

En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige

Del 2, bilaga med underlagsrapporter

Delbetänkande av Miljömålsberedningen

Stockholm 2016



STATENS OFFENTLIGA
UTREDNINGAR

SOU 2016:47

SOU och Ds kan köpas från Wolters Kluwers kundservice.
Beställningsadress: Wolters Kluwers kundservice, 106 47 Stockholm
Ordertelefon: 08-598 191 90
E-post: kundservice@wolterskluwer.se
Webbplats: wolterskluwer.se/offentligapublikationer

För remissutsändningar av SOU och Ds svarar Wolters Kluwer Sverige AB
på uppdrag av Regeringskansliets förvaltningsavdelning.

Svara på remiss – hur och varför

Statsrådsberedningen, SB PM 2003:2 (reviderad 2009-05-02).

En kort handledning för dem som ska svara på remiss.

Häftet är gratis och kan laddas ner som pdf från eller beställas på regeringen.se/remisser

Layout: Kommittéservice, Regeringskansliet

Omslag: Elanders Sverige AB

Tryck: Elanders Sverige AB, Stockholm 2016

ISBN 978-91-38-24469-2

ISSN 0375-250X

Förord

Miljömålsberedningen har i tilläggsdirektiv den 18 december 2014 fått i uppdrag att föreslå ett klimatpolitiskt ramverk som reglerar mål och uppföljning samt utveckla en strategi med styrmedel och åtgärder i en samlad klimatpolitik. Förslaget med klimatpolitiskt ramverk och ett långsiktigt utsläppsminskningmål för 2045, redovisades den 1 mars 2016 i delbetänkandet SOU 2016:21, Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige.

I detta betänkande redovisas den andra delen av uppdraget som handlar om etappmål, styrmedel och åtgärder.

Till stöd för beredningens förslag och analyser har beredningens kansli inhämtat underlag från konsulter och experter.

Vidare har beredningen i samverkan med forskningsstiftelsen MISTRA arrangerat en serie rundabordsamtal med företrädare för olika industribranscher, experter och forskare i syfte att få en klarare omvärldsanalys av förutsättningarna för omställning inom olika samhällssektorer.

Denna bilagedel innehåller dels de konsultrapporter som beredningens kansli beställt och dels rapporteringar från rundabordsamtalen.

Författarna står själva för slutsatserna i rapporterna.

Innehåll

Del I, Underlagsrapporter

Bilaga 1	Kortlivade klimatpåverkande luftföroreningar (SLCP) Underlag för övervägande om etappmål <i>IVL</i>	11
Bilaga 2	Konsekvensanalys av utvalda åtgärder för att minska utsläpp till luft <i>IVL</i>	87
Bilaga 3	Statsstöd i EU som möjlighet och hinder för svensk klimatpolitik <i>Mikael Karlsson</i>	125
Bilaga 4	Industriell utveckling har löst energiproblem för världen <i>Tomas Kåberger, Chalmers tekniska högskola</i>	145
Bilaga 5	Från kolkälla till kolkälla <i>Peter Sylwan, vetenskapsjournalist</i>	171
Bilaga 6	Ännu effektivare energianvändning med mera utvecklade energitjänster <i>Hans Nilsson, 4-fact</i>	187
Bilaga 7	Cirkulär ekonomi – Internationell utblick och implikationer för Sveriges miljö- och näringspolitik <i>Per Anders Enkvist, Enkvist Economics</i>	243

Bilaga 8	Makroinnovationer, långsiktig ekonomisk utveckling och framtida utsläpp av växthusgaser <i>Fredrik N.G. Andersson, Lunds Universitet</i> <i>Lars J. Nilsson, Lunds Tekniska Högskola</i>	259
Bilaga 9	Klimatpolitik under osäkerhet Kostnader och nyttor – bevis och beslut <i>Eva Alfredsson och Mikael Karlsson</i>	291
Bilaga 10	Modellanalyser av svenska klimatmål <i>Copenhagen Economics</i>	353
Bilaga 11	En samhällsekonomisk analys av klimatmål till 2030 <i>Konjunkturinstitutet</i>	407
Bilaga 12	Klimatmålsanalys med Times-sweden (del II): Övergripande klimatmål 2045 i kombination med sektormål 2030 <i>Anna Krook Riekkola, Luleå Tekniska Universitet</i>	429

Del II, Rapporter från rundabordssamtal

- Bilaga 13 Bioekonomin i Sverige
– nuläge, hinder och vägar framåt
Rapportör: Clas Engström, tidigare VD för Processum.... 457
- Bilaga 14 Hur påverkar digitalisering, disruptiva teknologier
och livsstilsförändringar Sveriges förutsättningar
att bedriva en aktiv klimat- och miljöpolitik?
Rapportör: Alexander Crawford, Global Utmaning..... 475
- Bilaga 15 Stat och företag i klimatpolitisk samverkan
Rapportör: Dan Hjalmarsson, konsult 487
- Bilaga 16 Stål och cement i ett noll-utsläppssamhälle efter
2050 – reflektioner från två rundabordssamtal
Rapportör: Max Åbman, Lunds universitet..... 509
- Bilaga 17 Mobilitet med minskad klimatpåverkan
Rapportör: Anna Kramers, KTH 523
- Bilaga 18 Minskad klimatpåverkan från livsmedel
Rapportör: Robert Paulsson, Structor AB..... 541

Del I

Underlagsrapporter

Kortlivade klimatpåverkande luftföroreningar (SLCP)

Underlag för övervägande om etappmål

För Miljömålsberedningen

Karin Kindbom, Stefan Åström, Katarina Yaramenka, Tomas Wisell, Åke Sjödin

Författare: Karin Kindbom, Stefan Åström, Katarina Yaramenka, Tomas Wisell, Åke Sjödin

Medel från: Miljömålsberedningen

Rapportnummer: C 99

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2015

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	7
1 Inledning	10
2 Svenska utsläpp av SLCP	11
2.1 Utvecklingen av svenska utsläpp.....	11
2.1.1 Black Carbon, BC	11
2.1.2 Metan, CH ₄	12
2.1.3 Flyktiga organiska ämnen, NMVOC.....	14
2.1.4 Kväveoxider, NO _x	16
2.1.5 Fluorkolväten, HFC.....	17
2.1.6 Kolmonoxid, CO	18
2.2 Viktiga källor nu och i framtiden.....	19
3 Åtgärder, åtgärdskostnader och potential för utsläppsminskningar	20
3.1 SLCP- åtgärder enligt den internationella litteraturen	20
3.1.1 Black Carbon, BC	20
3.1.2 Metan.....	21
3.1.3 Ozonbildande ämnen (CO, NO _x , NMVOC)	22
3.1.4 Fluorerade gaser.....	22
3.2 SLCP-åtgärder i Sverige enligt våra analyser.....	22
3.2.1 Åtgärder inom småskalig biomassaförbränning.....	25
3.2.2 CH ₄ -åtgärder inom jordbrukssektorn	29
3.2.3 Åtgärder för att minska utsläpp från arbetsmaskiner	31
3.2.4 Åtgärder för att minska utsläpp från lösningsmedelsanvändning.....	34
4 Klimatpåverkan från utsläpp av SLCP	34
4.1 Klimatindikatorer	35
4.2 Kostnadseffektivitet av åtgärder ur klimatsynpunkt	36
4.2.1 Sammanställning klimatpåverkan och kostnadseffektivitet	41
5 Styrmedel och åtgärder	44
5.1 Styrmedel	44
5.2 Viktiga nya styrmedel inom EU.....	44
5.2.1 Ekodesigndirektivet, fastbränslepannor och kaminer	44
5.2.2 Metanutsläpp från jordbrukssektorn: CAP och nya förordningar	45

5.2.3	Förslag till ny förordning om utsläppsgränser för mobila maskiner som inte är avsedda för transporter på väg	45
5.2.4	Ny förordning om fluorerade gaser	46
5.3	Exempel på nationella regleringar av SLCP utöver EU-lagstiftning	46
5.3.1	Nationella regleringar av partiklar, och indirekt BC	46
5.3.2	Metan från jordbrukssektorn	51
5.3.3	NMVOG	52
5.3.4	Fluorerade gaser.....	52
6	Synergier och målkonflikter	54
7	Resultat och diskussion.....	54
8	Referenser.....	58
9	Appendix.....	63
9.1	Appendix 1 - Screening	63
9.2	Appendix 2 – Kort beskrivning av åtgärdskostnadsberäkningar	68
9.3	Appendix 3 - Detaljerad beskrivning av produktmodifiering av produkter innehållande lösningsmedel (Åtgärd 10, kapitel 3.2.4).....	73

Sammanfattning

IVL har på uppdrag av Miljömålsberedningen tagit fram underlag om nuvarande och framtida utsläpp av kortlivade klimatpåverkande luftföroreningar (SLCP – Short-Lived Climate Pollutants) i Sverige, samt analyserat potentialer och kostnader för ytterligare utsläppsminskningar till år 2030.

Miljömålsberedningen har i uppdrag att föreslå en strategi för en samlad luftvårdspolitik (Dir. 2014:110), och i Miljömålsberedningens uppdrag ingår att överväga ett särskilt etappmål med förslag till styrmedel och åtgärder för att minska utsläppen av kortlivade klimatpåverkande luftföroreningar (SLCP). Syftet med IVL:s uppdrag, som redovisas i denna rapport, är att ta fram ett faktaunderlag för Miljömålsberedningens övervägande om att införa ett särskilt etappmål för utsläpp av SLCP. Uppdraget omfattar inte att överväga eller föreslå något etappmål.

Inom uppdraget har IVL utifrån senaste officiella svenska utsläppsrapportering och utsläppsprognoser sammanställt nuvarande och förväntade utsläpp av SLCP fram till 2030. Vidare har utvalda tekniska åtgärdspotentialer och åtgärdskostnader analyserats, baserat på bästa tillgängliga underlag från tidigare studier. Dessutom presenteras en genomgång av tillgängliga styrmedel och åtgärder i syfte att exemplifiera möjligheter och hur andra länder har agerat för att minska sina utsläpp av SLCP.

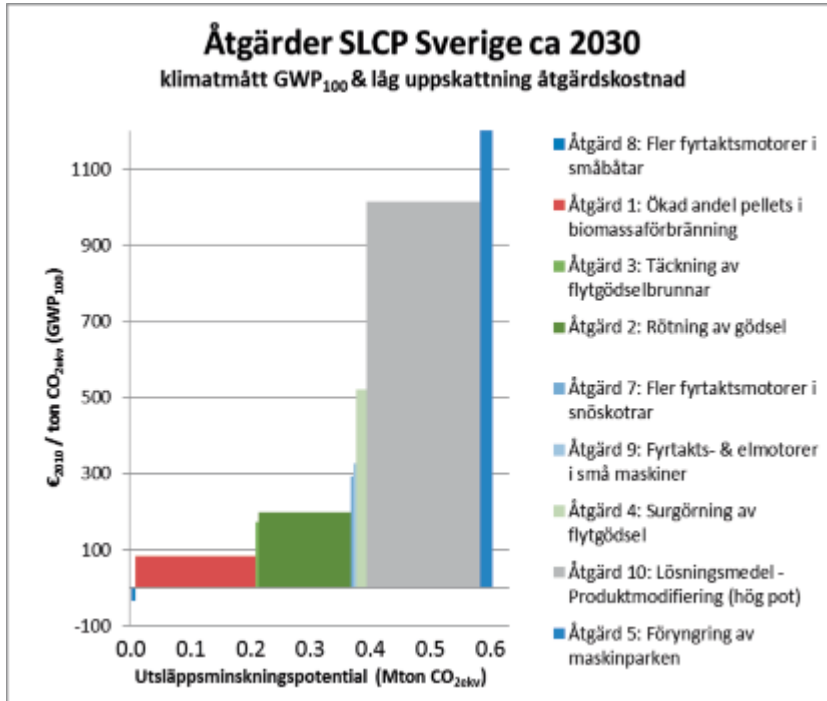
De ämnen som räknas till de kortlivade klimatpåverkande ämnena (SLCP) är Black Carbon (BC), metan (CH_4) och troposfäriskt ozon (O_3). Troposfäriskt ozon bildas i atmosfärskemiska reaktioner under inverkan av solljus och där metan (CH_4), kväveoxider (NO_x), kolmonoxid (CO) och flyktiga organiska ämnen (NMVOC) ingår. Även gruppen fluorkolväten (HFC) brukar inkluderas i SLCP-gruppen.

Fokus i studien har legat på tidsperioden 2010-2030 och utsläppen av sot (black carbon, BC), metan (CH_4) och flyktiga organiska kolväten (NMVOC).

Huvudresultat från studien:

- Enligt de svenska prognoserna som tar hänsyn till nuvarande lagstiftning, kommer de nationella totala emissionerna av samtliga SLCP minska till 2030 jämfört med idag. Utvecklingen är dock olika för olika källor. Emissioner från vägtrafik beräknas minska kraftigt. Från övriga mobila källor sker också minskningar, men i mindre omfattning än från vägtrafik. Emissioner från småskalig förbränning av biomassa förväntas ligga kvar på ungefär samma nivå, varför dessa emissioner relativt sett kommer att öka i betydelse. Dessa källor, förbränning av bränslen, emitterar samtliga SLCP utom HFC.
- För CH_4 dominerar, såväl idag som i framtiden, utsläppen från jordbrukssektorn och för NMVOC dominerar utsläpp från lösningsmedels- och produktanvändning. Båda dessa sektorer minskar endast i mindre omfattning enligt prognoserna, medan andra källor sammantaget minskar i större omfattning. Jordbruk kommer således att för CH_4 , liksom lösningsmedels- och produktanvändning för NMVOC, att relativt sett få större betydelse i framtiden.
- Emissionerna av HFC beräknas minska kraftigt i framtiden och det bedöms inte finnas någon kostnadseffektiv potential för ytterligare reduktioner av emissionerna av HFC.
- Det finns idag ingen heltäckande svensk analys över kostnadseffektiva åtgärder för att minska utsläpp av SLCP i Sverige fram till år 2030. Bästa tillgängliga underlag tyder dock på att det kommer finnas utsläppsrenande åtgärder tillgängliga som skulle kunna minska utsläppen ytterligare år 2030 utöver redan fattade beslut.

- De mest kostnadseffektiva åtgärderna, med betydande utsläppsminskings-potential enligt vår analys, är ökad andel pellets i småskalig biomassaförbränning samt rötning av gödsel i jordbrukssektorn. Tillsammans uppskattas dessa åtgärder stå för ca 60-70 % av den totala utsläppsminskingspotentialen.



Figur S 1: Indikativ uppskattning av svensk åtgärdspotential och åtgärdskostnad för analyserade åtgärder år 2030 vid användande av klimatindikatorn GWP₁₀₀. Beräknad åtgärdspotential och åtgärdskostnad per år varierar mycket beroende på vilken klimatindikator som används. Observera att vi i denna analys tillskriver hela åtgärdens kostnad till de climateffekter som åtgärden har.

- Storleken på uppskattad klimatpotential med de analyserade SLCP-åtgärderna påverkas mycket av vilken klimatindikator och vilket tidsperspektiv som antas. Vår studies beräkningsresultat med GWP₁₀₀ som mått på klimatpåverkan visar att den tekniskt möjliga samlade potentialen hos alla de analyserade SLCP-åtgärderna runt år 2030 är ca 0,6 Mton CO_{2ekv}. Beräkningar med andra klimatindikatorer ger intervallet 0,06-1,9 Mton CO_{2ekv} eller motsvarande 0,1-3 % av Sveriges beräknade totala växthusgasutsläpp år 2030. Beräkningarna är gjorda med centraluppskattningarna för respektive klimatindikator.
- De analyserade åtgärderna är, som framgår av figuren ovan, ur ett klimatperspektiv relativt dyra om man jämför de prisnivåer som brukar diskuteras för åtgärder riktade mot CO₂. Dessa åtgärder är vanligtvis att betrakta som åtgärder för att förbättra luftkvalitet, men som beskrivits i figuren så har vi i denna analys tillskrivit hela åtgärdens kostnad till de climateffekter som åtgärden har.

- Den inbördes rangordningen av kostnadseffektivitet hos de SLCP-åtgärder som analyserats i denna studie påverkas inte nämnvärt av vilken klimatindikator som används för att bedöma klimatpåverkan av SLCP-åtgärder.
- De analyserade åtgärderna mot SLCP ger minskad klimateffekt men ger också viktiga synergieffekter med t.ex. hälsoeffekter till följd av minskade utsläpp av luftföroreningar.
- Avseende styrmedel och åtgärder för att reducera emissioner av SLCP finns självfallet ingen enskild åtgärd eller enskilt styrmedel som "löser alla problem". Det krävs en kombination av åtgärder och/eller styrmedel riktade mot olika typer av källor för att kostnadseffektivt reducera emissioner av SLCP utöver de beräknade utsläppen i de svenska prognoserna.

Summary

IVL has on commission from the Swedish Cross-Party Committee on Environmental Objectives (Miljömålsberedningen) compiled information on present and future emissions of Short-Lived Climate Pollutants (SLCP) in Sweden, as well as performed an analysis of further emission reduction potentials and associated costs in 2030.

The Swedish Cross-Party Committee on Environmental Objectives has been given the task to propose a strategy for a comprehensive air pollution control policy (Dir. 2014: 110). The task includes for the Committee to consider a specific milestone target for SLCP, including suggestions for instruments and measures to reduce the emissions. The objective of the work by IVL is to provide background information as input to the Swedish Cross-Party Committee on Environmental Objectives in their consideration of a milestone target for emissions of SLCP. IVL's assignment does not include to consider or suggest a milestone target.

Within this assignment, IVL has compiled current and expected future Swedish emissions of SLCPs until 2030, based on recent official Swedish emissions inventory reporting and emission projections. Furthermore, selected technical emission mitigation potentials and costs have been analysed, based on best available knowledge from previous studies. In addition, a review of available instruments and measures is presented in order to exemplify possibilities and how other countries have acted to reduce their emissions of SLCP.

The group of SLCP comprises Black Carbon (BC), methane (CH₄) and tropospheric ozone (O₃). Tropospheric ozone is formed in atmospheric chemical reactions involving methane (CH₄), nitrous oxides (NO_x), carbon monoxide (CO) and volatile organic compounds (NMVOCs) and under the influence of sunlight. Usually also Hydro Fluoro Carbons (HFCs) are considered as SLCPs.

The focus of the study is on the time period 2010-2030 and emissions of black carbon (BC), methane (CH₄) and volatile organic compounds (NMVOC).

Main results from the study:

- According to the Swedish emission projections, which take current legislation into account, the national total emissions of all SLCPs will be lower in 2030 compared to today. The trend, however, is different for different sources. Emissions from road traffic are expected to decline significantly. From other mobile sources reductions are also expected, but to a lesser extent than from road traffic. Emissions from residential combustion of biomass are expected to remain at about the same level as at present, why these emissions in relative terms will increase in importance. Mobile sources and residential combustion, which produce emissions from combustion of fuels, emit all SLCPs except HFCs.
- The agricultural sector is the main emission source for CH₄ both today and in the future. For NMVOC emissions from the "solvent and product use" sector is the dominating source. CH₄ from the agricultural sector, as well as NMVOC from product and solvent use, are both reduced only slightly to 2030 according to the projections. Emissions of CH₄ and NMVOC from other sources are projected to be reduced to a greater extent. Agriculture will thus be of relatively greater importance for emissions of CH₄ in the future, as will solvent and product use for NMVOC emissions.
- Emissions of HFCs are expected to decline significantly in the future and there is most likely no cost-effective potential for further reductions of HFC emissions.

- There is currently no comprehensive Swedish analysis available of cost-effective measures to reduce emissions of SLCP in Sweden 2030. Best available knowledge suggests that there will be technical emission reduction measures available, with a potential to reduce emissions in 2030 beyond currently projected emissions.
- The most cost-effective measures, with significant emission reduction potential according to our analysis, is an increased proportion of pellets as biomass fuel replacing wood logs in residential combustion, and anaerobic digestion of manure in the agricultural sector. Together, these measures are estimated to account for about 60-70% of the total emission reduction potential.

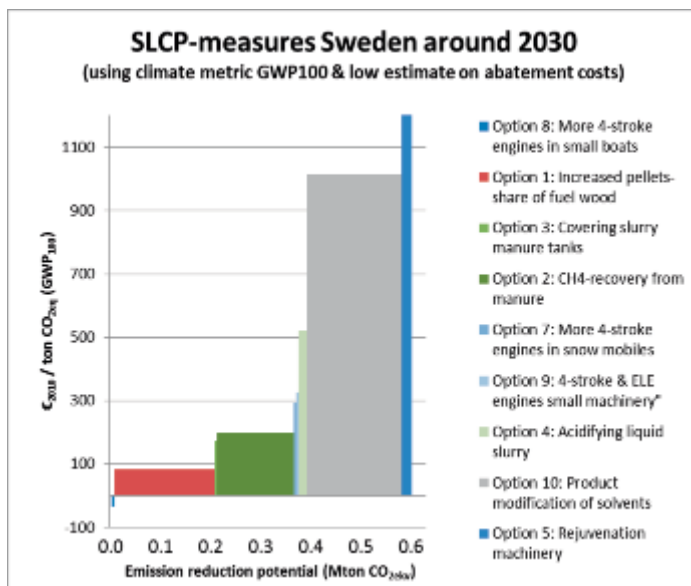


Figure S 2: Indicative estimate of a Swedish emission reduction potential and emission abatement cost of the analysed options in the period around 2030, when using the climate metric GWP100. The emission abatement potential and emission abatement cost vary significantly depending on climate metric used. In this analysis all costs are allocated to the climate impact of the options.

- The magnitude of the estimated climate potential in the analysed SLCP measures is affected by the climate metric used and the time perspective adopted. Our estimates using GWP₁₀₀ as the climate metric shows that the technically possible total potential, as a sum of all the analysed SLCP actions, is about 0.6 Mt CO₂-eq around 2030. Calculations using other climate metrics result in a range from 0.06 to 1.9 Mt CO₂-eq, equivalent to 0.1-3% of Sweden's total estimated greenhouse gas emissions in 2030. The calculations were made with central estimates for each climate metric.
- The measures analysed are relatively expensive from a climate perspective when compared to cost levels usually discussed for measures to abate CO₂. Furthermore, the measures analysed are usually considered for improved air quality, but in this analysis, as described in the figure above, the whole cost is attributed to the climate impact of the measure.

- The internal ranking of the cost-effectiveness of the SLCP-measures analysed in this study are not significantly affected by the climate metric used to assess the climate impact of the measures.
- The measures analysed result in a reduced climate impact but, as a result of reduced emissions of air pollutants, also provide important synergies such as a reductions of adverse health effects.
- There is obviously no single measure or individual instrument that "solves all problems". A combination of measures and / or instruments aimed at different types of sources is required in order to cost-effectively reduce emissions of SLCP beyond the expected future emissions according to the Swedish projections.

1 Inledning

Kortlivade klimatpåverkande luftföroreningar är ett samlingsnamn för de luftföroreningar som förutom effekter på regionala miljö- och hälsoproblem även har direkta eller indirekta effekter på klimatet.

De ämnen som räknas till de kortlivade klimatpåverkande ämnena (SLCP – Short-Lived Climate Pollutants) är Black Carbon (BC), metan (CH_4) och troposfäriskt ozon (O_3). Även gruppen fluorkolväten (HFC) brukar inkluderas i SLCP-gruppen trots att de har en längre uppehållstid i atmosfären än de övriga SLCP-ämnena. I litteraturen förekommer olika benämningar, förutom BC, på utsläpp av partiklar med värmande effekt, såsom EC (Elemental Carbon) eller sot. Dessa benämningar beskriver i strikt mening inte exakt samma partikelfraktion utan bestäms av vilken analysmetod som har använts. I de flesta sammanhang kan det dock betraktas som att de tillräckligt väl representerar BC.

Black Carbon (BC) emitteras från ofullständig förbränning av bränslen, tillsammans med andra partikelfraktioner och andra luftföroreningar, t.ex. kolmonoxid (CO) och flyktiga organiska ämnen (NMVOC). De emitterade partiklarna består till en del av BC, men också av annat organiskt material, såväl som oorganiska ämnen. Organiskt kol (OC) har till skillnad från BC en kylande effekt på klimatet. BC och OC, kolinnehållande aerosoler, emitteras alltid tillsammans i partikelemissioner, men i olika proportioner beroende på utsläppskälla.

Metan (CH_4) bildas vid anaerob nedbrytning av organiskt material t.ex. i deponier, i våtmarker och torvmarker. Metan emitteras också från boskapens matsmältning, från gödselhantering, från utvinning och transport av fossila bränslen och från förbränning av bränslen.

Troposfäriskt ozon (O_3) bildas i atmosfärskemiska reaktioner under inverkan av solljus och där metan (CH_4), kväveoxider (NO_x), kolmonoxid (CO) och flyktiga organiska ämnen (NMVOC) ingår. En minskning av utsläppen av särskilt CH_4 och CO skulle medföra minskade O_3 -halter i atmosfären. Även en minskning av NMVOC-utsläppen skulle bidra till minskade nivåer av O_3 , medan effekterna av NO_x är mer komplexa och där den totala nettoeffekten av minskade NO_x -emissioner bedöms vara liten.

Fluorkolväten (HFC) är en grupp industriellt tillverkade kemikalier som främst använts som ersättningssubstanser för freoner (CFC) i olika typer av tekniska applikationer, såsom kyl-, frys- och luftkonditioneringsutrustning.

Även om problemet med SLCP varit känt en tid var det först med UNEP-rapporterna *Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone* (UNEP/WMO, 2011) och *Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits: Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers* (UNEP, 2011) som frågan fick stor uppmärksamhet bland beslutsfattare. Internationell samordning av insatser för att minska utsläpp av SLCP är sedan februari 2012 till stor del sammanhållet av Climate and Clean Air Coalition (CCAC), en internationell koalition som består av 88 partners, varav 38 länder (1 april 2014).

Sverige, som är en av initiativtagarna till CCAC, har idag ingen riktad reglering av SCLP inom miljömålssystemet. Däremot hanteras indirekt utsläppen av de ämnen som klassas som SLCP inom miljömålen *Begränsad klimatpåverkan*, *Bara Naturlig Förurning* och *Frisk Luft*.

I föreliggande rapport behandlas BC, CH_4 , NMVOC och HFC, samt i viss utsträckning NO_x och CO. Även organiskt kol (Organic Carbon, OC) är med i analyserna eftersom utsläppen av OC kan påverkas vid åtgärder riktade mot BC. Då OC har en kylande effekt på klimatet har effekter av förändrade emissioner av

OC tagits med i analyserna där så har varit relevant och möjligt. För kolmonoxid (CO) redovisas i rapporten tidsserien av historiska emissioner i Sverige och de viktigaste källorna till CO-utsläpp. I de vidare analyserna har vi däremot i stor utsträckning inte inkluderat CO på grund av bristande underlag.

Förutsättningar för att införa etappmål för kortlivade klimatpåverkande luftföroreningar (SLCP) har tidigare utretts av Naturvårdsverket (2013a). Naturvårdsverkets utredning byggde i stor utsträckning på en kartläggning och genomgång av tidigare publicerat material och omfattade inte metan (CH₄) eller fluorkolväten (HFC), vilka regleras av Kyotoprotokollet.

I denna rapport presenteras först en sammanställning av nuvarande och prognosticerade svenska utsläpp av SLCP. Därefter följer en genomgång och resultat från analysen av åtgärder som skulle gå att implementera för att minska dessa utsläpp. Resultaten inkluderar uppskattad effekt på klimatet samt kostnadseffektivitet ur ett klimatperspektiv. Efter att ha presenterat möjliga åtgärder för att minska utsläpp presenteras en översyn av möjliga styrmedel som relaterar till kontroll av SLCP-utsläpp. På slutet diskuteras samverkans fördelar och konflikter som kan associeras med de analyserade åtgärderna. Avslutningsvis sammanfattas slutsatser från studien.

2 Svenska utsläpp av SLCP

Sverige rapporterar varje år officiella emissionsinventeringar av växthusgaser till EU och till FN:s Klimatkonvention (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change), och av luftföroreningar till EU och till Luftvårdskonventionen (CLRTAP, Convention on Long Range Transboundary Air Pollution). Rapporteringen till UNFCCC omfattar förutom metan (CH₄) och fluorerade¹ växthusgaser (HFC:er, PFC:er och SF₆) även koldioxid (CO₂) och lustgas (N₂O). Rapporteringen till CLRTAP omfattar kväveoxider (NO_x), flyktiga organiska ämnen (NMVOC) och kolmonoxid (CO), men även svaveldioxid (SO₂), partiklar, en rad metaller och vissa persistenta organiska ämnen. Black Carbon, BC, kommer att ingå som frivillig parameter i rapporteringen till CLRTAP från och med rapporteringen år 2015. Emissionsinventeringarna sker enligt internationella riktlinjer och rapporterade data och tillhörande information granskas regelbundet av internationella expertgrupper.

Prognoser för framtida emissioner av växthusgaser rapporteras till de internationella konventionerna och till EU vartannat år och prognoser för luftföroreningar vart fjärde år (Naturvårdsverket, 2013b, Mawdsley m.fl., 2014).

2.1 Utvecklingen av svenska utsläpp

2.1.1 Black Carbon, BC

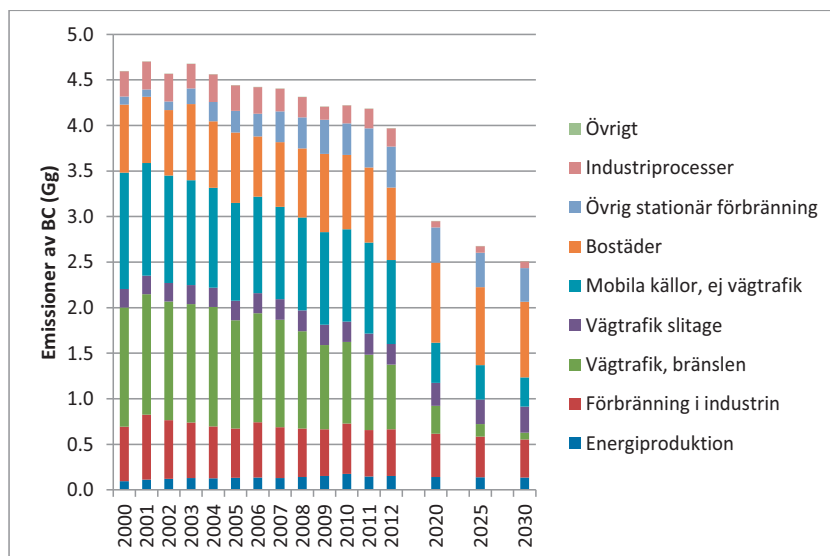
Under 2014 togs den första emissionsinventeringen och prognosen för Sveriges utsläpp av BC fram (Skårman m.fl., 2014, Mawdsley m.fl., 2014). Inventeringen och prognosen baseras på beräknade nationella emissionsdata för PM_{2,5} från olika källor och bränsletyper. Baserat på standardvärden för andelen BC i emitterad PM_{2,5} från olika källor och bränslen, som finns publicerade i EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2013), beräknades sedan utsläpp av BC från respektive källa och bränsletyp. I Figur 1 redovisas beräknade utsläpp av BC 2000-2012 samt prognoser för

¹HFC = fluorkolväten, består av fluor, kol och väte
PFC = perfluorkarboner, består endast av fluor och kol
SF₆ = svavelhexafluorid

åren 2020, 2025 och 2030. I emissionsinventeringen görs betydligt mer detaljerade beräkningar för enskilda källor än vad som redovisas i figuren, där summerade data visas.

De stora källorna till utsläpp av BC under perioden 2000-2012 är vägtrafik, övriga mobila källor (flyg, järnväg, arbetsmaskiner, nationell fartygstrafik) samt småskalig förbränning inom bostadssektorn. Enligt prognoserna beräknas emissionerna av BC från vägtrafiksektorn sjunka kraftigt i framtiden, så även från övriga mobila källor. Minskningar förväntas som en följd av en successiv förnyelse av fordonsflottan med högre Euro-klasser (miljöklasser som anger fordonens högsta tillåtna utsläpp av en rad olika luftföroreningar). För bostadssektorn kommer däremot enligt beräkningarna BC-utsläppen att ligga kvar på ungefär samma nivå som idag och kommer därför att bidra med en större andel till de nationella BC-utsläppen i framtiden. Biomassaförbränning (ved och pellets) står för den absoluta merparten av BC-utsläppen från stationär förbränning inom bostadssektorn, >99 %.

Nivåerna på emissioner i framtiden ändras inte heller särskilt mycket från stationär förbränning inom industrin samt från ”övrig stationär förbränning” (lokaler, jordbruk, skogsbruk och fiske).



Figur 1. Emissioner av BC (Gigagram (Gg)) i Sverige 2000-2012 samt prognos till 2030.

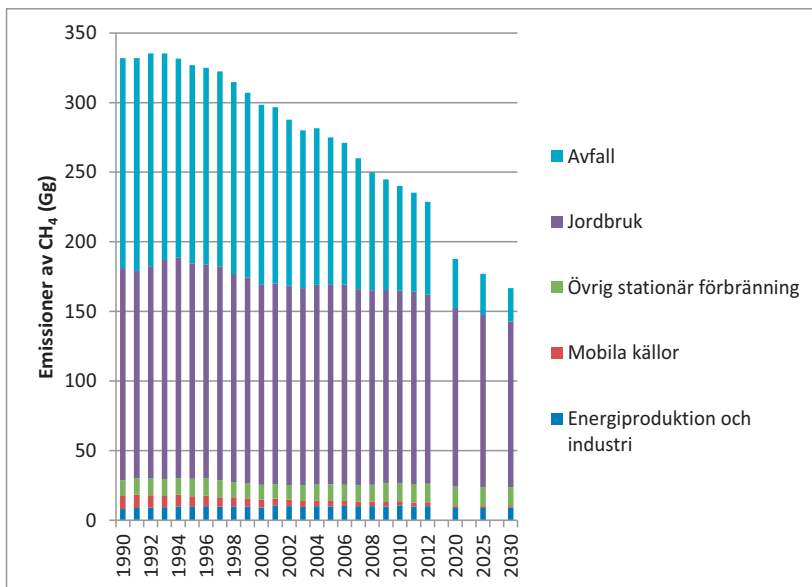
2.1.2 Metan, CH₄

De stora källorna till utsläpp av CH₄ i Sverige är jordbrukssektorn och avfallssektorn. I Figur 2 redovisas nationella utsläpp för åren 1990-2012 samt prognoser för 2020, 2025 och 2030. Enligt prognoserna bedöms emissionerna av CH₄ från avfallssektorn minska i framtiden, medan CH₄ från jordbrukssektorn bedöms ligga kvar på ungefär samma nivå som idag.

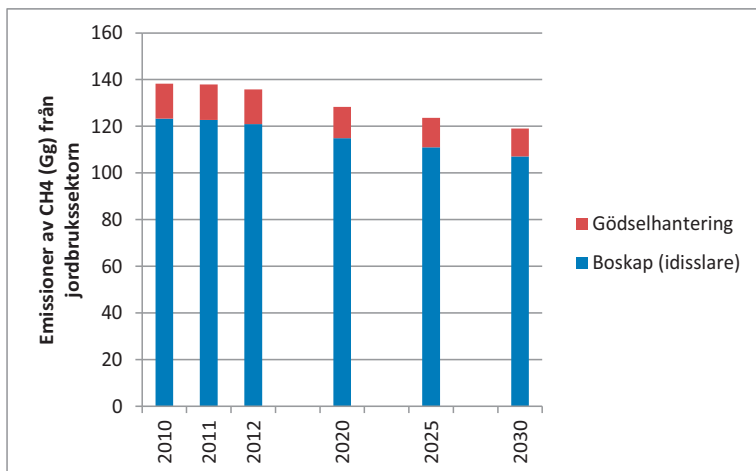
Utsläppen av CH₄ från jordbrukssektorn kommer dels från boskapens matsmältning (idisslare), dels från gödselhantering. Boskapens matsmältning står 2012 för de klart största utsläppen, ca 121 Gg av totalt 136,

eller nästan 90 % av metanutsläppen från jordbrukssektorn. En liten minskning i utsläppsnivå i framtiden förväntas enligt prognoserna (Figur 3).

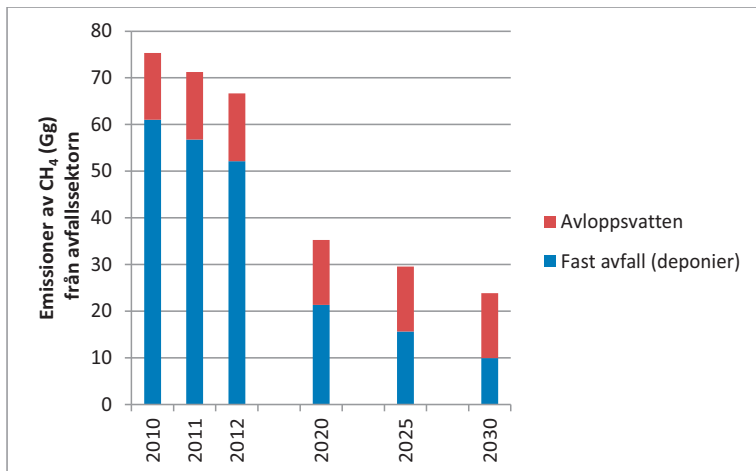
I avfallssektorn ingår emissioner av CH₄ från fast avfall (deponier) och från hantering av avloppsvatten. År 2012 var emissionerna från fast avfall ca 52 Gg CH₄, medan CH₄ från hantering av avloppsvatten beräknades till ca 15 Gg. Det är emissionerna från hantering av fast avfall som i prognoserna beräknas minska kraftigt i framtiden, medan CH₄ från hantering av avloppsvatten ligger kvar på ungefär samma nivå som tidigare (Figur 4). De beräknade minskningarna av utsläpp från avfallssektorn beror främst på deponiförbudet som införts för brännbart material år 2002 och för organiskt material år 2005 (Naturvårdsverket, 2013b).



Figur 2. Emissioner av CH₄ (Gg) i Sverige 1990-2012 samt prognos till 2030.



Figur 3. Emissioner av CH₄ (Gg) inom jordbrukssektorn 2010-2012 samt prognos till 2030.

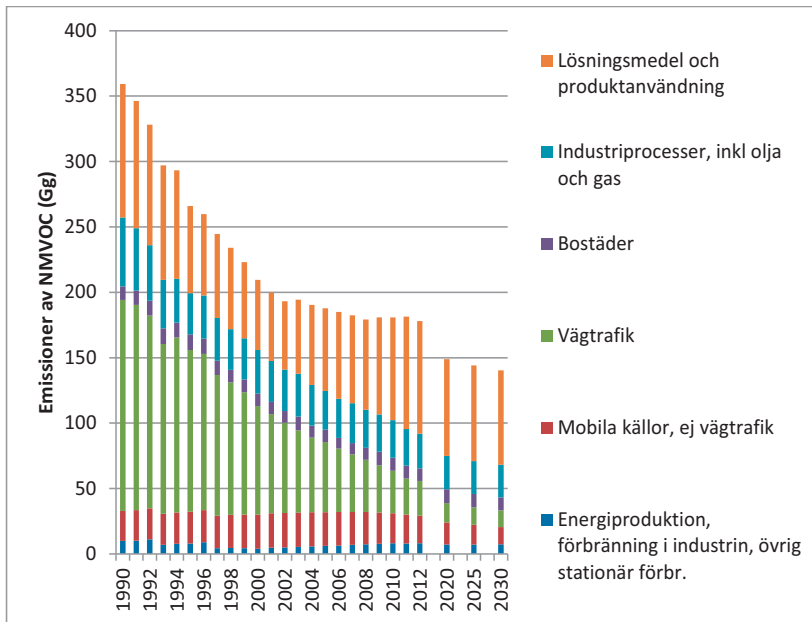


Figur 4. Emissioner av CH₄ (Gg) inom avfallssektorn 2010-2012 samt prognos till 2030.

2.1.3 Flyktiga organiska ämnen, NMVOC

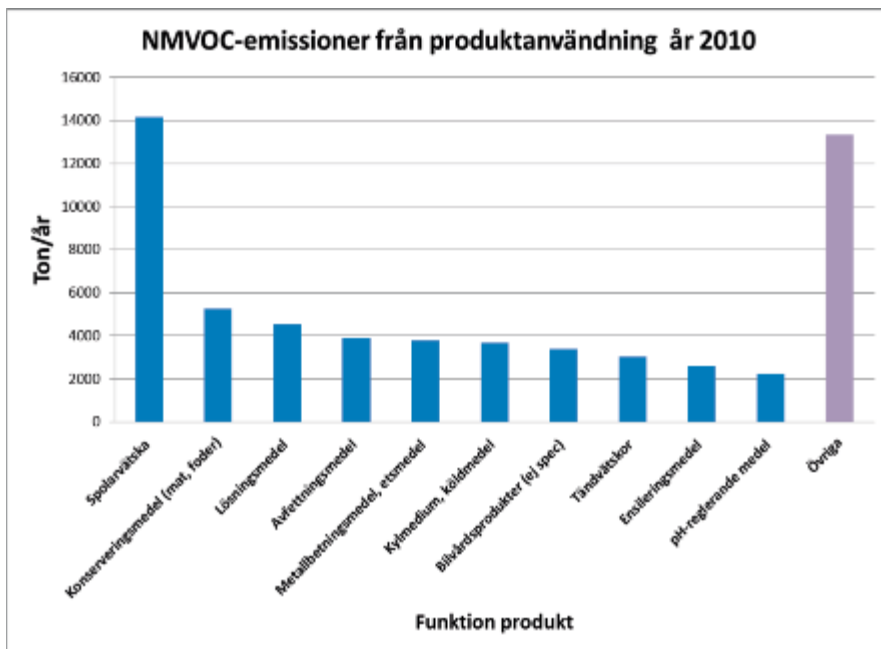
De största källorna till emissioner av NMVOC i Sverige har under senare år varit lösningsmedels- och produktanvändning, vägtrafik och andra mobila källor samt industriprocesser, inklusive olje- och gasindustrin. Utsläppen från vägtrafiken har minskat kraftigt mellan 1990-2012 (Figur 5), medan NMVOC-utsläpp från lösningsmedels- och produktanvändning har varit hög under hela perioden.

I prognosen fram till 2030 förväntas NMVOC från mobila källor minska ytterligare medan emissionerna från lösningsmedels- och produktanvändning, från industrin och från stationär förbränning i bostadssektorn inte förväntas förändras i någon större omfattning fram till 2030.



Figur 5. Emissioner av NMVOC (Gg) i Sverige 1990-2012 samt prognos till 2030.

År 2030 beräknas Sveriges NMVOC-utsläpp vara ca 143 Gg. Ca 55 Gg av dessa beräknas komma från samhällets (exkl. industrins) användning av olika typer av produkter som innehåller lösningsmedel (förutom färger). I Figur 6 presenteras de produktgrupper som enligt den nationella emissionsinventeringen bidrog till de största utsläppen av NMVOC år 2010.

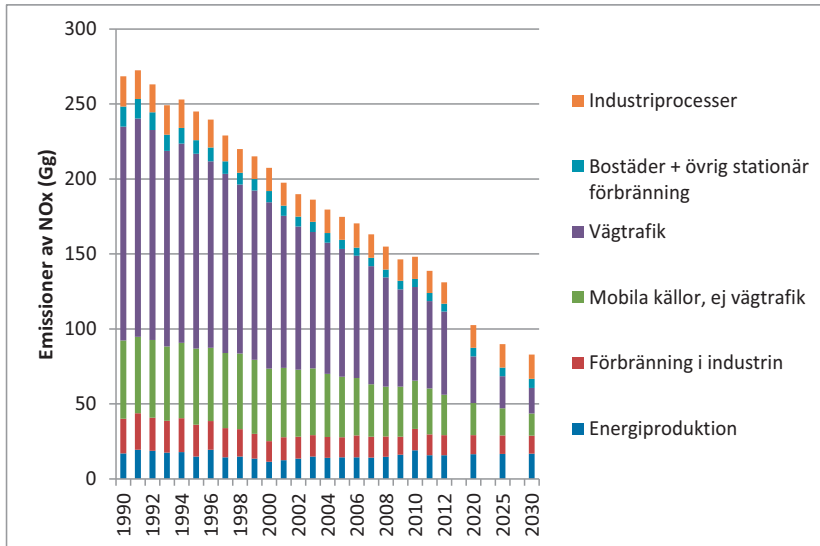


Figur 6. Beräknade emissioner av NMVOC (ton) från produktanvändning i Sverige år 2010.

I den svenska prognosen antas att samhällets konsumtion av lösningsmedels-innehållande produkter minskar med 5 % mellan 2007 och 2030 (Mawdsley m. fl., 2014).

2.1.4 Kväveoxider, NO_x

De historiskt största källorna till utsläpp av NO_x i Sverige har varit vägtrafiken och andra mobila källor (Figur 7). Från 1990 – 2012 har dessa utsläpp minskat avsevärt, och förväntas fortsätta minska fram till år 2030 till följd av en successiv förnyelse av fordonsflottan med högre Euro-klasser. För övriga utsläppskällor beräknas inga större förändringar av emissionerna fram till år 2030.



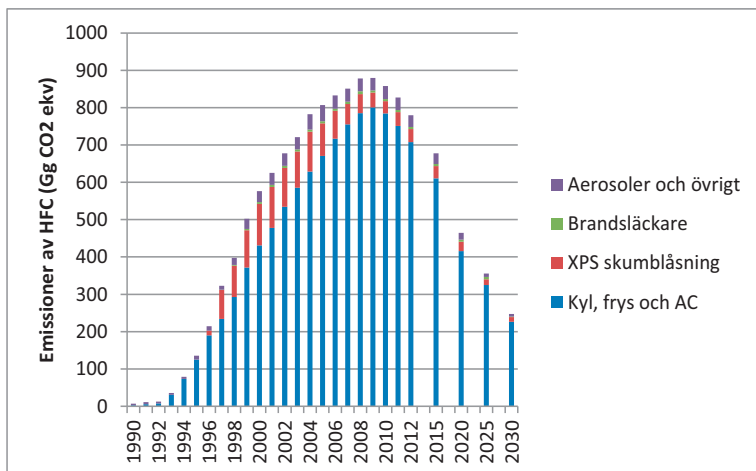
Figur 7. Emissioner av NOx (Gg) i Sverige 1990-2012 samt prognos till 2030.

2.1.5 Fluorkolväten, HFC

Fluorerade växthusgaser, däribland gruppen fluorkolväten, HFC, emitteras från användning av industritillverkade fluorerade gaser i en rad olika applikationer.

I Figur 8 redovisas beräknade utsläpp av HFC i Sverige för perioden 1990-2012 samt prognoser till 2030. I början av 1990-talet introducerades HFC:er som ersättningssubstanser för främst freoner (CFC) som köldmedier i kyl-, frys- och luftkonditioneringsystem. Från mitten av 1990-talet skedde en kraftig ökning av emissionerna av HFC från kyl-, frys- och luftkonditioneringsanläggningar (inklusive luftkonditioneringsystem i fordon), med ett maximum omkring år 2009, för att därefter minska fram till 2012. Minskningen är en följd av regleringar inom EU (t.ex. EG, 2006a och 2006b) och den svenska förordningen 2007:846 om fluorerade växthusgaser och ozonnedbrytande ämnen.

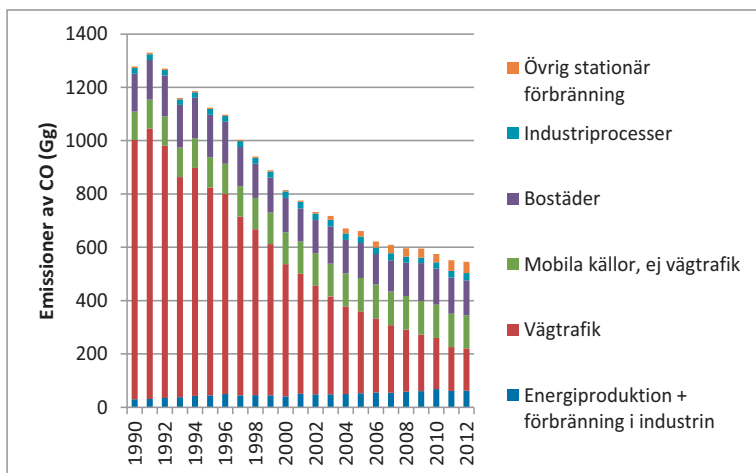
I prognosen beräknas det ske en fortsatt minskning av HFC-emissioner från kyl-, frys- och luftkonditioneringsanläggningar till 2030. Även övriga användningsområden för industritillverkade HFC:er, såsom blåsning av XPS-skum, i brandsläckare och i olika typer av tekniska och medicinska aerosoler, uppvisar en likartad utvecklingscykel, om än på betydligt lägre nivåer.



Figur 8. Emissioner av fluorkolväten (HFC) (Gg CO₂ekv) i Sverige 1990-2012 samt prognos till 2030. (AC = air condition, luftkonditionering)

2.1.6 Kolmonoxid, CO

Nationella emissioner av kolmonoxid, CO, 1990-2012 redovisas i Figur 9. Det finns inte några prognoser för Sveriges framtida utsläpp av CO.



Figur 9. Emissioner av kolmonoxid, CO (Gg) 1990-2012.

Emissionerna av CO från vägtrafik har minskat kraftigt 1990-2012, medan emissionerna från stationär förbränning (summan av energiproduktion, förbränning i industrin och övrig stationär förbränning) har ökat något, liksom från övriga mobila källor.

CO omfattas inte av några internationella eller nationella åtaganden eller utsläppsmål. Trenden av minskande emissioner i Figur 9 kan förväntas fortsätta till följd av redan införda och beslutade avgaskkrav för personbilar och lätta lastbilar (Naturvårdsverket 2013a). Naturvårdsverket har också gjort en bedömning av klimatpåverkan från CO, där man konstaterar att utsläppsminskningar av CO i det korta perspektivet (20 år) troligen har mindre betydelse för att begränsa klimatpåverkan än vad BC har (Naturvårdsverket, 2013a). På grund av avsaknad av svenska prognoser för CO samt ovanstående konstateranden och bedömningar så ingår inte CO i den fortsatta analysen.

2.2 Viktiga källor nu och i framtiden

Vägrafik har historiskt varit en stor utsläppskälla för både BC, NMVOC, NO_x och CO, men har minskat mycket kraftigt från 1990 (2000 för BC) fram till 2012. I prognoserna för vägtrafikens utsläpp förväntas ytterligare minskningar för samtliga dessa ämnen fram till 2030. De stora emissionsminskningarna är en följd av den successiva introduktionen av nya Euro-klasser med ökande krav på emissionsprestanda.

Andra mobila källor än vägtrafik är och har också varit en viktig utsläppskälla för BC, NMVOC, NO_x och CO. Enligt prognoserna förväntas dessa utsläpp minska i framtiden, till följd av redan implementerade, men även kommande, krav på ”mobila maskiner som inte är avsedda för transporter på väg” (se kapitel 5.2.3).

Förbränning inom bostadssektorn (småskalig förbränning) är i nuläget en viktig nationell källa särskilt för BC, men också för CH₄, NMVOC och CO (bostäder ingår i posten övrig stationär förbränning i Figur 2, CH₄). Enligt prognoserna förväntas inga större förändringar av emissionerna från bostäder i framtiden, vilket får till följd att bostadssektorn relativt sett kommer att öka i betydelse för de totala nationella emissionerna.

Stationär förbränning av bränslen inom industrin och för energiproduktion bidrar i högre eller lägre utsträckning till de nationella emissionerna av samtliga ämnen: BC, CH₄, NMVOC, NO_x och CO. Emissionerna förväntas ligga kvar på ungefär samma nivå i framtiden som i dagsläget.

För CH₄ är de två helt dominerande källorna jordbruket och avfallssektorn. I prognoserna förväntas emissionerna av CH₄ minska kraftigt från avfallssektorn i framtiden, medan jordbrukets emissioner inte kommer att minska i samma omfattning och därmed kommer jordbruket att vara den enskilt dominerande källan till CH₄-utsläpp i framtiden.

Den största källan till utsläpp av NMVOC är sektorn lösningsmedels- och produktanvändning. Dessa utsläpp förväntas minska i mindre omfattning än från andra sektorer, vilket innebär att NMVOC från lösningsmedels- och produktanvändning kommer att relativt sett få större betydelse i framtiden.

Utsläppen av fluorkolväten (HFC) har redan börjat minska i Sverige (från omkring år 2010) och förväntas fortsätta minska i framtiden. En ny EU-förordning trädde ikraft 1 januari 2015 som innebär ännu striktare krav på användning och hantering av HFC:er än hittills (se kapitel 5.2.4). Vi bedömer, liksom Gschrey (2014), att den nya förordningen är så ambitiös att för närvarande kommer inga ytterligare åtgärder eller styrmedel att vara aktuella (se kapitel 5.3.4).

3 Åtgärder, åtgärdskostnader och potential för utsläppsminskningar

3.1 SLCP- åtgärder enligt den internationella litteraturen

I den internationella litteraturen finns relativt samstämmiga åsikter om vilka sektorer som är viktigast att åtgärda och vilka typer av åtgärder som har störst potential för att minska emissioner av SLCP (t.ex. AMAP 2008, Zaelke et al 2013, UNEP 2011, UNEP/WMO 2011, Arctic Council Task Force on SLCP 2013 och 2011b, ACAP 2014). Fokus i den internationella litteraturen är främst på BC och metan, och också på globala åtgärder eller åtgärder i de arktiska länderna. I följande genomgång är de åtgärder och styrmedel som endast gäller utvecklingsländer borttagna. Åtgärderna är listade per ämne och viktiga utsläppskällor.

3.1.1 Black Carbon, BC

Följande åtgärder som hittats i den internationella litteraturen är främst inriktade mot PM_{2,5}. Eftersom utsläpp av BC är en andel av PM_{2,5} påverkas även BC i olika utsträckning av nedan presenterade åtgärder.

BC, småskalig biomassaförbränning

- Emissionsstandarder för PM, inspektionsprogram för pannor och kaminer.
- Certifieringsprogram för pannor och kaminer för att kontrollera att de uppfyller emissionsstandarder.
- Frivilliga program för utbyte av gammal utrustning mot modern utrustning med bättre emissionsprestanda, eventuellt med ekonomiska incitament.
- Ökad förbränningseffektivitet, mer effektiva kaminer och pannor.
- Eftermontering (retrofit) av gamla pannor, t.ex. installation av ackumulatortank.
- Övergång från ved till pelletsteknologi, med pellets t.ex. i form av återvunnet träavfall eller sågspån.
- Informations- och utbildningskampanjer (bränslekvalitet, som t.ex. vedens fukthalt, och hur man bör elda för att generera så låga utsläpp som möjligt).

BC, dieselfordon och andra dieselmotorer

- Striktare emissionskrav för nya fordon, partikelfilter och krav på användning av "ultra low sulfur diesel fuel".
- Ökad utskrotning av gamla fordon t.ex. via ekonomiska incitament där man försäkras sig om att skrotade motorer inte återkommer i cirkulation på marknaden.
- Eftermontering ("retrofitting") av reningsteknik för att förbättra emissionsprestanda för gamla dieselmotorer. Regleringar eller frivilliga program med bidrag.
- Krav på dieselfordon där krav/emissionsstandarder inte finns (arbetsmaskiner), men även på stationära dieselmotorer.
- Införande eller utökning av "gröna zoner/miljözoner/lågemissionszoner", där äldre fordon är förbjudna eller beläggs med en avgift.
- Minska lastbilars och arbetsmaskiners tomgångskörning genom regleringar, utbildning, elektrifiering vid "rest stops", effektivitetsprogram för transporter, användning av externa kraftaggregat för arbetsmaskiner.
- Transportplanering, t.ex. trängselskatt, förbättrad kollektivtrafik.
- Bränslebyte från diesel till CNG (Compressed Natural Gas).
- Övergång till alternativa energiomvandlare (t.ex. hybridfordon).
- Krav på att nya dieselmotorer för användning t.ex. i tåg och fartyg ("non-ocean going") ska använda bästa tillgängliga teknologier för att reducera partikelemissioner.

Andra BC-källor

- Identifiera och minska emissioner av BC från industrier, t.ex. med hjälp av partikelrening med hög effektivitet (high efficiency dedusters) eller genom bränslebyte.
- Minska utsläpp av BC (och i viss mån OC) genom att minska förbränningen av biomassa inom jordbruket.
- Förbud för öppen förbränning av biomassa.
- När det gäller internationell sjöfart framhålls av Arctic Council Task Force on SLCF (2013, 2011b) att en viktig åtgärd är att fortsätta det internationella arbetet inom International Maritime Organization (IMO).
- Antagande av frivilliga standarder avseende tekniska och icke-tekniska åtgärder för att minska emissionerna av BC från fartyg.
- Tekniska och operationella åtgärder för fartygstrafik (t.ex. hastighetsbegränsningar, åtgärder för att förbättra energieffektivitet, bättre insprutning av bränsle, användning av partikelfilter).
- Incitament för att motivera till förbättrade teknologier och hanteringslösningar, t.ex. differentierade hamnavgifter, där fartyg med bättre miljöprestanda får rabatterade hamnavgifter.

3.1.2 Metan

Metan från jordbruket: idisslare samt gödselhantering

- Metanemissioner från idisslare (enteric fermentation). Förändrade metoder inom djurhållning för att minska metanemissionerna, t.ex. fodertillsatser.
- Minska metanemissioner genom förbättrad hantering av gödsel från boskap och grisar inom jordbruket, användning av anaeroba och aeroba system för att processa gödsel.
- Insamling av metan från jordbruket t.ex. för användning som bränsle.

Metan från avfallshantering; deponier och avloppsvatten

- Insamling och fackling av metangas vid deponier.
- Insamling av metangasen för energianvändning.
- Förbättrad hantering av organiskt avfall, i syfte att undvika metangasgenerering. Separering och behandling av biogent hushållsavfall genom återvinning, kompostering och anaerob nedbrytning, metangasåtervinning från deponier.
- Minska metanemissioner genom förbättrad hantering av avloppsvatten. Uppgradera avloppsvattenshantering med gasåtervinning och översvämningsskontroll.

Diffusa emissioner av metan från olje- och gasanläggningar

- Minskat läckage från naturgasledningar.
- Krav på "best available technology".
- Minimera läckage genom att byta ut gammal utrustning.
- Ändra hanteringsrutiner vid underhåll och reparation för att minska volymen naturgas som läcker ut i atmosfären.
- Implementera inspektions- och underhållsprogram.

I en rapport från Hellstedt m. fl. (2014) ges en rad exempel på genomförda åtgärder och projekt vid olika typer av nordiska anläggningar för att minska emissioner av metan. Exempler innefattar en beskrivning av miljömedveten drift av storskalig kött- och mjölkproduktion (inklusive faktorer som påverkar metanemissioner), biogasproduktion i större eller mindre skala från gödsel och annat organiskt avfall, insamling och användning av metangas från deponier, olika metoder för biogasproduktion vid avloppshantering samt goda exempel på minskat metanläckage i hanteringskedjan för organiskt avfall.

3.1.3 Ozonbildande ämnen (CO, NO_x, NMVOC)

- Minska emissioner av CO, NO_x och NMVOC genom att införa emissionsbegränsande åtgärder för fordon.
- Åtgärder mot diffusa emissioner vid lagring av bränsle (NMVOC).
- Minska emissioner av NO_x genom användning av katalysatorer eller andra emissionsbegränsande åtgärder för mobila källor och små stationära förbränningskällor. Många åtgärder för att minska CO och NMVOC från fordon minskar även NO_x, t.ex. minskad biltrafik/ökad kollektivtrafik samt ökad användning av katalysatorer.
- Minska NO_x-emissioner (från förbränning generellt) genom striktare regler och krav, t.ex. emissionsstandarder för alla nya teknologier, ökad finansiering för utveckling av renare teknologier.
- Minska NMVOC-emissioner från industrier via uppsamlings- och förbränningsystem, minska emissioner från konsumentprodukter samt installera återvinningssystem för lösningsmedel.

3.1.4 Fluorerade gaser

Den mest effektiva åtgärden för att minska emissionerna av industritillverkade F-gaser är en minskad tillverkning och användning av dessa produkter. I många applikationer kan F-gaser antingen ersättas med andra mindre klimatpåverkande ämnen eller också kan man ersätta F-gaser med höga GWP-värden med F-gaser med lägre GWP-värden (t.ex. Zaelke m.fl., 2013, Schwarz m.fl., 2011).

I den nya EU-förordningen 517/2014 (EU, 2014b) inkluderas, förutom en successiv minskning av användningen och krav på substituering till ämnen med lägre GWP, en rad ytterligare åtgärder, såsom förbud mot användning av F-gaser i vissa typer av applikationer/produkter, ökade krav på hantering, registrering, kontroll och uppföljning samt på utbildning och certifiering av personer i olika led i hanteringen av F-gaser.

3.2 SLCP-åtgärder i Sverige enligt våra analyser

I de nationella prognoserna som presenterats i kapitel 2.1 inkluderas den förväntade påverkan från existerande och beslutade åtgärder vid beräkningar av framtida emissioner, en förutsättning som kan sammanfattas som Nuvarande lagstiftning ("current legislation"). I de nationella utsläppsprognoserna tas normalt inte fram alternativa prognoser (scenarier) för att belysa effekter av utökade ambitionsnivåer. I denna studie har vi därför fått använda oss av annat underlag för att uppskatta potentialer för utsläppsminskning av SLCP utöver de förväntade utsläppen enligt de nationella prognoserna. En snabb genomgång av tillgänglig litteratur visar att det inte finns någon heltäckande studie på utsläppsminskning-potential för Sverige som omfattar alla Sveriges utsläppssektorer. Det enda som finns är det som är framtaget av EU-kommissionen som underlag för revidering av den tematiska strategin för luftföroreningar och takdirektivet (Amann m.fl., 2014). Underlaget är framtaget och rapporterat av det internationella institutet för tillämpad systemanalys (IIASA). Analyserna är genomförda med GAINS-modellen (Amann m.fl., 2011), och en onlineversion av modellen med alla data som använts till EU-kommissionens underlagsrapporter finns tillgänglig på <http://gains.iiasa.ac.at/models/index.html>.

Gemensamt för de studier som finns om alternativa åtgärder för att ytterligare minska utsläpp av luftföroreningar är att de främst inkluderar utsläppsrenande tekniska åtgärder. Man skulle även kunna inkludera påverkan från omställning av energi- och transportsystemet eller beteendeförändringar, men detta görs vanligtvis inte. De potentialer som presenteras i denna studie är alltså rimligtvis underskattningar.

Liksom i den nationella prognosen beräknar EU-kommissionen för Europas länder ett scenario som ska simulera nuvarande lagstiftning, det kallas då CLE (Current Legislation). EU-kommissionen beräknar dessutom även ett ambitiöst alternativ, ett MFR-scenario (Maximum Feasible Reduction), där ytterligare möjliga åtgärder utöver de som innefattas i nuvarande lagstiftning (CLE) inkluderas i beräkningarna. I de fall scenarierna CLE och MFR för Sverige år 2030 skiljer sig enligt EU-kommissionens beräkningar indikerar det att det skulle finnas ytterligare potential att införa åtgärder som leder till utsläppsminskningar. Däremot så är det inte helt säkert att den av EU-kommissionen beräknade potentialen direkt går att applicera på de svenska prognoserna. En viktig förutsättning för att kunna applicera en beräknad utsläppsminskningspotential (skillnaden mellan MFR och CLE) på svenska data är att EU-kommissionens CLE-scenario stämmer någorlunda väl överens med de nationella prognoserna.

EU-kommissionens scenarier baseras på indata från Eurostat och modeller på Europaskala som beskriver förväntad/möjlig utveckling av samhällsekonomin, energisystemet, transportsektorn, industri- samt jordbruksproduktion. IIASA lägger sedan till bästa tillgängliga uppskattning om vad nuvarande lagstiftning rörande luftkvalitet har för påverkan på användning av utsläppsreningsteknik i Europas länder, främst baserat på tekniska specifikationer över reningsteknik (Best Available Techniques Reference Document (BREFs) <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>).

Det svenska underlaget till prognoserna tas fram på ett liknande sätt, men med andra modeller och med nationella data som underlag. Dessutom kompletteras modellerna med kvalitativa bedömningar och justeringar av modellresultat. Det svenska underlaget innehåller inte specifik information om vilka utsläppsreningstekniker som används eller beräknas användas i olika sektorer. Skillnaderna mellan data och metod påverkar hur stor del av den uppskattade utsläppsminskningspotentialen från EU-kommissionens beräkningar som går att översätta till svenska förhållanden.

Inom ramen för detta projekt har det inte funnits möjlighet att i detalj analysera likheter och skillnader mellan den nationella prognosen och EU-kommissionens scenarier. Därför har vi genomfört en översiktlig jämförelse mellan resultaten, en s.k. screening. Syftet med screeningen var att snabbt få en översikt och vägledning rörande hur stor del av den utsläppsminskningspotential som EU-kommissionen uppskattat (skillnaden mellan scenarierna CLE och MFR) som går att applicera/överföra till de svenska prognoserna. En mer detaljerad beskrivning av screeningsresultat ges i Appendix 1. Generellt kan man säga att resultatet från screeningen visar en relativt låg överensstämmelse mellan de nationella prognoserna och EU-kommissionens scenarier, vilket i sin tur gör det svårt att direkt använda de potentialuppskattningar som tagits fram av EU-kommissionen. Däremot kunde underliggande data för potentialuppskattningarna användas i viss utsträckning i analyserna i denna studie. För utsläpp av CH₄ finns inte några offentliga scenarier från EU-kommissionen att jämföra med.

I Tabell 1 redovisas det sammanfattande resultatet från screeningen. Resultaten har delats in i tre kategorier: hög, medel och låg överensstämmelse mellan EU-kommissionens scenarier och de svenska prognoserna. För en mer detaljerad beskrivning av screeningen, se Appendix 1.

Tabell 1: Sammanfattande resultat från screening av utsläppsminskingspotential av BC och NMVOC utöver svensk prognos år 2030.

Resultat från screening över utsläppsminskingspotential av SCLP i Sverige 2030			
	BC	NMVOC	Enhet
Totala svenska utsläpp 2030 enligt prognoser (Gg=kton)	2,5	143	Gg
Uppskattad potential med hög överensstämmelse mellan EU-kommissionen och de svenska prognoserna	0	2,1	Gg
Uppskattad potential med medel överensstämmelse	0	0	Gg
Uppskattad potential med låg överensstämmelse	1,28	44,6	Gg

Viktiga sektorer för utsläppsminskingspotential utöver svensk prognos 2030

Då resultaten från screeningen generellt visade låg överensstämmelse mellan EU-kommissionens CLE-scenario och Sveriges nationella prognos (Tabell 1) valde vi mestadels att utgå från tillgängliga svenska studier vid bedömning av vilka åtgärder som skulle kunna vara applicerbara för svenska förhållanden. Resultatet från screeningen användes istället främst för att identifiera och bedöma i vilka sektorer det sannolikt kommer att finnas störst utsläppsminskingspotential år 2030.

Den samlade bilden från screeningen av de svenska nationella utsläppsprognoserna och EU-kommissionens scenarier är att de viktigaste sektorerna för utsläppsminskningar år 2030 är småskalig förbränning av biomassa, jordbrukssektorn, arbetsmaskiner och lösningsmedelsanvändning (Tabell 2).

Tabell 2: Samlat resultat från jämförelse av svenska nationella prognosen och EU-kommissionens scenarier. Viktigste sektorer med potential för utsläppsminskningar av SLCP år 2030 utöver svensk prognos.

Sektor	Påverkade SLCP-utsläpp
Småskalig förbränning	BC, CH ₄ , NMVOC
Jordbrukssektorn	CH ₄
Arbetsmaskiner	BC, NO _x , NMVOC
Lösningsmedelsanvändning	NMVOC

I den fortsatta analysen utgick vi från dessa sektorer när vi identifierade vilka åtgärder som kan finnas tillgängliga år 2030 och vad de beräknas kosta. Som framgår av Tabell 2 påverkas flera SLCP-ämnen samtidigt av åtgärder på vissa källor, medan åtgärder på andra utsläppskällor främst påverkar ett ämne. Vi har därför uppskattat effekten på alla de utsläpp av SLCP-ämnen som kan tänkas bli påverkade när vi har analyserat potentiella utsläppsminskningar av en given åtgärd.

I denna studie har vi i stor utsträckning baserat våra potentialuppskattningar på tidigare svenska sektorsspecifika och utsläppspecifika potentialuppskattningar. I vissa fall har tidigare arbeten kompletterats, och i några fall har de tidigare rapporternas analysår inte alltid varit år 2030. Vår bästa bedömning av osäkerheten i det tillgängliga underlaget är att det för vissa utsläpp (NMVOC och BC) och vissa sektorer (lösningsmedelsanvändning och utsläpp från arbetsmaskiner) är relativt stor osäkerhet. I och med denna osäkerhet har vi tillåtit oss att för jämförelsens skull använda oss av tidigare resultat

framtagna för år 2020 och 2025 när vi har analyserat minskningspotential för SLCP år 2030. Genom att göra detta är inte våra analyser helt konsistenta, men underlaget tillåter ändå inte analyser med någon större noggrannhet, varför vi tillåtit oss denna överflyttning av resultat mellan år.

I följande stycke presenterar vi sektor för sektor de åtgärder vi identifierat från litteraturen. Vi kan tillägga att åtgärder som det inte funnits kostnadsuppskattningar för har exkluderats från potentialuppskattningen. Alla kostnader anges i €/år enligt 2010 års valutakurs (€₂₀₁₀), med antagen växelkurs mellan svenska kronor och € på 9,50 kronor/€ och en sammanlagd inflation för perioden 2005 - 2010 på 10 %.

En mer ingående beskrivning av hur åtgärdskostnader är beräknade ges i Appendix 2.

3.2.1 Åtgärder inom småskalig biomassaförbränning

Åtgärd 1: Ökad andel pellets av all biomassaförbränning i små pannor och kaminer (från 20 till 40 % år 2030)

Följande åtgärd påverkar utsläppen från kategorin "Bostäder" i Figur 1. Åtgärden innebär att pannor eller kaminer för ved ersätts med pellets pannor/kaminer, eller att pelletsbrännare monteras i befintlig utrustning.

I forskningsprogrammet CLEO²:s underlagsrapport till Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering 2015 (Munthe m.fl., 2014) beräknades effekter på utsläpp av luftföroreningar från en kraftigt ökad andel pellets i småskalig biomassaförbränning. Beräkningarna baserades på en infasning av pellets motsvarande ett skifte från dagens prognosticerade andel av pellets 2020 till 100 % pellets i pannor och kaminer till år 2050. För 2030 skulle en sådan ökad infasning innebära att mängden pellets som används som andel av den totala mängden biomassa ökar från ca 20 % till 40 % år 2030, och att beståndet av pannor och kaminer förändras och anpassas för detta. I föreliggande studie har vi beräknat den åtgärdskostnad som ett sådant skifte skulle innebära.

Vi har återanvänt samma kunskap och antaganden som i Munthe m.fl. (2014) angående hur den nutida och framtida sammansättningen av pannor och kaminer ser ut i Sverige. Denna information har i vår studie sedan kompletterats med data från IIASA om hur stora kostnader som kan associeras med ett byte av panna, eller installation av reningsutrustning, i de fall det är applicerbart (Klimont m.fl. 2002, Cofala m.fl. 2012). Baserat på resultat från Munthe m.fl. (2014) har vi sedan beräknat åtgärdskostnader för de scenarier som finns specificerade.

Scenarierna i Munthe m.fl. (2014) skilde sig åt med avseende på andelen pellets i framtida småskalig förbränning av biomassa, men också avseende vilken typ av emissionsfaktorer som användes för beräkning av utsläpp av partiklar (PM_{2,5} och BC).

Det finns två principiellt olika typer av emissionsfaktorer för partikelutsläpp. I det ena fallet baseras emissionsfaktorerna på mätningar i varma rökgaser och i det andra på mätningar i "kalla" (utspädda) rökgaser. Vid provtagning i kalla rökgaser har organiskt material från rökgaserna i olika utsträckning kondenserat på partiklarna, och man får alltså en större partikelmassa än vid mätning i varma rökgaser. Detta gäller framför allt vid förhållanden med ofullständig förbränning. Generellt anses det att mätning i kalla rökgaser bättre speglar verkliga förhållanden. I de svenska prognoserna används emissionsfaktorer

² www.cleoresearch.se

som baseras på varma rökgaser, d.v.s. generellt lägre emissionsfaktorer än om de baserats på kalla rökgaser. I EMEP/EEA Guidebook (EMEP/EEA, 2013) förordas emissionsfaktorer baserade på mätningar i kalla rökgaser. I Munthe m.fl. (2014) gjordes därför beräkningar på båda typerna av emissionsfaktorer.

I denna rapport har vi använt de utsläpp som följer av CLEO-rapportens scenarier 1, 3, 7, och 9 (Tabell 3). I scenarierna 1 och 3 användes de nuvarande svenska emissionsfaktorerna för partiklar (PM_{2,5}) som baseras på varma rökgaser och i scenarierna 7 och 9 användes emissionsfaktorerna från EMEP/EEA (2013). Nuvarande svenska emissionsfaktorer för PM_{2,5} har använts i scenarierna S1 och S3 (Tabell 3), medan emissionsfaktorer för PM_{2,5} från EMEP/EEA (2013) användes i scenarierna S7 och S9 (GB EF). BC beräknas som en andel av emitterad PM_{2,5}, där andelen BC tagits från EMEP/EEA (2013) för samtliga scenarier.

Tabell 3: Scenariospecifikation för analys av utsläppsminskning från småskalig förbränning av biomassa (från Munthe m.fl., 2014).

S1	Svensk prognos	Emissionsfaktorer enligt svensk utsläppsrapporering (varma rökgaser för PM _{2,5} som utgör underlag för BC). Emissionsfaktorer enligt svensk utsläppsrapporering för NMVOC, CH ₄ , NO _x . (SWE PM _{2,5})
S3	Ökad andel pellets	
S7	Svensk aktivitetsdataprognos	Emissionsfaktorer (EF) enligt EMEP/EEA GB (kalla rökgaser) för PM _{2,5} som utgör underlag för BC (GB EF PM _{2,5}).
S9	Ökad andel pellets	

Kostnaderna för att införa ökad andel pellets (från 20 till 40 % år 2030) i Sverige har i våra analyser beräknats som skillnaden i åtgärdskostnad mellan S1 och S3 respektive S7 och S9. I vår analys är den tekniska åtgärdskostnaden samma från S1 till S3 som från S7 till S9.

Resultat

Utsläppen för scenarierna som de rapporteras i Munthe m.fl. (2014) visas i Tabell 4 samt i Figur 10 - Figur 13.

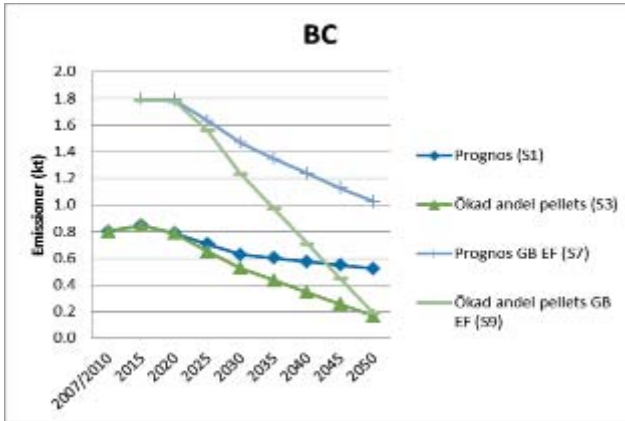
Tabell 4: Påverkan på utsläpp av en ökad användning av pellets år 2030 (S3&S9) jämförs med basprognos (S1&S7).

Scenario	BC (ton)	OC* (ton)	NMVOC (ton)	CH ₄ (ton)	NO _x (ton)
Utsläpp S1 (Swe PM _{2,5})	627	1 150	7 204	8 377	3 340
Utsläpp S3 (Swe PM _{2,5})	526	926	5 633	6 495	3 297
Utsläpp S7 (GB EF PM _{2,5})	1 466	2 479	7 204	8 377	3 340
Utsläpp S9 (GB EF PM _{2,5})	1 234	2 087	5 633	6 495	3 297

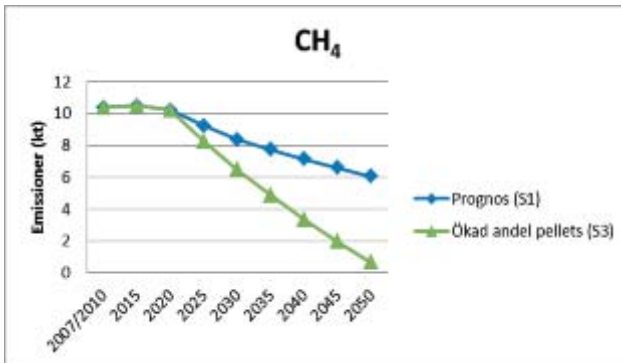
* OC = Organic Carbon

I Figurerna 10-13 nedan redovisas beräknade emissioner till 2030 och 2050 för de olika scenarierna för BC, CH₄, NMVOC och NO_x. Resultaten visar att för samtliga ämnen minskar emissionerna med ökande andel pellets av förbränd biomassa. För BC (Figur 10) visas också samma trend för S7/S9 som för S1/S3, men från en betydligt högre utsläppsnivå då emissionsfaktorer baserat på kalla (utspädda) mätningar använts

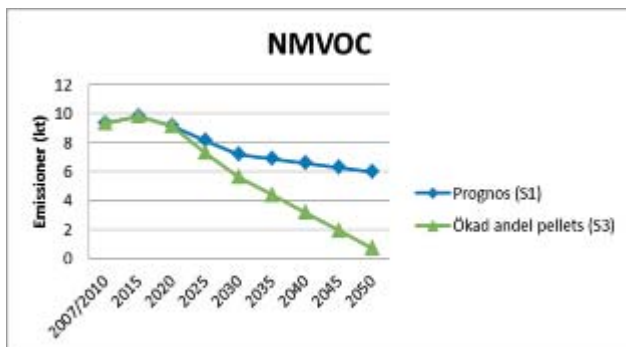
vid beräkning av utsläpp. När det gäller förbränning av pellets anses den vara såpass effektiv att skillnaden mellan de två typerna av emissionsfaktorer är försumbar. Med effektiv menas i detta sammanhang att förbränning av pellets endast ger en liten mängd oförbränt material som kan kondensera på partiklar.



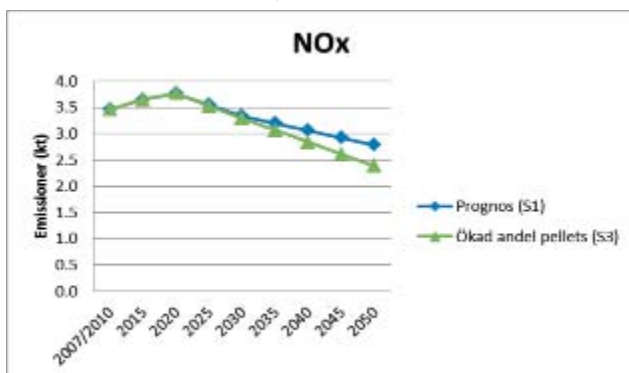
Figur 10. Scenariospecifika emissioner av BC (kt=Gg) enligt scenarier S1, S3, S7 och S9.



Figur 11. Scenariospecifika emissioner av CH₄ (kt = Gg) enligt scenarier S1 och S3 (samma värden används för S7 och S9).



Figur 12. Scenariospecifika emissioner av NMVOC (kt = Gg) enligt scenarier S1 och S3 (samma värden används för S7 och S9).



Figur 13. Scenariospecifika emissioner av NOx (kt = Gg) enligt scenarier S1 och S3 (samma värden används för S7 och S9).

Den samlade utsläppsreningskostnaden för att minska utsläpp av partiklar är enligt våra beräkningar 203 miljoner €₂₀₁₀ om året i scenario 1&7, och 219 miljoner €₂₀₁₀ om året i scenario 3&9, år 2030, dvs. en ökad kostnad på 16 miljoner €₂₀₁₀ om året för att öka andelen pellets från 20% till 40% år 2030 (Tabell 5).

Åtgärds-kostnads-beräkningarna använder data från Amann m.fl. (2014), Cofala m.fl. (2012) och Klimont m.fl. (2002) som finns tillgängliga i GAINS-modellen.

Tabell 5: Ökad infasning av pellets i småskalig förbränning – effekt år 2030 [minskade utsläpp i ton & ökad kostnad i miljoner €₂₀₁₀/år].

Åtgärd 1: Utsläppsminskningspotential och åtgärds-kostnad	BC (ton)	OC (ton)	NMVOC (ton)	CH ₄ (ton)	NO _x (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential (ton) resp. kostnad, från S1 till S3	101	224	1 571	1 882	43	16
Potential (ton) resp. kostnad, från S7 till S9	232	392	1 571	1 882	43	16

Andra alternativ för att minska SLCP-utsläpp från bostadssektorn - Utbyte av äldre pannor/kaminer mot modern teknologi

Att öka användningen av pellets är inte det enda alternativ som finns tillgängligt för att minska utsläpp av SLCP från småskalig biomassaförbränning. För jämförelsens skull har vi jämfört ökad användning av pellets med andra tillgängliga och kostnadssatta alternativ. De indikativa resultaten syns i Tabell 6.

Tabell 6: Utsläppsminskningar och åtgärdskostnader av en ökad mängd (20 % utöver EU-kommissionens prognos) nya pannor, vedspisar, och öppna spisar i Sverige 2030 – alternativ till pellets (utsläpp beräknade med GB EF för PM_{2,5}).

Utsläppsminskningspotential och åtgärdskostnad – alternativ till ökad andel pellets	BC (ton)	OC (ton)	NMVOC (ton)	CH ₄ (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Fler nya vedpannor	70	53	671	855	1,6
Fler nya vedspisar	20	5	53	4	7,2
Fler nya öppna spisar / insats i öppen spis	1	7	15	4	2,8

Vi har i dessa indikativa beräkningar inte kunnat beräkna effekter på NO_x, men det som framgår är att dessa alternativa åtgärder beräknas bli billigare än pelletsalternativet men ha lägre effekt på utsläpp för en motsvarande ökning av ny utrustning. Effekten på utsläpp som beräknas i Tabell 6 är endast indikativa då de är baserade på det underlag som använts av EU-kommissionen, inte till Sveriges prognos.

3.2.2 CH₄-åtgärder inom jordbrukssektorn

Jordbrukssektorn beräknas stå för 70 % av Sveriges totala metanutsläpp år 2030 och uppskattning av möjliga utsläppsminskningspotentialer i just denna sektor är därför särskilt viktigt.

För uppskattning av utsläppsminskningspotential av CH₄ från jordbrukssektorn och åtgärdskostnader har vi använt information från Hellstedt m.fl. (2014) och Jordbruksverket (2012). Även information från andra källor diskuteras för jämförelse.

Åtgärd 2: Rötning av stallgödsel

Biogasproduktion från stallgödsel har blivit vanligare i Sverige. År 2013 fanns 39 gårdsbiogasanläggningar i Sverige (Energimyndigheten, 2014c). Biogas produceras genom rötning – en biologisk nedbrytning av det organiska materialet i gödsel utan syretillgång. Processen sker i speciellt designade rötammare. Två tredjedelar av stallgödseln hanteras som pumpbar gödsel (flytgödsel och urin) och en tredjedel som fastgödsel (Bioenergiportalen, 2015). Vanligtvis är det gödsel från nötkreatur och svin som används för biogasproduktion. Det förekommer också tester av biogasproduktion från hästgödsel på vissa biogasanläggningar, t.ex. på Sötåsen och JTI i Töreboda (Hellstedt m.fl., 2014).

Hantering av stallgödsel genom rötning minskar effektivt metanutsläpp vid lagring – med 20 % till 80 %, enligt Höglund-Isaksson & Mechler (2005) och Höglund-Isaksson m.fl. (2013). Samtidigt ger det flera såväl ekonomiska nyttor som miljönyttor, bl.a. minskad förbrukning av fossila bränslen som ersätts av biogas (med minskat CO₂-utsläpp som följd), bättre lukt, högre grad av kväveutnyttjande från rötad gödsel jämfört med orötad, vilket resulterar i mindre behov av mineralgödsel. Rötresten är mer homogen och är lättare att sprida jämnt på åkrarna än orötad gödsel. En del av det organiskt bundna kvävet omvandlas

under röttningsprocessen till ammoniumkväve som växterna lättare kan ta upp (Bioenergiportalen, 2015). Dessa övriga nyttor är inte inkluderade i denna rapport's utsläppsberäkningar.

Storleken på en biogasanläggning påverkar dess effektivitet när det gäller minskning av metanutsläpp. Det vanligaste alternativet är en anläggning på en stor gård med minst 100 mjölkkor, 200 övriga nötkreatur eller 1000 svin. En sådan anläggning kan reducera metanutsläpp med upp till 80 %. En större, s.k. ”community-scale”-anläggning kan hantera gödsel från flera gårdar i närheten av anläggningen. Den anses vara mest aktuell för gårdar med intensiv svinuppfödning, eftersom gödseltransport över långa avstånd är kostsam och bidrar till ökade utsläpp av både metan och CO₂. Metanminskning i en sådan anläggning är ca 56-73 % (Höglund-Isaksson och Mechler, 2005).

Jordbruksverket har gjort egna scenarionanalyser med antagandet att 75 % av all nöt- och svingödsel rötas (totalt 0,81 miljoner ton (Mton) torrsbstans). Potentialen uppskattades då till 10 Mton CO₂ekv per år, vilket motsvarar 4,8 Gg CH₄ och 80 % minskning i jämförelse med utsläpp från örötad gödsel (Jordbruksverket, 2012). Eventuellt metanläckage från biogasanläggningar ingick inte i analysen. Måläret för Jordbruksverkets scenarionanalyser är år 2050, men eftersom jordbrukssektorns CH₄-utsläpp i prognoserna beräknas vara nästan konstanta från 2010 till 2050 antar vi att utsläppsminskningspotentialen på 4,8 Gg även finns år 2030 (Tabell 7).

Några studier har beräknat åtgärdskostnader för rötning av stallgödsel, där årliga åtgärdskostnader uppskattas till mellan 5600-7800 €₂₀₁₀/ton CH₄ (Jordbruksverket 2012, Hellstedt m.fl. 2014).

Tabell 7: Rötning av stallgödsel år 2030, påverkan på utsläpp av CH₄ och åtgärdskostnader [Gg & €₂₀₁₀/ton CH₄].

Åtgärd 2: Utsläppsminskningspotential och åtgärdskostnad	CH ₄ (Gg)	Kostnad per år (€ ₂₀₁₀ /ton CH ₄)
Potential / kostnad	4,8	5 600 – 7 800

Åtgärd 3: Täckning av flytgödselbrunnar

Genom täckning av flytgödselbrunnar med duk eller spänntak kan utsläpp av både metan och ammoniak minskas. En analys från Jordbruksverket utgår från att täckning med plastduk minskar avgången av metan med motsvarande 2,9 kg CO₂ekv per slaktsvinsplats och år, jämfört med försök utan täckning (Jordbruksverket 2012 som citerar Rodhe och Nordberg, 2011). Detta anses i Jordbruksverket (2012) gälla för all flytgödsel oavsett djurslag.

Åtgärdspotentialen uppskattas i analysen till 0,01 Mton CO₂ekv per år (Jordbruksverket 2012), vilket motsvarar 0,5 Gg CH₄ (Tabell 8).

Totala kostnader för täckningen skulle uppgå till 400-650 miljoner kronor enligt studien. Vid antagandet att täckningen håller i 20 år innebär det en kostnad på 2000-3300 kronor per år per ton CO₂ekv (Jordbruksverket, 2012), eller 42000 - 68000 kronor (~4900-7900 €₂₀₁₀) per ton CH₄ (Tabell 8).

Tabell 8: Täckning av flytgödselbrunnar år 2030, påverkan på utsläpp av CH₄ och åtgärdskostnader [Gg & €₂₀₁₀/ton CH₄].

Åtgärd 3: Utsläppsminskningspotential och åtgärdskostnad	CH ₄ (Gg)	Kostnad per år (€ ₂₀₁₀ /ton CH ₄)
Potential / kostnad	0,5	4 900 – 7 900

Åtgärd 4: Surgörning av flytgödsel

Surgörning av flytgödsel genom tillsats av syra minskar metanavgången från gödseln med i storleksordningen 25 %. Man kan antingen surgöra gödseln eller röta. Möjligheten att surgöra rötresten efter biogasframställning diskuteras (Jordbruksverket, 2010a).

Jordbruksverket (2012) antar i sin analys att de 25 % av gödslet som inte blir biogas istället surgörs. Det skulle resultera i en utsläppsminskning på knappt 0,01 CO₂ekv (Jordbruksverket, 2012), vilket motsvarar 0,5 Gg CH₄ (Tabell 9). Eventuell surgörning av lagrade rötresten är inte inkluderad i denna beräkning.

Den totala kostnaden uppskattas till 60-76 miljoner kronor per år (Jordbruksverket 2012), vilket motsvarar ~14 600–18 500 €₂₀₁₀/ton CH₄ (Tabell 9).

Tabell 9: Surgörning av flytgödsel år 2030, påverkan på utsläpp av CH₄ och åtgärdskostnad [Gg & €₂₀₁₀/ton CH₄].

Åtgärd 4: Utsläppsminskningspotential och åtgärdskostnad	CH ₄ (Gg)	Kostnad per år (€ ₂₀₁₀ /ton CH ₄)
Potential / kostnad	0,5	14 600 – 18 500

Förutom de åtgärder för att minska utsläpp av CH₄ från jordbrukssektorn som analyserats ovan finns även andra åtgärder nämnda i litteraturen. Framst är det användning av fodertillskott ("propionate precursors") och vaccinationsprogram som nämns.

Användning av "propionate precursors" (organiska syror såsom malat och fumarat) som tillskott i foder kan minska metanutsläpp från fodermältning. Denna åtgärd bedöms vara "i början av kommersialisering". Vaccination mot metanogena bakterier har visat lovande testresultat, men åtgärdens effektivitet vid applicering i större skala måste testas ytterligare, och kommersialisering har ännu inte påbörjats (Höglund-Isaksson m.fl., 2013).

Både "propionate precursors" och vaccination antas kunna bli tillgängligt på marknaden från 2030 och framöver (Höglund-Isaksson m.fl., 2013). Nuvarande potential och kostnadsuppskattningar för dessa två åtgärder är mycket osäkra, och det finns än så länge inget användbart underlag tillgängligt.

3.2.3 Åtgärder för att minska utsläpp från arbetsmaskiner

För arbetsmaskiner har vi använt resultat från tidigare studier. I denna studie har vi kompletterat de tidigare studierna med ytterligare utsläppsberäkningar i de fall detta har varit aktuellt. Vi har använt analyserade utsläppsminskande åtgärder i Fridell & Åström (2009) samt Åström m.fl. (2013) som underlag för SLCP-effekter och kostnadseffektivitet för utsläppsminskning från arbetsmaskiner. Målåret för dessa tidigare studier var 2020 respektive 2025, varför de i detta kapitel angivna värden endast anger indikationer. Påverkan på SLCP-utsläpp år 2030 av arbetsmaskiner och potentiella åtgärder för att minska dessa utsläpp behöver utredas ytterligare.

Åtgärd 5: Föryngring av maskinparken - indikationer från tidigare studier med målår 2020 och 2025

Luftföroreningsutsläpp från arbetsmaskiner kommer enligt prognos att minska i takt med att nya maskiner med lägre utsläpp utgör en ökande andel av maskinparken. Utsläppsminskningen skulle kunna gå ännu

fortare om man minskade genomsnittsåldern av maskinparken. Kostnaderna för en sådan åtgärd utgörs dels av att ett större antal maskiner har installerad reningsutrustning, dels av att vissa reningstekniker leder till ökat bränslebehov och dels av att man vid kraftig föryngring påverkar den ekonomiska livslängden på en maskin. I Fridell & Åström (2009) undersöktes effekten av ytterligare föryngring till år 2020 (Tabell 10). Vi har i denna studie kompletterat beräkningarna med beräkningar av BC genom att använda relationen mellan BC och PM_{2,5} såsom den anges i EMEP/EEA (2013). Påverkan på utsläpp av NMVOC är inte beräknade.

Tabell 10: Föryngring av maskinparken utöver gällande prognos – effekt år 2020.

Åtgärd 5: Utsläppsminskingspotential och åtgärdskostnad	NO _x (ton)	PM _{2,5} (ton)	BC (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential / kostnad	4 210	260	169	96

I Åström m.fl. (2013) beräknades effekten av föryngring på arbetsmaskiner med en motoreffekt större än 37 kW och med forcerad föryngring (Tabell 11). Forcerad föryngring innebär att maskiner som i prognosen endast skulle vara några få år gamla skulle bytas ut till nyare maskiner. Påverkan på utsläpp av NMVOC är inte beräknade.

Tabell 11: Föryngring av den större maskinparken utöver gällande prognos – effekt år 2025.

Åtgärd 5: Utsläppsminskingspotential och åtgärdskostnad större maskiner	NO _x (ton)	PM _{2,5} (ton)	BC (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential / kostnad	1 017	51	38	145

Effekten av föryngring år 2020 (Tabell 10) är större än de resultat som redovisas för 2025 (Tabell 11). Detta beror dels på att fler maskinstorlekar är inkluderade i beräkningen för 2020, dels på grund av att förbättringspotentialen minskar ju längre framåt i tiden man studerar (d.v.s maskinparken skulle redan bestå av en större andel nya maskiner och det är en mindre andel kvar som kan föryngras). Åtgärdskostnaden ökar med tiden då äldre fordon ersätts med nya fordon.

Åtgärd 6: Ökad andel gasdrivna arbetsmaskiner år 2025

Ett annat alternativ som studerades i Åström m.fl. (2013) är effekten av att vissa maskiner drivs med gas istället för diesel. Effekten av detta beräknades vara mycket liten år 2025 (Tabell 12).

Tabell 12: Ökad andel gasdrivna arbetsmaskiner – effekt år 2025.

Åtgärd 6: Utsläppsminskingspotential och åtgärdskostnad	NO _x (ton)	PM _{2,5} (ton)	BC (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential / kostnad	52	1	0,75	0,014

I Fridell & Åström (2009) analyserades särskilt ett antal åtgärder som skulle kunna ha effekt på utsläpp av NMVOC från mobila källor (åtgärderna 7, 8 och 9 nedan). Tvåtaktsmotorer som används i arbetsmaskiner och vissa andra mobila maskiner är betydande källor till svenska NMVOC-utsläpp, och det var därför intressant att sätta dessa åtgärder i perspektiv till övriga åtgärder i denna rapport. Återigen påminner vi om att dessa resultat är beräknade för mållåret 2020, och dessutom har senare uppdateringar visat att åtgärdskostnaden kan visa sig vara mycket lägre än vid tillfället för originalanalysen som genomfördes

2009. Till skillnad från tidigare åtgärder har dessutom fyrtaktsmotorer vanligtvis lägre bränsleförbrukning än tvåtaktsmotorer, ett förhållande som dock inte behöver gälla i framtiden.

Åtgärd 7: 50 % av alla snöskotrar som säljs efter 2011 har fyrtaktsmotorer – effekt 2020

Snöskotrar är en typ av fordon som fortfarande till relativt stor del drivs med tvåtaktsmotorer. 2009 var gällande prognos att dessa motorer skulle fortsätta finnas i relativt stor utsträckning år 2020 i Sverige. Det finns dock även fyrtaktsmotorer, varför en åtgärd bestående av ökad användning av fyrtaktsmotorer var relativt lätt att analysera (Tabell 13). Dessutom finns det redan relativt skarpa utsläppskrav i Nordamerika för vilka ett uppfyllande i stort sett kräver fyrtaktsmotorer (Fridell & Åström 2009).

Tabell 13: Ökad andel fyrtaktsmotorer i snöskotrar – effekt 2020.

Åtgärd 7: Utsläppsminskningspotential och åtgärds kostnad	NM VOC potential (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential / kostnad	80	0,13

Åtgärd 8: 50 % fler fyrtaktsmotorer i småbåtar än prognosticerat till 2020

På samma sätt som för snöskotrar beräknades år 2009 tvåtaktsmotorer i fritidsbåtar vara fortsatt vanligt förekommande år 2020. Effekten av att öka infasningen av fyrtaktsmotorer presenteras i Tabell 14.

Tabell 14: Fler fyrtaktsmotorer i småbåtar – effekt 2020.

Åtgärd 8: Utsläppsminskningspotential och åtgärds kostnad	NM VOC potential (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential / kostnad	890	-0,17

Åtgärd 9: 50 % fyrtaktsmotorer och resten el i hushållsmaskiner till 2020

Maskiner för hushållsbruk är en relativt stor men osäker källa till utsläpp av NM VOC i Sverige. Exempel på sådana maskiner är gräsklippare, motorsågar, häckklippare, röjsågar m.m. Tvåtaktsmotorer var fram tills för några år sedan dominerande inom denna kategori maskiner, men på senare tid har mängden elektriska alternativ och fyrtaktsalternativ ökat kraftigt i antal. Den nedan presenterade åtgärden (Tabell 15) bör därför betraktas med stor försiktighet.

Tabell 15: Ökad andel fyrtaktsmotorer och elmotorer i hushållsmaskiner – effekt år 2020.

Åtgärd 9: Utsläppsminskningspotential och åtgärds kostnad	NM VOC potential (ton)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential / kostnad	2100	3,85

Åtgärdernas effekt på CO₂?

I denna analys har vi inte tagit hänsyn till effekter på CO₂ genom påverkan på bränsleeffektivitet. Bland de analyserade åtgärderna finns åtgärder som ofta förknippas med minskad bränsleeffektivitet, men också åtgärder som förknippas med ökad bränsleeffektivitet (högre Eurostandard som fås genom förnyring resp. skifte till fyrtaktsmotorer). Det är en bra grundprincip att undvika utsläppsrenande åtgärder som

påverkar bränseffektiviteten negativt, men det går inte alltid att säkert bedöma hur bränseffektiviteten kan komma att påverkas i framtiden. Tidigare erfarenhet visar att befarad påverkan på bränseförbrukning av att installera partikelfilter kanske inte blir realiserad på grund av andra anpassningar. På samma sätt borde man nog inte heller anta att ett skifte från tvåtaktsmotorer till fyrtaktsmotorer leder till bränsebesparing, det kan lika gärna leda till ökat effektuttag i motorerna. Detta togs inte hänsyn till i Fridell & Åström (2009), så åtgärdskostnaderna i den studien bör tolkas med försiktighet.

3.2.4 Åtgärder för att minska utsläpp från lösningsmedelsanvändning

Åtgärd 10: Produktmodifiering av produkter som innehåller lösningsmedel

Produktmodifiering betyder att produkter som släpper ut mycket NMVOC vid användning byts ut mot andra produkter som innehåller mindre NMVOC eller är helt NMVOC-fria. Dessa produkter uppfyller samma funktion men har en annan kemisk sammansättning. Exempel på sådana modifikationer är att ersätta aerosolbaserade drivgaser i kosmetika och rengöringsmedel med pumpar eller komprimerad gas; att utveckla NMVOC-fri spolarvätska; etc. Ytterligare beskrivning av vad som innefattas i begreppet Produktmodifiering finns i Appendix 3.

Åtgärdens effektivitet i GAINS-modellens databas antas vara 60 %, men Klimont m.fl. (2000) påpekar att osäkerheten är ganska stor. En av utmaningarna vid produktersättning är att en ersättningsprodukt ska fullgöra sin funktion med åtminstone samma kvalitet som den NMVOC-innehållande produkten gör.

Analyserna i Amann m.fl. (2014) visar att 55 Gg NMVOC-utsläpp från sektorn lösningsmedels- och produktanvändning tekniskt sett skulle kunna minska med ~20-40 Gg beroende på vilken emissionsfaktor som antas (Tabell 16). Denna utsläppsminskning skulle år 2030 beräknas kosta ca 180 miljoner €₂₀₁₀ årligen enligt Amann m.fl. (2014).

Tabell 16: Produktmodifiering av lösningsmedel – effekt år 2030 [Gg & M€₂₀₁₀].

Åtgärd 10: Utsläppsminskningspotential och åtgärdskostnad	NMVOC potential (Gg)	Kostnad (M€ ₂₀₁₀ /år)
Potential / kostnad	20-40	180

4 Klimatpåverkan från utsläpp av SLCP

Då vi i denna studie studerar flera ämnen samtidigt är det viktigt att identifiera den samlade effekten av en åtgärd. Utan ett gemensamt jämförelsemått kan man inte uppskatta vilken åtgärd som kan anses vara mest kostnadseffektiv.

I denna studie har vi uppskattat svenska utsläppsminskningars påverkan på klimatet genom att använda tidigare framtagna indikatorer över klimatpåverkan för respektive ämne. Vi har sammanställt de vanligaste klimatindikatorerna från litteraturen som kan kopplas direkt till SLCP-ämnena och listat de kvantitativa värden som kopplas till respektive ämne.

4.1 Klimatindikatorer

Klimatindikatorer används för att på ett enkelt sätt kunna jämföra olika växthusgasers och kortlivade klimatpåverkande luftföroreningars påverkan på klimatet. Det finns ett antal mått som alla fångar vissa typer av climateffekter på olika bra sätt. Gemensamt för alla indikatorer är att en enhet utsläpp av koldioxid alltid används som referenspunkt och har värdet 1.

I Tabell 17 redovisas de klimatindikatorer som vi har använt oss av i denna studie. Indikatorerna presenteras av IPCC i deras femte rapport om klimatförändringar (IPCC 2013, WG1, AR5, kapitel 8). Två av de vanligaste klimatindikatorerna är Global Warming Potential (GWP) och Global Temperature Potential (GTP). Båda dessa indikatorer kan också relateras till olika tidshorisonter för påverkan, t.ex. 20, 50 eller 100 års perspektiv. GWP₁₀₀, dvs. global uppvärmningspotential på 100 års sikt är den indikator som används vid officiell rapportering av växthusgasutsläpp till Klimatkonventionen. Om man använder en klimatindikator med en kortare tidshorizont innebär det att de ämnen som har kortare uppehållstid i atmosfären än CO₂ får relativt sett högre klimatpåverkan, vilket syns i Tabell 17 för BC och CH₄.

Tabell 17: Klimatindikatorer för SLCP-luftföroreningar av intresse i denna studie – central uppskattning (IPCC, 2013). Värdena i tabellen anger klimatpåverkan i relation till CO₂ som har klimatpåverkan = 1.

Klimatindikator*	Förorening				
	BC	OC	NMVOG	CH ₄	NO _x
GWP ₂₀ medel	3 200	-240	18	84	-39
GWP ₁₀₀ medel	846	-65	6	28	-16
GTP ₂₀ medel	920	-71	10	67	-48
GTP ₅₀ medel				14	
GTP ₁₀₀ medel	120	-9	1	4	-3

*GWP = Global Warming Potential, GTP = Global Temperature Potential

Det SLCP-ämne som har fått störst uppmärksamhet de senaste åren är BC, vilket också är det SLCP-ämne vars klimatpåverkan antas vara associerad med störst osäkerhet och variation. Variationen drivs av vilket klimatperspektiv och vilken tidshorizont som används (Tabell 18).

Tabell 18: Variationen i uppskattningar av BCs klimatpåverkan (Naturvårdsverket 2013a, som citerar Bond m.fl. 2013).

Låg/Medel/Hög	GWP ₁₀₀	GWP ₂₀	GWP ₁₀₀	GTP ₂₀	GTP ₅₀	GTP ₁₀₀
Låg	100	270	100	95	15	5
Hög	1 700	6 200	1 700	2 400	390	340
Medel	900	3 200	900	920	150	130

4.2 Kostnadseffektivitet av åtgärder ur klimatsynpunkt

I detta kapitel presenterar vi den klimatviktade kostnadseffektiviteten av de åtgärder som presenterades i kapitel 3.3- 3.6, d.v.s. utsläppen av de enskilda ämnena är omräknade till CO₂ekv med hjälp av data i Tabell 17. Åtgärderna presenteras i samma ordning som i kapitel 3.

Innan vi presenterar åtgärdernas kostnadseffektivitet vill vi påminna om att dessa åtgärder ursprungligen är analyserade ur ett luftkvalitets- och miljöperspektiv (hälsoeffekter, försurning, övergödning, ozonskador). Det är också detta som rimligtvis är åtgärdernas främsta nytta. Då denna rapport främst beaktar klimatpåverkan från SCLP har vi valt att beräkna åtgärdernas kostnadseffektivitet ur ett strikt klimatsynpunkt. När en åtgärd har flera olika typer av miljöeffekter kan man använda sig av olika tekniker för att fördela åtgärdens kostnader på de olika miljöeffekter som kan kopplas till åtgärden, en metod som brukar kallas för allokering. Om man ska använda denna term har vi i denna analys alltså allokert 100 % av åtgärdens kostnad till klimatteffekter. I kapitel 6 diskuterar vi hur dessa åtgärder också kan tänkas påverka miljö och hälsa.

Småskalig biomassaförbränning

Åtgärd 1: Ökad andel pellets av all biomassaförbränning i små pannor och kaminer (från 20 till 40 % år 2030)

En ökad användning av pellets istället för ved vid småskalig biomassaförbränning skulle ur klimatsynpunkt vara associerat med en utsläppsminskning på 0,01-0,8 Mton CO₂ekv och en åtgärds kostnad på mellan 24-860 €/2010/ton CO₂ekv (utan hänsyn till osäkerheter i åtgärds kostnader) (Tabell 19). Variationen beror främst på vilket klimatsynpunkt som används, men även på variation i emissionsfaktorer och osäkerheter i klimatpåverkan av SLCP.

Tabell 19: Åtgärd 1, Kostnad per ton CO₂ekv och år (kostnadseffektivitet) ur ett klimatsynpunkt av att öka användning av pellets som ersättning för ved i småskalig förbränning år 2030.

Kostnadseffektivitet S1 till S3		Enhet
GWP ₂₀ medel	35	€/2010/ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	122	€/2010/ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	74	€/2010/ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	859	€/2010/ton CO ₂ ekv
Kostnadseffektivitet S7 till S9		Enhet
GWP ₂₀ medel	24	€/2010/ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	84	€/2010/ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	57	€/2010/ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	595	€/2010/ton CO ₂ ekv

Det finns flera men mindre effektiva åtgärder än ökad pelletsanvändning för att minska utsläppen av SLCP från småskalig förbränning (Tabell 20). Dessa åtgärder har lägre potential att minska utsläpp än pelletsåtgärden. Åtgärdernas kostnadseffektivitet presenteras ur ett klimatsynpunkt i Tabell 20. Som framgår av tabellen är kostnadseffektiviteten för framförallt åtgärden nya pannor högre än för åtgärden ökad pelletsanvändning, men som nämnts tidigare är utsläppsminskningspotentialen mycket lägre.

Tabell 20: Kostnadseffektivitet ur ett klimatperspektiv för alternativa åtgärder, småskalig vedeldning. Kostnader per år.

	Något ökad infasningstakt av nya pannor	Något ökad infasningstakt av nya vedspisar	Något ökad infasningstakt av nya öppna spisar / insatser	Enhet
GWP ₂₀	6	115	1 495	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀	22	432	5 452	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀	15	390	3 705	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀	154	3 058	38 616	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv

Jordbrukssektorn

Åtgärd 2-4: Ändrad gödselhantering

Åtgärderna inom jordbrukssektorn är till viss del substitut till varandra, vilket innebär att den totala utsläppsminskningspotentialen om de tre åtgärderna införs samtidigt inte blir lika stor som summan av de tre åtgärdernas enskilda potentialer (Tabell 21). Vi uppskattar att den totala utsläppsminskningspotentialen från dessa åtgärder ligger någonstans mellan 0,02-1 Mton CO₂ekv år 2030. Osäkerheterna i intervallet härrör till stor del från inverkan av de olika klimatmåten, men också från osäkerhet i skattad utsläpps-minskningspotential.

Tabell 21: Kostnadseffektivitet ur ett klimatperspektiv för de CH₄-åtgärder inom jordbruket som studerats i denna rapport (Åtgärd 2-4). Kostnader anges per år.

Åtgärd 2: Rötning av stallgödsel	Kostnadsuppskattning		Enhet
	Låg	Hög	
GWP ₂₀ medel	67	93	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	200	278	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	83	116	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₅₀ medel	400	556	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	1 398	1 945	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
Åtgärd 3: Täckning av flytgödselbrunnar	Kostnadsuppskattning		Enhet
	Låg	Hög	
GWP ₂₀ medel	58	94	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	174	281	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	73	118	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₅₀ medel	347	562	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	1 216	1 968	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
Åtgärd 4: Surgörning av flytgödsel*	Kostnadsuppskattning		Enhet
	Låg	Hög	
GWP ₂₀ medel	174	221	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	521	662	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	218	277	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₅₀ medel	1 042	1 323	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	3 647	4 632	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv

*Kan ej adderas till rötning

Arbetsmaskiner**Åtgärd 5-6: Åtgärder för att minska utsläpp från arbetsmaskiner 2020 och 2025**

I Tabell 22 presenteras kostnadseffektiviteten ur ett klimatperspektiv av att minska utsläpp av BC och NO_x från större arbetsmaskiner år 2020 eller år 2025, åtgärderna 5 och 6.

Tabell 22: Kostnadseffektivitet ur ett klimatperspektiv av att minska utsläpp av PM (inklusive BC) och NO_x från större arbetsmaskiner år 2025 och 2020 (Åtgärd 5-6). Kostnader anges per år.

Åtgärd	Kostnadseffektivitet	Enhet
Åtgärd 5: Föryngring av större maskinparken 2025		
GWP ₂₀ medel	1 759	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	8 781	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	-10 630*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₅₀ medel		€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	71 274	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
Åtgärd 5: Föryngring av maskinparken 2020		
GWP ₂₀ medel	257	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	1 245	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	-2 065*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₅₀ medel		€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	9 936	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
Åtgärd 6: Ökad andel gasdrivna arbetsmaskiner 2025		
GWP ₂₀ medel	39	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	-77*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	-8*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	-340*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv

*De negativa siffrorna i denna tabell betyder att åtgärden enligt den aktuella klimatindikatorn leder till ökad klimatpåverkan.

Åtgärder för att minska utsläpp av NMVOC från mindre arbetsmaskiner

I Tabell 23 presenteras kostnadseffektiviteten ur ett klimatperspektiv av att minska utsläpp av NMVOC från mindre maskiner och hushållsredskap år 2020, åtgärderna 7, 8 och 9.

Tabell 23: Kostnadseffektivitet ur klimatsynpunkt av NMVOC-utsläppsminskning från mindre maskiner och hushållsredskap år 2020 (Åtgärd 7-9). Kostnader anges per år.

Åtgärd	Kostnadseffektivitet	Enhet
Åtgärd 7: Fler fyrtaktsmotorer i snöskotrar		
GWP ₂₀ medel	92	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	295	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	174	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	2 063	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
Åtgärd 8: Fler fyrtaktsmotorer i småbåtar		
GWP ₂₀ medel	-10*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	-33*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	-20*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	-232*	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
Åtgärd 9: Fyrtakts- & elmotorer i små maskiner		
GWP ₂₀ medel	102	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	327	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	193	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	2 292	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv

*För småbåtar är den negativa kostnadseffektiviteten en effekt av att åtgärden enligt ursprungsmaterialet kan leda till bränslebesparingar som är så stora att åtgärden innebär en ekonomisk besparing.

Lösningsmedel

Åtgärder för att minska utsläpp från lösningsmedelsanvändning

Osäkerheten kring utsläppsminskningspotentialen för NMVOC genom ändrad lösningsmedelsanvändning är mycket stor. Åtgärdsscenarier för NMVOC är relativt outforskade, och det enda aktuella som finns publicerat är de scenarier som togs fram som underlag till EU-kommissionens förslag till revidering av den tematiska strategin för luftföroreningar och takdirektivet inom EU (Amann m.fl., 2014). För NMVOC är dataunderlaget som används av EU-kommissionen något föråldrat och uppdateringar behövs. Detsamma gäller dataunderlaget som används i Sverige, men för svensk del är uppdateringar planerade. I och med detta är potentialuppskattningarna för utsläppsminskning av NMVOC från lösningsmedelsanvändning (Åtgärd 10) osäkra.

Uppskattningarna från Amann m.fl. (2014) visar en utsläppsminskningspotential på ca 15 Gg NMVOC år 2030. Samma potential omräknad i procent som appliceras på Sveriges prognoser ger en utsläppsminskningspotential på ca 30 Gg NMVOC år 2030. Mätt som klimatpåverkan skulle utsläppsminskningspotentialen från ändrad lösningsmedelsanvändning uppgå till mellan 0,01-0,6 Mton CO₂ekv.

Den beräknade kostnadseffektiviteten för åtgärd 10 ur ett klimatperspektiv redovisas i Tabell 24.

Tabell 24: Kostnadseffektivitet ur ett klimatperspektiv för Åtgärd 10: Produktmodifiering av produkter innehållande lösningsmedel år 2030. Kostnader anges per år.

	Hög potential	Låg potential	
GWP ₂₀ medel	316	660	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GWP ₁₀₀ medel	1 014	2 122	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₂₀ medel	598	1 251	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv
GTP ₁₀₀ medel	7 101	14 853	€ ₂₀₁₀ /ton CO ₂ ekv

4.2.1 Sammanställning klimatpåverkan och kostnadseffektivitet

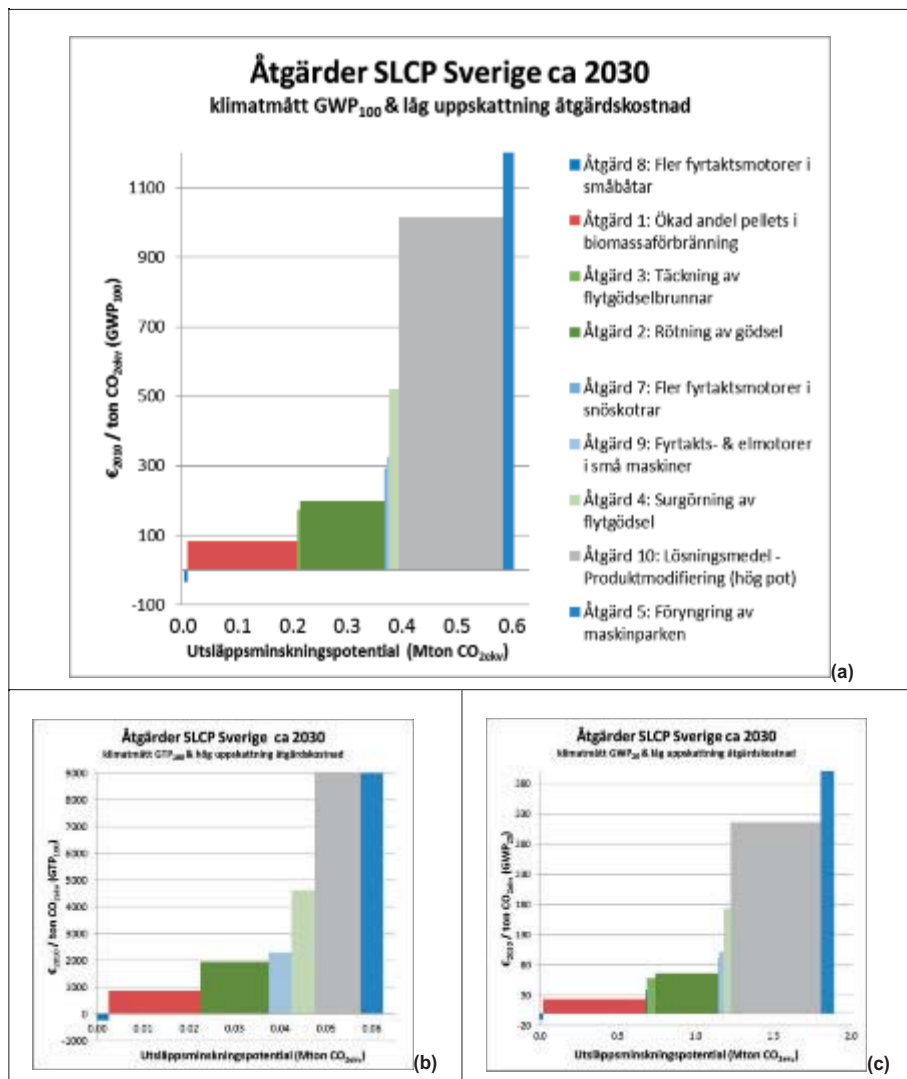
De åtgärder vi har studerat representerar åtgärder som år 2030 är applicerbara på ca 70 % av Sveriges prognosticerade utsläpp av CH₄, 45 % av Sveriges totala utsläpp av BC och ca 40 % av Sveriges prognosticerade NMVOC-utsläpp. Dessa åtgärder är dessutom vad som kan betraktas som relativt enkelt tillgängliga utsläppsrenande åtgärder.

Det finns förstås andra typer av mer systemövergripande åtgärder, men dessa är mycket svåra att kostnadssätta (som till exempel vegetarisk kost och andra beteendeförändringar) och blir därför svåra att ha med i denna typ av analys. Andra åtgärder, som till exempel effekter av energieffektivisering, kräver ytterligare systemanalyser då kopplingen mellan energieffektivisering och utsläpp inte är lika direkta som t.ex. kopplingen mellan ett skifte till pelletspanna och påverkan på utsläpp.

I analyserna har vi som tidigare nämnts försökt undvika att ta med påverkan på CO₂-utsläpp. Motorer med utsläppsrening som ger lägre utsläpp av partiklar brukar associeras med högre bränsleförbrukning. Detta är ingen given sanning. Viss erfarenhet indikerar att andra förändringar, till exempel minskad vikt på maskinen, kan ge bränslebesparingar. Andra erfarenheter visar däremot att bränsleförbrukningen verkligen ökar. Om tvåtaktsmotorer ersätts med fyrtaktsmotorer sker dock ingen ökad bränsleförbrukning. Det finns däremot skäl att misstänka att ett skifte till fyrtaktsmotorer kan komma att inkludera ett skifte till större motorstorlek, varpå den positiva effekten på bränsleförbrukning skulle gå förlorad. Effekten på bränsleförbrukning och CO₂ är alltså oklar, och har därför i de flesta fall exkluderats i denna analys (förutom i det fall då det i underlagsdata redan var medräknat effekter på bränsleförbrukning).

Det samlade resultatet av de i denna rapport analyserade åtgärderna visas i Figur 14. Figuren visar en s.k. åtgärds-kostnadskurva, där åtgärderna presenteras från vänster till höger i ordningen ökande kostnad (y-axeln), medan den beräknade åtgärds-potentialen (Mton CO₂ekv) visas på x-axeln.

Figur 14(a) visar en indikativ åtgärds-kostnadskurva för SLCP för olika klimatindikatorer och uppskattningar på utsläppsminkningspotentialer. Den maximala årliga åtgärds-kostnaden i figuren är 71 280 €₂₀₁₀ /ton CO₂ekv (alternativ (b)). Sammantaget kan sägas att utsläppsminkningspotentialens ytterpunkter i denna analys ligger på ca 0,06-1,9 Mton CO₂ekv. De maximala åtgärds-kostnaderna (alltid för Åtgärd 5 – Förnygring av maskinparken 2025) varierar mellan ~1 800-71 280 €₂₀₁₀ /ton CO₂ekv per år. Åtgärd 6, som ger negativ klimatpåverkan enligt vissa klimatindikatorer, är inte inkluderad i (a) och (b).



*Surgörning av gödsel är en åtgärd som inte går att genomföra samtidigt som man rötter gödsel och utvinnet CH₄.

Figur 14. Åtgärds kostnadskurva för de i rapporten analyserade åtgärderna. I vår centraluppskattning (a) används klimatindikator GWP₁₀₀. (b) och (c) visar effekten på åtgärds kostnader och utsläppsminskningspotential som en konsekvens av framförallt vilken klimatindikator som används. I diagram (b) används indikatorn GTP₁₀₀ och i (c) indikatorn GWP₂₀. Åtgärds kostnaden för den dyraste Åtgärd 5 är i (a) = 1 760, (b) = 71 280, (c) = 8 780 €₂₀₁₀/ton CO₂ekv per år. För indikatorn GTP₂₀ hade denna Åtgärd 5 negativ klimatpåverkan enbart genom dess påverkan på luftföroreningar. Observera att vi i denna analys tillskriver hela åtgärdens kostnad till de climateffekter som åtgärden har.

Sammantaget kan man läsa ut ur de tre alternativen i Figur 14 att tekniska utsläppsrenande åtgärder kan minska svenska SLCP-utsläpp med motsvarande mellan ca 0,06-1,9 Mton CO₂ekv, och att det är åtgärder inom småskalig biomassaförbränning och rötning av gödsel som har störst teknisk potential och är relativt sett mest kostnadseffektiva ur ett klimatperspektiv. Figur 14 visar även att åtgärdskostnaderna ur ett klimatperspektiv vanligtvis är relativt dyra. Det är endast när man använder klimatindikatorn GWP₂₀ som åtgärdskostnaderna för de billigaste alternativen ligger under 30 €₂₀₁₀ per ton CO₂ekv och år.

Av ytterligare intresse är om kostnadseffektiviteten hos de åtgärder som analyserats påverkas i förhållande till varandra av vilken klimatindikator som används. Tabell 25 visar resultaten av en sammanställning av de åtgärder som analyserats i denna rapport.

Tabell 25: Ranking, kostnadseffektivitet ur ett klimatperspektiv av de åtgärder (och dess variationer) som vi studerat i denna analys. 1 = lägst åtgärdskostnad per ton CO₂ekv utsläppsminskning. Endast större avvikelser är färgmarkerade (röd, stor avvikelse, orange, mindre avvikelse).

Sektor	Specifikation åtgärd	Ranking av kostnadseffektivitet beroende på klimatindikator			
		GWP ₂₀	GWP ₁₀₀	GTP ₂₀	GTP ₁₀₀
Arbetsmaskiner	Åtgärd 8	1	1	1	1
Uppvärmning	Alternativ åtgärd: Ny Panna	2	2	2	2
Uppvärmning	Åtgärd 1: GB EF	3	3	3	3
Uppvärmning	Åtgärd 2: Sve EF	4	4	5	4
Arbetsmaskiner	Åtgärd 6	5	17	15	17
Jordbruk	Åtgärd 3 Låg kostnad	6	5	4	5
Jordbruk	Åtgärd 2 Låg kostnad	7	6	6	6
Arbetsmaskiner	Åtgärd 7	8	9	9	9
Jordbruk	Åtgärd 2 Hög kostnad	9	7	7	7
Jordbruk	Åtgärd 3 Hög kostnad	10	8	8	8
Arbetsmaskiner	Åtgärd 9	11	10	10	10
Jordbruk	Åtgärd 4 Låg kostnad	12	11	11	11
Jordbruk	Åtgärd 4 Hög kostnad	13	12	12	12
Arbetsmaskiner	Åtgärd 5 2020	14	14	16	14
Lösningssmedelsanvändning	Åtgärd 10 hög potential	15	13	13	13
Lösningssmedelsanvändning	Åtgärd 10 låg potential	16	15	14	15

Som framgår i Tabell 25 spelar det för de åtgärder vi kunnat analysera i denna studie ingen större roll vilken klimatindikator som använts för att beräkna åtgärdernas kostnadseffektivitet. Undantaget är ökad användning av gasmotorer i arbetsmaskiner, en åtgärd som enligt beräkningarna i Åström m.fl. 2013 skulle minska utsläppen av NO_x så mycket att utsläppen av BC antagligen inte skulle motverka klimateffekten av minskade NO_x-utsläpp. Självklart är tabellen ovan en produkt av vilka värden som är satta på utsläppsminskningar och åtgärdskostnader, samt vilka klimatindikatorer som använts för jämförelse, men givet bästa tillgängliga information vi har idag så ser läget ut som i tabellen ovan.

5 Styrmedel och åtgärder

Våra beräkningar som presenterats i kapitel 3 och 4 visar att tekniska utsläppsrenande åtgärder kan minska svenska SLCP-utsläpp med motsvarande ca 0,06-1,9 Mton CO₂ekv, och att det är åtgärder inom småskalig biomassaförbränning och rötning av gödsel som har störst teknisk potential och är relativt sett mest kostnadseffektiva ur ett klimatperspektiv. Det är därmed av intresse att studera vilka styrmedel och åtgärder som skulle kunna bidra till minskade utläpp i Sverige till år 2030.

I detta kapitel presenterar vi först de principiellt olika typerna av styrmedel man kan använda. I kapitel 5.2 följer en kort genomgång av några viktiga nya styrmedel inom EU som ännu inte, eller alldeles nyligen, har beslutats och därför kan betraktas som utöver de nuvarande prognoserna (som baseras på nuvarande lagstiftning). Därefter, i kapitel 5.3, ger vi exempel på nationella regleringar av SLCP utöver EU-lagstiftning.

5.1 Styrmedel

Styrmedel kan vara av olika slag, till exempel lagar och regler, ekonomiska styrmedel eller i form av utbildning och information. I Tabell 26 redovisas exempel på olika typer av styrmedel (Sterner 2003, Energimyndigheten, 2014b, ACAP, 2014).

Tabell 26. Exempel på olika typer av styrmedel.

Ekonomiska	Administrativa/ Juridiska	Information	Forskning/utveckling
Skatter	Lagar och regleringar	Upplysning	Forskningsmedel
Skatteavdrag	Gränsvärden för utsläpp	Rådgivning	Utvecklingsstöd
Avgifter	Tekniska krav	Utbildning	Demonstrationsstöd
Bidrag/ subventioner	Långsiktiga avtal	Riktlinjer	Teknikupphandling
Pant	Miljöklassning	Opinionsbildning	
Marknads-baserade handelssystem			

5.2 Viktiga nya styrmedel inom EU

I detta kapitel redovisas några av de ur SLCP-synpunkt viktigare nya styrmedel inom EU som vi har identifierat. Materialet gör inte anspråk på att vara heltäckande, men visar att för viktiga utsläppskällor som vi har analyserat i denna rapport så pågår arbete på EU-nivå för att införa regleringar och minska emissionerna. Detta innefattar småskalig förbränning via Ekodesigndirektivet (EU Direktiv 2009/125), metanutsläpp från jordbruket via EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP, Common Agricultural Policy, se t.ex. Jordbruksverket, 2014), förslag till ny förordning om utsläppsgränser för arbetsmaskiner samt en ny förordning om fluorerade gaser. Vi har inte identifierat några nya styrmedel när det gäller NMVOC.

5.2.1 Ekodesigndirektivet, fastbränslepannor och kaminer

Framtida utsläpp av BC och ozonbildande ämnen från hushållssektorns biomassaförbränning kommer att påverkas av nya krav under Ekodesigndirektivet. Inom EU har nyligen (oktober 2014) nya ekodesignkrav för fastbränslepannor och rumsvärmare (kaminer) som använder fasta bränslen röstats igenom av ekodesignkommittén. De nya kraven börjar gälla år 2020 för fastbränslepannor och 2022 för

rumsvärmare. Enligt de nya kraven i ekodesigndirektivet föreslås minimikrav på årsenergieffektivitet ("seasonal space heating energy efficiency"). Dessutom ingår gränsvärden för utsläpp av partiklar (där BC är en delmängd) samt för de ozonbildande ämnena, kolmonoxid (CO), gasformiga organiska ämnen (OGC) samt kväveoxider (NO_x) (Energimyndigheten, 2014a). Innan förordningen vinner laga kraft väntar granskning och slutligt godkännande av Europeiska parlamentet och rådet. Enligt Energimyndigheten är det troligt att förordningen publiceras och vinner laga kraft under våren 2015 (Energimyndigheten, 2014a).

5.2.2 Metanutsläpp från jordbrukssektorn: CAP och nya förordningar

Inom jordbrukssektorn är det EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP) som har betydelse för reglering av metanutsläpp. CAP har nyligen genomgått en revidering inför en ny period 2014-2020.

De delar av CAP som på ett riktat sätt kan påverka SLCP-utsläpp från jordbruket i Sverige är implementerade i landsbygdsprogrammet (Jordbruksverket, 2015a). I juni 2014 beslutade regeringen om utformningen av programmet för perioden 2014-2020 (Regeringskansliet, 2014). Detta förslag ska nu granskas och godkännas av EU-kommissionen. Jordbruksverket bedömer att det svenska landsbygdsprogrammet kan godkännas under juni 2015 (Jordbruksverket, 2015b).

Ett ekonomiskt styrmedel som har existerat i Sverige i flera år och inkluderats i det nu inte längre gällande landsbygdsprogrammet 2007-2013 är **stöd för investeringar** kopplade till produktion eller förädlning av biogas. Ersättningen gavs för upp till 30 % av investeringskostnader (i vissa fall upp till 50 % om anläggningen ligger i norra Sverige) (Jordbruksverket, 2010b). Den nya CAP gör det möjligt för medlemsstater att fortsätta utforma ett sådant investeringsstöd (artikel 17 och artikel 28 i EU nr 1305/2013). Förslaget för landsbygdsprogrammet 2014-2020 (Sweden – Rural Development Programme 2014) inkluderar investeringsstöd, men för tillfället råder ett uppehåll i investeringsstöd för biogasanläggningar. Först måste EU-kommissionen godkänna att det föreslagna stödet stämmer överens med EU-regelverket för statsstöd.

Ett nytt styrmedel i Sverige är **gödselgasstöd**. Styrmedlet föreslogs först inom ett förslag till en sektorövergripande biogasstrategi framtagen av Jordbruksverket i samarbete med Energimyndigheten och Naturvårdsverket under 2010 (styrmedlet kallades för "metanreduceringsersättning" i denna strategi). Småskaliga biogasproducenter skulle enligt förslaget ersättas 20 öre/kWh producerad energi, under förutsättning att minst hälften av substratet kom från stallgödsel (Jordbruksverket 2010b).

Förslaget har utvecklats vidare till ett pilotprojekt som regleras av en ny svensk förordning (SFS 2014:1528) i enlighet med de villkor som föreskrivs i kapitel 1 och artikel 43 i kommissionens förordning nr 651/2014 (EU, 2014a). Stödet är tillgängligt för alla svenska biogasproducenter med installerade effekt på max 500 kW (el och annan användning med gemensam anslutningspunkt till elnät) eller 50 000 ton per år (fordonsgas) (EU nr 651/2014). Stödbelopp är, som föreslagits tidigare, 20 öre/kWh som den producerade gödselgasen innehåller (SFS 2014:1528). Förordningen SFS 2014:1528 trädde i kraft 1 februari 2015.

5.2.3 Förslag till ny förordning om utsläppsgränser för mobila maskiner som inte är avsedda för transporter på väg

Inom EU finns ett förslag till ny förordning "om krav för utsläppsgränser och typgodkännande för förbränningsmotorer i mobila maskiner som inte är avsedda att användas för transporter på väg" (EU, 2014c). Enligt texten i det nuvarande förslaget ska förordningen tillämpas från och med 1 januari 2017.

Skälen till det nya förslaget är att nuvarande direktiv 97/68/EG (EU, 1997), trots att det har ändrats ett antal gånger, ändå anses innehålla brister. Omfattningen är för begränsad eftersom den utesluter vissa motorkategorier. Nya utsläppssteg infördes senast när direktivet ändrades 2004 och de återspeglar inte längre den senaste tekniken. Dessutom stämmer utsläppsgränserna för vissa motorkategorier inte överens med varandra. Ett viktigt skäl som anges är också att det har framkommit avgörande bevis för de negativa hälsoeffekterna av utsläpp av dieselavgaser, särskilt när det gäller partikelformiga ämnen (d.v.s. dieselpartiklar). Som följd av detta finns det i förslaget, utöver gränsvärden för partikelmassa, även gränsvärden för partikelantal för de mest relevanta motorkategorierna.

Jämfört med den befintliga rättsakten kommer förslaget till förordning bland annat innebära införande av nya utsläppsgränser som återspeglar den tekniska utvecklingen och EU:s politik inom vägtrafiksektorn, i syfte att uppnå EU:s mål för luftkvalitet.

5.2.4 Ny förordning om fluorerade gaser

Inom EU trädde en ny förordning om fluorerade växthusgaser (F-gaser) ikraft den 1 januari 2015 (EG nr 517/2014). Den nya förordningen är en utökning och skärpning av den tidigare, EG nr 842/2006. Det anges att eftersom förordningen har antagits i enlighet med artikel 192.1 i EUF-fördraget³ (Europeiska Unionens Funktionssätt) hindrar den inte medlemsstaterna från att behålla eller införa strängare skyddsåtgärder som är förenliga med EUF-fördraget. Dessa åtgärder ska dock anmälas till kommissionen.

I den nya EU-förordningen (EG nr 517/2014) inkluderas, förutom en successiv minskning av mängden F-gaser inom EU (ett kvotssystem) och krav på substituering till ämnen med lägre GWP, en rad ytterligare åtgärder, såsom förbud mot användning av F-gaser i vissa typer av applikationer/produkter, ökade krav på läckagetester, hantering, registrering, kontroll och uppföljning, samt på utbildning och certifiering av personer i olika led i hanteringen av F-gaser.

Förutom den nya förordningen, finns inom EU även direktiv 2006/40/EG om utsläpp från luftkonditioneringssystem i motorfordon. I direktivet förbjuds användning av fluorerade köldmedier med högre GWP₁₀₀ än 150 i nya typgodkännanden från 2013 och i alla nya fordon från 2017.

5.3 Exempel på nationella regleringar av SLCP utöver EU-lagstiftning

Nedan presenteras en översiktlig screening av nationella regleringar av SLCP via litteraturstudie, internet och etablerade kontakter med relevant expertis inom området i Sverige och EU. De redovisade exemplen nedan är ingen uttömmande inventering, utan bör ses som en redovisning av exempel på regleringar av SLCP utöver EU-lagstiftningen i några EU-länder. Genomgången kan tjäna som exempel på hur olika länder har valt att arbeta med frågan om åtgärder för att minska utsläpp av SLCP.

5.3.1 Nationella regleringar av partiklar, och indirekt BC

Vi känner inte till någon reglering som specifik riktas mot BC. Indirekt påverkas dock BC via regleringar riktade mot partikelutsläpp (PM).

³ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TEXT/PDF/?uri=CELEX:12012E/TEXT&from=SV>

5.3.1.1 BC från småskalig biomassaförbränning

Regleringar och andra styrmedel i de nordiska och i arktiska länder för att begränsa emissioner av partiklar (och indirekt även BC) från småskalig biomassaförbränning redovisas i Levander & Bodin (2014) för de nordiska länderna respektive i ACAP (2014) och i Arctic Council Task Force on Short-Lived Climate Forcers (2011) för de arktiska länderna (de nordiska länderna samt USA och Kanada).

Administrativa styrmedel (regleringar) som anger gränsvärde för maximal emission av PM från nya vedkaminer finns i USA, Kanada, Danmark och Norge. I USA och Kanada finns också s.k. ”no-burn days” som regleras på lokal och regional nivå.

Ett flertal ekonomiska styrmedel finns (eller har funnits). För USA och Kanada nämns kampanjer där tillverkare, återförsäljare och distributörer erbjuder rabatter på ny utrustning. I Norge, USA och Kanada finns program med bidrag (”subsidies”) för att byta ut gammal utrustning mot modern, och i Danmark finns bidrag för teknisk utveckling till tillverkare av förbränningsutrustning.

I samtliga länder förekommer informationskampanjer med syfte att lära ut hur man ska elda på rätt sätt för att minimera utsläpp av partiklar, och också med information om hälsoeffekter.

I Levander & Bodin (2014) redovisas även mer ”generella” lagar och regleringar som t.ex. rör energieffektivisering, som skulle kunna användas i syfte att begränsa utsläpp från biomassaförbränning. Levander & Bodin redovisar också en rad ekonomiska styrmedel som finns eller har funnits i de nordiska länderna, och även den uppskattade effekten t.ex. i form av antal utbytta gamla kaminer, eller minskade utsläpp. I Danmark fanns exempelvis under några år från och med 2007 en skrotpremie (”scrapping payment”) för gamla vedpannor (installerade före 1980) som ersattes med ny utrustning som uppfyllde emissionsgränsvärdena. Detta bedöms ha lett till utbyte av ca 3500 fler äldre vedpannor än vad som annars skulle ha varit fallet. Finland har haft ekonomiska bidrag för att uppmuntra övergång från oljeeldning och eluppvärmning till förnybar energi i hushållssektorn (”renewable energy grants”). Programmet omfattade både övergång till biomassa och till t.ex. värmepumpar. I Norge finns, eller har funnits, såväl skrotningspremier som bidragsprogram för att fasa ut gammal utrustning. I Trondheim har det genomförts ett med offentliga medel finansierat försök där man installerade ”afterburners” för att förbättra emissionsprestandan i gammal utrustning (”secondary post-combustion chamber”). På nationell nivå i Norge finns ett system med bidrag för att installera modern utrustning (Energy Fund, hanteras av statligt ägda Enova SF). I Sverige fanns fram till 2008 KLIMP (Klimatinvesteringsprogram) med bidrag för att installera nya pannor och kaminer.

I ACAP (2014) redovisas styrmedel för att begränsa partikelemissioner (och indirekt även BC-emissioner) från hushållens biomassaförbränning i de nordiska länderna (Tabell 27).

Tabell 27. Nationella styrmedel för att begränsa emissioner av PM och BC från hushållens biomassaförbränning i de nordiska länderna (översatt till svenska från ACAP, 2014).

Typ av styrmedel	Tids-period	Nationell/ lokal	Beskrivning
Danmark			
Administrativ	2008 -	Nationell	Max tillåtna PM-emissioner från nya kaminer (under revision) och gamla kaminer som säljs begagnade.
Information	2006-2007	Nationell	Nationell informationskampanj om korrekt användning av kaminer.
Information	2011-	Nationell	Nationell informationskampanj om korrekt användning

Typ av styrmedel	Tidsperiod	Nationell/ lokal	Beskrivning
	2013		av kaminer, inklusive hälsoinformation.
Information		Nationell	Danska Miljöministeriets web. Information om korrekt användning av kaminer, inklusive påverkan på hälsa och miljö.
Ekonomiskt	2007 -	Nationell	Bidrag till utveckling av ny teknologi. Kostnader fördelade mellan utvecklare och myndigheter.
Norge			
Administrativ	1998 -	Nationell	Max tillåtna PM-emissioner från nya kaminer på 10 g/kg ved.
Information		Nationell	Information om "best practices", hur kaminer bör hanteras, om olika teknologier, om hälso- och klimateffekter av BC och partiklar på Norska Miljömyndigheters hemsida och i media under vintersäsong. Under 2013 fanns det också en film om korrekt handhavande av kaminer, samt en broschyr.
Ekonomiskt	2006 -	Nationell	Nationellt stödssystem genom Enova (public enterprise) för privata hushåll för installation av icke-fossila källor för uppvärmning och/eller mer energieffektiva energisystem.
Ekonomiskt	1998 -	Lokal	Bidrag (grants) från kommunal nivå till invånare som ersätter en gammal kamin med nyare med bättre prestanda.
Finland			
Administrativ	2000 -	Nationell	Lagstiftning (The Neighbourhood Act) deklarerar att hushåll inte får orsaka "excessive stress" i grannskapet med skadliga substanser, t.ex. sot, smuts, lukt.
Administrativ	1994	Nationell	Lagstiftning (Health Protections Act) har som mål att hindra, minska och undanröja faktorer i miljön som kan vara hälsovådliga.
Administrativ		Nationell	Lagstiftning (The Environmental Protection Act (86/2000) and the Waste Act (1072/1993)): Kommuner utfärdar egna regler när det gäller småskalig förbränning. Efter en inspektion kan användning regleras eller förbjudas.
Administrativ		Nationell	Lagstiftning (The Public Order Act (612/2003)) ger kommuner mandat att reglera användning av fasta bränslen i specifika områden.
Information	2012	Lokal	Helsinki Region Environmental Services Authority (HSY) har organiserat en informationskampanj för att främja effektiva och miljövänliga sätt att använda öppna spisar och kaminer.
Information	2007	Nationell	Organisationen för "respiratory health" i Finland (Heli ry) har organiserat flera offentliga evenemang på olika platser i Finland om miljövänlig vedförbränning och hälsofrågor.
Information	2008	Nationell	The National Supervisory Authority for Welfare and Health (Valvira) har producerat en manual --

Typ av styrmedel	Tids-period	Nationell/ lokal	Beskrivning
			Instruktioner för vedeldning från ett hälsoperspektiv.
Sverige			
Administrativ		Nationell	Svenska Miljöbalken. Den som använder en fastbränslekamin eller panna ska försäkra sig om att den orsakar minsta möjliga förorening genom att använda bästa tillgängliga teknologi, där så är lämpligt.
Administrativ		Nationell	Boverket har publicerat en serie Byggregler som är applicerbara på fastbränslepannor och kaminer, och som är i överensstämmelse med Europeisk Standard EN 303-5.
Information		Nationell	Energimyndighetens hemsida, information om ved och användning av vedpannor och kaminer.
Information		Nationell	Elda rätt-broschyr, inklusive information om hälsa.

I Sverige finns också lokala riktlinjer framtagna, t.ex. i ett samarbete mellan samtliga skånska kommuner där syftet är att underlätta handläggningen vid kommunernas miljö- och byggkontor. Riktlinjernas viktigaste innehåll är en tabell med fyra typer av områden där olika typer av eldning bedöms vara lämplig eller inte (Figur 15) (Miljösamverkan Skåne):

Nyinstallation	Område			
	1	2	3	4
Besuppvärmning				
Halm-öpannålspanna				
Ikke miljøgodkänd panna utan ackumulatortank				
Ikke miljøgodkänd panna med ackumulatortank				
Miljøgodkänd vedpanna med ackumulatortank				
Pelletsrännare (byte från oljebrännare)				
Pelletskamin				
Pelletspanna				
Tillselämnning				
Braskamin				
Insets (i bet öppen spis)				
Kärlugn				
Öppen spis				

	= Accepteras normalt
	= Accepteras normalt inte
	= Tveksamt, särskild bedömning krävs

1. Område utanför detaljplan eller samlad bebyggelse, d.v.s. landsbygd.
2. Område inom detaljplan eller samlad bebyggelse, d.v.s. i princip alla tätorter.
3. Områden i närheten av förskolor, skolor mm samt särskilt täta områden.
4. Område med fjärrvärme eller naturgas tillgängligt.

Figur 15. Riktlinjer för fastbränsleledning (Miljösamverkan Skåne)

5.3.1.2 BC från transportsektorn, dieselfordon

Flera av de exempel på åtgärder mot partikelutsläpp från dieselfordon och andra dieselmotorer som redovisas i kapitel 3.1.1 finns genomförda nationellt.

I rapporten från Arctic Council Task Force on Short-Lived Climate Forcers (2011a), redovisas nationella regleringar, policies och program som är relevanta för att begränsa emissioner av BC. Förutom de ovan redovisade styrmedlen för småskalig förbränning av biomassa i hushållssektorn, finns även exempel på nationella styrmedel för dieselfordon, av vilka några typiska exempel redovisas kortfattat nedan.

I Danmark har man t.ex., för att minska emissionerna av BC (partiklar) från transportsektorn, infört miljözoner för att minska partikelemissioner från tunga fordon i de största städerna. Dessutom finns det ekonomiska styrmedel för att öka eftermonteringen av partikelfilter på tunga fordon, samt för att öka andelen energieffektiva fordon och påskynda utbyte av gamla fordon. Även i Sverige finns miljözoner för tunga fordon samt trängselskatt i de största städerna. Båda dessa åtgärder förväntas leda till minskade utsläpp av partiklar. I Norge har hastighetsbegränsningar för att minska BC och PM-emissioner införts i Oslo. Ett tidigare försök att öka utskrotning av högemitterande fordon med hjälp av en ekonomisk ersättning (deposit) bedömdes inte vara framgångsrik.

Schweiz införde 2009 nationell lagstiftning om partikelutsläpp från arbetsmaskiner på byggarbetsplatser. Syftet med lagstiftningen är att minska människors exponering av cancerframkallande ämnen. Kraven gäller arbetsmaskiner som används på byggarbetsplatser och innebär att sådana maskiners partikelutsläpp inte får överskrida ett föreskrivet antal. Kraven omfattar nyare maskiner och kommer att omfatta även äldre. Det handlar alltså om krav utöver EU-direktiv 97/68/EG som reglerar även användandet av arbetsmaskiner (Transportstyrelsen, 2014).

Olika möjligheter att minska utsläppen av sot från dieseldrivna arbetsmaskiner i Sverige redovisas i en utredning från Transportstyrelsen (2013).

5.3.2 Metan från jordbrukssektorn

Sverige

Lantz & Björnsson (2014) har identifierat och diskuterat en rad möjliga och redan gällande styrmedel för ökad produktion av gödselbaserad biogas, baserat på intervjuer med aktörer. Styrmedlen är grupperade i kategorier beroende på utformning:

1. Direkta stöd (förstudiemedel, investeringsstöd, produktionsstöd)
2. Planeringsstöd (lokalisering, tillstånd)
3. Upphandling (fordonsbränsle, el och värme)
4. Ägande (produktion, infrastruktur)

Rapporten innehåller bl.a. några bra exempel på nationella styrmedel för reglering av metanutsläpp från jordbrukssektorn.

Tyskland

För att främja produktionen av förnybar elektricitet har Tyskland implementerat ett system med "feed in"-tariffer. Generellt gäller att producenten av förnybar elektricitet garanteras en viss ersättning under ett bestämt antal år. Ersättningsnivån kan variera betydligt beroende på hur elektriciteten producerats.

Vid produktion av elektricitet från biogas får producenten en garanterad bastariff vars storlek beror på den genomsnittliga effekten. För att få ta del av bastariffen måste anläggningen få avsättning för en viss del av den producerade värmen, och substratmixen måste innehålla mindre än 60 % majs och spannmålskärna (baserat på våtvikt). Därutöver tillkommer en substratbonus beroende på vilka substrat som produktionen av biogas baseras på. Substraten kategorieras i tre klasser (0, I och II) där 0 inte ger någon bonus. Gödsel tillhör klass II. Om biogasanläggningen använder olika typer av substrat beräknas hur stor del av produktionen som baseras på respektive substrat utifrån en lista med fastställda gasutbyten. Därutöver tillkommer särskilda tariffer för små anläggningar som huvudsakligen baseras på gödsel (Lantz & Björnsson, 2014).

Utöver ersättningen för producerad elektricitet kan anläggningar som uppgraderar biogasen och matar ut den på naturgasnätet få en gasbehandlingsbonus (1– 3 Eurocent per kWh år 2013). För att vara berättigad till stödet krävs bland annat att metanläckaget inte överstiger 0,2 % och att elförbrukningen inte överstiger 0,5 kWh/m³ rågas (Lantz & Björnsson, 2014).

Danmark

Danmark har beslutat att införa flera produktionsstöd för biogas, vars värde beror på hur biogasen används. I det nya stödsystemet ingår ett grundstöd på 79 DKK/GJ till biogas som används för att producera kraftvärme eller som uppgraderas och matas ut på naturgasnätet. För biogas som används som drivmedel eller som processenergi ges istället ett tillskott på 39 DKK/GJ. Därutöver inkluderar stödsystemet en ersättning på 26 DKK/GJ som följer naturgaspriset och en ersättning på 10 DKK/GJ som från och med 2016 trappas ned med 2 GJ per år. Dessa två tillägg gäller oavsett hur biogasen används (Lantz & Björnsson, 2014).

5.3.3 NMVOC

Vi har i vår översiktliga screening av nationella styrmedel och åtgärder inte hittat någon information om nationella åtgärder specifikt riktade mot emissioner av NMVOC. Vi har heller inte prioriterat att fokusera på NMVOC i vår studie, eftersom NMVOC generellt inte har varit prioriterat, varken i nationellt eller internationellt arbete under senare år.

5.3.4 Fluorerade gaser

När det gäller fluorkolväten (HFC) regleras dessa genom EU-lagstiftning, men också genom olika nationella styrmedel och regleringar. Den nya EU-förordningen (517/2014) som trädde i kraft 1 januari 2015 är en skärpning av tidigare lagstiftning och kommer att innefatta många av de tidigare nationella regleringarna. Nedan ges ändå en kort översikt över nationella regleringar utöver den tidigare EU-lagstiftningen.

En genomgång som genomfördes 2011 av Schwarz m.fl. av effekter av EU:s förordning nr 842/2006 om vissa fluorerade växthusgaser, redovisar exempel på nationella styrmedel och regleringar som då fanns, förutom EU-förordningen, i de enskilda EU-länderna. Nationell lagstiftning, som är striktare än EU:s F-gasreglering från 2006 (842/2006) är t.ex. obligatoriska läckagetester i mobila källor, maximalt årligt läckage för olika typer av utrustning, obligatorisk registrering och arkivering av register över F-gasinnehållande utrustning av olika slag, producentansvar med krav på producenter och tillverkare att ta tillbaka återvunnen (insamlad) F-gas för senare återvinning och destruktion, certifiering av personal och företag utöver vad som krävdes av F-gasregleringen från 2006 (t.ex. vid hantering av luftkonditioneringsutrustning i mobila källor).

I och med den skärpning av regleringen av F-gaser som den nya förordningen om fluorerade gaser (EU nr 517/2014) innebär så innefattas många av de tidigare specifika nationella styrmedlen i den nya förordningen. Gschrey (2014) bedömer att den nya förordningen är så ambitiös jämfört med den tidigare att de flesta EU-länder nu behöver arbeta med implementering av regler enligt den nya förordningen, och att de därför, för närvarande, inte kommer att introducera andra åtgärder eller styrmedel. I en pågående studie för tyska miljömyndigheter (Gschrey, 2014) analyseras t.ex. effekter av en nationell HFC-skatt, ytterligare förbud samt andra åtgärder, såsom informations- och utbildningsinsatser. Slutsatsen från den

studien kommer enligt Gschrey (2014) bli att EU-förordningen är så ambitiös att ytterligare nationella åtgärder i Tyskland inte skulle leda till relevanta ytterligare emissionsminskningar av F-gaser.

Till 2017 ska det tas fram en uppföljningsrapport med sammanställning av hur krav från den nya förordningen (EU nr 517/2014) uppfylls. Det innefattar t.ex. sammanställning av "nationella bestämmelser, standarder och lagstiftning i medlemsstaterna när det gäller ersättningsteknik där alternativ till fluorerade växthusgaser används i kyl-, luftkonditionerings- och värmepumpsutrustning samt i skum" (art 11.6), samt en undersökning av "unionslagstiftningen beträffande utbildningen för fysiska personer om säker hantering av de alternativa kylmedel som kan ersätta eller minska användningen av fluorerade växthusgaser" (art 21.6). Förutom dessa två punkter, där rapporter ska vara framtagna 2017, ska offentliga upphandlingsregler (public procurement) i länderna analyseras med avseende på deras användning och inverkan som verktyg för att öka efterfrågan på ny och mer klimativänlig utrustning (låg-GWP-alternativ).

Ekonomiska styrmedel fluorerade gaser

Ekonomiska styrmedel finns eller har funnits i Norge, Danmark och Slovenien. Danmark införde 2001 en skatt på F-gaserna HFC, PFC och SF₆. Norge införde 2003 en skatt på F-gaserna HFC och PFC, och har kompletterat den med ett återbetalningssystem, varvid skatten återbetalas vid lämnande av F-gaser för destruktion. I både Danmark och Norge är skattesatsen uträknad på basis av F-gasens GWP-värde (SOU 2009:62). I Slovenien trädde en reglering om skatt på fluorerade växthusgaser i kraft 2009. Även här baseras skattesatsen på gasens GWP-värde (Schwarz m.fl. 2011). I Spanien infördes en skatt 2013.

I Sverige utreddes ett eventuellt införande av en skatt på fluorerade växthusgaser 2009 (SOU 2009:62). I utredningen förordades ett införande av en skatt i Sverige, men detta förslag avsågs senare av riksdagen.

I Schwarz m.fl. (2011) redovisas också ett antal frivilliga åtaganden av olika slag från länder eller branscher i syfte att minska emissionerna av fluorerade gaser, men där de flesta åtgärderna nu kommer att omfattas av den nya F-gasförordningen.

Fluorerade gaser i Sverige

I och med den nya EU-förordningen (517/2014) som trädde i kraft 1 januari 2015 kommer Sverige att behöva anpassa sitt regelverk. I Sverige finns i dagsläget Förordningen (2007:846) om fluorerade växthusgaser och ämnen som bryter ned ozonskiktet, som trädde i kraft den 1 januari 2008. Den svenska förordningen innehåller dels de krav som ställs enligt EU:s F-gasförordning (nr 842/2006), dels mer långtgående nationella krav. Ett flertal bestämmelser, som inte uttryckligen krävs enligt F-gasförordningen från 2006 men som ändå införts i Sverige, gäller kyl-, luftkonditionerings- och värmepumpsutrustning och omfattar bland annat utökade krav på certifierad kompetens och läckagekontroll, rapporteringar av olika slag, skyldighet för importörer och leverantörer att återta köldmedier samt krav på tydlig märkning av utrustning med drifts- och skötselinstruktioner.

6 Synergier och målkonflikter

Synergieffekter och målkonflikter mellan utsläppsminskningar av luftföroreningar och klimateffekter har diskuterats länge, och det har ofta varit fokus på svaveldioxids (SO₂) kylande funktion (Raes, 2009). I och med att kunskapen om BC och CH₄ under senare år har ökat så har fokus riktats bort från SO₂. Åtgärder riktade mot SLCP (och då framförallt BC och CH₄) har fått mycket uppmärksamhet globalt just därför att SLCP-åtgärder i framförallt utvecklingsländer har stor potential att gynna både klimat, miljö och hälsa (UNEP, 2011).

Enkelt beskrivet kan sägas att utsläppsminskning av BC gynnar både klimatet och hälsa genom att mänsklig exponering för skadliga partiklar minskar. Utsläppsminskning av CH₄ påverkar ozonbildning, och i och med det påverkas både mänsklig hälsa och ozonrelaterade skador på grödor. Utsläppsminskning av NMVOC har liknande samverkansfördelar som utsläppsminskning av CH₄ (Smith, 2013).

I Sverige är inte synergieffekterna lika självklara som i utvecklingsländer, vilket vi har visat i denna rapport. Vissa åtgärder med utsläppsminskande påverkan på NO_x, vilket skulle ge positiva hälsoeffekter och miljöeffekter, kan ha viss (om än liten) indikativ negativ effekt på klimatet, mycket styrt av vilket klimatperspektiv man har. Partiklar från vedeldning i Sverige har däremot beräknats orsaka ca 1000 förtida dödsfall år 2010 (Gustafsson m.fl. 2014). Det betyder att åtgärder för att minska utsläpp av SLCP-ämnen från småskalig biomassaförbränning av klimatskäl samtidigt skulle ge minskade negativa hälsoeffekter i Sverige.

Åtgärden med mest osäkra synergieffekter är utsläppsminskning av NMVOC genom produktmodifiering. Vi känner i dagsläget inte till hur stor påverkan detta skulle ha på mänsklig hälsa och miljö, som vanligt är NMVOC dåligt studerat. Däremot vet vi att årsmedelvärden av marknära ozon fortsätter att öka i stora delar av Europa, trots att utsläppen av ozonrivande ämnen som NMVOC (ozone precursors) anses ha minskat (Wilson m.fl. 2012). Det kan därför vara motiverat att fortsätta minska utsläpp av NMVOC för att minska problem med ozon, men mer kunskapsunderlag behövs.

Sammantaget har de SLCP-åtgärder som vi studerat mestadels samverkansfördelar mellan luftkvalitet och klimat, med några mindre undantag. Det är också viktigt att komma ihåg att undvika eventuella konflikter mellan potentiellt ökande emissioner av CO₂ till följd av åtgärder mot SLCP ifall åtgärdsprogram sätts in. Även om vi inte kvantitativt kan visa sådana effekter med det underlag vi har kan det för vissa av de studerade åtgärderna finnas en sådan risk. I denna fråga behövs fortsatta analyser då kunskapsläget är dåligt. Det är då viktigt att analysen, i görligaste mån, genomförs utifrån ett livscykelperspektiv.

7 Resultat och diskussion

Utsläppstrender och prognoser för SLCP

Enligt de svenska prognoserna som tar hänsyn till nuvarande lagstiftning kommer de nationella totala emissionerna av samtliga SLCP att minska till 2030 jämfört med idag. Utvecklingen är dock olika för olika källor.

Förbränning inom bostadssektorn (småskalig förbränning av biomassa) är idag en viktig nationell källa särskilt för BC, men också för CH₄, NMVOC och CO. Enligt prognoserna förväntas inga större förändringar

av emissionerna från bostäder i framtiden, vilket får till följd att bostadssektorn relativt sett kommer att öka i betydelse för de totala nationella emissionerna.

Vägrafiken har historiskt varit en stor utsläppskälla för både BC, NMVOC, NO_x och CO, men utsläppen från vägtrafik har minskat kraftigt under den senaste 20-årsperioden. Prognoser är gjorda för BC, NMVOC och NO_x, och för dessa väntas vägtrafikens utsläpp fortsätta minska kraftigt fram till 2030. De stora emissionsminskningarna är en följd av den successiva introduktionen av nya miljöklasser (Euro-klasser) med ökande krav på emissionsprestanda. Andra mobila källor än vägtrafik är och har också varit en viktig utsläppskälla för BC, NMVOC, NO_x och CO. Prognoser är gjorda för BC, NMVOC och NO_x, och enligt prognoserna förväntas dessa utsläpp minska i framtiden, om än i mindre omfattning än för vägtrafik.

För CH₄ är de två helt dominerande källorna jordbruket och avfallssektorn. I prognoserna förväntas emissionerna av CH₄ minska kraftigt från avfallssektorn i framtiden, medan jordbrukets emissioner inte kommer att minska i samma omfattning. Därmed kommer jordbruket att vara den dominerande källan till CH₄-utsläpp i framtiden.

Den största källan till utsläpp av NMVOC är sektorn lösningsmedels- och produktanvändning. Dessa utsläpp förväntas minska i mindre omfattning än andra utsläppskällor, vilket innebär att NMVOC från lösningsmedels- och produktanvändning kan komma att få relativt sett större betydelse i framtiden.

Utsläppen av fluorkolväten (HFC) har redan börjat minska i Sverige och förväntas fortsätta minska i framtiden. En ny EU-förordning som trädde ikraft 1 januari 2015 innebär ännu striktare krav på användning och hantering av HFC:er än dagens regler. Sannolikt är den nya förordningen så ambitiös att för närvarande kommer inga ytterligare åtgärder eller styrmedel riktade mot HFC att vara aktuella.

Ytterligare potential, åtgärds kostnader och klimateffekter

I vår studie har vi undersökt i vilken mån det kan finnas ytterligare utsläpps-minskningspotential 2030 utöver de minskningar av utsläpp som förväntas enligt de svenska prognoserna. Baserat på internationellt underlag (EU-kommissionens scenarier) och nationella studier har vi identifierat vilka utsläppskällor och ämnen där det förefaller finnas ytterligare teknisk potential att minska SLCP-utsläpp 2030. Sammanlagt 10 olika åtgärder har analyserats med avseende på åtgärds kostnader och utsläppsminskningspotential ur klimatperspektiv. Åtgärderna riktar sig mot småskalig förbränning av biomassa (BC, CH₄, NMVOC), åtgärder inom jordbrukssektorn (CH₄), mot arbetsmaskiner (BC, NO_x, NMVOC) och mot lösningsmedelsanvändning (NMVOC).

För att utvärdera och jämföra den samlade klimateffekten av olika åtgärder som har effekt på olika (eller flera) SLCP måste de enskilda SLCP-utsläppen omsättas till gemensamma mått. Olika klimatindikatorer tar fasta på olika effekter av klimatpåverkan. Vi har valt att som huvudspår använda klimatindikatorn GWP₁₀₀, men vi redovisar också exempel på resultat beräknade med andra klimatindikatorer som en indikation på känsligheten i analyserna. De åtgärds kostnader som beräknats bygger på samma metod som används i EU-kommissionens scenarier, men där kostnadsinformation har hämtats från både EU-kommissionens underlag och svenska uppskattningar.

Med det urval av åtgärder vi har studerat innefattas i analysen sammantaget åtgärder riktade mot ~70 % av Sveriges CH₄-utsläpp, 45 % av Sveriges BC-utsläpp och ~40 % av Sveriges NMVOC-utsläpp år 2030. De samlade resultaten av åtgärdsanalysen är att den tekniskt möjliga utsläppsminskningspotentialen för denna delmängd av Sveriges utsläpp av SLCP runt år 2030 är ca 0,6 (0,06-1,9) Mton CO₂ekv, vilket skulle motsvara ca 0,1-3 % av Sveriges beräknade totala växthusgasutsläpp år 2030.

De åtgärder som i den samlade analysen fallit ut som mest kostnadseffektiva, och med relativt stor utsläppsminskningspotential, är en ökad andel pellets i småskalig biomassaförbränning (påverkar BC, CH₄, NMVOC) och rötning av gödsel inom jordbrukssektorn (påverkar CH₄). Tillsammans står dessa åtgärder för ca 60-70 % av den totala beräknade utsläppsminskningspotentialen.

De beräknade åtgärdskostnaderna är ur ett klimatperspektiv relativt höga. Med GWP₁₀₀ som klimatindikator är den årliga åtgärdskostnaden för ökad pelletsanvändning till exempel ~84 €₂₀₁₀ per ton CO₂ekv. Åtgärdskostnaden för resterande potential (0,4 av 0,6 Mton CO₂ekv) är över 100 €₂₀₁₀ per ton CO₂ekv per år. Observera att vi i denna analys tillskriver hela åtgärdens kostnad till de klimateffekter som åtgärden har.

Endast tekniska åtgärder är inkluderade i studien, medan eventuella strukturella förändringar inte har kunnat analyseras. Åtgärder där underlagsmaterial i form av åtgärdskostnader saknas har heller inte kunnat inkluderas. Vi har bedömt att vi förutom det åtgärdsunderlag som finns för 2030 även kan använda underlag som ursprungligen är framtaget för målåren 2020, 2025 och 2050. Detta har varit nödvändigt då underlaget för 2030 har varit begränsat. Därmed är vårt paket av åtgärder inte helt "internt konsistent". Vi bedömer att i förhållande till den totala osäkerheten är osäkerheten som introduceras på grund av resultat från olika målår liten.

Diskussion

Utsläppsminskningspotentialen som vi presenterar är beräknad att vara utöver de förväntade minskningar som följer av nuvarande lagstiftning. De nya styrmedel på EU-nivå som diskuteras i denna rapport kan komma att bidra till utsläppsminskningar utöver nuvarande svenska prognoser. Om och hur stor dessa styrmedels påverkan kan komma att bli har inte gått att kvantifiera i denna studie.

Den inbördes rangordningen av kostnadseffektivitet hos de SLCP-åtgärder som analyserats i denna studie påverkas inte nämnvärt av vilken klimatindikator som används för att bedöma klimatpåverkan av SLCP-åtgärder. Detta tyder på att analysen av vilka sektorer och åtgärder som fallit ut som mest kostnadseffektiva för att minska emissioner av SLCP ur klimatsynpunkt är relativt robust.

Det finns flera argument för att använda klimatindikatorn GWP₁₀₀ vid beräkningar av SLCP-styrmedels effekter och kostnadseffektivitet hos åtgärder. För det första är det GWP₁₀₀ som används som klimatindikator i EU:s utsläppshandelssystem med växthusgaser (EU-ETS) och i UNFCCs klimatmekanismer Clean Development Mechanism (CDM) och Joint Implementation (JI). För det andra så höjer klimatindikatorer med kort tidshorisont betydelsen av SLCP i förhållande till CO₂, vilket riskerar att leda till suboptimala klimatstrategier (Berntsen m.fl. 2010, Rogelj m.fl. 2014). I dagsläget är det inte standard att använda klimatindikatorn GWP₁₀₀ vid bedömning av klimatpåverkan från SLCP, där regionala aspekter kan spela mycket stor roll (Collins m.fl. 2013). Andra studier använder andra mått, till exempel GTP₁₀ vid uppskattning av klimatpåverkan från SLCP (Kvaleyåg m.fl., 2015). Det är dock viktigt att påminna om att åtgärder riktade mot SLCP är ett komplement till åtgärder riktade mot CO₂ (Rogelj m.fl. 2014).

De analyserade SLCP-åtgärderna ger minskad klimateffekt men ger också samverkansfördelar, synergier, i form av minskad hälso- och miljöpåverkan. Samtliga analyserade åtgärder kan kopplas till effekter på mänsklig hälsa. Dessutom kan samtliga åtgärder kopplas till effekter på antingen försurning, övergödning eller ozonskador. Effekter på miljö och luftkvalitet bör i fortsatta analyser inkluderas vid analys av SLCP-åtgärder.

Avseende styrmedel och åtgärder för att reducera emissioner av SLCP finns ingen enskild åtgärd eller enskilt styrmedel som "löser alla problem". En genomgång av den internationella litteraturen, samt exempel på styrmedel och åtgärder inom EU och i olika länder, visar att det finns många alternativ och möjliga kombinationer av åtgärder och utsläppskällor att åtgärda för att minska emissionerna av SLCP.

Om åtgärder mot SLCP ska vidtas bör hänsyn tas till möjliga kombinationer av åtgärder och/eller styrmedel riktade mot olika typer av källor för att kostnadseffektivt reducera emissioner av SLCP utöver de beräknade utsläppen i de svenska prognoserna. Överväganden bör även inkludera bästa möjliga samverkansfördelar med hälso- och andra miljöeffekter (än klimateffekter), samt eventuell påverkan på emissioner av CO₂. Att endast studera klimateffekter av dessa åtgärder riskerar att leda till fel prioriteringar.

För att kunna göra en mer konsistent och välunderbyggd samlad analys än som har varit möjligt i detta uppdrag finns behov av systematiska och sammanhängande uppskattningar av utsläppsminskningspotential med tekniska reningsåtgärder år 2030 för alla Sveriges utsläppssektorer, en systematisk genomgång av hur ändringar i energisystem, transportsystem och beteenden kan påverka utsläpp, utsläppsminskningspotentialer och åtgärdskostnader, samt en fortsatt analys av hur utsläppsreningsåtgärder påverkar bränsleförbrukning.

8 Referenser

ACAP (2014). Reduction of Black Carbon Emissions from Residential Wood Combustion in the Arctic – Black Carbon Inventory, Abatement Instruments and Measures. Arctic Contaminants Action Program (ACAP). 164 pp. ISBN 978-82-999755-01-36

Amann M. m.fl. (2011) Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications, Environmental Modelling & Software, Vol. 26, Nr. 12, pp. 1489-1501

Amann M. m.fl. (2014), The final policy scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP report #11, version 1.1a

AMAP / Bluestein et al. (2008). Sources and Mitigation Opportunities to Reduce Emissions of Short-term Arctic Climate Forcers. AMAP Technical Report No. 2 (2008), Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.

Arctic Council Task Force on Short-Lived Climate Forcers (2011a). An Assessment of Emissions and Mitigation Options for Black Carbon for the Arctic Council <http://arctic-council.org>

Arctic Council Task Force on Short-Lived Climate Forcers (2011b). Progress Report and Recommendations for Ministers

Arctic Council Task Force on Short-Lived Climate Forcers (2013). Recommendations to Reduce Black Carbon and Methane Emissions to Slow Arctic Climate Change. Arctic Council

Berntsen T. m.fl. (2010) Does black carbon abatement hamper CO₂ abatement?, Climatic Change, Vol. 103, Nr. 3-4, pp. 627-633

Bioenergiportalen (2015) <http://www.bioenergiportalen.se> (åtkomst 2015-02-15)

Bond T., m.fl. (2013) Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 118, pp.5380-5552

Cofala J. & Klimont Z. (2012) Emissions from households and other small combustion sources and their reduction potential, TSAP report #5

Collins W. m.fl. (2013) Global and regional temperature-change potentials for near-term climate forcers, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 13, Nr. 5, pp. 2471-2485

EMEP/EEA (2013) EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>

Energimyndigheten (2014)

<http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Ekodesign/Produktgrupper1/Fastbransleutrustning/> samt <http://www.energimyndigheten.se/Foretag/Ekodesign/Produktgrupper1/Rumsvarmare/> (åtkomst 2014-11-24)

Energimyndigheten (2014b). <http://www.energimyndigheten.se/Om-oss/Energi--och-klimatpolitik/Styrmedel/Olika-typer-av-styrmedel/> (åtkomst 2014-11-24)

Energimyndigheten (2014c). Produktion och användning av biogas och rötresten år 2013.

EU (1997). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 97/68/EG av den 16 december 1997 om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot utsläpp av gas- och partikelformiga föroreningar från förbränningsmotorer som skall monteras i mobila maskiner som inte är avsedda att användas för transporter på väg

EU (2006a). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2006/40/EG av den 17 maj 2006 om utsläpp från luftkonditioneringssystem i motorfordon och om ändring av rådets direktiv 70/156/ EEG.

EU (2006b). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) nr 842/2006 av den 17 maj 2006 om vissa fluorerade växthusgaser

EU (2009). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/125/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för att fastställa krav på ekodesign för energirelaterade produkter

EU (2013) EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 1305/2013 om stöd för landsbygdsutveckling från Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling och om upphävande av rådets förordning (EG) nr 1698/2005

EU (2014a) Kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget

EU (2014b) EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) nr 517/2014 av den 16 april 2014 om fluorerade växthusgaser och om upphävande av förordning (EG) nr 842/2006)

EU (2014c). Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om krav för utsläppsgränser och typgodkännande för förbränningsmotorer i mobila maskiner som inte är avsedda att användas för transporter på väg. COM(2014) 581 final. Bryssel den 25.9.2014.

Fridell E. & Åström S. (2009) Analysis of measures to reduce Swedish emissions by 2020 for NO_x, PM_{2.5} and NMVOC - Non-road machinery and shipping, IVL report U2617

Gschrey, Barbara, Öko-Recherche, Tyskland. Personlig kommunikation, 28/11 2014.

Gustafsson M. m.fl. (2014) Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ in Sweden 2010, IVL report B2197

Gustafsson, T., Sjödin, Å., Stripple, H., Fridell, E., Gerner, A., Bergström, J., Lundblad, M. (2013) Greenhouse gas and air pollutant emission projections for Sweden (www.smed.se).

Hellstedt, C., Cerruto, J., Nilsson, M., McCann, M. (2014) Nordic initiatives to abate methane emissions - A catalogue of best practices. ANP 2014:741.

Höglund-Isaksson, L., Mechler, R. (2005) The GAINS Model for Greenhouse Gases – Version 1.0: Methane (CH₄), Interim Report IR-05-54

Höglund-Isaksson, L., Winiwarter, W., Purohit, P. (2013) Non-CO₂ greenhouse gas emissions, mitigation potentials and costs in the EU-28 from 2005 to 2050: GAINS model methodology

IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Kapitel 8: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing

Jordbruksverket (2010a) Minskade växtnäringens förluster och växthusgasutsläpp till 2016 – förslag till handlingsprogram för jordbruket, rapport 2010:10

Jordbruksverket (2010b) Förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi, rapport 2010:23

Jordbruksverket (2012) Ett klimatvänligt jordbruk 2050, rapport 2012:35

Jordbruksverket (2014).

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/handel/allmantomhandelsochjordbrukspolitik/capdengemensamjordbrukspolitik.4.6beabof111fb74e78a78000936.html> (åtkomst 2014-12-16)

Jordbruksverket (2015a).

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/landsbygdsutveckling/programochvisioner/landsbygdsprogrammet20142020/vadarlandsbygdsprogrammet.4.1b8a384c144437186ea10a.html> (åtkomst 2015-03-25)

Jordbruksverket (2015b)

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/landsbygdsutveckling/programochvisioner/landsbygdsprogrammet20142020/stodilandsbygdsprogrammet> (åtkomst 2015-02-15)

Klimont Z., Amann M., Cofala J. (2000) Estimating Costs for Controlling Emissions of Volatile Organic Compounds (VOC) from Stationary Sources in Europe

Klimont Z., Cofala J., Imrich B., Amann M., Heyes C., Gyarfas F., (2002) Modelling Particulate Emissions in Europe - A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs

Kvalevåg M., Vestreng V., Holmengen N. (2015) Black carbon and methane in the Norwegian Barents region

Lantz, M., Björnsson, L. (2014) Styrmedel för en ökad produktion av gödselbaserad biogas, Lunds universitet, rapport nr.90

Levander, T., Bodin, S. (2014). Controlling Emissions from Wood Burning – Legislation and Regulations in Nordic Countries to Control Emissions from Residential Wood Burning. An examination of past experiences. TemaNord 2014:517.

Mawdsley, I., Yaramenka, K., Sjödin, Å., Gerner, A., Bergström, J. (2014). Air pollutant emission projections for Sweden submission 2015. SMED Report No <XX> 2014. Opublicerad rapport.

Miljösamverkan Skåne. Småskalig fastbränsleledning. Projekt inom Miljösamverkan Skåne.

<http://www.hoganas.se/sv/Invanare/Bygga-bo--miljo/Energi/Ved-och-pellets/Riktlinjer-for-fastbransleledning/> (åtkomst 2014-11-19)

Munthe J. (ed) (2014). Klimatförändringen och miljömålen - Rapport till Naturvårdsverket inför Fördjupad Utvärdering 2015

Naturvårdsverket (2013a). Förutsättningar för att införa etappmål om kortlivade klimatpåverkande luftföroreningar (SLCP). Dnr NV-00869-13. Aurell, E., Magdalinski, P. (2013). *Kartläggning av åtgärder, styrmedel och konsekvenser. Bilaga 1 till Naturvårdsverket (2013a).*

Naturvårdsverket (2013b). Report for Sweden on assessment of projected progress, March 2013 - In accordance with article 3.2 under Council Decision No 280/2004/EC on a Mechanism for Monitoring Community Greenhouse Gas Emissions and for Implementing the Kyoto Protocol.
<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/utslappen-av-vaxthusgaser/Prognoser-for-vaxthusgasutslapp/>

Raes F. & Seinfeld J.H. (2009) New directions: Climate change and air pollution abatement, a bumpy road; Atmospheric Environment, Vol. 43, pp. 5132-5133

Regeringskansliet (2014) <http://www.regeringen.se/sb/d/18694/a/241829> (2015-02-15)

Rodhe L., Nordberg Å. (2011) Greenhouse gas emissions from the storage of liquid and solid manure and abatement strategies. KBTL-Schrift nr 491: 206–216.

Rogelj J. m.fl. (2014) Disentangling the effects of CO₂ and short-lived climate forcer mitigation, PNAS, Nov. 3 2014

Schwarz, W., Gschrey, B., Leisewitz, A., Herold, A., Gores, S., Papst, I., Usinger, J., Oppelt, D., Croiset, I., Pedersen, P.H., Colbourne, D., Kauffeld, M., Kaar, K., Lindborg, A. (2011). Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. Final Report. Prepared for the European Commission in the context of Service Contract No 070307/2009/548866/SER/C4. September 2011.

SFS 2014:1528. Förordning om statligt stöd till produktion av biogas

SFS 2007:846. Förordning om fluorerade växthusgaser och ozonnedbrytande ämnen

Shindell, D. (2014) Inhomogeneous forcing and transient climate sensitivity, Nature Climate Change, Vol. 4, nr. 4, 274-277

Skårman, T., Gustafsson, T., Kindbom, K., Mawdsley, I., Jerksjö, M., Gerner, A., Eklund, V. (2014): "Swedish BC emission inventory 2000-2012 - Based on default information from the EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (2013)". On behalf of the Swedish Environmental Protection Agency. SMED Report No 152, 2014.

Smith A. (2013) The climate bonus: co-benefits of climate policy, ISBN 978-1-84971-341-2

SOU 2009:62. Skatt på fluorerade växthusgaser.

Sternier T. (2003) Policy instruments for environmental and natural resource management, ISBN 1-891853-12-0

Transportstyrelsen (2013). Möjligheter att minska utsläppen av sot från arbetsmaskiner. Uppdrag att ta fram underlag gällande möjligheterna att minska utsläppen av sot från dieseldrivna arbetsmaskiner. TSG 2012-901

Transportstyrelsen (2014.) Möjligheter att minska utsläppen av sot från arbetsmaskiner – Uppdrag att analysera ett nationellt krav på partikelfilter i stora arbetsmaskiner, TSG 2013-1541

UNEP (2011). Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits: Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, 78pp.
<http://www.unep.org/publications/ebooks/SLCF/>

UNEP/WMO (2011). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone.
http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/BlackCarbon_report.pdf

Wilson R.C. m.fl. (2012) Have primary emission reduction measures reduced ozone across Europe? An analysis of European rural background ozone trends 1996–2005, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 12, Nr. 1, pp.437-454

Zaelke, D., Borgford-Parnell, N. m.fl. (2013). Primer on Short-Lived Climate Pollutants. Institute for Governance & Sustainable Development, IGDS Working Paper. November 2013.

Åström m.fl. (2013) Åtgärder för att minska utsläpp av NO_x och PM_{2,5} från den svenska transportsektorn 2025 - potential och kostnader, IVL rapport B2111

9 Appendix

9.1 Appendix 1 - Screening

Vi baserade screeningen på aktuella scenarier från EU-kommissionen och den svenska nationella prognosen för att möjliggöra en snabb uppskattning om i vilka sektorer som den största potentialen för utsläppsreducerande åtgärder kan finnas i Sverige. Då utsläppsberäkningar och scenarier från EU-kommissionen ofta skiljer sig från motsvarande utsläppsdata och prognoser från Sveriges nationella prognoser var det nödvändigt att först identifiera för vilka sektorer som EU-kommissionens scenarier kunde bedömmas vara överensstämmande med Sveriges nationella prognoser. Vi jämförde EU-kommissionens scenarier med Sveriges prognos m.a.p. utsläpp år 2010 och utsläpp år 2030. EU-kommissionens scenarier fanns gjorda för ambitionsnivåerna CLE (Current Legislation) och MFR (Maximum Feasible Reduction) år 2030. För utsläppsjämförelse av BC och NMVOC använde vi EU-kommissionens scenarier från Amann m.fl. (2014).

För att kunna jämföra EU-kommissionens utsläppsscenarier med den svenska nationella utsläppsprognosen har vi grupperat de detaljerade sektorskategorierna som används i GAINS⁴-modellen till de mer aggregerade sektorskategorierna som används i NFR-formatet⁵. Denna omgruppering av utsläpp genomförde vi med hjälp av de konverteringsnycklar som finns dels i online-versionen av GAINS-modellen⁶, dels hos Centre for Emission Inventories & Projections⁷, och genom egen tidigare erfarenhet.

Baserat på hur jämförbara EU-kommissionens scenarier var med den nationella prognosen så kunde vi uppskatta en indikativ svensk potential för utsläppsminskning genom utsläppsreducerande åtgärder år 2030. Potentialen grupperades i olika nivåer av överensstämmelse beroende på hur jämförbara EU-kommissionens scenarier var med den svenska prognosen.

Screeningen fokuserade på två villkor för varje sektor:

1. Är utsläpp år 2010 och 2030 enligt CLE lika motsvarande utsläpp i den svenska prognosen?
2. Är utsläppsminskningar (i Gg och %) mellan år 2010 och 2030 enligt CLE liknande motsvarande minskningar i den svenska prognosen?

Om villkor 1 uppfylldes var detta en god indikation på att EU-kommissionen och den svenska prognosen använder liknande metod, indata, och emissionsfaktorer vid framtagandet av utsläppsbanor. Från detta följer att den utsläppsminskningspotential som anges i EU-kommissionens MFR-scenario kan anses överensstämmande med svenska data och därmed direkt användbar som potentialuppskattning för den svenska nationella prognosen.

Om villkor 2 uppfylldes men inte 1 så var detta en indikation på att metoderna kan anses liknande, medan indata och/eller emissionsfaktor skiljer sig åt. Om villkor 2 uppfylldes kan man åtminstone med viss (medel) överensstämmelse använda sig av den utsläppsminskningspotential som anges i EU-kommissionens MFR-scenario. Bilderna nedan (Figur A1) visar på en situation som kunde uppstå och hur den hanterades i screeningen.

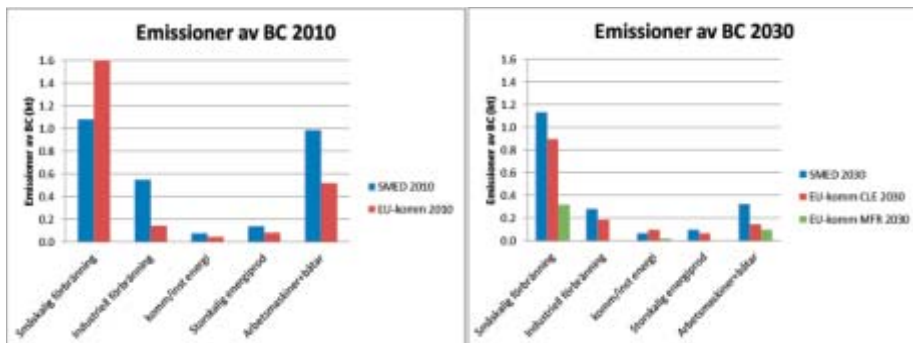
⁴ GAINS = Greenhouse Gas – Air Pollution Interactions and Synergies

⁵ NFR = Nomenclature for Reporting, sektorsklassificeringssystem för rapportering av utsläpp

⁶ <http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUN/index.login?logout=1>

⁷ <http://www.ceip.at/>

I figuren är utsläppen 2010 från småskalig förbränning lägre i den nationella prognosen (SMED, blå stapel) än i EU-kommissionens scenario (röd stapel), men år 2030 är situationen den omvända. Detta visar på låg överensstämmelse och svårigheter att använda den av EU-kommissionen uppskattade utsläppsminskningspotentialen från sektorn (skillnad mellan röd och grön stapel, 2030).



Figur A 1: BC-exempel på utmaningar vid uppskattning av utsläppsminskningspotential i Sverige år 2030.

Denna typ av screening säger inget om huruvida den svenska prognosen är mer trovärdig än EU-kommissionens CLE-scenario, den ger endast en indikation på om resultat från EU-kommissionen direkt kan översättas till den svenska prognosen.

Offentliga emissions-scenarier från EU-kommissionen fanns inte tillgängligt för CH₄, så screeningen genomfördes för BC och NMVOC och visar följande första indikativa potentialuppskattning.

BC

För utsläppsprognoser och scenarier för BC var det generellt dålig överensstämmelse mellan EU-kommissionens beräkningar och nationella prognosen, varför potentialuppskattningen från screeningen har låg användbarhet.

Framförallt är det inom småskalig förbränning som tekniska utsläppsrenande åtgärder för att minska BC finns tillgängliga år 2030 enligt screeningen.

Tabell A 1: Bedömning av teknisk utsläppsminskingspotential av BC i Sverige år 2030 baserat på EU-kommissionens scenarier och den svenska prognosen (Amann m.fl. 2014, Mawdsley m.fl., 2014).

Resultat från screening över utsläppsminskingspotential, BC			
Total svenska utsläpp av BC år 2030	2,5		Gg
Uppskattad potential med hög överensstämmelse mellan EU-kommissionen och den Svenska prognosen		0,0	Gg
Uppskattad potential med medel överensstämmelse (låg potential)		0,0	Gg
Uppskattad potential med medel överensstämmelse (hög potential)		0,0	Gg
Uppskattad potential med låg överensstämmelse		1,28	Gg
- småskalig förbränning		0,53	Gg
- industriell förbränning		0,28	Gg
- arbetsmaskiner		0,16	Gg
- storskalig energiproduktion		0,10	Gg
- vägtrafik		0,06	Gg
- industriproduktion		0,06	Gg
- förbränning inom bränsleproduktionsprocesser		0,03	Gg

NMVOG

För NMVOG är osäkerheten generellt mycket stor, både vad gäller dagens data och framtida prognoser. I Tabell A2 presenteras bedömd teknisk utsläppsminskningspotential baserat på EU-kommissionens scenarier och den svenska prognosen.

Tabell A 2: Bedömning av teknisk utsläppsminskningspotential av NMVOG i Sverige år 2030 baserat på EU-kommissionens scenarier och svenska nationella prognosen (Amann m.fl. 2014, Gustafsson m.fl. 2013).

Resultat från screening över utsläppsminskningspotential, NMVOG			
Total svenska utsläpp av NMVOG år 2030	143		Gg
Uppskattad potential med hög överensstämmelse mellan EU-kommissionens scenario och den svenska prognosen		2,1	Gg
Uppskattad potential med medel överensstämmelse (låg potential)		0,0	Gg
Uppskattad potential med medel överensstämmelse (hög potential)		0,0	Gg
Uppskattad potential med låg överensstämmelse (låg potential)		44,6	Gg
- Lösningsmedel inom hushåll (förutom färger)		55	
- småskalig förbränning i manuellt matade pannor i fristående hus/villor		3,56	Gg
- arbetsmaskiner med tvåtaktsmotorer inom hushåll		3,03	Gg
- "Flexography and rotogravure in packaging", nya anläggningar		2,27	Gg
- "Wood coating"		2,26	Gg
- "Industrial paint applications - General industry"		1,44	Gg
- "Industrial application of adhesives (use of traditional solvent based adhesives)"		1,41	Gg
- "Food and drink industry"		1,32	Gg

Sveriges beräkningar av NMVOG- emissioner är baserade på den så kallade *Lösningssmedelsmodellen* utvecklad av IVL Svenska miljöinstitutet och Kemikalieinspektionen (KemI) för användning i den nationella emissionsinventeringen och till nationella prognoser. Lösningssmedelsmodellen utvecklades 2005 och bygger på KemIs Produktregister och gäller enbart för Sverige. Data är idag något föråldrade, och indelning av utsläppssektorer skiljer sig avsevärt från den indelning som IASA använder vid framtagning av EU-kommissionens scenarier. Bland annat av dessa skäl är det svårt att dra långtgående slutsatser kring hur potentiella utsläppsminskningar utifrån EU-kommissionens scenarier ska tillämpas på Lösningssmedelsmodellens emissioner. Lösningssmedelsmodellen kommer att uppdateras under kommande år.

Givet begränsningarna så är det enligt screeningen främst inom industriella processer, energi- och transport, och lösningssmedelsanvändning som det kommer finnas potential för ytterligare tekniska åtgärder för utsläppsminskning år 2030. När resultaten från denna screening kompletteras med resultat

från utsläppsprognoserna framgår det att åtgärder inom lösningsmedelsanvändning är viktigast för fortsatt bedömning av åtgärder, potentialer och åtgärdskostnader.

Andra åtgärder inkluderade i screeningen:

Följande åtgärder har varit inkluderade i screeningen men exkluderats för fortsatt analys på grund av låg påverkan på utsläpp:

- High efficiency deduster (HED) istället för ESP (ElectroStatic Precipitator) och cykloner inom industrier, storskalig energiproduktion och bränsleproduktion (påverkar BC och PM_{2,5});
- Snabbare introduktion av nya utsläppskontrollsteg för arbetsmaskiner (påverkar BC, PM_{2,5}, NMVOC, NO_x);
- Uppblåsande istället för ventilering av gas på olje- och gasraffinaderier (påverkar CH₄);
- Byte av gjutjärnsrör i gasdistributionsnätverk och inom bränsleproduktionsprocesser (påverkar CH₄);
- Vattenbaserade färger inom flexografi och rotogravyr i förpackningar (påverkar NMVOC);
- Träbeläggning med fasta material som har låga halter av lösningsmedel (5-55 %) (påverkar NMVOC);
- Pulverbaserade (lösningsmedelfria) färger samt färger med låga halter av lösningsmedel (55 %) inom industrier (påverkar NMVOC);
- Emulsionsbaserade eller vattenbaserade adhesivmedel inom industrier (påverkar NMVOC).

Viktiga sektorer för utsläppsminskingspotential utöver svensk prognos 2030

Då resultaten från screeningen generellt visade låg överensstämmelse mellan EU-kommissionens CLE-scenario och Sveriges nationella prognos valde vi mestadels att utgå ifrån andra svenska rapporter vid bedömning av vilka åtgärder som skulle kunna vara applicerbara för svenska förhållanden. Vi använde därmed främst resultaten från screeningen för att bedöma i vilka sektorer det sannolikt kommer att finnas störst utsläppsminskingspotential år 2030.

Den samlade bilden från screeningen av de svenska nationella utsläppsprognoserna och EU-kommissionens scenarier är att de viktigaste sektorerna för tekniska utsläppsminskningar år 2030 är småskalig förbränning av biomassa, jordbrukssektorn, arbetsmaskiner och lösningsmedelsanvändning (Tabell A3).

Tabell A 3: Samlat resultat från jämförelse av svenska nationella prognosen och EU-kommissionens scenarier. Viktigaste sektorer med potential för tekniska utsläppsminskningar av SLCP år 2030, utöver svensk prognos.

Sektor	Påverkade SLCP-utsläpp
Småskalig förbränning	BC, CH ₄ , NMVOC
Jordbrukssektorn	CH ₄
Arbetsmaskiner	BC, NO _x , NMVOC
Lösningsmedelsanvändning	NMVOC

9.2 Appendix 2 – Kort beskrivning av åtgärdskostnadsberäkningar

I detta appendix beskriver vi grundprincipen för de åtgärdskostnadsberäkningar som används i denna rapport. Därefter följer en kort enkel beskrivning av GAINS-modellen.

Åtgärdskostnaderna i denna rapport antar vad som kan kallas ett "teknö-ekonomiskt" perspektiv, och åtgärdskostnaderna är beräknade ur ett mikroperspektiv eller "bottom-up". Det som åtgärdskostnaderna innefattar är merkostnad för att köpa eller installera reningsteknik. Ett exempel är användning av utsläppsrening i maskiner, där komponenter som katalysator och partikelfilter kommer med en merkostnad. Det enda åtgärdskostnaden redogör för är alltså merkostnaden som orsakas av att man använder sådana komponenter. Analogin för stationära utsläppskällor är installation av partikelfilter på skorsten för att minska utsläpp av partiklar. Även för installation av renare pannor går denna analogi att göra, även om reningstekniken då inte är lika synlig. Det man då gör för att beräkna åtgärdskostnad är att man studerar kostnaden för en panna med låga utsläpp och jämför den med kostnaden för en "konventionell" panna. Skillnaden i kostnad mellan dessa två pannor blir då lika med åtgärdskostnaden. På samma sätt bedöms åtgärdskostnaden för att byta från tvåtaktsmotorer till fyrtaktsmotorer eller elmotorer.

Det teknö-ekonomiska perspektivet som används för att beräkna åtgärdskostnader i denna rapport har vissa begränsningar. Dessa begränsningar delas av en stor mängd liknande analyser och leder rimligtvis till att åtgärdskostnader överskattas, men det är oklart hur mycket. Följande lista anger de viktigaste begränsningarna:

1. Åtgärdskostnaderna tar inte hänsyn till "inlärningseffekter". Inlärningseffekter innebär att priset för nya reningstekniker ofta tenderar att ändra sig i takt med att tekniken används mer och att produktionen av tekniken blir storskalig. Detta är inte inkluderat i våra analyser.
2. Marknadsdynamik är inte inkluderat. Det faktiska priset för en åtgärd påverkas av balansen mellan utbud och efterfrågan. Denna balans kan vi inte skatta i förväg då den beror på väldigt många okända faktorer.
3. Preiseffekter är inte inkluderade. Om samhället t.ex. skulle välja att bara tillåta den renaste (och dyraste) typen av panna för småskalig biomassaeförbränning så skulle ett hushålls kalkyl för beräkning av billigast uppvärmningskostnad kanske ändras. Detta skulle kunna leda till att fler hushåll väljer alternativa uppvärmningsmetoder som luftvärmepump eller förbättrad isolering av väggar, golv och tak. Inte heller denna effekt har vi i denna studie haft möjlighet att analysera.

I dagsläget är tyvärr alternativet för att komma förbi dessa begränsningar att man gör antaganden om hur inlärningseffekter, marknadsdynamik och priseffekter kommer ändras i framtiden. Då dessa antaganden i dagsläget skulle ha mycket begränsad grund i data och fakta har vi i denna rapport låtit bli att göra sådana antaganden. Vi antar därmed att det inte kommer ske någon inlärning, att marknadsdynamiken inte kommer leda till billigare priser och att det inte kommer ske någon ändring på grund av priseffekter.

Teknisk beskrivning hur åtgärdskostnader är beräknade

Tekniskt sett består åtgärdskostnaden av två större poster, vars interna betydelse för den totala åtgärdskostnaden varierar med vilken situation/reningsteknik som studeras.

1. Investeringskostnad (I).

Investeringskostnaden är kostnaden för att köpa reningstekniken. Då denna kostnad sker i början av en tekniks livslängd brukar investeringskostnaden delas upp på årliga kostnadsposter för det antal år som tekniken håller. Detta för att möjliggöra beräkningar av åtgärdskostnad per år och jämförelse av åtgärdskostnader för tekniker med olika teknisk livslängd. Denna process kallas för att åtgärdskostnaden "annualiseras".

Annualisering sker enligt följande ekvation:

$$I_{an} = I * \frac{(1 + q)^{lt} * q}{(1 + q)^{lt} - 1}$$

Där:

I	= Investeringskostnad (€ ₂₀₁₀)
q	= ränta (%)
lt	= livstid på investering (år)

I våra beräkningar är räntan satt till 4 % och livstiden beror på vilken teknik som avses. I och med att vi använder 4 % ränta och teknisk livslängd har våra beräkningar ett samhällsekonomiskt perspektiv. Detta perspektiv skiljer sig från ett privatekonomiskt eller företagsekonomiskt perspektiv främst i val av ränta och livstid. Generellt kan sägas att privatpersoner brukar ha mycket kort framförhållning (snävt tidsperspektiv), vilket exemplifieras med en hög ränta, och också företag brukar ha hög ränta (upplåningskostnader) och relativt kort tidsperspektiv (5-10 år).

2. Kostnader för drift och underhåll (OM)

Kostnader för drift och underhåll (OM, Operation and Maintenance) inkluderas i åtgärdskostnadsberäkningar, då vissa utsläppsreningstekniker kan ha betydande kostnader för till exempel utbyte av filter eller katalysatorer m.m. I kategorin ingår även kostnader för förbrukningsvaror som urea (används vid selektiv katalytisk rening för att minska utsläpp av NO_x), kostnader för arbetstid som krävs för underhåll, samt kostnader för hantering av eventuella restprodukter.

I vissa beräkningar delas kostnader för drift och underhåll upp i två kategorier, *fasta* och *varierande* kostnader. Så sker till exempel i beräkningar med GAINS-modellen. Där anges fasta kostnader för drift och underhåll som OM^{fix} som vanligtvis anges som en procentsats av investeringskostnaden.

När man delar upp åtgärdskostnader i två poster ingår även påverkan på energibehov som en del av kostnader för drift och underhåll. I GAINS-modellen anges dessa som en del av de *varierande* kostnaderna, OM^{var}. Användning av reningsteknik anses ofta påverka bränslebehov (något som diskuteras i denna rapport), vilket i sin tur påverkar kostnad för reningstekniken. Reningsteknik i fasta installationer drivs dock oftast med el som även den har en kostnad.

Nedanstående faktaruta, kopierad från Klimont m.fl. (2002), ger ett exempel på hur åtgärdskostnader ur ett tekno-ekonomiskt perspektiv beräknas för en utsläppsstandard motsvarande Euro IV i tunga fordon.

EXAMPLE 3:		
<i>Unit cost calculation for heavy-duty trucks meeting EURO-IV standard</i>		
Assumptions		
<i>Parameter</i>	<i>Symbol</i>	<i>Value</i>
Investment costs	I	7967 €/vehicle
Additional O+M costs	f	2.41 %/year
Interest rate	q	4 %
Lifetime of control equipment	lt	12 years
Diesel oil price	c^o	6.6 €/GJ
Additional cost of better quality diesel oil	Δc^o	0.0463 €/GJ
Fuel consumption in 1990	$fuel(t_0)$	621 GJ/veh-year
Change in fuel consumption caused by implementation of the EURO-IV measures	λ^o	0.5 %
Unabated PM ₁₀ emission factor	e_{PM10}	48.4 t/PJ
Efficiency of EURO-IV measures (as calculated by the PM module)	η_{PM10}	97.0 %
Average fuel consumption in period 2005 – 2010 relative to 1990	f_e	0.87
Activity per vehicle in period 2005 – 2010 relative to 1990	Δac	0.86
Individual cost components (eq. 4.13 to 4.16):		
<i>Annualized capital costs:</i>	$I^m = 7967 * (1 + 0.04)^{12} * 0.04 / ((1 + 0.04)^{12} - 1) =$	848.9 €/veh-y
<i>Fixed O+M costs:</i>	$OM^{fix} = 7967 * 0.0241 =$	192 €/veh-y
<i>Change in fuel costs:</i>	$OM^e = 0.0463 + 0.005(6.6 + 0.0463) =$	0.0795 €/GJ
<i>Annual fuel consumption:</i>	$fuel(t) = 621 * 0.87 * 0.86 =$	464.4 GJ/veh-y
Unit costs (eq. 4.17 and 4.18):		
<i>Per PJ fuel used:</i>	$ce_{PJ} = ((848.9 + 192) [€/veh-y] / 464.4 [GJ/veh-y] + 0.0795 [€/GJ]) * 10^6 [GJ/PJ] =$	$2.32 * 10^6 €/PJ$
<i>Per ton of PM₁₀ removed:</i>	$c_{PM10} = 2.32 * 10^6 [€/PJ] / (48.4 [t/PJ] * 0.97) =$	49416 €/t _{PM10}

Figur A 3: Rutin för beräkning av åtgärds kostnad för Euro IV, kopierat från Klimont m.fl. (2002).

Sammantaget blir alltså för varje teknik: Åtgärds kostnad = $I^{an} + OM^{fix} + OM^{var}$.

I de fall då det redan finns en viss mängd reningstekniker installerade år 2030 (vilket är normalfallet) blir åtgärds kostnaden lika med skillnad i åtgärds kostnad mellan de studerade scenarierna.

I fallet med *Åtgärd 1: Ökad andel pellets i biomassaförbränning* (kapitel 3.2.1) så beräknades den totala årliga åtgärds kostnaden för Sverige (d.v.s. kostnad för användning av moderna pannor m.m.) i scenariot S1 vara lika med 203 miljoner €₂₀₁₀ per år. I scenariot S3 ökar denna kostnad, som följd av ökad användning av pelletspannor m.m. till 219 miljoner €₂₀₁₀. Åtgärds kostnaden för Åtgärd 1 blev då 219-203 = 16 miljoner €₂₀₁₀ per år.

En kort beskrivning av GAINS-modellen

GAINS är en förkortning av Greenhouse Gas – Air Pollution Interactions and Synergies. GAINS-modellen är en integrerad beslutsstödsmodell framtagen av det internationella institutet för tillämpad systemanalys (IIASA). Modellen integrerar, för varje europeiskt land, beräkningar av nuvarande och framtida utsläpp med beräkningar av åtgärdskostnader, utsläppsspridning och påverkan på miljö och hälsa (Amann m.fl. 2011).

Nedan följer en beskrivning av den enklare versionen av modellen som finns tillgänglig på internet, <http://gains.iiasa.ac.at/models/index.html>. I denna version finns alla scenarier framtagna av EU-kommissionen som underlag för revidering av den tematiska strategin för luftföroreningar⁸ och av Utsläppstaksdirektivet⁹. På IIASA finns en mer komplicerad version av modellen som dels kan minimera åtgärdskostnader för ett givet mål för luftkvalitet, dels kan beräkna påverkan på miljö, klimat och hälsa på fler och mer avancerade sätt.

Modellen inkluderar utsläppen SO₂, NO_x, PM (olika fraktioner), NH₃, NMVOC och de växthusgaser som ingår i Kyotoprotokollet¹⁰. De miljöeffekter som inkluderas är effekter på mänsklig hälsa (health impacts), försurning (acidification), övergödning (eutrophication), samt klimatpåverkan (radiative forcing i Figur A4).

Figur A4 nedan visar vilka utsläpp som hanteras i modellen och vilka miljö- och hälsoeffekter som associeras med vilket utsläpp.

	PM	SO ₂	NO _x	VOC	NH ₃	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs PFCs SF ₆
Health impacts:									
PM	✓	✓	✓	✓	✓				
O ₃			✓	✓			✓		
Vegetation damage:									
O ₃			✓	✓			✓		
Acidification		✓	✓		✓				
Eutrophication			✓		✓				
Radiative forcing:									
- direct						✓	✓	✓	✓
- via aerosols	✓	✓	✓	✓	✓				
- via OH			✓	✓			✓		

Figur A 4: En principskiss över de utsläpp och miljöeffekter som inkluderas i GAINS-modellen¹¹

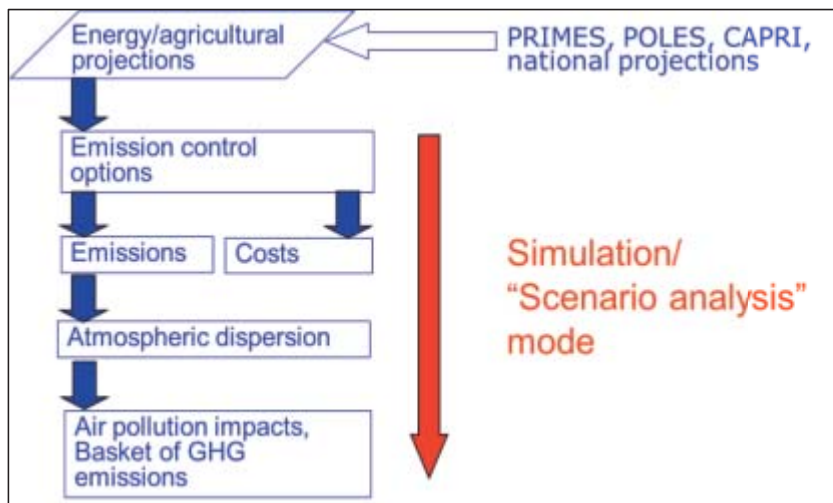
⁸ http://ec.europa.eu/environment/air/review_air_policy.htm

⁹ http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/rev_nec_dir.htm

¹⁰ http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

¹¹ <http://webarchive.iiasa.ac.at/rains/meetings/GAINS-tutorial/presentations.html>, åtkomst 2015-02-24

Beräkningarna i GAINS-modellen följer en given bana enligt Figur A5.



Figur A 5: Beräkningsföljden i GAINS-modellen^{ibid}

Beräkningarna i GAINS-modellen börjar med att modellen använder indata (aktivitetsdata) från energi- och transportmodeller samt jordbruksmodeller över energianvändning, industriproduktion, transportarbete, samt aktiviteter inom jordbrukssektorn. För historiska data används data från EU:s statistiska organ Eurostat.

Åtgärder för att rena utsläpp anges sedan i modellen per land. I vilken utsträckning åtgärder används bestäms av vilken relevant lagstiftning som finns på plats och vilka utsläppskrav som anges enligt denna lagstiftning. Med hjälp av kostnadsuppskattningar för åtgärder och använd aktivitetsdata beräknar sedan modellen utsläpp och åtgärdskostnader för varje land. De åtgärder som används bestäms efter vilka åtgärder som är mest kostnadseffektiva (billigast) och sektorspecifika förutsättningar (ålder på anläggningar mm.)

Spridning i luft av beräknade utsläpp modelleras i GAINS-modellen med en enkel linjär spridningsmatris som anger hur stor del av ett lands utsläpp som deponeras över en given del (rutcell) av Europa. Modellen beräknar även koncentration av partiklar i luft för olika regioner på samma sätt, om än mer ingående.

Påverkan på miljö beräknas sedan med hjälp av data över kritiska belastningsgränser för förorening och övergödning som finns för Europas ekosystemområden. Påverkan på hälsa beräknas baserat på data över hur stor befolkning som finns i respektive del av Europa samt den förväntade livslängden hos befolkningen i varje land. Klimatpåverkan beräknas vanligtvis med klimatmättet GWP₁₀₀.

Beräkningar kan göras för år 1990-2030 i femårsintervall.

9.3 Appendix 3 - Detaljerad beskrivning av produktmodifiering av produkter innehållande lösningsmedel (Åtgärd 10, kapitel 3.2.4)

Olika tillgängliga alternativ till produktersättning beroende på NMVOC-funktion i produkten samt vissa tekniska, ekonomiska och miljöproblem som medföljer beskrivs i BIPRO (2002). Nedan följer ett exempel på produktmodifieringsvarianter för en grupp av lösningsmedel. Mer detaljerad beskrivning för andra lösningsmedelsgrupper finns i BIPRO (2002).

Aerosoler i kosmetika och rengöringsmedel. NMVOC i aerosoler är inte bara ett lösningsmedel utan spelar en till viktig funktion: att driva fram en produkt ur en behållare. Denna funktion kan ersättas med system som använder pumpar eller komprimerad gas. I pumpsystem används en knapp eller en trigger för att få fram produkten och drivmedel behövs inte. Typiska exempel på pumpsystem är hårspray, deodoranter, rengöringsmedel. I system med komprimerad gas används CO₂, N₂O, kväve eller luft som drivgas. Sådana system används oftast i möbelpolermedel, matprodukter (t.ex. gräddede), insektsmedel och rakgelé. Tredje alternativet för aerosoler är att ändra produktens appliceringsform. Exempelvis kan man i kosmetika ha aktiva ingredienser i en fast form så att de direkt appliceras på huden.

Därutöver kan NMVOC som lösningsmedel i vissa fall ersättas med vatten eller alkohol.

En relativt stor ersättningspotential bedöms finnas inom **bilvårdsprodukter**. Enligt Svahnberg (2009) kan NMVOC-fri spolarvätska minska utsläpp år 2020 med 5,1 Gg. Produkten är dock ännu inte utvecklad.

Den överlägset största NMVOC-källan i biltvättsammanhang är petroleumavfettningen som består av 60-100 % NMVOC. Användningen av den har minskat och istället används nästan enbart alkalisk avfettning i automattvättarna. Det finns även en tredje typ av avfettning som består av mikroemulsioner, den används nästan aldrig i automattvätt eftersom den kan ställa till problem i oljeavskiljaren. Svahnberg (2009) bedömer att en minskningspotential på 1,1 Gg NMVOC-utsläpp skulle vara möjligt om alla biltvättar utfördes i automattvättar.

Alternativ till en klassisk petroleumbaserad **tändvätska** är tändpapper, etanolbaserade tändgeler och rapsoljeinnehållande tändvätskor. Elektriska varianter för tändning av utegrillar finns också att tillgå (Svahnberg, 2009). Även denna åtgärd skulle minska utsläpp av NMVOC i Sverige.

Olika typer av produktmodifiering har olika reduktionspotentialer för olika produktområden. BIPRO (2002) har rankat potentialer från 2000 till 2010 inom EU-15. Trots att denna uppskattning gjordes 2002 kan den ge en uppfattning om vilka produktkategorier som antogs ha relativt större eller mindre potentialer för drygt 10 år sedan inom EU-15.

Tabell A 4: Potential utsläppsminskning av NMVOC från produktmodifiering av lösningsmedelsinnehållande produkter i EU-15 för perioden 2000-2010 (BIPRO (2002)).

Produktområde	Användning	Reduktionspotential (%)
Hårspray	Kosmetika och rengöring	37 %
Lösningsmedel	Rengöring	32 %
Deodoranter	Kosmetika och rengöring	16 %
Other aerosols	Kosmetika och rengöring	4 %
Parfym	Rengöring	4 %
Lösningsmedel	Kosmetika	3 %
Lim (alla sektorer)	Lim	2 %
Konserveringsmedel	Kosmetika	0,4 %
Parfym	Kosmetika	0,4 %
Desinfektion	Rengöring	0
Totalt:		100 %

Referenser till Appendix

Amann M. m.fl. (2011) Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications, Environmental Modelling & Software, Vol. 26, Nr. 12, pp. 1489-1501

Amann M. m.fl. (2014), The final policy scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP report #11, version 1.1a

BIPRO (2002) *Screening study to identify reductions in VOC emissions due to the restrictions in the VOC content of products*, EU-kommissionen, Bryssel, BIPRO, Final Report, February 2002.

Gustafsson, T., Sjödin, Å., Stripple, H., Fridell, E., Gerner, A., Bergström, J., Lundblad, M. (2013) Greenhouse gas and air pollutant emission projections for Sweden

Klimont Z. m.fl. (2002), Modelling Particulate Emission in Europe – A framework to estimate reduction potential and control costs, IIASA Interim Report IR-02-076

Mawdsley, I., Yaramenka, K., Sjödin, Å., Gerner, A., Bergström, J. (2014). Air pollutant emission projections for Sweden submission 2015. SMED Report No <XX> 2014. Opublicerad rapport.

Svahnberg, P. (2009) Minskad NMVOC-emission från lösningsmedel och färg, GOODPOINT AB



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se

Konsekvensanalys av utvalda åtgärder för att minska utsläpp till luft

På uppdrag av Miljömålsberedningen

Stefan Åström, Tomas Wisell, Maria Lindblad, Anders Roth

Författare: Stefan Åström, Tomas Wisell, Maria Lindblad, Anders Roth

Medel från: Miljömålsberedningen

Rapportnummer: C 189

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 010-7886500 Fax: 010-7886590

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	7
1 Introduktion	10
2 Bakgrund och syfte	10
3 Kort metodbeskrivning	11
4 Utsläpp 2030 enligt huvudprognos	13
4.1 Utsläpp från vägtransporter	13
4.2 Utsläpp från stora arbetsmaskiner	14
4.3 Utsläpp från småskalig vedeldning	14
5 Åtgärder för att minska utsläpp	16
5.1 Resultat från åtgärdsanalysen	16
5.1.1 Kvotplikt biodrivmedel för vägtransport (1)	17
5.1.2 Bonus-malus-differentierad registreringskatt för personbilar (2)	19
5.1.3 Premie för lågutsläppande lastbil/buss (3)	22
5.1.4 Analys av luftföroreningseffekten av Trafikverkets klimatscenario (4)	23
5.1.5 Arbetsmaskinspremie för inhandling av lågutsläppande arbetsmaskiner (5)	25
5.1.6 Tidigareläggande av EU:s ekodesignkrav för pannor och kaminer (6)	27
5.1.7 Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller ekodesignkrav (7)	29
5.1.8 Skrotningsspremie för pannor/kaminer med dåliga miljöegenskaper (8)	31
6 Diskussion och slutsats	33
7 Referenser	35

Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Miljömålsberedningen beräknat möjlig påverkan på utsläpp till luft och åtgärdskostnader av följande åtgärder för:

Vägtransport:

1. Höjd kvotplikt avseende biodrivmedel för vägtransporter (införande år 2019)
2. Bonus-malus-differentierad registreringskatt för personbilar (införande år 2018)
3. Premie för lågutsläppande lastbil/buss (införande år 2018)
4. Analys av luftföroreningseffekten vid Trafikverkets klimatscenario (införande enligt Trafikverkets klimatscenario i FFF-utredningen)

Arbetsmaskiner:

5. Arbetsmaskinspremie för inhandling av lågutsläppande arbetsmaskiner (införande år 2018)

Småskalig vedeldning:

6. Tidigareläggande av EU:s ekodesignkrav för pannor och kaminer från 2020 resp. 2022 till 2017 resp. 2018
7. Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller EU:s ekodesignkrav (införande år 2017)
8. Skrotningsspremie för pannor/kaminer med dåliga miljöegenskaper (införande år 2017)

Åtgärderna analyserades med avseende på påverkan på utsläpp av luftföroreningar och koldioxid (CO₂) samt påverkan på åtgärdskostnader för att minska utsläpp. Specifik metod, underlag och resultat varierade beroende på vilken åtgärd som analyserades. De luftföroreningar som var i fokus var kväveoxider (NO_x), fina partiklar (PM_{2,5}), kolmonoxid (CO) samt flyktiga organiska ämnen (NMVOC). Åtgärdskostnader och effekter på CO₂ har inte analyserats för samtliga åtgärder.

För sektorn Vägtransport analyserades fyra åtgärder. Den första var åtgärden "Höjd kvotplikt biodrivmedel för vägtransporter" som analyserades med avseende på CO₂-utsläpp och bränslekostnader för biodrivmedel. Åtgärden "Bonus-malus-differentierad registreringskatt för personbilar" analyserades med avseende på utsläpp av NO_x, PM_{2,5}, CO, NMVOC, CO₂ samt kvalitativt med avseende på de av Miljömålsberednings-sekretariatet föreslagna Bonus-malus-nivåernas effekt på fordonsinköp. Vi fokuserade på när Bonus-malus kan tänkas uppmuntra skifte till laddhybrider eller elbilar och därmed ge effekt på luftföroreningar. Den tredje åtgärden, "Premie för lågutsläppande lastbil/buss", analyserades med avseende på påverkan på utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och CO₂, samt åtgärdskostnader för utsläppsminskning. Åtgärden "Analys av luftföroreningseffekten vid Trafikverkets klimatscenario" analyserades med avseende på utsläpp av PM_{2,5} och NO_x samt CO₂.

För sektorn Arbetsmaskiner analyserades åtgärden "Arbetsmaskinspremie för inhandling av lågutsläppande arbetsmaskiner". Denna åtgärd analyserades med avseende på utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och CO₂ samt åtgärdskostnader för utsläppsminskning.

Inom sektorn Småskalig vedeldning analyserades tre åtgärder, samtliga med avseende på utsläpp av PM_{2,5} och åtgärdskostnader för utsläppsminskning.

Analyserna utgick ifrån tillgängliga data som använts i Sveriges officiella rapportering och prognostisering av utsläpp till luft, men dessa data behövde i vissa fall kompletteras vid åtgärdsanalyserna. För ett flertal av analyserna var vi, på grund av bristande dataunderlag, tvungna att göra flera antaganden. De åtgärdskostnader som beräknades jämfördes kvalitativt med nivån på ekonomiska styrmedel, men en

konventionell ekonomisk styrmedelsanalys genomfördes inte (i vilken utsläpp analyseras som en funktion av till exempel en premie på en viss nivå). Resultaten visar hur mycket det skulle kosta att minska utsläppen ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Dessa kostnader översattes, i möjligaste mån, till utsläppsreningskostnad per fordon/maskin eller panna.

Utifrån de data som fanns tillgängliga och de metoder som användes kan man betrakta studiens resultat som lämpligt till beslutsunderlag givet följande förutsättningar:

- Kostnader anges ur ett samhällsplanerarperspektiv, d.v.s. ett tekniskt tidsperspektiv på teknikers livslängd, och kostnadsberäkningar görs med låga räntor för investeringskostnader (4 %).
- Resultaten visar inga fördelningseffekter, det vill säga analysen visar inte vilken samhällsaktör som påverkas.
- Resultaten tar inte hänsyn till eventuella dynamiska effekter. Exempel på dynamiska effekter kan vara omflyttning mellan transportslag eller bränslen som följd av ökade priser för vägtransporter eller bränslen. Resultaten tar inte heller hänsyn till eventuella "inlärningseffekter" (när kostnaden för en teknik sjunker som funktion av tidigare investeringar i tekniken).
- De flesta åtgärdskostnader i resultaten är i form av merkostnad för användning av utsläppsreningsteknik (till skillnad från hela kostnaden för att köpa en ny bil eller ny kamin).
- Jämförelsen av åtgärder visar vilken åtgärd som ger "störst effekt för pengarna".

Analysernas kvantitativa resultat visas i Tabell S1 nedan.

Tabell S1: Sammanfattning över åtgärder, effekter på utsläpp och åtgärdskostnader 2030.

Sektorer	Ändring utsläpp			Åtgärdskostnader		
	Utsläpp	NO _x	PM _{2.5}	CO ₂	miljoner kr	
	Enhet	tusen ton	tusen ton	miljoner ton	Låg	Hög
Vägtransport						
Kvotplikt		0	0	-3	~7 100	~7 600
Bonus-malus max		-3	0	-3	Ej beräknat	
Premie tunga fordon		-3	0	-	~67	
FFF-klimatscenario		-9	-1	-11	Ej beräknat	
Arbetsmaskiner						
Premie arbetsmaskiner		-0.3	0.0		~885	
Premie arbetsmaskin - inga gamla		-4.1	-0.3		~1140	
Småskalig vedeldning						
Tidigt införande ekodesignkrav			-0.1		~42	
Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller ekodesignkrav			-0.60		~240	
Skrotningspremie för pannor/kaminer med dåliga miljöegenskaper			-1.4		~530	

Huvudbudskapet från analyserna utförda inom ramen för detta uppdrag är att:

- Bäst effekt gällande både klimat och luftföroreningar erhålls vid en större omställning av hela transportsystemet. En sådan omställning förutsätter då, i enlighet med Trafikverkets klimatscenario, en kombination av olika åtgärder, både med avseende på trafikminskande åtgärder och på rena teknikstimulerande reformer (såsom eldrivna fordon).
- Elektrifiering kan komma ha påtaglig effekt på utsläpp av luftföroreningar.

- Vissa klimatåtgärder, som biodrivmedel, kan ge små eller inga effekter med avseende på luftföroreningar. Gällande en eventuellt höjd kvotplikt är det dock en neutral åtgärd för stadsbudgeten.
- En eventuell effekt av nyköpspremier för lastbilar och stora arbetsmaskiner på utsläpp år 2030 påverkas främst av hur många gamla fordon som kommer vara i bruk år 2030. Våra analyser tyder alltså på att skrotning av riktigt gamla lastbilar och maskiner är viktigare för utsläpp av luftföroreningar än att öka andelen nya fordon och maskiner.
- Samma situation gäller för småskalig vedeldning, där en skrotning av mycket gamla enheter skulle få stor effekt på utsläpp av PM_{2,5} år 2030.

Summary

IVL Swedish Environmental Research Institute has on commission from the All Party Committee on Environmental Objectives estimated potential impact on air emissions and abatement costs of the following measures:

Road transport:

1. Increased quota obligation of biofuels for road transport (implementation 2019)
2. Bonus-Malus differentiated registration tax for passenger cars (implementation 2018)
3. Subsidy for low-emission heavy trucks and buses (implementation 2018)
4. Analysis of the impact on air pollution emissions from the Swedish Transport Administration's climate scenario (implemented according to the Administration's climate scenario in the 'FFF'-investigation)

Non-Road Mobile Machinery:

5. A subsidy for purchasing of low-emission machinery units (implementation 2018)

Small scale wood heating:

6. Earlier introduction of EU's eco-design requirements for boilers and stoves from 2020 and 2022 respectively, to 2017 and 2018
7. Prohibition of installation of heating equipment that does not meet EU's eco-design requirements (implementation 2017)
8. Scrapping subsidy for boilers and stoves with poor environmental performance (implementation 2017)

These measures were analysed with respect to the impact on emissions of air pollutants and carbon dioxide (CO₂), and the costs of measures to reduce emissions. Methods and data sources varied depending on which measure that were analysed. The air pollutants in focus were nitrogen oxides (NO_x), fine particulate matter (PM_{2.5}), carbon monoxide (CO) and non-methane volatile organic compounds (NMVOCs). Abatement costs and effects on CO₂ have not been analysed for all measures.

For the road transport sector, four measures were analysed. The first was the *Increased quota obligation of biofuels for road transport* that was analysed with respect to CO₂ emissions and fuel costs. The measure *Bonus-Malus differentiated registration tax for passenger cars* was analysed with respect to emissions of NO_x, PM_{2.5}, CO, NMVOC and CO₂. Moreover, the impact on vehicle purchase of the suggested bonus levels was also analysed. The focus was on when the bonus-malus might encourage the shift to plug-in electric hybrids or electric cars, and thus have an effect on emissions of air pollutants. The third measure, *Subsidy for low-emission heavy trucks and buses*, was analysed with respect to the impact on emissions of NO_x, PM_{2.5} and CO₂, and the emission abatement costs associate with the measure. The measure *Analysis of the impact on air pollution emissions from the Swedish Transport Administration's climate scenario* was analysed with respect to emissions of PM_{2.5}, NO_x and CO₂.

For non-road mobile machinery only one measure was analysed, *Subsidy for purchasing of low-emission machinery units*. This measure was analysed with respect to emissions of NO_x, PM_{2.5} and CO₂ and the emission abatement costs associate with the measure.

Within small-scale wood combustion three measures were analysed with respect to emissions of PM_{2.5} and the emission abatement costs associate with the measure.

All the measure analyses were based on available supporting input data used in Sweden's official reporting and forecasting of emissions to air, but these data sometimes needed to be supplemented with other data when performing the analysis. For a number of analyses, when lacking of data sources, assumptions were made. The operation costs were compared qualitatively with the level of suggested economic instruments, but the impact of economic instruments were not analysed with a conventional econometric model for policy instrument analysis (in which emissions are studied as a function of for instance bonus on a certain level). The results from this project show how much it would cost to reduce emissions from an economic perspective. These costs were, as far as possible, translated into cost per vehicle / machine or boiler.

Based on the data available and the methods used, one can consider the study results to be reliable as decision-making support, given the following conditions:

- Emission abatement costs are presented from a "Social planners' perspective", implying a technical perspective on the technical life-span of equipment, and the cost estimates are made with low interest rates for investment costs (4%).
- The results show no economical distribution effects, which means that the analyses do not show if some agents in the society gain and some loose.
- The results do not account for any dynamic effects. Examples of dynamic effects can be shifting between modes of transport or fuel types, due to higher prices for road transport or fuels. The results also do not consider any "learning effects".
- Most emissions abatement costs in the results are in the form of additional costs for use of emission abatement technologies.
- The comparison of measures shows the measure that gives the "biggest bang for the buck."

The quantitative analysis results are shown in Table S1 below.

Table S1: Summary of measures, impact on emissions and emission abatement costs in 2030.

Sectors	Impact on emissions			Abatement costs	
	Pollutant:	NO _x	PM _{2.5}	CO ₂	10 ⁶ SEK
	Unit:	10 ³ ton	10 ³ ton	10 ⁶ ton	Low High
Road transport					
Quota obligation biofuel		0	0	-3	~7 100 ~7 600
Bonus-malus max		-3	0	-3	n.e.
Subsidy purchase heavy vehicles		-3	0	-	~67
FFF climate scenario		-9	-1	-11	n.e.
Non-Road Mobile Machinery					
Subsidy for purchasing low-emission units		-0.3	0.0		~885
Subsidy for purchasing low-emission units – Sensitivity		-4.1	-0.3		~1140
Small-scale wood combustion					
Early introduction eco-design requirements			-0.1		~42
Prohibition of heating equipment that does not meet the eco-design requirements			-0.60		~240
Scrapping bonus for boilers and stoves with poor environmental performance			-1.4		~530

The main messages from this study are:

- The best impact on emissions of greenhouse gases and air pollutants was found following a large transition of the entire transport system. Such a transition requires a combination of different measures, both with respect to reduced transport demand as well as reforms that stimulate new technologies (such as electric vehicles).
- Electrification might prove to have a tangible impact on emissions of air pollutants.
- Some climate measures such as biofuels can give small or no effects with respect to air pollution. A quota for biofuels is however income neutral for the governmental budget.
- The effect of subsidies for purchasing low-emitting heavy vehicles and machinery on emissions is mainly influenced by how many old vehicles and machinery that will be in use year 2030. Our analyses implicate that scrapping of old vehicles and machinery might be more important to reduce emissions of air pollutants than an increased share of new vehicles and machinery.
- The same effect applies for small-scale wood combustion, for which a scrapping of very old units would give a large effect on emissions of PM_{2.5} in 2030.

1 Introduktion

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Miljömålsberedningen (avtalsnr: 708251) beräknat möjlig påverkan på utsläpp av luftföroreningarna kväveoxider (NO_x), små partiklar (PM_{2,5}), kolmonoxid (CO), flyktiga organiska ämnen/kolväten (NMVOC), växthusgasen koldioxid (CO₂) och åtgärdskostnader som konsekvens av åtgärder och styrmedel riktade mot utsläpp från vägtransport, arbetsmaskiner och småskalig vedeldning. De åtgärder och styrmedel som analyserats är utöver redan fattade beslut.

Åtgärder som analyserades för att minska utsläpp från vägtransport var:

1. Kvoteplikt biodrivmedel för vägtransporter.
2. Bonus-malus-differentierad registreringskatt för personbilar.
3. Premie för lågutsläppande lastbil/buss.
4. Analys av luftföroreningseffekten vid Trafikverkets klimatscenario (Trafikverket 2014).

Åtgärden som analyserades för att minska utsläpp från arbetsmaskiner var:

5. Arbetsmaskinspremie för inhandling av lågutsläppande stora arbetsmaskiner.

De tre åtgärderna som analyserades för att minska utsläpp från småskalig vedeldning var:

6. Tidigareläggande av EU:s ekodesignkrav (direktiv 2009/125/EG; OJ 2009) för pannor och kaminer från 2020 resp. 2022 till 2017 resp. 2018.
7. Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller EU:s ekodesignkrav.
8. Skrotningsspremie för pannor/kaminer med dåliga miljöegenskaper.

Dessa åtgärder valdes ut från en bruttolista av åtgärder och styrmedel som togs fram av Miljömålsberednings-sekretariatet. Åtgärderna valdes ut ur bruttolistan utifrån den möjlighet som fanns för projektgruppen att analysera dessa med avseende på projekttid och tillgängliga metoder. Detta uppdrags slutsatser skall betraktas med avseende på att detta urval av åtgärder skedde innan uppdraget genomfördes, i diskussionskapitlet diskuterar vi kort andra potentiella åtgärder.

Arbetet med projektet pågick under perioden 25 februari till 20 april 2016. Miljömålsberednings-sekretariatet har varit aktivt inblandat under framtagande av resultat och även bidragit med underlag. Vi vill tacka Johanna Jansson och Ulf Troeng från sekretariatet för deras engagemang i projektet.

I denna rapport redovisar vi kort analysernas ansatser, metod och resultat samt för en kvalitativ diskussion av resultatens betydelse. Projektets preliminära resultat redovisades den 13 april 2016 på Miljömålsberedningens interna seminarium om samhällsekonomiska analyser i klimat och luftpolitiken. I och med inlämnandet av denna rapport är projektet avslutat.

2 Bakgrund och syfte

Miljömålsberedningen har i uppdrag av regeringen att lämna förslag på hur Sveriges miljö kvalitetsmål och generationsmål kan nås. Miljömålsberedningen fick i juli 2014 i uppdrag att föreslå en strategi för en samlad luftvårdspolitik. I december 2014 fick beredningen även i uppdrag att föreslå ett klimatpolitiskt ramverk och en strategi för en samlad och långsiktig klimatpolitik. Båda dessa strategier kommer att redovisas till regeringen den 15 juni 2016. För att få underlag kring konsekvenser av möjliga förslag till dessa strategier har Miljömålsberednings-sekretariatet lagt ut utredningsuppdrag på forskningsinstitut och universitet. IVL Svenska Miljöinstitutet har i sitt uppdrag fokuserat på åtgärder för att minska utsläpp av luftföroreningar från vägtransporter, arbetsmaskiner samt småskalig vedeldning.

Syftet med detta uppdrag har varit att ge underlag till Miljömålsberedningen kring utsläppseffekt och åtgärdskostnad av utvalda åtgärder, samt att ge underlag kring hur stor del av effekten som kan tänkas nås av åtgärdens ekonomiska incitament för de åtgärder då detta varit aktuellt.

Syftet med denna rapport är att kort redovisa metod, data och resultat framtagna inom uppdraget.

3 Kort metodbeskrivning

Analysen genomfördes i tre steg. I det första steget samlades underlagsdata till Sveriges offentliga prognos av luftföroreningsutsläpp (Naturvårdsverket 2015) in. Detta underlag var för vägtransporter i form av; fordonsantal, energianvändning per fordonstyp- och ålder, transportarbete per fordonstyp- och ålder och användning av reningsteknik per fordonstyp. Underlaget för vägtransport i Naturvårdsverket (2015) byggde på beräkningar av åtgärder i fordonflottan från aktuellt scenario i HBEFA-modellen (HBEFA 3.2). HBEFA är en europeisk vägmissionsmodell med en databas över olika fordonstyper, bränslen, motorklasser och deras emissionsfaktorer (inklusive bränsleförbrukning) (<http://www.hbefa.net/e/index.html>). Trafikverket, i samarbete med VTI¹, kompletterar modellen i Sverige med körsträcka och fordonsantal för varje fordonskategori. I detta uppdrag gjordes ett uttag ur aktuellt scenario i HBEFA-modellen uppdelat på den mest detaljerade fordonskategorin med tillhörande information om ålder (Euro-klass), bränslen, energiförbrukning och körsträckor för hela Sveriges vägtrafikflotta år 2015-2030. Energiförbrukningen summerades med avseende på HBEFA:s bränslekategorier, och för varje kategori bedömdes andelen förnyelsebart för år 2015 och 2030. Svenska emissioner till luft beräknas varje år inom ramen för SMED-konsortiet², där SCB har ansvaret för vägemissioner, och i detta uppdrag räknades HBEFA:s värden på energibehov upp för att ligga i linje med SCB:s uppskattningar. Uppräkning krävdes p.g.a. olika dataunderlag för beräkning av bränsleanvändning för transporter.

För arbetsmaskiner användes data över; maskinantal, maskinernas åldersfördelning och energibehov från underlagsdata till Naturvårdsverket (2015) från en modell som kallas Arbetsmaskinsmodellen. Framtagandet av arbetsmaskinsmodellen var ett samarbete mellan IVL, SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet) och SMP (Svensk Maskinprovning) och färdigställdes år 2007, men har delvis vidareutvecklats (Wetterberg et al., 2007; Jerksjö et al., 2015). Modellen innehåller information om antalet maskiner och förbrukad energimängd bakåt i tiden samt en prognos in i framtiden. Arbetsmaskinerna är indelade i huvudkategorier (sektorer) om var de används, vilken typ av maskin det är samt motorns installerade effekt. Modellen innehåller dessutom information om ålder på maskinparken och uppdelning på motorklass (s.k. Steg enligt EU:s klassningssystem). För detta uppdrag gjordes en avgränsning så att enbart större arbetsmaskiner inkluderades (motoreffekt > 37 kW).

För småskalig vedeldning användes data och prognoser från Boverket (2016). De data som användes i detta uppdrag utgick ifrån värden som är presenterade på sid 65 Tabell 2.3 i Boverket (2016). Data är uppdelad på tre huvudkategorier, nämligen *Vedpannor*, *Pelletspannor* och *Lokaleldstäder* och i tre-fyra nivåer med avseende på emissioner och energiförbrukning; *Ej BBR*³, *BBR gammal/ny* och *Ekodesign*. Data är given för år 2013, men dessutom finns prognoser för hur energiförbrukning och antal totalt per kategori kommer att utvecklas till år 2025. I detta uppdrag gjordes beräkningar för år 2030 och därför extrapolerades data genom linjär extrapolering av rapporterade trender över antalet pannor och eldstäder. Vi missade därmed eventuella pucklar i föryngring av pannor och eldstäder på grund av oregelbundenheter

¹ VTI = Väg- och transportforskningsinstitutet

² Svensk MiljöEmissionsData- SMED, www.smed.se

³ BBR = Boverkets byggregler (BFS 2011:6, BBR)

i åldersfördelningen. Vi antog att energiförbrukningen per panna och eldstad kommer vara samma år 2030 som år 2025.

För alla sektorer grupperades relevant data om till det format som behövdes för att möjliggöra analyser av åtgärdskostnader med GAINS-modellen (Amann et al., 2011). GAINS-modellen innehåller ett sammanhängande dataset över åtgärdskostnader per sektor, kategori på eldningspannor, fordonskategori, bränslekategori, och reningsteknik. Vi tog de data från GAINS-modellen som gällde för det scenario som användes som underlag till EU-kommissionens förslag till ett reviderat direktiv för nationella utsläppstak (Amann et al., 2014).

Beräkningar av utsläpp skedde genom att beräkna utsläpp som en funktion av bränsleanvändning, emissionsfaktorer och användning av reningsteknik (och för slitagepartiklar trafikarbete). Data om användningen av reningsteknik för vägtransporter, arbetsmaskiner, och småskalig vedeldning gavs från information om åldersfördelningen för fordon, maskiner, pannor och kaminer.

I det andra steget anpassades varje åtgärdsberäkning genom att bränsleanvändning, transportarbete eller användning av reningsteknik ändrades i enlighet med åtgärdens specifikation och åtgärdsspecifika underlagsdata. För vissa åtgärder ändrades endast bränsleanvändningen, för andra endast användningen av reningsteknik, och för vissa ändrades både bränsleanvändningen och användningen av reningsteknik. Beräkning av storleken på genomslaget av en åtgärd beräknades genom en framskridning av årlig påverkan på fordonbestånd, maskinpark eller panntyper från det år åtgärden infördes till år 2030. Åtgärdsspecifika metoder och data presenteras i samband med presentationen av resultaten (kapitel 5).

Effekten av en åtgärd beräknades som skillnaden i utsläpp och åtgärdskostnader mellan basprognos som togs fram i steg 1 och åtgärd som togs fram i steg 2. Denna typ av åtgärdsanalys är statisk i den mån att den inte beräknar möjliga överflyttningar mellan fordonstyper eller uppvärmningstyper som konsekvens av prisändringar. Analysen har ett strikt tekno-ekonomisk perspektiv i och med att kostnader bara räknas som merkostnader för användning av teknik (investering + drift + bränsle) för trafikarbete eller uppvärmning. En av bristerna i denna metodik är svårigheten att kostnadssätta åtgärder som påverkar mycket gamla fordon, maskiner eller pannor. Vilken merkostnad som skall beräknas för ett byte av 40 år gammal utrustning är oklart. I denna analys har inte merkostnaden skattats för de åtgärder där detta varit aktuellt. Hela kostnaden för att köpa en helt ny maskin eller enhet har alltså inte beräknats, vi har endast beräknat merkostnad associerat med ökad användning av utsläppsrenande tekniker. För de åtgärder då skrotning är implicit bör man alltså tänka på att kostnader för nyinköp av hela enheter tillkommer de av oss angivna kostnaderna.

Det tredje steget bestod främst av en kvalitativ granskning av analysresultaten från steg 1 och 2, samt en jämförelse av de i denna studie beräknade åtgärdskostnaderna med de nivåer på ekonomiska styrmedel som föreslagits av Miljömålsberednings-sekretariatet.

Analysen fokuserade på de studerade åtgärdernas effekt år 2030, men införandeåret för åtgärderna var åtgärdsspecifikt, se punktlista i kapitel 1.

4 Utsläpp 2030 enligt huvudprognos

I detta kapitel redovisar vi de mest relevanta data som användes i basprognosen och som ligger till grund för de utsläpp vi räknade ut för basprognosen.

4.1 Utsläpp från vägtransporter

Den totala energianvändningen i svenska HBEFA (3,2) var totalt 63,5 TWh år 2015. Detta värde jämfördes med SCB (2016) och Energimyndigheten (2015) som hade egna uppskattningar, 72,0 TWh respektive ca 85 TWh. I detta uppdrag räknades därför det totala energibehovet för år 2015 upp till 72 TWh. Uppskattningen av den förnyelsebara andelen 2015 av varje bränsletyp baserades på information från Trafikverket (2016), och på egna antaganden. I Trafikverket (2016) anges andelen förnyelsebart i fordonsgas till 68 % och andelen i bensin till 4,8 %. Andelen förnyelsebart i E85 bedömdes av oss till 80 % sett över året. Andelen förnyelsebart i fordon som kombinerar gas och bensin bedömdes till 50 %. Kategorin Etanol i HBEFA bedömdes vara detsamma som "ED95", dvs. innehållande 95 % bioetanol. Efter att förnyelsebara andelar lagts in för alla bränslen enligt Trafikverkets uppgifter skiljde sig totalen förnyelsebart något, därför justerades andelen biodiesel i diesel ner till 18 % istället för 19 % som angivits i Trafikverkets PM (2016). Energimängden förnyelsebart var angivet totalt till 10,2 TWh för 2014 och samma värde sattes för 2015 (Trafikverket, 2016). I basprognosen för vägtransport räknades mängden förnyelsebart upp till 14 TWh år 2020 för att sedan ligga på denna nivå konstant till år 2030. Denna mängd förnyelsebart, tillsammans med SCB-justerade värden på total energianvändning i HBEFA 3,2 utgör denna rapport's basprognos för vägtransporter. Utsläppen i basprognosen är på samma nivå som i Naturvårdsverket (2015).

Även vägtrafikens totala körsträckor summerades ur HBEFA 3,2-data men enbart uppdelat på huvudkategorier av fordon (personbil, lätt lastbil, tung lastbil, buss och MC). Syftet med att ta fram dessa värden var att uppskatta mängden emitterade slitagepartiklar som är helt bränsleoberoende (varför uppdelning på bränsle inte är nödvändigt). Antalet fordon togs också ur HBEFA 3,2 och summerades på samma huvudkategorier som körsträckor men uppdelat för olika bränslen. Sammantaget visar datautdraget ur HBEFA 3,2 följande utsläppsnivåer från avgaser och slitage för vägtrafikens basprognos år 2030, Tabell 1.

Tabell 1: Sveriges utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och CO₂ från vägtransport år 2030 i basprognosen (Naturvårdsverket 2015).

Utsläpp	NO _x	PM _{2,5}	CO ₂
Enhet	tusen ton	tusen ton	miljoner ton
Totalt	13.8	2.3	14
<i>Varav:</i>			
Personbilar	6.4	0.1	7
Lätta lastbilar	1.3	0.0	1
Tunga Lastbilar	5.6	0.1	5
Bussar	0.5	0.0	1
Vägslitage		2.1	

4.2 Utsläpp från stora arbetsmaskiner

Energimängden som angavs i Arbetsmaskinsmodellens basprognos (Naturvårdsverket 2015) delades upp med avseende på motorklass (sju steg; Steg 0-II, Steg IIIA-B, Steg IV-V) och i två huvudsektorer; lantbruk (jord- och skogsbruk) och byggindustri (inkluderar mobila maskiner inom all industri). Denna indelning gjordes för både antal och energimängd för åren 2015- 2030. Arbetsmaskinsmodellen innehåller i dagsläget enbart prognoser för diesel, och all grunddata utgår ifrån att hela maskinparken använder 100 % diesel. Genom att använda data över energibehov och åldersfördelning av maskinparken från Arbetsmaskinsmodellen och emissionsfaktorer från Amann et al., (2014) kunde vi räkna ut utsläpp år 2030 för basprognosen för arbetsmaskiner, Tabell 2.

Tabell 2: Sveriges utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och CO₂ från stora arbetsmaskiner år 2030 i basprognosen (Naturvårdsverket 2015 & Amann et al., 2014).

Utsläpp	NO _x	PM _{2,5}	CO ₂
Enhet	tusen ton	tusen ton	miljoner ton
Totalt	5.48	0.39	2.5
<i>Varav:</i>			
Lantbruk	0.65	0.04	0.7
Byggindustri	4.83	0.35	1.8

4.3 Utsläpp från småskalig vedeldning

Beräkningar av utsläpp från småskalig vedeldning baseras på en basprognos från Boverket (2016) som anger data över antal pannor och eldstäder samt energibehov fram till år 2025. Denna rapporters basprognos är avseende energibehov och antal enheter samma som Boverkets (2016) basprognos. I basprognosen extrapolerades antal pannor och eldstäder samt energibehov från Boverket (2016) till år 2030 och därefter kategoriserades data om till GAINS-modellformat. Kategoriseringen krävde antaganden och anpassningar, då GAINS-modellens indelning inte är direkt anpassad till ekodesigndirektivet (Cofala & Klimont, 2012). Vidare finns det utsläppsreningstekniker i GAINS som inte finns i Boverkets rapport. Dessutom delar GAINS-modellen upp småskalig vedeldning i sektorerna hushåll, service och övrigt. I vår analys delade vi därför upp Boverkets data i dessa sektorer (hushåll, service och övrigt) enligt den uppdelning som gällde för motsvarande data i vårt underlag (Amann et al., 2014).

Nedan (Tabell 3 & Tabell 4) redovisar vi de data från Boverket (2016) och de extrapolerade data som använts till basprognosen för småskalig vedeldning i denna analys.

Tabell 3: Antal vedpannor, pelletspannor och lokala eldstäder i Sverige år 2013 – 2030 i basprognosen (Boverkets 2016 fram till 2025). De kursiva värdena för år 2030 representerar egen extrapolering.

Enhetsstyp	2013	2017	2020	2022	2025	2030
Vedpanna ej BBR ¹	120 688	102 506	90 960	83 580	73 946	<i>54 437</i>
Vedpanna BBR gammal ²	98 744	83 868	74 201	68 384	60 502	<i>44 533</i>
Vedpanna BBR ³	0	6 818	9 832	9 832	9 832	<i>9 832</i>
Vedpanna Ekodesign ⁴	0	0	1 417	4 083	7 696	<i>13 955</i>
Pelletspanna ej BBR ¹	7 920	6 915	6 247	5 837	5 273	<i>4 168</i>
Pelletspanna BBR ³	124 076	125 081	125 534	125 534	125 534	<i>125 534</i>
Pelletspanna Ekodesign ⁴	0	0	215	625	1 189	<i>2 160</i>
Lokaleldstad ej BBR ¹	161 880	160 803	160 001	159 468	158 672	<i>157 335</i>
Lokaleldstad BBR ³	485 640	546 592	597 276	615 194	615 194	<i>615 194</i>
Lokaleldstad Ekodesign ⁴	0	0	0	18 456	77 212	<i>169 667</i>

¹Uppfyller inte kraven enligt Boverkets Byggregler (BBR)

²Uppfyller kraven enligt gamla BBR

³Uppfyller kraven enligt nuvarande BBR

⁴Uppfyller krav enligt kommande EU ecodesign-direktiv (Direktiv 2009/125/EG)

Tabell 4: Energianvändning i vedpannor, pelletspannor och lokala eldstäder år 2013 – 2030 i basprognosen (Boverkets 2016 fram till 2025). De kursiva värdena för år 2030 representerar egen extrapolering.

Enhetsstyp	2013	2017	2020	2022	2025	2030
Vedpanna ej BBR ¹	2.54	2.16	1.91	1.76	1.56	<i>1.15</i>
Vedpanna BBR gammal ²	2.08	1.77	1.56	1.44	1.27	<i>0.93</i>
Vedpanna BBR ³	0	0.14	0.21	0.21	0.21	<i>0.21</i>
Vedpanna Ekodesign ⁴	0	0	0.03	0.09	0.16	<i>0.29</i>
Pelletspanna ej BBR ¹	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	<i>0.09</i>
Pelletspanna BBR ³	2.8	2.82	2.83	2.83	2.83	<i>2.83</i>
Pelletspanna Ekodesign ⁴	0	0	0	0.01	0.03	<i>0.06</i>
Lokaleldstad ej BBR ¹	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	<i>0.84</i>
Lokaleldstad BBR ³	2.6	2.93	3.2	3.29	3.29	<i>3.29</i>
Lokaleldstad Ekodesign ⁴	0	0	0	0.1	0.41	<i>0.90</i>

¹Uppfyller inte kraven enligt Boverkets Byggregler (BBR)

²Uppfyller kraven enligt gamla BBR

³Uppfyller kraven enligt nuvarande BBR

⁴Uppfyller krav enligt kommande EU ecodesign-direktiv (Direktiv 2009/125/EG)

Baserat på vår omklassificering av Boverkets kategorier till GAINS-modellens kategorier och de emissionsfaktorer som används i Amann et al. (2014) beräknades utsläppen i basprognosen för år 2030, Tabell 5.

Tabell 5: Utsläpp av NO_x och PM_{2,5} från småskalig vedledning år 2030 i basprognosen.

Utsläpp	NO _x	PM _{2.5}
Enhet	tusen ton	tusen ton
Basprognos	2.3	3.21
<i>Varav:</i>		
Hushåll	0.86	1.92
Service	0.62	0.42
Övriga	0.82	0.87

5 Åtgärder för att minska utsläpp

I detta uppdrag analyserades följande åtgärder med avseende på för varje åtgärd listade effekter:

Vägtransport:

1. Ökad kvotplikt biodrivmedel för vägtransporter
 - a. Påverkan på utsläpp av NO_x, PM_{2,5}, CO₂ och bränslekostnader
2. Bonus-malus-differentierad registreringskatt för personbilar
 - a. Påverkan på utsläpp av NO_x, PM_{2,5}, CO, NMVOC, CO₂
 - b. Jämförelse av premienivåer med åtgärds kostnader för utsläppsminskning och elfordon
3. Premie för lågutsläppande lastbil/buss
 - a. Påverkan på utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och åtgärds kostnader för utsläppsminskning
4. Analys av luftförorenings effekten av Trafikverkets klimatscenario
 - a. Påverkan på utsläpp av NO_x, PM_{2,5}, CO₂

Arbetsmaskiner:

5. Arbetsmaskinpremie för inhandling av lågutsläppande arbetsmaskiner
 - a. Påverkan på utsläpp av NO_x, PM_{2,5}, CO₂ och åtgärds kostnader för utsläppsminskning

Småskalig vedledning

6. Tidigareläggande av EU:s ekodesignkrav (Direktiv 2009/125/EG) för pannor och kaminer från 2020 resp. 2022 till 2017 resp. 2018.
 - a. Påverkan på utsläpp av PM_{2,5} och åtgärds kostnader för utsläppsminskning
7. Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller EU:s ekodesignkrav
 - a. Påverkan på utsläpp av PM_{2,5} och åtgärds kostnader för utsläppsminskning
8. Skrotningspremie för pannor/kaminer med dåliga miljöegenskaper
 - a. Påverkan på utsläpp av PM_{2,5}

5.1 Resultat från åtgärdsanalysen

Nedan presenterar vi varje åtgärd för sig, hur vi genomfört analysen, och effekten av åtgärden på utsläpp och kostnader för utsläppsrening.

5.1.1 Kvotplikt biodrivmedel för vägtransport (1)

Åtgärden "Ökad kvotplikt biodrivmedel för vägtransport" (Kvotplikt) analyserades med avseende på påverkan på CO₂-utsläpp, men även med hänsyn till NO_x och PM_{2.5}. Denna åtgärd jämför två scenarier: Basprognosen och "Åtgärd kvotplikt". I Basprognosen används 14 TWh förnybara biodrivmedel och i Åtgärd kvotplikt används 25 TWh år 2030.

5.1.1.1 Metod och beräkningsförutsättningar

Åtgärden analyserades genom att vi utgick från den totala biodrivmedelsmängden i basprognosen (14 TWh år 2030) och höjde denna till 25 TWh år 2030. Denna höjning motsvarar en höjning med 1 TWh per år från 2019, då vi antar att åtgärden införs, till 2030. För varje bränsle skedde höjningen proportionellt med hänsyn till hur mycket förnyelsebar bensin (etanol), diesel och gas som används i basprognosen. En ny nivå av CO₂-utsläpp från vägtransport räknades sedan fram. Vid beräkning av CO₂-utsläpp antogs i denna analys att biodrivmedel har noll utsläpp av växthusgaser. CO₂-utsläppsfaktorer för fossila bränslen antogs vara samma som i Amann et al. (2014), Tabell 6.

Tabell 6: CO₂-emissionsfaktorer för fossila bränslen

Bränsle	tusen ton CO ₂ /PetaJoule bränsle
Gas	55.8
Bensin	68.6
Diesel	73.4

Åtgärdskostnaden beräknades som merkostnad för drivmedel givet dagens prisenivåer. Kostnadsunderlag kom från Börjesson m.fl. (2013) och SPBI.se (för 2015). Åtgärdskostnaden beräknades som prisskillnaden mellan fossilbränsle och förnyelsebart drivmedel multiplicerat med mängd biodrivmedel i de två scenarierna (Basprognos och Åtgärd Kvotplikt). Skillnad i totalkostnad mellan de två scenarierna var åtgärdskostnad för Åtgärd Kvotplikt.

Tabell 7 visar kostnader som användes i denna åtgärd för fossila och förnyelsebara bränslen.

Tabell 7: Litteraturvärden för kostnader för fossila och förnyelsebara bränslen, exkl. skatter, avgifter och moms.

Bränslen	Fossilbränsle (SEK/liter)	Biodrivmedel (SEK/liter bensinekvivalenter)		
		Låg	Medel	Hög
Gas	6	7	8	9
Bensin	5	7	9	10
Diesel	5	11	11	11

Viktigaste antaganden

De viktigaste antaganden som gjordes i denna åtgärdsanalys var följande:

- Ökad användning av biodrivmedel leder inte till priseffekter,
- Den prisinformation som finns tillgängligt idag (se Tabell 7) kommer gälla även år 2030,
- Prisskillnader mellan olika biodrivmedel kommer inte leda till ändrad mix av användningen av bensin, diesel, och gas,
- Ökad mängd biodrivmedel kommer inte påverka vilken typ av fordon som köps in eller hur mycket de används,
- Den relativa andelen av biodrivmedel till bensin-, diesel- och gasmotorer i åtgärden motsvarar den relativa andelen av bensin, diesel och gas-förbrukning i basprognosen,

- Beträffande inblandningsbränslen (HVO t.ex.) redovisas inga kostnadsuppskattningar. Istället konstateras att dessa kan användas i höga inblandningar i bensin eller dieselolja utan att modifiera motor eller bränslesystem och torde därför kunna vara konkurrenskraftiga även i de fall där de har något högre produktionskostnader. Detta eftersom inga extra åtgärder behövs för motoranpassning eller distribution.

Känslighetsanalys

Ett alternativt scenario analyserades där, istället för en "bred" uppräknings av andelen förnyelsebart över alla bränslen, enbart bensin från år 2020 har höjt sin andel förnyelsebart (bensinbilar, gas/bensin, Flexifuel E85) så att 25 TWh uppnås år 2030. Övriga bränslen antogs ha en andel biodrivmedel år 2030 motsvarande basprognosen.

5.1.1.2 Resultat och diskussion

Utsläppen av CO₂ från bränsleanvändningen till vägtransporter sjunker från ca 14 till ca 11 miljoner ton. I och med att utsläpp av NO_x och PM_{2,5} regleras enligt Euro-krav bör inte utsläpp av luftföroreningar påverkas nämnvärt av en höjd kvotplikt. Kostnad i form av ökade bränslekostnader kan komma uppgå till en bit över 7 miljarder svenska kronor årligen. Detta motsvarar en åtgärds kostnad på ca 2,5 kronor per kg CO₂-minskning. Kostnaden är känslig för merkostnaden för förnyelsebar diesel, för vilket vi har minst underlag.

Tabell 8: Sveriges utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och CO₂ från vägtransport 2030

Scenario	TOTAL 2030			
	Utsläpp Enhet	NO _x tusen ton	PM _{2,5} tusen ton	CO ₂ miljoner ton
Basprognos		14	2	~14
Åtgärd Kvotplikt		14	2	~11
Effekt av åtgärd		0	0	~ -3

Tabell 9: Åtgärds kostnader för 2030 kopplade till Åtgärd Kvotplikt givet dagens bränslepriser

Åtgärds kostnader för Åtgärd kvotplikt	2030		
	Låg	Medel	Hög
Miljarder kronor	7,1	7,4	7,6
SEK/ton	2495	2586	2645
SEK/kilo	2.5	2.6	2.6

Tabell 10: Åtgärds kostnader per ton CO₂ om Åtgärd Kvotplikt endast påverkar etanolanvändning till dagens priser

Åtgärds kostnader för Åtgärd kvotplikt	2030		
	Låg	Medel	Hög
Miljarder kronor	2,1	4,4	5,6
SEK/ton	734	1 539	1 958
SEK/kilo	0.7	1.5	2.0

Kort diskussion om kvotplikt

Syftet med ett kvotpliktsystem⁴ är att öka den förnybara andelen drivmedel i transportsektorn. Som åtgärd för att klimatanpassa transportsystemet är det troligen ett av de viktigare styrmedlen. Åtgärden är dock i första hand en klimatåtgärd och får antagligen små eller inga effekter på utsläpp av luftföroreningar. I och med att nya generationers motorer släpper ut allt mindre reglerade föroreningar oberoende av drivmedel är det därför möjligt att påverkan på utsläpp av luftföroreningar kan vara liten år 2030.

Luftföroreningseffekterna av en kvotplikt är dock beroende av ett flertal faktorer. I förutsättningarna för arbetet antog vi att ett kvotssystem inte påverkar prisbildningen på drivmedel. Ett ambitiöst kvotpliktsystem, som dessutom premierar biodrivmedel med hög klimatnytta, kommer kanske att få en prispåverkande effekt. Visserligen är åtgärdskostnaden för ligninbaserad bensin (som exempel på biodrivmedel med hög klimatnytta) i dagsläget relativt låg och uppskattad till 1 kr/kg CO₂ (Preem 2016). Vid högre användning av biodrivmedel med högre internationell efterfrågan kommer kanske kostnaden att öka. Det betyder i så fall att priset på drivmedel stiger generellt, vilket gör att kostnaden för vägtransporter också ökar jämfört med ett nollscenario. Ökade kostnader för vägtransporter skulle i sin tur till minska trafikvolym, vilket också minskar utsläppen av luftföroreningar. Detta är en effekt som vi också räknat på i Åtgärden Trafikverkets klimatscenario som följer senare i rapporten. Däremot bör sägas att prisutvecklingen av drivmedel beror på många faktorer. Ett annat scenario är att ökad kvotplikt på biodrivmedel trycker ner priset på olja (man slipper utvinna dyra efterfyndigheter pga lägre efterfrågan), vilket i sin tur skulle leda till lägre transportkostnader.

En annan effekt med ett kvotpliktsystem kan vara att det påverkar val av fordon på kort och medellång sikt. Ett kvotpliktsystem som är inriktat på att gynna s.k. drop-in-bränslen kan få effekten att det gynnar dagens dieselteknik på bekostnad av t. ex. gasfordon, en effekt som påverkar utsläppen av kväveoxider som idag är betydligt högre från dieslbilar jämfört med andra motortekniker. Först från 2020 beräknas utsläppen i verklig körning från nyinköpta dieseldrivna personbilar vara nere på acceptabla nivåer. Då fordon används mer än 10 år kommer effekten på NO_x-utsläpp av en åtgärd som eventuellt ökar inköp av dieselfordon för perioden fram till 2020 finnas kvar 2030.

Beträffande åtgärdskostnad för ett kvotpliktsystem är den intressant ur ett samhällsekonomiskt perspektiv i jämförelse med andra åtgärder. Ur ett statsfinansiellt perspektiv är den dock annorlunda då den inte belastar statskassan. I stället betalas kostnaden för att kvotera in en högre andel biodrivmedel av brukarna, dvs bilister, åkerier med flera via en högre kostnad för köpt drivmedel.

5.1.2 Bonus-malus-differentierad registreringskatt för personbilar (2)

Åtgärden "Bonus-malus-differentierad registreringskatt för personbilar" (Bonus-malus) har analyserats med avseende på utsläpp av NO_x, PM_{2,5}, CO, NMVOC och CO₂ av att Bonus-malus införs år 2018.

Effekten på fordonsflottan av ett hypotetiskt Bonus-malus-system analyserades genom att använda skattade effekter av ett Bonus-malus-system inom EU från EU-studien DYNAMIX (Ekvall m.fl., 2016). Dock är denna effekt i DYNAMIX inte kopplad till de av Miljömålsberednings-sekretariatet angivna förslagen på Bonus-nivåer. I analysen har vi diskuterat om föreslagen bonus-nivå kan tänkas ge en effekt som leder till ökad användning av elbilar.

⁴ Ett kvotpliktsystem bygger på att staten i specifikationer hur stor andel av den totala bränsleanvändningen som ska utgöras av förnyelsebara bränslen.

5.1.2.1 Metod och beräkningsförutsättningar

Analysen är baserad på tidigare studier. Fokus var på ett Bonus-malus-system som leder till ökad användning av laddhybrider och elbilar och därmed ger effekt på luftföroreningar. Åtgärden är specificerad så att Bonus-malus leder till kraftigt ökade inköp av elfordon i jämförelse med basprognos: nästan 20 % av fordonsflottan är rena elfordon år 2030, och 20 % är laddhybrider (Ekvall m.fl. 2016). Åtgärdens implementeringsår är 2018-2030. I Tabell 11 nedan redovisas förändringen år 2030 och 2050 i EU relativt år 2013 för ett scenario med Bonus-malus och ett utan.

Tabell 11: Potentiell effekt på bilinköp av Bonus-malus relativt år 2013 enligt studien DYNAMIX (Ekvall m.fl., 2016)

DYNAMIX (Ekvall m.fl., 2016)	Utan Bonus-malus		Med Bonus malus	
	2030	2050	2030	2050
Bilförsäljning	-5%	-10%	-5%	-10%
Andel batterifordon	1%	3%	25%	50%
Andel laddhybridfordon	3%	4%	25%	45%
Andel fordon med vanlig förbränningsmotor	96%	93%	50%	5%
Andel stora bilar	29%	34%	7%	4%
Andel mellanstora bilar	37%	35%	30%	27%
Andel små bilar	3%	31%	63%	69%
Utsläpp ur avgasröret från bilar med vanlig förbränningsmotor (CO ₂ /100 km)	-5%	-10%	-30%	-50%

Viktigaste antaganden

Följande antaganden gjordes för åtgärden Bonus-malus i detta uppdrag:

- Bonus-malus påverkar bränsleeffektivitet hos förbränningsmotorer samt inköp av elbilar och laddhybrider.
- Bonus-malus påverkar inte den relativa åldersfördelningen hos konventionella fordon. Nya fordon fortsätter att köpas in och användas i samma relativa takt som i basprognosen.
- Bonus-malus påverkar inte mixen av bränslen som används i konventionella fordon.

5.1.2.2 Resultat och diskussion

Ett ambitiöst Bonus-malus-system skulle kunna leda till att vägtransporters utsläpp år 2030 minskar för NO_x från ca 14 tusen till ca 11 tusen ton, och från ca 14 till ca 10 miljoner ton för CO₂, Tabell 12. Utsläppen av CO skulle kunna minska med ca 11 tusen ton och utsläppen av NMVOC skulle kunna minska med ca 1 700 ton. Påverkan på utsläpp av PM_{2,5} skulle vara försumbar då dessa främst kommer från vägslitage år 2030.

Tabell 12: Sveriges utsläpp från vägtransport 2030 (kton)

Scenarios	TOTAL 2030					
	Utsläpp	NO _x	PM _{2,5}	CO	NMVOC	CO ₂
	Enhet	tusen ton	tusen ton	tusen ton	tusen ton	miljoner ton
Basprognos		14	2	30	4,4	14
Åtgärd Bonus-malus		11	2	19	2,8	10
Effekt av åtgärd		~-3	~0	-11	-1.7	~-4

Möjlig effekt av tänkta bonus-nivåer

I detta uppdrag ingick även att analysera hur stor effekt som kan tänkas ges av följande bonus-nivåer:

- 45 000 kr för rena elbilar,
- 15 000 kr för laddhybrider,
- 3-årig skattejustering för övriga fordon: Grundbelopp på 360 kr/år i 3 år. Koldioxidbelopp på 30 kr/gram koldioxidutsläpp över 70 g CO₂/km vid blandad körning.

Detta skulle i princip kunna analyseras givet att merkostnader för elbilar och laddhybrider är kända. Problemet är att dessa kostnader minskar mycket snabbt just nu. I sitt underlag till FFF-utredningen (Trafikverket 2014) antog Trafikverket (2012) att merkostnaden för en elbil skulle kunna komma bli ca 45 000 kronor år 2025. Underlaget till Gustafsson (2014) visade på merkostnader vid inköp av elbilar på upp till 200 000 kronor och totala merkostnader på ca 10 000 – 40 000 kronor per år. En jämförelse av inköpspris för de fem mest sålda elbilarna i Sverige med ”närmast jämförbara bil” enligt Skatteverkets definition (Skatteverket 2015) visar att merkostnaden för inköp av elbilar idag (april 2016) ligger mellan ca 90 000 – 150 000 kronor. Prisuppgifterna för bilar är hämtade från Konsumentverkets tjänst www.bilsvar.se. Ytterligare tecken på snabb prisminskning ges av Bloomberg News (2016) som prognosticerar att den totala merkostnaden för elbilar kommer vara noll någonstans mellan år 2022 och 2028.

Åtgärdsscenario vi räknat på förutsätter att ca 1 miljon extra elbilar och en miljon extra laddhybridbilar sätts i trafik till år 2030. Detta skulle kräva en total bonus-utbetalning på ca 45 miljarder kronor över en period på 12 år för bara elbilar och 15 miljarder för laddhybridbilar. Hur stor kostnad som skulle behövas utöver detta är oklart enligt ovanstående resonemang.

Kort diskussion om Bonus-malus

Bonus-malus-system kan utformas på olika sätt. Det främsta syftet som brukar lyftas fram är att minska bränsleförbrukningen hos nysålda bilar. Ur luftföreningssynpunkt är det viktigt i vilken utsträckning ett system är inriktat på att påverka inköpen av eldrivna fordon kontra att ytterligare stimulera bränslesnåla fordon och motorer med konventionella tekniker som diesel. För att minska utsläppen av luftföreningar behövs en tydlig inriktning på att stimulera inköpen av eldrivna fordon. I annat fall kan utvecklingen mot mer dieselbilar i stället förstärkas som en konsekvens av Bonus-malus, något som i dagsläget inte är gynnsamt ur luftföreningssynpunkt.

Rätt utformat är bonus-malus ett verkningfullt styrmedel för att påverka nybilsinköp. Det scenario gällande försäljningsandelen el- och laddbilar 2030 som beräkningarna bygger på är dock att betrakta som mycket optimistisk och i linje med den prognos som ligger till grund för Trafikverkets (2014) beräkningar i klimatscenariot. Visserligen finns det lovande trender och merkostnaden för elfordon sjunker snabbt. Å andra sidan visar en sammanställning att progressiva länder räknar med en andel el- och laddfordon i nybilsförsäljningen på 10 – 15 procent år 2025. Bloomberg (2016) gör å sin sida en bedömning om 35 procent global markandsandel för nybilsförsäljningen av el- och laddfordon till 2040.

För att utsläppsnivåerna enligt Åtgärd Bonus-malus ska kunna uppfyllas är det därför troligt att bonus-malus som ensamt styrmedel inte kommer vara tillräckligt. Sannolikt behövs en kombination av styrmedel. Ett av de viktigare, som också behöver förändras, är förmånsbilsbeskattningen. Över 50 procent av nybilsförsäljningen är idag förmåns- eller tjänstebilar och påverkas av regelverket för förmånsbilar. Idag är dessutom de flesta förmånsbilar som säljs dieselbilar. För att kraftigt styra om nybilsförsäljningen mot eldrivna fordon skulle därför förmånsbilsystemet behöva göras om. Till exempel skulle man kunna tänka sig att förmånsbilsystemet endast omfattar el- och laddhybridbilar.

Angående prisutveckling på elfordon är den svenska marknaden för liten för att påverka den internationella utvecklingen i någon större omfattning. I Sverige är vi alltså beroende av vad som sker internationellt, och svenska styrmedel som gynnar inköp av elfordon har därför som primär effekt att vi kan sänka utsläppen i Sverige. Ju fler länder som inför styrmedel som gynnar elfordon, ju större blir påverkan internationellt, och man ska heller inte underskatta det internationella behovet av positiva exempel på åtgärder för att minska utsläpp.

5.1.3 Premie för lågutsläppande lastbil/buss (3)

Åtgärden "Premie för lågutsläppande lastbil/buss" (Premie lastbil & buss) analyserades med avseende på påverkan på utsläpp av NO_x och PM_{2,5} samt åtgärdskostnader för utsläppsminskning.

5.1.3.1 Metod och beräkningsförutsättningar

Analysen av åtgärden Premie lastbil & buss består utav ett "what-if" scenari,o i vilket vi beräknade utsläppen från en fordonsflotta som är yngre än den i basprognosen och därmed har högre kostnader för utsläppsrening. I denna analys skulle en premie leda till att andelen nya fordon i fordonsflottan ökar. För lastbilar ökar mängden av nyaste reningsklass från 87 % i basprognos till 96 %, för bussar ökar mängden från 98 % till 100 %. Detta motsvarar en ökning med ca 10 000 lastbilar och 230 bussar. Åtgärden implementeras under perioden: 2018-2030. Åtgärden innebär att äldre fordon skrotas och ersätts med nya, som antas köra lika långt som de som skrotas. Beräkningar för åtgärden utgår ifrån Euroklassindelningen. Antagandet är att alla fordon som är äldre än 15 år 2030 är borta från flottan, dvs. Euroklasserna 0-V. Detta leder till en omfördelning mellan de två kvarvarande Euroklasserna VI och VII, som baseras på deras relativa fördelning i basprognosen år 2030. Dessa antaganden leder fram till att år 2030 är andelen Euro VI 6 % (basprognosen: 6 %), Euro VII 94 % (basprognosen 89 %) och övriga Euroklasser 0 %. Eftersom GAINS-modellen använder samma indelning kan kostnader av skiftningen i flottan beräknas. Åtgärdskostnaden beräknas vara lika med merkostnad för utsläppsrening.

Viktigaste antaganden

Följande antaganden gjordes i denna åtgärdsanalys:

- Åtgärden påverkar endast tunga lastbilar och bussar med dieseldrift.
- Åtgärden påverkar endast åldersfördelningen av fordon, inte det totala transportarbetet eller bränsleförbrukningen.

5.1.3.2 Resultat och diskussion

En föryngring av lastbilar och bussar skulle främst leda till en minskning av NO_x-utsläppen. Utsläppen av PM_{2,5} påverkas inte nämnvärt då större delen av utsläppen kommer från slitagartiklar.

Tabell 13: Utsläpp vägtransport i basprognos vs. Premie Lastbil & buss, 2030

Scenarios	TOTAL 2030	
	Utsläpp	PM _{2,5}
	Enhet	tusen ton
Basprognos		14
Åtgärd Premie lastbil & buss		11
Effekt av åtgärd		~ -3

Tabell 14: Årliga kostnader för utsläppsrening kopplat till Premie Lastbil & buss, 2030

Årliga kostnader för utsläppsrening 2030		
Basprognos (miljoner kronor/år)	~3164	
Åtgärd Premie lastbil & buss (miljoner kronor / år)	~3230	
Total merkostnad för utsläppsrening (miljoner kronor / år)		67

Baserat på att denna merkostnad orsakas av att ca 10 000 lastbilar och 200 bussar blir av renaste fordonsklass skulle dessa 67 miljoner om året motsvara en användarpremie på ca 6 500 kronor per fordon och år. Denna kostnad är förstas mycket osäker. Och vilken investeringspremie som skulle motsvara en årlig merkostnad på 6 500 kronor per fordon har vi inte skattat.

Kort diskussion om Premie Lastbil & buss

Marknadssituationen för bussar och lastbilar skiljer sig åt. En stor andel av de bussar som idag trafikerar städer och regioner går i samhällsfinansierad linjetrafik och omfattas därför av upphandlingskrav från trafikmyndigheter. Här har också miljökrav vid upphandlingar varit standard under ett antal år. Detta gör att bussar generellt idag har en högre andel nya fordon jämfört med lastbilar. Detta syns också i de beräkningar som gjorts där potentialen för nyare bussar tack vare premie är betydligt mindre jämfört med lastbilar. Detta gör att en premie ger störst effekt för lastbilar tvärt emot dagens politik, där man föreslagit en premie bara för bussar.

För att kunna säkerställa de positiva effekter som beräknas behöver ett system med inköpspremie för tunga fordon troligen förstärkas genom att det samordnas med exempelvis existerande miljözonkrav i städer som ställer miljökrav på vilka fordon som tillåts trafikera vägar inom zonen. Också en eventuell kilometerskatt för tunga fordon är ett viktigt komplement till en inköpspremie och behöver vara tydligt miljödifferentierad utifrån exempelvis Euroklass för att ge ett tydligt incitament att byta till en bättre Euroklass.

Åtgärden kan i kombination med andra styrmedel innebära en förtida försäljning och/eller skrotning av fordon och därmed högre kostnader för fordonsägaren. Denna kostnad har vi inte kunnat skatta inom ramen för detta uppdrag.

5.1.4 Analys av luftföroreningseffekten av Trafikverkets klimatscenario (4)

Åtgärden ”Analys av luftföroreningseffekten vid Trafikverkets klimatscenario” (Trafikverkets klimatscenario) analyserades med avseende på utsläpp av PM_{2,5} och NO_x.

5.1.4.1 Metod och beräkningsförutsättningar

Trafikverkets (2014) klimatscenario användes som grund för att studera denna åtgärd. Scenariot utgår ifrån ett antal olika åtgärder i samhället som skulle påverka vägtrafiken, och beräkningarna utgår från påverkan på själva trafikarbetet (Gfkm⁵/år). Den procentuella effekten av genomförda åtgärder finns framtagna för åren 2020-2050. Dessa åtgärders effekter på trafikarbetet till år 2030 visas i tabellen nedan:

⁵ Gfkm = Gigafordonskilometrar

Tabell 15: Åtgärder i Trafikverkets klimatscenario, 2030.

Åtgärd i Trafikverket (2014)	Procentuell påverkan på trafikarbetet: Lätta fordon	Procentuell påverkan på trafikarbetet: Tunga fordon
Hållbar stadsplanering, inklusive infrastruktur för gång och cykel	-10%	-
Trängselskatt, parkeringspolicy och avgifter	-3%	-
Trafikledning och trafikinformation	-0,3%	-0,3%
Bilpooler och biluthyrning	-3%	-
Samåkning	0%	-
E-handel	-3%	-
Resfritt	-4%	-
Förbättrad kollektivtrafik (residualeffekt från fördubblingsmålet)	-8%	-
Förändrade hastighetsgränser (effekter på trafik)	-3%	
Samordnade godstransporter i staden	-	-3%
Ruttopptimering och ökad fyllnadsgrad godstransporter	-	-9%
Längre och tyngre lastbilar	-	-4%
Bättre utnyttjande av andra trafikslag	-	-13%
Totalt	-30%	-26%

Trafikarbetet i Trafikverkets klimatscenario omräknades till energiförbrukning (TWh) och justerades samtidigt för att stämma med den officiella klimatrapporteringen. Trafikarbete efter åtgärder och energiförbrukning utan åtgärder är inte angivna av Trafikverket vilket ger en viss svårighet i jämförelse med basprognosen (som baseras på data från HBEFA). Beräkningarna av båda måtten är nödvändiga i detta fall då vi beräknar både avgaser och slitagepartiklar.

Trafikverket (2014) har dessutom två alternativ av klimatscenarier av åtgärder - med och utan elektrifiering. I det scenario som har elektrifiering utgör elförbrukningen ca 12% av de totala energiförbrukningen. Trafikverket (2014) har också räknat in en kraftig energieffektivisering i utförandet (kWh/km) till följd av elektrifieringen till år 2030. Bränslefördelningen inom fordonsslagen finns också angiven i Trafikverket (2014) efter åtgärd.

För beräkningarna i denna åtgärd har vi valt att använda HBEFA:s data för basprognosen och Trafikverkets (2014) data i åtgärdsscenario (inklusive elektrifiering).

Denna åtgärd baseras på skillnader i vägtransportbehov mellan vår basprognos och Trafikverkets (2014) klimatscenario, i vilken användning av fordonsbränsle år 2030 sjunker från ca 67 TWh till ca 34 TWh samtidigt som bibränsle och elfordon introduceras. Dessutom minskas transportarbetet för de flesta fordonstyper.

Viktigaste antaganden

Antaganden som gjordes i denna åtgärd är följande:

- Åtgärden leder till ändring av transportarbete, energieffektivitet, och totalt bränslebehov.
- Efter införande av åtgärden är åldersfördelningen av den återstående fordonsflottan samma som åldersfördelningen innan åtgärden, men med färre antal fordon.
- Åtgärden leder inte till ändring av den relativa mixen av bränslen (bensin, diesel, gas).
- Åtgärden leder till ökad mängd elfordon.

5.1.4.2 Resultat och diskussion

Trafikverkets klimatscenario skulle, om det blev förverkligat, kunna minska utsläppen från förbränning av drivmedel och från slitagepartiklar med ca 11 miljoner ton CO₂, nio tusen ton NO_x och fem hundra ton PM_{2,5}.

Tabell 16: Utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och CO₂ för Basprognos vs.Trafikverkets klimatscenario.

Scenarios	TOTAL 2030			
	Utsläpp	NO _x	PM _{2,5}	CO ₂
Enhet	tusen ton	tusen ton	miljoner ton	
Basprognos	14	2	14	
Åtgärd Trafikverkets klimatscenario	5	1,5	3	
Effekt av åtgärd	~ -9	~ -0,5	~ -11	

Kort diskussion om Trafikverkets klimatscenario

Trafikverkets klimatscenario är det mest heltäckande av de förslag/åtgärder som beräknats. För att nå 80 procents minskning av fossilt bränsle i vägtransportsektorn till år 2030 krävs också genomgripande förändringar och en kombination av styrmedel. Bland annat är en förutsättning en absolut minskning av trafikarbetet genom styrmedel och samhällsplanering. Dessutom krävs en tydligare styrning mot nya energisnåla fordon, elektrifiering och biodrivmedel.

Beräkningarna av effekterna på luftföroreningar visar också stora minskningar, vilket visar att när en kombination av styrmedel och åtgärder används kan det få effekt på utsläpp både av luftföroreningar och klimatgaser. Dessutom spelar det naturligtvis in att klimatscenariot förutsätter en ambitionsnivå på åtgärder som gör att det faktiska trafikarbetet minskar.

5.1.5 Arbetsmaskinspremie för inhandling av lågutsläppande arbetsmaskiner (5)

För sektorn Arbetsmaskiner vi analyserades denna åtgärd (Premie för lågutsläppande arbetsmaskiner) med avseende på påverkan på utsläpp av NO_x, PM_{2,5} och CO₂ samt åtgärdskostnader för utsläppsminskning. Vi analyserade denna åtgärd på samma sätt som åtgärden för lastbil och bussar, d.v.s. hur en premie som leder till en förnyring av maskinparken skulle kunna påverka utsläpp och kostnader för användning av reningsteknik (implementeringsperiod 2018-2030). För denna åtgärd gjordes två intressanta känslighetsanalyser.

5.1.5.1 Metod och beräkningsförutsättningar

Analysen av denna åtgärd består utav ett "what-if"-scenario som vi kallar "Åtgärd Premie arbetsmaskiner".

Denna åtgärd utgår ifrån att äldre arbetsmaskiner succesivt byts ut mot nyare, men i en snabbare takt än den "naturliga" som Arbetsmaskinsmodellen grundar sig på. Åtgärden har beräknats i tre versioner: Version 1: Nya maskiner ökar med ca 5-7 %-enheter, halvgamla maskiner minskar; Version 2: Även de äldsta maskinerna tas bort; Version 3: Endast nya maskiner används år 2030.

Version 1 innebär att gamla arbetsmaskiner (utgångna Steg) byts ut mot nya med en hastighet av ca 5%-enheter per år från och med år 2022. Denna snabbare förnyring innebär att det år 2030 endast finns Steg

IV, Steg V och Steg 0- arbetsmaskiner kvar år 2030. Enligt modellen beräknas Steg 0-arbetsmaskiner använda ca 1,5 % av maskinparkens energibehov. Steg IV använder i version 1 6,2 % och Steg V 92,3 %.

I den andra versionen av åtgärden byts kvarvarande Steg 0-maskiner ut mot nya maskiner (Steg V), medan kvarvarande Steg IV-maskiner lämnas konstant. Steg IV använder i denna version 6,2 % och Steg V 93,8 % av maskinparkens energibehov. I den tredje versionen byts även Steg IV ut mot Steg V, dvs. hela maskinparken utgörs av Steg V år 2030. Åtgärdskostnaden räknas som merkostnaden för utsläppsrening.

Viktigaste antaganden

Följande antaganden gjordes för åtgärden Premie för lågutsläppande arbetsmaskiner:

- Åtgärden påverkar bara stora arbetsmaskiner (installerad motoreffekt större än 37 kilowatt).
- Åtgärden leder till ändring av fordonsflottans åldersfördelning.
- Åtgärden påverkar bara dieseldrivna fordon, och leder inte till ändring av alternativa bränslen i stora arbetsmaskiner.
- Åtgärden leder inte till ökad mängd el-drift eller eftermontering av reningsutrustning.

5.1.5.2 Resultat och diskussion

En premie som ger en rimlig påverkan på förnyring av maskinparken skulle kunna minska utsläppen av NO_x med ca 300 ton NO_x. Om premien skulle vara så kraftig att alla gamla maskiner skulle ersättas med nya skulle utsläppen däremot gå ner med ca fyra tusen ton NO_x och 300 ton PM_{2,5}. Om bara nya maskiner skulle användas skulle utsläppsminskningen av NO_x bli något lite högre. Det intressanta med denna känslighetsanalys är att den visar att gamla arbetsmaskiner kommer stå för en betydande del av utsläppen även år 2030. Vi har inte analyserat någon eventuell påverkan på CO₂.

Tabell 17: Utsläpp av NO_x och PM_{2,5} för Basprognos vs. Premie lågutsläpp arbetsmaskiner.

Scenarios	TOTAL 2030		
	Utsläpp	NO _x	PM _{2,5}
	Enhet	tusen ton	tusen ton
Basprognos		5,5	0,4
Åtgärd Premie arbetsmaskiner, Version 1		5,2	0,4
Åtgärd Premie arbetsmaskiner, Version 2		~1,3	0,1
Åtgärd Premie arbetsmaskiner, Version 3		~1,3	0,1
Effekt av åtgärd, Version 1		0,3	0
Effekt av åtgärd, Version 2		4,1	0,3
Effekt av åtgärd, Version 3		4,2	0,3

De uppskattade kostnaderna för denna åtgärd är höga och vi har inom ramen för uppdraget inte hunnit kontrollera indata ordentligt. Därför anger vi bara kostnaderna som ett bästa tillgängliga men mycket osäkert kostnadsunderlag.

Tabell 18: Årliga kostnader för utsläppsrening kopplat till Premie lågutsläpp arbetsmaskiner, 2030

Årliga kostnader för utsläppsrening 2030		
Basprognos (miljoner kronor/år)	~2 900	
Åtgärd Premie lågutsläpp arbetsmaskiner, Version 1 (miljoner kronor / år)	~3 800	
Åtgärd Premie lågutsläpp arbetsmaskiner, Version 2 (miljoner kronor / år)	~4 000	
Åtgärd Premie lågutsläpp arbetsmaskiner, Version 3 (miljoner kronor / år)	~4 100	
Merkostnad för utsläppsrening, Version 1 (miljoner kronor / år)		~9 00
Merkostnad för utsläppsrening, Version 1 (miljoner kronor / år)		~1 100
Merkostnad för utsläppsrening, Version 1 (miljoner kronor / år)		~1 200

Kort diskussion om Premie för arbetsmaskiner

Miljökrav på arbetsmaskiner i Sverige styrs idag till stor del av de gemensamma upphandlingskrav som de största städerna har tillsammans med Trafikverket. I det arbetet är utgångspunkten att det är mer samhällsekonomiskt lönsamt att ha hårdare utsläppskrav i städer jämfört med landsbygd. Det innebär att skärpning av de kraven troligtvis inte kommer få samma effekt på de totala utsläppen av kväveoxider och partiklar som beräknats ovan. Å andra sidan sker utsläppsminskningarna i städer där nyttan är störst.

I den analys som gjorts har dock inte en ökad användning av el- eller gasdrift beräknats. Speciellt elhybridsystem bedöms kunna få en betydande markandsandel framöver inom vissa segment av arbetsmaskinsektorn. Detta kommer kunna ha stor positiv påverkan på utsläpp av luftföroreningar. En sådan utveckling kan med fördel påskyndas av upphandlingskrav i kombination med incitament och bonus.

5.1.6 Tidigareläggande av EU:s ekodesignkrav för pannor och kaminer (6)

Åtgärden "Tidigareläggande av EU:s ekodesignkrav för pannor och kaminer från 2020 resp. 2022 till 2017 resp. 2018" (Tidig ekodesign) har analyserats med avseende på påverkan på utsläpp av PM, samt åtgärds-kostnader för utsläppsminskning av PM. Åtgärden består i att införa ekodesignkrav år 2017 (ved- och pellets pannor) och lokaleldstäder (kaminer) år 2018, istället för som i basprognosen år 2020 och 2022.

5.1.6.1 Metod och beräkningsförutsättningar

De ändringar som Boverket (2016) räknar fram som följd av ett tidigareläggande av ekodesigndirektivet (exkl. skarpare krav på NO_x) beräknas om till ändrad användning av reningsteknik i GAINS-modellen, d.v.s. andelen pannor med höga reningskrav är högre år 2030 i åtgärden än i basprognosen. Merkostnaden för pannor och kaminer har utgjort åtgärds-kostnaden.

Baserat på data från basprognosen definierade vi åtgärden som i Tabell 19.

Tabell 19: Antal enheter och energibehov år 2030 i Basprognos och i åtgärd Tidig ekodesign

Scenarios	Antal 2030		TWh 2030	
	Basprognos	Tidig ekodesign	Basprognos	Tidig ekodesign
Vedpanna ej BBR	54 437	54 437	1.2	1.2
Vedpanna BBR gammal	44 533	44 533	0.9	0.9
Vedpanna BBR nS	9 832	5 217	0.2	0.1
Vedpanna Ekodesign	13 955	19 003	0.3	0.4
Pelletspanna ej BBR	4 168	4 168	0.1	0.1
Pelletspanna BBR	125 534	125 130	2.8	2.8
Pelletspanna Ekodesign	2 160	2 908	0.1	0.1
Lokaleldstad ej BBR	157 335	157 335	0.8	0.8
Lokaleldstad BBR	615 194	531 480	3.3	2.8
Lokaleldstad Ekodesign	169 667	256 590	0.9	1.4

Viktigaste antaganden

Följande antaganden är viktigast för åtgärd Tidigareläggande av EU:s ekodesignkrav för pannor och kaminer i denna rapport:

- Boverkets (2016) prognos över antal pannor och eldstäder fördelas jämnt över delsektorerna, hushåll; service, och övrigt,
- Boverkets (2016) prognos till 2025 över antal pannor och eldstäder samt energibehov förlängs linjärt till år 2030 i enlighet med trender till 2025,
- Åtgärden analyseras avseende åldersfördelning och energianvändning i enlighet med motsvarande åtgärd i Boverket (2016),
- Förbrukad energi per typ av enhet ändras inte till följd denna åtgärd,
- Åtgärden påverkar alltså inte den totala användningen av pannor och kaminer.

5.1.6.2 Resultat och diskussion

Utsläpps- och åtgärds kostnadsanalyser med GAINS-modellen visar att åtgärden till år 2030 varken kommer ge speciellt stor påverkan på utsläpp av PM_{2,5} eller innebära höga åtgärds kostnader.

Tabell 20: Utsläpp av NO_x och PM_{2,5} i Basprognos vs. Tidig ekodesign

Scenarios	Utsläpp Enhet	TOTAL 2030	
		NO _x tusen ton	PM _{2,5} tusen ton
Basprognos		2,3	3,2
Åtgärd Tidig ekodesign		2,3	3,1
Effekt av åtgärd		~0	~ -0,1

Tabell 21: Årliga kostnader för utsläppsrening basprognos vs. Tidig ekodesign

Årliga kostnader för utsläppsrening 2030		
Basprognos (miljoner kronor / år)	~2 295	
Åtgärd Tidig ekodesign (miljoner kronor / år)	~2 336	
Total merkostnad för utsläppsrening (miljoner kronor/år)		42

Merkostnaden för pannor i vår analys på 42 miljoner kronor per år motsvarar i genomsnitt ca 450 kronor per enhet och år. Denna uppskattning ligger mitt emellan den av Boverket (2016) uppskattade kostnaden för tidigareläggande av ekodesigndirektivet, ~340 – 860 kronor per enhet och år.

Kort diskussion om Tidig ekodesign

Tidig ekodesign är enligt våra modellanalyser en åtgärd med relativt liten effekt år 2030. Detta är naturligt då åtgärden är liten och utbytestakten av pannor och eldstäder mycket långsam.

Våra resultat har tyvärr inte kunnat baseras på en exakt koppling mellan Boverkets enheter och den typ av enheter som finns representerade i GAINS-modellen, men då det finns stor osäkerhet i kunskapsläget om utsläpp och åtgärdskostnader för att minska utsläpp från småskalig vedeldning kan ändå våra analyser tjäna som kompletterande resultat till andra studier av ekodesign. De enheter som finns i GAINS-modellen är för flera reningstekniker associerade med lägre utsläpp än de som specificeras för ekodesign i Boverket (2016).

5.1.7 Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller ekodesignkrav (7)

Åtgärden "Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller ekodesignkrav" (Förbud beg.) har analyserats med avseende på påverkan på utsläpp av PM_{2,5} och åtgärdskostnader för utsläppsminskning.

5.1.7.1 Metod och beräkningsförutsättningar

Analysen har skett genom att förnyingshastigheten hos pannor och kaminer höjs som en simulering av att andrahandsmarknaden tas bort och att alla kaminer och pannor som installeras från ett 2017 håller ekodesignkraven. För att kunna göra denna analys har vi antagit att begagnatmarknaden för vedpannor och eldstäder är lika stor som nyinköpsmarknaden men att begagnatmarknaden för pelletspannor är obefintligt. Nyinköpsmarknadens storlek per år för perioden 2017-2030 har vi i Åtgärd Förbud beg. antagit som den genomsnittliga nyinköpsstakten 2020 – 2025 för nyaste typ av vedpanna (1 252/år) och pelletspanna (194/år). För eldstäder använde vi nyinköpstakt år 2017-2025 i åtgärden Tidig ekodesign som underlag (18 490/år).

Resulterande antal pannor och eldstäder samt energibehov syns i Tabell 22.

Tabell 22: Antal enheter och energibehov år 2030 i Basprognos och i åtgärd Förbud beg.

Scenarios	Antal 2030		TWh 2030	
	Basprognos	Förbud beg.	Basprognos	Förbud beg.
Vedpanna ej BBR	54 437	38 164	1.2	0.8
Vedpanna BBR gammal	44 533	44 533	0.9	0.9
Vedpanna BBR nS	9 832	9 832	0.2	0.2
Vedpanna Ekodesign	13 955	30 227	0.3	0.6
Pelletspanna ej BBR	4 168	4 168	0.1	0.1
Pelletspanna BBR	125 534	125 534	2.8	2.8
Pelletspanna Ekodesign	2 160	2 160	0.1	0.1
Lokaleldstad ej BBR	157 335	109 259	0.8	0.6
Lokaleldstad BBR	615 194	422 889	3.3	2.3
Lokaleldstad Ekodesign	169 667	410 048	0.9	2.2

Viktigaste antaganden

Följande antaganden är viktigast för åtgärd Förbud beg. i denna rapport:

- Den totala begagnatmarknaden med pannor och kaminer antas vara lika stor som nyförsäljning av vedpannor och eldstäder, men obefintlig för pelletspannor,
- Boverkets (2016) prognos till 2025 över antal pannor och eldstäder samt energibehov förlängs linjärt till år 2030 i enlighet med trender till 2025,
- Åtgärden påverkar inte det totala antalet pannor och kaminer eller totalt bränslebehov.

Känslighetsanalyser

Då åtgärdens effekt vilar tungt på antagandet om hur stor begagnatmarknaden är i förhållande till nyinköpsmarknaden valde vi att göra två känslighetsanalyser i vilka vi varierade begagnatmarknadens storlek. I känslighetsanalys "Förbud beg låg" antog vi att begagnatmarknaden för vedpannor och eldstäder utgör 25 % av den totala marknaden och i känslighetsanalysen "Förbud beg hög" antog vi att begagnatmarknaden för vedpannor och eldstäder utgör 75 % av den totala marknaden. Resultaten från känslighetsanalysen syns i Tabell 25.

5.1.7.2 Resultat och diskussion

Åtgärd Förbud beg. skulle givet analysens förutsättningar kunna minska utsläppen av PM_{2.5} med ca 600 ton per år till en genomsnittlig utsläppsreningskostnad motsvarande ca 940 kronor per enhet och år.

Tabell 23: Utsläpp av PM_{2.5} i Basprognos vs. Förbud beg

Scenarios	TOTAL 2030	
	Utsläpp	PM _{2.5}
	Enhet	tusen ton
Basprognos		3,2
Åtgärd Förbud Beg.		2,6
Effekt av åtgärd		~ -0,6

Tabell 24: Årliga kostnader i Basprognos vs. Förbud beg

Årliga kostnader för utsläppsrening 2030		
Basprognos (miljoner kronor/år)	~2 295	
Åtgärd Förbud beg. (miljoner kronor/år)	~2 535	
Total merkostnad för utsläppsrening (miljoner kronor/år)		240

Tabell 25: Utsläpp av PM_{2,5} i Basprognos vs. Förbud beg. Låg och Hög

Scenarios	TOTAL 2030	
	Utsläpp Enhet	PM _{2,5} tusen ton
Basprognos		3,2
Åtgärd Förbud Beg. Låg		3,0
Åtgärd Förbud Beg. Hög		1,4

Känslighetsanalysen visar att begagnatmarknadens storlek kommer ha stor betydelse för hur stor påverkan åtgärden "Förbud beg." kan komma ha till år 2030.

5.1.8 Skrotningspremie för pannor/kaminer med dåliga miljöegenskaper (8)

Åtgärd "skrotningspremie för pannor/kaminer med dåliga miljöegenskaper" (Skrotning) har analyserats med avseende på utsläpp av PM_{2,5} och kostnader för utsläppsrening.

5.1.8.1 Metod och beräkningsförutsättningar

Analysen har skett genom att alla pannor och kaminer med sämst miljöegenskaper (ej BBR) fasas ut från och med 2017 och ersätts med nya pannor så att antalet enheter som inte uppfyller BBR-krav är noll år 2030. Detta innebär att utfasningshastigheten mer än fördubblas för åren 2017 till 2030. Detta innebär att antalet enheter och energibehov ändras som i Tabell 26.

Tabell 26: Antal enheter och energibehov år 2030 i Basprognos och i åtgärd Skrotning

Scenarios	Antal 2030		TWh 2030	
	Basprognos	Skrotning	Basprognos	Skrotning
Vedpanna ej BBR	54 437	0	1.2	0.0
Vedpanna BBR gammal	44 533	44 533	0.9	0.9
Vedpanna BBR nS	9 832	9 832	0.2	0.2
Vedpanna Ekodesign	13 955	68 392	0.3	1.4
Pelletspanna ej BBR	4 168	0	0.1	0.0
Pelletspanna BBR	12 5534	125 534	2.8	2.8
Pelletspanna Ekodesign	2 160	6 328	0.1	0.2
Lokaleldstad ej BBR	157 335	0	0.8	0.0
Lokaleldstad BBR	615 194	615 194	3.3	3.3
Lokaleldstad Ekodesign	169 667	327 002	0.9	1.7

Viktigaste antaganden

Följande antaganden är viktigast för åtgärd Skrotning i denna rapport:

- Alla pannor och eldstäder som inte uppfyller BBR-krav har fasats ut till år 2030. Detta innebär en ungefär en fördubbling av den beräknade utfasningshastigheten till år 2030.,
- Boverkets (2016) prognos till 2025 över antal pannor och eldstäder samt energibehov förlängs linjärt till år 2030 i enlighet med trender till 2025,
- Åtgärden påverkar inte det totala antalet pannor och kaminer eller totalt bränslebehov.

5.1.8.2 Resultat och diskussion

Åtgärd skrotning skulle i vår analys vara den åtgärd mot utsläpp från småskalig vedeldning med störst effekt.

Tabell 27: Utsläpp av NO_x och PM_{2,5} i Basprognos vs. Skrotning

Scenarios	TOTAL 2030		
	Utsläpp	NO _x	PM _{2,5}
	Enhet	tusen ton	tusen ton
Basprognos		2,3	3,2
Åtgärd Skrotning		2,3	2,6
Effekt av åtgärd		~0	~ -1,4

Tabell 28: Årliga kostnader basprognos vs. Förbud beg

Årliga kostnader för utsläppsrening 2030		
Basprognos (miljoner kronor/år)	~2 295	
Åtgärd Skrotning (miljoner kronor/år)	~2 825	
Total merkostnad för utsläppsrening (miljoner kronor/år)		530

Åtgärden skulle dock kosta mest, med en genomsnittlig utsläppsreningskostnad motsvarande ca 2460 kronor per enhet och år (~530 miljoner per år / ~216 000 nya enheter år 2030). Kostnaden kommer såklart variera mycket beroende på vilken typ av enhet det gäller. Vilken skrotningsskatt detta skulle motsvara är svårt att avgöra då åtgärden innebär att ~216 000 gamla enheter skulle skrotas. En stor del av dessa enheter har antagligen levt längre än sin ekonomiska livslängd i basprognosen. Bland annat på grund av detta blir det svårt att skatta vilket ekonomiskt incitament som skulle motivera ägarna till dessa enheter att byta till en ny enhet. Som vi har skrivit tidigare är det svårt att avgöra vilken storlek på skrotningsskatt som skulle locka dessa ägare till att köpa en helt ny enhet. Boverket (2016) skattar investeringskostnaden på en ekodesign-vedpanna till ca 65 – 80 000, en ekodesign-pelletsspanna till 90 – 200 000, och en ekodesign-eldstad till ca 20 000 kronor. Detta är den kostnad som skulle möta de som skulle skrota sin enhet i förtid, men vilken skrotningsskatt som skulle motivera dem till att göra det har vi inte underlag att uppskatta.

Kort diskussion om skrotning

Även om den skrotningstakt vi analyserat endast är en dubbling av nuvarande utfasningstakt av gamla enheter är den totala effekten till år 2030 mycket stor. Totalt är det över 200 000 enheter som byts ut under tidsperioden. Som jämförelse kan nämnas att Danmarks totala avsättning för skrotningsskatt skulle räcka till som mest 22 500 enheter (45 miljoner totalt och 2000 kr per enhet)⁶. I jämförelse med våra beräknade (men höga) kostnader på ca 2460 kronor per enhet i genomsnitt (inkl. serviceanläggningar) så skulle en skatt på ca 2000 kronor per enhet antagligen endast räcka till att de

⁶ <http://mfvm.dk/nyheder/nyhed/nyhed/jyderne-skrotter-mest/>

som ändå funderar på att köpa ny panna eller eldstad tidigare lägger sitt beslut något. Men vi kan med vårt underlag endast spekulera kring effekter.

6 Diskussion och slutsats

De samlade resultaten från våra analyser visar att ökad kvotplikt kan leda till minskade utsläpp av växthusgaser men har antagligen inte effekt på utsläpp av luftföroreningar. Bonus-malus kan, om det innebär ökad infasning av elfordon, leda till samverkansfördelar mellan CO₂ och luftföroreningar. Om kostnader för elfordon går ner kan Bonus-malus komma att ha relativt stor effekt på utsläpp. Huruvida storleken på föreslagen nivå på Bonus-malus-systemet kommer leda till dessa potentiella utsläppsminskningar är mycket svårt att prognostisera givet att kostnader för elbilar sjunker snabbt. Premie för lågutsläppande lastbilar och bussar kan minska utsläpp av luftföroreningar, men givet den variant vi analyserat är det oklart hur stor effekten på CO₂ skulle bli. Detta på grund av att eventuell effektivitetsökning riskerar motverkas av ökad motorstorlek. Effekten på utsläpp påverkas mycket av hur stor påverkan av premien blir på äldre fordon. Trafikverkets klimatscenario ger i nuvarande utformning goda samverkansfördelar mellan utsläppsminskningar av luftföroreningar och CO₂, och utsläpp av partiklar påverkas mycket då det totala trafikarbetet på väg minskar enligt åtgärden. En premie för lågutsläppande arbetsmaskiner påverkar inte utsläppen av luftföroreningar så värst mycket om inte premien lyckas fasa ut riktigt gamla fordon, som även år 2030 beräknas stå för en stor del av maskinparkens energibehov år 2030. Ett tidigare läggande av ekodesigndirektivet bör inte ge någon större effekt på utsläpp av luftföroreningar, medan ett förbud mot begagnadhandel och skrotningspremie kan ge större effekt på utsläpp. Effekten av ett förbud mot begagnadhandel påverkas mycket av vilket antagande om begagnadhandelns storlek som görs. Tyvärr saknas i dagsläget kunskap om storleken på denna marknad.

Tillkortakommanden i vår metod och i våra analyser

Då de kostnadsdata vi använt i analysen är relativt begränsad är resultaten från åtgärderna bäst anpassade till relativt marginella åtgärder. Vad som ska räknas som marginella åtgärder går att tvista om, men vår bedömning är att det är åtgärderna "Premie för lågutsläppande lastbil/buss", "Premie för lågutsläppande arbetsmaskiner" och "Tidigare läggande av ekodesign" som bäst kan beskrivas som marginella åtgärder. För övriga åtgärder bör presenterade kostnader för utsläppsminskning tolkas med försiktighet.

I denna rapport har vi i de flesta fall fått fokusera på en enskild analys per åtgärd. I verkligheten är det möjliga utfallet av en åtgärd mycket mer varierande. För att fånga denna variation har vi i möjligaste mån genomfört känslighetsanalyser. För åtgärden "Kvotplikt" analyserade vi effekten av ändrade bränslepriser och för åtgärden "Arbetsmaskinspremie" analyserade vi effekten av olika påverkan på åldersfördelningen. För åtgärd "Förbud mot installation av eldningsutrustning som inte uppfyller ekodesignkrav" analyserade vi effekt på utsläpp av varierande storlek på begagnat-marknaden. Inom ramen för detta projekt gjordes inte fler känslighetsanalyser, men vi anser att följande känslighetsanalyser hade varit viktigast:

- Ett Bonus-malus system med mindre genomslag på användning av elfordon.
- Effekt på bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp av en premie för lastbilar och bussar.
- Förändrad åldersfördelning av vägfordon som följd av FFF-utredningens klimatscenario.
- En alternativ kategorisering av Boverkets uppdelning av pannor och eldstäder i GAINS-format.
- Effekten på utsläppsminskningkostnader av en alternativ storlek på begagnatmarknaden för pannor och eldstäder.

Vidare anser vi att kostnadsberäkningar på totalkostnaden för att ersätta mycket gamla fordon, maskiner, och enheter med nya är en viktig känslighetsanalys.

Vi har tyvärr inte haft möjlighet att analysera eventuella synergieffekter av att införa flera åtgärder samtidigt då våra analysmetoder inte tillåter för detta.

Saknade åtgärder

Vi har i rapporten beräknat effekter av några viktiga styrmedel. För att nå större effekt borde dock även andra åtgärder och styrmedel ha analyserats. De viktigaste av dessa är:

- Reformerat förmånsbilssystem med syfte att tydligare premiera miljöbra bilar och att minska/ta bort dagens stora subvention av bilägande
- Miljöstyrande kilometer-skattesystem för tunga lastbilar. Detta utreds just nu på uppdrag av regeringen, men osäkert hur mycket luftkvalitetsförbättringar som finns med.
- Miljözonssystem i städer för personbilar med syfte att både driva teknikutveckling mot elbilar och att minska luftföroreningar.
- Förändrad eller avskaffat reseavdrag, med syfte att minska på arbetsresor med bil.
- Möjlighet för kommun att beskatta privata parkeringsplatser med syfte att minska arbetsresor med bil.

Sammantaget från dessa analyser drar vi följande mycket övergripande slutsatser:

- Elektrifiering och omställning av transportsystem kan komma ha påtaglig effekt på utsläpp av luftföroreningar.
- En kombination av styrmedel är oftast effektivast.
- Vissa klimatåtgärder (biodrivmedel) kan vara neutrala med avseende på luftföroreningar, Kvotplikt belastar inte stadsbudgeten.
- Nyköpspremiens effekt på utsläpp 2030 påverkas främst av hur många gamla fordon som kommer vara i bruk. Detta kan regleras genom kompletterande styrmedel som tex möjlighete för städer att införa miljözon för personbilar.
- En eventuell nyköpspremiens effekt på utsläpp 2030 påverkas främst av hur många gamla fordon och maskiner som kommer vara i bruk år 2030.
- Samma situation gäller för småskalig vedeldning, där en skrotning av mycket gamla enheter skulle få stor effekt på utsläpp år 2030.

7 Referenser

Litteratur:

Amann, M., et al. (2011). "Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications." *Environmental Modelling & Software* 26: 1489-1501.

Amann, M., et al. (2014). The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP report #11.

Boverkets byggregler (BFS 2011:6, BBR)

Boverket (2016) Småskalig vedeldning- Återrapporteringskrav om tidigareläggande av ekodesign, Rapport 2016:6 Regeringsuppdrag

Börjesson, P., et al. (2013). FFF-utredning underlagsrapport 18: Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel - Underlagsrapport från f3 till utredningen om FossilFri Fordonstrafik.

Cofala, J. and Z. Klimont (2012) Emissions from households and other small combustion sources and their reduction potential, TSAP report #5.

Ekvall, T., et al. (2016) DYNAMIX Deliverable D6.1 - Physical and environmental assessment

Energimyndigheten (2015) Transportsektorns energianvändning 2014, ES 2015:01

Gustafsson, M., et al. (2014). Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts in Sweden 2010.

Jerksjö M. et al. (2015) Non-Road Mobile Machinery Model – Updates 2015, IVL-report C 134

Naturvårdsverket (2015). Historiska och framtida utsläpp av luftföroreningar i Sverige - Trender och analys.

Official Journal (OJ) (2009) Europeiska unionens officiella tidning (2009) EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/125/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för att fastställa krav på ekodesign för energirelaterade produkter, L 285/10

Skatteverket (2015). Skatteverkets allmänna råd om värdering av bilförmån för beskattningsåret 2016. SKV A 2015:27

Trafikverket (2012). PM 2012-06-04, Energieffektivisering fordon, fartyg och flyg samt introduktion av förnybar energi i transportsektorn, underlag för åtgärdsplanering 2012

Trafikverket (2014). Trafikverkets Kunskapsunderlag och Klimatscenario för Energieffektivisering och Begränsad klimatpåverkan, Publikationsnummer: 2014:137

Trafikverket (2016). PM 2016-02-23, Ökande trafik dämpar effekter av energieffektivisering och förnybar energi

Wetterberg, C. et al., 2007. Utsläpp från större dieseldrivna arbetsmaskiner - Inventering, kunskapsuppbyggnad och studier om åtgärder och styrmedel. SLU Rapport 2007: 03.

Muntlig kommunikation:

Veronica Eklund, SCB, muntligt 2016-04-05

Johanna Jansson, Miljömålsberedningen, muntligt 2016-04

Ulf Troeng, Miljömålsberedningen, muntligt 2016-04

Sören Eriksson, Preem, 2016-03

Websidor:

<http://www.miljomal.se/> , utdrag 2016-03-01

www.spbi.se (2016), utdrag 2016-03-20

<http://mfvm.dk/nyheder/nyhed/nyhed/jyderne-skrotter-mest/>), utdrag 2016-04-15

<http://www.hbefa.net/e/index.html> , beskrivning av HBEFA

<http://www.smed.se/> , Svensk MiljöEmissionsData- SMED

<http://www.bilsvar.se/>, utdrag 2016-04-12

Bloomsberg news (2016). <http://www.bloomberg.com/features/2016-ev-oil-crisis/>

Infoga logtyper här



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60,100 31 Stockholm
Tel: 010-7886500 Fax: 010-7886590
www.ivl.se

Statsstöd i EU som möjlighet och hinder för svensk klimatpolitik¹

Mikael Karlsson, Fil Dr, Senior Partner 2050 Consulting, Stockholm

Inledning

EU:s regler om statsstöd har en stark inverkan på den svenska klimatpolitiken. I denna promemoria, som är en underlagsrapport beställd av Miljömålsberedningen, identifieras, beskrivs och analyseras konkreta fall där Sverige ändrat, återkallat eller avstått från klimatpolitiska åtgärder i Sverige till följd av regelverk i EU, med fokus på EU:s statsstödsregler. Fallen är många och ofta komplexa och fleråriga, så i syfte att tydligt illustrera problematiken sker en avgränsning till tre frågor av central betydelse för svensk klimatpolitik. I dessa fall analyseras hur regelkonflikten såg ut, hur EU och framförallt Sverige bedömde frågan i sammanhanget, samt om ordningen och utfallet liksom Sveriges agerande var tillfredsställande ur ett klimatpolitiskt perspektiv. I promemorian diskuteras även om de olika miljöreglerna i EU-fördragen kan legitimera klimatpolitiska åtgärder i Sverige, som antas strida mot statsstödsregler. På denna grund diskuteras tänkbara vägar framåt och beredningens roll. Redovisningen bygger på studier av litteratur och officiella och inofficiella dokument², samt på intervjuer med tidigare statssekreterare och ministrar i olika regeringar, liksom med tjänstemän i regeringskansliet, företagsledare och andra aktörer, främst i Sverige.

Redovisningen fokuserar på statsstödsregler och rör andra EU-regelverk endast i den mån de kopplar till statsstödsfrågorna och kan tänkas påverka svensk klimatpolitik. EU-lagstiftning om allmän marknadsharmonisering (som kan begränsa möjligheten att ställa nationellt högre krav på till exempel utsläpp), liksom regler om beslutsfattande i EU (såsom de olika förslag om så kallad bättre reglering som nu diskuteras) berörs inte.

Promemorian inleds med en redovisning av gällande regelverk. I nästa del redovisas och analyseras tre konkreta fall. Avslutningsvis diskuteras slutsatser och rekommendationer.

Bakgrund och regelverk

I detta avsnitt beskrivs begreppet statsstöd och hur det ringas in av regelverk och riktlinjer i EU, och hur detta relaterar till bland annat EU:s miljö- och energirätt.

¹ Promemorian är i huvudsak författad i oktober 2015, viss uppdatering är gjord våren 2016.

² I vissa statsstödsärenden är dock tillgången på förstahandsmaterial ibland begränsad.

Vad är statsstöd?

Begreppet statsstöd används när en offentlig instans på ett eller annat sätt skapar en fördel åt någon form av verksamhet på marknaden. Ett tydligt exempel är ett statligt bidrag till ett visst företag, om bidraget stärker företagets konkurrenskraft och påverkar handeln mellan länder. Regler om statsstöd finns i såväl Sverige, som inom EU och WTO. I EU, där lagstiftningen på området är väl utvecklad, är utgångspunkten att statsstöd inte tillåts, såvida undantagsregler inte uppfylls.

EU:s statsstödsregler har sitt ursprung i 1952 års kol- och stålgemenskap (artikel 4), men frågan var lågt prioriterad fram till dess att tullunionen trädde i kraft 1968³. Det främsta syftet är att stärka rörligheten, den inre marknaden och konkurrensen i EU⁴. Det finns även en miljöaspekt sedan 1970-talet, som rör principen att förorenaren ska betala för att förebygga miljöskador (polluter pays principle, PPP), utan att få statliga subventioner för detta⁵.

För svensk del gäller EU-reglerna om statsstöd sedan ett år före medlemskapet i EU 1995, när EES-avtalet mellan EFTA och dåvarande EG trädde i kraft 1 januari 1994⁶. Därefter har regelverket om statsstöd flyttats runt i EU-fördragen, men förutom vissa smärre förändringar är kärnan i allt väsentligt densamma. Däremot har EU-kommissionen ofta förändrat riktlinjerna om hur reglerna ska tillämpas, på miljö- och energiområdet senast 2014⁷. Detta har fått stor klimatpolitisk betydelse, särskilt mot bakgrund av hur EU:s energi- och miljöregler utvecklats. Statsstödsreglerna bör därför studeras utifrån en förhållandevis bred rättslig och politisk kontext.

EU:s nuvarande fördragsregler om statsstöd

Idag regleras statsstöd i EU i fördraget om Europeiska unionens funktionssätt (EUF-fördraget, EUFF), i artiklarna 107-109⁸. Förutom lagtexten finns dels en väl utvecklad

³ En historisk översikt ges i Thomas K P (2000) *Competing for capital. Europe and North America in a Global Era*. Washington D. C.: Georgetown University Press. Se även Aydin U och Thomas K P (2012) *The Challenges and Trajectories of EU Competition Policy in the Twenty-first Century. European Integration* 34, 531-574.

⁴ För att visa värdet av reglerna anger regeringen att kommissionen det senaste decenniet fattat 135 beslut om otillåtet statsstöd och krävt återbetalning av 131 miljarder kr i andra EU-länder; se vidare på: <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/naringspolitik/statsstod>.

⁵ Kommissionen gav exempelvis ut miljöriktlinjer rörande statsstöd redan efter FN:s miljökonferens i Stockholm 1972. Se vidare i Jans JH och Vedder HHB (2012) *European Environmental Law. After Lisbon*. 4th Edition. Amsterdam: Europa Law Publishing, kap. 7.

⁶ Agreement on the European Economic Area (1994) *Official Journal of the European Communities* 3.1.94, L1, 3-522. I Sveriges anslutningsfördrag (bilaga IX, 5g-h) finns dock visa undantag för punktskatter i förhållande till det då gällande mineraloljedirektivet, men dessa kom ganska snabbt att avta i betydelse; se vidare i Skattenedsettningskommittén (2003) *Svåra skatter*. SOU 2003:38. Stockholm: Fritzes, sid. 442ff.

⁷ Europeiska Kommissionen (2014) Riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi för 2014-2010 [Sic; rätt är 2020]. *Official Journal* 28.6.2014, C 200, 1-55.

⁸ Europeiska Unionens Råd (2008) *Konsoliderade versioner av fördraget om Europeiska unionen och fördraget om Europeiska unionens funktionssätt*. 6655/1/08. Rev 1. Artiklarna benämndes 87-89 i det tidigare gällande EG-fördraget.

och omfattande domstolspraxis, även rörande miljö och energi, dels riktlinjer från kommissionen, dels rättsvetenskapliga arbeten inom området.

Artikel 107 i EUFF slår fast att ett (i) statligt stöd eller medel som huvudregel är oförenligt med den inre marknaden om det (ii) snedvrider eller hotar att snedvrída konkurrensen genom att (iii) gynna vissa företag eller viss produktion så att (iv) handeln mellan medlemsstater påverkas⁹. Formen för det statliga stödet är inte avgörande, det kan röra sig om såväl direkt som indirekt stöd, exempelvis bidrag, skattenedsättning, subventionerade lån, eller sänkt ränta¹⁰. Det ska understrykas att skrivningen om oförenlighet med inre marknaden inte är en uttrycklig förbudsregel, vilket ger kommissionen rollen att göra avgörande – och inte sällan politiska – bedömningar om regeltillämpningen¹¹.

I artikeln konstateras att stöd som ges av exempelvis social karaktär eller för att avhjälpa naturkatastrofer alltid är förenliga med den inre marknaden, medan stöd för exempelvis viss regional utveckling eller näringslivsutveckling, viktiga projekt av EU-gemensamt intresse, eller främjande av kultur kan anses förenliga med inre marknaden. En öppning finns också för att göra ytterligare undantag. Det är noterbart att miljöskydd inte finns med bland de uttryckliga undantagsmöjligheterna i fördragstexten.

I **artikel 108** åläggs kommissionen att granska alla program i medlemsstaterna som rör statligt stöd enligt punkterna (i-iv) ovan, oavsett om stödet rör privat eller offentlig, kommersiell eller ideell, verksamhet. I bedömningen analyseras bland annat om stödet är förenligt med reglerna i sig, och om det är proportionerligt, till exempel i en avvägning mellan miljöhänsyn och marknadsstörning¹². Kommissionen ska besluta att en medlemsstat ska upphäva eller ändra stöd som anses oförenligt med inre marknaden. Om staten inte rättar sig kan kommissionen ta ärendet till EU-domstolen.

Artikeln ålägger även medlemsstaterna att i god tid underrätta kommissionen om planer på att vidta eller ändra stödåtgärder (anmälningsplikt). Kommissionen har då möjlighet att inleda ett granskningsförfarande under vilket staten inte får genomföra åtgärden (genomförandeförbud). Det är alltså inte bara nytt införande utan även ändring av befintligt statsstöd som begränsas under granskningstiden.

Avslutningsvis ges rådet (**artikel 109**), efter att ha hört Europaparlamentet, rätten att anta förordningar för tillämpningen av artikel 107 och 108, inklusive möjligheten att undanta vissa stöd från delar av kommissionens granskning.

⁹ Se mer om dessa fyra kriterier i exempelvis Indén T (2013) *EU:s statsstödsrätt*. Uppsala: IUSTUS; och Jans & Vedder (2012) a.a.

¹⁰ Se vidare i Jans & Vedder (2012) a.a. s. 319ff.

¹¹ Se även Aydin och Thomas (2012) a.a. om kommissionens centrala roll och starka makt.

¹² Ibid.

Andra relevanta aspekter i EU:s fördrag

PPP antogs i OECD 1972 och utgör en grund för svensk miljöpolitik, i lagstiftning och för ekonomiska styrmedel. Principen har fått en av sina tydligaste formuleringar i EUFF (artikel 191). Innebörden är att en förorenare inte bara ska ansvara för kostnaderna för att förebygga miljöskador (i linje med OECD:s formulering), utan även ska kompensera för skador som uppkommer. Att PPP är stadfast i EU:s fördrag innebär att den har samma principiella tyngd som EU:s statsstödsregler. Att den dessutom är inskriven i flera folkrättsligt bindande miljöavtal¹³ ger den inte mindre tyngd. På statsstödsområdet har principen fått en tillämpning i kommissionens riktlinjer om miljö och energi.

I EUFF finns också grunden för EU:s miljöpolitik, inklusive att unionens miljöpolitik ska ha en hög skyddsnivå (artikel 191). Även om dåvarande EG antog lagar med miljörelevans och miljöhandlingsprogram redan på 1960- och 70-talet, så infördes miljöpolitik i EU:s primärrätt (fördragen) först på 1980-talets mitt¹⁴. Sedan dess har miljöreglerna i EU utvecklats ordentligt, i fördragen men framförallt i den sekundära rätt, oftast i form av direktiv och förordningar. I EUFF finns sedan slutet av 1990-talet artikel 11¹⁵ om att **miljöskydds krav ska integreras** i utformningen och genomförandet av unionens politik och verksamhet på alla områden. Denna integrationsprincip är därmed relevant även vid tillämpningen av statsstödsreglerna.

Förordningar inom området

Reglerna om statsstöd är omfattande, även när det gäller miljö och energi, och det saknas utrymme att här ge en full redovisning¹⁶; redovisningen fokuserar på aspekter som är försvårande, potentiellt försvårande, eller stödjande för svensk klimatpolitik.

Inom ramen för fördragsreglerna om statsstöd har rådet antagit den så kallade **procedurförordningen**¹⁷. Den reglerar kommissionens arbete med att granska befintliga stöd och stödordningar samt anmälningar, liksom förfarandet vid stöd i strid med genomförandeförbudet. Om stöd befins oförenligt med den inre marknaden ska kommissionen besluta att en medlemsstat ska göra allt den kan för att återkräva stödet (artikel 14, p. 1)¹⁸. I lagen (2013:388) om tillämpning av EU:s statsstödsregler finns stöd i Sverige för till exempel återkrav och räntepåslag.

¹³ de Sadeleer N (2002) *Environmental Principles*. New York: Oxford University Press.

¹⁴ Europeiska enhetsakten (1987) *Official Journal* 29.6.87, L 169, 1-29.

¹⁵ Integrationsprincipen infördes i artikel 6 i EG-fördraget i och med Amsterdamfördraget (1997) *Official Journal* 10.11.97, C 340, 1-308.

¹⁶ Aydın & Thomas (2012) a.a. beskriver EU:s konkurrensrätt som "... one of the most challenging [areas] to traverse... a vast policy area... shaped by numerous regulations and notifications, a voluminous case law --- [y]et, fewer policy areas are as central to the operations of the European integration project..." Intervjuerna stödjer detta.

¹⁷ Rådets förordning 659/1999/EG av den 22 mars 1999 om tillämpningsföreskrifter för artikel 108 i fördraget om EUF. *Official Journal* 27.3.1999, L 83, 1.

¹⁸ Se Statsstödsutredningen (2011) *Olagligt statsstöd*. SOU 2011:69. Stockholm: Fritzes.

Rådet har också¹⁹ gett EU-kommissionen mandat att utfärda ytterligare regler och mest central bland dessa är **gruppundantagsförordningen**²⁰. Den reglerar vissa särskilt utpekade områden där statsstöd är undantaget anmälningsplikt och därmed genomförandeförbud. Hit hör även miljöpolitiska komponenter, exempelvis vissa investeringsstöd för att gå längre än EU-normerna, stöd till små och medelstora företag, stöd till investeringar för att främja förnybar energi, inklusive hållbara biobränslen, samt stöd i form av nedsatt miljöskatt. I **de minimisförordningen**²¹ regleras stöd av mindre betydelse (högst 200 000 euros över tre år per mottagare) och villkor för dessa.

EU-kommissionens riktlinjer om statsstöd rörande miljö och energi

Kommissionen har sedan länge utfärdat olika riktlinjer för statsstöd²² som anger hur den avser att agera i regeltillämpningen. Riktlinjerna har närmast karaktären av vad som ibland kallas ”soft law”. Miljöriktlinjer har funnits sedan 1970-talet.

Under 2012 inledde kommissionen ett arbete för att ”modernisera” regelverket för statsstöd, med bland annat fokus på hållbarhet, stärkt genomförande, samt ökad harmonisering av riktlinjerna²³. Inom ramen för arbetet såg kommissionen över miljöriktlinjerna, och breddade dem till att inkludera även energifrågor. Bland annat det senare förslaget²⁴ ledde under 2014 till öppen kritik från Tyskland, Storbritannien, Frankrike med flera länder²⁵, som ansåg att kommissionen på alltför detaljerad nivå begränsade möjligheterna att stödja förnybar energi. Sverige påstås ha såväl gett stöd åt kritiken som välkomnat breddningen till energifrågorna, och Sverige lyfte fram vikten av att medlemsländerna själva ska kunna välja stödinstrument, och att det är för tidigt att helt eller delvis ta bort stödet för både konventionella och avancerade biobränslen²⁶. Kommissionen valde dock att utfärda nya riktlinjer som omfattar både miljö och energi, och som bland annat ger uttryck för en kritisk syn på biodrivmedel²⁷. Riktlinjerna gäller fortfarande och rör bland annat stöd till förnybar energi och nedsättning av miljöskatter.

¹⁹ Rådets förordning 994/98/EG om tillämpning av artiklarna 107 och 108 i EUF-fördraget på vissa slag av övergripande statligt stöd. *Official Journal* 14.5.98, L 142, 1-4.

²⁰ Europeiska kommissionens förordning 651/2014/EU av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget. *Official Journal* 26.6.2014, L 187, 1-78.

²¹ Kommissionens förordning 1998/2006/EG 15 dec 2006 om tillämpningen av artiklarna 87 och 88 i fördraget på stöd av mindre betydelse. *Official Journal* 28.12.2006, L 379, 5.

²² En mer detaljerad redovisning ges inte här, se vidare i Jans & Vedder (2012) a.a.

²³ Europeiska kommissionen (2012). *Modernisering av det statliga stödet i EU*. COM(2012) 209 FINAL.

²⁴ Europeiska kommission (2013) *Utkast till riktlinjer för miljö- och energistöd 2014-2020*. Dokument från GD Konkurrens av den xxx [Sic!].

²⁵ Se Nelsen A (2014) *EU states try to bury energy state aid guidelines*, på EurActiv: <http://www.euractiv.com/energy/eu-states-unite-bid-bury-energy-news-533510>.

²⁶ Se Stockholmsregionens Europakontor (2014) *Riktlinjer för statligt stöd till miljö- och energiskydd 2014 – 2020*, på: <http://www.sll.se/Global/Politik/Politiska-organ/Landstingsstyrelsen/Arbetsutskottet/2014/2014-04-08/europakontorets-bevakn-rapport-februari-2014.pdf>. Jag har dock inte fått del av relaterade svenska originalhandlingar.

²⁷ Europeiska kommissionen (2014) a.a.

Andra EU-regler av betydelse

1992 utfärdades tre direktiv om mineraloljor²⁸ i syfte att harmonisera energiskatter inom EU. **Cirkulationsdirektivet** innehöll bland annat regler om kompetensfördelning mellan EG och dess medlemsstater, samt om skattetekniska aspekter som räckvidd och beräkningsgrunder. **Mineraloljedirektivet** slog med vissa undantag (såsom kommersiella flyg och masugnar) fast en allmän beskattningsskyldighet på fossila bränslen (förutom fossilgas) som användes för uppvärmning eller som motorbränslen. För det senare användningsområdet inkluderades även biobränslen. Därtill gavs medlemsländer rätt att införa olika nedsättningar för exempelvis pilotprojekt och jordbruk, och rådet gav möjlighet att besluta om ytterligare avvikelser²⁹. Det ska understrykas att dessa undantag inte befriade en medlemsstat från kravet att följa statsstödsreglerna. Dessutom gavs kommissionen uppgiften att se över nationella avvikelser, så att sådana inte grundades på exempelvis diskriminerande principer. **Skattesatsdirektivet**, avslutningsvis, satte miniminivåer som låg långt under svenska motsvarigheter.

Mineraloljedirektiven är sedan 2003 ersatta av EU:s **energiskattedirektiv**³⁰, som återspeglas i Sverige i bland annat lagen (1994:1776) om skatt på energi. Som huvudregel slår direktivet fast att energi ska beskattas med åtminstone angivna miniminivåer, och det preciserar villkor för undantag (nedsättning och fullständig eller partiell befrielse), genom differentiering eller återbetalning. Exempelvis får på vissa villkor befrielse eller nedsättning tillåtas för olika former av pilotprojekt och förnybar el (artikel 15, punkt 1a-b), samt för biobränslen (artikel 16, p. 1). För biobränslen gäller dock (artikel 6, p. 3) att anpassning ska ske till råvaruprisutvecklingen så att så kallad ”överkompensation för merkostnaderna” undviks, och en tidsmässig gräns på sex år (som kan förlängas) stipuleras (artikel 16, p. 5). Vidare sätts skattesatserna särskilt lågt för bränslen som används i exempelvis jordbruket. Av ”särskilda politiska hänsyn” får rådet därtill besluta om ytterligare lättnad för sex år i taget, vilket t.ex. för svensk del gäller (t.o.m. 2017) för kommuner med nedsatt energiskatt på el³¹. Liksom för mineraloljedirektiven befriar energiskattedirektivet inte ett medlemsland från skyldigheten att följa statsstödsreglerna, tvärtom understryks detta explicit (artikel 26, p.

²⁸ Rådets direktiv 92/12/EEG av den 25 februari 1992 om allmänna regler för punktskattepliktiga varor och om innehav, flyttning och övervakning av sådana varor. *Official Journal* 23.3.1992, L 76, 1; Rådets direktiv 92/81/EEG av den 19 oktober 1992 om harmonisering av strukturerna för punktskatter på mineraloljor. *Official Journal* 31.10.1992, L 316., 12; samt Rådets direktiv 92/82/EEG av den 19 oktober 1992 om tillnärmning av punktskattesatser för mineraloljor. *Official Journal* 31.10.1992, L 316, 19.

²⁹ Exempelvis beslutades ett hundratal undantag, varav sex gällde Sverige (bl.a. för biogas, miljöklassad diesel, blyfri bensin och industriellt bruk), i Rådets beslut 2001/224/EG av den 12 mars 2001 om nedsättning av punktskattesatser och befrielse från punktskatter för vissa mineraloljor som används för särskilda ändamål. *Official Journal* 23.3.2001, L 84, 23. Se vidare i Skattenedsättningskommittén (2003) a.a., 422ff.

³⁰ Direktiv 2003/96/EG av den 27 oktober 2003 om en omstrukturering av gemenskapsramen för beskattning av energiprodukter och elektricitet, det s.k. energi-skattedirektivet. *Official Journal* 31.10.2003, L 283, 5.

³¹ Se även vidare i Utredningen om sektorsneutral och konkurrenskraftig energiskatt på el (2015) *Energiskatt på el – En översyn av det nuvarande systemet*. SOU 2015:87. Stockholm: Fritzes, s. 52ff.

2). Omvänt återspeglas energiskattedirektivet i kommissionens riktlinjer och granskning på statsstödsområdet, vilket har en central betydelse för svensk klimatpolitik.

Direktivet om främjande av energi från förnybara energikällor från 2009³², eller ”**förnybartdirektivet**” som det kallats, slår fast krav på respektive medlemsstat om viss lägsta andel förnybar energi av slutlig energianvändning (brutto). För Sverige är kravet 49 procent år 2020 (bilaga 1; Sverige har dock ett nationellt mål på 50 procent³³), och samtliga nationella bindande krav summeras till minst 20 procent på unionsnivå (artikel 3, p. 1). I samma artikel slås fast att varje medlemsstat till samma år ska se till att andelen förnybar energi för ”alla former av transporter” är minst 10 procent. Det finns en rad tekniska detaljer i direktivet som handlar om beräkningsgrunder; bland annat ska (artikel 21, p. 2) biodrivmedel från avfall, restprodukter, cellulosa och ”icke-livsmedel” dubbelräknas i förhållande till målet för transportsektorn. Det nära kopplade **bränslekvälighetsdirektivet**³⁴ reviderar tidigare lagstiftning om bränslen och ställer krav (artikel 7a) på leverantörer att stegvis, enligt ett detaljerat schema, minska utsläppen av växthusgaser per energienhet under ett bränsles livscykel med upp till (sic!) 10 procent, och minst 6 procent till år 2020. För att få räknas som en del av måluppfyllelsen ska biodrivmedel svara mot en uppsättning ”hållbarhetskriterier” (artikel 7b), inklusive att minskningen av växthusgasutsläpp ska uppgå till minst 35 procent, och att bränsleråvarorna inte får komma från mark som har stort värde för biologisk mångfald. En viktig fråga för Sverige rör regleringen av drivmedel från så kallade livsmedelsgrödor. Vad gäller statsstödsreglerna tar kommissionen när så relevant avstamp i dessa båda direktiv i tillämpningsarbetet. De två direktiven genomförs i Sverige med bland annat ”hållbarhetslagen” och drivmedelslagen³⁵.

Exempel på statsstödsärenden som varit försvårande eller möjliggörande för svensk klimatpolitik

I detta avsnitt utvecklas frågan om hur statsstödsregler i EU genom åren har försvårat svensk miljöpolitik, särskilt på klimatområdet. Som framgår finns även exempel på att regeltillämpningen gett visst stöd för PPP. Redovisningen tar upp fattade beslut samt formella och informella processer som pågår. Information från genomförda intervjuer bidrar till framställningen men lyfts endast undantagsvis fram explicit. Informanterna

³² Europaparlamentets och Rådets Direktiv 2009/28/EG av den 23 april 2009 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG. *Official Journal* 5.6.2009, L 140, 16-62.

³³ Prop 2009/10:128, *Genomförande av direktiv om förnybar energi*; bet. 2009/10:NU18; rskr 2009/10:280.

³⁴ Europaparlamentets och Rådets Direktiv 2009/30/EG av den 23 april 2009 om ändring av direktiv 98/70/EG, vad gäller specifikationer för bensen, diesel och gasoljor och införande av ett system för hur växthusgasutsläpp ska övervakas och minskas, om ändring av rådets direktiv 1999/32/EG, vad gäller specifikationen för bränsle som används av fartyg på inre vattenvägar, och om upphävande av direktiv 93/12/EEG. *Official Journal* 5.6.2009, L 140, 88-113.

³⁵ Lag (2010:598) om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande bränslen, samt drivmedelslagen (2011:319).

gavs nämligen löfte om anonymitet, vilket ofta var en förutsättning för att kunna föra ett uppriktigt samtal. Vidare är inte avsikten att redovisa alla statsstödsfall som påverkar klimatpolitiken; för att skapa förståelse och kunna diskutera åtgärder redovisas istället tre viktiga fall mer utförligt (bilaga A ger en översikt av statsstöd som rör energiskatter).

Fall 1. Energiskatt för energiintensiva företag

I Sverige är energi (såväl el som olika bränslen) beskattat sedan lagen (1957:262) om allmän energiskatt infördes på 1950-talet³⁶. Motivet var då fiskalt men sedan 1970-talets mitt har energihushållning och miljö blivit alltmer centrala frågor. Mot slutet av 1980-talet kom, på förslag av bland annat Miljöavgiftsutredningen³⁷, lagen (1990:582) om skatt på koldioxid. Numera finns de flesta energirelaterade skatter i lagen (1994:1776) om skatt på energi. Beskattningen har bidragit till kraftigt minskade utsläpp i Sverige³⁸.

Miljö- och energiskatterna har dock ändrats vid ett flertal tillfällen de senaste decennierna och skattesatserna är ofta starkt differentierade beroende på energislag, energibärare, energianvändare, regioner och tidsperioder³⁹. Därtill tas vissa skatter ut när energibärare tillförs (olika bränslen), andra när energi omsätts (el). Här redovisas inte alla variationer; fokus ligger på vissa villkor för energiintensiva företag och hur dessa påverkats av statsstödsreglerna. När det gäller skattenivåer är både energiskatten och koldioxidskatten överlag kraftigt nedsatta för bland annat tillverkningsindustrin. Energiskatten på el för delar av industrin sänktes till noll (0) öre den 1 januari 1993, dvs. före EU-medlemskapet, finansierat med höjd koldioxidskatt för hushållen⁴⁰.

Utifrån kommissionens nya riktlinjer 2001 för statligt stöd till miljöskydd⁴¹, och ett beslut från EU-domstolen samma år⁴², inledde kommissionen i juni 2003 ett förfarande mot nollskattenivån. I sitt beslut⁴³ visade kommissionen att det rörde sig om ett statligt stöd, med selektiv skattebefrielse som gynnade vissa företag och som riskerade

³⁶ Före dess fanns, med bred uppslutning i riksdagen, en hushållningsinriktad skatt på bensin (1924:126), vilken breddades till motorsprit 1929 (1927:190); se bl.a. Finansdepartementet (1933) *Betänkande angående ordnandet av avsättningsförhållandena för inom riket tillverkad sprit m. m.* SOU 1933:25. Stockholm: Nord Bokh., samt Liljegren E (1998) *Den stora förvirringen. Partipolitik och bilintressen i riksdagsbehandlingen av bilskatternas (sic!) utformning 1922-1939*. Licentiatuppsats. Ekonomisk-historiska institutionen, Uppsala universitet.

³⁷ Miljöavgiftsutredningen (1989) *Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken*. SOU 1989:83, 84. Stockholm: Allmänna förslaget.

³⁸ Regeringskansliet (2014) *Sveriges sjätte nationalrapport om klimatförändringar*. DS 2014:11. Stockholm: Fritzes.

³⁹ Beskrivningar och resonemang finns i till exempel Utredningen om sektorsneutral och konkurrenskraftig energiskatt på el (2015) a.a., samt Skattenedsättningskommittén (2003) a.a., kap. 13.

⁴⁰ Prop 1991/92:150, *kompletteringsproposition*.

⁴¹ Europeiska kommissionen (2001) *Gemenskapens riktlinjer för statligt stöd till skydd för miljön*. *Official Journal* 3.2.2001, C 37, 3-15.

⁴² EU-domstolen, C-143/99, *Adria-Wien Pipeline GmbH och Wiertersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH mot Finanzlandesdirektion für Kärnten*, REG 2001, s. I-8365. Domen innebar att skattebefrielse för viss näringsgren utgör statsstöd, se vidare Statsstödsutredningen (2011) a.a. s. 127f.

⁴³ Kommissionens beslut av den 30 juni 2004 om stödordning som Sverige genomfört för en befrielse från skatt på energi från den 1 januari 2002 till den 30 juni 2004. *Official Journal* 25.6.2005, L 165, 21-30.

snedvridda konkurrens och påverka handeln. Kommissionen underkände Sveriges och även näringslivets argument om att det exempelvis inte skedde ett skattebortfall i och med förändringen, att tillräcklig miljöstyrningen likväl fanns, och att det krävdes tid för anpassning till skatteförändringar. Kommissionen konstaterade inte minst att Sverige utan invändning hade godtagit de nya riktlinjerna, och den hade knappast svårt att argumentera för att en nollskattenivå innebar att företagen inte betalade en ”betydande del” av den nationella skatten (vilket var en förutsättning för ett eventuellt undantag).

Kommissionens slutsats var att Sverige bröt mot reglerna. Sverige ålades dels att upphäva stödordningen i den mån den ännu hade effekt (Sverige hade nämligen 2004 ändrat reglerna pga. det nya energiskattedirektivet), dels att vidta ”alla åtgärder” som var nödvändiga för att återkräva stödet. Utgångspunkten för återbetalningen beräknades som skillnaden (med ränta) mellan nollnivån och skattenivån på 0,5 euro/MWh (0,5 öre/kWh) i det nya direktivet (miniminivån i energiskattedirektivet ansågs med andra ord ”betydande”). Tidsintervallet för beräkningen sattes från 9/8 2003, dvs. dagen för kommissionens offentliggörande om att inleda ärendet, och 30/6 2004, då de nya energiskattereglerna trädde i kraft. I Sverige konstaterades att 54 000 företag hade omfattats av befrielsen, men att det för alla utom ett sextiotal rörde sig om så små belopp att de omfattades av undantag. Efter förhandlingar mellan Sverige och kommissionen sänktes kravet från cirka 23 miljarder kr till 64 miljoner kr, vilket träffade cirka 30 företag⁴⁴. Historien om nedsättning av energiskatten på el fortsatte efter detta tillfälle (bland annat medgavs nedsättning till energidirektivets nivå för tillverknings- och gruvindustrin⁴⁵), men den frågan utvecklas inte vidare här.

Sammantaget kan jag dra slutsatsen att kommissionen i detta fall delvis agerade i linje med PPP, bland annat i syfte att skapa miljönytta i form av ökad energieffektivisering. Ingen informant har, nu i efterhand, uttryckt förvåning över denna hållning hos kommissionen. Jag kan inte påvisa att ledningen i olika departement räknade med att kommissionen förr eller senare skulle kritisera nollskattenivån, men jag anser att det borde ha varit relativt förutsägbart. Utifrån vad vissa informanter sagt påverkar det dåvarande kravet på återbetalning ännu idag synen på statsstödsreglerna – ingen vill riskera ansvar för beslut som potentiellt kan kosta svenska företag miljardbelopp.

Fall 2: Programmet för effektivare energianvändning i industrin

Med syfte att stärka konkurrenskraften bland de företag som enligt ovan påfördes energiskatt på el, och för att samtidigt förbättra energiprestandan och minska utsläppen, presenterade regeringen 2004 en proposition om ett program för energieffektivisering⁴⁶. Företag som deltog i Programmet för energieffektivisering i energiintensiv industri

⁴⁴ Se vidare i Statsstödsutredningen (2011) a.a. s. 128f, samt i RRV (2013) *Energieffektivisering inom industrin – effekter av statens insatser*. Rapport 2013:8. Stockholm: Riksrevisionen.

⁴⁵ Europeiska kommissionen (2004) *Energiskatt på el som förbrukas av tillverkningsindustrin*. Statligt stöd N 156/2004 – Sverige (förklänning i N596/2005, samt i SA 34276, t.o.m. år 2021).

⁴⁶ Prop 2003/04:170, *Program för energieffektivisering m.m.*; bet. 2004/05:NU7; rskr. 2004/05:90.

(PFE), som följde efter propositionen, kunde under vissa villkor befrias från energiskatt på el. Regeringen ansåg att denna möjlighet till skattenedsättning var förenlig med energiskattedirektivet (artikel 17), men bedömde även att den förutsatte kommissionens godkännande om statsstöd⁴⁷. Sverige gjorde följaktligen en anmälan⁴⁸, vilken kommissionen inom ett halvår godkände⁴⁹ för en period av tio år.

Programmet⁵⁰ visade sig ge positiva effekter bland de runt 100 företag som deltog, däribland minskad elanvändning (cirka 1,5 TWh per år, klart mer än förväntade 0,6 TWh), minskad användning av annan energi, samt lägre energikostnader för företagen (energieffektivisering frigjorde runt 430 miljoner årligen, exklusive nedsatt skatt)⁵¹. En rad av de åtgärder som vidtogs var lönsamma i sig, ofta med kort återbetalningstid, och i regel konventionella och möjliga att genomföra med systematiskt dagligt arbete även i långt fler företag än de som deltog i programmet.

Parallellt med genomförandet av PFE antog kommissionen nya riktlinjer för miljöstöds⁵², vilka trädde i kraft 2008. Enligt regeringen ställde detta krav på att nedsättningar av eller befrielse från miljöskatter måste vara nödvändiga och proportionerliga, och att total skattebefrielse därför inte fick medges efter den 31 december 2012, såvida en skatt inte väsentligt ökade produktionskostnaden för företagen i fråga⁵³. Regeringen gjorde därför i maj 2009 en anmälan till kommissionen om att få fortsätta med PFE även efter 2012. Kommissionen svarade under 2011 att det tidigare godkända systemet får slutföras, om gällande tröskelvärde för stöd av mindre betydelse respekterades. Regeringen drog då tillbaka sin anmälan och gjorde därtill bedömningen, utan uttrycklig motivering, att det saknades förutsättningar för nya programperioder, och föreslog därför att lagen (2004:1196) om program för energieffektivisering borde upphöra att gälla⁵⁴. Detta kritiserades av både energiintensiv industri och miljöorganisationer, med udden riktad mot kommissionen snarare än mot regeringen⁵⁵.

Sammantaget tycker jag det är intressant att kommissionen först tillät den svenska skattenedsättningen, i strid med PPP (nedsättningen subventionerar förorenare att göra en i sig lönsam insats för att förorena mindre), och sedan utfärdade nya riktlinjer som

⁴⁷ Europeiska kommissionen (2001) a.a.

⁴⁸ N 253/2004. Fullständig befrielse från skatten på elektricitet för energiintensiva företag.

⁴⁹ Tillstånd till statligt stöd enligt art 87 och 88 i EG-fördraget. Fall i vilka kommissionen inte gör några invändningar. *Official Journal* 3.6.2005, C 136, 43. Se även Europeiska kommissionen (2004) *Fullständig befrielse från skatten på elektricitet för energiintensiva företag*. Statligt stöd N 253/2004 – Sverige.

⁵⁰ Se vidare i lagen om program för energieffektivisering (2004:1196) och lagen (1994:1776) om skatt på energi.

⁵¹ Energimyndigheten (2011). *Programmet för energieffektivisering. Erfarenheter och resultat efter fem år med PFE*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

⁵² Europeiska kommissionen (2008) Miljöstödsriktlinjer. *Official Journal* 1.4.2008, C 82, 1.

⁵³ Prop 2012/13:9, *Program för energieffektivisering och vissa andra frågor*; bet 2012/13:NU4; rskr 2012/13:30.

⁵⁴ *Ibid.*

⁵⁵ Se exempelvis Skogsindustrierna (2012) *Yttrande över Promemorian Avveckling av program för energieffektivisering*, som efterlyste ett PFE2.0-program, kopplat till den översyn av energiskattedirektivet som då pågick, en process som den nuvarande EU-kommissionen har avslutat.

inte tillät nedsättningen. Med denna ryckighet – trots oförändrade regler i fördraget – är det svårt att bedriva en förutsägbar klimatpolitik. Det anser även flera av dem jag intervjuat. Vissa informanter var likväl förvånade över att regeringen släppte frågan och därmed PFE. Jag saknar stöd för att påstå att regeringens hade andra bevekelsegrunder än statsstödsreglerna för detta, men jag ser inte slutsatsen som given att regeringen skulle ha misslyckats om den framhärdat med att behålla PFE-systemet.

Fall 3: Biodrivmedel och EU-politik

Frågan om biodrivmedel, statsstöd och skatter sträcker sig över flera år och är mångfasetterad. Texten här fokuserar på utvecklingen under senare år.

Mot bakgrund av inriktningen i budgetpropositionen för 2002⁵⁶, att med nedsatt skatt stimulera fortsatt introduktion av ”alternativa” och mer miljöanpassade bränslen anmälde⁵⁷ Sverige 2002 avsikten att sänka skatten för ”koldioxidneutrala drivmedel”⁵⁸. I anmälan söktes stöd för att under fem år (t.o.m. 31 december 2007) generellt befria biodrivmedel – däribland bioetanol och rapsmetylester (låginblandning och i ”ren” form) samt biogas⁵⁹ – från koldioxidskatt. Sverige menade att nedsättningen endast skulle kompensera för merkostnader vid produktionen av biodrivmedel, och att marknadspriset skulle bli detsamma som för konventionella drivmedel. Kommissionen bedömde, utifrån bland annat sina riktlinjer 2001⁶⁰, att nedsättningen var ett statsstöd, men accepterade åtgärden då den svarade mot ett angeläget miljömål, var effektiv och proportionerlig, inte medförde överkompensation, och var förenlig med övrig EU-rätt⁶¹.

Kommissionens godkännande från 2002 modifierades 2004, förlängdes 2006, och ändrades återigen 2010, utifrån nya miljöriktlinjer 2008⁶². I september 2012 anmälde Sverige åter undantag för låginblandning 2013, vilket kommissionen accepterade i januari 2013, efter diverse klagoranden, bland annat att energiskatt skulle börja påföras låginblandad etanol (nedsättningen minskades från 100% till 89%) och FAME (fettisyrametylester, 84% nedsättning)⁶³.

⁵⁶ Prop 2001/02:1, *Budgetproposition för 2002*.

⁵⁷ Se vidare om processen i Europeiska kommissionen (2003) *Punktskattelättnad för koldioxidneutrala drivmedel*. Statligt stöd N 480/2002 – Sverige. C(2003)4071fin.

⁵⁸ Fram till dess togs full energi- och koldioxidskatt ut för alternativa drivmedel, såvida dessa inte var del av pilotprojekt (en fråga som hade sin grund i undantagsmöjligheter i mineraloljedirektivet 92/81/EEG).

⁵⁹ För biogas fanns redan (fram till 2006) ett undantag utifrån mineraloljedirektivet, med full nedsättning av både energi- och koldioxidskatten. Se Rådets beslut 2001/224/EG. *Official Journal* 23.3.2001, L 84, 23.

⁶⁰ Europeiska kommissionen (2001) a.a.

⁶¹ Se vidare om processen i Europeiska kommissionen (2003) *Punktskattelättnad för koldioxidneutrala drivmedel*. Statligt stöd N 480/2002 – Sverige. C(2003)4071fin.

⁶² Se vidare kommissionens beslut rörande ärendena N112/2004, N592/2006, och N539/2010, samt i Community Guidelines on State Aid for Environmental Protection, 2008/C 82/01. Parallellt fanns även andra godkännanden rörande energi, miljö och statligt stöd.

⁶³ Europeiska kommissionen (2013). *Ändringar i det svenska skatteundantaget för biodrivmedel till låginblandning*. Statligt stöd nr SA.35414 (2012/N) – Sverige.

Ungefär vid denna tidpunkt började regeringens planer bli mer svåröverskådliga för marknadens aktörer, enligt flera informanter. Den 17 respektive 23 oktober 2013 gjorde Sverige två ytterligare framställningar, om ändringar i beskattningen av låginblandade biodrivmedel respektive förlängd tillämpning, vilka kommissionen godtog (acceptans för förlängningar fram till 30 april 2014)⁶⁴. Den 29 april 2014 kom Sverige med två nya ansökningar om förlängningar gällande låg- och höginblandning i bensin av bioetanol, låg- och höginblandning av FAME i diesel, samt HVO (hydrogenerad vegetabilisk olja). Kommissionen konstaterade bland annat att ansökan förvisso kom i tid, men att den skattebefrielse som hade tillämpats även efter 30 april 2014 rörde sig om ”olagligt stöd”⁶⁵. Frågan om överkompensation var i sammanhanget central och energiskatterna kom i förlängningen att påverkas. Kommissionen ansåg dock likvärdigt att stödordningarna var förenliga med den inre marknaden; förlängning gavs t.o.m. 31 december 2015.

En förklaring till att frågan om överkompensation blev central var de förändrade oljepriserna på världsmarknaden, vilket medförde att vissa biobaserade drivmedel blev billigare än respektive fossil motsvarighet. Den överkompensation som den nedsatta koldioxidskatten då innebar ansågs inte tillåten. Kommissionen kritiserade därför Sverige som då, 2012, växlade in på linjen att stegvis minska nedsättningen av energiskatt på biodrivmedel. Därefter har kommissionens nya riktlinjer⁶⁶ om statligt stöd för miljöskydd och energi 2014-20 medfört nya komplikationer.

Parallellt med frågan om skattenedsättning har möjligheten att införa en så kallad **kvotplikt** diskuterats. Riksdagen beslutade⁶⁷ hösten 2013 att införa ett kvotpliktsystem, med krav på drivmedelsleverantörer att säkra viss andel biodrivmedel i bensin och diesel, kopplat till en förändrad energibesättning. Regeringen anmälde avsikten till kommissionen⁶⁸, men när riksdagen skulle fatta beslut hade kommissionen ännu inte tagit ställning. Riksdagen lämnade då till regeringen att besluta om när lagen (2013:984) om kvotplikt för biodrivmedel och kopplade förändringar i energiskattelagen skulle träda i kraft. Kommissionen lät dock informellt förstå⁶⁹ att den inte kunde ta ställning i frågan, varför riksdagen hösten 2014 upphävde lagen, innan den trätt i kraft⁷⁰.

Det senaste året har regeringen åter ansökt om förlängning (februari 2015), gjort en ny notifiering (oktober 2015)⁷¹, och samtidigt drivit igenom nationella regler om krav på **anläggningsbesked**⁷². Ett sådant ska visa att det finns ett kontrollsystem som

⁶⁴ Ärendena SA.36973 (2013/N), samt SA. 36974 (2013/N).

⁶⁵ Ärendena SA.38421 (2014/NN); SA.38420.

⁶⁶ Europeiska Kommissionen (2014) a.a.

⁶⁷ Prop 2013/14:1, *Budgetpropositionen för 2014*.

⁶⁸ Ärende SA.36972.

⁶⁹ Se kommentar i t.ex. Prop 2015/16:1, *Budgetpropositionen för 2016*, sid. 266.

⁷⁰ Prop 2013/14:246, *Lagen om kvotplikt för biodrivmedel och relaterade skattebestämmelser utgår*; bet. 2014/15:SkU4; rskr. 2014/15:3.

⁷¹ Se SA 40815 och SA.40816 (februari); samt *Notification in accordance with article 108.3 TFEU*, N2015/07027/KSR (liquid biofuels), och *Notification in accordance with article 108.3 TFEU*, N2015/07028/KSR (biogas).

⁷² Prop 2015/16:38, *Anläggningsbesked för biodrivmedel*; bet 2015/16:MU5; rskr. 2015/16:64.

säkerställer att anläggningar som producerar biodrivmedel endera inte har så kallade "livsmedelsbaserade" råvaror, eller i sådana fall har tagits i drift före 31 december 2013 och inte är helt avskrivna⁷³. Rättsligt genomfördes anläggningsbeskedet med förändringar i hållbarhetslagen och energiskattelagen, med Energimyndigheten som ansvarig för beslut och tillsyn⁷⁴. Anledningen till kravet är att kommissionens nya miljö- och energiriktlinjer (gäller fr.o.m. 1 juli 2015) under nämnda förhållanden inte tillåter driftstöd (punkt 113 och 121). Regeringen såg införandet av anläggningsbesked som nödvändigt för att kunna vinna kommissionens acceptans för att kunna behålla skattenedsättningar för biodrivmedel. (Efter att denna promemoria i huvudsak skrevs i oktober 2015 har också kommissionen accepterat förlängning⁷⁵).

Under de senaste åren har regeringen arbetat för att skapa ett mer stabilt system, med sikte på en beskattning som inte utgör statsstöd. En mer grundläggande ansökan i frågan bereds ännu av kommissionen och förhandlingsturena är många⁷⁶. Ett förslag som har diskuterats är att basera koldioxidskatten på livscykelanalys, med nivåer som sätts utifrån den totala externa klimateffekten av respektive bränsle. På andra håll diskuteras att släppa den frågan och att istället utveckla ett kvotpliktsystem av något slag⁷⁷.

Sammantaget är det svårt att sammanfatta läget, i alla fall om man ser det utifrån det perspektiv som marknadens aktörer har, utan vilka det inte skulle produceras något biodrivmedel att förhandla om. Turerna i frågan är som framgått många, komplexa och långt ifrån transparenta. Tre punkter är dock tydliga. För det första ändras skatterna stegvis i en riktning som är klart ogynnsam för branschen och klimatpolitiken (se diagram nedan)⁷⁸. För det andra råder det likväl oklarhet och framförhållningen minskar, vilket till exempel frågan om anläggningsbesked illustrerar⁷⁹. För det tredje finns det någonstans en gräns för hur länge effektiva undantag kommer att beviljas och det står därmed klart att vissa potentiella beslut av kommissionen – eller regeringen – riskerar att slå undan benen för en stor del av produktionen, också när det gäller den klimatmässigt fördelaktiga biogasen.

⁷³ Se vidare i lagrådsremiss *Anläggningsbesked för biodrivmedel*, 1 oktober 2015.

⁷⁴ Se vidare på Energimyndigheten (2015) *Anläggningsbesked*, på:

<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/anlaggningsbesked>.

⁷⁵ Kommissionens beslut finns på <http://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2015/12/forlangda-statsstodsgodkannanden-for-skattebefrielse-av-biodrivmedel>, och analyseras ej ytterligare här.

⁷⁶ Se ärende SA.36972, samt Regeringskansliet (2015) *The Future of CO2 taxation in the EU. Background Document*. Ministry of Finance. 2 July 2015.

⁷⁷ Kågeson P (2015) *Hur utforma en svensk kvotplikt för biodrivmedel?* På uppdrag av SPBI. Nature Associates.

⁷⁸ Regeringskansliet (2015) *Beskrivning av drivmedelsbeskattning över tid*. Stencil.

⁷⁹ Se vidare i remissvaren på promemorian om anläggningsbesked, vilken hade en remisstid på ungefär en (1) vecka: <http://www.regeringen.se/remisser/2015/09/remiss-av-promemorian-anlaggningsbesked-for-biodrivmedel>.

Tabell 1 Drivmedelsbeskattning för bensin och diesel, energiskatt + koldioxidskatt, för hållbara biodrivmedel energiskatt (kr/l) exklusive moms.

	Bensin	Diesel	Höginblandad etanol	Läginblandad etanol	Läginblandad Fame	Höginblandad Fame	HVO
2012	5,65	4,666	0	0	0	0	0
2013	5,63	4,855	0	0,34	0,282	0	0
2014	5,63	4,847	0	0,34	0,281	0	0
2015	5,85	5,051	0	0,36	1,686	1,026	0
2016	6,27	5,518	0,99	0,96	2,123	1,154	

Diskussion och rekommendationer

Redan i dåvarande EEG:s frihandelsavtal med Sverige 1972 fanns klara regler om offentliga stöd. I en ensidig tolkningsförklaring till avtalet, som Sverige hade accepterat, förklarade gemenskapen att den avsåg att tillämpa även regler i Romfördraget⁸⁰, som var mycket lika dagens fördragsregler om statsstöd. Redan då spelade kommissionen en central roll och i en analys gjord 1986⁸¹ konstateras att även om ingripandena på miljöområdet var få, fanns det likväl exempel då kommissionen begränsade svensk politik, bland annat rörande ett statsstöd till ny miljöteknik i vissa anläggningar. Slutsatsen drogs att ”framtida svenska stöd bör... utformas efter principen att förorenaren betalar”. I samma studie konstaterades problem på energiområdet, bland annat förekomsten av vissa ”energirabatter” i Sverige, däribland en nedsättning av skatten på energi, framförallt att sänkningen var selektiv.

Frågan om statsstöd, miljö och energi är alltså inte ny och den har fortlöpande diskuterats sedan Sverige gick med i EU. I centrala kretsar på det miljöpolitiska området var dock ämnet länge perifert, av informanterna att döma. Det saknades ett samlat synsätt och en långsiktig strategi för hur Sverige skulle hantera de möjligheter och svårigheter som statsstödsreglerna medför. Till förklaringarna hör delvis att frågan är teknisk och svår genomtränglig, men viktigare var sannolikt att EU-reglerna, med vissa bakslag som undantag, gick att hantera ganska väl under åtminstone EU-medlemskapets första årtionde; undantag medgavs i regel.

I frågan om biodrivmedel och beskattning har dock problematiken tilltagit rejält det senaste decenniet. EU:s regler om statsstöd har medfört allvarliga problem för svensk klimatpolitik. Det är svårt att förstå att den frågan inte har hanterats tidigare och med högre prioritet inom ramen för en genomtänkt strategi. I dagsläget är den svenska klimatpolitiken i viktiga avseenden låst av den situation som råder. Även om arbetet i regeringen har växlats upp på senare tid, med sikte på att utveckla svenska system som

⁸⁰ Cramér P och Östling L (1986) *Svenskt statsstöd och samhandel med EEC*. Rättsvetenskapliga institutionens skriftserie nr 9. Göteborg: Göteborgs universitet.

⁸¹ Ibid.

inte träffas av statsstödsreglerna, saknas fortfarande en bred svensk samling, från många aktörer i och utanför politiken, i frågan.

Motsvarande problem för klimatpolitiken gäller inte i statsstödsfrågor som rör stöd till projekt eller program. På den punkten gynnar statsstödsreglerna som utgångspunkt att PPP tillämpas, vilket gynnar en samhällsekonomiskt effektiv klimatpolitik. I flera tänkbara fall där viktiga klimatprojekt kan behöva statsstöd ger dessutom reglerna, från fördrag till förordningar och riktlinjer, förhållandevis goda möjligheter till undantag.

Det största problemet rör alltså de biodrivmedel som enligt livscykelanalyser medför klara klimat fördelar jämfört med motsvarande fossila bränslen. Den svenska politiken har länge utgjorts av energi- och koldioxidskatter på de fossila bränslena, med syftet att internalisera deras externa miljökostnader⁸². EU-politiken däremot, innebär att skatten på biodrivmedel (oavsett om det rör sig om energi- eller koldioxidskatt) inte får vara så mycket lägre än skatten på motsvarande fossila bränslen att biodrivmedlen blir billigare i konsumentledet. Överkompensation är inte tillåten. Medan den svenska linjen är att beskatta alla drivmedel med till exempel moms, och därutöver ta ut koldioxidskatt på fossila bränslen utifrån PPP, så sätter EU-politiken beskattningen av fossila bränslen som norm, med följden att sänkt skatt på biodrivmedel anses vara en subvention. En sådan är ett statligt stöd som kräver beslut om ett undantag. Men eftersom nedsättningen därtill inte får medföra överkompensation så begränsas skattens justering av priset till skillnaden i marknadspriser på olika bränslen. Det är något helt annat än att med en miljöskatt justera marknadspriserna med PPP baserad på externa kostnader.

Därmed tillämpas statsstödsreglerna på bekostnad av fördragets regler om miljöpolitik. De fördragsstadgade principerna om PPP och att miljöhänsyn ska integreras inom alla politikområden tillämpas alltså inte. En konsekvens blir att den enskilde konsumenten inte ges tillräckliga ekonomiska incitament att göra bränslebyten. Priset på marknaden tillåts inte uttrycka miljöskador och det marknadsmisslyckande som hela systemet är tänkt att korrigera består. En annan konsekvens är att de företag som tillverkar och säljer biobränslen får svårt att konkurrera och fortlöpande konfronteras med nya förutsättningar. Förvisso utmanas företag regelmässigt av varierande råvarupriser, men när det gäller biodrivmedel finns också en politisk osäkerhet. På senare år har den tagit sig uttryck i olika temporära lösningar eller försvårande regler som sänker både produkters lönsamhet och investeringsviljan. I sammanfattning är statsstödssystemet i denna del ett uppenbart samhällsekonomiskt misslyckande.

Ett viktigt tillägg gäller den specifika frågan om så kallade livsmedelsbaserade grödor som används för tillverkning av biodrivmedel. Här ligger huvudproblemet inte främst i reglerna om statsstöd som sådana. Kommissionens riktlinjer bygger nämligen på direktiven om energiskatt, förnybar energi och bränslekvalitet, och dessa präglas av en

⁸² Studier av klimatkostnader tyder dock på att skattenivåerna egentligen borde vara högre än idag; se vidare resonemang i Alfredsson E och Karlsson M (2016) *Klimatpolitik under osäkerhet. Kostnader och nyttor – bevis och beslut*. Rapport TRITA, INFRA, FMS 2016:1. Stockholm: KTH.

onyanserat kritisk syn på biodrivmedel. I EU-politiken tillskrivs viss produktion av biodrivmedel så kallade indirekta marginaleffekter vad gäller markanvändning. Ett exempel kan vara att odling av bioenergi grödor tränger undan livsmedelsproduktion, vilket antas leda till endera ökade livsmedelspriser, vilket drabbar människor som lever i fattigdom, eller att exempelvis naturskogar avverkas vid ny uppodling av mark. Ibland kan sådana effekter uppstå, och produktionen av vissa biodrivmedel kan i sig vara klimatmässigt ohållbar. Men motsatsen är inte bara möjlig utan också en realitet, bland annat när det gäller många produkter som förekommer i Sverige. Dessutom finns likartade eller till och med värre indirekta effekter vid mycket annan markanvändning, men som inte beaktas på samma sätt, såsom vid viss odling och användning av grödor (tobak, korn till vodkaproduktion, liksom foderproduktion till överkonsumtion av kött) eller när bördig mark läggs under asfalt eller blir till golfbanor. Inte heller sådan markanvändning behöver alltid vara dålig ur ett samhällsperspektiv. Det problematiska uppstår när biodrivmedel schablonmässigt pekas ut som det nästan värsta slaget av markanvändning. Givetvis bör regelverken styra bort från biodrivmedel som är klimatmässigt ineffektiva, eller som allvarligt hotar biodiversitet eller global livsmedelstrygghet, men att i lagstiftning kategoriskt missgynna biodrivmedel är både ologiskt och miljömässigt ineffektiv. Här är det alltså energireglerna inom EU som är det främsta problemet.

Alternativa vägar vad gäller statsstödet

Vad kan då göras åt de identifierade problemen? Flera alternativ är tänkbara⁸³.

Ett alternativ är att driva på för ändrade **fördragsregler** om statsstöd. Det vore milt sagt ett utmanande projekt, inte minst då regelverket går långt tillbaka i tiden, och givet dess betydelse på andra områden. Samtidigt ska nog inte styrkan i den kritik mot regelverket som förts fram av olika länder underskattas⁸⁴. Det finns därför goda skäl för Sverige att långsiktigt vara pådrivande i frågan. Alternativet är dock allt annat än en kortsiktigt effektiv strategi.

Mer rimligt på kortare sikt är att rådet i **förordningar** förtydligar möjligheterna till undantag, och på det viset söker påverka kommissionens riktlinjer och arbete. Utgångspunkten bör vara att tillämpa PPP, vilket i frågan om att såväl tillåta skattedifferentiering som motverka subventioner kan gynna en hög samhällsekonomisk effektivitet. Vikten av PPP-differentierade skatter innebär att statsstödsreglerna behöver reformeras. När det däremot gäller att motverka miljöskadliga subventioner är regelverket i huvudsak bra från principiell utgångspunkt. Med tanke på hur stor utmaningen är att ställa om energisystemen, inte minst mot bakgrund av djupa

⁸³ Utöver dessa kan andra miljöstyrmedel väljas, såsom ett mer renodlat system med kvotplikt, men det rör egentligen inte frågan om hur de besvärliga statsstödsreglerna i sig ska hanteras, vilket är fokus här; se dock nedan i rekommendationer om den frågan.

⁸⁴ Ramarna för promemorian medger inte att frågan utreds men i korthet tyder intervjuer och material på ett missnöje på flera håll. Bevekelsegrunderna är dock ur ett miljöperspektiv varierande; i vissa fall är målet stora satsningar på förnybar energi, i andra fall att fortsätta subventionera kol- eller kärnkraft.

inlåsnings sedan länge i ohållbara system, kan det dock i vissa fall finnas goda skäl för stora statliga investeringsprogram på klimatområdet⁸⁵. Även om kostnadseffektiviteten i sådana fall ibland kan vara låg i ett kortsiktigt perspektiv, så kan det på längre sikt vara tvärtom. Sådant statsstöd behöver därför göras tydligt tillåtligt av rådet.

En tredje möjlighet är att Sverige driver ett statsstödsärende så att det blir prövat i **EU-domstolen**. Detta bör endast ske om en ingående analys tyder på att Sverige med hög sannolikt kan vinna, exempelvis med stöd av fördragets miljöregler. Att driva ett ärende i mer chansartade fall, i syfte att vid en förlust åtminstone kunna illustrera en orimlig regel, kan förvisso ha betydelse i vissa miljöfrågor, men inte i detta fall. Risken är nämligen att klimatpolitiken försväras än mer och dessutom att företag blir skyldiga till återbetalning vid ett eventuellt negativt beslut av domstolen. Dessutom skapar en sådan rättsprocess ofta osäkerheter under lång tid.

Den linje som har dominerat hittills är **anpassningens väg**. Överlag har den bestått av upprepade, och inte sällan lyckade, försök att erhålla fortsatt temporär acceptans för befintliga statsstöd, och av att modifiera dessa när man nått en återvändsgränd. De intervjuer som jag har gjort, och det urval av material som jag har studerat, visar dock att Sverige har saknat en långsiktig strategi i frågan. Det har gjort anpassningens väg onödigt svår. Också i den alltmer prioriterade frågan om biodrivmedel finns en påfallande ryckighet. Vissa informanter menar att detta främst beror på förekomsten av olika besked från olika delar inom kommissionen, inte sällan framlagda med kort varsel. Men på samma vis får även jag oförenliga besked, om vad som är rättsligt möjligt och politiskt genomförbart, från informanter som är eller har varit verksamma i olika delar av regeringsapparaten. Inte konstigt då att politiken bli svårförutsägbar.

Givet det alltmer kritiska läget i frågan om biodrivmedel diskuteras **idéer om ett nytt svenskt system för beskattning** av klimatpåverkan. Ambition är främst att helt undvika statsstödsreglerna och att genomföra fördragsregeln om PPP. Förslag har framförts från Sverige till kommissionen rörande ett svenskt system med en koldioxidskatt som är differentierad utifrån livscykelanalyser (LCA)⁸⁶. Respektive bränsle skulle då beskattas utifrån full och faktisk klimatpåverkan, vilket inte till fullo är fallet med dagens förhållandevis ”binära” system för koldioxidskatt i Sverige. Även om valet av metod när det gäller LCA alltid kan diskuteras kan ett sådant system vara bra. Det kan ge långsiktig stabilitet och en miljömässigt bra träffbild. En grundläggande förutsättning är dock att kommissionen tolkar ett sådant system som att falla utanför ramen för statsstödet. En sådan tolkning är inte given och informanter anger att kommissionen har gett olika besked under de pågående diskussionerna. Det är heller inte givet att ett LCA-system skulle göra att Sverige kan undvika problematiken med överkompensation, som i grunden kortsluter PPP. I dagsläget är dock informationen om kommissionens bedömningar alltför knapphändig för att här kunna diskutera frågan mer i detalj.

⁸⁵ Se Alfredsson och Karlsson (2016) a.a.

⁸⁶ Regeringskansliet (2015) a.a.

Ytterligare en möjlighet är att fokusera på **energi- och klimatreglerna i EU**, och där söka vinna stöd i fråga efter fråga, till exempel om vikten av att stryka eller omtolka begreppet överkompensation, samt om att utveckla ett mer positivt synsätt på drivmedel från livsmedelsgrödor och beräkningsgrunder för sådana. Detta är givetvis inte enkelt men Sverige bör fortlöpande agera i frågan. Om energi- och klimatregelverken skulle förändras skulle det kunna inverka på kommissionens riktlinjer för statsstöd och därmed på medlemsstaternas möjligheter. Inom ramen för den framväxande energiunionen i EU pågår i skrivande stund en översyn av regelverket för förnybar energi, vilket innebär både möjligheter och hot för den svenska politiken vad gäller beskattning och andra styrmedel för biodrivmedel, sannolikt också gällande biomassa. Sverige bör föra en aktiv och ambitiös politik under denna process, bland annat byggd på en genomarbetad syn på statsstödsreglerna och strategiska vägval i den frågan.

Rekommendationer till Miljömålsberedningen

Som jag ser det bör Miljömålsberedningen både beskriva och analysera statsstödsfrågan och lägga fram förslag på åtgärder. **Processmässigt** föreslår jag att beredningen bjuder in berörda aktörer för en informell redovisning av de olika potentiella reformförslag som nu förhandlas med kommissionen, särskilt i frågan om beskattning och bioenergi. Det är viktigt att ledamöterna i beredningen får en full och uppdaterad bild av de olika handlingsvägar som nu undersöks av regeringskansliet, och hur kommissionen så här långt förhåller sig i frågan. Beredningens ledamöter har under arbetet med tidigare betänkanden fått sådana informella redovisningar som grund för sina överläggningar.

I **sakfrågan** föreslår jag att Miljömålsberedningen i en bedömning slår vakt om vikten av att statsstödsreglerna tillämpas på ett sätt som principiellt och fullt ligger i linje med polluter pays principle, och inte som idag det motsatta. Det innebär att beredningen bör stödja att statsstöd som huvudregel inte ska utgå i strid med PPP. Om det finns skäl att avvika från detta, exempelvis vid större strategiska klimatsatsningar, bör beredningen precisera motiv, former och avgränsning för en sådan ordning.

När det specifikt gäller **miljöbeskattning** bör beredningen formulera ett förslag om att regeringen ska verka pådrivande inom EU för att PPP ska tillämpas och vara tillåten att implementera fullt ut vid beskattning av bränslen, och att en sådan ordning ges företräde framför tolkningen att miljödifferenterad beskattning som leder till överkompensation är otillåtet statsstöd. I linje med detta bör beredningen överväga att ställa sig bakom förslaget om en LCA-differenterad koldioxidskatt, men det förutsätter att beredningen kan fördjupa sig i frågan.

Beredningen bör också, menar jag, föreslå en bredare svensk **handlingsplan** utifrån de olika alternativ som jag redovisat ovan. Förändringar av fördraget dock är uteslutna inom närtid och anpassningens väg börjar sannolikt nå sitt slut vad gäller biodrivmedel i och med det senaste undantaget för beskattning och bioenergi. Samtidigt kan ingen djupare reform åstadkommas genom att Sverige går till domstol, dels för att det tar tid

och skapar osäkerhet, dels för att det innebär stora ekonomiska risker, dels för att det troligen inte reder ut mer än ett fåtal frågetecken. Det som då främst återstår i närtid är att påverka för förändrade regelverk på statsstödsområdet och inom det energi- och klimatpolitiska området. Avgörande viktigt i just frågan om bioenergi är att etablera en vetenskapligt välgrundad bild inom EU av klimateffekterna av olika bränslen. Svensk bioenergi faller överlag bra ut i en sådan analys. För att bli trovärdiga aktörer är det dock viktigt att Sverige och svenska intressenter även påtalar vikten av att motverka ohållbar bioenergi, vilket det finns exempel på. Det faller dock utanför denna promemoria att utveckla såväl sakfrågan och argumenten i det fallet, som nämnda handlingsplan.

Om beredningen drar slutsatsen att ett eller flera av de alternativ som lyfts fram ovan inte räcker, eller är alltför otillförlitliga strategier, så behöver beredningen utveckla **alternativa förslag** i åtminstone frågan om beskattning av bioenergi, särskilt gällande biodrivmedel. Här kan en kvotplikt eller reduktionsplikt vara en framkomlig väg, förutsatt att systemet dels blir klimatmässigt ambitiöst vad gäller tidtabeller samt kvoter eller plikter, dels i första hand premierar de klimatmässigt bästa biodrivmedlen. Det är en avsevärd fördel om ett sådant system utvecklas i samverkan över blockgränserna i riksdagen, i syfte att borga för stabila spelregler på längre sikt. Systemet måste i vilket fall dessutom beakta EU-reglerna för statstöd, reformerade eller inte. Det vore dock synd om beredningen skulle nöja sig med att lägga fram förslag som rör endast skatter och biodrivmedel – statstödsreglerna är som visats flerfaldigt relevanta för ett betänkande om styrmedel för att genomföra ett nytt klimatpolitiskt ramverk i Sverige.

Bilaga A. Gällande statsstödsbeslut Sverige, energiskatteområdet. Källa: Finansdepartementet (2015)

	<i>Ärende nr</i>	<i>Stödordning</i>
1.	<u>SA.35586</u> (Äldre beslut <u>N 866/2006</u>)	Energi- och CO ₂ -skattebefrielse för veg oljor och fetter m.m. och biogas för uppvärmning)
2.	SA.34305 (Äldre beslut <u>N 187/2007</u> ; <u>N593/2005</u> ; NN3/B/01; NN4/B/01)	”Norrandsskattesatsen” Lägre energiskattesats för serviceföretagens elförbrukning i norra delarna av landet.
3.	SA.34276 (Äldre beslut <u>N 596/2005</u> ; <u>N156/2004</u>)	Lägre energiskattenivå för tillverkningsindustrins elförbrukning (0,5 öre/kWh)
4.	<u>SA.38420</u>	Energi- och CO ₂ -skattebefrielse för andra biodrivmedel än biogas
5.	<u>SA.38421</u>	Energi- och CO ₂ -skattebefrielse för biogas som drivmedel
6.	<u>N 253/2004</u>	Befrielse från energi-skatt på el som förbrukas av energiintensiv industri (PFE)
7.	SA.33967	Nedsatt energiskattesats för el till fartyg i hamn (landström)
9.	SA. 32494 (Äldre beslut <u>N 588/2005</u> [<u>N 484/2003</u>] för industrin och <u>N 594/2005</u> [<u>N726/2002</u>] för kraftvärmen)	Lägre skattenivå för bränsleförbrukning inom tillverkningsindustrin och kraftvärme <u>utanför</u> EU.
10.	<u>N 22/2008</u>	Lägre CO ₂ -skattesats för bränslen som förbrukas i fjärrvärmearläggningar inom EU ETS
11.	<u>SA.36295</u> (<u>SA.32493</u>) (Äldre beslut <u>N 22/2008</u>)	Lägre skattenivå för bränsleförbrukning inom tillverknings-industrin och kraftvärme <u>inom</u> EU ETS (30 % energiskatt; 0 % CO ₂ -skatt för industrin och för kraftvärmen).

Industriell utveckling har löst energiproblem för världen

Ett underlag för Miljömålsberedningen
av Tomas Kåberger
hösten 2015

Under 2000-talet har några länder skapat förutsättningar för utbyggnad av vindel och solel på ett sätt som sänkt kostnaderna inom de industriella leverantörs-kedjorna. Nu har kostnadsreduktioner kommit så långt att sol- och vindenergi på många håll i världen är det billigaste sättet att få ny el.

Samtidigt gäller att när anläggningarna väl är byggda så är sol- och vindelverk betydligt billigare att driva vidare än termiska kraftverk. När priserna är höga och ny elproduktion skall byggas blir det sol och vind som används. När det råder överkapacitet och produktion skall stängas blir det termiska kraftverk som stängs. Världens energisystem kommer därför att bli allt mer förnybart.

Två andra industriella områden som radikalt sänkt kostnaderna kommer också att ha betydelse: Informationsteknik för att styra elsystemets olika delar, och batteriteknik för att bidra till stabilitet på olika nivåer i elsystemet.

Alla dessa industriella trender har förutsättningar att fortsätta. Varken brist på sol, vind eller några ingående grundämnen ser ut att kunna stoppa kostnadsänkningarna. Ju snabbare utbyggnaden sker ju snabbare sjunker kostnaderna.

Tillsammans gör dessa framsteg att hela världens energiförsörjning kommer att förbättras och ge möjligheter till globalt välstånd utan de begränsningar energiförsörjningen tidigare inneburit. Vi kommer därmed också att se hur det som tidigare framstod som värdefullt kapital och värdefulla naturresurser för energiförsörjningen förlorar värde i stor skala. Det kan bli fråga om tiotusental eller hundratusen miljarder kronor i förlorade värden. Detta förändrar energiförsörjningens ekonomiska strukturer både inom länder och mellan länder.

Var, och hur snabbt, denna utveckling sker beror inte bara på den allmänna tekniska utvecklingen och fördelningen av naturresurser. Politisk skicklighet i att snabbt förstå de nya ekonomiska möjligheterna och att anpassa institutionella strukturer såsom energibeskattning, el-lagstiftning, infrastrukturplanering och miljölagar kommer att avgöra var utvecklingen sker snabbast. Därmed avgörs också den industriella och ekonomisk utvecklingstakten i olika delar av världen.

För Sverige, där vind- och bioresurserna är stora och den årliga solinstrålningen är ungefär som Tysklands, innebär detta stora möjligheter till framtida industriellt välstånd. Vi har samtidigt en industri som länge åtnjutit lägre elpriser än andra länders. Det är därför särskilt viktigt att använda vind- och solresurserna så snabbt att kostnadsfördelen kan behållas.

Den förnybara energin motiverar nya beskattningssätt för att belasta externa kostnader och främja en effektiv ekonomi. Det gäller både energi och transportsektorerna.

Billig förnybar energi minskar de omedelbara miljöproblemen kring energiförsörjningen, men gynnar slit-och-släng system vilket ger nya problem. Nästintill gratis belysning kan också skapa problem.

Syftet med denna rapport är att uppmärksamma dramatiska förändringar i omvärlden och starta funderingar om hur Sverige skall hantera de nya möjligheterna på ett bra sätt.

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
I. 1900-talets elmarknader	3
II. 2000-talets nya el-industriella möjligheter	3
III. Drivkrafterna bakom utvecklingen	4
IV: Politiska styrmedel	4
V. Resultat Vind-el	6
VI. Resultat Sol-el	9
VII. Finansiella konsekvenser	13
VIII. Kompletterande tekniker	14
IX. Hur står sig Sverige?	16
X. Bränslepriser och Hotellings modell	17
XI. Framtiden	20
XII. Geopolitiken	20
XIII. Ny elprisgeografi	20
XIV. Modernisering är ekonomiskt viktigt på flera sätt	21
XV. Kan också elnäten bli offer för kreativ förstörelse?	22
XVI. Eller får vi se ett globalt super-nät med låga priser?	23
XVII. Värden på mineral ändras	23
XVIII. Solenergiens politiska stabilitet	23
XIX. Förnybar energi i biståndet.	24
XX. Mindre energiskatter i ett förnybart energisystem	24
XXII. Elektrifiering av transportsektorn motiverar nya beskattningsmetoder	25
XXIII. Billig el gynnar materialomsättning som förorenar	25
XXIV. Problem när ingen släcker	26
XXV. Slutsatser	26

I. 1900-talets elmarknader

Fram till slutet av 1800-talet dominerades världens energiförsörjning av utspridd användning av bioenergi. Men kring förra sekelskiftet växte användningen av fossilt kol till den dominerande energikällan i världen. Under 1900-talet blev sedan olja och gas viktigare energikällor i världen¹.

1900-talets termiska elproduktion, driven med fossila bränslen eller uran, hade tydliga skalfördelar: Ju större anläggningar man byggde ju billigare blev produktionen per enhet el-energi. Företag behövde därför vara stora för att nå framgång. Ofta var investeringarna i enskilda anläggningar så stora att bolagen dessutom fordrade statligt stöd.

I Sverige och Norge fanns möjligheter att bygga ut vattenkraft. Även här fanns skalfördelar och bildandet av såväl Statens Vattenfallsverk (nu Vattenfall), och Sydkraft (nu EON Sverige, snart kanske delvis Sydkraft igen) med statligt respektive kommunalt ägande syftade till att skapa tillräckligt stora investeringsmöjligheter för att kunna utnyttja vattenkraft i stor skala, även om också små vattenkraftverk kunde behålla sin konkurrenskraft när de väl var byggda.

Skalfördelarna innebar att elmarknaderna tenderade att bli oligopol eller monopol. Till detta bidrog också att elnäten som används för att överföra elen ofta ägdes av samma bolag som ägde elverken, och då kunde näten befästa monopolpositionen.

Som ett resultat blev under 1900-talet elsystemen lokala, regionala eller nationella, monopol. I Sverige omvandlades kommunala elverk ofta till återförsäljare av el från de större bolagen.

II. 2000-talets nya el-industriella möjligheter

Under slutet på 1900-talet visade det sig att elproduktion i mindre skala kunde vara ekonomiskt konkurrenskraftig. Det var effektiva gasturbiner och kraftvärme med olika bränslen som blev kapabla att konkurrera. På flera håll i världen utkämpades politiska strider för att lagstiftning skulle ändras så att oberoende elproducenter fick möjlighet att leverera el via monopolföretagens nät.

Konflikten fanns också i Sverige där kommunala energibolag kunde bygga konkurrenskraftiga kraftvärmeverk. Men för att kunna det behövde man få möjlighet att sälja överskott, och att köpa el från andra vid bristsituationer, underhållsstopp eller haverier.² Förebilder fanns bland kommunala bolag som hade kvar mindre vattenkraftverk som kunnat drivas med lönsamhet.

När möjligheterna för inte bara små gasturbiner och kraftvärmeverk, utan också vindelverk ökade i slutet av 1900-talet var det möjligt att ändra reglerna för elmarknaderna så att konkurrens kunde etableras. Vissa länder, främst Danmark och Tyskland gjorde också stora ansträngningar för att stödja den industriella utvecklingen av vind- och solenergiteknik. Resultatet har blivit en utveckling där elproduktionen i snabbt ökande grad ägs av privatpersoner, kooperativ av individer, elkonsumerande företag, kommunala energiföretag, pensionsfonder och andra nya investerare.

För de geopolitiska maktförhållandena betyder den nya energitekniken att människor och länder blir mindre beroende av att få sin energi från de fåtal områden i världen där fossila bränslen och uran kan utvinnas med lönsamhet.

Möjligheterna att utnyttja spridda energikällor i lokala energisystem är en följd av att omvandlingen inte längre har stora skalfördelar. Eftersom tillgångarna på sol, vind och bioenergi är spridda över världen.

¹ Smil V. "Energy Transitions: History, Requirements and Prospects". Santa Barbara, CA, 2010

² Sintorn, J. Ny Teknik 1990:45, Att ändra riktning: villkor för ny energiteknik / Arne Kaijser, Arne Mogren, Peter Steen

III. Drivkrafterna bakom utvecklingen

När de olje-exporterade länderna i början på 1970-talet använde sin kontroll över världens oljeflöden som politiskt påtryckningsmedel mot industriländerna i väst, startade det stora energipolitiska satsningar för att minska oljeberoendet. Akuta satsningar på energisparande följdes av ekonomiskt stora satsningar på kol, kärnkraft, energieffektivisering och olika förnybara energikällor.

Kärnkraften visade sig inte bara dyr, den blev dyrare ju mer man byggde. Som ett resultat slutade beställningarna att öka. Några år efter beställningarna togs reaktorerna i bruk. 1984 togs nästan 32 GW ny elproduktion med kärnreaktorer i drift i världen. Efter sekelskiftet har det inte varit något år som kapaciteten ökat mer än 10 GW, och några år har kapaciteten minskat därför att mer kapacitet stängts än öppnats. Politisk opinion mot kärnkraften på grund att medborgarna riskerade att behöva ta hand om konsekvenser av haverier och avfall, som reaktorägarna inte skulle kunna betala, drev i några länder på en ny våg av energipolitik som nu inriktade sig på kol, förnybar energi och energieffektiviserande teknik.

Efter ett par år av torra och minskande skördar i USA kom klimateffekter av koldioxidutsläpp upp på den internationella agendan. Det manifesterades tydligt i Brundtlandkommissionens rapport³ som en exempel på behovet av hållbar utveckling. Risker för klimatförändringar blev mer allmänt kända och 1990-talets energipolitik motiverades av en ambition att minska beroendet av *alla* fossila bränslen.

Under 2000-talets första decennium väcktes åter oron för oljeberoendet och idéer om att oljeutvinningen var på väg att nå sin högsta nivå för att sedan oåterkalleligen sjunka blev populära. I Sverige var Kjell Aleklett denna skolas mest prominenta företrädare.⁴ Denna idé tycktes sedan styrkas av att oljepriset några år in på 2000-talet nådde rekordnivåer.

Oljemarknadens aktörer agerade däremot som om det snarare som om kortsiktiga begränsningar i utvinningskapacitet som var viktiga. Det syntes genom att framtida priser på marknaden var lägre än de omedelbara. Ändå gav de då höga priserna ytterligare en drivkraft för utveckling av effektivare teknik och förnybar energi.

Den fantastiskt fina ekonomiska utveckling som under 1990-talet visade sig i Kina, Indien och delar av Afrika gjorde alla dessa resurs- och miljöproblem mer akuta. Det var inte längre bara en miljard européer och amerikaner som skulle dela på resurserna, ett par miljarder i Asien och Afrika blev plötsligt betalningsstarka nog att kunna vara med att ta del av resurserna. Det gjorde att kriserna för många hotade komma före pensioneringen.

Dessa olika drivkrafter har lagts till varandra och har för varje decennium ökat trycket på en övergång till förnybar energi och effektivare energianvändning.

IV: Politiska styrmedel

Både vattenkraften och kärnkraften introducerades i Sverige som industripolitiska projekt med tydliga teknikval, bildandet av särskilda statliga organ och speciallagstiftning. Båda var framgångsrika så tillvida att de ledde till stor utbyggnad: Sverige har mest kärnkraft per innevånare i världen och bara några få länder har mer vattenkraft.

Ett konkurrerande industripolitiskt projekt gick inte att få till stånd i Sverige under kärnkraftgenerationens tid. De senaste decenniernas energipolitik har istället betraktats som

³ <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

⁴ <https://aleklett.wordpress.com>

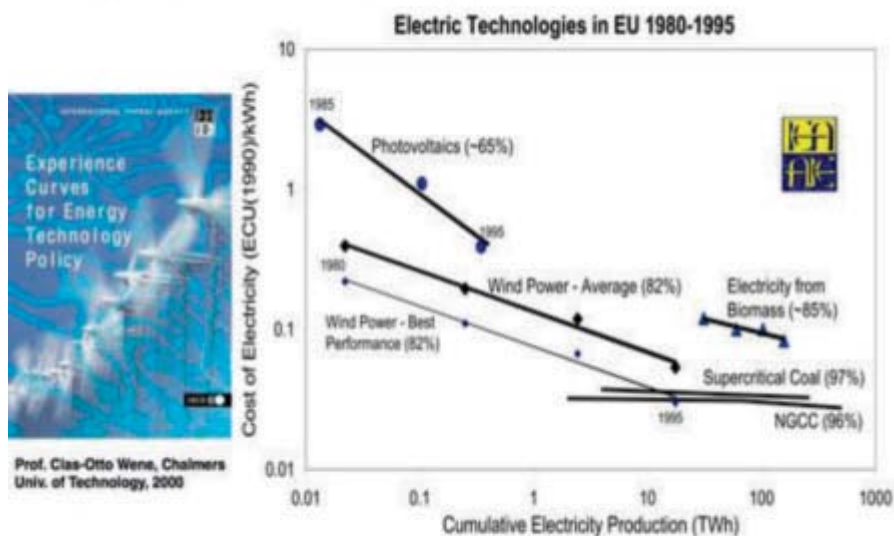
miljöpolitik i Sverige. Politiken har därför också uttrycks med miljöekonomiska styrmedel; Syftet var att minska problem och då skattar man bort problemen med energiskatt och koldioxidskatt.

När EU krävde ökad andel förnybar energi förverkligades det i Sverige med kvotplikt och elcertifikat för att nå billigaste förnybara tillskott, oavsett teknik och energikälla.

Miljöskatter och certifikat har lett till att Sverige fått världens effektivaste bioenergisystem baserat på avfall och biprodukter. Det var den lösning som i Sverige låg ekonomiskt närmast när fossila bränslen skulle minskas. Beskattning av fossila bränslen gav också möjlighet till ökad efterfrågan på el och därmed möjligheter att använda kärnkraftverkens stora kapacitet. Därmed fick denna miljöpolitik också stöd bland företrädarna för det gamla industripolitiska kärnkraftsprojektet.

I andra delar av världen har ambitionerna kring förnybar energi istället drivits som industripolitik. Målet har varit att industrialisera försörjningskedjorna för förnybar energi i syfte att kostnaderna skall sjunka under kostnaderna för de energislag man vill göra sig oberoende av.

Industriell erfarenhet ger lägre kostnader



Figur 1: Lärkurvor ur Clas-Otto Wenes bok.

En beskrivning av hur detta kan göras finns i en bok från år 2000 utgiven av OECD, skriven av den svenska professorn Clas-Otto Wene⁵. Titeln på boken är *Experience Curves for Energy Technology Policy*, ungefär Erfarenhetskurvor som grund för energiteknik-politik. Boken beskriver hur industriell erfarenhet tenderar att leda till ökad effektivitet och allt lägre kostnader. När en ny typ av verksamhet startar lär man sig först snabbt, men ju längre en industri har verkat ju

⁵ http://www.oecd-ilibrary.org/energy/experience-curves-for-energy-technology-policy_9789264182165-en

långsammare går inlärningen. Ritar man produktionskostnaden som funktion av hur mycket som har producerats får man då en kurva som först är brant och sedan allt flackare. Om man däremot använder logaritmiska skalor på axlarna blir kurvan istället en rät linje. I figur 1 återges den centrala bilden ur boken där Wene visar hur kostnaderna för bio-, sol- och vindel utvecklats under slutet på 1900-talet jämfört med avancerad kolkraft och gaskombikraftverk.

En lätt identifierad hypotes ur denna bild är att om man bara fortsätter att subventionera dessa, på 1900-talet fortfarande dyrare, sätten att göra el så kommer de snart att vara billigare än de fossila anläggningarna el. Utvecklingen kommer sedan är drivas vidare av ekonomiska drivkrafter.

Denna idé motiverade Tysklands system med tekniks specifika, garanterade priser för el producerad med tekniker som man vill göra billigare. Priserna sattes inledningsvis tillräckligt högt för att de olika teknikerna skulle vara lönsamma att ta i drift, och har sedan sänkts i takt med att kostnaderna har kunnat sänkas. ***Det handlade inte inledningsvis om att investera i elproduktion, utan om att investera i industriell utveckling så att förnybar energi oåterkalleligen skulle konkurrera ut kärnkraft och fossil energi i framtiden.***

Samma bild har haft stark inverkan på kinesisk politik. Där har man insett att den snabba, och inledningsvis material- och energi-intensiva, ekonomiska tillväxten i Kina kommer att leda till energiefterfrågan som påverkar priserna i hela världen. Skulle Kina förlita sig på fossila bränslen och uran, och samtidigt lyckas med ekonomisk tillväxt, så skulle Kina driva upp priserna och kostnaden för energi vilket skulle dämpa tillväxten.

Ur Wenes bild drog man slutsatsen att om man istället satsade på sol- och vindenergi skulle framgångsrik tillväxt leda till att kostnaden för energi minskade vilket skulle accelerera ekonomisk tillväxt i Kina. Den idén har man gillat och fortsätter att använda den i sin planering.⁶

USAs industripolitik på energiområdet har samma ambition. Tydligt formulerat i *The Sunshot Initiative*⁷ som med nationellt samordnade insatser skall göra solet lönsamt. Solenergi, biodrivmedel, energieffektiv teknik och batterier utvecklas i USA också genom försvarets forskningsbudget och därmed utanför alla begränsningar om statsstöd till företag.

I dessa tre länder anses denna utveckling också vare en geopolitisk tävlingsgren. När president Obama beskrev de energipolitiska framgångarna för USA i sitt State of the Union tal 2013 avslutade han avsnittet om förnybar energi med: *As long as countries like China keep going all-in on clean energy, so must we!*⁸

V. Resultat Vind-el

Vindkraften utbyggnad under de första 10 åren på 2000-talet har överträffat allas förväntningar.

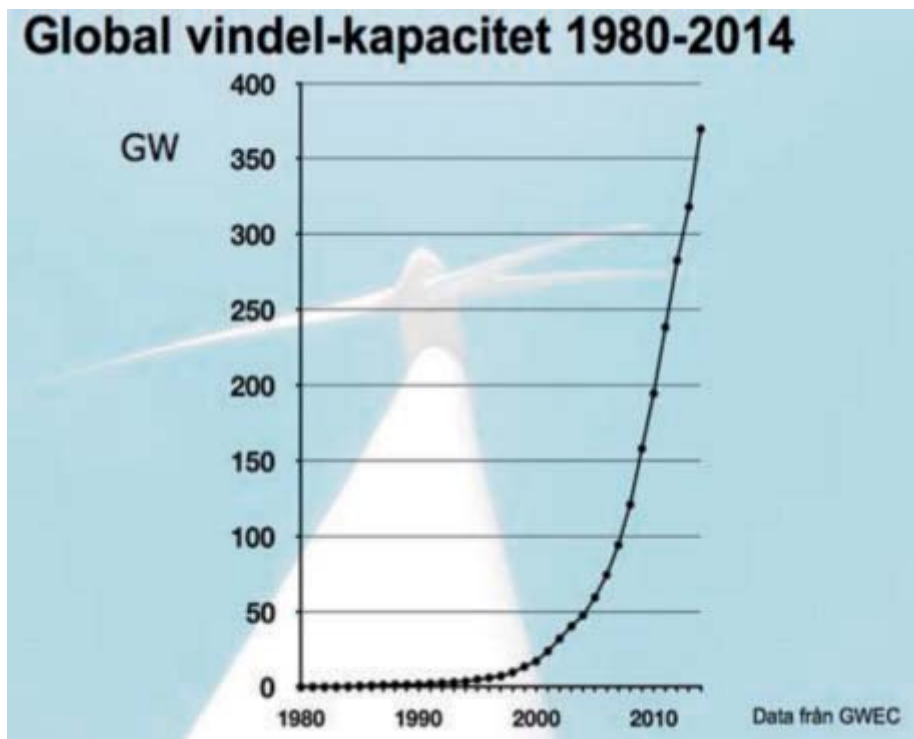
Inte ens det Greenpeace drivna vindkraft-scenario från 1999 som skulle nå 10 % av global el från vind till 2020 vågade hävda att denna snabba utbyggnad skulle vara möjlig.⁹ Förklaringen är enkel: Ingen trodde att Kina skulle gå från nästan ingen vindel alls år 2005 till att ha mest i världen fem år senare. Man har rest mer än ett vindelverk per timme dygnet om, året om sedan 2005. Man har samtidigt byggt upp flera företag som tillverkar vindelverk och nu tillhör världens största leverantörer.

⁶ Se t ex Zhenya Liu 2015: Global Energy Interconnection. Academic Press London.

⁷ <http://energy.gov/eere/sunshot/sunshot-initiative>

⁸ <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/remarks-president-state-union-address>

⁹ <http://www.inforse.dk/doc/Windforce10.pdf>



Figur 2: Global sammantagen vindelkapacitet 1980-2014.

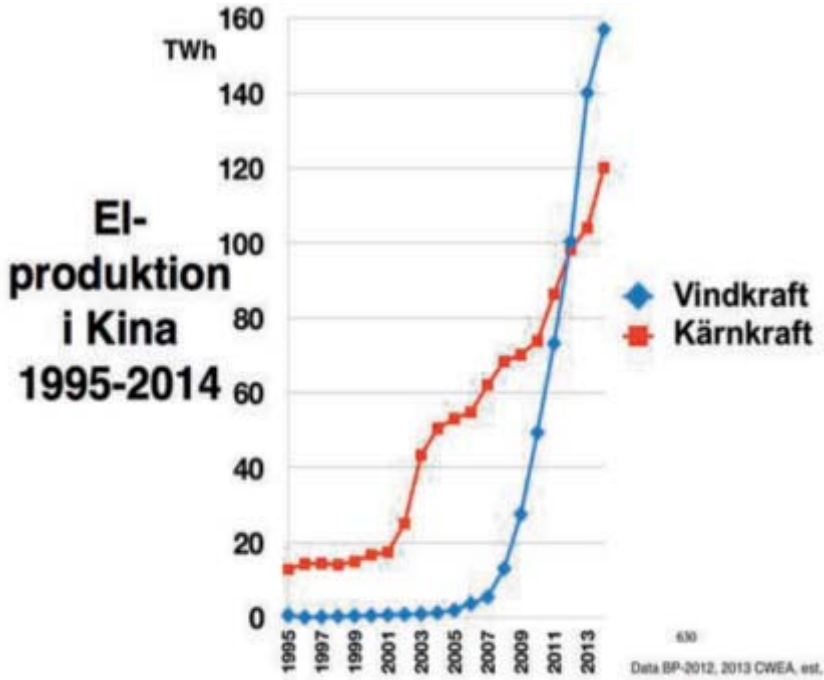
Industripolitiskt har Danmark kanske varit skickligast. Genom att vara pionjär i utvecklingen har två av tillverkarna av vindelverk i Danmark, Vestas och Siemens, fortfarande topp-positionerna i listan över marknadsandelar. Vindelverksbranschen sysselsätter idag ca 30 000 personer i Danmark. Man kan dock notera att tyska Siemens sedan 2004 äger det som tidigare var danska Bonus, och att Vestas idag leds av svenskar.

Vindelverkens samlade kapacitet i världen var i slutet på 2014 drygt 369 GW, utbyggnaden har fortsatt i år och vindkraften har under året passerat kärnkraften i installerad kapacitet kring 380 GW.

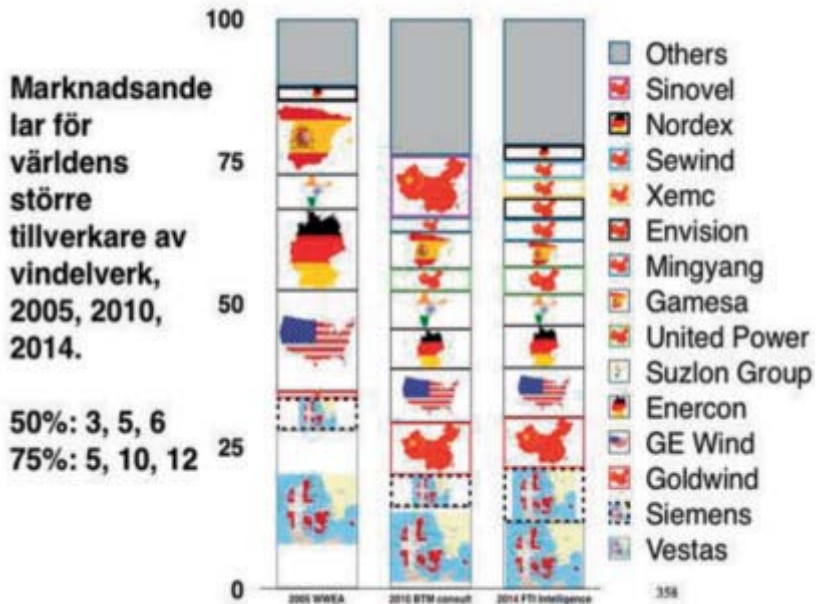
Världens kärnreaktorer producerar ännu så länge mer el än vindelverken. Men i Kina har vindkraften snabba utbyggnad gjort att vindelen sedan 2013 också ger fler TWh energi än landets kärnreaktorer.

Enligt den Wene-inspirerade hypotesen har kostnaderna för vindel fallit. Dels tillverkas verken med lägre kostnad per W. Men viktigare är teknisk utveckling som gjort verken effektivare. På en tio-årsperiod utvecklades verken så att ett modernt verk som ersatte ett 10 år gammalt verk med lika stor generator gav nästan 50% mer el på samma plats och med samma vindtillgång. Dessutom har verken blivit större. Större verk är högre och når därmed stabilare vindar. Med större verk får man också mer el per plats, vilket ökar vinsten för markägaren och höjer vindkraftens potential per fastighet eller land.

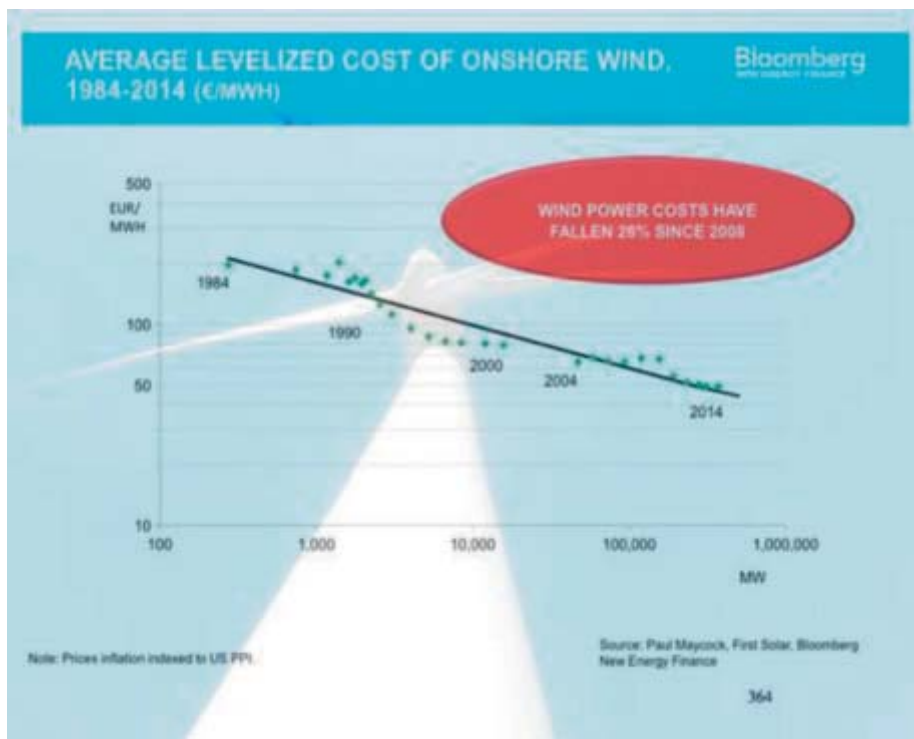
Bloomberg New Energy Finance är kanske den institution som har störst tillgång till ekonomiska data om finansiering av moderna energianläggningar i världen. Kostnaderna varierar fortfarande betydligt mellan länder på grund av institutionella förhållande, hur mycket lokalt lärande företagen i



Figur 3: Elproduktion med vindkraft respektive kärnkraft i Kina 1995-2014.



Figur 4: Marknadsandelar för tillverkare olika år



Figur 5: Kostnadssänkningar för vindkraft i världen enligt Bloomberg

branschen hunnit med och vindtillgång. Bloomberg gör en sammanvägning och visar en fortsatt global kostnadssänkning med växande erfarenhet.

Sedan ett par år rapporteras allt oftare om att vindel kan byggas ut billigare än något annat elproduktionsteknik. Det gäller i delar av USA och det gäller i Europa. Även på nationell nivå gäller att erfarenhet sänker kostnader. Således är vindkraften allmänhet billigast i länder som redan byggt mycket. Danska Energistyrelsen rapporterade 2014 att ny vindkraft på land gav el till ungefär halva kostnaden för el från nya kol- eller gas-eldade elverk.¹⁰ I en upphandling av ny elproduktionskapacitet i Chile hösten 2015 slog vindel ut fossila konkurrenter så att de senare inte fick någon del av den upphandlade mängden el. Den enda typ av elproduktion som slog vindel var solet.¹¹

VI. Resultat Sol-el

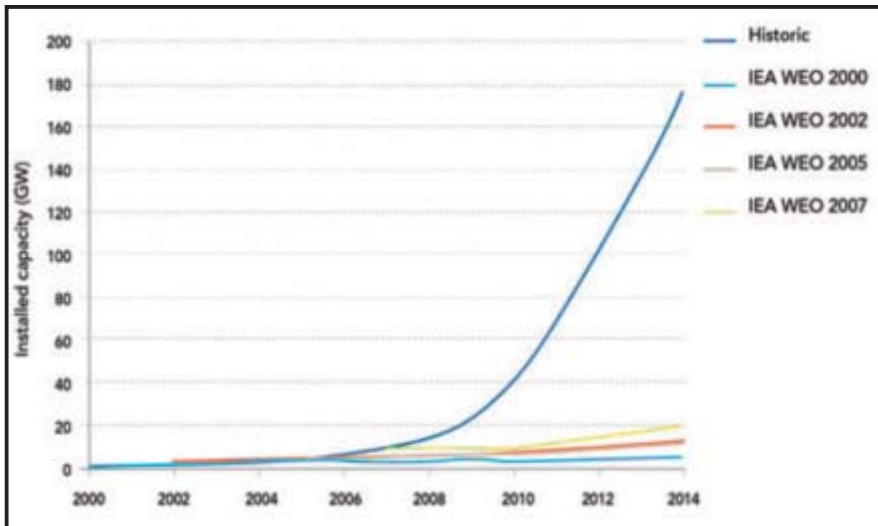
Utbyggnaden av soleanläggningar har också ökat snabbt. De senaste åren har det byggts ungefär lika mycket vind- och sol-kapacitet. Förra året ca 40 GW. Ungefär en fjärdedel av alla solceller som finns i världen har tillverkats de senaste 12 månaderna.

¹⁰ Elproduktionsomkostninger for 10 udvalgte teknologier, 2014-07-01. http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/info/tal-kort/fremskrivninger-analyser-modeller/notat_-_2014_07_01_elproduktionsomkostninger_for_10_udvalgte_teknologier.pdf

¹¹ <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-11-04/solar-energy-is-cheapest-source-of-power-in-chile-deutsche-says>

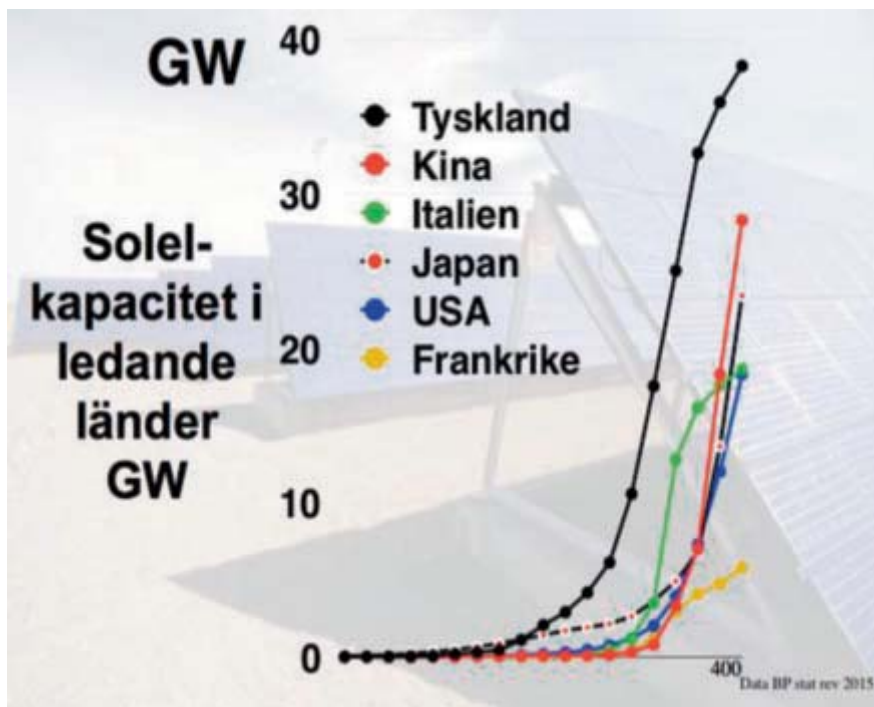


Figur 6: Sammantagen installerad solcell-kapacitet i världen.



Figur 7: IEAs scenarier i World Energy Outlook olika år, och verklig tillväxt av solceller.¹²

¹² <http://www.carbontracker.org/wp-content/uploads/2015/10/Figure-A-01.png>



Figur 8: Världens ledande solcell länder.

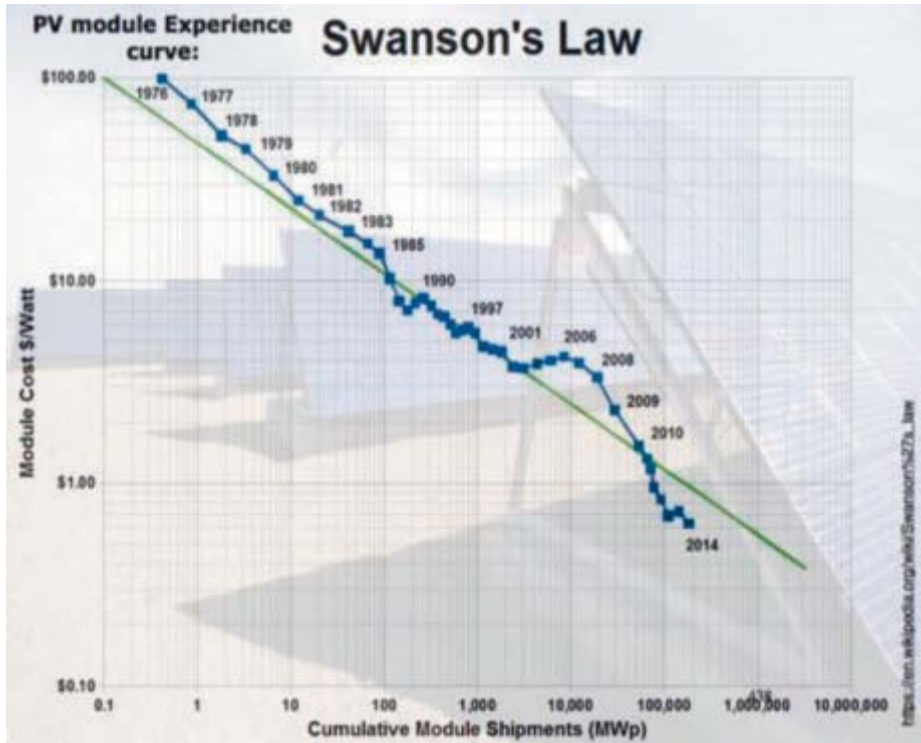
När tyska kommuner började införa garanterade inmatningstariffer för hushåll med solceller betalade man över fem kronor per kWh. Ungefär i den nivån låg priset också när systemet infördes nationellt. Eftersom man varit pessimistisk, och överskattat kostnaden, blev investeringarna populära.

Även om tariffen sänktes varje år blev den tyska utbyggnaden snabb. Eftersom tariffen garanterades i 20 år från det anläggningen började producera pågår fortfarande en stor överföring av pengar till de fastighetsägare som var tidiga med att investera i solceller. Som framgår av figur 8 blev det därför tyska hushåll som finansierade solcellsindustrins lärprocesser och drev ner kostnaderna till dagens nivå där utbyggnaden kan fortsätta på många håll i världen utan stöd.

De senaste två åren är det Kina, Japan och USA som tagit över ledningen i att installera solceller. Kina går ungefär när detta skrivs om Tyskland och bli det land i världen som har störst installerad kapacitet att producera solceller. Det har skrivits att Kina ensamt i år kan komma att installera över 20 GW.¹³

I stora delar av världen kan nu solceller på taket ge billigare el än att köpa el från elnätet. Det kan också gälla i Sverige. I USA installeras ett soltak var tredje minut, i Japan ett varannan minut och i Bangladesh installeras ungefär ett hushållssystem varje minut. Dessa installationer kan nu ske utan stöd.

¹³ http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/china-increases-solar-installation-target-for-2015_100021478/



Figur 9: Lärkurvor för solcellsmoduler, numera betecknad Swanson's lag.

Under 2015 har solceller också fått internationellt genombrott som konkurrenskraftigt mot alla andra nya kraftverk. Under förra vintern köpte elbolaget i Dubai en 100 MW solcellsanläggning. Priset blev så lågt som 5,8 US ¢/kWh, vilket var mindre än hälften av vad man avsett i budgeten. Därför skrev man kontrakt på 200 MW istället. Eftersom man konstaterade att priset var lägre än för el från gasbelade elverk beslutade man inom några veckor om en utbyggnad med målet 3 000 MW.¹⁴

Austin, Texas, upphandlade solceller för under 4 US ¢ per kWh, men då finns en subvention motsvarande ca 2 ¢, dvs produktionskostnaden är ca 6 ¢ per kWh. När Indien nyligen genomförde en auktion för att köpa billigast möjliga solceller vann Sunedison med ett pris på 7,12 US ¢/kWh.¹⁵ Därmed framstår solceller som billigaste sättet att få el i Indien utan subventioner¹⁶. Några dagar tidigare avslutades upphandlingen i Chile där solceller till och med slog vindkraften med ett pris på under 7 ¢/kWh. Fossil el erbjöds i den upphandlingen bara till priser över 8 ¢/kWh och lyckades inte få någon del i upphandlingen.¹⁷

¹⁴ http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/dubai-announces-800-mw-third-phase-of-major-solar-project_100019160/#axzz3spjxT8S4

¹⁵ <http://www.thehindubusinessline.com/economy/solar-tariffs-in-india-hit-alltime-low-of-rs-463/article7841242.ece>

¹⁶ <http://cleantechnica.com/2015/11/05/sunedison-wins-500-mw-solar-pv-bid-india-record-breaking-tariff/>
http://www.pv-tech.org/news/paradigm_change_in_indian_power_sector_as_solar_bids_reach_grid_parity

¹⁷ <http://www.pv-tech.org/news/42361>

Det viktiga med denna beskrivning är att de tekniskspecifika satsningar som gjorts i Tyskland, USA och Kina har givit framgång och såväl vindelverks som solelverk kan nu konkurrera ut fossil kraft och kärnkraft i stora delar av världen. Hastigheten i genombrottet är just nu snabb. Vindkraften blev tydligast billigaste alternativ under 2014 och först under 2015 har sol blivit tydligt konkurrenskraftig.

Därmed kan takten i utvecklingen öka i de länder som har institutionella förutsättningar för dessa tekniker. Där kommer kostnaderna att falla ännu mer när erfarenhet ackumuleras. Det är svårt att hitta någon faktor som inom de närmaste decennierna skall stoppa kostnadssänkningarna – inga kritiska materiel eller brist på plats tycks utgöra hinder. Materialintensiteten är låg vilket ger potential för fortsatt stor kostnadssänkning. Färre processteg och rörliga delar än i termiska kraftverk ger möjligheter till små underhållskostnader – extremt små för solceller.

Man kan därför förvänta sig att ekonomiska potentialerna att leverera el från världens förnybara energiresurser ökar då kostnaderna sjunker och utrustningarna blir effektivare.

USAs energidepartement publicerade den 13 november en energirapport med titeln "Revolution... Now: The Future Arrives for five Clean Energy Technologies"¹⁸. Energiminister Moniz drar slutsatsen att vi nu har verktygen för en ren och trygg energiförsörjning¹⁹. I Kina publicerade chefen för State Grid Corporation of China 2015 sin bok *Global Energy Interconnection* där han beskriver de industriella läroprocesserna som refererats här och målar upp en vision där sol och vindenergi kommer att stå för huvuddelen av världens el²⁰.

Det vi hittills har set är inte ett enstaka utvecklingssteg. Liksom informationstekniken utvecklats genom prestandaförbättringar under decennier enligt Moores lag som talat om hur transistortätheten i halvledare fördubblas vartannat år, följer kostnadssänkningen för solceller Swansons lag som beskriver hur kostnaden sjunkit med en femtedel för varje fördubbling av hur många W solceller som producerats. Någon anledning att denna utveckling skulle avstanna idag för sol- och vindkraftens kostnadssänkningar är svår att identifiera.

VII. Finansiella konsekvenser

Redan under den period då förnybar elproduktion har byggts med hjälp av olika stöd har de finansiella konsekvenserna för gamla energiföretag varit förödande. The Economist hade redan 2013 en artikel med rubriken "*How to lose half a trillion euros – Europe's electricity providers face an existential threat*"²¹. Där beskrevs hur de stora elbolagen förlorat värde och tvingats till nedskrivningar på grund av att ny elproduktion med låga kostnader pressat ner elpriserna.

Elkontrakt för leverans år 2016 i Tyskland, kostade här 2011 över 60 €/MWh men hade 2015 fallit i pris till under 30 €/MWh.²² Detta sänker lönsamheten i alla kraftverk och minskar därmed deras värde. Vattenfall, GDF Suez, Eon och andra energibolag har tvingats till fortsatta nedskrivningar på hundratals miljarder kronor.

¹⁸<http://energy.gov/sites/prod/files/2015/11/f27/Revolution-Now-11132015.pdf>

¹⁹ <http://energy.gov/articles/secretary-moniz-announces-clean-energy-technologies-are-accelerating-us-marketplace>

²⁰ Zhenya Liu 2015: *Global Energy Interconnection*. Academic Press London

²¹ <http://www.economist.com/news/briefing/21587782-europes-electricity-providers-face-existential-threat-how-lose-half-trillion-euros>

²² <http://www.eex.com/en/market-data/power/futures/phelix-futures#!/2015/11/27>

I USA utlöste utbyggnaden av vindelverk i Texas en av USA:s största konkurser någonsin när elbolaget Energy Future Holdings gick i konkurs 2014. Detta bolag var uppbyggt med 1900-talets logik, som sade att stora kol och kärnkraftverk har lägst marginalkostnader och därför är ekonomiskt stabila. Det man inte förutsåg var att den patriotiska satsningen på vindkraft skulle erbjuda el med noll i kortsiktig marginalkostnad som konkurrerade ut även kol och kärnkraftverk. Som reglerkraft kunde gaskraft lättare klara variationen. Elen är nu så billig att producera att kunder erbjuds gratis el på nätterna.²³

Det är möjligt att många energibolag i Europa också kommer att gå under som en följd av den snabba tekniska utvecklingen. Förutom att ägarna förlorar pengar kan detta leda till skattebetalarna måste ta över kostnader för att städa upp efter kolgruvor, dåliga kärnavfallsförvar, använt kärnbränsle och rivning av reaktorer. Tidiga tecken på reaktorägarnas svårigheter att klara kostnaderna märks i deras begäran om statligt engagemang i Tyskland.²⁴

Politiker i alla länder kommer under de närmaste åren att tvingas väga nyttan av att snabbt sänka kostnaderna för energiförsörjningen med modern teknik mot starka ekonomiska intressens försök att bevara värdet hos gamla anläggningar.

Det vi ser är ett exempel på vad den Österrikiska ekonomen Joseph Schumpeter kallade kreativ förstörelse²⁵ – en beteckning på den verkligt stora välfärdsökning som sker när ny teknik slår sönder gamla värden. Värdefullt för världens människor, men plågsamt för den gamla industrins ägare. ***Riskerna för politisk korruption är i sådana tider stora och värdet av fungerande demokratisk kontroll över den ekonomiska makten blir som tydligast.***

VIII. Kompletterande tekniker

Det påpekas ofta att elsystemet har svårt att fungera om all el kommer från sol och vindenergi eftersom produktionen då blir beroende av ostyrbart tillgång på sol och vind. Det tillförsel-fokuserade svaret är att sol och vind kan kompletteras med vattenkraft och biokraftvärme som båda kan vara flexibla och anpassa sig till varierande värden på el.

Även om sol- och vindel växer snabbt kommer det under många år att finnas gamla termiska kraftverk som ett efter ett slås ut av lägre produktionskostnader från de nya förnybart drivna anläggningarna. Under denna tid kommer inte effektbrist utan kapacitetsöverskott vara det viktiga.

De som lyfter fram effektproblemen som om det var ett systemproblem eller ett politiskt problem kan också ha någon av följande två drivkrafter.

Ägare av gamla anläggningar vill ha subventioner för att bevara termiska kraftverk som slagits ut ekonomiskt. Detta har tydligt gällt argumenteringen i Tyskland.

Många elleverantörer börjat inse att deras samlade åtaganden att leverera el till fasta priser inte motsvaras av egen produktionskapacitet eller kontrakterade möjligheter att köpa in el. De har med andra ord gjort åtaganden som riskerar att driva dem i konkurs om elpriserna under en period blir höga. Detta är inte ett politiskt problem utan något elleverantörerna behöver hantera i sitt sätt att utforma kontrakt.

²³ <http://www.nytimes.com/2015/11/09/business/energy-environment/a-texas-utility-offers-a-nighttime-special-free-electricity.html>

²⁴ <http://www.reuters.com/article/2015/11/25/germany-nuclear-decommissioning-idUSL8N13K20O20151125#WKCtZ8tr1KACoq0.97>

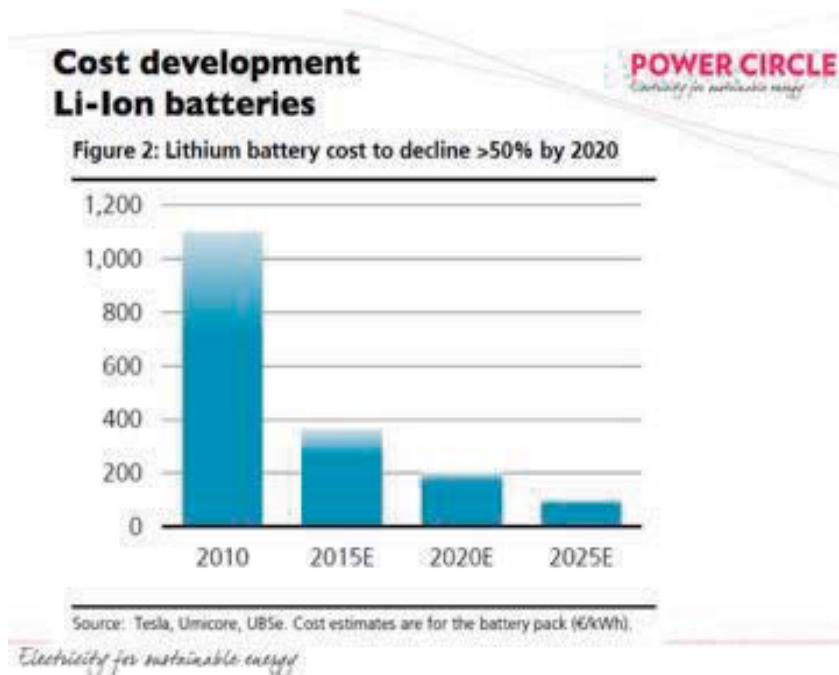
²⁵ Schumpeter, Joseph A: Capitalism, Socialism and Democracy. Harper and Brothers Publ. New York and London 1942, kapitel VII.

Hantering av effektbalansen underlättar också av att det inte bara är sol- och vindteknologin som gjort framsteg under senare år. Energieffektiv teknik har utvecklats snabbt, det gäller värmepumpar, fönsterteknik och allra tydligast belysningsteknik där lysdioder har sänkt på elåtgången för belysning till några enstaka procent. Det har gått så fort att effektiviseringspotentialen snarast har ökat. Teknikutvecklingen gått fortare än samhället lyckats ta ny teknik i bruk.

Detta är relevant eftersom energieffektivitet i allmänhet leder till att elanvändningen kan styras mer i tiden än vid sämre effektivitet. Det kan bland annat ske genom att värmning och kylning med el kan göras så att värme och kyla lagras från perioder med lågt elpris till perioder när priset är högt.

Eftersom tillgången på sol och vindenergi är förutsägbar kan man tillsammans med allt billigare informationsteknologi anpassa efterfrågan till tillgången på billig el och sänka kundens och produktionssystemets kostnader genom att undvika konsumtion när elen är dyr att producera.

Högspänningselektronisk utveckling och industrialisering av teknik för överföring av likström med spänning nära en MV har gjort elöverföring över stora avstånd möjlig med små förluster. Högspänningselektroniken ger också möjligheter att i nätet tillföra kvalitet i elsystemet som tidigare presterades av produktionsanläggningar.



Figur 10: En illustration från Power Circle av kostnaden för batterier med förväntningar till 2025.

Effektivisering, styrning av efterfrågan och transmission är i allmänhet billigare än ellagring med batterier. Men batteri-industrin har också gjort dramatiska framsteg under senare år. Militära forskningsanslag har haft viss betydelse, men här är det framför allt den kommersiella efterfrågan via mobiltelefoner och bärbara datorer som skapat industriell erfarenhet och drivits ner priserna. Nu har priserna nått nivån där elfordon blivit rimliga. Därigenom har skalan i batteritillverkningen ökat och kostnaderna pressats ner ytterligare.

Det är inte bara bilar som elektrifieras. I Australien har man demonstrerat en batteridrivna långfärdsbuss som går mer än 100 mil på en laddning²⁶. I Norge togs en batteridrivna färja i trafik under 2015²⁷. Under 2016 kommer Airbus börja serietillverka E-fan, ett batteridrivna, tvåsitsigt skolflygplan²⁸.

Kostnaden för batterier har halverats på fem år och med ökad användning förutses kostnaderna halveras igen till år 2020. Tillgången på billig lagringskapacitet i batterier gör att elpriserna inte kan variera mycket på dygns-skala eftersom det då blir lönsamt att koppla upp batterier mot elnätet och köpa el billigt och sälja tillbaka el dyrt.

Batterier i elnäten tillsammans med högspänningselektronik kan också ge möjligheter att hantera kortsiktiga stabilitetsfunktioner i elnäten som tidigare ansågs omöjliga att åstadkomma till rimliga kostnader.

Sol- och vindenergi har i praktiken visat sig komplettera varandra genom att den solrika sommaren i flera länder har låg tillgång på vindenergi, medan den solfattigare vintern är rik på vindenergi. I kalla länder som Sverige bidrar kraftvärmeanläggningar med el och värme under kalla perioder med kyla och hög efterfrågan på el, medan fjärrvärmesystemet under perioder med överskott på el från sol och vind kan använda elen för att producera värmen. Några länder har ju dessutom vattenkraft med regleringsdammar som kan lagra energi.

Tack vare utvecklingen av energieffektivare teknik, informationsteknologi och batteriindustrin kan sol och vindenergi integreras effektivare idag än i ett 1900-talsystem där efterfrågan styrde produktionen utan möjlighet för konsumenterna att utnyttja varierande kostnader.

Elsystemets reglering och institutioner kan vara mer eller mindre öppna för att dessa möjligheter skall tas tillvara. Lagstiftarnas skicklighet i att frigöra sig från gamla mönster och auktoriteter kommer därför ha betydelse för vilka länder som klarar att utnyttja möjligheterna.

IX. Hur står sig Sverige?

Den Svenska utvecklingen har drivits som miljöpolitik med kortsiktig kostnadseffektivitet som mål. Bioenergin som ersättning för fossila bränslen har varit en utomordentligt effektiv lösning i det perspektivet, och Sverige har nu världens största bioenergianvändning per invånare – vår användning av bioenergi per invånare är nästan lika stor som kinesernas användning av kol.

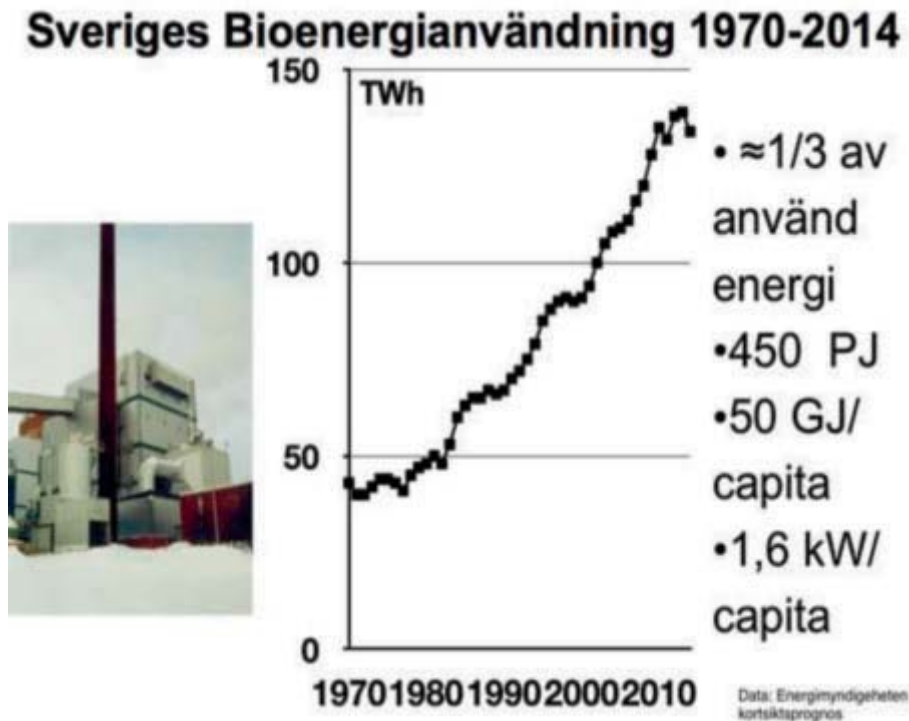
Eftersom det inte drivits som en koordinerad industripolitisk verksamhet har det industriella utbytet emellertid varit litet. Anläggningar som byggs använder internationell teknik och internationella leverantörer.

Biodrivmedelsindustrin har gjort stora framsteg, men utvecklingen sker också här utan koordinerad politik och de företag som engagerat sig drabbas av varierande och osäkra villkor och lämnar på olika sätt den svenska branschen.

²⁶ <http://onestepoffthegrid.com.au/all-electric-bus-unveiled-in-melbourne-heading-to-sydney-on-one-charge/>

²⁷ [http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=en/pressrelease/2015/processindustries-drives/pr2015050200pden.htm&content\[\]=PD](http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=en/pressrelease/2015/processindustries-drives/pr2015050200pden.htm&content[]=PD)

²⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_E-Fan
<http://www.airbusgroup.com/int/en/innovation-citizenship/airbus-e-fan-the-future-of-electric-aircraft/industrial-plan.html>



Figur 11: Sveriges bioenergianvändning.

Vindenergianvändningen har skett på ett liknande sätt. Tillverkning av vindkraftverk har inte ansetts viktigt i Sverige. Däremot har koordinering av utbyggnadsverksamhet varit framgångsrik. Kostnaden för vindel i Sverige är bland de lägsta i Europa och 2013 var Sverige det land i världen som byggde mest ny vindkraft per invånare.

Svenska företag har också varit viktiga underleverantörer till tillverkare av vindkraftverk i världen. Bland leverantörerna finns SKF och ABB, men det har också gjuterier och tillverkare av specialkomponenter såsom kärnor till turbinblad.

Solel-utbyggnaden är fortfarande liten i internationell jämförelse, men svenska installatörer har lärt sig snabbt. Priserna för installerade solel-system står sig bra i internationella jämförelser. Att installera en watt solel i USA eller Japan kostar ca dubbelt så mycket som i Sverige. Trots mindre sol kan alltså lönsamheten därför vara god också här.

Trots en låg nivå, är det värt att uppmärksamma att tillväxten är exponentiell. Sedan några år nästan fördubblas den installerade kapaciteten varje år.²⁹

X. Bränslepriser och Hotellings modell

Efter att sol och vind el blivit konkurrenskraftiga, batterikostnaderna sjunkit och elpriserna fallit i Europa och USA föll också oljepriset sommaren 2014. Orsaken var att när efterfrågan inte växte

²⁹ <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2015/sverige-fordubblar-solcellskapaciteten--for-fjarde-aret-i-rad/>



438

Figur 12: Utvecklingen av kostnaden för solcellssystem sammanställd på uppdrag av energimyndigheten.

riktigt som förutsett och priset var på väg att falla valde Saudiarabien att fortsätta exportera som förut. Tidigare har Saudiarabien reducerat sin export för att hålla uppe priset men det gjorde man inte denna gång.

En teoretisk analys av hur priset på olja bör utvecklas gjord av ekonomen Harold Hotelling säger att priset på en ändlig resurs skall växa så att det är likgiltigt om man utvinner och säljer oljan och investerar pengarna mot ränta, eller behåller oljan i marken. Priset idag måste dock sättas så lågt att med vad man vet om efterfrågan, så skall man ha hunnit sälja all olja innan efterfrågan försvinner.

Om ny teknik gör att billig el och batterier plötsligt ser ut att ersätta oljebaserade drivmedel tidigare eller vid lägre oljepriser än man trodde så behöver oljepriset sänkas för att man skall få sålt all sin olja. Hellre sälja oljan för 50 USD/fat idag än att den blir kvar under sanden när efterfrågan på olja försvunnit³⁰.

Detta skulle kunna förklara Saudiernas agerande. Om man inte tror att Saudi Arabiens oljeminister är så välinformerad om solenergens utveckling så titta på den filmade intervjun i artikeln "At OPEC Saudi Oil Minister Mainly Wants to Discuss Solar Power - What does it say about oil when Saudi Arabia embraces Solar?"³¹.

³⁰ <http://msl1.mit.edu/classes/esd123/2003/bottles/Hotelling.pdf>

³¹ <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-06-03/at-opec-the-saudi-oil-minister-mainly-wants-to-discuss-solar-power>

USA har sedan 1970 talet betraktat sina inhemska oljetillgångar som strategiska resurser. Således har det varit förbjudet att exportera olja från USA. Amerikanska staten trodde inte privata aktörer förstod hur värdefull oljan en gång skulle bli. Nu är denna föreställning obsolet. I december 2015 beslutade man i en sällsynt uppgörelse mellan demokrater och republikaner att samtidigt häva förbudet mot oljeexport och att satsa på förlängda stöd för att skynda på utbyggnaden av förnybar energi.³²

Effekten på kolutvinningen har varit direkt. I Kina ökade förnybar elproduktion med över 200 TWh 2013-2014 medan den kolbaserade elproduktionen minskade med ca 40 TWh³³. Samtidigt har kol ersatts med gas och förnybart i USA vilket gjort att även kolpriserna sjunkit.

Utvinning av kol, olja och gas sker på olika håll världen med olika dyrbara metoder. En del utvinning av olja och gas är tydligt lönsam även vid dagens priser. Om efterfrågan minskar på grund av konkurrens kommer några att kunna fortsätta sänka sina priser och fortsätta leverera.

När företagen tvingas reducera kostnader lyckas man ibland över förväntan. Den amerikanska skifferoljeindustrin har lyckats göra det och fortlever trots att oljepriset ligger under vad man trodde var gränsen för vad den skulle klara.

Kolpriserna har sjunkit mer än många trodde vara möjligt inte bara på grund av rationalisering och sänkta transportkostnader på grund av lägre oljepris. Precis som ryska rubeln fallit med oljepriset, har valutorna i länder med stort beroende av kolexport såsom Australien och Indonesien har sett sina valutor försvagas vilket gjort att deras exportpriser i dollar kunna sänkas till konkurrenskraftiga nivåer.

Amerikanska kolgruvor som inte fått någon valutaeffekt tvingas däremot stänga, hundra gruvor per år har stängts de senaste fem åren.³⁴ Kina, som minskat sin elproduktion med kol till förmån för förnybar elproduktion de senaste åren har stängs tusentals kolgruvor.³⁵ Trots att det leder till avskedanden av många arbetare³⁶.

Viktigt är att fossil-industrin krymper. Liksom elbolagen förlorar den sina tillgångars värde³⁷. Man avbryter den dyrare utvinningen och man avbryter sökandet efter resurser man vet kommer ha höga utvinningskostnader.³⁸

Den lyckade industriella utvecklingen kring sol-, vindenergi, batterier och elfordon har alltså inte bara sänkt priset på el och gjort det svårt för elföretag, utan också sänkt olje- och kolpriset och gjort det svårt för fossil-säljande bolag och exporterande länder.

³² <http://www.reuters.com/article/us-usa-fiscal-oil-idUSKBN0U121U20151219>

³³ <http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/gongxufenxi/dianliyunxingjiankuang/2015-02-02/133565.html> (samt bedömning om bioenergins andel av termisk elproduktion.)

³⁴ <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-03/u-s-has-the-fewest-coal-mines-since-the-lightbulb-was-patented>

³⁵ <http://www.reuters.com/article/2014/04/04/us-china-coal-idUSBREA330QQ20140404>

³⁶ <http://cleantechnica.com/2015/09/28/chinese-coal-mining-company-lays-off-100000-workers/>

³⁷ <http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2015/Pages/xyz1q15.aspx>

³⁸ <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-28/why-shell-quit-drilling-in-the-arctic>

Världens ekonomiska utveckling och energikunder har dock bara glädje av vad Tyskland, USA och Kina åstadkommit.

XI. Framtiden

Hittills har denna rapport handlat om den industriella utvecklingen fram till idag. Den må vara överraskande för många men den har hänt. Låt oss nu gå över till några scenarier för vad som kan komma att hända i framtiden. Ambitionen är inte att berätta hur det blir, men att stimulera tänkande om hur Sverige skall hantera de möjligheter som skapats och hantera de förändringar som utvecklingen medför i världens ekonomi.

XII. Geopolitiken

Av de 1900-talets energiresurser är särskilt oljeresurserna geografiskt koncentrerade. Oljeexport har varit lönsamt och exporterande länder har bara i några enstaka fall varit demokratier.

Kamp om makt över oljeresurser har ofta medfört krig och konflikter. Bland de exporterande länder som inte är inblandade i krig just nu, finns några av världens största importörer av vapen och säkerhetsteknik.

Med en övergång till förnybar energi försvinner beroendet av koncentrerade resurser. Viktigare för att utnyttja förnybara resurser är förmåga att organiseras institutioner effektivt och att upprätthålla stabilitet i ekonomin som gör att investeringar kan ge avkastning under lång tid.

Därmed borde utvecklingen stärka demokratiska stater och en utveckling mot mer frihet och demokrati i dagens oljerika länder, även om det sker under ekonomisk tillbakagång. Riskerna är dock stora att försvagade regimer drabbas av väpnad opposition. Detta kan leda till perioder av störd oljeexport och höga oljepriser – vilket i så fall skyndar på utvecklingen av förnybara alternativ i fordonssektorn.

XIII. Ny elprisgeografi

Sverige har länge haft en industriell fördel av att genom god tillgång på el. Den är ett resultat av industri-politiskt genomdriven vattenkraftutbyggnad och sedan en likaledes väl samordnad utbyggnad av kärnreaktorer som resulterat i ett stort utbud av elproduktion med låga rörliga kostnader jämfört med vad 1900-talets teknik i övrigt kunde erbjuda. Detta gav låga elpriser i jämförelse med fossilberoende länder och bra förhållanden för den elintensiva industrin.

När sol- och vinddrivna elverk byggs ut nås ännu lägre rörliga kostnader. Dessutom kan utbyggnad nu ske med lägre totala kostnader än för någon annan elproduktion.

Hösten 2013 inträffade en period när elintensiv industri i Tyskland kunde köpa el för kontinuerlig leverans under 2014 billigare än vad industrin i Sverige kunde. Det stora utbudet av el i Tyskland var då fortfarande betingat av att utbyggnaden av sol och vind drivits av den subvention inmatningstarifferna innebar. Men det påminde om att också tyska politiker är skickliga på att gynna sin industri, och det var en förvarning om vad som kan ske när sol och vind byggs utan subventioner.

Sverige har goda förutsättningar för att komplettera vattenkraften med stor utbyggnad av vindkraft – både på land, i Östersjön och i Västerhavet – och en fortsatt utveckling av bioenergi för produktion av el, drivmedel och fjärrvärme. I Sverige har många avfärdat solel därför att den levererar under delar av året då elkonsumtionen är låg. Men vi har i stora delar av landet solenergitillgång som är ungefär lika stor som Tysklands. Vattenkraftverken och elledningar gör också att sommarens elproduktion kan ges ett betydande värde.

I Sverige är kostnaderna för att producera el från vind och biomassa lägre än i övriga Europa. Sveriges vindkraftverk producerar i medeltal ca en tredjedel mer el per installerad MW än de

tyska³⁹. Om dessa möjligheter kan tas tillvara på ett effektivt sätt kan Sverige bli en betydande exportör av förnybar el till resten av Europa och därmed kommer elpriserna här att vara lägre än i de områden som vi exporterar till.

Skall vi lyckas använda resurserna på detta sätt krävs en utveckling där elnät och transmissionskapacitet utvecklas och används.

Ändå kommer förhållandena globalt att kunna drabba Sveriges industriella konkurrenskraft om de delar av världen som har stora sol och vindtillgångar lyckas åstadkomma institutionella förutsättningar för att ta tillvara resurserna för industriella ändamål. Mongoliet, delar av Kina, Australien och Nordafrika är några exempel på områden där elproduktion med 2000-talets teknik skulle kunna ge mycket och billig el för industriella ändamål.

Att hantera introduktionen av de nya tekniska möjligheterna snabbt och effektivt är viktigt för hela den industriella utvecklingen i Sverige.

XIV. Modernisering är ekonomiskt viktigt på flera sätt

Under de närmaste decennierna kommer det att byggas storleksordningen TW ny elproduktionskapacitet i Europa, Huvuddelen kommer att vara vindkraft och solet och mycket av vindkraften kan komma att byggas i Östersjön och Nordsjön. Denna utbyggnad kommer att omsätta hundratals eller något tusental miljarder kronor per år och sysselsätta hundratusentals människor.

Sveriges geografiska läge och industriella historia ger förutsättningar för att en betydande del av denna verksamhet skall hamna i Sverige. Men det är industripolitisk konkurrens om verksamheterna och Tyskland, Danmark och Storbritannien har vind-industriella ambitioner och Tyskland och Storbritannien har också betydande solenergi-industriella satsningar.

Det är inte enbart eller huvudsakligen en fråga om subventioner av installationer. Det viktiga för att det industriella utvecklingssystemet skall fungera är koordinerad politik som också hanterar utbildning och träning av personal, plan- och tillståndsprocesser, infrastruktur och marknadsvillkor. En beskrivning av vad som kan göras för att lyckas finns publicerad.⁴⁰

Havsbaserad vindkraft är ett område där långsiktig industripolitik skulle kunna ge stor utdelning i både industriell sysselsättning och låga elpriser på ett par decenniers sikt.

Det är samtidigt en för många paradoxal situation att Sverige har utvecklat flera lovande soleteknologier som har eller kan komma att lämna landet på grund av bristande intresse grundat på den dåligt grundade idén att solenergi inte är aktuellt här.⁴¹

³⁹ Elproduktionen delat med installerad effekt för vindkraftverken i Sverige och Tyskland. Med Data från BP Statistical Review of World Energy 2015.

⁴⁰ http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/186375/local_186375.pdf

⁴¹ Ett äldre exempel är Solibro: <http://solibro-solar.com/en/company/research-development/>
Ett som är i en spännande fas är Midsummer: <http://www.midsummer.se>
Ett lovande företag som riskerar att tas över är Exeger: <http://www.exeger.com>

XV. Kan också elnäten bli offer för kreativ förstörelse?

Den amerikanske solenergikonsulten Michael Rogol gav 2011 ut boken *Explosive Growth*. Där hävdade han att världens elföretag hade 1000 dagar på sig att ändra affärsmodeller. Om inte, skulle de slås ut av växande solcellsanvändning.

Rogol menade att två dödliga utvecklingsspiraler hotade företagen. Den första var att när solceller på hustak blev lönsamma skulle de mest resursstarka hushållen och småföretagen investera. Antingen det ledde till att kunder köpte mindre el eller att de helt kopplade bort sig skulle det leda till att elbolagen fick mindre intäkter.

Eftersom bolagens kostnader i betydande grad är fasta skulle detta tvinga bolagen att höja priset på de kWh de ändå sålde vilket skulle göra det mer lönsamt att lägga solceller på taken. Fler skulle då investera i solceller, bolagen förlora intäkter och tvingas höja elpriset varpå det blev ännu lönsammare att köpa solceller...

Hans perspektiv var amerikanska och asiatiska, där nät- och elkostnader faktureras tillsammans med ett pris som i huvudsak betalas per kWh. Denna spiral fungerar inte i Sverige så länge kunderna fortsätter att vara anslutna till näten. Nätkostnaderna, som i hög grad är fasta, debiteras ju också ofta som i huvudsak en fast avgift i Sverige.

Om elkunder däremot börjar koppla bort sig startar spiralen även här. Risken att kunderna kopplar bort sig ökar inte bara för att solceller blir billigare. Det krävs också att batterier framstår som ett bättre sätt att hantera solcellernas varierande produktion än att utväxla elen via elnätet. Viktigt för denna avvägning blir då beskattningen av el som netto-handlas via nätet.

Utredare från Skatteverket har hävdat att det är nödvändigt att debitera moms om elektroner går fram och tillbaka genom elmätaren. Det är inte självklart riktigt. Det system med skatterabatt som istället infördes är byråkratiskt ohanterligt för de flesta.

En möjlighet till netto-handel skulle ge ägaren av solceller prissignaler om elens varierande värde vid olika tidpunkter i relation till elsystemet. Med dagens system värderas den i relation till husets användning och blir värdelös vid överskott och väldigt värdefull när den ersätter inköpt el. Batterier blir då värdefulla för husägaren eftersom hen minskar mängden el hen ger bort gratis, och det kan leda till att fler börjat koppla bort sig helt. Minst en har gjort det.⁴²

Rogols andra mekanism handlar om att nätföretagen tidigare betraktats som ekonomiskt helt säkra låntagare. Som monopolföretag har de kunnat höja priserna om de fått ekonomiska problem och därmed aldrig riskerat att inte kunna betala tillbaka. Som ett resultat har de åtnjutit låga kostnader för lånat kapital vilket varit viktigt med den höga kapitalintensiteten i verksamheten.

Om kunder får ekonomiska möjligheter att lämna näten gäller inte detta säkert längre. När några finner det ekonomiskt fördelaktigt att med solceller och batterier koppla bort sig kommer långivarna börja bli oroliga. Då kommer de att kräva en liten riskpremie på räntan för lån eller obligationer. Därmed stiger elnätsbolagens kostnader och de måste höja sina avgifter. Då kommer fler att finna det lönsamt att koppla bort sig från näten...

I USA har denna mekanism börjat slå mot elbolagen. Först var det Barclays som redan 2014 nedgraderade bolagens kreditvärdighet med hänvisning till solenergin utveckling. I år har Moodys

⁴² <http://m.gp.se/nyheter/goteborg/1.2886303-huset-som-som-inte-behover-nagon-el>

uttalat liknande oro för batteriteknikens effekter. Flera har sedan formulerat riskerna bl a i Wall Street Journal.⁴³

Men även om Rogols mekanismer börjat visa sig har vi ännu inte kunnat se några el- eller elnätsbolags om slagits ut av solet.

XVI. Eller får vi se ett globalt super-nät med låga priser?

Man kan också tänka sig att utvecklingen av effektiv teknik för att ta hand om sol- och vindenergi leder till att denna energi utvinns där kostnaderna är lägst och skickas över stora avstånd med högspända överföring och låga förluster.

I en harmonisk värld där ekonomisk tillväxt prioriteras kan detta vara den effektivaste utvecklingen. Den tidigare refererade chefen för State Grid Corporation of China, Zhenya Liu, skriver i sin bok *Global Energy Interconnection*, utgiven i september 2015, om en vision där elen kan föras runt jorden i ett globalt elsystem. I ett sådant system kan solet skickas från dag till natt utan att lagras, och vindel mellan vädersystem.

Det går att argumentera för att ett sådant system skulle vara billigt och effektivt. Men det skulle samtidigt vara sårbart och skapa ömsesidiga beroenden. Sådana ömsesidiga beroenden kan vara geopolitiska stabiliserande, men konsekvenserna av att ett sådant system förstörs, vilket ju också kan ske genom naturkatastrofer, skulle vara stora.

XVII. Värden på mineral ändras

Under 1990-talet kunde denna utveckling av förnybar energi och ökad användning av batterier och bränsleceller förutses. Vid fysisk resursteori på Chalmers formulerades forskningsområdet "materialbegränsningar för förnybara energi" som ledde till en avhandling av Björn Sandén (Andersson) som visade komplicerade samband mellan utvinning och användning av olika grundämnen och mineral. Materialbegränsningar kan påverka vad som är långsiktigt effektivaste tekniker, men kommer inte att hindra utvecklingen av förnybar energi.⁴⁴

I en kinesisk rådgivargrupp diskuterades frågorna 2010. Metaller som skulle öka i värde, såsom niob, identifierades och kinesisk industri har skickligt skaffat sig ägande eller kontroll över många av dessa allt mer värdefulla resurser.

Även svenska staten har anledning att förstå hur utvecklingen påverkar värdet av de resurser som finns inom landet i betydande mängder.

XVIII. Solenergens politiska stabilitet

Solcellerna genombrott hotar etablerade ekonomiska intressen. De kommer, eller har redan, försökt använda sitt politiska inflytande för att bromsa utvecklingen.

Systemet med inmatningstariffer i Tyskland har förvaltats av olika regeringskonstellationer. När den inledningsvis mindre kärnkraftskritiska regeringen med liberaler och kristdemokrater tillträdde fanns en ambition att avskaffa systemet. Det visade sig då att det var föga populärt inom kristdemokratiska partier eftersom just det partiets kärnväljare bestod av bönder, småföretagare

⁴³ <http://www.utilitydive.com/news/barclays-downgrades-entire-us-electric-utility-sector/266936/>
<http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-24/batteries-pose-sales-challenge-for-power-companies-moody-s-says>

⁴⁴ <http://publications.lib.chalmers.se/publication/625-material-constraints-on-technology-evolution-the-case-of-scarce-metals-and-emerging-energy-technolog>

och fastighetsägare som var de som varit mest aktiva som investerare, och som gillade rätten att själva äga sin elproduktion.

I USA, där bolagen elbolagen tydligas sett hur soltak gör att de tappar marknad försökte deras företrädare få till stånd politiska beslut, främst i republikanska delstater, om restriktioner och extra avgifter för innehavare av soleanläggningar. Den konservativa tea-party rörelsen, som ogillar president Obama och det mesta av federal reglering och miljöpolitik, samtidigt ogillar stora monopolföretag som energibolag. Plötsligt uppstod en oväntad politisk allians av tea-party aktivister och miljöorganisationer som tillsammans försvarade individuella hushålls rätt att producera sin egen el. Man har till och med en gemensam Facebook sida för "The Green Tea Coalition" som del i kampanjen⁴⁵. I USA har även andra breda koalitioner bildats för att ge individer eller lokala grupper möjligheter att ordna sin elförsörjning med solceller⁴⁶.

Det tycks som om privata solelsystem har en sådan attraktivitet hos ett brett spektrum av människor med olika situation och ideologi att det är svårt att mobilisera motstånd mot denna tekniks utveckling och spridning.

XIX. Förnybar energi i biståndet.

Medan konkurrensen mellan gamla kolkraftverk och nybyggd solenergi och vindkraft kan framstå som hård i gamla industriländer är i det i fattiga länder oftare så enkelt som att vind- och solenergi är det billigaste sättet att få mer modern energi.

Med sin biståndspolitik försöker bl.a. Japan och Ryssland stödja sina leverantörer av kärn- och kolkraftverk. Enskilda, stora investeringsbeslut av detta slag ger enskilda ministrar och tjänstemän kontroll över stora ekonomiska värden, vilket är kan vara lockande⁴⁷. Men det finns inte längre några samhällsekonomisk argument för dessa teknologier.

Bistånds behovet kring förnybar energi är lågt eftersom solel ofta är direkt lönsamt för hushåll så snart de kan köpa kommersiell energi i någon form.

Om man har kapacitet att erbjuda är det viktigaste institutionell rådgivning kring reglering av energimarknader för att minska korrupktion och öka öppenhet. Det kan också vara aktuellt att bistå i att bygga om nationell industriell kapacitet och utbildning av teknisk personal.

XX. Mindre energiskatter i ett förnybart energisystem

I Sverige har staten varit skicklig på att finansiera sina utgifter med skatter på externa kostnader så att ekonomin fungerar bättre genom beskattning. Detta har starkt stöd i ekonomisk teori⁴⁸. Beskattningen av el i konsumtionsledet har motiverats med att elproduktionen av konkurrenspolitiska skäl inte beskattats. Fossil elproduktion betalar alltså inte koldioxidskatt. Kärnreaktorernas rutinutsläpp är inte beskattade och deras haveri-risker är socialiserade, eller offren gjorda rättslösa, genom atomansvarighetslagstiftningen.

⁴⁵ <https://www.facebook.com/thegreenteacoalition/>

⁴⁶ <http://cleantechnica.com/2015/11/28/grass-roots-pushing-florida-constitutional-amendment-ballot-initiative/>

⁴⁷ <http://www.bdlive.co.za/business/energy/2015/12/14/cabinet-gives-green-light-to-nuclear-procurement>
<http://abcnews.go.com/International/wireStory/south-african-currency-recovers-finance-minister-35755803>

⁴⁸ A. Sandmo, 1975: Optimal taxation in the presence of externalities. Swedish Journal of Economics 77, sid 86-98.

För att kunderna ändå skall få ett pris som innehåller inte bara den direkta marginalkostnaden för elproduktionen utan också den marginella miljökostnaden behövs därför en betydande konsumtionsskatt, har man hittills argumenterat. Så länge en betydande del av elproduktionen sker med icke förnybar energi så att det medför miljökostnader är detta rimligt. Men med det genomslag ny energiteknik håller på att få kommer argumentet för denna konsumtionsbeskattning falla.

Samtidigt kan man se det så att de konkurrenspolitiska skälen att inte beskatta produktionen försvinner. Vilket värde finns att skydda inhemsk elproduktion med fossila bränslen om det ändå bara är en fråga om tid innan den skall konkurreras ut? Vad är värdet att skydda kärnkraftverken från kostnaden för miljöeffekter som i huvudsak drabbar Sverige om elproduktion som har lägre totala kostnader finns tillgängliga?

På sikt försvinner en stor del av argumenten för energibeskattning av el när elproduktionen externa kostnader försvinner. På kort sikt kan en övergång till beskattning av elproduktionen framstå som rationell – även om EUs nuvarande regler kan ha en annan inriktning.

XXII. Elektrifiering av transportsektorn motiverar nya beskattningsmetoder

Transportsektorn, särskilt vägtrafiken, har också den beskattats på grund av trafikens externa kostnader. Vägtrafiken orsakar ju inte bara utsläpp av luftföroreningar utan också kostnader för att bygga och underhålla vägar, trafikolyckor, buller, trängsel och barriäreffekter.

Fram till idag har beskattningsstrategin varit att ta ut dessa kostnader genom beskattning av drivmedlen. Det har varit en metod som ansetts ha en rimlig precision även om trängsel-problem, bullerstörning och hälsoeffekter av avgaser varit dyrare kring en Stockholmsbilist än en bilist i Norrlands inland. Detta har något korrigerats genom trängselskatter i storstäder.

Om elektrifieringen av transportsektorn fortsätter tappar man möjligheten att ta betalt för infrastruktur och trafikolyckor via beskattning av fordonsbränslen. Då kan man istället införa någon form av vägbeskattnings, vilket skulle kunna användas för att nå mer precis beskattning också av trängsel, buller och infrastrukturkostnader beroende på fordon och plats.

XXIII. Billig el gynnar materialomsättning som förorenar

Att utvinna och förädla metaller och att producera syntetiska material är i allmänhet energikrävande processer. Återanvändning, reparationer, återvinning av material gynnas därför om energipriset är högt och arbetskraft billig. Detta är ett indirekt argument för skatteväxling där externa effekter i energisektorn beskattas. Högre energipriser leder ju till minskad materialomsättning och mindre föroreningar från materialhantering.⁴⁹

Men om den industriella utvecklingen nu gör att energi blir billigare i förhållande till arbetskraft leder detta åt motsatt håll. Slit- och släng beteende blir ekonomiskt mer fördelaktigt. Det betyder att direkta miljöpolitiska åtgärder för att begränsa materialhanteringsens miljöeffekter blir viktigare.

Samtidigt som energiförsörjningen bättre miljöprestanda minskar grunden för miljöbeskattning i energisektorn blir det alltså både miljöekonomiskt och statsfinansiellt viktigare att hitta möjligheter att beskatta externa miljökostnader på grund av materialhanteringen i samhället.

⁴⁹ 1994: Kåberger, T., Holmberg, J. & Wirsenius, S. An environmental tax-shift with indirect desirable effects. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 1, pp. 250-258.

XXIV. Problem när ingen släcker

Lägre energipriser kan ge nya typer av problem. Kombinationen av billig el och radikalt energieffektivare belysningsteknik gör att belysning blir i det närmaste gratis. Det finns inte längre någon anledning att släcka en ljuskälla för att minska sina kostnader, för det är inte värt besväret. Det enda skälet att släcka är att man vill ha det mörkt istället för ljus.

Det får konsekvenser i utomhusmiljön och kanske ekologiska konsekvenser vi aldrig förr har haft anledning att lära oss något om.

Genom att belysning blivit billigare både på grund av billigare energi och genom radikalt effektivare belysningsteknik är det ett extremt exempel. Men man skall vara vaksam på andra nya problem som kan uppstå på grund av billig ledningsoberoende energis möjligheter.

XXV. Slutsatser

De två senaste åren har dramatiska genombrott skett för förnybar energi, energieffektiviserande teknik och batteriteknik. Det är viktigt för Sveriges ekonomiska utveckling att detta uppmärksammas, och att landets institutioner organiseras för att vi skall kunna dra nytta av utvecklingen. Det är därför denna rapport skrivits.

Det är mycket i den framtida utvecklingen som är svårt att i detalj förutse. De normala läroprocessernas successiva utveckling kan också komma att brytas av teknikgenombrott som öppnar helt nya möjligheter.

Att försöka planera för framtiden är viktigt, men planerna kommer aldrig gå att genomföra. Värdet ligger i att man under planeringen lär sig att förstå samband så att man sedan snabbt kan agera i verkligheten.

Jämfört med många andra tekniskiften i historien kan detta framstå som ett av de mer dramatiska. Energibranschen globalt hanterar enorma värden, och de värden som nu raderas ut av ny teknik är därmed också stora.

Politiska makthavare kommer att utsättas för påtryckningar från företrädare för dessa hotade ekonomiska värden att bromsa eller hindra utvecklingen. ***Det kommer att ställa politikers integritet på prov.***

Att gamla system, förorenande, riskabla och beroende av ändliga resurser, konkurreras ut undanröjer samhällsproblem. Samtidigt är den välfärd som skapas av de nya försörjningssystemen med lägre direkta kostnader och lägre miljökostnader stora. Det borde kunna locka många till konstruktiva insatser för att skynda på utvecklingen.

FRÅN KOLKÄLLA TILL KOLFÄLLA

Om konsten att skapa ett hållbart lantbruk, begrava kol i marken - och rädda jorden.

Peter Sylwan



"Liv" och "Jord". Träskulptur av Ingvar Johansson

Jord är en livsviktig resurs. Bokstavigt talat. Utan jord finns det inget liv - i vart fall inget mänskligt liv. Och utan liv finns det heller ingen jord¹. Det är förstås ingen tillfällighet att Adam betyder jord och Eva liv².

Det är svårt att tänka sig ett element som har större elementär betydelse för ett hållbart mänskligt liv och samhälle än tillgången på levande, bördiga och odlingsbara jordar³. Det skulle möjligen vara sol, luft och vatten. Jorden ger oss inte bara föda, foder, fiber, energi och industriråvara. Jorden filtrerar, avgiftar, fördröjer och lagrar också allt regnvatten på väg till havet eller tillbaka till himlen. I och på jorden finns en avgörande del av den biologiska mångfald som är livsviktig för oss

¹ Naturliga jordar uppstår i en process där levande organismer spelar en avgörande roll.

² Bägge namnen är härledda ur hebreiska ord som är kopplade till jord och liv.

³ De flesta av FN's SDG (1 - 3, 5 - 8, 10, 12 - 15) är också mycket riktigt direkt kopplade till vad som händer med bruket av jorden och jordarnas tillstånd

och alla de ekosystemtjänster som jordens gör oss. I en tesked levande matjord ryms det mellan 100 miljoner till 1 miljard levande mikroorganismer och i ett spadtag bördig trädgårdsjord kan det finnas fler olika arter levande organismer än vad som lever ovan jord i Amazonas. På och i ett hektar åkermark kan det finnas mer än 5 ton levande organismer.⁴ I allt utbyte av vattenånga, koldioxid, metan, lustgas – och syret vi andas – mellan jord och luft spelar livet i och på jorden avgörande roller.

Men jordens jordar är också en fossil resurs – som vi förbrukar med en oroväckande stor hastighet!

Alla de så kallade ekosystemtjänsterna som jorden gör oss, gör den mest och bäst så nära sitt orörda och naturliga tillstånd som möjligt. Inklusivt tjänsten att förse en jagande, fiskande, samlande och asätande människa med mat. Så länge vi levde på detta anspråkslösa sätt var vi en ekologisk faktor bland alla andra, som inte förbrukade mer av jordens jordar än vad som återskapades av vittring och växtlighet. Levde vi över jordens tillgångar löste naturen själv problemet med sina egna lika effektiva som hjärtlösa metoder.

När människan blev bonde för cirka tio tusen år sedan och började odla jorden ändrades hela denna spelplan radikalt. Alla de ekosystemtjänster som jorden gör oss fungerar sämre i en odlad jord än i en orörd jord – utom den att kunna förse oss med mat. Upptäckten och uppfinningen av jordbruket är en av mänsklighetens största uppfinningar. Som jägare och samlare behövde vi en kvadratkilometer mark per person för att kunna leva. Våra nuvarande brukare av jorden kan odla mat åt 3 000 människor på samma yta (eller 600 som lever på samma köttrika diet som vi)⁵.

Men allt jordbruk är i grunden "oekologiskt". Om man med "oekologiskt" eller "onaturligt" menar ett radikalt störande ingrepp i naturens egna ekosystem med omfattande ekologiska konsekvenser så är allt jordbruk "onaturligt" och "oekologiskt". En av de allvarligaste konsekvenserna av att bruka



jorden är att jorden försvinner. Hur fort råder det förstås delade meningar om och det finns olika sätt att beräkna förlusten. Jordforskaren David Pimentel gör uppskattningen att vi förbrukar jord mellan 10 – 40 gånger fortare än den nyskapas. Hans beräkningar av den årliga jordförlusten slutar på mer än 10 miljoner hektar jordbruksmark som varje år blir obrukbar till följd av försurning, försaltning, försumpning och förskingring (erosion och bebyggelse). Det är ungefär 4 gånger mer än hela den svenska jordbruksarealen.⁶ Alla beräkningar som görs av jordförstöringen går förstås att kritisera. Men det är svårt att hitta jordforskare som förnekar att den nuvarande

globala jordförstöringen är ett allvarligt globalt problem som på sikt hotar den globala livsmedelstryggheten.

Jordens IPCC

⁴ Rattan Lall Ohio State University, S.O.S - Save Our Soils. Presentation vi konferens i Malmö maj 2015

⁵ Urban Emanuelsson. Europeiska kulturlandskap : hur människan format Europas natur13

⁶ David Pimentel, Cornell University. Soil erosion: A food and environmental threat. Environment, Development and Sustainability (2006) 8: 119–137

Om luften och klimatet har sitt IPCC så har jorden sitt ITPS – the Intergovernmental Technical Panel on Soils. Dess ordförande heter Luca Montanarella. Enligt honom rinner och blåser det bort 75 miljarder ton jord från jordens jordar varje år till en förlust av 400 miljarder US dollar⁷. Räknar man odlingsjordens djup till 0,5 meter så betyder det att enbart jorderosionen berövar oss c:a 8 miljoner hektar jordbruksmark eller 0,5 % av all brukad jord på hela jorden (1,6% av åkermarken) – varje år. I den takten förlorar vi alltså 25 % av all jord som brukas på 50 år. FAO's beräkningar säger att vi då kan vara minst 3 miljarder fler jordinnevånare och behoven av allt jorden gör och ger dubbelt så stora. Peak oil är kanske inte aktuellt längre – men peak soil? Oljan börjar vi ju nu ana hur vi skall ersätta med andra energislag. Men vad gör vi med jorden?

Också i Sverige är jorden borta med vinden och vattnet. På de erosionskartor som den europeiska miljöstyrelsen tagit fram rinner det bort mellan 0,5 till 1,5 ton mer jord per hektar och år från åkermarken jämfört med skogsmark. Om hälften av den mängden också verkligen rinner ut i Östersjön från till exempel skånska åkrar så betyder det att motsvarande minst 5 000 fullastade långtradare med släp tippar jord i haven runt Skåne varje år. Och med den bortspolade jorden följer det framförlit med fosfor som göder havet och dödar botten.

Men alla ekosystemtjänster som vi får av jorden – inklusive den mat vi äter – är hotade också av annat än att den förändras, förskingras, försaltas, försuras och försumpas. Jordbrukets tunga maskiner packar också marken – och i en packad jord blir det ännu tyngre att dra en plog vilket kräver ännu större maskiner – som drar ännu mer fossila bränslen. Och från en packad mark rinner vattnet lättare bort från ytan än den sipprar genom jordprofilen. Vatten på ytan sköljer också med sig mer jord och gödsel som jordbrukaren måste kompensera med att lägga på mer gödsel. Rötter behöver luft för att leva och en packad mark har också sämre förmåga att förse växterna med både luft, vatten och näring. All plöjd mark som ligger naket oskyddad för vind och vatten förlorar hela tiden också en annan av sina mest dyrbara resurser – kolet i marken.

Kolet i jorden kommer från kolet i luften. Om jorden är en livsviktig resurs så är miraklet när de gröna växternas förvandlar sol, koldioxid, vatten och salter till ätbara växter den mest livsavgörande processen. Det finns inget annat sätt att fylla på planeten jordens förråd och göra mat åt människan än via de gröna växternas fotosyntes. Skadas den eller kan den inte fungera är vi riktigt illa ute. I jordens gröna växter finns det sammanlagt cirka 550 miljarder ton kol (550 Gigaton, Gt). I marken de växer på finns det omkring 2 300 Gt ner till tre meters djup. I luften de (och vi) andas finns det ungefär 750 Gt kol. Det finns alltså omkring tre gånger så mycket kol i marken som i luften och mängden kol som är bunden i jordens gröna biomassa är i samma storleksordning som vad som finns i atmosfären. Det sker ett ständigt utbyte av kol mellan atmosfären, växterna och jorden. Vad vi gör och kan göra med jorden, skogen och växterna vi odlar och som påverkar utbytet, har rimligen en stor betydelse för atmosfärens innehåll av växthusgaserna koldioxid och metan.



⁷ Luca Montanarella, Agricultural policy: Govern our soils. Nature 23 November 2015

Framgångssaga

Att hugga ner skog, bränna träden och odla upp jorden är rimligen det mest omfattande ingreppet och påverkan på jordens yta som människan hittills åstadkommit. Åker, betad och brukad gräsmark upptar nu lika stor del av jordens markyta som isen gjorde under den senaste istiden. Kraften och hastigheten med vilken människans sätt att påverka jorden mäter sig väl med – eller överstiger – vad isen kunde klara. Att döpa vår tid på jorden till antropocén har sina skäl. Om det visar sig vara en hederstitel eller bara den slutliga varningen före katastrofen återstår att se. Bland annat av hur vi hanterar våra jordar.

Hittills har antropocén varit en framgångssaga. Åtminstone när det gäller tillgången på föda, foder, fiber, energi och råvaror. Den saken är lätt att glömma men kanske extra viktig att hålla i minnet och framhäva – särskilt nu när maten, jordbruket och jordbrukaren är i fokus för så mycket av debatten om vår hållbara framtid. För vår hållbara framtids skull måste jordbruket utvecklas – inte avvecklas. Och de som skall göra jobbet är dagens och morgondagens jordbrukare.

Hållbar utveckling handlar också om social och ekonomisk hållbarhet. Om inte de som skall göra jobbet kan leva på sitt arbete och vara stolta över saken blir det inget av med utvecklingen. Utmaningarna och möjligheterna är så stora att den potential som finns inte kan realiseras om inte alla är med och bidrar till de förändringar som krävs och är möjliga. Den allra största utmaningen är att kunna få ut ännu mer av marken och ändå kunna bruka jorden utan att förbruka vare sig den eller det kol som finns i jorden. Tvärtom måste vi bruka jorden med metoder som tar tillbaka så stor del som det över huvudtaget går av de 50 - 70 Gt kol som försvunnit från jordens jordar sedan vi blev bönder – och samtidigt kunna producera bortåt dubbelt så mycket från jordens jordar.⁸

Uppställd på det här viset verkar ekvationen olöslig. Jordbruk förutsätter ju att skogen får ge sig och naturliga gräsmarker plöjs upp. Och så fort skogen försvinner och jordbrukaren sticker plogen i jorden sticker kolet till luften som koldioxid – och jorden börjar röra sig mot havet. Frågan verkar förstås omöjlig – men kan man odla marken som om den var skog eller permanent gräsmark och ändå producera havre, korn, råg, vete, ris, majs och oljeväxter? De grödor som står för den helt dominerande delen av hela vårt intag av solenergi via maten – inklusive den som blir foder till djuren.

Det intressanta med att ha skogen och gräsmarkerna som förebild och "bench mark" är deras stora produktionsförmåga med små insatser. Och det gäller alla ekosystemtjänsterna – utom maten. Långliggande försök med amerikanska perenna (år efter år återkommande) präriegräs visar att de kan fånga in och göra biomassa av sol, luft, vatten i samma storleksordning som odlad vete. En svensk skog på bra mark har en årlig tillväxt av biomassa i samma storleksordning som vad som kan skördas från en spannmålsåker. Men i skogen och på prärien kör ingen stor traktor som varje år drar någon tung plog, ingen som harvar, ingen som gödslar, ingen som sprutar och ingen som sår.

I de amerikanska försöken jämförde man förvisso bara de skördade veteaxens kväveinnehåll med hela präriegräset. En orättvis betraktelse förstås, men intressant ändå med tanke på att den samlade kväveskörden i präriegräset var 23 % högre och energiförbrukning 92% lägre än i veteodlingen. Och vad man än mätte som hade med biodiversitet och andra ekosystemtjänster att göra, inklusive att lagra kol i marken så var präriegräset som förväntat överlägsna det odlade vete. Marken under det skördad präriegräset innehöll i genomsnitt mer än 40 ton mer kol per hektar ner till en meters djup jämfört med marken under det odlade vete.⁹ Svenska och engelska

⁸Ronald Amundson. Soil and human security in the 21st century. *Science* (print ISSN 0036-8075; online ISSN 1095-9203)

⁹Jerry D. Glover et. al. Harvested perennial grasslands provide ecological benchmarks for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137 (2010) 3–12

observationer ger liknande bild. I de svenska observationer som gjorts bland annat utanför Uppsala ökade markens innehåll av kol per hektar från runt 50 ton C till nästan 65 ton eller 30% på 30 år. I de engelska försöken är mätvärdena ungefär desamma. I också engelska åkrar som förvandlas till långliggande gräsmarker ökar kolinnehållet med c:a 1 procentenhet per år under 45 år – och fortsätter att öka om än hela tiden i avtagande takt.

Den sista observationen är viktig. Frågan om hur mycket kol som kan lagras i marken när plöjda åkrar blir permanenta gräsmarker är kontroversiell. Alla är överens om att det finns en gräns där mängden kol som fångas in är ungefär lika stor som den som släpps loss. Men var den gränsen går råder det delade meningar om. En del hävdar att det helt enkelt inte finns någon borte gräns och att mark som är bevuxen året om fortsätter att binda in mer kol än den släpper i från sig även om förmågan hela tiden avtar. Men även 40 - 50 år med en förmåga att öka kolinnehållet i marken med cirka 0,5 - 1% om året är förstas av intresse för frågan om jordens roll i klimatfrågan.



Boven är plögen

Vilka avgörande och grundläggande egenskaper är det då hos dessa "vilda" ekosystem – gräsmarken och skogen – som gör att de producerar mycket med små insatser, lagrar kol i marken och gör oss alla sina ekosystemtjänster? Kan de egenskaperna på något sätt flyttas över till våra "tama" ekosystem? Odlade ekosystem som dessutom ger oss den föda, foder och fiber vi behöver?

Den första och mest uppenbara egenskapen hos en orörd mark är att den är just – orörd. Marken är genomvävd av en raffinerad "food webb" –

näringsväv – med ett intensivt utbyte av näring och energi mellan växternas rötter och markens maskar och mikroorganismer. En näringsväv som inte bryts sönder av några brutala redskap. Markytan är dessutom alltid skyddad av ett täcke med levande och vissnande växter. Döda och vissnande växter som ger skydd åt marken och mat åt markens organismer – och levande växter som kommer igen år efter år från samma rötter. Är marken orörd är den inte heller packad av annat än sin egen tyngd, jorden blir på jorden, näringen i växterna, kolet ökar i marken och den biologiska mångfalden är stor. Är, eller kan det bli möjligt att med ny teknik, nya grödor och nya sätt odla också kopiera de här "systemegenskaperna" till en vanlig spannmålsåker?

Tack vare nya maskiner går det att så en ny gröda direkt i resterna efter förra årets skörd utan att man behöver plöja och utan att störa jordens maskar och mikroliv. Det är också fullt möjligt att odla en insädd gröda i huvudgrödan. En insädd som tar fart och börjar växa direkt efter att huvudgrödan är skördad. En sådan här så kallad fånggröda, eftergröda, eller mellangröda fångar inte bara in mer koldioxid från atmosfären. Den tömmer också marken på eventuell näringsöverskott, ger mer mat åt maskar och mikroorganismer. Är mellangrödan en blommande och kvävefixerande ärtväxt ger den både nytt livsrum åt många insekter, blir en ännu bättre grön gödslingegröda och minskar behovet av konstgödsel. Fast helst bör den först användas som fodergröda eller ta omvägen via en biogasanläggning. Det minskar risken för läckage och när grönmassan är jäst till biogas går resterna tillbaka till jorden igen som fossilfri biogödsel. Energin i 10% av skörderesterna från svenska åkrar motsvarar all fossil energi som idag går åt till att framställa all kvävegödsel till jordbruket. Jordbrukets växter är goda energiomvandlare. 1kWh insatt hjälpenenergi ger 7 till 8 kWh lagrad solenergi. Med solenergi lagrad i halmen från en hög första skörd, en bra mellangröda och solenergi från solceller har jordbruket goda förutsättningar att bli helt självförsörjande på egen energi och dessutom nettoleverantör till resten av samhället – och samtidigt kunna begrava kol i marken.

Halm och andra växtrester kan också ta vägen via en industriell process och förvandlas till biokol som tas tillbaka till jorden. Biokol är en stabil form av kol som omsätts mycket långsamt och har positiv effekt på de flesta ekosystemtjänsterna. Processen skapar också ett visst energiöverskott i form av användbar värme och gas som kan förvandlas till el eller fordonsbränsle. Biokol från växtrester – eller från växter som odlas för att bli biokol – har en betydande potential att ta hand om atmosfärens överskott av koldioxid¹⁰. Försäljning av växtrester för biokol tillverkning skulle kunna bli en ny produktionsgren inom lantbruket – förutsatt förstås att det inte går ut över markens egen nödvändiga mull och kolinnehåll.

Mer mull i marken gör också marken mer motståndskraftig mot markpackning. Markpackningen i jordbruket kan också minskas genom att maskinerna kör i fasta körspår. När marken inte längre plöjs och harvas och dessutom blir mer lucker tack vare stigande mullhalter kan lantbrukaren odla sin mark med färre maskiner med färre hästkrafter och lägre energiförbrukning.

Med marken täckt året om av växande gröda minskar både erosion och näringsläckaget. En mark med mer mull har också bättre förmåga att förse växterna med både vatten och näring. Det minskar inte bara behovet av bevattning och gödsling. En bevuxen mark som suger upp vatten som en svamp minskar också risken för översvämning vid regn, spelar en viktig roll både för lokalklimatet och har i större skala också en balanserande inverkan på klimatet. Detta inte minst viktigt därför att vatten håller på att bli en verkligt begränsande resurs att klimatförändringen leder till mer torka i redan torkdrabbade område och mer mull och kol i marken gör jordarna mer torktåliga.

En hög skörd både fångar in och begraver mer kol i marken än en låg. Särskilt förstås om man kan få en högre skörd med lägre insatser av både energi och gödsel. Vilket man faktiskt får med både mer kol i marken och mindre packad jord. En varierande växtföljd (som ju i tiden i viss mån imiterar det "vilda" ekosystemets mångfald i rummet) är också något som ökar skörden och fångar in mer kol från atmosfären. Om någon enskild faktor spelar större roll än andra för att göra jordbruket till en effektiv kolfälla så är det just stora skördar av biomassa. För att göra den rollen än större kan gödsel som används dessutom vara tillverkad med fossilfri energi och tillförd på ett sådant sätt att man minimerar förlusten av näring till vattnet och lustgas till atmosfären.

Med plogen borta kan i vissa fall behovet av kemiska medel öka – men inte nödvändigtvis. En mer mask- och mikrovänlig kemi skall dock jämföras med en brutal mekanik. Men en avskaffad plog betyder inte automatiskt mer bekämpningsmedel. Val av såteknik och växtslag kan minska behovet. Med direktsådd ökar den biologiska mångfalden och ökar också förmågan att göra alla de ekosystemtjänster som vi kan få från den "vilda" marken, inklusive delar av dess resiliens - dess förmåga att förbli stabil och återgå till en balanspunkt efter en störning.



Perenna grödor

Mycket av allt detta finns och kan praktisera redan idag. Men i växtförädlarnas provrör, växthus och försöksfält ser vi vad som kommer. De perenna växterna. Varianter av våra vanliga jordbruksgrödor och helt nya grödor som inte behöver sås om mer än kanske vart annat eller vart tredje år och ändå växer tillbaka varje vår från samma rötter. Ett odlingssystem med perenna växter – som dessutom har inbyggd motståndskraft mot svampar och insekter – borde kunna ge oss alla de ekosystemtjänster som ett orört

¹⁰ Darko Matovic. Biochar as a viable carbon sequestration option: Global and Canadian perspective. Energy 36 (2011) 2011e2016

naturligt ekosystem ger idag – och dessutom producera lika mycket eller mer föda, foder och fiber som dagens jordbruk men med mycket lägre insatser. Mer av mindre. Det finns redan perenna varianter på några av våra nuvarande jordbruksväxter. Avkastningen imponerar ännu inte – men det gör inte heller föregångarna till dagens högförädlade superväxter. Sådant ändrar sig med tiden och kunskapen. Lägre kostnader "tål" också en lägre skörd om man ser det från företagsekonomisk horisont.

Att vi odlar annuella växter har sina historiska förklaringar. Annuella växter satsar på fröna – stora frön och "små" rötter. De perenna på sina rötter – "stora" (djupa) rötter och små frön. Inte underligt att de annuella växterna blev de första jordbrukarnas – och så småningom växtförädlarnas favoriter. Vår tids växtförädlare kan ge oss växter som har både djupa rötter och stora frön och ge oss ett helt nytt odlingsystem som kopierar de naturliga ekosystemens egenskaper – inklusive att begrava kol i marken.

Hinder för hållbarhet

Men modern snabb växtförädling mot nya och nygamla mål förutsätter att växtförädlarna kan använda modern genteknik. All växtförädling handlar om att ge ursprungligen vilda "naturliga" växter nya egenskaper. Vilka egenskaper växterna har styrs av vilka arvsanlag de har – deras gener. Alla jordbruksväxter är förädlade och har i många avseende radikalt annorlunda gener och genkombinationer än sin vilda släktingar. Alla jordbruksväxter är med andra ord "onaturliga" och har fått sin gener manipulerade om man så vill. Historien har förvisso lärt oss att växter med nya egenskaper kan leda till stora sociala, ekonomiska och ekologiska förändringar. Men då är det *egenskaperna* som leder till förändringarna och de eventuella risker de drar med sig. Inte hur växtförädlarna burit sig åt för att manipulera växternas gener. Tekniken att förädla växter utvecklas hela tiden – den mest kända gentekniken är GMO (GM). Den senast utvecklade kallas CRISPR/Cas 9 (nämnd som tänkbar nobelpriskandidat). Tidigare tekniker är till exempel mutationsförädling eller MAB (marker assisted breeding) På grund av en rad omständigheter har vi en säkerhetslagstiftning inom växtförädlingen som utgår helt och hållet från *en* av alla dessa tekniker – GM. Andra hamnar klart utanför eller så är det oklart hur de skall bedömas. Det betyder att egenskaper som har potentialen att leda till oönskade sociala, ekonomiska eller ekologiska konsekvenser som vi inte vill ha och som tagits fram av med andra tekniker än GM är helt oreglerade. Andra egenskaper som kan vara önskvärda ur samhälls- och/eller hållbarhetsperspektiv men tagits fram med GM-teknik är mycket strängt reglerade.

Kostnaden för att lotsa en GM-växt genom det nuvarande regelverket är dessutom så höga (c:a 10 miljoner €) att det är bara de stora internationella utsädes/kemibolagen som har råd att bedriva växtförädling med nya metoder. Detta har gett företagen en närmast monopolliknande ställning och gör det mycket svårt för oberoende forskare eller små växtförädlingsföretag att utveckla växter med andra egenskaper som har mer samhällsnytta och inte bara gynnar storföretag och traditionella jordbruksintressen.

En växtförädling som styrs av klart uttalade samhälls- och hållbarhetsmål och som finansieras av medel utanför de kortsiktiga kommersiella intressen har goda förutsättningar för att utveckla växter med egenskaper som kan ge oss ett hållbart jordbruk. Det förutsätter dock en helt ny biosäkerhetslagstiftning som utgår från växternas egenskaper och inte med vilken teknik de har framställt. Utvecklingen mot ett hållbart jordbruk skulle med stor sannolikhet gynnas av en lagstiftning som kräver tuffa (och kostsamma) säkerhetstester om det handlar om potentiellt riskfyllda egenskaper, men som har ett mindre kostsamt snabbspår för egenskaper där riskerna är små och samhällsnyttan stor – oavsett med vilken teknik de tagits fram.

Träd och åker

Jordbrukare som inte vill vänta på perenna grödor och ändå begrava mer kol i marken än de uppräknade förändringarna leder till, kan plantera skog på sina marker. Ingen tät skog förstås - men på marker som är permanenta betesmarker – eller gammal nerlagd åkermark – kan det växa en hel del träd och samtidigt tillräckligt med betesväxter. Ett planerat och konstruerat hagmarksbete eller jordskogsbruk kompenserar också – under förutsättning att det bara gödslas

med fossilfri gödsel och voden blir virke – för betesdjurens utsläpp av växthusgaser. Hur mycket råder det förstås delade meningar om – men inte att.

I allt jordbruk finns det ytor och jordar som inte ger särskilt hög avkastning eller är svåra att komma åt med maskiner. Sådan här "impediment" kan också användas till kollagrande trädplantering. Gräs, buskar och träd i tämligen breda kant- och skyddszoner på maskinmoduls avstånd i landskapet kan ge betydande kolsänkor utan att de hindrar en rationell maskindrift – eller leder till så mycket lägre total avkastning – som skall kompensera med annan odling. Markväxter, buskar och träd ger inte bara skydd för vinden, vilket är bra för skörden – de tillför också landskapet betydande estetiska värden. Tillsammans med så kallade skalbaggsåsar och lärkrutor¹¹ ökar de också biodiversiteten i jordbruket och gynnar fiendens fiender. Det kan leda till att behovet av andra bekämpningsmedel minskar.

Kolet i marken

Hur mycket av atmosfärens överskott av växthusgaser skulle jordens jordar via alla dessa förändringar kunna begrava? På den frågan går det inte att få något säkert svar. Ingen vet säkert och de beräkningar som gjorts varierar kraftigt. Mycket beror ju på hur man räknar, vilka systemgränser man sätter, hur man bedömer möjligheten till förändringar och vad som är biologiskt, tekniskt och socialt möjligt. Tänkbara frågor och möjliga svar förändras också i takt med tidens gång, kunskapens tillväxt och teknikens utveckling – särskilt bioteknikens

Skall man få en uppfattning om storleksordningen på vad jordbruket bidrar och har bidragit med till atmosfärens innehåll av kol och koldioxid, kan man ju utgå från de 50 - 70 Gt som artikeln i *Science* uppger har slupit ut från odlade jordar under 10 000 år. Å andra sidan kan man välja FN/FAO's siffror från deras senaste rapport *Status of World Soil Resources* som säger att jordens jordar förlorat ungefär den mängden – cirka 60 Gt – kol bara sedan mitten på 1800-talet.

Om marken kunde ta tillbaka allt kol den lämnat ifrån sig enligt de här uppgifterna skulle atmosfärens innehåll av kol minska till under 700 Gt kol. Men den här siffran säger bara en sak – att jorden har en betydande förmåga att ta upp kol från luften. Den säger inget om hur mycket som faktiskt skulle kunna gå att ta tillbaka till jorden. En undersökning som säger något mer om den saken – åtminstone för Sveriges del – kommer från tre nationella svenska markinventeringar under åren 1998 - 2015.¹² De visar att svenska mineraljordar under den tiden *ökat* sitt kolinnehåll motsvarande med 3 miljoner ton koldioxid per år. Det kan jämföras med jordbrukets årliga utsläpp på 7 miljoner ton CO₂-ekv. Intressant med den siffran är dock att den är en bruttosiffror som inte räknar bort den koldioxid som jordbruket också fångar in eller den koldioxid som försvinner när biobränsle ersätter fossila bränslen.

Ökningen av kolet i marken beror i huvudsak på att vi fått fler nöjeshästar i Sverige under den här tiden. Den ökade hästhållningen har lett till större betesarealer och att mer mark används till vallodling. Genom direktsådd och att odla en insådd eftergröda i en huvudgröda kan man i viss mån kopiera vallen och gräsmarkernas "perennialitet". Frågan om hur mycket kol som skulle kunna begravas i marken genom de åtgärderna är svår att hitta ett bra svar på. Bra försök och forskning – framförallt från försök under lång tid – saknas. Men av det som ändå finns kan man möjligen uppskatta att det handlar om motsvarande omkring 0,3 ton C per hektar/år eller cirka 1,2 ton CO₂-ekv. Vilket i sin tur betyder omkring 1,2 miljoner ton CO₂-ekv räknat över hela den svenska spannmåls- och oljeväxtarealen¹³. Men återigen – den här sortens beräkningar är förstås väldigt

¹¹ Skalbaggsåsar är medvetet lagda örtbesådda låga jordåsar med cirka 300 m mellanrum i en åker. Lärkrutor är obesådda återkommande ytor mitt i grödan som ger en fungerande miljö för markhäckande fåglar.

¹² Poeplau et al. 2015 *Biogeosciences* 12: 3241–3251

¹³ Poeplau et al. *Geoderma Regional* Volume 4, April 2015, Pages 126–133

osäkra och säger bara en sak. Potentialen finns där och den går att utnyttja. I rapporter och vetenskapliga artiklar som behandla frågan varierar bedömningarna starkt. Men de har två saker gemensamt; att den finns en potential som inte är försumbar och att ju större förändringar man kan göra i jordbruket mot att likna naturliga ekosystem desto större del av potentialen kommer att kunna utnyttjas.

Kol och kollaps

Frågan om jorden, kolet och klimatet skall kanske betraktas ur ett helt annat, betydligt större (och mer komplext?) perspektiv. Med utsikterna att en fjärdedel av all odlingsjord på jorden kan vara obrukbar om två generationer är rimligen skyddet, bevarandet och restaurering av odlingsjord en minst lika allvarlig fråga som klimatförändringen. Framför allt sett i förhållande till både svenska miljömål och FN's nya SDG.

Om människor, mat och hållbarhet vet vi nämligen ytterligare en sak säkrare än mycket annat. Livsmedel är medel för liv. Det finns få saker som så säkert förutsäger social oro, politisk instabilitet och i förlängningen våld, eventuellt krig och total kollaps av allt vad hållbarhet heter som brist på livsmedel. Dessbättre vet vi ju nu att ökad produktion och stigande skördar inte med automatik behöver innebära fler nerhuggna skogar, eroderande marker, kol som läcker ut till atmosfären, jord och näring till haven. Tvärtom.

Det vi kan göra för att skydda marken, förbättra ekosystemtjänsterna och öka avkastningen på de jordar vi redan odlar och återställa förstörd mark också betyder att kolet i marken ökar. Kanske skall man se hela diskussionen om jordbrukets klimatnytta som något vi får på köpet – en för ovanlighetens skall positiv "externalitet" – när vi av en lång rad andra och lättare beräknade och säkrare dokumenterbara skäl försöker skydda marken, bevara jorden, öka mängden mull och kol i marken, öka avkastningen, minska insatserna, förbättra jordbrukets lönsamhet, produktionsförmåga och hållbarhet.

"Externaliteter" i jordbruket brukar handla om kostnader och negativa konsekvenser för omgivningen av förändringar som ökar lönsamhet och ger vinst för brukare och markägare. Ett återkommande bekymmer för samhällsekonomer är hur man skall beräkna externaliteternas värde, sätta pris på konsekvenserna och hitta ett sätt att låta "förorenaren betala". När det gäller jordbruket och klimatnyttan blir problemet det omvända. Hur skall man betala brukaren för de klimat- och miljövinster som kan bli de externa följderna av att brukaren försöker förbättra sin (långsiktiga) lönsamhet med nya odlingsmetoder? Skall samhället behöva betala alls om det nu lönar sig ändå?

Även om det är företagsekonomiskt lönsamt på sikt är frågan på vilken sikt det lönar sig – och på vilka villkor? Att byta odlingsystem kostar på och kräver investeringar. Inte bara i nya maskiner och kostnader för att skriva av de gamla. Nya sätt att odla kräver nya kunskaper som tar tid att lära sig – och tiden är dyrbar. Att byta från ensidig spannmålsodling till direktsådd, varierade växtföljder med insådder, mellangrödor och skyddszoner kräver betydande omtanke och omtänkande.

Omställningar är inte bara besvärliga de är också ofta riskabla. Ett byte från plogjordbruk till plogfritt är en teknologisk, intellektuell och emotionell utmaning. Många gamla invanda kunskaper och begrepp ställs på huvudet och man kan behöva ha rätt mycket tankar i huvudet, is i magen, och pengar på banken för att klara bytet. Omställningen kan också mycket väl leda till lägre skördar flera år i rad innan de återgår till det normala för området, för att och sedan förhoppningsvis överträffa resultatet före omställningen. Det räcker inte att ett hållbart jordbruk på sikt också ger ett lönsamt jordbruk, för att omställningen skall ske av sig själv. Det krävs också omfattande insatser i form av rådgivning och utbildning. Och kanske framför allt ekonomiska incitament. Det måste lönar sig också på kort sikt att göra det som ger bättre vinst i framtiden.

Jordbrukare är företagare och när väl kunskaperna, tekniken, pengarna och lönsamheten finns på plats kan omställningen gå snabbt och bli omfattande. Jordbruket har gått igenom omvälvande förändringar förr, där de enskilda teknikskiftena både varit omfattande och gått fort. Före

självbindarens och tröskans tid tog det mer än 250 mantimmar att med lie och slaga, skörda och tröska 1 ton spannmål. Då jobbade nästan hela befolkningen sin mesta vakna tid med att skaffa mat för dagen. Nu görs samma jobb av en modern skördetröska på mindre än 5 minuter och färre än 2% arbetskraften kan odla mat åt 100% av befolkningen – som idag bara behöver använda 12% av sina inkomster till maten för dagen.

Lönsam lagring

Att betala till enskilda företagare för kollektiva nyttigheter är förstas inget nytt. CAP – EU' gemensamma jordbrukspolitik – rymmer ju ett antal olika möjligheter till ersättningar för åtgärder i jordbruket som är kopplade till deras antagna miljönytta. En del ersättningar går till enskilda väl definierade åtgärder andra riktar sig mot särskild certifierade odlingssystem. Gemensamt är att ersättningarna utgår för insatta odlingstekniska åtgärder. Till exempel ersättning för att odla en mellangröda eller anlägga en skyddszon mot vattendrag eller – som när det gäller villkoren för stödet till ekologiskt certifierad odling – att avstå från att använda konstgödsel, syntetiska bekämpningsmedel och gentekniskt modifierad grödor.

Miljöersättningarna är med andra ord teknikorierade och inte målrelaterade. Lantbrukaren får ersättning för att vidta vissa åtgärder – eller för att avstå från andra – som *förväntas* ge positiva miljökonsekvenser och inte till *faktiskt* mätbara och uppnådda miljöeffekter. En del åtgärder har relativt stora och vetenskapligt verifierade effekter, andra har mer tveksamma och en del starkt ifrågasatta om ens några effekter alls, eller kan till och med få negativa miljökonsekvenser.

Generella ersättningar som utgår från existerande praktik och teknik är också konserverande och ger troligen inte full valuta för pengarna. Dels förstås därför att jordbruket är en verksamhet som varierar från företag till företag, från brukare till brukare, från landskap till landskap, från jordart till jordart och från klimatzon till klimatzon. Det som fungera bra på ett ställe kanske inte fungerar lika bra eller inte alls på ett annat. Dels också därför att de får en inläsningseffekt som hindrar en idérik och kreativ företagare att utveckla och prova ny teknik och nya metoder som kanske leder både snabbare och billigare till målet än de sanktionerade och subventionerade metoderna.

Löser problemen

Historiskt sett har lantbruket och lantbruksforskningen alltid lyckats ersätta begränsade och begränsande resurser med egen eller andras nya kunskaper och ny teknik. Det är ju vad som menas med kunskapsamhället – att järn ersätts med hjärna. Det blir inte annorlunda för att det som nu håller på att bli begränsade och begränsande resurser handlar om liv i jorden, kol i marken, jord och näring till haven, vatten som bristvara, växthusgaser i atmosfären, packad mark eller en utarmad biologisk mångfald. Det sätter fokus på vad som är de centrala och strategiska verktygen för förändring. Forskning, teknik – och politik.

Givet att all som måste ändras också går att mäta kan man förstås sätta upp resultat- och kunskapsbaserade mål för hur de bör förändras, satsa på rådgivning, utbildning, ekonomiskt stöd, tydliga regler och lita på att kreativa forskare, företagare och teknikutvecklare tillsammans och på egen hand kan ställa om jordbruket mot önskvärda mål.

Det pågår förstås forskning och teknikutveckling som på sikt kommer att ge oss allt bättre möjligheter till en fortlöpande, detaljrik och dynamisk miljöanalys byggd på faktiska uppmätta effekter. Satellitbilderna får allt högre upplösning, positioneringstekniken blir allt exaktare, fjärranalyser från satellit eller drönare blir alltmer detaljrik, sensortekniken i markbundna mätstationer och på jordbrukets maskiner blir allt bättre – och kostnaderna per enhet mätdata därmed troligen allt lägre. Via "internet of things" där allt kan kopplas till allt, big data och cloud computing kan man tänka sig en framtid där vi verkligen kan mäta – också i realtid och dynamiskt – faktiska miljörelaterade förändringar ända ner till enskilda jordbruksföretag och enskilda åkrar. Mätningar som i sin tur går att koppla till konkreta och lokalt anpassade odlingsåtgärder, men där ersättningen betalas efter faktisk uppnådda och mätbara miljö- och klimatresultat.

Men än är vi inte där. Rådgivning, utbildning, ekonomiska styrmedel och eventuellt tvingande regelverk måste idag utgå från tekniska åtgärder, modell- och/eller balansberäkningar i odlingen eller i landskapet som vi med rimlig grad av säkerhet – och på vetenskaplig grund – vet leder till, eller visar på att man kan nå uppsatta hållbarhetsmål.

En stor del av statens miljöersättningar är stödet för ekologisk odling. Nyligen publicerade Århus Universitets Internationella Centrum för Forskning om Ekologisk Produktion en översikt över vad vi vet idag om miljökonsekvenserna av ekologisk odling. För några år sedan gjorde Jordbruksverket en liknande sammanställning med liknande resultat. I den danska undersökningen konstaterar man att räknat per hektar så ger eko-gårdarna i vissa avseenden större miljö- och klimatnytta än ett ett standardjordbruk som inte gjort några egna ekologiska anpassningar. Räknar man per kg producerat livsmedel blir standardbonden i vissa avseenden bättre än eko-bonden. Det betyder ju också att det går åt mer mark för att producera samma mängd mat från ett eko-bruk än ett standardjordbruk. Och odlingsmark mark är på väg att bli en begränsad och begränsande resurs.

Det verkar som om man skulle få ut mesta möjliga klimat- och miljönytta genom att kombinera erfarenheter och synsätt från eko-odlingen och eko-forskningen med standardodlingens metoder och synsätt PLUS nya kunskaper och odlingspraktik. Specifikt inriktat miljöstödet mot enskilda åtgärder i standardjordbruket och som samtidigt ger eko-odlingens effekter och standardjordbrukets höga produktion och avkastning per hektar, borde ge mer nytta per skattekrona än ett generellt stöd till ett helt odlingsystem. Plogfri odling, direktsådd, träd-, busk-, gräsbevuxna och blommande kant- och skyddszoner, pollenrika mellangrödor, lärkrutor, skalbaggsåsar, effektivt växtskydd, växtrester tillbaka till jorden, fossilfri konstgödsel... Det finns ju ingenting som hindrar standardjordbruket för att på sitt sätt uppnå den mångfald, miljö och klimatnytta som ekojordbruket åstadkommer – utan att behöva anpassa sig till eko-jordbrukets tvingande krav att avstå från konstgödsel, bekämpningsmedel och GMO. Och heller ingenting som hindrar eko-jordbruket att i tillämpliga delar utnyttja de nya metoder som forskningen visat ger positiva klimat- och miljöeffekter. Det nuvarande målet med 20% eko-odling bör bytas mot att *all* jordbruksmark skall odlas med ekologiskt hållbara metoder – oavsett vad vi kallar det.

Kol - den nya skörden

Priset på utsläppsrätter för koldioxid och koldioxidskatter sätter ju pris på vad samhället anser det bör kosta att släppa ut koldioxid och då också vad det kan vara värt att ta tillbaka den. Den som släpper ut koldioxid måste köpa sin utsläppsrätt och betala sin koldioxidskatt och den som befriar atmosfären från koldioxid borde då rimligen kunna få tillbaka på skatten eller sälja en utsläppsrätt. Carbon Farmer of Australia är ett initiativ som bygger på den logiken. De anger en lista på över 30 olika tänkbara åtgärder som går att vidta på gårdsnivå för att minska jordbrukets "carbon footprint" och dessutom begrava kol i marken. Utifrån vad man vet om de olika metodernas effektivitet som kolfångare och den enskilda gårdens förutsättningar räknar man ut gården kapacitet och betalar jordbrukaren för de åtgärder han vidtar utifrån det förväntade resultatet.

Den svenska koldioxidskatten är idag cirka 1 000:- per ton CO₂. Från en normalstor veteskörd på en skånsk åker kan man förutom vete också skörda omkring 7 ton halm som innehåller 40 % kol. Det betyder omkring 10 ton CO₂. Om det nu fanns ett sätt att för evigt begrava det kolet i marken skulle lantbrukaren göra samhället en tjänst värd 10 000:- per hektar. Nu finns det inga sätt att för evigt begrava organiskt kol i marken. Det närmaste man kan komma är att göra biokol av halmen och det vanligaste och självklara, men mer kortlivade är att låta maskarna ta hand om halmen eller plöja ner den i marken. Då omsätts kolet snabbt men lämnar ändå kvar en tämligen stabil rest. Kan en lantbrukare med alla de olika åtgärder som finns idag (plogfritt, mellangrödor...) öka markens kolinhåll med 0,5 ton kol per år – alltså 1,85 ton CO₂ – har det ett samhällsvärde på bortåt 2 000:- per hektar och för bonden själv ett värde i på sikt stigande skörd och besparade kostnader. Allt då möjligen att jämföras med själva veteskörden som på ett ungefär är värd cirka 8 000:-! Hälften av den tänkbara skatteåterbäringen skulle ge 1000:- mer per hektar för en lantbrukare som inte bara odlar spannmål utan också begravt kol i marken.

Den här sortens beräkningar har förstås samma lösa koppling till verkligheten som de flesta andra beräkningar i den här texten. De är bara till för att visa på potentialer, storleksordningar och samband. Vad som går att realisera i verkligheten är en annan sak. Men de här siffrorna visar att det sannolikt finns ett samhällsekonomiskt lönsamt utrymme för att – förutom de miljösättningar som redan finns – också betala för det antal ton kol som går att lägga fast i marken. Hur den ersättningen skall beräknas borde ju utgå från exakta mätningar av vad som faktiskt sker. Det låter sig möjligen göras med biokolet. I övrigt handlar det om schabloner och modeller och /eller balansräkningar. Kanske av den typ som det finns stor erfarenhet av inom bägge organisationerna Greppa Näringen och Odling i Balans. Då gäller det hur mycket näring som kommer in till gården, hur mycket som lämnar den och vart resten tar vägen. Det kunde kanske också göras för kolet? Frågan är om den här sortens balansräkningar och/eller koldeklarationer/miljöredovisningar bör vara en självklar (och obligatorisk?) del i den årliga drifrutinerna i alla lantbruksföretag?

Odling med precision

LandPKS (Land-Potential Knowledge System) är en metod och ett system att hålla reda på balansen. Dess viktigaste redskap är ett par appar i mobilen, all världens "big data" i "molnet" och vad den enskilde lantbrukaren vet och kan iaktta på sina egna åkrar. LandPKS är utvecklat av Amerikanska Jordbruksdepartementets Forskningsavdelning tillsammans med en rad andra internationella organisationer.

Världens jordbrukare brukar jordar som kanske kan delas in i ett par hundratusen olika jordtyper (soil series)¹⁴. Också inom det enskilda jordbruket kan jordens egenskaper variera från åker till åker – och inom samma åker. Klimat och lokalklimat saknar inte heller variationsrikedom – minst sagt. Skiftande nederbörd, temperatursummer, soltimmar och den enskilda brukarens kompetens och intressen avgör vad som odlas och hur. Jordarnas potential att producera energi, foder föda och fiber och att motstå markförstöring, hålla vatten, att hysa biologiska mångfald, att inte läcka jord och näring och dess potential att lagra kol, bestäms av kombinationerna i hela den mångfald av olika förutsättningar. LandPKS är ett internetbaserat verktyg som kan hjälpa den enskilda brukaren att sätta in sina egen lokala och unika kombination i ett globalt kunskapsområde. Ett sammanhang som kan ge svar på frågor om hur de egna jordarnas potential utnyttjas bäst – utan att dess långsiktiga hållbarhet skadas.

Ju högre lerhalt och ju lägre mullhalt en jord har desto större potential har den att lagra kol. Av alldeles naturliga skäl – det är ju också de jordarna som kunnat bära de högsta skördarna (hittills?) – så är det just i slättbygdernas jordbruksområden som de jordarna finns. Allra högst är lerhaltarna i Mälardalens slättlandskap, Östgötaslätten, delar av Västgötaslätten och i sydvästra Skåne. Även övrig jordbruksmark kan förstås lagra kol med ny växtodlingsteknik och framför allt med hjälp av skyddsplanteringar, dock inte i samma utsträckning som slättjordbrukens lerhaltiga marker. De jordar som är sämst ur klimatsynpunkt är gamla sjöbottnar och uppodlade myrmarker. Ur klimatsynpunkt borde de inte egentligen odlas alls, i vart fall inte odlas med växter som kräver omfattande jordbearbetning. Minst kol släpper de från sig som gräs eller skogsmark, och sätter man dem under vatten igen återgår de till sin ursprungliga förmåga att bygga upp kol i växande mosslager och sjöbottnens sediment.

Runt om i världen hos myndigheter och organisationer finns data lagrade som just berör många av de villkor som är viktiga för att kunna bedöma en särskild jordarts potential, på en särskild plats, med ett visst klimat och en särskild odling. Där finns också i många fall den enskilda gårdens alla data om jordart, jordmån, näringstillstånd, pH, dränering... Med hjälp av GPS och alla sensorer som moderna jordbruksmaskiner är (eller kan bli) utrustade med, går det att koppla alla grunddata till hur mycket näring en gröda får, var och när. Hur grödan utvecklas, vilka angrepp den utsätts för, hur de bekämpas och vilken skörd det blir kan mätas och registreras. Och allt registrerat ner till varje kvadratmeter mark på varje enskild åker. Med LandPKS är det tänkt att beräkningar byggd på

¹⁴ Ronald Amundson. Soil and human security in the 21st century. *Science* (print ISSN 0036-8075; online ISSN 1095-9203)

alla dessa data skall bli tillgängliga i direkt i brukarens mobiltelefon och dessutom kunna kombineras med dagliga observationer i fält. Via systemet kan den enskilda brukaren också få kontakt med andra brukare som har liknande förutsättning, byta erfarenheter och ge varandra råd. Alltsammans skall gå att hantera via enkla appar i mobiltelefonen och automatisk "cloud computing" som kan ge svar på de frågor brukaren kan tänkas ställa till systemet.

Hur jorden brukas avgör i sin tur hur väl dess potential att leverera ekosystemtjänster tas till vara. De flesta tjänsterna – utom de som kan säljas på en marknad – är kollektiva nyttigheter eller ger företagsekonomiska vinster som bara kan räknas hem på sikt. LandKPS är tänkt att också kunna fungera som en hjälp att beräkna hur mycket man kan betala för vilka ekosystemtjänster, till vilka brukare och för att beräkna lönsamheten av investeringar i förväntade vinster.

Land PKS är bara ett exempel på att jordbruket på väg mot en all större precisionskontroll i hela odlingen. Med hjälp av fasta körspår som minskar markpackningen och satellitkartering, GPS-navigering, fjärranalys sensorteknik och "cloud computing" kan vi få ett precisionsjordbruk som gör det möjligt att sänka kostnaderna, öka skörden och minska miljö- och klimatbelastningen.

Strategisk resurs

Jord är en livsviktig resurs. Utan jord inget liv. I vart fall inget mänskligt liv. Men jorden är en fossil resurs och just nu förlorar jorden mer jord än vad som nybildas. Det går långsammast hos oss i norr. Betydligt fortare i söder. Och det finns inte mer mark att odla upp. Det finns visserligen omkring 2 miljarder hektar degraderad skogsmark som kanske kan restaureras och till en del användas som jordbruksmark. Men degraderad skogsmark bör nog helst restaureras för att bära produktiva skogar – inte bli jordbruksmark – framförallt ur klimatsynpunkt. Det finns också en betydande potential att höja avkastningen från många jordar i framför allt i Afrika. Eftersom mellan 30 - 50 % av all mat som odlas på jorden dessutom försvinner på väg till borden – eller slängs – finns det också där en betydande potential att få tillgång till mer mat.

Men med växande världsbefolkning, ökande levnadsstandard och stigande efterfrågan på kött, mer energi och industrigrödor, mer mark under asfalt och betong – och en fortsatt markförstöring – är jordbruksmark med stor sannolikhet på väg att bli en global bristvara. Långsiktig global livsmedelstrygghet (global food security) är på väg att bli en allt allvarigare fråga. Våra jordar och våra jordbruk tillhör de mest produktiva och mest välskötta i världen. Sett i det här perspektivet är Sveriges jordbruk inte bara en livsviktig strategisk resurs för vår egen del. Våra jordar, våra jordbruk och vår landsbygd är också en livsviktig strategisk resurs för Europa och internationellt.

Inte i första hand därför att våra 2,6 miljoner hektar jordbruksmark kan producera mer än vad de redan gör eller att vi faktiskt har nerlagd mark som kan brukas på nytt – det har förstås också betydelse. Framför allt nationellt. Det strategiskt intressanta med det skandinaviska jordbruket och skandinaviska lantbrukare är i första hand att de är odlingstekniskt avancerade, företagen är välutbildade och har bättre förutsättningar än många att ta till sig den nya teknik och de nya kunskaper som behövs för att lösa den ekvation som måste lösas – att både kunna leverera betydligt mer foder, föda, fiber, råvaror och energi från den mark som redan odlas, göra det med mindre insatser och till lägre kostnader och samtidigt bevara jorden, spara vatten, öka den biologiska mångfalden, stoppa näringsläckaget och begrava mer kol i marken.

Men jordbrukets strategiska roll handlar om mycket mer än att leverera ekosystemtjänster och andra nyttigheter. Fotosyntesen är det enda system som kan fylla på jordens förråd. Allt annat tär på ändliga resurser om de inte ingår i en cirkulär ekonomi. Inom den gröna "fabriken" tillverkas väldigt mycket av det vi gör i våra egna industrier. Men det vi gör i våra industrier med hjälp av ändliga (i bästa fall återanvända) råvaror, högt tryck, hög temperatur och farliga kemikalier gör de gröna växterna och den gröna cellen utan andra resurser än ett genetiskt program, sol, luft, vatten och lite salter. När vi talar om en bioekonomi, biologiska råvaror och ett biobaserat samhälle är det just detta det handlar om. Vår förmåga att kopiera, ta vara på och utveckla vad som händer med och i de gröna växternas "fabriker".

Hållbart samhälle

Jordbrukets utveckling var en förutsättning för industrisamhällets framväxt. Insikten om jordbrukets strategiska samhällsroll då gav oss lantbruksutbildningar, lantbruksakademi, statligt finansierad växtförädling, så småningom lantbruksuniversitet och ett nätverk av statliga rådgivare. I en jordbrukspolitik för ett hållbart samhälle behöver alla de funktioner dessa institutioner stod – och står för – ses över, återupprättas, förändras och/eller förstärkas. Det gäller i synnerhet växtförädlingen och rådgivningen.

Rådgivningen därför att all forskning och teknikutveckling – hur grundläggande, kvalificerade, samhällsviktiga och tillämpbara de än är – blir värdelösa om de inte kommer till praktisk användning. Också för att lösa samhällsproblem och inte bara för att skapa lönsamma företag.

Växtförädlingen därför den är central för att kunna få fram växter anpassade till våra odlingsbetingelser och som kan odlas utan eller med mindre insatser av konstgödsel, bekämpningsmedel, energi och miljöpåverkan – och med större klimatnytta. Egenskaper som har stort samhällsvärde – men är av litet kommersiellt värde för internationella utsädes/kemiföretag. Översynen bör speciellt gälla den säkerhetslagstiftning som reglerar bruket av moderna tekniker i växtförädlingen. Förädlingsteknikerna utvecklas hela tiden och lagstiftningen inom området är mer än 20 år gammal och inte anpassad vare sig till risker eller möjligheter med de nya teknikerna.

Jorden, jordbruket och skötseln av jorden har alltid varit en strategisk – men ofta misskött – samhällsfråga. Jordforskaren David Montgomery menar i sin bok "[Dirt - the erosion of civilisations](#)" att man kan spåra de stora historiska högkulturernas uppgång och fall i deras (o)förmåga att hantera sina odlingsjordar. I samband med "the dust bowl" 1935, när felskötsel av jorden och vinderosionen hotade både jordbruk och samhälle fick USA sin första "Soil Conservation Act" och president Roosevelt skrev att "Nationernas historia kommer att skrivas av hur de behandlar sina jordar". 2015 utsågs av FN till "Year of Soil" för att öka det internationell medvetande om de hotade jordarna. Det finns ett Global Soil Partnership, och Inom EU har det pågått ett hittills fruktlöst arbete med att få till stånd gemensamma överenskommelser om skydd för odlingsjorden via ett föreslaget, men nu tillbakadraget Soil Framework Directive.¹⁵

De förändringar som krävs för att ge oss ett hållbart jordbruk är omfattande och lika strategiskt viktiga nu som då. Utan ett hållbart kunskapsjordbruk får vi inte heller något hållbart kunskapssamhälle och inget industrisamhälle alls. De förändringarna som krävs berör hela



Pensionerade plogar.

Sveriges möjliga odlingsareal på närmare 3 miljoner hektar mark och fler än 60 000 jordbruksföretag. Frågan är om de förändringar som krävs och är möjliga, går att uppnå utan en nationell strategi för ett hållbart jordbruk, en nationell markvårdsplan, ett aktivt arbete för att få till stånd ett Europeiskt markvårdsdirektiv, en ny biosäkerhetslagstiftning, en ny CAP helt inriktat mot omställningen till ett hållbart jordbruk – och så småningom en internationellt avtal om skyddet av våra jordar på samma sätt som vi 2015 fick en internationellt konferens och avtal om skyddet av vårt gemensamma klimat.

¹⁵ Luca Montanarella. Agricultural policy: Govern our soils. *Nature* 528, 32–33 (03 December 2015) doi:10.1038/528032a

Tack

Den här uppsatsen hade inte kunnat skrivas utan hjälp av kunniga och generösa forskare och experter. Ett särskilt tack för kunskapsrika och inspirerande samtal till Josef Appell, Göte Bertilsson, Inge Håkansson, Thomas Kätterer, Christer Nilsson, Carl Piper, Henning Rodhe och Thomas Rydberg och många fler.

FOURFACT AB

Ännu effektivare energianvändning med mera utvecklade energitjänster

Mera nytta ur varje kilowattimme

Hans Nilsson

2016-03-21

Det finns en stor outnyttjad och växande potential för effektivare energianvändning. Genom ett bättre resursutnyttjande kan vi få mera valuta för pengarna och samtidigt skapa både tillväxt och utvecklingsmöjligheter i effektiviseringsindustrin. För att ta potentialen i anspråk, och få större acceptans hos användarna, behöver rådande synsätt på marknadsaktörernas funktion omprövas så att myndigheter och effektiviseringsindustrin bättre kan möta användarnas intresse, möjligheter och behov.

Innehåll

SAMMANFATTNING	3
Uppdraget.....	7
1. Effektivare energianvändning – den glömda ignorerade resursen.....	7
Insikterna växer	7
Från potential till verklighet	8
Resultat Marknadspotential.....	10
2. Kunden i centrum	10
Föreställningar om marknaden (och människan)	11
Erbjudanden på människors villkor	13
Effektivisering-sparande-tillräcklighet; NYTTA.....	13
3. Myndigheternas roll och relationer	15
Myndigheternas problembilder	15
Effektivisering först!	17
4. Effektiviseringsindustrin - Energinytta som produkt.....	19
I begynnelsen var energitjänsten	19
Tillbaka till ursprunget.....	20
Tjänster för ökad nytta	21
Tjänst med förhinder?	22
Information och transaktionskostnader (som hinder)	23
Finansiering (som hinder).....	23
Risk och överblick (som hinder)	23
Marknaderna för energitjänster ligger i träda	24
Energitjänster som utvecklad affärsmodell.....	25
Energitjänsternas karaktär och innehåll.....	26
Utvecklingsexempel	27
5. Den bångstyriga marknaden	28
Support till energitjänster	29
a. En nationell målsättning som inspirerar	30
b. Energideklarationer, kartläggningar och rådgivning	30
c. PFE för industrin 2.0	31
d. Vita certifikat	32

e. "ROT-support"	34
f. Certifiering-Auktorisation.....	34
g. Byggnormer-Energiplanering	35
h. Smarta nät	36
i. En räkning ett pris.....	36
j. Konkurrens på lika villkor (Pick the winners or level the playing field??)	37
6. Innovationsvåg på väg.....	37
Marknadslärande (.....Innovation, deployment and diffusion)	38
Teknikupphandlingar en spetsverksamhet	39
APPENDIX 1: Energianvändning i Sverige 2050	42
Energieffektivisering i Industrin (el)	42
Industrins (värme)	42
Byggnader.....	42
Fordon	43
Utgångsläge TWh.....	44
APPENDIX 2: Marknadsperspektiv och marknadsomställning.....	45
Myndigheternas perspektiv	45
Myndigheternas roll	46
Kund- och användarperspektiv	47
APPENDIX 3: Potential, Lönsamhet och kostnadseffektivitet	48
Kostnadseffektivitet	49
APPENDIX 4: Former för energitjänster (ESCO och EPC).....	51
APPENDIX 5: Vita certifikat, för och emot.....	52
APPENDIX 6: Syselsättning	53
Figurer:	54

SAMMANFATTNING

Det finns en stor oexploaterad potential för energieffektivisering och, som om den kunde utnyttjas, skulle innebära ökad tillväxt, flera jobb med större spridning över landet, minskad ekonomisk sårbarhet, bättre miljö och nya industriella möjligheter. För att nå dithän måste flera aktörer engageras och nya allianser mellan företag som är verksamma inom, och nära, energisektorn skapas.

Energieffektivitet händer dock inte av sig själv och det finns heller inget gyllene styrmedel som löser alla problem. Det handlar snarare om ett mera målinriktat samarbete mellan tre typer av aktörer, Myndigheterna, "Effektiviseringsindustrin" och Kunderna/Användarna. Nyckelordet för deras samverkan bör vara att åstadkomma en helhet av alla de många bitar som behövs för att få mesta möjliga (energi-)nytta för pengarna - "Ännu effektivare energianvändning med mera utvecklade energitjänster".

Energieffektivisering är lönsam i sig själv. Den behöver inga bidrag men väl stöd för att bli mera ändamålsenlig.

Det finns en naturlig fragmentering på marknaderna där varje aktör gör sitt så gott man kan och med goda syften, men denna fragmentering skymmer också helheten. Nyttan kan skapas med mera energi, men också med mindre, eftersom nyttan fordrar inte bara energi utan även en installation vars komponenter kan vara mera eller mindre väl valda. I dagens marknad saknas i stor utsträckning den översikt som behövs för att delarna skall kunna sammanfogas på bästa sätt.

För att mobilisera delarna måste vi ifrågasätta en del av det tankegods som styr dagens åtgärder. Det handlar om att:

- Vi måste bli bättre på att förstå hur kunderna tänker. Effektivisering är inte svårt men det är komplicerat. Det är så många åtgärder som skall sättas samman till en fungerande anläggning och åtgärderna måste genomföras under lång tid. Varje omställningstillfälle måste utnyttjas
- Vi måste sluta att prata enbart om hur lönsamt det är och istället också prata om andra fördelar som hör till (PLUS-värden) såsom, bekvämlighet, trygghet, produktivitet, offentliga utgifter och hälsa.
- Vi måste paketera tekniska lösningar från flera olika leverantörer till fungerande system som kompletteras succesivt över tiden och på ett sätt som ger kunden en trygg leverans. Affärsmodellerna måste bli bättre
- Vi måste få myndigheterna att samverka istället för att ensidigt tjata om hur viktigt priset är. I synnerhet när vi inte har något enhetligt energipris att förhålla oss till. Det behövs en nationell samordning med årligt rapportansvar till regering och riksdag.
- Vi måste arbeta med energisystemet och se till att det levererar **nyttan** (ljus, kraft, värme) och inte kilowattimmar
- Vi måste få styrmedel som fungerar på kundens villkor. Ett exempel från England visar att lönsam vindsisolering inte blev av förrän man också erbjöd tjänsten att röja undan bråte på vinden!

1. *Grunden för att åstadkomma en förändring är att förstå hur den mesta centrala aktören kunden/användaren fungerar och vad som är viktigt för denne. Användarens beslut fattas merendels med bristfälligt underlag och med enkla tumregler.*

För användaren är det nyttan/ändamålsenligheten som är viktig. "Lönsamhet" är svårt att bedöma och ekonomisk rationalitet blir underordnad eller abstrakt. Erbjudandena till kunden är ofta svåröverskådliga för denne. Åtgärder bör inriktas på att skapa en metodik som stegvis leder till att resursanvändningen effektiviseras. "Det är inte svårt – bara komplicerat"

Kunden behöver bättre stöd för sina beslut så att värdet av åtgärderna blir synligare och högre.

2. *Myndigheter (och departement) måste börja agera utifrån en mera realistisk uppfattning om hur marknads aktörer fungerar. "Beteendekonomin" bör vara utgångspunkt för att aktivt söka finna former för hur incitament (nudges) utformas så att effektivisering blir den första och prioriterade åtgärden. Erfarenheterna från Brittiska BIT bör stå som modell för att utforma ändamålsenliga styrmedel.*

Alternativet är att vi bygger ut energitillförsel som fordrar stora resurser men som fortsätter att försörja en överstor energianvändning där en alltför stor del inte ger tillräcklig nytta.

Myndigheterna bör samordnas bättre i sin utövning genom att man tillsätter en nationell samordnare för effektivisering. Denne skall årligen rapportera till regeringen hur det samverkande arbetet med energiomställningen fortskrider.

3. *Användaren söker energins nytta (ljus, kraft, värme, kyla) vilket man får av kombinationen energi + den installation/apparatur som man har. Installationerna kan ha olika verkningsgrad (=vara mer eller mindre effektiva). Användarna har mycket olika förutsättningar för att göra goda val.*

Det behövs ett bredare utbud från effektiviseringsindustrin och som bättre matchar den mångfald av kundkategorier som finns, från små till stora, från rena lekmän till kompetenta. Även många kompetenta saknar kapacitet och tvingas i sitt dagliga värv prioritera andra arbetsuppgifter än att hushålla effektivt.

Det innebär att flera produktleverantörer måste identifiera "energitjänster" som en affärsmöjlighet för dem och forma allianser med (var-)andra.

Utveckling av affärlösningar bör också sökas i en horisontell integration (kombination av tekniker för effektivisering och även kombination med t.ex. lokal energiförsörjning). Därutöver kan man behöva utveckla former för tillhandahållandet så att trygghet och funktion säkerställs över en längre tidsperiod vilket kan ske genom auktorisation, servicekontrakt, delning och kollektiv upphandling etc.

4. *En omdaning av energisektorn medför nya industriella möjligheter där nya tekniska lösningar utformas. Det som idag är bästa tillgängliga teknik behöver utvecklas ytterligare vilket fordrar ett nära samarbete mellan medvetna kunder och intresserade leverantörer vilket kan ske i så kallade teknikupphandlingar.*

De nya produkterna behöver få fäste på marknaden vilket ofta fordrar uppbyggnad av volymer och större marknader än vad enskilda länder kan mobilisera. IEA har emellertid till sitt förfogande drygt 40 stycken så kallade Implementing Agreements där man kan samverka mellan länder och andra intresserade parter. Sverige har traditionellt varit en viktig partner i IEA och bör intensifiera sin medverkan bland annat baserat på den specifika kompetens man besitter som teknikupphandlare.

5. Det behövs en helhetssyn (systemsyn) på hur energisystemet skall kunna ställas om till både optimalt och uthålligt utnyttjande av resurserna. Detta som motverkan till den uppdelning som myndigheter och aktörer uppvisar idag.

Den gällande svenska målsättningen för effektivisering har en olämplig utformning genom att knytas till BNP-utvecklingen (intensitetsmål) vilket till och med kan innebära att det uppnås utan att någon effektivisering ägt rum. Detta avviker från EUs målformulering.

För att vi skall kunna leverera inom ramen för det åtagande vi har inom EU behövs både en målsättning som är i överensstämmelse med EUs och en nationell samordning av myndigheternas resurser. En nationell samordnare, med årligt rapporteringsansvar, bör tillsättas.

6. Myndigheterna måste presentera regelverk som mobiliserar och motiverar effektiviseringsindustrin och slutanvändarna till att ta tillvara resurserna. Detta bör ske genom **byggnadsregler** som ger vägledning men också uppmuntrar till att gå längre och pröva nytt. Möjligheterna för kommunerna att sätta egna krav bör återinföras och vara ett led i den teknik- och marknadsutveckling som skapar framtidens effektiviseringsindustri.

Deklarationer och kartläggningar skall ge handfast stöd till en process av förbättringar och inte bara begränsas till att ge upplysning om status vid ett givet tillfälle. Ansträngningar utöver det vanliga bör kunna belönas och uppmuntras med förmånliga villkor till exempel med **ROT-stöd**.

7. Ett system med **"Vita Certifikat"** bör utformas och ersätta det tidigare PFE-systemet för industrin och för större förbrukare och som innebär att energiföretag och effektiviseringsindustrin motiveras och mobiliseras till genomförande av åtgärder i nivå med EUs effektiviseringsdirektiv. Sådana certifikat skulle innebära att man fokuserar på att ge kundnytta för lägsta kostnad och utgör ett komplement till de certifikat som finns idag och endast omfattar energitillförseln.
8. Slut användarna måste ges bättre möjligheter och större trygghet för sina beslut genom att de kan förstå dagens luddiga prissignaler och istället få **"en räkning-ett pris"** samt genom **auktorisering-certifiering** få större klarhet i vad leverantörer av effektiviseringstjänster – produkter innebär. För vanliga kunder är effektivisering attraktivt men komplicerat
9. De nya tekniska möjligheterna kommer att ge kunderna större möjligheter att vara delaktiga i energisystemets funktion. Så kallade **smarta nät** är ett sätt. Det kan innebära att man

önskar vara delaktig i energiproduktion med egna anläggningar men också att man kan styra och påverka sin egen användning och vara flexibel (genom så kallad "demand response"). Effektiviseringsindustrin måste utveckla nya produkter och tjänster som erbjuder bredare service för att möta sådana önskemål.

I Appendix 1-6 behandlas flera olika aspekter som kan anläggas på tekniska funktioner, begrepp och följder som en omställning kan fordra:

- (1) Potentialbedömning till 2050
- (2) Marknads- och omställningsperspektiv
- (3) Potential- och lönsamhetsbegrepp
- (4) Former för energitjänster
- (5) Vita certifikat (för och emot)
- (6) Sysselsättning

Uppdraget

Uppdraget innefattar följande punkter:

1. En definition av begreppet energitjänster
2. Hur marknaden ser ut och hur den kan förväntas utvecklas i framtiden.
- 3 En diskussion kring hur en utvecklad marknad för energitjänster skulle kunna bidra till en klimatomställning där Sverige år 2050 skall vara klimatneutralt.
- 4 En diskussion kring och förslag om vilken roll staten kan/bör spela för att eventuella fördelar med en utvecklad marknad för energitjänster skall materialiseras: vem bör göra vad till när?

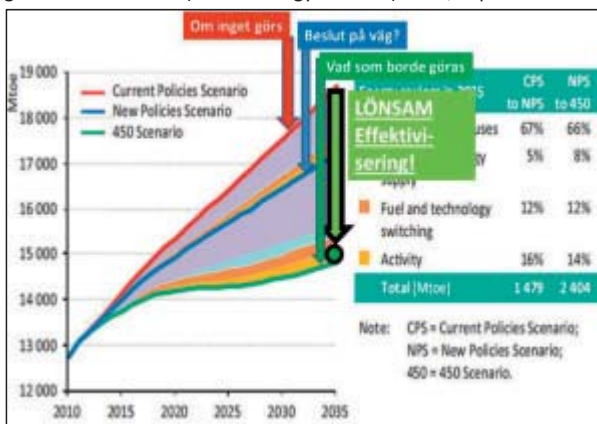
1. Effektivare energianvändning – den glömda ignorerade resursen.

Det råder stor enighet om att energieffektivisering är den bästa energiresursen eftersom den är billig och samtidigt miljövänlig. Påståendet upprepas i praktiskt taget alla politiska deklamationer. Nu senast i EUs utspel om en "Energiunion" som man säger skall ha "Effektiviserings först" som ledande princip.

Insikterna växer

De etablerade internationella samarbetsorganen, såsom IEA, OECD, FN och EU har också på senare år lagt fram bevis för att en radikal omställning av energisystemet och där effektiviseringen är en hörnpelare är både möjlig och förmånlig. Möjlig därför att potentialerna är stora och åtkomliga redan med dagens teknik. Förmånlig därför att kostnaderna är låga (och sjunkande) och att vinsterna är större än kostnaderna samt förmånlig eftersom en omställning skapar sysselsättning och nya industriella aktiviteter.

- ⇒ OECD:s energiorgan IEA (International Energy Agency) uppskattar att man redan med privatekonomiskt lönsamma effektiviseringar kan uppnå nästan hela målsättningen, dvs 2-gradersmålet. WEO (World Energy Outlook) 2012, kapitel 9-12



Figur 1: IEA World Energy Outlook (WEO) 2012

- ⇒ IEA sade i sin Marknadsrapport 2013 att energieffektivisering är "det glömda bränslet som måste bli det första bränslet" därför att det är billigast och säkrast. I efterföljaren 2014 sade man att "effektivisering är ett osynligt kraftpaket". I marknadsrapporten 2015 fortsatte man med att kalla effektivisering för "den dolda juvelen".

- ⇒ IEA har också speciellt analyserat och visat sambanden mellan effektivisering och påverkan på makroekonomi, offentlig ekonomi, hälsa och välbefinnande, industriell produktivitet och energitillförsel och visat 15 olika så kallade "Multiple Benefits" där en ökad effektivisering också medför andra fördelar som dock oftast inte beaktas i en formell kalkyl.
- ⇒ FN:s klimatpanel (IPCC) bedömer att klimatförsämringarna kan hejdas främst med effektivare energianvändning. Kostnaden motsvarar 227 kronor per år för varje svensk (0,06 procentenheter minskad årlig tillväxt i BNP, enligt IPCC SPM WGIII AR5 tabell 2) vilket de säger är högt räknat då de inte kunnat beräkna fördelarna av uteblivna temperaturökningar.



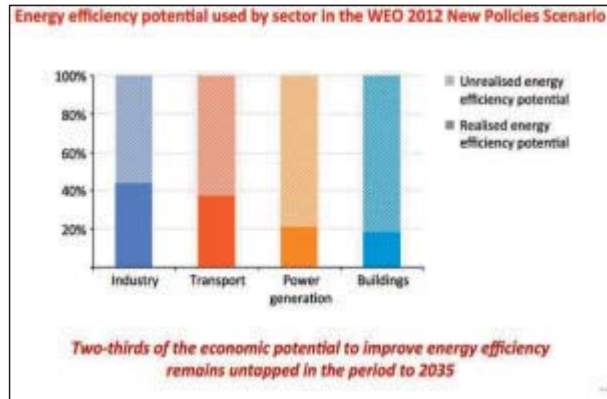
Figur 2: Multiple Benefits, PLUS-värden som hänger samman med effektivisering

- ⇒ EU:s energieffektiviseringsdirektiv, eed, syftar till att Europa skall förverkliga den kostnadseffektiva potentialen (som man bedömer vara minst 20 procent).
- ⇒ EU:s underlag till klimatpolitiken slår fast att effektivisering leder till bättre ekonomi och flera jobb. "Ett enda växthusgasmål förväntas också leda till lägre BNP och sysselsättning jämfört med en ram baserad på mer ambitiösa mål även för förnybara energikällor och energieffektivitet." COM SWD (2014) 16 final stycke 85.

Insikterna ökar alltså och det är viktigt att de vidimeras av dessa högnivåorgan.

Från potential till verklighet

IEA har i sina beräkningar inför World Energy Outlook 2012 kunnat visa att man med enbart den lönsamma energieffektiviseringen skulle kunna klara en stor del av gapet mellan den energianvändningsnivå vi är på väg emot och vad som behövs för att klara tvågradersmålet. Men man har också visat att denna potential inte kommer att tas i anspråk om inte ytterligare insatser görs. Industrin kommer närmast men byggnadssektorn har mycket kvar.



Figur 3: Effektiviseringspotentialen realiseras inte i den omfattning som är motiverat (IEA WEO 2012)

Som IEA visar så finns potentialen men det är acceptansen som är krusket – när acceptansen är låg blir resultatet litet. Hur kan man öka acceptansen för att tillgodogöra sig den ekonomiska nyttan?

Resultat=Potential* Acceptans

IEA har i sin WEO 2012 ställt upp några huvudlinjer för hur marknadspotentialen skall kunna realiserars genom att acceptansen ökar. De har ställt upp sex punkter som de menar att man måste iakttä vid utformning av policy-åtgärder. (1) Energins nytta måste bli **synligare** på marknaden, (2) betydelsen av effektivitet måste ges högre **prioritet**, (3) **värdet** måste bli mera uppenbart genom ändamålsenligare metoder i tillhandahållandet, (4) energieffektivitet måste vara **standard/normaltillstånd** (och inte undantag eller exceptionellt), (5) värdet måste vara **verkligt** och uppenbart genom uppföljning och verifiering, (6) effektivitet skall göras **uppnåeligt** vilket fordrar yrkesskicklighet både i myndighetsutövning och i effektiviseringsindustrin.

- **Visible** (*The energy performance of each energy end-use and service needs to be made visible to the market.*)
- **Priority** (*The profile and importance of energy efficiency needs to be raised.*)
- **Affordability** (*Create and support **business models, financing vehicles and incentives** to ensure investors in energy efficiency reap an appropriate share of the rewards*)
- **Normal** (*Energy efficiency needs to be normalised if it is to endure. Resulting **benefits from learning and economies of scale** help make the most energy-efficient option the normal solution.*)
- **Real** (*Monitoring, verification and enforcement activities are needed to verify claimed energy efficiency*)
- **Realisable** (*Achieving the supply and widespread adoption of energy efficient goods and services depends on an adequate body of **skilled practitioners** in government and industry.*)

Det är en fråga om samspel mellan tre parter, kunden/användaren, effektiviseringsindustrin samt myndigheter/departement, som här pekats ut och som skall behandlas var och en i det följande, avsnitten 2-4. Dessa aktörers respektive roller i en omställning behandlas närmare i APPENDIX 2.

I Sverige, som på andra håll, finns en orealiserad lönsam potential för effektivare energianvändning, se APPENDIX 1 för en bedömning fram till 2050.

Resultat Marknadspotential

Sektor 2010	Värme	El	Övrigt	
Byggnader	117	58		
Industri	90	52		
Transporter		3	88	
TOTALT	207	113	88	408

Sektor 2050	Värme	El	Övrigt	
Byggnader	65	29		55%
Industri	76	31		75%
Transporter		20	21	45%
TOTALT	141	60+20	21	222+20
Nivå	70%	55% (70%)		55% (60%)

Tabell 1: Energieffektiviseringspotential 2010-2050 enligt beräkning från EEF (Ökad elanvändning med rött)

Modellens resultat ansluter till IEAs bedömning av hur de olika sektorerna succesivt utnyttjar potentialerna i den takt som omställningsmöjligheterna medger men också på ett sådant sätt att varje omställningstillfälle utnyttjas och inte förbigås. En skillnad ligger i att transportsektorn antagits utnyttja en omställning till el mera konsekvent.

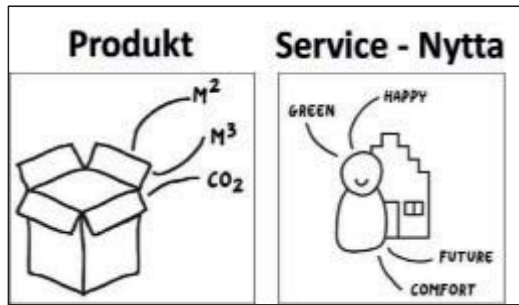
Det behövs ett bredare utbud som bättre matchar den mångfald av kundkategorier från små till stora, från rena lekmän till kompetenta. Det innebär sannolikt att flera produktleverantörer måste identifiera att "energitjänster" är en affärsmöjlighet för dem och att de formar allianser med (var-) andra.

2. Kunden i centrum

Ett vanligt uttryck är att man i kommersiella sammanhang vill "sätta kunden i centrum" vilket är både naturligt och lämpligt. Om inte kunden är nöjd med vad som erbjuds så blir det ingen affär. Frågan är emellertid om man tillräckligt väl förstår och tar hänsyn till vad som intresserar kunden.

När det gäller energieffektivisering presenterar vi i alltför hög grad en produkt med dess tekniska prestanda och antar att kunden dels kan förstå dem till fullo och dels agerar och är intresserad om det ger ett positivt ekonomisk utfall. En vanlig uppfattning om energieffektivisering är att de kommer att genomföras spontant om bara användaren blir tillräckligt informerad om möjligheterna och förtjänsterna av att ändra installation och energiflöden. Detta är emellertid sant bara för ett fåtal och en starkt återhållande faktor är att de tekniska möjligheterna är så många att det för de flesta är svårt att sätta samman dem till en fungerande anläggning. Även om tekniken är ganska trivial (isolering, varvtalsreglering, belysningskällor, mm.). "Effektivisering är inte svårt – bara komplicerat".¹

¹ <http://www.eef.se/dags-att-voja-ridan/>



Figur 4: Kunder är mera intresserade av service och nytta än av aktuella produktprestanda²

Kunden antas vanligen vara fullt informerad om sina alternativ och vad de innebär samt vara ekonomiskt rationell i sitt beslutsfattande. Om så vore skulle ekonomiska incitament och informationsinsatser vara tillräckliga styrmedel för att uppnå optimala marknadsförhållanden. Något som motsägs av den relativt låga acceptansen

I realiteten är kunderna mycket mera begränsade i sitt tänkande och agerande och en mera rimlig modell står att söka inom det som kallas beteendeekonomi.

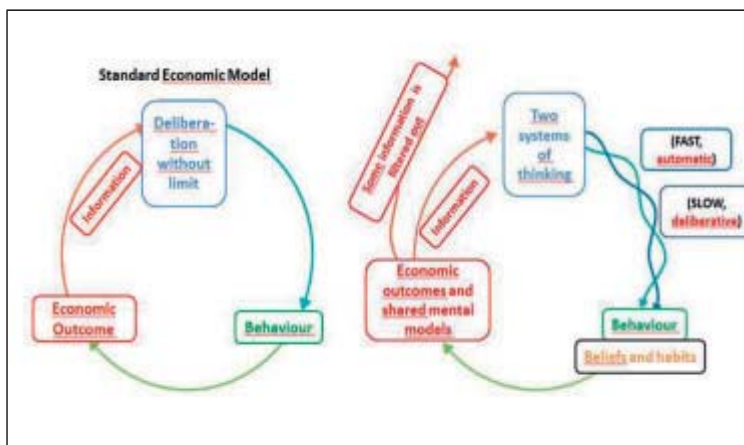
Föreställningar om marknaden (och människan)

Världsbanken har publicerat en vägledning för sin verksamhet där de granskade på vilka premisser de utformade sina program och gav stöd.³ I denna vill de utvidga synen på hur människor agerar och fattar beslut på marknader. De ger därmed stöd för det som kallas Beteendeekonomi (Behavioural Economics) där man menar att människor inte, som i standardmodellerna för rationellt beteende, kan anses handla uteslutande som allt igenom informerade och vinstmaximerande individer (Economic Men). Istället ansluter de till de modeller som Daniel Kahneman talar om i boken "Tänka snabbt och långsamt" och Richard Thaler och Cass Sunstein behandlar i sin bok "Nudge".

After a respite of about 40 years, an economics based on a more realistic understanding of human beings is being reinvented. But this time, it builds on a large body of empirical evidence—microlevel evidence from across the behavioral and social sciences. The mind, unlike a computer, is psychological, not logical; malleable, not fixed. It is surely rational to treat identical problems identically, but often people do not; their choices change when the default option or the order of choices changes. People draw on mental models that depend on the situation and the culture to interpret experiences and make decisions. This Report shows that a more interdisciplinary perspective on human behavior can improve the predictive power of economics and provide new tools for development policy.

² IEA DSM Programme Task 25 – Business Models for a more effective market uptake of DSM energy services <http://www.ieadsm.org/task/task-25-business-models-for-a-more-effective-uptake/>

³ Mind, Society and Behaviour <http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Publications/WDR/WDR%202015/WDR-2015-Full-Report.pdf>



Figur 5: Världsbanken ställer ifråga standardmodellen mot en utvecklad som tar hänsyn till hur människor verkligen tänker

Detta synsätt framförs också av årets pristagare i ekonomi till Alfred Nobels minne Angus Deaton.

What we are seeing now is the empire striking back, with ideas from other social sciences invading the core of economics, welcomed by some, and fiercely resisted by others. With luck, this mixing will give us a better understanding of the economic behaviour of individuals, and of the behaviour of economies. It might also bring a more humane economics that preserves our hard-nosed appreciation of how markets work and what they can do as well as of the benefits of laissez faire when it is indeed safe to laissez faire, but that also incorporates a broader understanding of, and sympathy for, human nature⁴

Detta har betydelse just för utformningen av policyåtgärder. Orsaken till att vi framgångsrikt kan tala om hur stor potentialen är, är just att vi antar att om alla betedde sig ekonomiskt rationellt så kan vi frigöra en mängd resurser som annars slösas bort. Men för att människor verkligen skall göra detta rationella så måste vi presentera alternativ som apelerar till det sätt på vilket vi tänker d.v.s. oftast fort och bara i undantagsfall tillräckligt långsamt.

1. Kunden har liten möjlighet att respondera på prissignalen eftersom den i sig är komplicerad. För el har man olika priser på distribution och energi från olika leverantörer vilka skall sammanvägas.
2. Även med den bästa information i världen kan den övervägande majoriteten av användare inte sätta samman ett fungerande paket av olika effektiviseringsåtgärder från olika teknikområden och jämföra dem
3. Även med ideal information så tolkar användaren den utgående från högst begränsad erfarenhet och blir beroende av förenklade beslutsregler (tumregler, hörsågen etc.) vilket visas av den "beteendekonomiska forskningen".

⁴ Are economists human? Angus S Deaton | The Lancet [http://thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(09\)61936-X/fulltext](http://thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(09)61936-X/fulltext)

Erbjudanden på människors villkor

Sedan några år finns knutet till den Brittiska regeringen ett "Behavioural Insights Team" (BIT) som hjälper till att föreslå och utforma åtgärder som tar beteendeeconomiska insikter tillvara för att uppmuntra och underlätta till förbättringar som människor finner ändamålsenliga. De har utarbetat en modell som de kallar EAST (Easy, Attractive, Social, Timely) det vill säga, Lätt, Attraktivt, Socialt och "Tajmat".⁵

Med denna modell har de bland annat arbetat med energieffektivisering och till de omtalade framgångarna hör att de noterat att acceptansen för vindsisolering ökade när man kopplade den åtgärden med ett erbjudande att röja vinden från bråte. Ett skäl att människor tvekade att isolera även om de tjänade på det så avstod de därför att det fordrade att de röjde ut först. När de erbjuds att få vindsröjning (vilket de fick betala för) så ökade intresset för isolering.

Easy	<ul style="list-style-type: none"> • Harness the power of defaults. • Reduce the 'hassle factor' of taking up a service. • Simplify messages. 	Minska krånglet och öka tillgängligheten
Attractive	<ul style="list-style-type: none"> • Attract attention. • Design rewards and sanctions for maximum effect. 	Skapa uppmärksamhet och incitament som intresserar
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Show that most people perform the desired behaviour • Use the power of networks. • Encourage people to make a commitment to others. 	Utnyttja kontakter, visa att (hur) andra gör det och håll koll (på dig själv)
Timely	<ul style="list-style-type: none"> • Prompt people when they are likely to be most receptive. • Consider the immediate costs and benefits. • Help people plan their response to events. 	Var där när det är dags, anpassa ekonomin till genomförandet

Effektivisering-sparande-tillräcklighet; NYTTA

Den tekniska utvecklingen har succesivt gett oss fler tekniska möjligheter att omvandla energi till nytta, men samhällsutvecklingen har också gett oss flera uppgifter att lösa. Den i sammanhanget mest uppenbara är frågan om vi skall bli effektivare eller om vi skall spara eller kanske både och. Tekniken ger oss möjligheter att välja andra apparater för att få samma utbyte/nytta det vill säga att bli effektivare, men samtidigt kan samhällsbehovet att minska utsläppen av växthusgaser fordra att vi blir sparsammare och avstår från vissa saker som kanske inte är absolut nödvändiga.

Energy efficiency is "using less energy to provide the same service".
Energy efficiency is not energy conservation. Energy conservation is reducing or going without a service to save energy.
For example: Turning off a light is energy conservation. Replacing an incandescent lamp with a compact fluorescent lamp (which uses much less energy to produce the same amount of light) is energy efficiency.
Both efficiency and conservation can reduce greenhouse gas emissions.⁶

⁵ Easy, Attractive, Social, Timely http://38r8om2xjhl25mw24492dir.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/07/BIT-Publication-EAST_FA_WEB.pdf

⁶ LBNL | USA <http://eetd.lbl.gov/ee/ee-1.html>

Ibland talar man numera inte bara om effektivitet och sparande utan även om tillräcklighet (sufficiency). Denna inriktning kan vara en drivkraft för ytterligare innovationer, som inte bara innebär teknisk utformning, utan även kan påverka affärsmodeller som ryms i begreppen delning, service eller kretslopp.⁷

Analytiskt handlar det om att tänka i banor vad som är adekvat för att tillfredsställa ett behov, se figur 6.⁸ En viktig fråga för utvecklingen av affärsmodeller kommer troligen att vara i hur hög grad värdeerbjudandet till kunden inte bara kan omfatta den rena hushållningen med energi utan kombinera dem med de PLUS-värden som kan förknippas med effektiviseringen och vem som har betalningsviljan eller nyttan av dem.

Kanske viktigare än att sätta en korrekt etikett på de olika begreppen är att notera att det i samtliga fall handlar om hur man säkerställer och ökar NYTTAN av de resursinsatser som görs. Uppenbara och redan existerande exempel på utvecklade affärsmodeller i detta fält som handlar om att öka nyttan av resursinsatserna kan vara bilpooler för att klara ett transportbehov (delning), "komposition och hemtransport" av matkassar för hushållen (service), insamling av textilier för återvinning eller second-hand butiker (kretslopp).

Table 1. Basic needs and translation to demands, needs, desires (domains).

basic needs/area of care economy production	demands, needs, desires/care economy domain
adequate food provision	storage, cooling, freezing food preparation
adequate provision of cleanliness/hygiene	clothing hygiene/washing clothes drying dish-washing housekeeping personal hygiene
adequate lighting	lighting
adequate room climate	heating/cooling (air conditioning) ventilation

Figur 6: Från "Energy sufficiency policy: an evolution of energy efficiency policy or radically new approaches?" Stefan Thomas et al.

Konklusion: Grunden för att åstadkomma en förändring är att förstå hur den mesta centrala aktören kunden/användaren fungerar och vad som är viktigt för denne. Erbjudandena måste utgå från att besluten fattas på grundval av bristfälligt underlag och med enkla tumregler som modell samt att det är nyttan/ändamålsenligheten som är viktig snarare än abstrakta, om än objektiva och rationella, förhållanden. Kunden behöver stöd för sina beslut så att värdet av åtgärderna blir synligare och högre, på det sätt som IEA nämner.

⁷ Energy Sufficiency - Strategies and Instruments for a Technical, Systemic and Cultural Transformation Towards a Sustainable Limitation of Energy Demand in the Building/Living Sector <http://wupperinst.org/en/projects/details/wi/p/s/pd/459/>

⁸ Energy sufficiency policy: an evolution of energy efficiency policy or radically new approaches? Stefan Thomas et al. Eceee 2015

3. Myndigheternas roll och relationer

Traditionellt har vi gjort tydlig åtskillnad mellan energianvändning och energitillförsel. Vi ser processen med energiförsörjning som ett linjärt system där man succesivt förädlar primärenergien, från centralt placerade anläggningar, genom olika led fram till nyttan hos användaren (se också APPENDIX 2).

Det framväxande systemet kommer snarare att vara nätverk (mesh) där "primärenergi" tillförs ute i nätet från enskilda lokala anläggningar såsom solceller, små vindkraftverk m.fl. Det kommer att leda till större delaktighet där användarna i högre grad själva tar ansvar för sin egen energiförsörjning inte minst elförsörjningen.⁹

Eftersom energisystemet befinner sig i utveckling är det rimligt att tänka sig att energitjänster också kan bli mera omfattande. Redan idag är det komplext för de flesta användare att finna den "optimala" kombinationen av åtgärder och om valmöjligheterna dessutom utvidgas att omfatta tillförsel i egen regi ökar komplexiteten och därmed behovet av assistans ytterligare. Framtidens energitjänst kommer sannolikt inte bara att omfatta energianvändningen utan även i viss omfattning energitillförseln. Myndigheternas uppgifter kommer på motsvarande sätt att bli mera komplexa.

Redan idag har vi en splittrad bild av hur ansvaret fördelas mellan olika departement och myndigheter som på olika sätt har ansvar för delar av de åtgärder som påverkar energi och energieffektivisering:

- Näringsdepartementet
 - Boverket
 - Vinnova
 - Formas
 - Tillväxtverket
 - Energimarknadsinspektionen
- Energi- och miljödepartementet
 - Energimyndigheten
 - Naturvårdsverket
- Finansdepartementet
 - Upphandlingsmyndigheten
 - Konjunkturinstitutet
- Länsstyrelserna

Myndigheternas problembilder

Våra myndigheter utgår oftast från hypotesen att människors agerande på marknaden i huvudsak är ekonomiskt rationellt. De styrs väsentligen av priserna och de har all nödvändig kunskap om hur man åstadkommer energins nytta med hela det batteri av olika tekniska lösningar som står till buds.

Ett ofta förekommande påstående i olika myndigheters utredningar är att det inte finns några "marknadsslyckanden" och då finns heller inget behov av åtgärder från deras sida annat än att förstärka informationsinsatserna.

⁹ Energy Technology Perspectives 2015 - Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action <http://www.iea.org/etp/etp2015/>

Energimyndigheten framhåller till exempel: *”...En sund utgångspunkt för valet av energieffektiviseringsstrategi är (därför) att utgå från den fria marknadens förmåga att kostnadseffektivt allokera samhällets resurser och försöka identifiera och rätta till de marknadsmisslyckanden som förhindrar en samhällsekonomiskt optimal energieffektivisering”.*

I en utredning (om vita certifikat) säger att informationsproblem kan föreligga, men säger: *” Det är vanligt i energieffektiviseringsammanhang att referera till olika informationsproblem, som gör att energianvändare inte i tillräcklig omfattning vidtar effektiviserande åtgärder. Brist på information utgör i sig inte ett marknadsmisslyckande”.*

Vilket lämnar oss med den möjliga tolkningen att skälet till att marknaden (användarna) inte realiserar den stora potentialen är att den inte har preferenser för effektivare energianvändning. De föredrar att betala mer för den (energi-)nytta de får än de skulle behöva.

Man skriver också att: *” De styrmedel som anses ha störst stöd i en analys av marknadsmisslyckanden är sådana som gör det möjligt att utnyttja och effektivisera marknadens prissignaler i kombination med olika informativa styrmedel”*

Denna problembild är ännu mera dominant i Konjunkturinstitutets inlägg som oftast har som slutsats att energi- och miljöpolitik inte är tillräckligt kostnadseffektiv. Huvudlinjen är att skatteinstrumentet är att föredra framför mera riktade åtgärder.

Ett exempel är deras publikation ” Miljö, ekonomi och politik 2013” där man ställer som mothypotes till ett förslag från Naturvårdsverket om åtgärder för transportsektorn att en skattehöjning på 900% vore lämpligare än de instrument som SNV föreslagit. En sådan höjning skulle motsvara 42 kronor per liter.¹⁰ För säkerhets skull påpekar man dock att *” Inget analysverktyg är anpassat för att studera så stora förändringar som målet om en fossiloberoende fordonsflotta innebär. Resultaten bör därmed tolkas med stor försiktighet”*

I ett ställningstagande angående så kallade viktningfaktorer¹¹ som syftar till att spegla den totala resursanvändning som behövs för att åstadkomma energinytta för ett givet ändamål har energimyndigheten tagit avstånd från sådana: *”Energimyndigheten konstaterar att viktningfaktorer skapar marknadsbarriärer på energimarknaderna eftersom energipriserna inte längre tillåts styra fullt ut. Det finns inget som talar för att viktningfaktorer har en bättre miljöstyrande förmåga än energipriserna. Viktningfaktorer riskerar dessutom att påverka trygg energiförsörjning negativt eftersom väl fungerande energimarknader är grunden för att skapa försörjningstrygghet. Det innebär viktningfaktorer försämrar den samhällsekonomiska effektiviteten”¹²*

Bruket av viktningfaktorer är ett sätt att försöka ge en bild av helheten, hur mycket energi behövs för att åstadkomma den avsedda nyttan, hur stort blir ”fotavtrycket” när man väljer olika slag av tillförsel och åtgärder. Det blir särskilt märkbart vid bruket av el eftersom den kan produceras

¹⁰ <http://www.koni.se/publikationer/miljo-ekono-misk-rapport/miljoekonomisk-rapport/2013-12-10-snarig-energi-politik-ger-mindre-klimatnytta.html> och <http://www.dn.se/nyheter/sverige/bensinpris-pa-42-kr-om-vi-ska-klara-malen/>

¹¹ *”Variationen mellan olika energislag för dessa viktningfaktorer, och deras respektive besparingspotentialer, reflekterar de primära energiresurser som åtgår för att framställa en kWh slutlig energi med de olika energibärarna.”* Ett energieffektivare Sverige Nationell handlingsplan för energieffektivisering, SOU 2008:25 sidan 10.

<http://www.regeringen.se/contentassets/a8fa5aa9f4ef4f7db291694040a96f6a/ett-energieffektivare-sverige---nationell-handlingsplan-for-energieffektivisering-bilaga-sou-200825>

¹² Energimyndighetens syn på viktning- och primärenergifaktorer. Beslut 2015-04-13.

<https://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/stallningstaganden/energimyndighetens-syn-pa-viktningfaktorer.pdf>

antingen med ett stort "avtryck" (i kondenskraftanläggningar som är fossileldade och har låg verkningsgrad) eller i lokala anläggningar som använder förnybara bränslen och ger litet "avtryck". Priset för produkten el till försäljning kan vara detsamma i båda fallen.

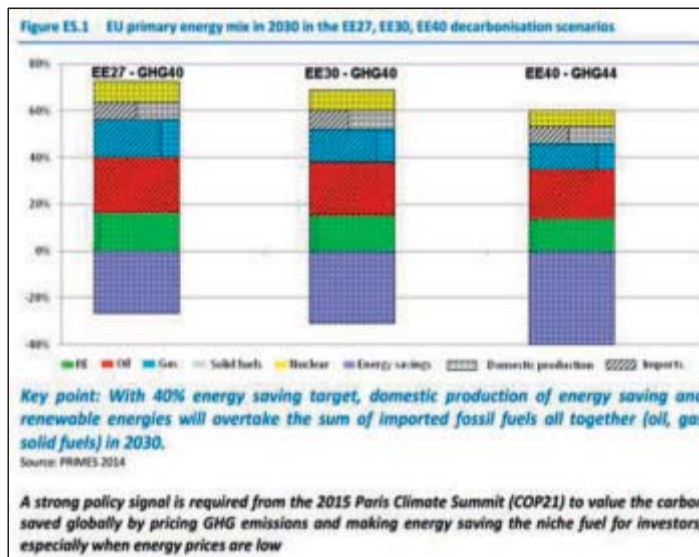
Problembilden att människor väsentligen styrs av finansiella instrument är den gängse bland myndigheterna. Jämfört med Världsbankens analys och hur de komplexa erbjudanden som en kund/användare ställs inför är detta en alltför idealiserad bild av marknaden.

Effektivisering först!

Huvudargumentet för effektivisering är resurshushållning, det vill säga att man skall vara effektiv i utnyttjandet, så att man kan "göra mer med mindre". EU har i sina ambitionsförklaringar till Energiunionen hävdad att man vill sätta effektiviseringen i främsta rummet.¹³

"It is necessary to fundamentally rethink energy efficiency and treat it as an energy source in its own right, representing the value of energy saved. As part of the market design review, the Commission will ensure that energy efficiency and demand side response can compete on equal terms with generation capacity."

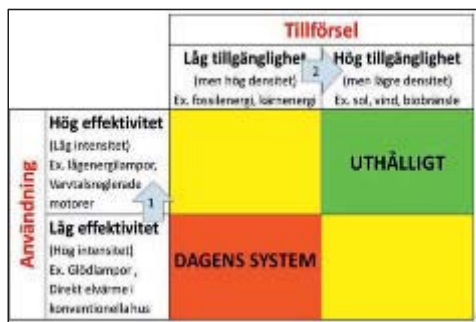
En sådan omorientering skulle innebära att traditionella bränslens betydelse radikalt minskade i samhället med positiva effekter för energisäkerhet, miljö och klimat som följd. I en bedömning av EUs forskningsorgan JRC visas att en ambitionshöjning till 40% effektivisering 2030 kommer behovet av energiimport att minska drastiskt.



Figur 7: Energimixen i Europa vid olika nivåer på effektiviseringsmålsättningen (27-30-40%) till 2030.¹⁴

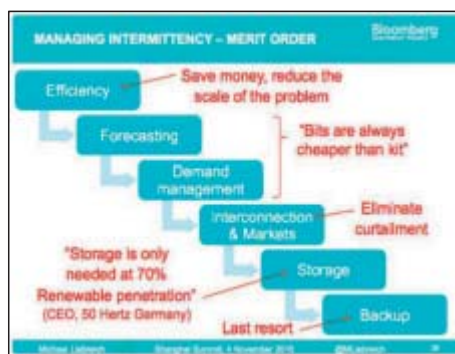
¹³ A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy Energy Union Package, COM(2015) 80 final

Effektivisering påverkar också möjligheterna för förnybar energi och utnyttjandet av lokal produktion. I det praktiska utförandet kommer de båda aspekterna alltmer att glida samman. Vilket i sin tur påverkar behovet av, och karaktären på, energitjänster.



Figur 8: Effektivisering först - så att vi utnyttjar energin bättre och därefter kan ta i anspråk ett bredare/större utbud av lokala resurser.

Ibland ställs frågan om det skulle ligga något självändamål i att minska energianvändningen. Det rimliga svaret är naturligtvis nej, men det finns alltid en anledning att fundera över om all energianvändning är nödvändig eller skapar "nytta", till exempel belysning i ett utrymme som inte används? Minskning av den onyttiga delen har alltid ett ändamål. Det finns inget skäl att bygga ut ny tillförsel för att försörja "onödig" energianvändning.



Figur 9: "Körordning" för ett energisystem med stort inslag av förnybar (intermittent) energi.¹⁵

I det Europeiska energisystemet, särskilt el, påverkar alla åtgärder systemet som helhet. Det innebär att åtgärder för att minska energislöseriet i Sverige kan innebära att koleldningen i Polen kan minska. Åtgärder som förbättrar fjärrvärmeutnyttjandet innebär att sparad bränsle kan sättas in i en anläggning som använder fossilbränsle någon annanstans.

¹⁴ Securing Energy Efficiency to Secure the Energy Union, JRC http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/system/tdf/2015-11-30_securing_energy_efficient_to_secure_the_energy_union_online.pdf?file=1&type=node&id=9106
¹⁵ FUTURE OF ENERGY SUMMIT Michael Liebreich Chairman of the Advisory Board Shanghai 4 November 2015 <http://about.newenergyfinance.com/content/uploads/sites/4/2015/11/Shanghai-Summit-ML-keynote.pdf>

Som vi sett så är emellertid möjligheterna att göra optimala och väl informerade val starkt begränsade för majoriteten av användare. Man måste finna former för att ge ändamålsenlig assistans.

Konklusion: Myndigheter och departement måste börja agera utifrån en mera realistisk uppfattning om hur marknadens aktörer fungerar baserat på så kallad "beteendekonomi". Man bör aktivt söka finna former för hur incitament (nudges) utformas till stöd för att effektivisering blir första och prioriterad åtgärd. Erfarenheterna från Brittiska Behavioural Insights Team, BIT, kan stå som modell för att utforma ändamålsenliga styrmedel.

Myndigheterna bör samordnas bättre i sin utövning genom att man tillsätter en nationell samordnare för effektivisering och som årligen rapporterar till regeringen hur det samverkande arbetet med energiomställningen fortskrider.

4. Effektiviseringsindustrin - Energinytta som produkt

Det finns två sätt att se på begreppet energitjänster. Antingen är det en paketalösning som innehåller olika moment för att nå ett slutresultat där effektiviseringshöjande åtgärder genomförts. Men det är också den nytta som en produkt levererar (jfr. engelskans "service").

I båda fallen är det viktigt att veta hur mycket nytta som skulle kunna åstadkommas – hur stor är potentialen till förbättring och hur kan de den påverkas med olika åtgärder, se också APPENDIX 3.

I arbetet som följde efter oljeprischockerna på 1970-talet blev intresset större för att finna mera effektiva former att bygga upp volymer och marknader för att spara energi eller ännu hellre effektivisera – "att göra mer med mindre". Många av koncepten utvecklades i USA. Man ville ha mer valuta för pengarna – A bigger bang for the buck – som man sade.¹⁶

I begynnelsen var energitjänsten

Det hävdas att James Watt tillhandahållit sin uppfinning, ångmaskinen, på villkor som innebar att betalningen relaterades till den besparing som kunden/användaren gjorde.

"We will leave a steam engine free of charge to you. We will install these and will take over for five years the customer service. We guarantee you that the coal for the machine costs less, than you must spend at present at fodder (energy) on the horses, which do the same work. And everything that we require of you, is that you give us a third of the money, which you save." [James Watt, 1736-1819]

När Edison uppfann glödlampan ett sekel därefter hade han samma grundläggande tankegång när han började sälja nyttan "ljusstimmor". Han blev dock övertygad av sina affärspartner att det vore bättre att separera produkten elektricitet som gick enkelt att mäta i kWh från produkten lampa och tillhandahålla dem var för sig.

¹⁶ I amerikansk litteratur talar man om att "get i bigger bang for the buck" vilket på svenska borde bli "Större Ståhej för Stålarerna"

...the Energy Services Model was the industry's original platform. Thomas Edison sold light by the light-hour, not the kilowatt-hour (kWh), to his first customers. As the number of electric appliances grew, J. P. Morgan decided that the company that sold juice and the company that sold end-user appliances should be separated. At this moment, Edison General Electric became a commodity energy marketer and the appliance division became General Electric (GE). Over time, GE was joined by thousands of firms that now make electric and gas "end-use" technologies.¹⁷

Länge fanns bara ett fåtal tekniska lösningar för att omvandla energin (ånga, el, olja, m.m.) till nytta (ljus, kraft, värme). Man kan reflektera över att om Edison lyckats sälja ljus istället för lampor så hade det legat i hans intresse att minska insatsen av energi och göra lampan effektivare samt att göra avvägningen mellan kostnaden för el och kostnaden för lampa. Användaren hade fått så mycket ljus som man ville ha och betalat för det, men Edison hade tjänat sina pengar på att optimera kombinationen av lampa och el så att den totala kostnaden hölls låg.

Tillbaka till ursprunget

Detta vidare perspektiv på energieffektivisering har tagits upp av IEA där man i sin senaste World Energy Outlook, WEO 2015, kopplar ihop effektivisering av resurser i allmänhet och effektivisering av energi.

One possible way to mitigate the impact of the growth in the demand for materials on energy demand is to improve material efficiency – delivering the same material service with less overall production of materials. Promoting a higher degree of efficiency in the value chain of production and in the use phase, while making sure that the same service is delivered to the consumer, can take several different forms: reducing the weight of products, while delivering the same service (light-weighting), reducing yield losses in the manufacturing process, finding alternative uses for fabrication scrap without re-melting, re-using and recycling components, creating longer-lasting product components; and using products more intensely or at higher capacity Reducing the demand for energy-intensive materials or product recycling lowers energy demand. Typical final energy savings from recycling are up to 90% for aluminium, around 75% for steel and around 80% for plastics (including feedstock savings). Improving the efficiency of materials use is not new: fabrication yields are continuously improving, global recycling rates are increasing and products are being light-weighted.¹⁸



Figur 10 IEA World Energy Outlook 2015

Detta utvidgade synsätt på effektivare resursanvändning och som inte bara avser energi har särskilt studerats i några rapporter som också visar att konsekvenserna är positiva för den ekonomiska tillväxten. Ena av dem är "Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe" från

¹⁷ Cullis, R. Technological roulette—a multidisciplinary study of the dynamics of innovation. Citerad i <http://thesolutionsjournal.com/node/750>

¹⁸ World Energy Outlook 2015 (https://www.iea.org/bookshop/700-World_Energy_Outlook_2015) sidorna 410-411

The Ellen Mac Arthur Foundation. De bedömer att BNP till 2030 skulle kunna öka med 7 procentenheter.¹⁹

En studie på samma tema har gjorts av Romklubben "The Circular Economy and Benefits for Society Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency" där man specialgranskat Frankrike, Spanien, Nederländerna, Finland och Sverige.²⁰ Resultatet visar att 10000-tals nya jobb kan skapas i alla dessa länder genom insatser för energieffektivisering men därutöver ha liknande effekter vad avser förnybar energi och materialåtervinning.

Resurshushållning är på väg att bli en drivkraft för ekonomisk tillväxt som bygger på ansvarstagande och uthållighet.

Tjänster för ökad nytta.

Energitjänsten blev på nytt en produkt på 1980-talet. Man skapade program och myntade uttryck som riktade in sig på hur energiföretagen skulle kunna medverka såsom DSM (Demand Side Management) eller för att skapa speciella former för "distribution" och spridning av effektiviseringsteknik såsom ESCO (Energy Service Companies).

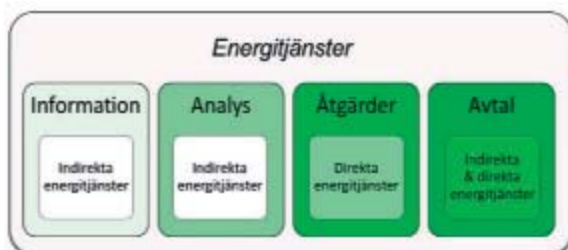
I och med att begreppet energitjänst börjar etableras och finna former uppstår också en viss språkförbistring och kanske rentav förvirring. Det är emellertid viktigt att komma ihåg att syftet ytterst är NYTTA så att grundläggande behov kan tillfredställas utan onödigt slöseri av resurser.

Energimyndigheten har låtit undersöka flera olika former av tjänsteerbjudanden och "typologiserat" olika former. De två huvudformerna är:

- **Indirekta energitjänster** kan exempelvis vara energirådgivning, utbildning om hur man kan minska energianvändningen i olika sammanhang, leverans av energistatistik, energianalyser, energikartläggningar eller energideklarationer. Kunden får i många av dessa fall förslag på energieffektiviseringsåtgärder, men det är upp till kunden om dessa genomförs. Indirekta energitjänster fungerar som stöd till kunder som vill energieffektivisera, men behöver inte nödvändigtvis medföra en ökad energieffektivitet.
- **Direkta energitjänster** ska däremot alltid resultera i ökad energieffektivitet och kan vara både kortsiktiga och långsiktiga, allt från enstaka åtgärder till komplexa avtal där exempelvis energitjänsteleverantören ger bindande besparingsgarantier till beställaren under avtalsperioden. Både direkta och indirekta energitjänster kan grupperas i fyra olika kategorier som ger större klarhet om kopplingen samt skillnaderna mellan dem.

¹⁹ https://emf-packs.s3-eu-west-1.amazonaws.com/Growth%20Within%20-%20June%202015/EllenMacArthurFoundation_Growth%20Within_for%20print.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAITAQSOURJ2COPP2A&Signature=exc0fbGigicG88LlqNibzPX%2F3k%3D&Expires=1498468767

²⁰ <http://www.clubofrome.org/cms/wp-content/uploads/2015/10/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>



Figur 11: Olika tjänstekategorier (förädlingsnivå) enligt Energimyndigheten Energitjänster i Sverige - Statusrapport för tjänster för energieffektivisering ER 2013:22

Oavsett vad man kallar de olika formerna så är syftet ytterst att åtgärder skall bli genomförda, att man inte nöjer sig med de förberedande stadierna med indirekta tjänster om man inte också ser till att dessa leder till direkta åtgärder/tjänster.

Tjänst med förhinder?

Om kedjan av tjänster är en sekvens med olika nivåer där varje steg slutligen för mot målet genomförande och där varje aktör sköter det på sina egna villkor, då behöver man bara fundera över hur processen skall kunna påskyndas och möjligen vilket hinder som stoppat processen.

Om det emellertid finns objektiva hinder på väg mot genomförandet så att kedjan bryts måste dessa hinder undanröjas eller minskas. Det finns många beskrivningar av sådana hinder och de i detta sammanhang mest relevanta återges i tabellen nedan.²¹

Hinder	Problem	Medel
(Brist på) Information	Måste vara tillgänglig och förstälilig vid investeringstillfället för alla typer av produkter och tjänster.	<ul style="list-style-type: none"> • Standardisering • Märkning • Oberoende och tillförlitliga källor • Lämpliga och transparenta beräkningsmetoder för beslutsfattande
(Transaktions-) kostnader	Kostnader för att göra de undersökningar som föregår ett beslut om investering.	
Risk	Svårighet att bedöma och ha kontroll över tekniska prestanda under en tillräckligt lång tidsperiod.	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrationsanläggningar • Rutiner för enkla livscykelkalkyler (LCC) • Certifiering
(Brist på) Finansiering	<ul style="list-style-type: none"> • Höga initialkostnader • Kreditvärdighet • Finansierers oförmåga att bedöma effektiviseringsprojekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Tredjepartsfinansiering • Speciella krediter/fonder

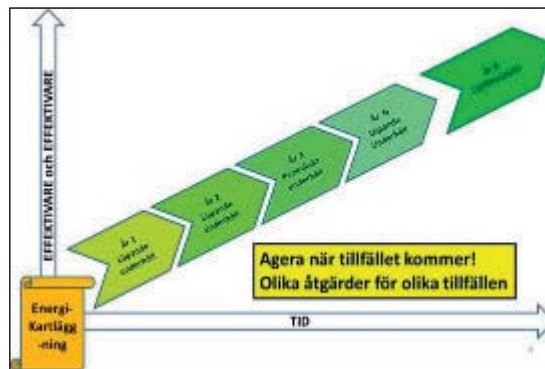
Tabell 2: Hinder de problem de skapar och vanliga medel för att minska dem

²¹ Creating Markets for Energy Technologies http://www.oecd-ilibrary.org/energy/creating-markets-for-energy-technologies_9789264099647-en eller http://fourfact.com/images/uploads/CreatingMarkets_1.pdf. Kapitel 4 "Barriers"

Information och transaktionskostnader (som hinder)

Även om "informationen" är en nödvändig del av processen på vägen till effektivitet så behövs det hjälp i flera former för att nå resultat. De indirekta tjänsterna kan vara en bra början men de behöver följas upp.

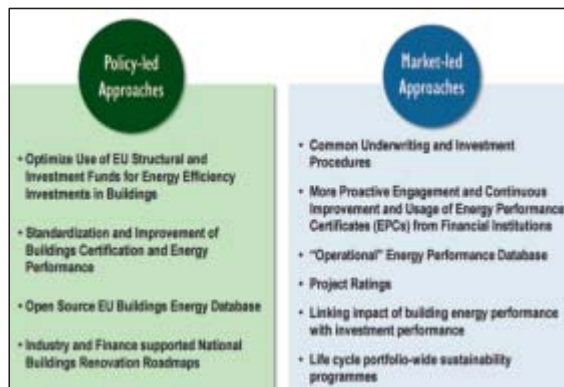
Till komplexiteten hör att effektiviseringsbehovet inte behöver vara avgränsat i tid som en åtgärd utan snarare att det är en kedja av åtgärder att genomföra successivt till dess att anläggningen nått en acceptabel standard. Det handlar i hög grad om att koppla samman olika slag av åtgärder så att man utnyttjar naturliga omställningstillfällen och därmed håller nere totalkostnaden



Figur 12: Naturliga omställningstillfällen utnyttjas

Finansiering (som hinder)

En annan vanlig uppfattning är att det är finansieringen som är problemet. Detta är sant, men bara till en gräns. Det är oftare så att det för de möjliga finansiärerna är svårt att förstå vilka projekt som är värda att finansiera. En grupp som arbetat med dessa frågor är EEFIG (The Energy Efficiency Financing Group) som identifierat behovet av instrument som kan kommunicera projektför information till finansiärer så att de bättre förstår och kan värdera deras kreditvärdighet.



Figur 13 EEFIG förslag till åtgärder (<https://ec.europa.eu/energy/en/news/new-report-boosting-finance-energy-efficiency-investments-buildings-industry-and-smes>)

Risk och överblick (som hinder)

I praktisk hantering har det visat sig att även stora kompetenta kunder med god tillgång till resurser står villrådig och tvekan inför sina möjligheter att effektivisera. Ett av problemen är att man

upplever att leverantören av energitjänsterna inte är helt objektiv utan favoriserar vissa lösningar eller produkter. "... flera beställare av energitjänster efterlyser mer oberoende rådgivning och upplever att leverantörerna främjar sin egen teknik och eget kompetensområde. Begreppet facilitator syftar på en aktör, en tredje part, som underlättar marknaden för energitjänster (market facilitator) eller ett specifikt energitjänsteprojekt..."²² Det behövs en "facilitator" som förmedlar tjänsterna.



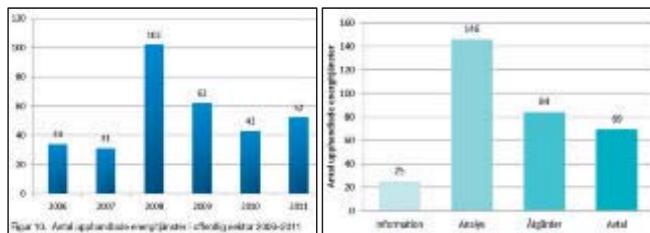
Figur 14: ESCo market development: A role for facilitators to play, Bleyl et al. eceee 2013

Kostnaden för sådan förmedling (facilitering) är inte försumbar och det fordrar som regel projektstorlek på någon miljon Euro för att vara motiverad.

Observation : Alla de nämnda hindren har betydelse för kunders möjligheter att genomföra effektiviseringsåtgärder men inget av dem är enskilt viktigare än övriga. Det är olika för varje enskild kund oavsett storlek men problembilden är generell. Alla är i behov av samma typ av orientering och anpassning avseende tjänsteleverantör, ingenjörskunskap, tillverkare och många har behov av ekonomisk vägledning. Åtgärderna bör inriktas på att hjälpa till att skapa en metodik som stegvis leder till att resursanvändningen effektiviseras.

Marknaderna för energitjänster ligger i träda

Energimyndighetens kartläggning av energitjänster visar att marknaden inte är överväldigande stor i dagsläget. Den mest utförliga statistiken avser den offentliga sektorn. Den visar en svag och rentav tynande marknad som har låg förädlingsnivå där analyser inte ännu nått fram till åtgärder och avtal.



Figur 15: Tjänster och karaktär på tjänster i offentlig sektor (ER 2013:22)

²² Energitjänster i Sverige - Statusrapport för tjänster för energieffektivisering. ER 2013:22

EEF har sammanställt energitjänsteprojekt med avtal om energiprestanda (det vill säga med garanterad besparing) som genomförts inom offentliga sektorn de senaste tio åren (2005-2014). Dessa är c:a 100 stycken med en total area av 12 miljoner kvadratmeter. Staten och kommunerna disponeras tillsammans c:a 100 miljoner kvadratmeter av landets bygnadsbestånd vilket utgör c:a 15% av all byggnadsyta.²³

Siffrorna redovisar endast de projekt som gått vidare till genomförande och som genomförts av medlemsföretagen. I snitt har de projekt som gått vidare till genomförande sparat ca 18 %.²⁴

Intressant är också att man i projekten noterat kvalitetsförbättringar av det slag som IEA kallar PLUS-värden (Multiple Benefits) i bygnadsbeståndet.

Innan projekt	Efter projekt
Innemiljöproblem	God inomhusmiljö
Eftersatt underhåll	Stora delar av underhållsbehoven åtgärdade
Driftproblem	Uppgraderade system för drift
Arbetsmiljöproblem	Förbättrad arbetsmiljö
Investeringsmedel saknas	Investeringsmedel har frigjorts via energieffektivisering
Svårt att nå energi- och miljömål	Lägre energianvändning och miljöpåverkan
Oklar fördelning av energianvändning	Tydlig kartläggning över energianvändning

Tabell 3: Vanliga kundförutsättningar innan och efter genomförda projekt

Industrin erbjuder en mera stabil marknad men även här är återhållsamheten stor. Olika kartläggningar som gjorts under åren visar att potentialen till effektivisering är långtifrån ianspråktagen.

Observation: Offentliga sektorns attityd till energitjänster beskrivs både i den svaga marknadsutvecklingen och i att den tycks tveka inför att gå hela vägen till genomförande. Detta tyder på att det finns ett behov att skapa större säkerhet om resultat och kvalitet, men kanske också om att valmöjligheterna är begränsade. Tjänsteutbudet är måhända inte helt ändamålsenligt

Energitjänster som utvecklad affärsmodell

Det finns ett stort behov av att skapa och utveckla nya affärsmodeller för att kunna erbjuda energianvändarna bättre helhetslösningar och att energiföretagen kan ha en roll att spela i detta.

²³ https://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Utreddningar/Departementsserien/Ds-200551_GTB451/?html=true#page_10

²⁴ <http://www.eef.se/mer-information-om-avtal-om-energi-prestanda-inom-offentliga-sektorn/>

Men om man skall kunna nå ut med energitjänster till en mycket bredare marknad än idag måste fler företag engageras och mobiliseras som en del av tjänsteleveransen

EnergiEffektiviseringsFöretagen (EEF) har i sin kartläggning av SNI-kodade företag noterat att nära 20% av alla svenska företag är verksamma inom sådana grupper som har produkter (och tjänster) som relaterar till energieffektivisering. De uppfattar emellertid ofta inte sig själva som tjänsteleverantörer i den mening vi har här utan som en leverantör av en enskild teknisk lösning, t.ex. elinstallation, isolering, VVS-teknik osv. De tar därför oftast inte själva initiativ till att sälja en utvidgad service, i samverkan med företag från någon annan bransch.

En majoritet av dessa är naturligtvis också mycket små men det är värt att fundera över vilken kompetensreserv de kan utgöra i värdekedjan från analys till fungerande energitjänst. Tjänstemarknaden är ännu i stora stycken fragmenterad.

Energitjänsternas karaktär och innehåll

Syftet med en satsning på energitjänster bör rimligen vara att åtgärder skall genomföras men det har visat sig att även för stora kompetenta beställare stannar processen upp och genomförandet fördröjs eller blir aldrig av. För att utveckla tjänsterna bör man ägna mera uppmärksamhet åt:

- Tidsaspekten med hänsyn till processen. Det finns en risk att man stannar upp efter förberedande kartläggning och analyser och hesiterar inför genomförandet. Var hittar man en genomförare som är tillförlitlig?
- Tidsaspekten med hänsyn till "tajmingen". Det är sällan rimligt att genomföra alla åtgärder på en gång utan bättre att invänta naturliga omställningstillfällen som underhåll och renovering erbjuder. På detta sätt kan totalkostnaden hållas nere.
- Storleken. Små objekt kan inte bära tyngre projekteringskostnader utan behöver förenklas eller standardiseras
- Formerna. Pågående förändringar ifråga om teknik särskilt vad avser ICT och lokal tillförsel (så kallad "distributed generation) samt "smarta nät" och "smarta produkter" ger nya möjligheter. Detta kan sporra till nya annorlunda affärsmodeller med delning och service vilka kan komma att erbjuda radikalt nya möjligheter för kunderna enskilt eller i samverkan.
- Värdeerbjudanden. I arbetet som bedrivs med att analysera, jämföra och utveckla affärsmodeller för energieffektivisering ingår att undersöka vilka värdeerbjudanden som företagen har.²⁵ Detta gör man bland annat genom att undersöka de PLUS-värden (multiple benefits) som IEA kartlagt och i hur hög grad dessa formuleras som värden för kunden och/eller hur de kan utgöra ett direkt finansiellt värde att ta in i kalkylerna.
- Teknikutformning. I sin bok där de presenterar hur beteendekonomi kan användas för att bättre utforma erbjudanden till kunder så att de är i samklang med kundens sätt att tänka (fort och långsamt) och därmed lättare förstå/acceptera en förändring, "Nudge", gör Richard Thaler och Cass Sunstein en lista:
 - ⇒ **Komplexa val** fordrar filtrering; *ex. Visa olika modellers olika prestanda i stigande/sjunkande ordning*
 - ⇒ **Nyttjandefördelar** synliggörs; *ex. kan termostatsens skala översättas till kronor?*

²⁵ IEA DSM-Programme Task 25 Business Models for a more effective market uptake of DSM energy services (<http://www.leadsm.org/task/task-25-business-models-for-a-more-effective-uptake/>) och Task 26 The multiple benefits of energy efficiency (www.leadsm.org)

- ⇒ **Undvika misstag** (Foolproof); *ex. Se till att knappar och inställningar är begripliga*
- ⇒ **Förstå konsekvenserna** Illustrera och beskriv; *ex. dragfritt, jämn temperatur*
- ⇒ **Feedback** ; *ex. Mobiltelefonen säger till att laddaren skall kopplas bort*
- ⇒ **Användarvänlig start** (Default) ; *ex. Skärmläckaren är standard*

Om man jämför denna lista med hur mycket av den teknik som omger oss fungerar ser man att avgörande förbättringar både är av nöden och inte behöver vara särskilt svår att få till stånd. Hur gör man för att släcka ljuset när man är sist att lämna ett sammanträdesrum?

Utvecklingsexempel

1. I USA har energiföretag som arbetar under krav på att erbjuda effektivisering så kallade "Energy Efficiency Obligations" utvecklat former att erbjuda små affärsrörelser paketlösningar för att förbättra bland annat deras belysning och luftkonditionering.²⁶
2. I Storbritannien lanserades för några år sedan "The Green Deal" som en helhetslösning som innefattade analys, upphandling, genomförande, finansiering och avbetalning via energiräkningarna.²⁷ Programmet lades ned sommaren 2015 med motiveringen att det inte hade fått tillräcklig anslutning, endast cirka 15000 kunder hade genomfört åtgärder.²⁸

Samtidigt noterades att betydligt fler låtit genomföra de inledande analyserna.²⁹ Detta visar likheter med hur svenska kunder reagerat på marknaden för energitjänster. Att gå från tanke till handling fordrar tid. På samma sätt kan man notera att det också kan ta lång tid för en marknad att etableras vilket IEA beskrivit i ETP 2015 (se APPENDIX 2).

Bland de andra orsaker som nämns för att kunderna inte i högre grad anammade Green Deal-programmet hör att den finansiering som erbjöds hade betydligt högre kostnader än andra lån som en fastighetsägare kan erhålla.³⁰

3. I Holland har skapats ett projekt för byggnadsrenovering och som i hög grad tar fasta på den modell som BIT i Storbritannien använder, Energiesprong transition zero, och med avsikten att bygga upp en massmarknad för djuprenovering.³¹

²⁶ http://aceee.org/files/pdf/conferences/eer/2011/BS3A_castro.procell.pdf





²⁷ <https://www.gov.uk/green-deal-energy-saving-measures/overview>

²⁸ <http://www.theguardian.com/environment/2015/jul/23/uk-ceases-financing-of-green-deal>

²⁹ https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/447263/OFFICIAL_SENSITIVE_Monthly_Statistical_Release_-_GD_ECO_in_GB_July15_FINAL.pdf

³⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/The_Green_Deal

³¹ <http://energiesprong.nl/transitionzero/> och <http://www.theguardian.com/environment/2014/oct/10/uk-looks-to-dutch-model-to-make-100000-homes-carbon-neutral-by-2020>

The program will organize mass demand for deep refurbishments with the following criteria:		
1		Energy performance guarantee. The E=0 refurbishment package needs to come with a long year (i.e. 30) energy performance warranty on the house. This can only work if an insurer backs it.
2		One-week delivery. The installment of the packaged should not require more than one week and allow occupants to continue living in the house for the greater part of the works
3		Affordability. The ability to finance an investment requires a business case. This implies the investment (largely) needs to be paid for by the resulting energy cost savings. The net present value of the energy cost savings over the lifetime of the package therefore sets the price target.
4		Attractiveness. The refurbishment packages need to be attractive to occupants. It needs to improve quality of life and the appearance of the house. In order to bring this about, products must be made desirable, given the appearance of being easy and fun, which is not how construction companies currently sell refurbishment products.

Figur 16: Energisprongs modell

Konklusion: Utveckling av affärlösningar bör baseras inte bara på en bättre uppfattning om kundens förmåga att förstå teknik och primära intresse av nyttan (ljus, kraft, värme, PLUS-värden) utan också horisontell integration (kombination av olika tekniker för effektivisering och när de skall sättas in samt kombination med t.ex. lokal energiförsörjning). Därutöver kan man behöva utveckla former för tillhandahållandet så att trygghet och funktion säkerställs över en längre tidsperiod vilket kan ske genom auktorisation, servicekontrakt, delning och kollektiv upphandling etc.

5. Den bångstyriga marknaden

Energieffektivisering betalar för sig själv. Det behövs inga subventioner, men det behövs åtgärder som skapar trygghet och säkerhet för att åtgärderna är vettiga, genomförbara och trygga. Och det behövs åtgärder som mobiliserar både myndigheter och företag att delta i arbetet att ta steget från ord till verkställighet.

Energieffektivisering är vanligen inte någon prioriterad del av verksamheten i företag och byggnader. Skälen är flera:

- **Kostnaderna överdrivs**
Mångfalden av möjliga kombinationer är stor och att därmed transaktionskostnaderna höga. En viktig uppgift är att minska dessa. Här finns intressanta erfarenheter från USA (t.ex. SMEs), men även Storbritannien (t.ex. Green Deal) att skapa bättre erbjudanden.
- **Nyttan underskattas**

Energieffektivisering innebär ofta att man gör förändringar i installationerna och som ofta har andra fördelar som sällan tas med i kalkylen och som inte alltid tillfaller den som gör förändringen.

- **Planering är undantag snarare än regel**

För att ta tillvara de naturliga omställningstillfällena och därmed minska kostnaderna fordras en framförhållning och planering som sällan finns utvecklad. Förekomsten av energideklarationer och energikartläggningar kan förbättra denna situation men då måste sådana också göras till en aktiv del av arbetsorganisationen.

Support till energitjänster

I följande ges ett antal förslag för hur åtgärder skulle kunna utformas och som skulle kunna innebära att de tre parterna Myndigheter, Effektiviseringsindustri och Användare bättre skulle kunna tillgodogöra sig energins fulla nytta.

	a. Support	Myndigheter	Effektiviserings- industri	Användare
a	Nationell målsättning för att motivera och inspirera	Samordnare rapporterar om åtgärder för att nå målet	Förstå hur erbjudanden skall passa in i en helhet	
b	Energideklarationer, kartläggningar och rådgivning	Regelverk	Erbjudanden för att underlätta genomförande	”Shoppinglista” för åtgärder
c	PFE 2.0 för industrin	Skapa incitament som motiverar företagsledningarna och ger legitimitet åt åtgärder		Motivera helhet och systemsyn på energin och energinyttan. Även kretslopp och PLUS-värden
d	”Vita certifikat” (Energinyttoansvar)	Skapa regelverk för att mobilisera och aktivera marknadens aktörer	Skapa erforderliga tjänster för fungerande certifikat	
e	ROT-support	(Skapande av system för förbättring, jfr UK Green Deal)	Skapande av tjänster som gagnar prestandamål hos kunden	Förmånliga villkor för ROT-åtgärder med koppling till prestandamål
f	Certifiering- Auktorisation	Regelverk	Skapa nödvändiga kompetenser för kundernas ”trygghet”	
g	Byggnormer-Energiplaner	Utformas utgående från en helhetssyn på resursutnyttjande		Ger möjlighet till medverka i energisystemets funktion inom ramen för en plan
h	Smarta nät		Energiföretagens applikation av energiplanering	
i	En räkning – ett pris		Jämförpris av	Möjlighet att

			energiförsörjning för transparens	förstå vad man betalar för
j	Konkurrens på lika villkor		Effektivisering jämföras med energitillförsel och lägsta kostnad vinner	

Tabell 4: Översiktstabell över support till energitjänster

a. En nationell målsättning som inspirerar

I Europa finns ett starkt önskemål att ha ett effektiviseringsmål som innebär 30% minskning av energianvändningen till år 2030.

Betydelsen illustrerades redan 2011 när dåvarande kommissionären Barroso visade att man i Europa skulle kunna skapa 2 miljoner nya jobb och spara motsvarande 10000 kronor per hushåll om målet 20% till 2020 kunde uppfyllas.



Figur 17: EUs målsättning för att uppnå 20% effektivisering till 2020³²

I Sverige har man emellertid valt en annan väg som innebär att energianvändningen istället riskerar att öka eftersom man formulerat om målet som ett intensitetsmål (energi per BNP-krona). Om BNP ökar mer per år än energianvändningen så förbättras intensiteten med automatik och intensitetsmålet uppnås utan att någon särskild ansträngning gjorts att minska den ineffektiva delen av energianvändningen. Därför kan man uppnå ett intensitetsmål även om man ökar energianvändningen! Detta är inte avsikten med EU:s målsättning.

Målet bör formuleras om till att vara absolut och följas upp genom att berörda myndigheter åläggs att årligen bidra till en gemensam rapport för att visa hur arbetet fortskrider och vilka ytterligare åtgärder som kan komma att krävas. Denna rapport skall tillställas regering och riksdag av en nationell samordnare för energieffektivisering.

b. Energideklarationer, kartläggningar och rådgivning

Energideklarationer och kartläggningar och även kommunal energirådgivning är utmärkta instrument men de behöver ges en udd som gör att de fungerar. Åtgärdsförslagen skall vara "skarpa" och baseras på varje byggnads och företags verkliga förutsättningar. Åtgärdsförslagen skall sättas in i ett planmässigt sammanhang för framtida underhåll.

³² <http://eedguidebook.energycoalition.eu/twentytwenty.html>

Systemet måste ha utgångspunkt i kostnadseffektivitet som utnyttjar omställningstillfällena men också i de fördelar som kan ligga i PLUS-värden såsom produktivitet och till exempel byggnaders förmåga att motverka ohälsa.

I sammanhanget kan man också fundera över att samhället lagt så stora resurser på att göra kartläggningar av energianvändningen i industrier och infört system för energideklarationer men inte följer upp med att se till att dessa sedan används och omsätts i praktisk handling. Dock har man i den nyligen presenterade modellen för energikartläggning i stora företag uppmärksammat problemet och tar även in faktorer som organisation för genomförande och ledningskompetens.

Åtgärdsförslagen bör göras utgående från hur man skulle kunna halvera verksamhetens energianvändning. Det skall det anges under vilka förhållanden som dessa åtgärder kan göras lönsamma, t.ex. i samband med ombyggnader. De bör också följas upp regelbundet och inkludera företagets kapacitet/kompetens och vilja till genomförande,³³samt kompletteras med erbjudanden om till exempel samverkan för gemensam upphandling av åtgärder och etablerande av industrinätverk för effektivisering som man gjort i Tyskland.³⁴

c. PFE för industrin 2.0

Programmet för energieffektivisering i industrin (PFE) åstadkom goda resultat genom att koppla en mindre skattereduktion (0,5 öre/kWh) till genomförande av åtgärder. Industrin har uppnått enastående besparingsresultat. Man sparade 1,4 TWh med en investering av 636 miljoner att jämföra med det som uppskattades vid programmets början 0,6 TWh och investering 1,2 miljarder. Medlet för att nå framgången har varit "systematik".

För att komma i åtnjutande av skattelindringen måste de deltagande företagen (a) göra en energikartläggning, (b) introducera ett energiledningssystem, (c) vidta identifierade eleffektiviserande åtgärder och (d) nyttja särskilda rutiner för projektering och inköp. PFE-Programmet lades ned med hänvisning till att det stred mot EUs konkurrensregler. Skattereduktion har använts på flera håll i världen också inom EU och det finns inget principiellt förbud mot instrumentet utan det handlar snarare om hur det utformas.³⁵

Utformningen av programmet var en intressant tillämpning av beteendekonominns observationer av hur incitament kan vara osymmetriska. I vår egen mentala bokföring är vi mer intresserade av att undvika en förlust än att göra en vinst även om de nominellt är lika stora. Skatt betraktas av många som en given förlust och när den kan undvikas så tillmäts det ett högre värde än vad motsvarande nominella värde skulle gjort som vinst!

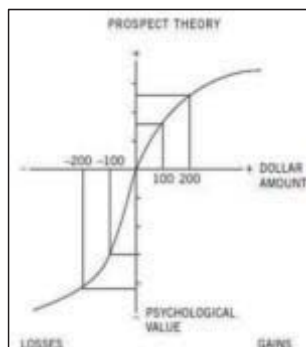
³³ http://fourfact.se/images/uploads/2-459-13_Cooremans.pdf

³⁴ <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilung,did=672894.html>

³⁵ The European experience with tax relief for energy efficient equipment in industry – all bad or just second best?

http://proceedings.eceee.org/papers/proceedings2012/6-169-12_Rvan.pdf?returnurl=http%3A%2F%2Fproceedings.eceee.org%2Fvisabstrakt.php%3Fevent%3D2%26doc%3D6-169-12 och COM(2014)

520 final ANNEXES 1 to 3 https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/COM_2014_520_F1_ANNEX_EN_V11_P1_778482.pdf



Figur 18: Grafisk framställning av förlustskyendet (loss aversion) som det beskrivs av Kahneman och Tversky i deras prospect theory.³⁶

NOT: Förlustskyendet kan användas i all argumentation för att illustrera utfallet av en effektiviseringsåtgärd och göra den mera "attraktiv" för kunden. I stället för att beskriva resultatet som en vinst kan man beskriva det som en utebliven förlust vilket som regel ökar intresset för åtgärden.

Ett nytt program baserat på likartade förutsättningar bör skapas. Det gamla programmet tilldrog sig företagsledningarnas uppmärksamhet och gav legitimitet åt åtgärder som i många företag redan var identifierade men som inte gavs tillräcklig prioritering internt.

Ett nytt program skulle också utformas så att man tog större ansvar för helheten ifråga om energiförsörjning och kretslopp men även möjligheter att väga in PLUS-värden avseende produktivitet och arbetsmiljö genom något bonussystem

d. Vita certifikat

Avsikten med vita certifikat är att mobilisera flera krafter (energiföretag och entreprenörer) att finna och genomföra effektivisering hos slutanvändare och att på så sätt skapa ett mera balanserat energisystem där kostnaden för energinyttan minimeras.

Vita certifikat är ett styrmedel för effektivare energianvändning, där staten sätter ett obligatoriskt mål för energibesparingar. Sådana system "Energy Efficiency Obligations" (EEO) finns världen över.³⁷ De har alla samma grundläggande idé men utförandet kan variera högst betydligt inom ramen för några grundläggande principer

EEO schemes share three key features:

- *a quantitative target for energy efficiency improvement;*
- *obligated parties that must meet the target; and*
- *a system that: defines the energy saving activities that can be implemented to meet the target; measures, verifies, and reports the energy savings achieved through these activities; and confirms that the activities actually took place.*

³⁶ <http://startupiceland.com/2012/10/07/prospect-theory-and-entrepreneurship/>

³⁷ <http://www.raonline.org/document/download/id/5003>

Staten identifierar, och beslutar om, utformningen av systemet, dvs identifierar de parter som kommer att vara ålagda att uppnå målet, vilka åtgärder för energieffektivisering som kommer att ingå, hur de genomförda åtgärderna och dess besparingar skall mätas och verifieras.



Figur 19: Exempel på handel med EEO (Vita certifikat) i Australien

För godkända energibesparingsåtgärder erhålls certifikat. Vid en viss given tidpunkt skall certifikat uppvisas som täcker de ålagda energibesparingskraven. Parter som har ett överskott av certifikat kan välja att sälja, alternativt spara certifikaten för kommande perioder i förhoppning om ett högre marknadspris.

Parter som har ett underskott av certifikat kan välja att köpa certifikat på marknaden, alternativt betala böter. Med sådana certifikat skulle energileverantörer och/eller -distributörer bli medverkande i skapandet av ett högpresterande energisystem. Det skulle ske genom att marknadsens förmåga att distribuera energieffektiv användningsteknik utnyttjades bättre.

För Sverige skulle ett system kunna innebära

Komponent	Förslag
Ett mål för hur mycket energi som skall ersättas genom effektivisering	Energieffektiviseringsdirektivet från EU (EED) artikel 7. Minskning med 1,5% per år under 7 år vilket motsvara c:a 20 TWh
En part som åläggs att finansiera ersättningen	Energidistributören (som tjänar på minskade nätinvesteringar genom en minskad energitillförsel både som energi och effekt)
En part som genomför åtgärder som minskar den onödiga energianvändningen	Primärt industrin och med villkor som liknar det gamla PFE-programmet. Ersättningen skulle kunna räknas som en rabatt på nätkostnaderna

Vita certifikat bör utformas så att det uppstår en prismässig konkurrens mellan sådana å ena sidan "vita" och gröna å andra sidan så att man får ett optimalt utnyttjande av resurser. Samtidigt bör de kunna utgöra ett alternativ till utbyggnad av nätkapacitet.

Vidare skall de locka fram substantiella effektiviseringar hos kunderna och inte ges för åtgärder som har alltför låg teknisk nivå och därmed bli en dold subvention åt enstaka apparater.

e. "ROT-support"

Lönsamma åtgärder skall ha stöd! Men inte genom bidrag utan genom att de ges förmånliga villkor. Komplettera ROT-avdraget med ett system för finansiering av Energieffektiviseringsdelen i Renovering, Ombyggnad och Tillbyggnad. För alla de aktörer på marknaden som inte besitter fullständig information, samt teknisk och ekonomisk expertkunskap ger ett sådant system värdefulla signaler om vilka åtgärder som är lämpliga.

Det brittiska systemet UK Green Deal byggde på en intressant idé som skulle integrera insatser från flera aktörer på marknaden och som tagits upp i Sverige i den så kallade "Bygga-Bo-dialogen" en gång i tiden. Detta borde undersökas igen

Koppla stödet till hur väl energideklarationernas och deras förslag till åtgärder genomförs. Höga prestanda bör belönas.

f. Certifiering-Auktorisation

EnergiEffektiviseringsFöretagens, EEF (www.eef.se), arbete med olika kundgrupper visar på ett stort behov av att finna säkerhet i bedömningar av olika erbjudanden av tjänster och leveranser. Samhällets inriktning av arbetet med auktorisation har i hög grad varit inriktat på individernas kunskap, vilket naturligtvis är avgörande, men för kunderna handlar det mera om att företaget som levererar kan ta ansvar för sin produkt.

Dessa funderingar fanns med i den så kallade "Bygga Bo Dialogen" redan tidigt under 2000-talet.³⁸

Samma observationer som gjorts inom ramen för EEFIG har lett till skapandet av ICP, the Investor, Confidence Project, både i USA och i EU.³⁹ Inom detta försöker man skapa instrument som gör att, främst större, investerare lättare kan bedöma effektiviseringsprojekt.

The ICP Quality Assurance (QA) process implemented by [Credentialed QA Providers](#) is an integral part of the creation of IREE projects and associated increased confidence by project stakeholders. Energy efficiency investors, which can include building owners, energy service companies, finance firms, insurance providers, and utility programs, are exposed to performance risk but often do not have the expertise necessary to evaluate the complex technical details associated with an energy efficiency project. The ICP System requires verification by ICP Credentialed Quality Assurance Providers, who have been vetted by ICP, to ensure that they possess all necessary qualifications and certifications to provide Quality Assurance for a project developed according to the ICP Energy Performance Protocols.

Det är viktigt att kunna certifiera-auktorisera företagen och att deras olika produkter (tjänster, anbud, leveranser) kan jämföras och vid behov kunna reklameras.

³⁸ <http://miljoforskning.formas.se/sv/Nummer/Augusti-2008/Innehall/Tema/Bygga-bo-dialogen/>

³⁹ <http://www.eepformance.org/>

g. Byggnormer-Energiplanering

Byggnormer är ett viktigt styrmedel både för ny- och ombyggnader. Problemet idag är dels definitionen av kraven och dels tillsynen. Kravens definition idag leder inte alltid till att själva byggnaden blir energieffektiv eftersom begreppet köpt energi används (vilket innebär att byggnader med värmepumpar oftare har enklare att uppfylla kraven).⁴⁰

Svårigheterna med tillsynen beror både på hur kravet är definierat men också på kompetens och resurser i kommunerna. De nya förslagen till en svensk definition av NNE-(nära noll energi)byggnader är ett steg framåt (el som används för uppvärmning föreslås få en viktningfaktor) men oklara definitioner gör att det är svårt att avgöra hur tufft kravet blir i praktiken.

En byggprocess tar flera år varför det är viktigt att framtida krav aviseras i god tid. NNE-kraven kommer enligt Boverkets tidplan att träda i kraft i juli 2016. Enligt EED ska alla nya byggnader vara nära- nollenergibyggnader, senast den 31 december 2020. Nya byggnader som används och ägs av offentliga myndigheter ska vara nära-nollenergibyggnader efter den 31 december 2018.

Sverige har sedan ett antal år tillbaka infört krav vid "ändring av byggnad". Här ingår bland annat energikrav vid ombyggnader.

En svårighet finns vad avser systemgränserna. Boverket har fokuserat på "köpt energi" vilket innebär att man bortser både från att effektivisering kan vara ett alternativ (ett bränsle) att uppnå den erforderliga energinyttan.

Tidigare fanns möjlighet för kommunerna att med så kallade "särkrav" utforma bebyggelse med krav som bland annat lokala förutsättningar eller i syfte att höja kvaliteten i något avseende. SKL har noterat detta och ger följande rekommendation: *"Tolkningen är att kommuner efter den 1 januari 2015 som regel inte kan ställa egna krav vid fastighetsförsäljningsavtal i samband med genomförande av detaljplan. Förbudet gäller dock inte när kommunen bygger i egen regi, vid arrende och tomträtt samt vid försäljning av enstaka tomter där det inte handlar om genomförande av detaljplan."*⁴¹

Byggnormerna borde utformas med hänsyn till helheten i processerna vilket också bör avse lokala förhållanden där enskildas önskemål kan behöva stå tillbaka för ett gemensamt utnyttjande av t.ex. fjärrvärme.

Byggnormerna bör utformas så att de leder till energieffektiva byggnader oavsett tillförsel. Byggnadens system för energitillförsel kan ändras under byggnadens livslängd och då bör inte byggnadens energiprestanda ändras på grund av detta.

De bör också innebära möjligheter att man genom så kallade lokala/kommunala särkrav kan skapa grund för ett gemensamt resursutnyttjande inom ramen för kommunala energiplaner

⁴⁰ <http://www.svenskfjarvarme.se/Global/Energieffektivisering/%C3%96vriga%20dokument/Allt%20eller%20inget.pdf>

⁴¹ <http://skl.se/samhallsplaneringinfrastruktur/planerabyggabo/detaljplaneringgenomforande/energiplanerforbostadshus.1968.html>

h. Smarta nät

Smarta nät har vanligen förknippats med "smarta mätare" och en förhoppning om att om kunderna får bättre information om sin elanvändning kommer de också att agera mera rationellt i sin förbrukning. Erfarenheten visar att så är fallet men skall det få en stor betydelse måste de få ett tydligare incitament att agera. Både ekonomiska incitament som gör att ändrat beteende verkligen ger avtryck i plånboken och "bekvämlighetsincitament" så att man kan styra, programmera och påverka sin energisituation på ett ändamålsenligt sätt.

Den viktigaste egenskapen i de smarta näten är dock att energiflödena kan gå i båda riktningarna. De smarta nätens stora fördelar ligger i möjligheten att fullt ut utnyttja småskalig och lokal produktion av el och värme. Då krävs att man öppnar upp för nettodebitering, alternativt att småskaliga elproducenter får skäligt betalt för det överskott de producerar. Med solceller på tak och fasader och småskalig vind i t.ex. vertikalaxlade små diskreta aggregat. Min framtida energileverantör kan vara grannarna och inte de traditionella energijättarna.

Framtidens energinät och framtidens leverantörs- och kundrelation kan komma att förändras i grunden. Kardinalfrågan behöver vara att få till stånd ett klokt resursutnyttjande vilket kan innebära att gemensamma resurser ges prioritet över enskildas önskemål.⁴² Det vore värt att se över de gamla instrumentens giltighet, såsom kommunal energiplanering och konkurrenslagstiftningen, så att de anpassas och kan användas för att skapa uthållighet.

i. En räkning ett pris

Efter avregleringen av elmarknaden är kunden beroende av två företag för att få sin el levererad hem, dels den som säljer elen och dels den som transporterar den d.v.s. distributören. Det innebär att elkunderna får två olika räkningar för i princip samma sak. Och om det vill sig illa får man dem vid olika tidpunkt. Räkningarna är dessutom uppbyggda på lite olika sätt med flera olika kostnadsdelar med fast pris och med rörligt pris. Därmed kan ingen med säkerhet säga vad man betalar per kilowattimme. Prissignalen mellan producent och konsument är störd och förvirringen är betydande.

Försvaret för detta är vanligen att priset skall vara uppdelat på flera komponenter för att vara kostnadsriktigt. Om samma logik skulle tillämpas på tågresor skulle vi tvingas betala en särskild banavgift till Banverket innan vi fick köpa biljett till tåget. Vid avregleringen hävdades att el var precis som vilken annan produkt som helst och att man genom ökad konkurrens skulle få bättre valmöjlighet. I så fall borde el precis som vilken annan produkt ha ett pris så att kunden verkligen kan jämföra. Och räkningarna för produktion och distribution bör slås samman till en. Först då får vi transparens och riktig valfrihet.

Skapa ett system som gör att även om räkningar av något skäl måste delas upp så kan den samlade information översättas för kundens bruk som ett "jämförpris".

⁴² <http://www.svenskfiarrvarme.se/Nyheter/Nyhetsarkiv/2015/Vaxjo-vann-i-fiarrvarmetvist/>

j. Konkurrens på lika villkor (Pick the winners or level the playing field??

Ett återkommande tema i diskussioner om styrmedel och om myndigheternas (statens) roll är att man skall vara "teknikneutral" (på engelska används ofta uttrycket att man skall avstå från att "pick the winners"⁴³). Det är inte alldeles klart vad man menar. Det är klart att man inte skall favorisera vissa företag och heller inte specifika tekniska lösningar som bara några få kan tillhandahåll eftersom detta skulle vara konkurrensbegränsande.

För båda sidorna gäller att kraven på produkt skall främja konkurrens på lika villkor, men att insatserna skall avse att ge största möjliga energinytta (ljus, kraft, värme).

6. Innovationsvåg på väg

IEA har analyserat ländernas åtaganden (INDCs) inför mötet i Paris COP 21 och funnit att även om man inte tycks nå hela vägen till det så kallade tvågradersmålet så är man åtminstone på rätt väg och hamnar på 2,7 graders uppvärmning vid nästa sekelskifte.

Pledges for COP21 will have a positive impact on future energy sector trends, but fall short of the major course correction required to achieve the agreed climate goal. If climate ambition is not raised progressively, it is estimated that the path set by the INDCs would be consistent with an average global temperature increase of around 2.7 degrees Celsius (°C) by 2100, falling short of limiting the increase to no more than 2 °C. The INDCs must therefore be viewed as an important base upon which to build ambition.⁴⁴

En rapport (MILES) som gjorts av ett antal forskningsorgan i Europa har tittat ännu lite närmare på vad dessa INDC-rapporter innehåller finner att de tillsammans taget kan vara startskottet för en våg av innovationer på energiområdet och att man med de åtaganden som görs till och med kan komma under de 2 graderna.

The INDCs will accelerate and consolidate a significant transition in the electricity sector and in energy efficiency in the next 15 years, driving innovation and reduced costs⁴⁵

De farmhåller emellertid att det fordras ytterligare medvetna ansträngningar så att man inte blockerar vägen framåt utan snarare ser till att utvecklingen får hjälp på traven.

..... Post-Paris policy efforts also need to focus on stimulating technology innovation, deployment and diffusion in order to drive down costs in such sectors where insufficient progress is being seen. This highlights also the importance of developing short term targets in the light of long-term climate constraints, building on the development of national deep decarbonisation pathways to 2050. The Paris agreement should foster the development of national deep decarbonisation pathways by 2018

⁴³ Energy policy should let the market pick the winners

<http://www.ft.com/cms/s/0/8aa1e17a-583e-11e4-a31b-00144feab7de.html#axzz3qzRVCw3G>

⁴⁴ World Energy Outlook Special Briefing for COP21 https://www.iea.org/media/news/WEO_INDC_Paper_Final_WEB.PDF

⁴⁵ Beyond the Numbers: Understanding the Transformation Induced by INDCs A Report of the MILES Project Consortium <http://www.iddri.org/Publications/Collections/Analyses/MILES%20report.pdf>

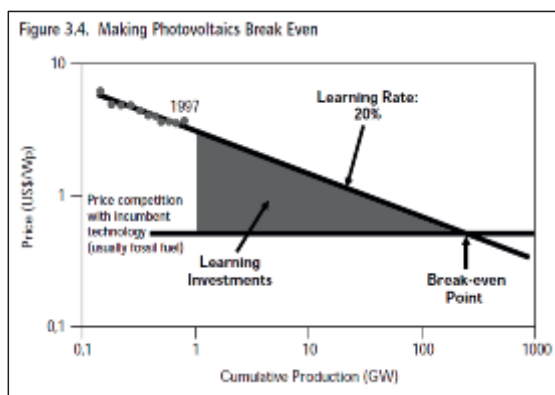
Som en pådrivande faktor nämner de att energitågärderna har andra fördelar än att just vara energirelaterade och nämner säkerhet och luftkvalitet. Saker som också tagits upp i IEAs kartläggning av PLUS-värden (Multiple Benefits).

INDCs can lead to significant co-benefits from climate mitigation in the countries studied, in terms of percentage reductions in energy import dependency and local air pollution. Such co-benefits can be a significant driver to develop ambitious national climate policies

Marknadslärande (.....Innovation, deployment and diffusion)

Det noteras ofta att olika teknologier succesivt blir billigare och att flera av de förnybara energislagen likaväl som många tekniker för effektivisering från att ha varit oöverkomligt dyra blivit konkurrenskraftiga på flera marknader. Denna process fortgår i takt med att marknadsvolymer ökar vilket i sin tur sker som en följd av bland annat statliga åtgärder för att bygga upp volymer.

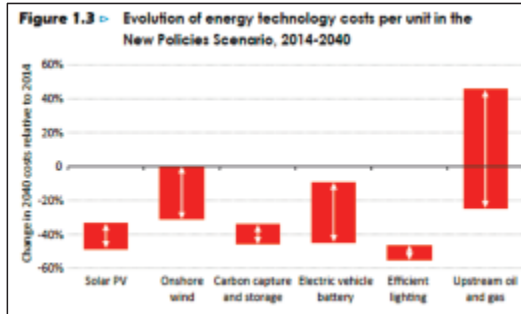
Till de mera kända exemplen hör de tidiga Japanska programmen för solceller och de tyska med inmatningstariffer för vindkraft och solceller. Mindre kända är program för vitvaror i Europa. Alla har de haft som resultat att volymer ökat och att därmed företagsintresset har fokuserats på de nya affärsmöjligheterna. Detta marknadens lärande fångas analytiskt och grafiskt i så kallade lärcurvor.⁴⁶ Dessa visar att insatser att få upp dessa volymer kan fordra finansiering under ett inledningskede men att de efter att man uppnått "break-even" når lönsamhet. Finansieringen är därför en investering även om de ofta uppfattas som subventioner i dagligt språkbruk.



Figur 20: Lärcurva för solceller som illustrerar hur de nått break-even (grid parity)

IEA har i sin senaste World Energy Outlook 2015 skisserat några sådana förlopp för olika teknikslag.

⁴⁶ Creating Markets for Energy Technologies IEA/OECD http://www.oecd-ilibrary.org/energy/creating-markets-for-energy-technologies_9789264099647-en eller http://fourfact.com/images/uploads/CreatingMarkets_1.pdf och Experience Curves for Energy Technology Policy IEA/OECD http://www.oecd-ilibrary.org/energy/experience-curves-for-energy-technology-policy_9789264182165-en eller <http://www.wenergy.se/pdf/curve2000.pdf>



Figur 21: Teknikutveckling och kostnader som en följd av volymsuppbbyggnad i jämförelse med kostnader för fortsatt utbyggnad av olja och gas.⁴⁷

Förslag: Sådan uppbyggnad av volymer fordrar inte sällan större marknader än vad enskilda länder kan mobilisera. IEA har emellertid till sitt förfogande drygt 40 stycken så kallade Implementing Agreements där man kan samverka mellan länder och andra intresserade parter. Sverige har sedan gammalt varit representerat i flertalet av dem. Denna form av samverkan för att bygga volymer men också för att aktivt kunna följa och driva utvecklingen passar väl in i den projektion MILES-rapporten gör. Sverige borde vara mera aktivt i att utnyttja möjligheterna

Teknikupphandlingar en spetsverksamhet

Som visats i figur 26 kan teknikens framkant påverkas på flera olika sätt varav ett är teknikupphandlingar där man genom att samla köpare i en beställargrupp kan locka tillverkare att ta fram mera avancerade produkter.⁴⁸ Metoden har använts mest framgångsrikt i Sverige och i USA.

Teknikupphandlingar har varit vanliga för utvecklingen av infrastrukturer och för försvaret men på fragmenterade marknader är ett ovanligare inslag. I Sverige utvecklades metoderna i slutet av 1980 och början av 90-talet för effektivare energianvändning och med stor framgång, se tabell nedan. Ungefär samtidigt skedde samma sak i USA inom ramen för deras satsning på DSM (Demand Side Management).

I litteraturen betonas de starka, riskvilliga och medvetna kundernas roll som drivkraft för utvecklingen av nya produkter. I avsaknad av dessa sker "utvecklingen" på leverantörernas villkor. Kunden blir hänvisad till att välja bland det som finns i stället för att ha möjlighet att välja det han behöver. På de fragmenterade marknaderna är kundens roll generellt sett svag även om det finns några som är starkare i kraft av köpvolymer eller av sin ställning som t.ex. trendsättare och sin synlighet. Teknikupphandling för effektivare energianvändning försöker efterlikna den traditionella upphandlingen för att få en mera jämlik ställning mellan köpare och leverantör.

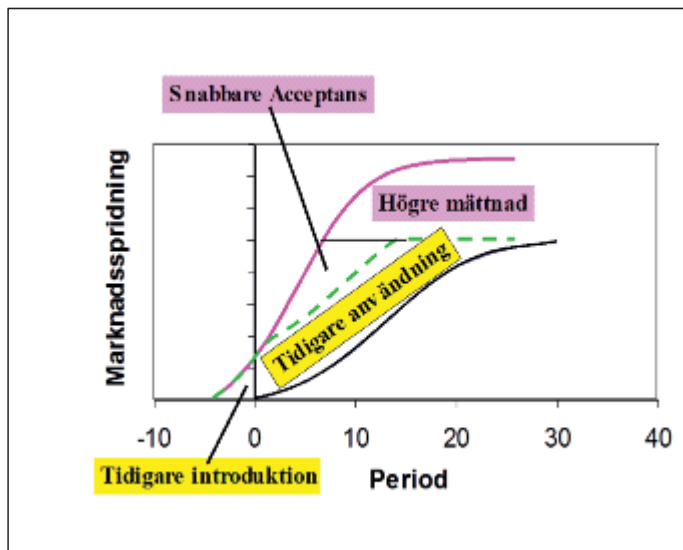
Flera företag som levererar till fragmenterade marknader har tagit till sig detta förhållningssätt och antingen entusiastmerar teknikupphandlingar eller finner andra former att före in dialogen med den starka kunden i sitt utvecklingsarbete.

⁴⁷ World Energy Outlook 2015 (https://www.iea.org/bookshop/700-World_Energy_Outlook_2015)

⁴⁸ <http://www.iegrelius.se/wp-content/uploads/2014/03/Technology-procurement-in-Sweden.pdf>

För den som initierar och stödjer upphandlingen (oftast staten) finns ett önskemål att kunna påverka marknaden att ta till sig nya produkter, som man till följd av forskning känner till att de är möjliga att producera. Om marknaden accepterar produkten får man, se figur nedan:

- Tidigare introduktion på marknaden
- Tidigare användning (och en effektiviseringsförbättring)
- Troligen snabbare acceptans till följd av exponeringen
- Möjlig högre mättnad av samma skäl
- Möjlighet för industrin att exploatera sitt försteg på marknaden⁴⁹



Figur 22: Teknikupphandlingens marknadspåverkan

Resultatet av de svenska upphandlingarna har varit påtagliga oavsett hur man mäter. Dels så ser man en markant förbättring när man mäter mot det bästa som fanns på marknaden före upphandlingen (BAT), dels mot genomsnittet av det som bjuds ut till kunderna och naturligtvis ännu mer gentemot det som finns installerat, se tabell nedan.

⁴⁹ Detta gäller även för de produkter som har sitt ursprung i andra länder eftersom en stor del av förädlingsvärdet ligger i installations- och serviceledet.

Programme		Announcement	Delivery	Required performance	Winner	Improved performance (%) compared to....		
						...Best available	...Average in market	...Existing
Domestic	Fridge+Freezer	90	92	0.9 kWh/liter and year	0.79 kWh	26	32	61
	Central utility room Washing machine include drying	92	94	1.35 kWh/kg of dry washing good	1.2 kWh	-	48	67
	Apartments Washing machine include drying	94	96	0.7 kWh/kg of dry washing good	0.6 kWh	50	80	-
Commercial	HF-Lighting	91	92	Replacing magnetic ballasts	-	-	20	30
	Ventilation Unit	94	96	SFP 1.5 kW(m ³ /s)	Complied	-	50	63
	Ventilation Filters	95	97	-	-	-	-	-
	Refrigerated Displays Racks in Foodstores	96	97	2600 kWh/metre run and year	1745 kWh	50	65	-
Detached houses	Windows	93	95	1.0 W/m ² , K	1.0 W/m ² , K	17	44	-
	Heat Pumps	93	95	Saving 8 MWh/year for a specified type of house	8.3-9.0 MWh	-	-	30 ⁵⁰
	Radiator Control systems	94	96	1 MWh (as above)	Complied	-	-	10
	Water Heaters	96	97	Max power loss 70 W	58 W	30	56	60
	Detached houses complete	94	95	Maximum use 8 MWh per year for heating and domestic energy (for specified surface)	Complied (8 entries)	43	50	68
Transport & Industry	Traffic Lights (LED)	-	-	8W per unit	Complied	87	-	-
	Electric cars	94	96	0.2 kWh/km and tonne	Complied	-	-	67
	Factory doors	94	96	18 MWh/year	13 MWh	-	50	-

Tabell 5: Technology Procurement Programmes in Sweden (Källa: Suvilehto and Öfverholm,1998)

⁵⁰ The winning heat pump was also 30% cheaper than its best competitors before the procurement.

APPENDIX 1: Energianvändning i Sverige 2050

För att bedöma potentialens omfattning har EEF skapat en femstegsmodell för effektivisering utgående från att åtgärder utförs stegvis så att naturliga omställningstillfällen tas tillvara.

MODELL: Minskad energianvändningen med 50 % i fem steg

1. Operationella åtgärder utan investering
2. Låg investering genomfört nu
3. Låg investering kopplad till annan åtgärd inom ett intervall av 0-10 år (pay-back 3 år)
4. Medel investering kopplad till att annan åtgärd görs och upp till halva LCC
5. Hög, men motiverad investering på LCC-gränsen

Steg 1 innebär att man ser över rutiner och ändrar beteenden.⁵¹ Ofta som en följd av enkla inventeringar av typ nattvandring i industrin då man ser var det är tänt i onödan och var det hörs ljud av läckor eller maskiner som går på tomgång. Investeringarna för åtgärder är som regel obetydliga men det kan fordras utbildningsinsatser och ändrade instruktioner för personal.

Steg 2 innebär att man inventerat vilka åtgärder som kan genomföras nu där det kan göras till en låg kostnad motsvarande högst cirka 50% av energipriset.

Steg 3 antas motsvara åtgärder som kan genomföras i samband med andra förändringar under de närmaste 10 åren och där återbetalningstiden för åtgärden är cirka 3 år.

Steg 4 avser åtgärder som genomförs i samband med utbyten, renoveringar och underhåll under de närmaste 10 åren och där kostnaden motsvaras av halva livscykelkostanden

Steg 5 innebär att total livscykelkostnad utgör norm för investeringsbedömningen

Energieffektivisering i Industrin (el)

Massa- och pappersindustri	Järn- och stålverk	Kemisk industri	Verkstadsindustri	Övriga branscher	Industrin totalt
21,4	4,8	6,3	6,8	14,1	53,4

I alla branscher antas att 60 % av användningen går till stödprocesser och att övrigt är processrelaterat.

I de tre energitunga branscherna antas att processutrustningen har ytterligare 25 års livslängd och i de övriga 10 år. Vid varje byte av processutrustning minskas energianvändningen med 30% i denna. All stödutrustning effektiviseras enligt femstegsmodellen.

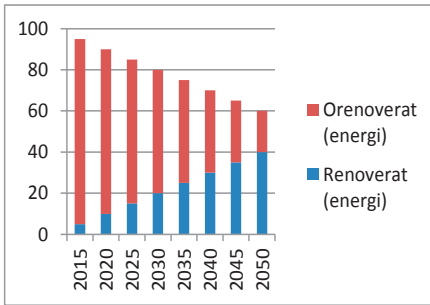
Industrins (värme)

Industrins processvärme förbättras dels genom gradvisa hushållningsförbättringar men framförallt vid byte av processutrustning. Ökad spillvärmeutnyttjande kommer att öka det ekonomiska utbytet men inte nödvändigtvis minska energianvändningen.

Byggnader

Byggnadsbeståndet antas djup-renoveras med 2 % av beståndet per år till en kvalitet att energianvändningen för uppvärmningen halveras.

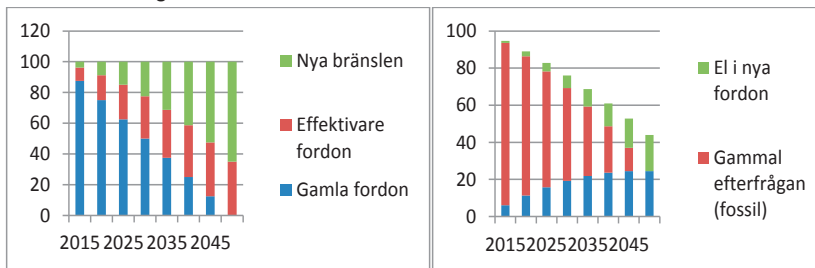
⁵¹ IEA DSM Programme task 24 har inventerat sådana möjligheter för en lång rad av tillämpningar <http://www.ieadsm.org/task/task-24-phase-2/>



Figur 23: Byggnadsrenoveringar (djup renovering till halva användningsnivån)

Fordon

Av flottan skrotas (byts ut) 2,5 % per år till dels fordon som är 30% effektivare (2% av flottan) och dels fordon för nya bränslen. Vidare antas att om de nya bränslena är el så använder man endast 30% av den energi som skulle använts i ett traditionellt fordon.



Figur 24: Omställnings av fordonsflottan

Modellen utgör på inget vis en prognos eller förutsägelse utan tjänar till att utröna var och hur stor möjligheten kan finnas att skapa nya affärsmöjligheter.

Utgångsläge TWh

Energianvändning

Total slutlig användning uppdelat på energibärare

Oljeprodukter	117
Naturgas, stadsgas	8
Kol, koks	16
Biobränsle, torv, avfall	79
El	132
Fjärrvärme	60
Totalt	411

Total slutlig användning, sektorsvis

Industri	TWh
El	52
Fjärrvärme	7
Oljeprodukter	15
Naturgas, stadsgas	5
Kol, koks	16
Biobränslen, torv	54
Totalt	149

Värme
process

Transporter

El	3
Oljeprodukter	88
Naturgas	0,3
Förnybart	5
Totalt	96

Bostäder och service

El (varav 19 värme)	77
Fjärrvärme	53
Oljeprodukter	14
Naturgas, stadsgas	2
Biobränslen	20
Totalt	166

Värme
byggnader

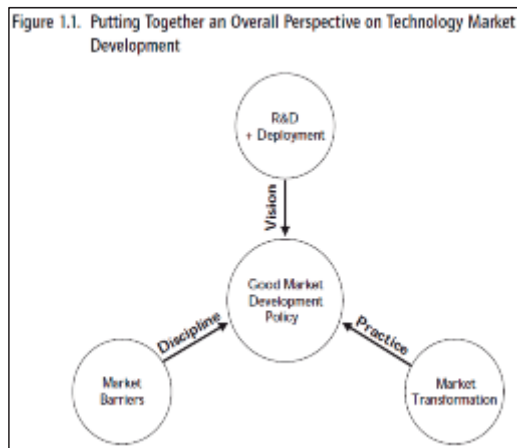
Total slutlig användning i sektorer 411

APPENDIX 2: Marknadsperspektiv och marknadsomställning

IEA har under många år gjort analyser av hur man i olika länder både lyckats (och misslyckats) med att försöka påverka och ändra energisystemen så att de fungerar bättre i olika avseenden. Det gäller både att de fungerar så att konkurrensen upprätthålls, att resurserna utnyttjas "optimalt" och att miljöprestanda upprätthålls eller förbättras.

Det är ett samspel mellan tre kategorier med olika perspektiv⁵²:

1. **Myndigheterna** som främst är de som ställer upp spelreglerna för marknaden och som i allt väsentligt gör det med perspektivet att man vill undanröja de hinder (barriers) som finns för att marknaden skall fungera optimalt.
2. **Industrin** som svarar för att produkter och tjänster utvecklas och ställs till marknads förfogande (R&D and Deployment)
3. **Kunderna/användarna** som genom att ta till sig eller avstå från de erbjudanden som görs bidrar till att omställningen (Transformation) äger rum eller avstannar



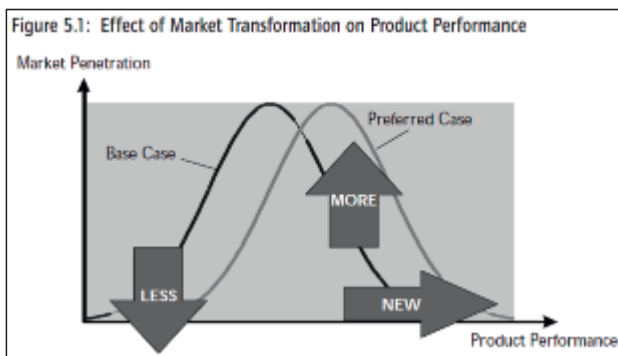
Figur 25: Samverkan mellan Forsknings-, hinder- och omställningsperspektiv för marknadsåtgärder

Myndigheternas perspektiv

I detta har man också noterat att åtgärder för marknadsomställning kan ha ett tidsperspektiv där man kan behöva sätta in olika insatser beroende på de observerade problemen karaktär. Är det så att man vill försöka

- utmönstra produkter med låga prestanda (jfr utfasningen av glödlampor), att
- promovra produkter med goda prestanda (jfr märkning med olika prestandaklasser A-G) eller att
- motivera till produktförbättringar (jfr "top-runner standards eller teknikupphandling).

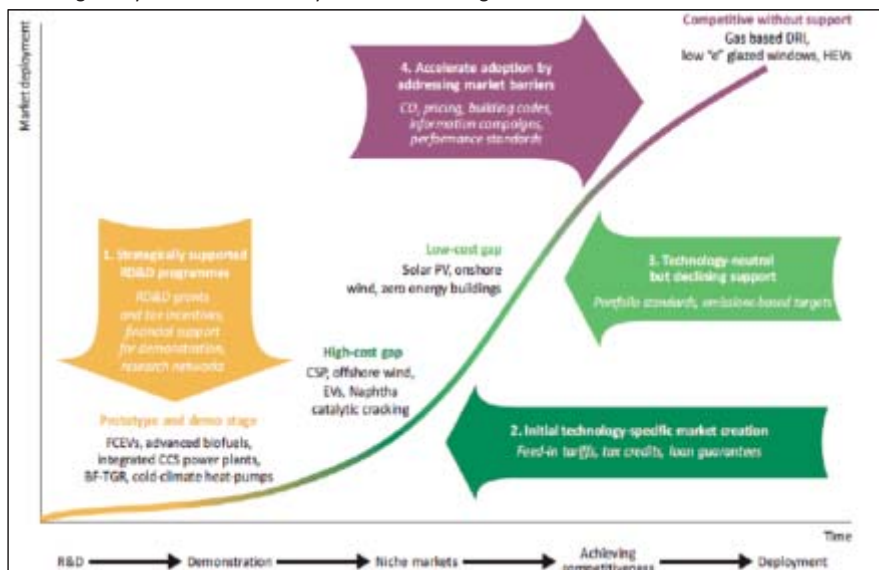
⁵² Creating Markets for Energy Technologies http://www.oecd-ilibrary.org/energy/creating-markets-for-energy-technologies_9789264099647-en eller http://fourfact.com/images/uploads/CreatingMarkets_1.pdf



Figur 26: Marknadstransformation (marknadsomställning (med fokus på prestanda)

Myndigheternas roll

Det är ofta förekommande i myndigheternas framställning att man vill skapa eller medverka till att energisystemet skall vara "kostnadseffektivt". En rimlig ambition men frågan är om man då tar tillräcklig hänsyn till marknadens dynamik. Hur ser vägen till kostnadseffektivitet ut?



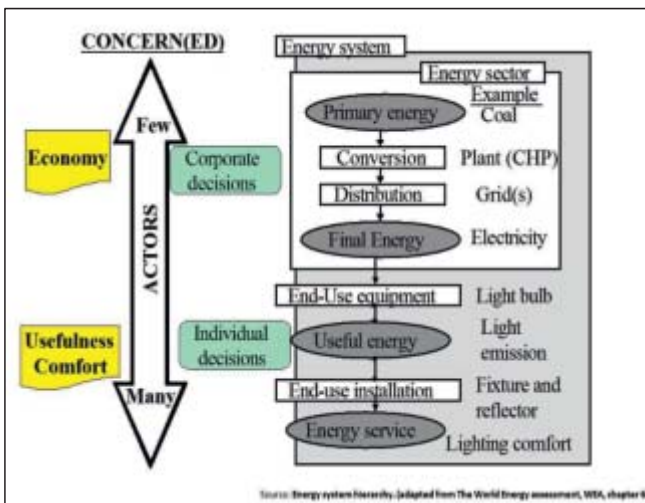
Figur 27 " The right support depends on the maturity of the technology and the degree of market uptake", IEA Energy Technology perspectives 2015.

IEA har i olika publikationer illustrerat hur marknaden succesivt utvecklas över tiden och i takt med volymen växer till. Man har också gjort skillnad mellan (kostnads)effektivitet (Efficiency) och ändamålsenlighet (Effectiveness) när det gäller policyåtgärder. Man menar att när en marknad befinner sig i tidigt skede och i uppbyggnad måste stödåtgärder vara ändamålsenliga (effective), stadierna 1 och 2 i figur 17. När den når tillräcklig mognad kan man övergå till åtgärder som är kostnadseffektiva, stadierna 3 och 4.

Distinktionen mellan efficiency och effectiveness är inte lika tydlig i svenska språket och kan möjligen ha lett till att man inte tillräckligt uppmärksammar hur styrmedlen bör/kan utformas.

Kund- och användarperspektiv

Kunderna på marknaden är sinsemellan olika. Man måste göra distinktion mellan till exempel energieffektivisering och ökad energitillförsel när man också vet att besluten som fattas för tillförsel görs av professionella företag med stor grad av expertis och med företagets vinst som mål och besluten om effektivisering görs av enskilda individer med ringa kunskap och med bekvämlighet som mål? Är det då inte rimligt att tänka i termer av att utjämna villkoren (level the playing field) när båda sidornas beslut påverkar ett och samma energisystem?



Figur 28: Olika aktörers beslutssituation med samma påverkan på energisystemet

APPENDIX 3: Potential, Lönsamhet och kostnadseffektivitet

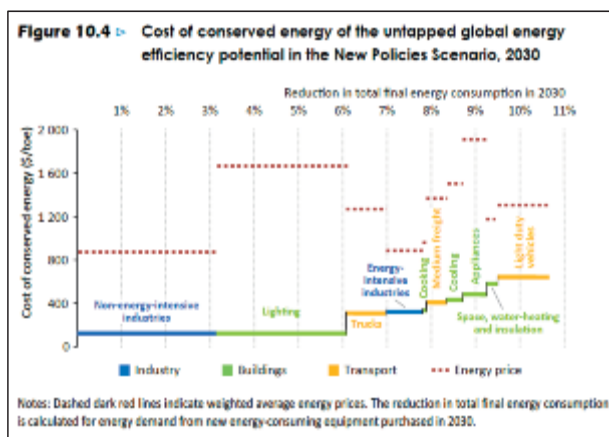
Det är vanligt att visa hur olika åtgärder för att minska miljö- och klimatpåverkan kan rangordnas efter deras kostnader och jämföras med ett pris för alternativet, t.ex. energipriset eller priset+ den externa kostnad som hör samman med energitillförseln. Metoden användes tidigast i en artikel i Scientific American 1990 men har sedan blivit använd av McKinsey i deras rapporter.⁵³



Figur 29: Princip för rangordning och jämförelse av åtgärder.

McKinsey använder i sina diagram netto-redovisning för energieffektivisering så att kostnaden för den energi som sparas subtraheras från åtgärds-kostnaden. Detta ger ibland upphov till termen ”negativ kostnad” för vissa av de mest lönsamma effektiviseringsåtgärderna.

Priset för åtgärden är naturligtvis olika för olika typer av användare och de åtgärder som är relevanta för dem. IEA har i sin senaste World Energy Outlook 2015 illustrerat några sådana.

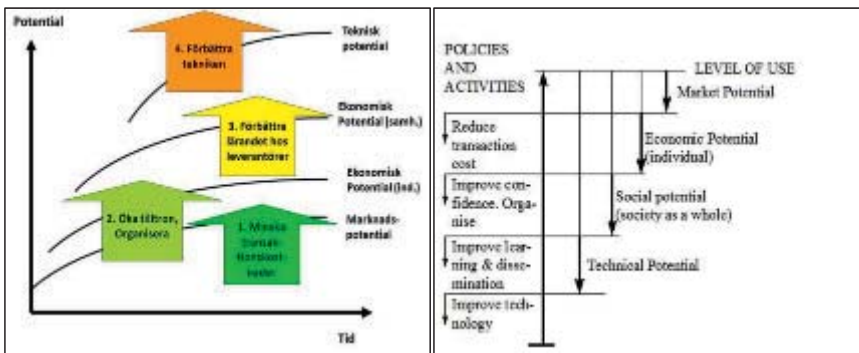


Figur 30: Kostnad och prisjämförelse för några åtgärder enligt IEA WEO 2015.

⁵³ Fickett, Gellings, & Lovins, Efficient Use of Electricity, Scientific American (1990). <http://www.nature.com/scientificamerican/journal/v263/n3/pdf/scientificamerican0990-64.pdf>

Detta sätt att visa lönsamhet och den tillhörande volymen är emellertid statisk i den meningen att betingelserna är givna. Prisnivåer, kunskap, attityder, kostnader och teknik kan förändras över tiden och därmed potentialerna (=volymerna).

- Marknadspotentialen kan påverkas av de så kallade transaktionskostnaderna det vill säga de kostnader som är förknippade med att söka efter och verifiera prestanda hos den lösning man är intresserad av.
- Den individuella ekonomiska potentialen kan påverkas av att utbudet blir mera tillförlitligt och lättillgängligt.
- Den samhälleligt ekonomiska potentialen beror av till exempel vilka kostnader som räknas in men också av leverantörernas möjligheter att samverka och utvecklas serviceinnehållet i produkten
- Den tekniska potentialen beror av en fortgående teknisk utveckling av produkternas prestanda.



Figur 31: Potentialer och deras utvecklingsmöjligheter⁵⁴

Men det finns ytterligare en tidsaspekt på potentialen och det är att flera av de åtgärder som är motiverade (lönsamma) i en enskild anläggning inte bör utföras vid ett enstaka tillfälle utan fordrar att man vidtar åtgärderna succesivt under en tidsrymd och i samband med till exempel underhåll och renoveringar. Det fordras ständigt pågående och samverkande insatser för att uppnå den stora totala potentialen. Det kanske finns en **vardagspotential**, som består av allt det som man kan och bör göra regelbundet genom ändrade vanor, och en **sällanpotential**, som består av det som man gör vid enstaka tillfällen som ombyggnader och liknande?

Kostnadseffektivitet⁵⁵

Kostnadseffektivitet innebär att ett på förhand bestämt mål (t.ex. miljökvalitet, utsläppsreduktion etc.) nås till lägsta möjliga samhällsekonomiska kostnad.

Samhällsekonomisk kostnad = alternativkostnaden för de extra åtgärder som krävs för att målet ska nås. Inbegriper privata kostnader plus externa (t.ex. miljörelaterade) kostnader.

⁵⁴ Inspirerad av Market Failures, Consumer Preferences, and Transaction Costs in Energy Efficiency Purchase Decisions. Sathaye and Murtishaw . LBNL 2004 and Mitigation Chapter 5 IPCC 2001.

⁵⁵ Runar Brännlund, Kristina Ek, Lars Persson och Patrik Söderholm Umeå universitet och Luleå tekniska universitet http://www.spegs.se/digitalAssets/1422/1422967_projekt-3.pdf

Kostnadseffektivitet är inte samma sak som:

- "billig" (ett ambitiöst mål kan betraktas som "dyrt" att nå även om det sker till lägsta möjliga kostnad).
- "lönsam" (för att målet ska nås kan vi behöva "tvinga in" åtgärder som t.ex. företag eller hushåll inte betraktar som "lönsamma").

Obs! Skilj på åtgärd och styrmedel....!

Ett kostnadseffektivt styrmedel är ett styrmedel (t.ex. skatt, gränsvärde etc.) som ger sådana incitament till de relevanta aktörerna (t.ex. företag, hushåll etc.) att de väljer de åtgärder (t.ex. installation av reningsteknik, beteendeförändring etc.) som sammantaget minimerar de totala kostnaderna för samhället att nå ett givet mål.

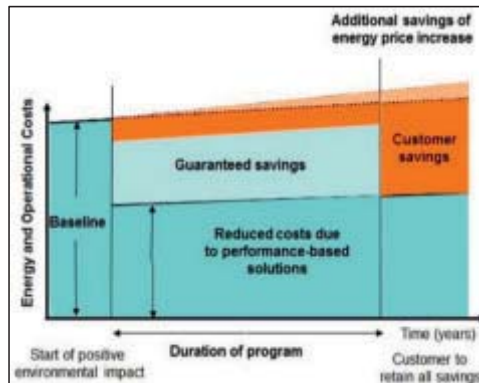
En kostnadseffektiv politik kännetecknas av att:

- Den tillåter flexibilitet i åtgärdsstrategier. Enskilda hushåll och företag vet mer om sina anpassningskostnader än vad myndigheterna gör.
- politiken bör ge utrymme för olika typer av "flexibla mekanismer", t.ex. att ett företag ges möjlighet att finansiera alternativa åtgärder inom ett åtgärdsprogram.
- Ibland (ofta?) beslutar myndigheter direkt om vilka åtgärder som ska genomföras. Viktigt då med tydliga riktlinjer för hur prioriteringar ska göras.

APPENDIX 4: Former för energitjänster (ESCO och EPC)

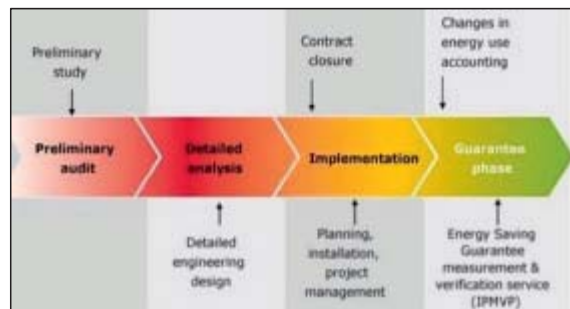
Det har blivit en del språkförbistring bland annat kring ESCO-begreppet därför att det ibland ställs synonymt med EPC (Energy Performance Contracting) som är det juridiska begreppet för den överenskommelse som görs med kunden så att respektive parts åligganden klargjorts.

An ESCO is a company that offers energy services, such as energy analysis and audits, energy management, project design and implementation, maintenance and operation, monitoring and evaluation of savings, property/facility management, energy and/or equipment supply and provision of energy services (e.g., space heating, lighting). ESCOs guarantee the energy savings and/or the provision of a specified level of energy service at lower cost by taking responsibility for energy-efficiency investments or/and improved maintenance and operation of the facility. This is typically executed legally through an arrangement called 'energy performance contracting' (EPC).⁵⁶



Figur 32: Ekonomiskt utfall och fördelning av ESCO-verksamhet som regleras av ett kontrakt EPC <http://www.eu-esco.org/index.php?id=21>

Ett sätt att beskriva energitjänsterna som en sekvens av handlingar som till sist leder till genomförande används av EU.



Figur 33: Energitjänster byggs upp stegvis till genomförande och funktion (<http://www.eu-esco.org/index.php?id=21>)

⁵⁶ Promotion of energy service companies (ESCOs) and energy performance contracting (EPC) https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch6s6-8-3-5.html

APPENDIX 5: Vita certifikat, för och emot

Vita certifikat innebär att åtgärder ska verifieras. Det kommer att innebära en administrativ kostnad. Samtidigt har det flera fördelar.

- Avtal om åtgärder mellan leverantör och konsument/beställare måste följas upp och besparingen måste säkerställas. Avsaknad av verifiering är en stor brist på marknaden idag. Vita certifikat skulle påskynda utvecklingen av metoder för uppföljning och även utveckla kravställandet.
- Uppföljning av fler åtgärder kommer att innebära en lärprocess både för beställare och leverantör vilket kommer att utveckla och förbättra system och produkter på marknaden. Det leder i sin tur till en större potential på sikt och till exportmöjligheter för svenska tillverkande företag och kunskapsföretag.
- Styrmedel och insatser för energieffektivisering kommer enklare att kunna jämföras med åtgärder på andra områden
- Företag i Sverige som säljer produkter, tjänster eller kunskap om energieffektivisering utmanas och utvecklas

Det finns befogade farhågor att vita certifikat skulle frambringa kortsiktiga ineffektiva lösningar av typ utdelning av ljuskällor till subventionerat pris. Detta skulle kunna bli följden av det önskemål om "kostnadseffektivitet" som ofta framförs. IEA visar i sin Energy Technology Perspectives, se figur 25, hur åtgärder som är ligger högt upp på disseminationskurvan ofta fyller krav på att vara kostnadseffektiva (efficient). Detta passar väl för etablerade, välbeprövade, massproducerade tekniska lösningar.

Vad vi behöver för att vara effektiva (effective) är dock att fokusera på mera komplexa helhetslösningar eftersom det är just de som behövs för att marknaden, affärsmodellerna och potentialerna skall komma igång. Dessa finns i den nedre delen av disseminationskurvan. I ett system för vita certifikat kan åtgärder styras till att bli just sådana åtgärder (långsiktiga och uthålliga) genom hur certifikaten specificeras.

Ibland framförs också farhågan att med vita certifikat kommer de som redan vidtagit åtgärder att bli förfördelade. De får vara med och betala för dem som får fördelar av det utbud som vita certifikat kan ge. Detta eftersom kostnaderna för administrationen av paketen får läggas till energiföretagens kostnads massa och tas ut över priset.

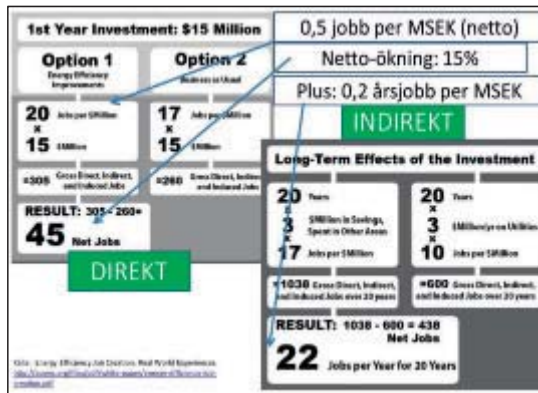
Denna farhåga torde vara obefogad eftersom den totala kostnads massan sjunker, det behövs mindre mängd energi totalt och mindre kostnader för distribution (se IEA WEO). Alltså sjunker kostnaderna för hela kollektivet vilket kan (bör) slå igenom i priset.

De som redan vidtagit åtgärder kommer också att få ta del av de kostnadsminskningar som kommer på produkter och system i samband med ökad försäljning.

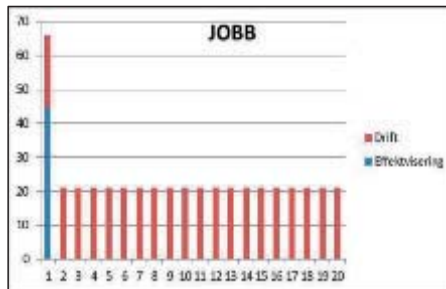
APPENDIX 6: Syselsättning

Sysselsättningseffekterna av en satsning på effektivisering är svårbedömd, men det förefaller klart att effektivisering är mera arbetsintensiv än till exempel motsvarande satsning i traditionell energitillförsel. En stor del av dessa jobb kommer att vara relaterade till byggnadsindustrin men även till verkstadsindustrin. Renovate Europe, som gör sina beräkningar utgående från att man genomför ”djuprenoveringar”, bedömer att det handlar om drygt en million direkta jobb i byggnadssektorn i Europa men till detta kommer sysselsättning för service och underhåll i drift.

I USA har man gjort mera ingående studier och dessutom sett till olika yrkeskategorier samt bedömt påverkan av en högre ekonomisk aktivitet i samhället, se exempel i figur nedan där data räknats om för Sverige.



		Jobb/MUSD	Jobb	Skillnad
Investering (15 MUSD)	Effektivisering	20	300	45 (vid investering)
	Alternativ (BAU)	17	255	
		Jobb/MUSD, år	Jobb	Skillnad
Drift (3 MUSD/år) 20 år	För sparad energiutgift	17	1020	420 (21 jobb/år)
	Energiutgift	10	600	



Figur 34: Sysselsättningseffekter som följer av energieffektivisering.

Figurer:

Figur 1: IEA World Energy Outlook (WEO) 2012	7
Figur 2: Multiple Benefits, PLUS-värden som hänger samman med effektivisering.....	8
Figur 3: Effektiviseringspotentialen realiseras inte i den omfattning som är motiverat (IEA WEO 2012)	9
Figur 4: Kunder är mera intresserade av service och nytta än av aktuella produktprestanda	11
Figur 5: Världsbanken ställer ifråga standardmodellen mot en utvecklad som tar hänsyn till hur människor verkligen tänker.....	12
Figur 6: Från "Energy sufficiency policy: an evolution of energy efficiency policy or radically new approaches?" Stefan Thomas et al.....	14
Figur 7: Energimixen i Europa vid olika nivåer på effektiviseringsmålsättningen (27-30-40%) till 2030.	17
Figur 8: Effektivisering först - så att vi utnyttjar energin bättre och därefter kan ta i anspråk ett bredare/större utbud av lokala resurser.....	18
Figur 9: "Körordning" för ett energisystem med stort inslag av förnybar (intermittent) energi.	18
Figur 10 IEA World Energy Outlook 2015.....	20
Figur 11: Olika tjänstekategorier (förädlingsnivå) enligt Energimyndigheten Energitjänster i Sverige - Statusrapport för tjänster för energieffektivisering ER 2013:22.....	22
Figur 12: Naturliga omställningstillfällen utnyttjas	23
Figur 13 EFIG förslag till åtgärder (https://ec.europa.eu/energy/en/news/new-report-boosting-finance-energy-efficiency-investments-buildings-industry-and-smes).....	23
Figur 14: ESCo market development: A role for facilitators to play, Bleyl et al. ecee 2013.....	24
Figur 15 Tjänster och karaktär på tjänster i offentlig sektor (ER 2013:22)	24
Figur 16: Energisprongs modell.....	28
Figur 17: EUs målsättning för att uppnå 20% effektivisering till 2020.....	30
Figur 18: Grafisk framställning av fölustskyendet (loss aversion) som det beskrivs av Kahneman och Tversky i deras prospect theory.	32
Figur 19: Exempel på handel med EEO (Vita certifikat) i Australien	33
Figur 20: Lärkurva för solceller som illustrerar hur de nått break-even (grid parity)	38
Figur 21: Teknikutveckling och kostnader som en följd av volymsuppbbyggnad i jämförelse med kostnader för fortsatt utbyggnad av olja och gas.	39
Figur 22: Teknikupphandlingens marknadspåverkan.....	40
Figur 23: Byggnadsrenoveringar (djup renovering till halva användningsnivån).....	43
Figur 24: Omställnings av fordonsflottan	43
Figur 25: Samverkan mellan Forsknings-, hinders- och omställningsperspektiv för marknadsåtgärder	45
Figur 26: Marknadstransformation (marknadsomställning (med fokus på prestanda).....	46
Figur 27 " <i>The right support depends on the maturity of the technology and the degree of market uptake</i> ", IEA Energy Technology perspectives 2015.....	46
Figur 28: Olika aktörers beslutssituation med samma påverkan på energisystemet	47
Figur 29: Princip för rangordning och jämförelse av åtgärder.	48
Figur 30: Kostnad och prisjämförelse för några åtgärder enligt IEA WEO 2015.	48

Figur 31: Potentialer och deras utvecklingsmöjligheter.....	49
Figur 32: Ekonomiskt utfall och fördelning av ESCO-verksamhet som regleras av ett kontrakt EPC http://www.eu-esco.org/index.php?id=21	51
Figur 33: Energitjänster byggs upp stegvis till genomförande och funktion (http://www.eu-esco.org/index.php?id=21)	51
Figur 34: Sysselsättningseffekter som följer av energieffektivisering.....	53

CIRKULÄR EKONOMI – INTERNATIONELL UTBLICK, OCH IMPLIKATIONER FÖR SVERIGES MILJÖ- OCH NÄRINGS- OCH VÄXTHUSGASER 2045

Detta kapitel beskriver den internationella utvecklingen vad gäller materialanvändning och övergången till en mer cirkulär ekonomi, samt diskuterar vad dessa trender innebär för Sverige. Specifikt diskuteras vilken roll en övergång till en mer cirkulär ekonomi kan spela i att uppnå Sveriges mål om netto-nollutsläpp av växthusgaser år 2045.

Sammanfattningsvis argumenterar texten för att en övergång till en mer cirkulär ekonomi är en nödvändig förutsättning för att Sverige skall nå sina klimat- och andra miljömål, att den pågående teknikrevolutionen gör detta både möjligt och lönsamt, samt att en övergång till en mer cirkulär ekonomi innebär många innovations- och exportmöjligheter för det svenska näringslivet.

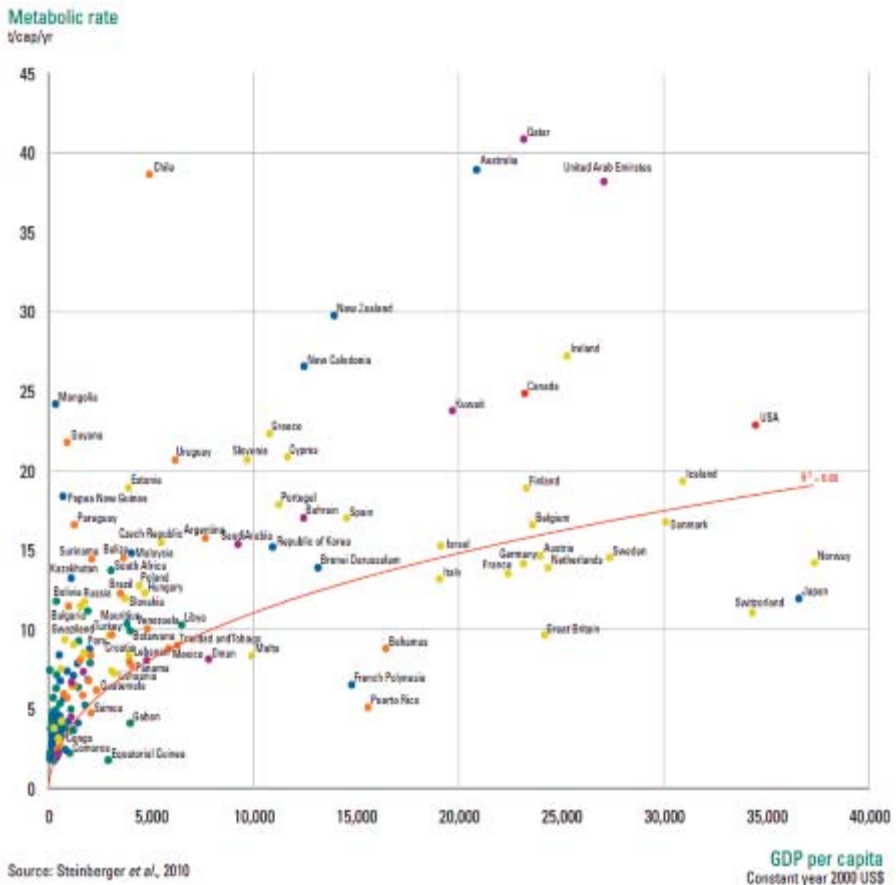
Kapitlet är disponerat i fyra delar:

1. Dagens materialanvändning – globala trender, miljöpåverkan och resurseffektivitet
2. Cirkulär ekonomi – internationell utblick
3. Teknikrevolutionen – en viktig ”enabler”
4. Implikationer för Sverige, inklusive möjliga styrmedel

1. Dagens materialanvändning – globala trender, miljöpåverkan och resurseffektivitet

Materialanvändning är idag djupt förknippat med ekonomisk utveckling och välstånd. Ju högre välstånd, desto högre materialanvändning (se bild 1). En genomsnittsperson i de flesta västeuropeiska länder – inklusive Sverige - använder 13-17 ton material per person och år, eller hela 36-47 kg per dag. Som bilden visar, blir sambandet något svagare när välståndet ökar – en mättnadseffekt när ett lands infrastruktur är utbyggd – men även vid höga inkomstnivåer per capita leder ökat välstånd till ökad materialanvändning. När världens befolkning och välstånd ökar innebär detta en globalt snabbt växande materialanvändning: bara mellan 1990 och 2010 ökade den globala materialanvändningen från ca 40 miljarder ton till ca 70 miljarder ton enligt International Resource Panel¹.

¹ *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth*. International Resource Panel, 2011

Bild 1: Materialanvändning per capita som funktion av BNP per capita²

Denna nivå av materialanvändning – och det faktum att den fortsätter öka i snabb takt när välbästandet ökar till och med i rika länder - är djupt problematisk av flera skäl:

- a. *Materialproduktion orsakar stora utsläpp av växthusgaser.* Enligt UNFCCC³ står råmaterial-produktion (inklusive mat) idag för ca 19 procent av de globala utsläppen av växthusgaser, och avfallshantering står för ytterligare 3 procent. En avsevärd del av transport-utsläppen (ytterligare 14 procent av de globala utsläppen) går dessutom åt till att transportera material och produkter. För att nå de målsättningar om utsläppsminskningar som satts (till exempel EUs målsättning om 80 procent minskning till 2050, eller Sverige mål om nettollutsläpp till 2045), måste även dessa utsläpp minska radikalt. Höjd effektivitet och förnyelsebar energi i produktionsprocessen kan minska

² *Global patterns of material use: a socio-economic and geophysical analysis.* Steinberger, Krausmann, Eisenmenger, Ecological Economics, 69[5]

³ United Nations Framework Convention on Climate Change

utsläppen till viss del, men för så stora utsläppsminskningar som krävs måste också materialvolymerna minskas.

- b. *Materialanvändning är också orsak till många andra stora miljöproblem.* Färskvattenbrist, övergödning, avskogning, utfiskning, kemiska föroreningar, stora mängder plast i haven, och många andra miljöproblem kan spåras tillbaka till vår materialanvändning. I en analys⁴ som FN-stödda The Economics of Ecosystems and Biodiversity ("TEEB") genomförde 2013 uppskattades den totala globala miljöskadekostnaden för år 2009 till 13 procent av global BNP – en chockerande hög siffra. Men kanske än mer intressant är att bara 35-40% av de miljökostnader man beräknade hängde samman med energianvändning (främst växthuseffekten), medan hela 60-65% relaterade till materialanvändning i olika former.
- c. *Materialanvändning orsakar stora ekonomiska risker och "security of supply" risker.* Generellt sett håller den globala ekonomin inte på att "göra slut" på material. För många stora materialkategorier ökar de globala reservkvoterna (identifierade reserver dividerat med årlig produktion) snarare än minskar. Men det finns också ett antal materialkategorier där det finns verkliga risker kring den framtida tillgången. EU har till exempel 20 material på sin "critical materials" lista⁵, bland annat flera jordartsmetaller och fosfat (fosfat är en nödvändig komponent i konstgödsel men fossilt fosfat finns framför allt i Nordafrika med flera frågetecken kring framtida tillgång). Och de flesta globala råvarumarknader är volatila vilket innebär stora ekonomiska och geopolitiska risker.

Att materialanvändning i olika former ligger bakom så många av våra stora miljöproblem genomsyrar inte debatten och policy-förslag så mycket som det borde. Det internationella klimatarbetet, till exempel, tenderar att fokusera på förnyelsebar energi, energieffektivitet, landanvändning, och de högpotenta växthusgaserna. Material- och resurseffektivitet – när de nämns – hamnar ofta långt ned på listan.

Det är synd, för det finns en enorm potential i effektivare materialanvändning. I rapporten *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe*⁶, som jag var med och författade, gjordes en diagnos av effektiviteten i dagens materialanvändning. Diagnosen gjordes på europeisk basis men resultaten är riktningensmässigt desamma för Sverige:

I volymtermer återvinns cirka 40 procent⁷ av allt material i EU, medan 60 procent bränns eller läggs på deponi. Detta tas ofta som intäkt för att Europa kommit en god bit på vägen mot en cirkulär ekonomi. Men dessa volymandelar, som är de som oftast

⁴ *Natural Capital at Risk: The Top 100 Externalities of Business*, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2013

⁵ *Report on Critical Raw Materials*, Report of the ad hoc working group on defining critical materials, European Commission, 2014

⁶ *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe*. McKinsey, Deutsche Post-Stiftung, Ellen MacArthur Foundation, 2015

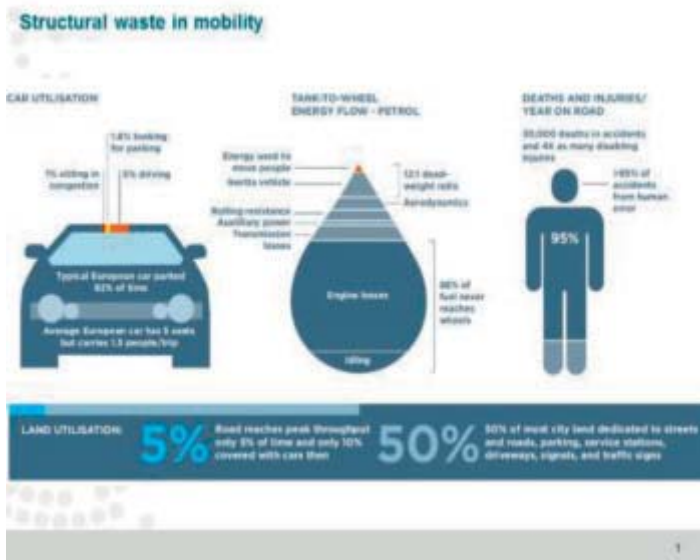
⁷ Samtliga faktauppgifter i de följande tre styckena kommer från *Growth Within*-rapporten

redovisas, döljer en viktigare sanning: i värde-termer tappar Europa hela 95 procent av materialvärdet i varje användningscykel. Kvoten är uträknad som försäljningen av sekundärmaterial i Europa, dividerat med försäljningen av primärmaterial, med justeringar gjorda för import/export och för inbäddade material i produkter. Även för stora återvinnings-kategorier som papper, glas, och stål, tappas en stor del av värdet genom att bara en del av volymerna kommer tillbaka, och genom att volymerna som kommer tillbaka är så förorenade och ”blandade” att värdet av sekundärmaterial är väsentligt lägre än värdet primärmaterial. Så förenklat kan man säga att Europa (och världen) producerar råmaterial till en hög miljömässig och ekonomisk kostnad, använder dem en gång, och lämnar dem sedan väsentligt nedgraderade till kommande generationer.

Det finns också en enorm potential i att använda produkter och material bättre under dess livstid. I *Growth Within* – rapporten genomfördes en kartläggning av material- och produktanvändningen i tre av våra allra största värdekedjor: transport, mat, och byggnader.

Låt oss titta på resultaten för transport (se också bild 2): Den genomsnittliga Europeiska bilen används 8 procent av tiden. Ytterligare 3 procent av tiden går bort i trafikstockningar och för att leta parkering. Så bilens effektiva körtid utgör ca 5 procent av tiden. Under dessa 5 procent av tiden används i genomsnitt 1,5 säte av 5. Så den totala utnyttjandegraden blir låga 1,5 procent, för en av våra största infrastruktur-kategorier, där många europeiska familjer bundit upp något års disponibel inkomst. Från ett energiperspektiv blir resursutnyttjandet liknande: uppskattningar av den så kallade well-to-wheel effektiviteten för bensinbilar brukar ligga kring 20-25 procent. Men sedan är dödviktskvoten i genomsnitt 12:1 (1,2 ton bil används för att transportera ca 100 kg människa om 1,5 säte är upptaget). Multiplicera talen, så blir utnyttjandegraden från ett energiperspektiv kring 2 procent. Titta sedan på land-perspektivet: upp till hälften av den dyra marken i innerstäder används till transport-infrastruktur (vägar, parkeringsplatser). Men till och med i rusningstrafik så täcks bara 10 procent av vägnätet i städer av bilar, och rusningstrafik i sin tur är i de flesta städer 5 procent av tiden. Så även från ett land-perspektiv en mycket låg utnyttjandegrad. Dessutom orsakar transport-systemet som bekant stora luftföroreningar och växthusgasutsläpp, och många olyckor. Den intresserade läsaren hänvisas till *Growth Within*-rapporten för liknande kalkyler kring byggnation och mat, men som exempel kan nämnas att europeiska kontor i genomsnitt används mindre än halva tiden även under kontorstid, och att FN's Food and Agriculture Organization ("UN FAO") uppskattar att 31 procent av all Europeisk mat aldrig når en mun.

Detta är ett förvånansvärt lågt resursutnyttjande i några av våra allra största och mest ”mogna” värdekedjor, som tillsammans står för 70-80 procent av Europas totala naturresursanvändning, som motsvarar 60-65 procent av en genomsnittlig hushållsbudget, och som totalt utgör ca 50 procent av all sysselsättning.



Vänder man på resonemanget kan man istället säga att datapunkterna ovan indikerar en enorm potential: om vi kan använda existerande material, produkter och infrastruktur bättre kan vi få ut väsentligt mer ekonomiskt värde ur samma mängd resurser, och på så sätt åstadkomma både bättre/mindre miljöpåverkan och bättre tillväxt. Senare kommer denna text argumentera för att ny teknologi nu gör detta möjligt både tekniskt och ekonomiskt.

En viktig fråga är *varför* resursutnyttjandet är så lågt, och om det låga resursutnyttjandet också innebär en ekonomisk sub-optimering, eller om det till exempel är så att konsumenter tycker att värdet av att ha en bil omedelbart tillgänglig är så stort att det uppväger extrakostnaden av att bara använda den då och då. Det finns ett längre resonemang även om detta i *Growth Within*-rapporten, men kort kan man säga att det finns flera goda skäl att anta att resursutnyttjandet är lägre än det ekonomiskt optimala: 1) Ny teknik finns nu tillgänglig som ändrar ”brytpunkterna” väsentligt och som ännu inte genomsyrar marknaderna (dessa tekniker diskuteras nedan). 2) Dessa stora fysiska värdekedjor är formade av politiska beslutsfattare snarare än marknader, och det finns få skäl att anta att politiken alltid fattar optimala beslut. Vad gäller transportsystemet, till exempel, påverkar det offentliga redan idag genom högre eller lägre investeringar i vägnätet, genom investeringar i kollektivtrafik, genom trängselskatter, genom bränsleskatter och subventioner till nya bränslen, genom stadsplanering, genom tillgång och avgifter för parkering, och så vidare. Totalt har alla dessa beslut en massiv påverkan på transportsystemet. På samma sätt har ett antal regleringar av värdekedjorna för byggnation och mat en massiv påverkan på respektive värdekedja: byggnormer (som reglerar allt från material till arkitektoniska lösningar till energieffektivitet), stadsplanering, garantiregler, detaljerade jordbrukssubventioner för olika typer av grödor, livsmedelstullar, regler kring gödsling, och så vidare. 3) Flera viktiga externaliteter prissätts inte alls eller alldeles för lågt, vilket leder till

suboptimering (till exempel materialnedgradering, trängsel, luftföroreningar, växthusgasutsläpp).

2. Cirkulär ekonomi – kort internationell utblick

En ”cirkulär ekonomi” (eller en ”kretslopps-ekonomi”), har länge framförts som en viktig komponent i lösningen på problemen ovan. Det finns ingen allmänt accepterad definition av begreppet, men de flesta brukar hålla med om att följande principer definierar kärnan i en cirkulär ekonomi:

- Tekniska material skall användas på ett sätt så att deras värde i möjligaste mån bibehålls, och de kan cirkulera många gånger i ekonomin. Det innebär att färger, tillsatser och materialblandningar i första hand skall göras på ett sätt så att materialen kan ”renas” och återanvändas till ett högt värde i slutet av livscykeln. Tekniska material skall inte ”konsumeras” utan bara ”användas”
- Biologiska material kan däremot konsumeras, eftersom de är förnyelsebara. Dock skall de behandlas och användas på ett sätt som gör att de på ett säkert sätt kan återföras till biosfären, det vill säga de skall hållas rena från gifter och icke-biologiskt nedbrytbara tillsatser.
- Eftersom tekniska och biologiska material ingår i så olika cykler, betonar de flesta definitioner av en cirkulär ekonomi att dessa två materialkategorier skall hållas isär i möjligaste mån, så tekniska kan återcirkuleras i ekonomin medan biologiska återförs till biosfären.
- Material och produkter skall ha ett så högt resursutnyttjande som möjligt under sin livstid. På senare tid har därför ofta delningsekonomi (”sharing economy”) och ibland digitalisering räknats in som hävstänger i den cirkulära ekonomin eftersom de höjer resursutnyttjandet av fysiska produkter.
- I vissa definitioner av den cirkulära ekonomin inkluderas också ett skifte från tekniska till förnyelsebara material, och från fossil energi till förnyelsebar.

”Cirkulär ekonomi” som koncept används ibland utbytbart med en ”resurseffektiv ekonomi”. Det är en överförenkling enligt mitt sätt att se: det är sant att en cirkulär ekonomi också är resurseffektiv, men när man använder begreppet resurseffektiv tänker många på att optimera linjära flöden, snarare än att göra dem cirkulära. Resultatet blir att många då inte tänker på alla nya möjligheter som cirkulära flöden innebär, utan istället tänker att resurseffektivisering innebär att göra samma sak som idag, bara lite mer effektivt. Skillnaderna i resultat kan vara dramatiska. I diskussioner med företag använder jag ibland ”lean” kontra ”kostnadseffektiv” tillverkning som en analogi: Lean innebär kostnadseffektivitet, men det innebär också mycket mer: När Toyota införde ”lean” som en förändringsapproach innebar det ett helt nytt sätt att se på tillverkningsprocessen. Istället för att prata om kostnadseffektivitet – att göra samma sak lite bättre - satte man ”no waste” som ambition, satsade systematiskt på att eliminera felkällor i tillverkningsprocessen istället för att vara effektiv i att rätta till felen när de väl inträffat, man upptäckte massa nya förbättringsområden som man tidigare inte tänkt på (just-in-time, minska variabilitet, visuella mätetal, ...) och

lyckades mobilisera sin organisation på ett helt nytt sätt. Resultatet var att Toyota blev världens största biltillverkare, och att "lean" numera är standard för alla större tillverkningsföretag. På samma sätt ger ett cirkulärt synsätt på produktdesign, produktionsprocesser, och materialflöden ofta upphov till nya innovationer och förbättringar. Företag börjar tänka på hur de kan få tillbaka produkter och material från sina kunder i slutet av livscykel och återanvända delar av dem, hur de kan använda leasing-baserade affärsmodeller, hur de kan bygga produkterna mer modulärt så inte hela produkten måste kasseras när någon komponent gått sönder, hur de kan standardisera materialval för att öka materialvärdet i produkterna och så vidare. Ellen MacArthur Foundation har publicerat flera rapporter de senaste åren som visat på ekonomiskt lönsamma cirkulära affärsmodeller, till exempel för lätta transportfordon, mobiltelefoner, och tvättmaskiner⁸.

Cirkulär ekonomi har fått ett stort uppsving bland politiska beslutsfattare de senaste åren, till stor del baserat på de höga råvarupriserna före finanskrisen, och den bristsituation på ett antal viktiga råvaror som uppstod. En annan bidragande faktor har säkert varit de alltmer uppenbara miljöproblemen. Eftersom Europa är världens största netto-importör av råvaror var de höga prisnivåerna och prisvolatiliteten ett extra stort problem för Europa, och kanske är det därför som tankarna kring en cirkulär ekonomi kommit längre i Europa än i de flesta andra världsdelar.

EU-kommissionen lade i december 2015 fram ett "Circular Economy Package"⁹ där man börjar staka ut vägen mot ett cirkulärt Europa. Av skrivningarna framgår att kommissionen ser en cirkulär ekonomi som fördelaktig inte bara av miljöskäl utan också för jobb, tillväxt, konkurrenskraft, och för att minska tillförselrisker. Man är noga med att betona att cirkulär ekonomi inte bara handlar om avfallshantering och återvinning utan också bättre produktdesign och nya affärsmöjligheter. Viktiga policy-områden som Kommissionen nämner att de kommer att arbeta vidare med inkluderar förenklade regler kring handel av sekundär-material, produktdesign-regler för att göra återvinning billigare och behålla mer av materialvärdet, samt ett utökat producentansvar ("extended producer responsibility") som i högre grad inkluderar återvinning. Man har också öronmärkt 650 miljoner Euro i olika innovationsfonder för att bedriva forskning och utveckling inom den cirkulära ekonomin. Också i flera medlemsländer, framför allt i nordvästra Europa, arbetas det intensivt med cirkulär ekonomi.

Bland företag finns ett gryende intresse för den cirkulära ekonomin, och det finns ett antal pionjärföretag som kommit relativt långt. Men än så länge är en cirkulär ekonomi inte en stor fråga för flertalet företag. Kanske ett resultat av att "boomen" i råvarupriser 2005-2009 nu istället ersatts av en "bust", där många återvinningsföretag går på knäna eftersom priserna på primärmaterial är så låga. Min övergripande känsla efter att ha diskuterat dessa teman med hundratals företag, politiker och myndigheter är att cirkulär ekonomi idag befinner sig på ungefär samma stadium som förnyelsebar energi gjorde i början av 2000-talet: Många håller med om den långsiktiga riktningen,

⁸ *Towards the Circular Economy*, vol 1, Ellen MacArthur Foundation, 2013

⁹ *Closing the Loop*, Circular Economy Package, European Commission, December 2015

och det finns ett antal pionjärföretag som redan investerat stort, men för den stora massan av företag är det ännu inte tydligt hur man skall hantera den cirkulära ekonomin, och vilka hot och möjligheter den innebär. Denna situation har ändrats dramatiskt för förnyelsebar energi de sista 10-15 åren, och jag tror vi kommer att se en liknande utveckling för cirkulär ekonomi de kommande 10-15 åren.

3. Teknikrevolutionen – en viktig 'enabler' för en mer cirkulär ekonomi

Världen är mitt uppe i en stor teknikrevolution, det är det nog få som betvivlar. Världens största retail-företag (Amazon) har inga fysiska butiker, det största taxiföretaget (Uber) har i princip inga bilar, det största hotellföretaget (AirBnB) har inga hotellrum, och så vidare. I "The Second Machine Age" hävdar digitaliseringsforskarna Brynjolfsson och McAfee att tekniken kommit till en brytpunkt där vi nu kan digitalisera 'just about everything'. Många informations- och transaktionsbranscher har redan stöpts om fundamentalt, till exempel fotografi, underhållning, finansiella tjänster, och media.

Det som nu håller på att hända i rask takt är att teknikrevolutionen kommer till de stora fysiska och resurskrävande värdekedjorna. Den kommer över de kommande 1-2 decennierna att stöpa om dessa värdekedjor lika fundamentalt som den redan gjort med informations- och transaktionsbranscherna ovan. Vart denna omstöpning tar oss kommer att ha mycket stor påverkan både på Sveriges och världens ekonomi, jobbskapande och miljöpåverkan. Ciscos ordförande John Chambers tror att nästa våg av teknologi kommer att ha "5-10 times the impact of the internet revolution" och General Electrics VD Jeff Immelt säger att "we think about it as the digitization of industry"¹⁰.

Låt oss titta på några exempelteknologier i var och en av de tre största fysiska värdekedjorna. Detta dels för att börja förstå åt vilket håll dessa värdekedjor är på väg, dels för att sedan kunna diskutera hur de nya teknologierna kan användas som en "enabler" för en mer cirkulär ekonomi¹¹.

- *Transport:* 1) Bildelningstjänster av olika slag växer snabbt över hela världen. AutoLib i Paris är ett intressant exempel: användaren bokar bilen med sin smartphone, priset är 5 Euro per halvtimme, Paris stad har reserverat parkeringsutrymme på hundratals platser över hela Paris så man kan hämta bilen i närheten och vet att det finns en reserverad parkeringsplats när man kommer fram, man behöver inte hämta någon nyckel utan bilen öppnas och startas med en kod som levereras digitalt till kundens telefon. Allt detta har lett till att många kunder upplever tjänsten som ett besvärsfritt och kostnadseffektivt sätt att få tillgång till en bil. Eftersom alla AutoLibs bilar är eldrivna och varje bil enligt företaget ersätter 5-7 privatbilar (och därigenom minskar behovet av parkeringsutrymme) har Paris stad valt att uppmuntra denna och andra

¹⁰ GE's Jeff Immelt on digitizing in the industrial space. McKinsey Quarterly, October 2015

¹¹ Faktauppgifterna i de följande tre styckena kommer från *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe*, McKinsey, Deutsche Post-Stiftung, Ellen MacArthur Foundation, 2015

delningstjänster (det finns många liknande bildelningstjänster runt om i världen). Bildelning är så intressant att till och med de flesta biltillverkare investerat i sina egna delningstjänster, trots den uppenbara risken att kannibalisera sin egen bilförsäljning: Daimler har Car2Go, Volvo har SunFleet, BMW har DriveNow, för att nämna några exempel. 2) Elbilar är nu i rakt takt på väg att bli konkurrenskraftiga med bensin- och dieselbilar. Förutom att de minskar utsläppen, så håller också elbilar mycket längre eftersom de innehåller mycket färre rörliga delar och filter som kan gå sönder. En del bedömare tror att en genomsnittlig körsträcka för en elbil kommer att ligga mellan 50 000 och 100 000 mil, jämfört med 30 000 till 40 000 mil för många bensin- och dieselbilar, 3) Många industribedömare tror också att autonoma bilar kommer att lanseras kommersiellt de närmsta 2-7 åren (halv-autonoma finns redan kommersiellt). Var och en av dessa trender innebär stora förändringar för transportsystemet, och tillsammans kommer de att innebära en fundamental omstöpning. Tänk hur mycket effektivare ett delat, el-drivet och bättre integrerat transportsystem skulle kunna vara.

- *Mat.* 1) ”Precision agriculture” har de senaste åren vuxit till ett av de största investeringstemana för amerikanska venture capital aktörer. Start-up bolaget BlueRiver kan illustrera möjligheterna. Bolaget har utvecklat en salladsrobot, som kopplas efter en traktor när det är dags att gallra. Kameror och bildanalysprogram avgör vilka plantor som är mest livskraftiga, mäter avståndet mellan dem, gallrar automatiskt bort exakt rätt plantor, och applicerar rätt mängd gödning. En revolution för amerikanska salladsodlare (bolaget finns främst i USA än så länge), och en som innebär radikalt lägre kostnader, högre volymer och lägre användning av konstgödsel. BlueRiver är bara ett av många exempel på ”precision agriculture”. 2) Beyond Meat är ett annat bolag som fått mycket uppmärksamhet de senaste åren. Företaget har lyckats utveckla sojaprotein-baserade produkter som smakar så likt kyckling och biff att få konsumenter kan känna skillnaden¹². Återigen en attraktiv kombination av radikalt lägre resursanvändning, ett konkurrenskraftigt pris, och faktiskt ett högre näringsinnehåll.
- *Byggnation.* 1) Delningstjänster. AirBnB växte 80-90 procent per år 2010-2014, och på nyårsafton 2014 stod bolaget för 4 procent av alla bokade övernattningar globalt. Man behöver inte extrapolera speciellt många år innan AirBnB (och de andra delningstjänsterna som finns) kommer ha en stor påverkan på den globala hotell och turistindustrin. Liknande tjänster börjar växa upp för kontor. 2) 3D-printade byggelement. Flera spännande start-up bolag experimenterar med att 3D-printa stora byggelement, ibland av återvunna byggmaterial. Det kinesiska företaget WinSun, till exempel, skapade uppmärksamhet för något år sedan när man byggde skalet till tio enfamiljshus på 24 timmar, med ett litet antal byggarbetare, genom 3D-printade färdiga byggelement som monterades ihop på plats, förberedda med kanaler för el och VVS¹³. Många företag experimenterar också med mycket mer modulära och industrialiserade byggteknologier.

¹² *The Future Of Meat Is Meatless, Just As Tasty, And About To Change The World*, Forbes, 6 mars 2014

¹³ *Chinese Company assembles 10 3D-printed houses in a day*, Inhabitat, 2014

Exakt hur snabbt dessa bolag och teknologier kommer att växa är omöjligt att idag sätta om, men de illustrerar att förändringstakten i dessa värdekedjor troligen kommer att vara mycket högre än historiskt, och att många av de nya teknologierna och affärsmodellerna som växer fram är väsentligt bättre både från ett miljöperspektiv och ett ekonomiskt perspektiv. De innebär stora möjligheter för Sverige och svenskt näringsliv - enorma värden kommer att skapas i omvandlingen - men också ett hot: som alltid kommer det nya att konkurrera ut många gamla teknologier och affärsmodeller, och teknikrevolutionen kommer säkerligen innebära en våg av ”creative destruction” där företaget som inte lyckas förnya sig får det svårt.

I *Growth Within*-rapporten användes bild 3 som ett sätt att sammanfatta vilka möjligheter de nya teknologierna öppnar upp för inför en cirkulär ekonomi. Delningsekonomi är värd att lyfta fram speciellt: I miljö-diskussioner finns ofta en tveksamhet gentemot delningsekonomi. Den anses ibland göra det för billigt och lätt att åka bil, eller resa till andra städer, och därför är man rädd att volymerna (och därmed miljöpåverkan) kommer öka. Ett bättre sätt att resonera, tror jag, är att utgå från en given volym av bil-kilometer eller övernattningar, och istället fråga sig om det inte är bättre att den volymen levereras av få bilar och hus som utnyttjas effektivt, än av många bilar och hus (med mer stål, betong och trängsel som bi-effekt) som utnyttjas ineffektivt. Om man sedan från politiskt håll vill reglera volymen bil-kilometer eller övernattningar så finns det bättre sätt att göra det än att hålla tillbaka effektiva nya affärsmodeller.



Om nu den nya tekniken i många fall är bättre för både miljö och plånbok, blir en viktig fråga vad politikens roll bör vara i denna förändring? Kan politiken luta sig tillbaka och bara njuta frukterna? Tyvärr inte. Miljöpolitiken (och näringspolitiken mer brett) kommer ha åtminstone två avgörande roller i dessa värdekedjor framgent:

- Att skynda på tekniskiften som i sig är lönsamma eller håller på att bli lönsamma, men som 'incumbents' eller andra kan ha intresse av att hindra, eller som hindras av otillräckliga lagar och regleringar. Delningstjänster är ett bra exempel: det offentliga Sverige skulle kunna göra mycket för att öka tillväxten av delningstjänster. Till exempel kan städer reservera parkeringsplatser, och staten kan etablera tydliga regler för beskattning, säkerhet och försäkringar vad gäller delningstjänster.
- Att styra utvecklingen så att den nya tekniken bäddas in de stora värdekedjorna på ett produktivt sätt. Låt oss fortsätta med transportexemplet: samtliga de transport-trender som beskrivs ovan kommer att leda till att bilåkande blir billigare per passagerar-km och mer bekvämt. Erfarenheten visar att efterfrågan då kommer att stiga och att man skall räkna med ett skift från kollektivtrafik till privat trafik. En efterfrågeökning är i princip positiv – fler kunder får sina transportbehov bättre tillfredsställda. Men i praktiken skulle en ökning av bilvolymerna med 10 eller 20 procent i innerstäderna reversera många av de fördelar som målas upp ovan: trafikstockningar och luftföroreningar skulle öka. Därför är det viktigt att det offentliga påverkar hur de nya teknologierna integreras i transportsystemet (se nedan för exempel på hur). Detta kan låta som "interventionism", men som beskrevs ovan har regleringar och offentliga beslut redan en dominerande påverkan på transportsystemet, så diskussionen handlar inte om fler regleringar och interventioner, utan om att uppdatera de regleringar och interventioner som redan finns till den nya verkligheten. När dessa stora värdekedjor nu går in i en snabb teknikomvandling finns ingen anledning att tro att gårdagens regleringar är de optimala också för framtiden.

Detta är två relativt annorlunda roller än de som miljöpolitiken haft historiskt: då var förändringstakten lägre, det fanns ofta en konflikt mellan kostnad och miljöpåverkan, och miljöpolitikens mål var att genom beskattning eller andra medel få marknaden att göra de mest miljövänliga teknikvalen.

Genom den nya mer moderna rollen är också möjligheterna till samförstånd och samarbete mellan näringsliv och politik mycket högre. Om Sverige lär sig hur man integrerar ny teknik och nya affärsmodeller på ett bra sätt i dessa stora värdekedjor finns goda möjligheter att sedan exportera det kunnandet, i tillägg till att man fått en renare miljö och mer konkurrenskraftig industri på hemmaplan.

4. Implikationer för Sverige, inklusive styrmedel

4.1 Tre hörnstenar i en uthållig och konkurrenskraftig ekonomi

Baserat på diagnosen ovan tror jag att en uthållig och konkurrenskraftig svensk ekonomi måste bygga på tre hörnstenar, som alla har en enorm ekonomisk och miljömässig potential:

- *Ett CO₂-fritt energisystem.* Här har Sverige god framdrift, och detta område står i fokus för ett stort antal regleringar, konferenser och initiativ.

- *Cirkulära materialflöden.* Av alla de skäl som nämndes ovan är det avgörande för Sverige och Europa att bibehålla en mycket högre andel av värdet i våra material.
- *Hög-produktiva värdekedjor för transport, byggnation, mat.* Att åtgärda det låga resursutnyttjandet som beskrevs ovan för transport, mat, och byggnader har en enorm potential. Även om det självfallet jobbas med samtliga dessa tre system/värdekedjor är min bild att Sverige (och de flesta andra länder) underinvesterar jämfört med den enorma potential som finns.

Av dessa tre hörnstenar har Sverige enligt mitt synsätt god framdrift i en (ett CO2-fritt energisystem) men kan göra mer vad gäller cirkulära materialflöden och hög-produktiva värdekedjor. Man kan också räkna in ”hög-produktiva värdekedjor” i den cirkulära ekonomin eftersom syftet är att höja utnyttjandet av fysiska resurser, men jag väljer att hålla isär dem här för att peka på potentialen inom vart och ett av dessa områden.

Mycket av styrmedelsdiskussionen nedan handlar om möjliga sätt för Sverige att höja förändringstakten inom dessa två hörnstenar.

4.2 En cirkulär ekonomis påverkan på tillväxt och sysselsättning

Ett tiotal rapporter har vid det här laget modellerat effekterna av en mer cirkulär ekonomi på tillväxt, jobbskapande, och miljö i olika länder. Till exempel publicerade Club of Rome hösten 2015 studien ”Circular Economy & Benefits for Society”, Ellen MacArthur Foundation publicerade ”Delivering the Circular Economy – a Toolkit for Policy Makers” som studerade påverkan på den danska ekonomin som ett exempel, Cambridge Econometrics modellerade på uppdrag av EU-kommissionen effekterna av en ökad resurseffektivitet på EU’s ekonomi i ”Study on modelling of the economic and environmental impacts of raw material consumption”, och ett forskarlag lett av Jens Horbach gjorde 2015 meta-studien ”Circular Economy and Employment” kring sambandet mellan sysselsättning och en cirkulär ekonomi.

Dessa rapporter redovisar alla att en mer cirkulär ekonomi skulle ha en positiv påverkan på tillväxt och sysselsättning, även om storleken på de positiva effekterna varierar. Enkelt uttryckt beror BNP-ökningen på att om man inför policy som på ett bra sätt integrerar ny teknologi kan man få mer värde ur samma volym av fysiska tillgångar till en låg extra kostnad. Att de stora fysiska värdekedjorna till stor del styrs av politiska beslut idag och inte av en optimerande marknad gör möjligheterna än större. Ökningen av sysselsättning beror på att sekundärproduktion generellt är mer arbetsintensiv än primärproduktion.

Även om mycket forskning återstår är dessa resultat viktiga: tillgängliga undersökningar pekar mot att den gamla konflikten mellan ekonomi och miljö har blivit mindre relevant och att det istället handlar om att på bästa sätt styra och skapa förutsättningar för den snabba teknikutvecklingen i våra stora fysiska värdekedjor, för både ekonomins och miljöns skull.

Få av dessa studier analyserar transitionsproblemen, när till exempel jobb skiftas från primärproduktion till sekundärproduktion. Dessa problem finns säkerligen, och förtjänar ytterligare studier.

4.3 Möjliga styrmedel

Givet tidsramarna för detta arbete hålls styrmedelsdiskussionen här på en hög nivå, och fokuserar på nya initiativ (existerande initiativ repeteras inte nedan) som kan övervägas om man från politiskt håll vill öka framdriften inom de två sista hörnstenarna.

1. Höj produktivitet och innovationstakt, och minska svinnet i de stora fysiska värdekedjorna, genom att integrera ny teknik på bästa möjliga sätt. När nu det offentliga Sverige genom styrmedel och offentliga beslut redan har ett enormt inflytande på dessa värdekedjor, och de samtidigt kan förväntas genomgå stora tekniskskiften de närmsta 1-2 decennierna, vore det klokt att se över och uppdatera regelverken så att de integrerar ny teknik och affärsmodeller på bästa sätt. Nedan ges exempel för de tre värdekedjorna. Dessa har en stor påverkan inte bara på miljöpolitik utan på innovations- och näringspolitik i stort.

■ Transport:

- Möjliggör en snabb tillväxt för bildelning, genom att på statlig nivå klargöra regler för beskattning, arbetsvillkor, säkerhet, och försäkringar. På stads- och kommunnivån är reserverade parkeringsplatser en viktig och rimlig åtgärd, förutsatt att de delade bilarna är miljöbilar och upplägget innebär ett väsentligt effektivare utnyttjande av parkeringsplatser
- Arbeta fram välfungerande regleringar för autonoma bilar
- Undersök om incitament för samverkande bilar ("interconnected cars") kan vara en intressant möjlighet istället för "mer asfalt" för att höja kapaciteten i flaskhalsar i transportsystemet, t ex genom reserverade filer eller gator för samverkande bilar. Även om denna teknik inte finns brett tillgänglig idag är det en viktig signal till svenska bilköpare att denna teknik kommer att uppmuntras från offentligt håll. Med nuvarande teknikutvecklingstakt kommer den vara ett billigt sätt att radikalt höja kapaciteten i vägnätet, och dessutom väsentligt minska antalet olyckor.
- Arbeta med de stora städerna för att i högre grad göra bilen till en 'last mile solution' snarare än att hela resan görs med bil (tex bättre infartsparkeringar, bättre integration med kollektivtrafiken)
- Intensifiera arbetet med smarta trafiksystem

■ Mat:

- Stöd svenskt jordbruk i att tidigt integrera nya odlingsteknologier ("precision agriculture"); undersök om en ökning av dessa satsningar är motiverad givet att teknikutvecklingstaken ökat väsentligt.

- Lansera initiativ med de stora företagen i mat-värdekedjan för att identifiera sätt att minska svinnet längs värdekedjan.

■ Byggnation

- Möjliggör en snabb tillväxt för bostads- och kontorsdelning i Sverige, genom att på statlig nivå klargöra regler för beskattning, arbetsvillkor, säkerhet, försäkringar.
- Bygg-industrins långa garantiansvar och många certifieringar minskar väsentligt bygg-industrins aptit och möjlighet att prova nya material och bygglösningar, vilket i sin tur minskar förbättringstakten. Utred vilka ändringar som kan genomföras för att å ena sidan fortsätta skydda bostads- och kontorsköpare, men å andra sidan inte hindra innovation.

2. *Led utvecklingen inom EU mot ett mer cirkulärt materialsystem.* EU har signalerat att man vill gå mot väsentligt mer cirkulära materialflöden. Mycket av de nödvändiga regleringarna kommer också att vara Europeiska regleringar, snarare än svenska. Att döma av kommissionens kommunikation är detta en hög prioritet.

Sverige bör ta en ledande roll i denna omställning. Sverige har ju en omvitnat stark position vad gäller primärmaterial. När nu en större och mer sofistikerad sekundärmaterial-industri med stor sannolikhet kommer att växa fram, borde Sveriges ambition rimligen vara att skapa en lika stark position där som inom primärmaterialen. Innovationsmöjligheterna är stora i hur man effektivt aggregerar volymer av sekundärmaterial, vilka materialstandards som skall användas, separeringsteknologi, med mera.

Men det är också troligt att produkter kommer designas väsentligt annorlunda i framtiden, för ökad återvinning, för att vara möjliga att reparera, och för att kunna gå igenom flera användningscykler. Michael Braungart, en av den cirkulära ekonomins pionjärer, beskriver det som en kvalitetsrevolution i produktdesign: varför skall kunder acceptera att deras produkter har andrahandsvärdet noll, när det inte hade behövt vara så om produktdesigners hade tänkt ytterligare ett steg, och från början designat produkten för nästa livscykel? Varför skall de behöva acceptera att hela produkten måste slängas för att en komponent gått sönder?

Givet att mycket av de ”hårda” produkt- och marknadsregleringarna kommer att ligga på EU-nivå, kan det offentliga Sverige framför allt bidra genom att skapa industri-samarbeten och olika typer av kunskapsutveckling (tillämpad forskning, piloter, demonstrationsprojekt, med mera). Exakt vilka dessa bör vara går utanför ramarna för denna text, men det vore värdefullt med en genomgång av kunskapsläget värdekedja för värdekedja, där man undersöker vilka de stora möjligheterna är till mer cirkulära materialflöden, och var det finns kunskapsluckor kring ekonomi, teknik, eller miljöpåverkan.

□ □ □

Om författaren: Per-Anders Enkvist är civilingenjör i grunden och har arbetat de senaste 15 åren på konsultbolaget McKinsey, de sista 7 åren som delägare. Han var en av grundarna av McKinseys globala ”Sustainability Practice” och fokuserade sitt konsultarbete på näringslivsimplicationer av klimatfrågan och cirkulär ekonomi. Per-Anders lämnade McKinsey 2015 och driver idag ett eget konsultbolag.



LUND
UNIVERSITY

Makroinnovationer, långsiktig ekonomisk utveckling och framtida utsläpp av växthusgaser

Fredrik N.G. Andersson¹

Lunds Universitet

Lars J. Nilsson

Lunds Tekniska Högskola

Sammanfattning

Samhället förändras kontinuerligt. Hur samhällsutvecklingen ser påverkar energiefterfrågan och utsläppen av växthusgaser. Sedan den industriella revolutionens genombrott har Sverige gått igenom tre större samhällsomställningar som har haft en stor inverkan på energisystemet och därmed utsläppen. Syftet med denna underlagsrapport är att diskutera drivkrafterna bakom dessa omställningar och vilka lärdomar vi kan dra av dem för en framtida klimatomställning.

Vi bedömer att möjligheterna att nå netto nollutsläpp till 2050 med bibehållen eller växande välfärd är goda. För att nå nollutsläpp krävs en aktiv och bred klimatpolitik. Lärdomarna från tidigare energiomställningar är att klimatpolitiken måste ta hänsyn till den ekonomiska utvecklingens dynamik och bidra till att skapa den nya teknik, nya institutioner och nya marknader som krävs för en omställning. Det betyder att klimatpolitiken måste arbeta med flera olika verktyg och vara dynamisk. Den klimatpolitik som är rätt för en fas i samhällsutvecklingen är inte nödvändigtvis rätt för nästa fas i utvecklingen.

Nyckelord: klimatomställning, tekniskutveckling, industriella revolutioner

¹ Kontaktperson. Adress: Nationalekonomiska Institutionen. Box 7082, 220 07, Lund.
Email: ngf.andersson@nek.lu.se

1. Inledning

Klimatfrågan har gått från att betraktas som ett renodlat föroreningsproblem till att vara en fråga om samhällets utveckling i bred mening och på lång sikt där teknik, infrastrukturer, marknader och institutioner behöver förändras i samspel för att nå nollutsläpp. I strategier för exempelvis hållbara transporter är minskade klimatutsläpp bara en av fördelarna tillsammans med bättre hälsa, färre luftpartiklar, minskat buller, säkrare skolvägar och färre skadade i trafiken. Detta visar hur klimatfrågan är nära sammankopplad med andra samhällsmål. Klimatförändringar och andra miljöproblem utgör dessutom ett hot mot välfärden. En omställning av ekonomin utgör därigenom en förutsättning för fortsatt välfärd. Sett i längre perspektiv karakteriseras samhället inte av jämviktstillstånd utan av återkommande cykler av tillväxt, strukturkriser och ständig samhällsutveckling. En förståelse för hur dessa omvandlingar går till och vad de betyder för utsläppen är viktigt för utformningen av klimatpolitiken.

Sveriges ekonomi har genomgått tre större omställningar under tre industriella revolutioner² (Schön, 2000; 2006). Med industriella revolutioner menas perioder av ekonomisk tillväxt och utveckling då samhället genomgår grundläggande tekniska, sociala och institutionella förändringar. Varje revolution har inneburit en större transformation av samhället som påverkat bland annat energiefterfrågan och utsläppen av växthusgaser. Med varje ny revolution har både energiintensiteten och utsläppsintensiteten fallit efterhand som ekonomin har strukturerats om till nya produktions- och konsumtionsmönster. Hur den nuvarande tredje revolutionen, och eventuellt en fjärde industriell revolution, kommer att påverka samhällsutvecklingen till 2050 har stor betydelse för hur målet om nollutsläpp 2050 kan nås.

Syftet med denna underlagsrapport är att diskutera drivkrafterna bakom de historiska transformationerna från en revolution till en annan och vilka lärdomar vi kan dra av detta för målet om att nå nollutsläpp till 2050. Vi inleder i kapitel 2 med en historisk tillbakablick från den första industriella revolutionen fram till idag. Vi fokuserar på hur samspelet mellan innovationer, marknader, institutioner, normer och infrastruktur tillsammans formar samhällsutvecklingen och påverkar utsläppen. Därefter diskuterar vi i kapitel 3 hur den framtida samhällsutvecklingen kan tänkas se ut och vad det betyder för målet att nå nollutsläpp. Här delar vi upp ekonomin i tre sektorer med koppling till de industriella

² För länder som industrialiserades tidigare än Sverige är det möjligt att definiera fler revolutioner, se t.ex. Perez (2002; Mokyr, 1994).

revolutionerna. I kapitel 4 avslutar vi med att diskutera vilka lärdomar vi kan dra av tidigare transformationer av samhället.

2. Den markoekonomiska utvecklingen under tre industriella revolutioner

2.1 Industriella revolutioner

Den industriella revolutionen bryter historien i två tydliga delar – ett förindustriellt samhälle och det moderna industriella samhället. Genombrottet för den moderna ekonomin är tydligt kopplat till energi och möjligheten till mekanisering av produktionen (Kander m fl, 2013). Perioden efter industrialismens genombrott är dock ingen homogen period. På många områden är dagens samhälle fundamentalt annorlunda jämfört med det tidiga industriella samhället under 1800-talet. Perioden efter industrialismens genombrott delas därför ofta in i inte en utan i tre industriella revolutioner (Schön, 2000; 2006; Kander m fl, 2013) där ekonomin under varje revolution följer en viss utvecklingsväg som sedan bryts av i en ny riktning när en revolution övergår i nästa revolution. Varje revolution skapar nya utvecklingsmönster som påverkar konsumtions- och produktionsmönster (Schön, 2000, 2006; Perez, 2002), den ekonomiska geografin (Henning et al, 2011), transportefterfrågan (Eng Larsson, 2012; Andersson och Elger, 2012) och valet av energikälla (Grübler och Nakicenovic, 1991; Matias et al, 2011). Detta i sin tur påverkar både energiefterfrågan och utsläppen av växthusgaser.

Som grund till varje revolution finns en eller ett par så kallade makroinnovationer inom energi och kommunikationer (Perez, 2002; Devezas et al, 2005; Schön, 2006).^{3,4} En makroinnovation är en ny radikal innovation som ger upphov till helt nya produktionsteknologier, produkter och industrier som tidigare inte existerade (Jovanovic och Rousseau, 2006). En makroinnovation skapar med andra ord möjligheter till nya utvecklingsvägar för samhället. Makroinnovationen ger också upphov till komplementära innovationer (Mokyr, 1994; Schön, 2006) och skapar därigenom ett kluster av innovationer. Klusterformationen gör att innovationernas avkastning förstärks och ökar dess ekonomiska lönsamhet. Det betyder att det uppstår ekonomiska incitament att fortsätta investera i klustret. Innovationer utanför klustret har därigenom svårare att bli lönsamma vilket begränsar

³ Ibland kallas dessa innovationer för General Purpose Technologies (GPT) eller Techno-Economic Systems (TES).

⁴ Innovationskluster behöver inte vara oberoende av varandra och olika kluster kan utgöra komplement till varandra.

investeringarna i dem och deras möjlighet att utvecklas. Klusterformationen är en bidragande faktor till att ekonomin drivs i vissa utvecklingsriktningar under de respektive revolutionerna.

I Sverige inleddes den första industriella revolutionen under mitten av 1800-talet och varade fram till det tidiga 1900-talet. Den andra revolutionen tog då över fram tills den tredje revolutionen inleddes under 1970- och 1980-talen. Under den första revolutionen är det innovationer kring ångmaskinen och järnvägen⁵ som driver utvecklingen. I Sverige sker det under denna period en uppbyggnad av basindustrin och enkel tillverkningsindustri (Schön, 2000) och på energisidan sker det en övergång från traditionella energikällor såsom ved till fossila bränslen (Kander, 2002). Under den andra revolutionen flyttar fokus från basindustrin till mer kvalificerad tillverknings- och verkstadsindustri som under denna period blir tillväxtdrivande och fördubblar sin andel av industrins förädlingsvärde (Edvinsson, 2005). Drivande bakom denna utveckling är framför allt elektrifieringen och förbränningsmotorn (Schön, 2006). På energiområdet växer sålunda konsumtionen av olja och elektricitet. På transportområdet blir vägtransporterna allt viktigare, bilindustrin utvecklas och det sker en snabb utbyggnad av vägnätet⁶.

Under den tredje industriella revolutionen är det informations-, och kommunikationsteknologi (IKT) som utgör det dominerande innovationsklustret. Sedan 1990-talets början har mellan 30 % och 40 % av BNP-tillväxten direkt kommit från investeringar i IKT-kapital⁷. Därtill kommer indirekta tillväxteffekter från mer effektiva produktionsprocesser och snabbare utbyte av information (Edquist, 2009; Chou et al, 2014; Edquist och Henrekson, 2015). Den snabba tillväxten av IKT har även betytt att branscher som producerar elektronikvaror vuxit från 1 % i andel av industrins förädlingsvärde år 1993 till 15 % år 2014. Detta är en större andel än exempelvis stål- och metallindustrin som fallit tillbaka från 24 % till 13 % i andel av industrins förädlingsvärde.⁸ För ett land som Sverige som haft en stor IKT-producerande sektor har tillväxteffekten av IKT därför varit större än länder som i huvudsak utnyttjat IKT för att effektivisera produktionen inom den första och andra revolutionens industrier.

Varje nytt innovationskluster skapar nya utvecklingsvägar för samhället, men de ställer även nya krav på exempelvis marknader, institutioner, infrastruktur, utbildning och

⁵ Mellan 1870 och 1910 steg transportarbetet på järnväg med mellan 7 % och 8 % per år mätt som personkilometer och tonkilometer. Därefter faller tillväxttakten för järnvägstrafiken under den andra industriella revolutionen till en tillväxt mellan 3 % och 4 % per år och under den tredje industriella revolutionen till mellan 0,5 % och 2 % per år. Källa: Trafikanalys.

⁶ Mellan 1950 och 1970 växer vägtransporterna med mellan 10 % och 11 % per år därefter faller tillväxttakten till ca 2 % per år i genomsnitt fram till 2014 (Trafikanalys).

⁷ Källa: Conference Board. <https://www.conference-board.org/data/economydatabase/index.cfm?id=27762>

⁸ Källa: SCB.

finansiering (Schön, 2000; Kander et al, 2013). Företag och entreprenörer måste vara villiga att anpassa sig till nya produktionsmetoder och vad det betyder för företags- och affärsmodeller (Schön, 2006). Nya marknader måste uppstå för nya produkter som inte fanns tidigare (Mokyr, 1994). Lagar och regler måste anpassas efter den nya ekonomin som växer fram (von Tunzelman, 2003). Finansmarknadsaktörer måste vara villiga att investera i nya innovationskluster med innovationer som radikalt bryter med tidigare erfarenheter (Perez, 2002). För att en makroinnovation och ett nytt innovationskluster ska få genomslag krävs det därför att formella och informella institutioner samt infrastruktur anpassas till de nya krav och möjligheter en ny makroinnovation och dess innovationskluster innebär. Men kausaliteten går inte enbart från teknik och system till nya institutioner. Hur institutionerna utvecklas är också avgörande för hur teknik och innovationskluster utvecklas och vilken inriktning samhällsutvecklingen tar. Samhällsutvecklingens riktning och hastighet bestäms därför av hur innovationer, marknader, infrastruktur och institutioner interagerar och utvecklas i samspel med varandra (Jänicke et al, 2012; Perez, 2002).

Makroinnovationer uppstår sällan, ofta av en slump, och deras uppkomst är därför ofta oförutsägbar (Mokyr, 1994). Det är en anledning till att antalet revolutioner är begränsat. En annan anledning är att de existerande institutionerna skapar inlåsnings effekter som gör det svårt för nya makroinnovationer att få genomslag i ekonomin. Institutioner skapar därmed både stabilitet som gör att vissa innovationskluster kan utvecklas i en viss riktning medan de även skapar inlåsnings effekter som förhindrar att nya innovationskluster får genomslag eller att ett klusters utveckling kan ändra riktning. Eftersom ett klusters förmåga att skapa utveckling är avtagande krävs det att institutionerna någon gång förändras annars stannar samhällsutvecklingen av (Abramovitz, 1986). Ofta har större ekonomiska kriser utgjort ett möjlighetsfönster då stora strukturella reformer har blivit både nödvändiga och politiskt genomförbara vilket i sin tur möjliggjort en ny samhällsutveckling (Schön, 2000; 2006).

Betydelsen av institutionella reformer och förändring återspeglas inte enbart i utvecklingen av den moderna rätts- och välfärdsstaten under den första och den andra industriella revolutionen (Schön, 2000) utan även i den ojämna utvecklingen bland OECD länder under den tredje revolutionen. Länder som tidigt investerade i infrastruktur för mobilkommunikation och bredband (Gulati och Yates, 2012) och som avreglerade sina telekommarknader för att öka konkurrensen och skapa incitament för nya innovationer i några av den tredje revolutionens nyckelteknologier (Bassanini och Scarpetta, 2002; Conway et al, 2007) fick också den snabbaste ekonomiska utvecklingen. Flexibla arbets- och kapitalmarknader, gärna i kombination med välfärdsystem och utbildningsmöjligheter är

också viktigt för att underlätta en omfördelning av arbetskraft och kapital från gamla till nya delar av ekonomin (OECD, 2011). Även normer och förväntningar på företagsnivå spelade en roll där företag som var villiga att tidigt anpassa sig till den nya tekniken fick en bättre ekonomisk utveckling än övriga företag (Hobjin och Jovnovic, 2001; Bassamini och Scarpetta, 2002; Erumban och de Long, 2006).

Sverige har haft en gynnsam utveckling under alla de tre industriella revolutionerna med framväxten av internationellt framgångsrika företag i var och en av dem. Det finns många faktorer bakom vår utveckling såsom tekniskt kunnande, entreprenörsanda, hög utbildningsnivå, starka institutioner, fungerande marknader, tillgång till naturresurser och bra infrastruktur. En viktig komponent genom alla tre revolutioner har också varit den roll som den offentliga sektorn spelat, antingen direkt eller indirekt via exempelvis statliga bolag. Ett hinder i en omställning är avsaknaden av marknader och institutioner för de nya innovationer som växer fram vilket begränsar eller till och med förhindrar deras tillväxt. I Sverige har den offentliga sektorn ofta spelat en aktiv roll i att skapa marknader, genomföra långsiktiga investeringar i nya innovationskluster, investera i ny infrastruktur och reformera institutioner (lagar och regler). Under den första revolutionen tog staten tidigt ansvar för utbyggnaden av järnvägen (Schön, 2000). Under den andra revolutionen var staten aktiv i innovationsklustret kring elektricitet via det statliga samarbetet mellan Vattenfall och ASEA och var från 1920-talet och framåt en drivande kraft i elektrifieringen av Sverige (Kajiser och Kander, 2013).⁹ Under den tredje revolutionen fanns ett liknande samarbete mellan Ericsson och det statliga Televerket (Meurling och Jeans, 1997) som gav Sverige en framskjuten position i den tredje industriella revolutionen.¹⁰ Fridlund (1999) kallar detta samarbete mellan en (eller flera) privata producenter och en offentlig kund för ett utvecklingspar. Målet för utvecklingsparet är att ta fram nya teknologier för en inhemsk marknad där staten utgjort en viktig (och ofta första kund) som varit villiga att genomföra långsiktiga investeringar med osäker avkastning. Staten bidrar i samarbetet både till att skapa marknader och till investeringar. Även kommuner och andra offentliga aktörer kan spela en viktig roll vilket satsningar på exempelvis cykelvägar, fjärrvärme, bioenergi och biogas vittnar om. I ett senare skede har det tekniska kunnandet som

⁹ Samarbetet mellan Vattenfall och ASEA inleddes under 1920-talet för att skapa ett nationellt elnät. Samarbetet bidrog till att ASEA fick en världsledande ställning inom högspänningsteknik (Kajiser och Kander, 2013).

¹⁰ För mobilkommunikation inleddes det privata-statliga samarbetet under 1960-talet, men utvecklingsperioden var lång och mobilnätet togs i bruk först 1981. Detta var flera år före ett liknande nät togs i bruk i USA och Storbritannien. Satsningen blev även inkörsporten för många nya företag inom IKT inte enbart Ericsson.

byggts upp genom detta samarbete ofta blivit till framgångsrika exportföretag (Sölvell et al, 1991).^{11, 12}

Privata investeringar i nya innovationskluster är ofta begränsade innan de fått genomslag eftersom risken att investera i innovationer där det saknas marknader och strukturer innebär en stor risk. Offentliga investeringar har haft en viktig signaleffekt som även ökat mängden privata investeringar i nya innovationskluster. Detta har inte enbart skett i Sverige utan även i andra länder (Schön, 2000; Mazzucato, 2014, 2015). När klustret blir självbärande ekonomiskt har statens direkta involvering avtagit och större fokus har legat på att anpassa de institutioner såsom lagar och regler efter de nya innovationsklustrens förutsättningar.¹³

2.2 Energi och utsläpp av växthusgaser under de tre industriella revolutionerna

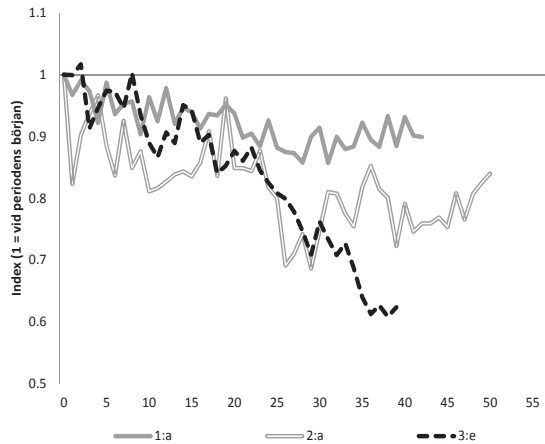
Effekten av de respektive revolutionerna på energiefterfrågan och utsläppen av växthusgaser i förhållande till BNP i form av ett index illustreras i figur 1 och 2. Indexet tar sitt startvärde ett vid varje industriell revolutions början. Ett värde större än ett betyder att utsläppen och energiefterfrågan vuxit snabbare än tillväxten och ett värde mindre än ett betyder att ekonomin vuxit snabbare. I figurerna har vi daterat den första revolutionen som 1870-1913, den andra revolutionen som 1920-1970 och den tredje revolutionens början är satt till 1970.¹⁴

¹¹ Utvecklingen skiljer sig åt mellan olika länder. Med den offentliga har spelat en roll i de flesta länder när det kommer till att skapa investera i nya marknader och innovationskluster (Mazzucato, 2014).

¹² Staten har varit speciellt aktiv inom energiområdet med utbyggnaden av vattenkraften, kärnkraften (Nohrstedt, 2010) och den ökade andelen biobränsle i t.ex. produktionen av fjärrvärme (Åhman et al, 2013).

¹³ Svensk industripolitik var speciellt aktiv under den tredje revolutionen i att försöka identifiera och hjälpa nya tillväxtbranscher efterhand som den andra industriella revolutionens industrier stagnerade (Rothwell, 1981).

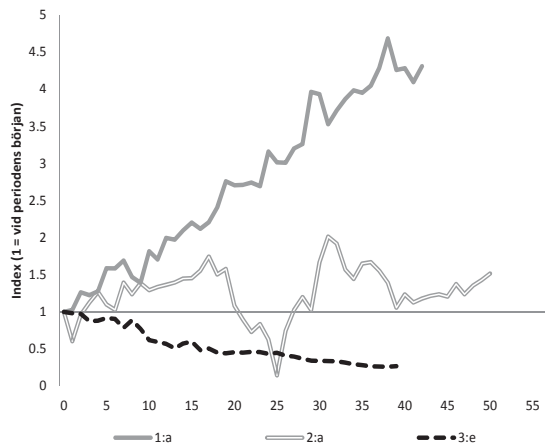
¹⁴ Övergången från en revolution till en annan sker över en längre tid och inte ett specifikt år. För att kunna illustrera effekterna har vi dock fått välja ett startår och slutår för varje revolution.



Figur 1. Energianvändning i relation till BNP under de tre industriella revolutionerna.

Anm: För tidsindelningen följer vi Kander (2002). Den första industriella revolutionen täcker i figuren perioden 1870-1912, den andra industriella revolutionen täcker perioden 1920-1970 och den tredje industriella revolutionen täcker perioden 1971-2010.

Källa: Kander (2002), Schön och Krantz (2012) och Energimyndigheten.



Figur 2. CO₂ utsläpp från fossila bränslen i relation till BNP under de tre industriella revolutionerna.

Anm: För tidsindelningen följer vi Kander (2002). Den första industriella revolutionen täcker i figuren perioden 1870-1912, den andra industriella revolutionen täcker perioden 1920-1970 och den tredje industriella revolutionen täcker perioden 1971-2010. Den tillfälliga minskningen av utsläppen under perioden 20-30 under den andra revolutionen förklaras av det andra världskriget.

Källa: Kander (2002), Schön och Krantz (2012) och SCB.

Ekonomins drivkraft har förskjutits från den tunga basindustrin till mer avancerad tillverkningsindustri och därefter till den mer ”viktlösa ekonomin” under den tredje revolutionen. Dessa transformationers effekt syns tydligt i figur 1 och 2. För varje revolution har den ekonomiska utvecklingen relativt sett blivit mindre och mindre beroende av energi och fossila bränslen. Energiefterfrågan växer långsammare än BNP under alla revolutioner. Under den första revolutionen faller energiintensiteten med ca 10 %, under den andra revolutionen med ca 20 % och så här långt under den tredje revolutionen med ca 35 %. Den fallande intensiteten drivs av flera faktorer, bland annat övergången till mindre energiintensiva branscher men också rationalisering inom den tidigare revolutionens nyckelindustrier. När en revolution övergår i en annan försvinner vissa delbranscher och företag inom de gamla innovationsklustren medan andra blir kvar. Utvecklingen i de som fortlever drivs i allt större utsträckning av specialisering, rationalisering och effektivisering för att behålla sin lönsamhet (Schön, 2000; 2006).

Utsläppen av växthusgaser växer snabbare än BNP under den första revolutionen när basindustrin byggs upp och det sker en snabb utbyggnad av järnvägsnätet. Järnvägen möjliggör en första våg av urbanisering (Svanström, 2015) som bidrar till högre utsläpp när nya bostäder, transportmönster och konsumtionsmönster byggs upp. Under den andra industriella revolutionen växer utsläppen något snabbare än ekonomin sett under hela perioden men inte alls lika snabbt som under den första revolutionen. Detta beror delvis på att tillväxten flyttar alltmer till nya verkstadsindustrier med en relativt lägre utsläppsintensitet än basindustrin (Kander, 2002). Fallet i utsläppen i relation till BNP halvvägs in i den andra industriella revolutionen beror på andra världskriget och efter kriget sker det en snabb återhämtning under 1950-talet. Oljan är en viktig energikälla under denna period där förbränningsmotorn utgör en kärna men även elektriciteten är viktig för utvecklingen. En viktig anledning till att utsläppen inte växer mer under denna period är investeringar i vattenkraft under 1950- och 1960-talen vilket begränsade utsläppsökningarna.

Till skillnad från den första och den andra industriella revolutionen är den tredje revolutionen inte direkt beroende av en fossil bränslekälla. Den direkta effekten av IKT på energiefterfrågan och utsläppen är därför begränsad. Skattningar på global nivå visar att produktionen av IKT-varor och -tjänster står för cirka 2 % av de totala växthusgaserna (Malmodin, et al, 2011). Även i Sverige är effekten av IKT liten. Produktionen av elektronikvaror genererar endast 0,4 % så mycket utsläpp som stål- och metallverken per

krona. Av den globala efterfrågan utgör IKT ca 4 % (Malmodin, et al, 2011).¹⁵ I Sverige genererar IKT-konsumtionen ett totalt fotavtryck på ca 160 kg CO₂ per år och person (Malmodin et al, 2014) där största delen av utsläppen sker i andra länder vid produktionen av telefoner och datorer. Totalt står IKT alltså för endast en liten del av de totala utsläppen i ekonomin och de är fortfarande begränsade jämfört med andra industrisektorer. Fortfarande är det den första industriella revolutionens industrier som är de stora energikonsumenterna och som står för de största utsläppen trots att dessa sektors tillväxt har varit begränsad.¹⁶

De största effekterna av IKT på utsläppen är istället indirekt. Ett viktigt bidrag av IKT är att ekonomins tillväxtmotor har förskjutits till nya och mindre utsläppintensiva varu- och tjänstesektorer inom data, elektronik och telekommunikation än tidigare. Tillväxten i ekonomin har därför kunnat ske utan kraftigt stigande utsläpp från tillverkningsindustrin (Andersson och Karpestam, 2013). När IKT och de IKT-producerande varu- och servicesektorerna börjar dominera tillväxten under 1990-talet (Edquist, 2009) faller energiintensiteten snabbt i Sverige, se figur 2.

Precis som under tidigare omställningar har gamla branscher tagit till sig den nya tekniken som uppstått med den nya revolutionen. Inom den första och den andra industriella revolutionens industrier har IKT bidragit till att effektivisera och automatisera produktionen. Inom de utsläppintensiva branscherna har IKT i viss mån effektiviserat produktionen och begränsat utsläppen. Mellan 20 % och 40 % av den ökade arbetsproduktiviteten i metallindustrin kommer från investeringar i IKT kapital.¹⁷ Inom den kemiska industrin är IKT:s bidrag till detta mindre, ca 8 %. Den exakta effekten på utsläppen av IKT är dock svår att avgöra. Den stora minskningen i utsläpp inom exempelvis pappers- och massa industrin kommer från en pris- och styrmedelsdriven övergång från olja till biobränslen och inte IKT (Åhman et al, 2013). Trots redan genomförda effektiviseringar finns det studier som visar att IKT:s fulla potential, med dagens tekniker, att reducera utsläppen inte används fullt ut (Hilty et al, 2006).

Den relativa minskning av utsläppen som IKT gett upphov till genom en omstrukturering av ekonomin motverkas delvis av en ökning i godstransporter under IKT-klustrets mest expansiva fas då nya värdekedjor och produktionsmönster byggdes upp (Eng Larsson m fl, 2012; Andersson och Elger, 2012). Under den tredje industriella revolutionen har det även skett en allt större geografisk koncentration av produktionen både regionalt och

¹⁵ Dessa skattningar inkluderar inte utsläpp som genererats via uppbyggnaden av IKT-infrastruktur.

¹⁶ Energimyndigheten, SCB.

¹⁷ Källa: SCB. <http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/?rxid=cae00f30-2516-4ab9-a064-28fded2f75ed>

globalt vilket även det bidragit till transportefterfrågan. Den ökade specialiseringen har bidragit till mer effektiv produktion vilket relativt sett minskar utsläppen, men en viss del av dessa vinster har ätits upp av ökad transportefterfrågan (Andersson och Karpestam, 2013). Ett undantag är dock när produktionen flyttar till andra länder med koldioxidintensiv energiförsörjning och långa transporter, ibland med flyg, som resultat.

På konsumtionssidan finns det två huvudsakliga effekter av den tredje revolutionen. Den första trenden är att urbaniseringstakten stannade av vid den andra industriella revolutionens slut och bostadsbyggande föll kraftigt under 1970- och 1980-talen (Svanström, 2015).¹⁸ Urbanisering leder till en hög efterfrågan på material och energi för att bygga bostäder och infrastruktur vilket bidragit till en relativt hög energi- och materialetterfrågan i ekonomin vilket bidragit till högre utsläpp (Kajiser och Kander, 2013).

Den andra trenden är att de produktivitetseffekter som IKT har genererat har tagits ut som högre löner i ekonomin och bidragit till en växande privat konsumtion. Till skillnad från tidigare utvecklingsperioder då högre produktivitet delades mellan högre reallöner och sänkt arbetstid har produktivitetens utveckling nästan uteslutande tagits ut i form av högre reallöner.¹⁹ Den totala hushållskonsumtionen har därför vuxit snabbt med totalt 62 % i reala termer mellan 1993 och 2014 jämnt fördelat mellan varu- och tjänstekonsumtion. Effekten av konsumtionsutvecklingen syns delvis i den inhemska konsumtionen av material som vuxit under samma tidsperiod.²⁰ Effekten av konsumtionsökningen är även synlig i de konsumtionsbaserade utsläppen av växthusgaser som vuxit med 10 % sedan 1993. En stor del av dessa utsläpp sker dock utomlands.²¹

Sammanfattningsvis kan vi se att energi- och utsläppsintensiteten har reducerats mer och mer för varje ny revolution. Detta är delvis drivet av förskjutningen till mer och mer högproduktiva men energieffektiva branscher i ekonomin. Resultatet drivs även av att allt mer av produktionen drivs av elektricitet och att fossila bränslen blir mindre viktiga för produktionen. I övergången från fossila till icke-fossila energikällor som vattenkraft, kärnkraft och biobränsle har staten spelat en viktig roll (Schön, 2000; Kajiser och Kander, 2013; Nohrstedt, 2010; Åhman et al, 2013). Drivkraften bakom statens engagemang har ofta varit att

¹⁸ Under den tredje revolutionen koncentreras befolkning och produktion till ett fåtal platser (Henning et al, 2011). Detta har dock inte lett till ett större bostadsbyggande vilket bidragit till en bostadsbrist i våra större städer. Det är sannolikt att det i framtiden därför kommer ske en ökning i bostadsbyggandet igen.

¹⁹ Den genomsnittliga årliga arbetstiden har stigit med 6 % sedan 1980 och med 3 % sedan 1990. Detta beror delvis på en större andel kvinnor som arbetar heltid.

²⁰ Källa: OECD. <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264185715-en/01/13/index.html?itemId=/content/chapter/9789264185715-17-en&mimeType=text/html>

²¹ Andelen av de konsumtionsbaserade utsläppen som sker i Sverige var 2012 36 % (SCB). För varaktiga konsumtionsvaror var andelen 8 % (Larsson, 2015).

förse industrin med billig och pålitlig elförsörjning. Bakom utvecklingen finns även förändringar i livsstil som återspeglas i transport- och konsumtionsmönster. I inhemsk utsläppsdata syns dessa förändringar inte fullt ut eftersom en allt större del av de konsumtionsbaserade utsläppen importeras från andra länder och många flygresor syns inte i den nationella statistiken. Detta gäller främst under den tredje revolutionen.

Box: Rekyleffekt – Jevons paradox

Teknikutvecklingen har förbättrat resurseffektiviteten i ekonomin. Effektivitetsförbättringarna till trots har konsumtionen av naturresurser ökat och inte minskat över tiden. Att minskat behov av resurser för att producera en vara leder till större total konsumtion av resursen kallas för Jevons paradox eller rekyleffekt (eng. rebound effect).

Det finns flera orsaker till varför konsumtionen av resurser ökar när effektiviteten förbättras. En orsak är att minskad resursförbrukning när en vara produceras reducerar dess relativpris jämfört med andra varor i ekonomin. Denna prisreduktion kan stimulera till ökad konsumtion av varan så att effektivitetsvinsterna äts upp av ökad konsumtion av varan. En orsak är att ett lägre pris öppnar för ökad konsumtion av andra och eventuellt mer resurskrävande varor. (Hilty et al, 2011).

Skattningar av rekyleffekten varierar beroende på vilken naturresurs som studeras, inom vilken sektor resursen används och i vilket land. Generellt visar skattningar att ökad energieffektivitet på 1 % leder till en rekyl på mellan 0 % och 0,5 % (Greening et al, 2000). För IKT som t.ex. datorer är rekylen troligen större. Vissa skattningar visar att den kan vara så pass stor som mellan 1 och 1,6 (Galvin, 2015).

Ur samhällsekonomisk synvinkel är det naturligtvis bra med ökad resurs- och energieffektivitet – att mer nytta kan skapas med samma insats. Om en ökad konsumtion genom rekyleffekter medför problem bör detta hanteras genom mekanismer som begränsar eller sätter ett pris på resursutnyttjandet och inte genom att avstå från produktivitetsoökningar.

3. Den framtida utvecklingen och dess effekt på utsläpp av växthusgaser

Framtidens samhällsutveckling är naturligtvis osäker. En viktig fråga är om den tredje revolutionen kommer att fortsätta eller eventuellt gå över i en ny fjärde revolution med ett nytt innehåll och nya utvecklingsvägar. Sedan IT-boomen i slutet av 1990-talet har den trendmässiga förbättringen i produktivitet varit avtagande (Andersson och Karpestam, 2012;

2013; Andersson, 2013). Vissa tolkar detta som att ekonomin är inne i en övergångsfas till en ny våg av innovationer och utveckling, eventuellt med fokus på förnybar energi och andra former av clean-tech²² (Bradfield-Moody and Nogrady, 2010; Allianz Global Investors, 2010; Rifkin, 2011). Framsteg inom sol- och vindenergi, batteriteknik och nanoteknologi ses som grunden för en ny industriell revolution där en omställning till ett resurssnålt och fossilfritt samhälle utgör en viktig drivkraft i samhällsutvecklingen.

Det är svårt att se att IKT under överskådlig tid skulle ha mognat till den grad att denna inte längre förmår att påverka inriktningen på samhällsutvecklingen. Andra framtidsstudier ser därför en fortsättning på den tredje revolutionen där IKT fortfarande är den stora drivkraften (Perez, 2007). Enligt dessa studier står vi inför en ny våg av snabb digitalisering och robotisering ännu högre upp i värdekedjan än tidigare; 3D-skrivare kan få ett genomslag och förändra förutsättningarna för produktionen och smarta IT lösningar kan förändra både produktionsprocesser och vad och hur vi konsumerar (Brynjolfsson och McAfee, 2014; McWilliams, 2015). Denna utveckling får förmodligen långtgående effekter på framtidens arbetsmarknad, utbildningssystem, skattesystem, affärsmodeller och infrastruktur. Indirekt ger det lägre utsläpp av växthusgaser när tillväxten förskjuts än mer mot industrier med låg energiintensitet och små utsläpp av växthusgaser, och när den tekniska utvecklingen bidrar till ytterligare effektiviseringar av ekonomin.

Det finns ingen motsättning mellan en fortsatt utveckling av både IKT och clean-tech. På många områden är IKT snarare en förutsättning för de omställningar som återspeglas i olika visioner om smarta hållbara energisystem, städer eller transporter (Markovic et al, 2012; Mathews, 2013). En skillnad mellan den tredje industriella revolutionen och tidigare revolutioner är att de drivande innovationerna inte är beroende av fossila bränslen som den första revolutionen var av kol och den andra revolutionen var av olja. En fortsatt IKT utveckling motsätter alltså inte uppkomsten av nya innovationskluster kring clean-tech. En rimlig bedömning av samhällsutvecklingen de kommande åren är att den tredje revolutionen fortsätter, men att utvecklingen kan ta en delvis ny inriktning jämfört med de senaste 20 åren. I vilken utsträckning IKT bidrar till en omställning till ett resurssnålt och fossilfritt samhälle beror på hur marknader och institutioner formas och utvecklas framöver.

3.1 Tre områden för en omställning till nollutsläpp

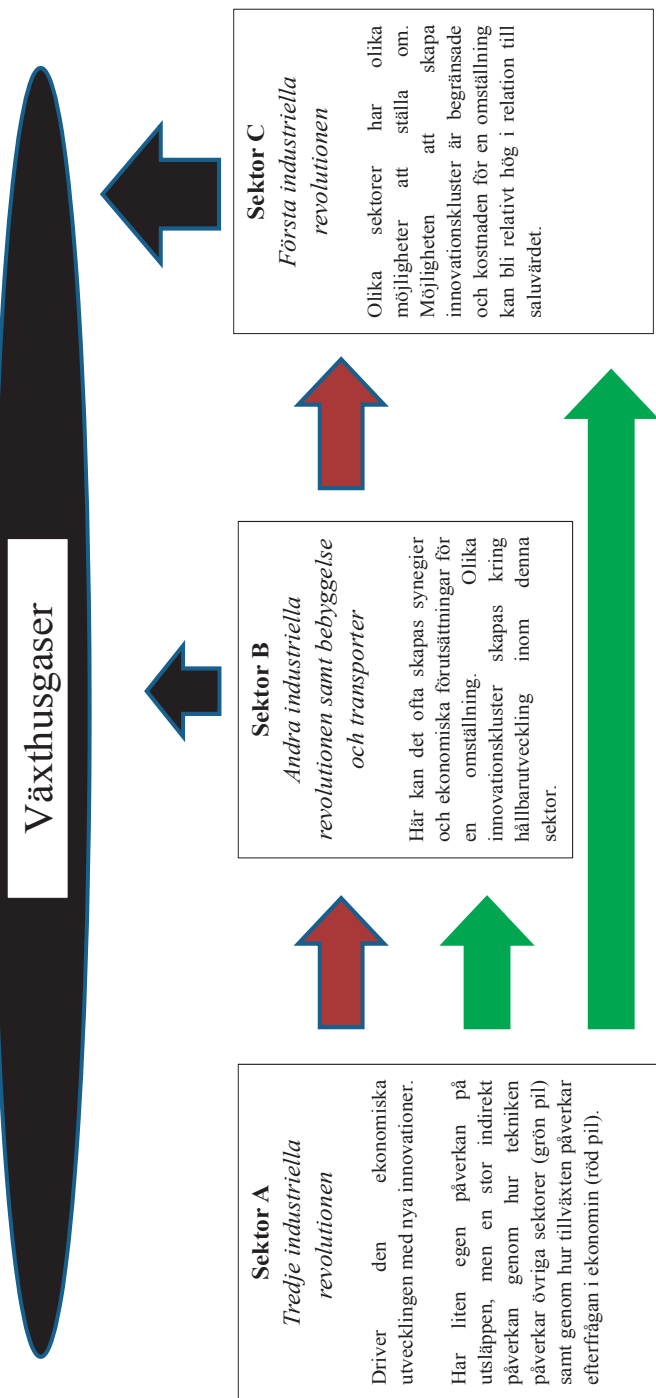
²² Clean-tech är en förkortning av clean technologies och inkluderar produkter och produktionsprocesser som reducerar avfall och konsumtion av icke förnybara naturresurser.

Även om IKT:s fulla potential utnyttjas för att effektivisera och digitalisera ekonomin räcker det naturligtvis inte för att nå nollutsläpp av växthusgaser. En omställning av den första och andra revolutionens industrier kräver mer än en snabb IKT-utveckling. Inom vissa delar av ekonomin kan mindre innovationskluster uppstå på energi- och materialsidan. I vissa fall finns det tydlig koppling till IKT-utvecklingen som möjliggör t.ex. smarta elnät och virtuella möten. Då det finns möjlighet till komplementära innovationer (alltså att skapa innovationskluster) och sammankopplat med andra samhällsmål kring hållbara städer och transporter kan en omställning bli ekonomiskt lönsam beroende på hur den ekonomiska analysen görs (Evidence Project, 2015). Inom andra branscher där sådana klara synergieffekter inte finns, såsom energiintensiv produktion av basmaterial, betyder en omställning bara en ökad produktionskostnad (Energimyndigheten, 2015). Oavsett vilken bransch och omfattningen på synergieffekter kommer olika former av styrning vara nödvändigt för att skapa rätt strukturer för en omställning.

Som utgångspunkt för en diskussion om framtidens samhällsutveckling och dess effekt på utsläppen av växthusgaser delar vi in ekonomin i tre sektorer (se figur 3). I sektor A finns det som utgör kärnan i den tredje revolutionen nämligen IKT, men möjligen även nya möjliga innovationskluster inom clean-tech som exempelvis nanoteknologi för LED-lampor och solceller²³. Utvecklingen inom område A driver samhällsutvecklingen och gör avtryck i t.ex. transportefterfrågan, den ekonomiska geografin och konsumtionsmönster. Sektor B omfattar transporter, bebyggelse och större delen av tillverkningsindustrin som växte upp under den andra industriella revolutionen. Gemensamt för dessa branscher är att de under rätt förutsättningar relativt enkelt kan ställa om till nollutsläpp i synergi med andra mål. Denna sektor har viss möjlighet att växa men den driver och dominerar inte samhällsutvecklingen. Det tredje sektorn (C) består av den första industriella revolutionens energiintensiva industri för produktion av basmaterial men vi inkluderar här även petrokemi. I denna del av industrin finns även de största utsläppen sett till det värde de producerar och en omställning är svårare än för sektor B och kan dessutom bli kostsam.

Som den stora drivkraften i samhällsutvecklingen påverkar utvecklingen inom sektor A de övriga två sektorerna genom två huvudsakliga kanaler: teknik- och efterfrågekanalen. IKT bidrar till nya effektivare produktionsprocesser, eventuellt längre livslängd för produkter och ger möjligheter ökad cirkularitet i ekonomin (grön pil i figuren). Ny produktion och ökat välstånd leder också till högre efterfrågan på produkter från sektor B och C (röd pil i figuren).

²³ På många sätt har IKT-utvecklingen varit en förutsättning för att nanoteknologi har kunnat växa upp som ett möjligt nytt innovationskluster (Matthews, 2013; Markovic et al, 2012).



273 Figur 3. Teknisk- och ekonomisk utveckling fram till 2050 och dess inverkan på utsläppen av växthusgaser.

Ann: En svart pil betyder påverkan på växthusgaser, en röd pil representerar efterfrågan och en grön pil representerar tekniskutveckling.

Denna efterfrågeeffekt kan också komma från en högre privat konsumtion genom en rekyleffekt av effektiviseringar eller en ny våg av bostadsbyggande som ett resultat av hur sektor A förändrar den ekonomiska geografin med allt större koncentration av befolkningen till ett fåtal orter och därpå följande bostadsbrist. Om efterfrågeeffekten överväger teknikeffekten blir det svårare att nå nollutsläpp och det ställs då än större krav på utsläppsminskningar i sektor B och C.

3.1 Sektor A

En fortsatt snabb IKT utveckling, eventuellt kopplat till andra möjliga framtidsbranscher inom clean-tech, betyder att ekonomin kan fortsätta växa frikopplat från lika snabbt växande utsläpp av växthusgaser. Växande förädlingsvärde från sektor A är en viktig förutsättning för att bibehållen eller växande ekonomisk välfärd ska vara möjlig i samband med de investeringar som behövs för en klimatomställning, t.ex. i ny infrastruktur. Sektor A:s effekt på energikonsumtionen och växthusgaserna kommer precis som tidigare vara både direkt och indirekt genom teknologi- och efterfrågekanalen. Den direkta effekten av område A:s tillväxt kommer via den energi som t.ex. datacenter och serverhallar efterfrågar (Oscarsson, 2014; Energimyndigheten, 2015). Vid en snabb digitalisering kan denna efterfrågan växa med många TWh. För att detta inte ska generera mer utsläpp måste den ökade efterfrågan på el mötas med förnybar energi.

Indirekt via teknikkanalen kan sektor A precis som tidigare interagera med sektor B och C:s branscher och bidra till resurseffektivisering. Skattningar på EU-nivå visar att resursförbrukningen inom olika delar av tillverkningsindustrin kan minskas med uppemot 20 % till 30 % med hjälp av IKT (Filos, 2010). Det finns även relativt nya tillämpningar för IKT som kan bidra till att minska utsläppen ännu mer. I smarta energinät och smarta transport- och logistiksystem utgör IKT en viktig komponent (Gungor et al, 2013). På konsumentensida finns liknande vinster att göra med smarta lösningar för effektivare energianvändning i bostäder och hemelektronik (OECD, 2010; Kramers et al, 2014). IKT utgör även en komponent för att öka den materiella cirkulariteten i ekonomin (OECD, 2010). Nanoteknologi har liknande förutsättningar att både förlänga livslängden på material och minska materialet efterfrågan (Derwick et al, 2004) samt spara energi (Zäck et al, 2006; Gaddekar och Kadam, 2014). Nettoeffekten av teknologiutvecklingen är naturligtvis svår att avgöra, men Hilty et al (2006) uppskattar att utsläppen inom EU kan falla med upp till 30 % med rimliga förväntningar på teknikutvecklingen.

Även om detta är en möjlig effekt av IKT finns det inga garantier för att tekniken utvecklas i denna riktning. Det kan finnas hinder som motverkar en utveckling där tekniken används på nya sätt eller i nya tillämpningar. Ett hinder är att det ofta saknas marknader och institutioner för t.ex. smarta energinät (Matthews, 2014). Brist på erfarenhet hos hushåll och företag att utnyttja IKT för t.ex. virtuella möten och energibesparing är ett annat hinder (OECD, 2010a). Långa utvecklingstider och osäkerhet kring vissa innovationers framtida potential kan reducera tillgången till kapital och FoU-satsningar (Gadekar och Kadam, 2014).²⁴ Denna osäkerhet gäller främst inom helt nya utvecklingsområden. Utvecklingen försvåras även av att i de fall IKT är en komponent av många i tillverkningen måste IKT utvecklingen gå hand-i-hand med den övriga teknikutvecklingen och investeringscykler inom sektor B och C. Skattningar visar att det redan idag finns möjlighet att reducera utsläppen via existerande IKT men att dessa möjligheter inte används (Hilty et al, 2006). Lärdomen från tidigare omställningar är att det ofta inte räcker med att det finns möjliga tekniska lösningar när det kommer till större förändringar vare sig inom ett innovationskluster eller vid övergången till ett nytt dominerande innovationskluster. Någon form av styrning i form av investeringar, nya regelverk eller bidrag till marknadsutveckling kan vara nödvändigt.

Ett stort osäkerhetsmoment är hur det ekonomiska välstånd som sektor A skapar kommer att användas och därmed påverka utsläppen. Det finns här två huvudsakliga osäkerhetsmoment. För det första, hur kommer hushållens konsumtion att utvecklas? Här finns det två viktiga faktorer. Den först faktorn är rekyleffekten. IKT:s rekyl effekter har tidigare varit relativt stora (Plepy, 2002, Hilty et al, 2011) och även om IKT reducerar både energi- och utsläppsintensiteten kan utsläppen växa i absoluta termer om effektivitetsvinsterna är små jämfört med rekyleffekten (Hilty et al, 2006). Den andra faktorn är sammansättningen av hushållens konsumtion. Även om produktionen i Sverige relativt sett har förskjutits till nya branscher med låg energiintensitet har konsumtionen av växthusgaser och material ökat och inte minskat sedan 1980-talets början mätt från konsumtionssidan. Liknande konsumtionsmönster i framtiden gör naturligtvis en omställning svårare. Insatser på såväl produktions- som konsumtionssidan för att motverka utsläppsökningar kommer troligen att bli nödvändiga.

Den andra osäkerhetsfaktorn är hur transporter och den ekonomiska geografin kommer att formas av utvecklingen i sektor A. Leder utvecklingen till än mer geografisk koncentration av produktion och urbanisering med ökande godstransporter som följd? Kommer det att ske

²⁴ Studier av riskkapital i USA visar t.ex. att större delen av investeringarna sker i innovationskluster som mognat under flera årtionden (Mazzucato, 2014).

en ny våg av bostadsbyggande under de kommande åren delvis som ett resultat av koncentrationen av befolkningen i ett fåtal områden? Kommer digitaliseringen leda till mer E-handel där det blir lika naturligt att köpa varor från andra länder som inom Sverige? Leder 3D-skrivare till att produktionen flyttar närmare konsumenten och därmed minskar transportbehovet eller driver dessa enbart på materialkonsumtionen genom att vi skriver ut och konsumerar fler produkter än tidigare? Oavsett svaret på dessa frågor går utvecklingen att påverka och styra men det kan bli mer eller mindre svårt att minska utsläppen.

Sett till de nationella utsläppen kommer sektor A troligen att bidra till, och vara en möjliggörare för, lägre utsläpp. Sett till utsläppen från konsumtionssidan är nettoeffekten från sektor A dock mindre tydlig och helt avhängig hur stort genomslag teknikkanalen får i förhållande till efterfrågekanalen.

3.2 Sektor B – omställning med sidovinster

Sektor B täcker in den andra industriella revolutionens tillverkningsindustri samt person- och godstransporter, bebyggelse, uppvärmning, elförsörjning, avfallshantering, osv. Det är de delarna av ekonomin som ligger mellan den relativt ”immateriella” IKT-sektorn och den i hög grad ”materiella” och energiintensiva tillverkningen av basmaterial. Mycket av utvecklingen och tillväxten i sektor B skedde under andra industriella revolutionen under 1900-talet genom elektrifieringen, förbränningsmotorn och bilismen, utvecklingen av hushållsapparater, nya produktionsmetoder och framväxten av konsumtionssamhället. Sektor B kan förväntas utvecklas i grönare riktning delvis drivet av klimatfrågan men till stor del också på grund av en strävan mot hållbarhet i bredare bemärkelse. Omställning mot nollutsläpp kommer inte att ske utan styrning men den kan underlättas just av att det finns många olika och samtidiga nyttor med att styra mot ökad hållbarhet. Det handlar om att tillgodose efterfrågan på boende, transporter och annan konsumtion på nya och mer hållbara sätt.

För bebyggelsen i Sverige är utsläppen redan nere på ganska låga nivåer och det finns relativt stor samsyn kring hur återstående utsläpp kan elimineras genom energieffektivisering och utsläppsfria uppvärmningssätt. Det finns stor rådighet att nationellt fortsätta styra den utvecklingen. I takt med att utsläppen från användningen av byggnader har minskat så har intresset för de ingående materialen och utsläppen vid deras produktion ökat. Diskussioner om trähus kontra stål- och betongkonstruktioner är exempel på detta. Minskade utsläpp från produktionen av basmaterial diskuteras i avsnitt 3.3. På tur i klimatarbetet i Sverige efter bebyggelsen står transporterna som ges alltmer uppmärksamhet (FFF-utredningen, 2030-sekretariatet.se). Vad gäller fordonsteknik är denna sektor mer beroende av den internationella

utvecklingen men det finns också stor nationell och lokal rådighet kring planering, infrastrukturinvesteringar och utveckling av kollektivtrafik.

Transporterna är ett bra exempel på en sektor med en bred problembild och en likaledes bred åtgärdslista för att hantera problemen. Utöver klimatutsläpp handlar det om lokala luftföroreningar, buller, olyckor, hälsoeffekter av stillasittande, samt kostnader för trängsel och för ytor i det offentliga rummet som tas i anspråk av bilar. Dessutom uppstår frågor kring social hållbarhet eftersom vissa grupper (såsom barn, äldre, kvinnor och invandrare) ofta missgynnas av bilinriktade paradig för transportplanering med ständigt ökande mobilitet. Det finns fortfarande diskursiva konflikter i transportpolitiken mellan grupper som förordar tekniska lösningar kring fordon och drivmedel och andra som ser förändringar i transportbeteende som nödvändiga. Det är också omdiskuterat vilka tekniska lösningar som är bäst i någon mening av exempelvis biodrivmedel, eldrift eller vätgas (de kan också ses som kompletterande). På åtgärdssidan finns idéer kring visioner och organisation, planeringsparadigm, policypaket och tekniska lösningar. Det tidigare Vägverket sysslade just med att bygga vägar medan Trafikverkets verksamhetsidé är att vara en samhällsutvecklare. Med utgångspunkt i att de flesta transporter handlar om att få tillgång till något (såsom mataffärer, sjukvård, fritidsnöjen eller arbete) framförs ibland idén om att bilda ett Tillgänglighetsverk. Att sätta tillgänglighet före mobilitet i en integrerad samhällsplanering skulle innebära ett paradigmskifte i vad vi planerar för och varför. Integrerad bebyggelse och transportplanering och andra utvärderingsmetoder än dagens kostnads-nyttanalyser baserade på värdet av tidsvinster kan vara delar i nya planeringsparadigm (Evidence Project, 2015). En lång rad styrmedel och åtgärder är tänkbara för att påverka efterfrågan och färdmedelsval exempelvis för att främja gång/cykel i kombination med kollektivtrafik istället för ökat bilresande. IKT-lösningar möjliggör innovationer såsom reseplanerare, bilpooler, E-handel, olika typer av förarstöd och kanske självkörande bilar, eller videokonferenser och virtuella möten. Nettoeffekten av IKT-lösningar på transportefterfrågan är osäker och för att minska utsläppen kvarstår att man måste arbeta för ökad tillgänglighet, dämpad efterfrågan, mer hållbara färdmedelsval samt utveckling av tekniska lösningar för fordon och drivmedel. Det är värt att notera utvecklingen av elcyklar. Dessa ungefär fördubblar vad som upplevs som bekvämt cykelavstånd. Transporter är också ett område där man ganska tydligt kan se betydelsen av förväntningar och sociala normer kring boende och resande och hur dessa samspelar med utvecklingen av bebyggelse och transportsystem. Oavsett hur stora andelar teknik respektive beteendeförändringar bidrar till ett fossilfritt transportsystem så kommer förändringar i sociala normer vara en viktig del av utvecklingen.

Godstransporterna är en ibland förbisedd del av transportsektorn. För nollutsläpp och hållbarhet är det liksom för persontransporterna intressant att överväga en bred uppsättning åtgärder kring bättre logistiklösningar, andra transportslag än flyg och lastbil, andra produktions- och konsumtionsmönster, och andra fordon och drivmedel. IKT kan bidra, och gör det redan idag, till effektivare logistiklösningar. Detta kan dock bara utgöra en liten del av lösningen och det kvarstår att investeringar i ny teknik och infrastruktur är nödvändigt för minskade utsläpp. Det råder dock större osäkerhet om hur vägarna mot nollutsläpp ser ut för godstransporterna jämfört med persontransporterna och det kan vara mer beroende av den internationella utvecklingen (Trafikverket, 2013). En viktig faktor är hur den ekonomiska geografin kommer att utvecklas. Kommer globaliseringen och den ökade geografiska koncentration med växande transporter mellan geografiska center att fortsätta? Kommer t.ex. utvecklingen av 3D-skrivare och robotar minska skillnaden i produktionskostnad mellan olika länder så att produktionen av konsumtionsvaror kan ske närmare konsumenten.

Energinvändningen i den lätta tillverkningsindustrin liknar delvis den i byggnader. En stor del går till uppvärmning, belysning och ventilation. Därutöver använder man tryckluft, processvärme, elmotorer, osv. Eftersom man inte är energiintensiv är det relativt enkelt för företag i denna sektor att hantera eventuella ökande energikostnader för att bli fossilfria, exempelvis genom energieffektivisering och elektrifiering. Sektorn är mer intressant ur perspektivet att den kommer att utveckla den teknik och de produkter som ger hållbara lösningar inom områden som energiförsörjning, vatten, transporter, bebyggelse, smarta elnät, avfall, och återvinning.

Företag som SKF (kullager), Alfa Laval (värmväxlare), Volvo (bussar) och ABB (kraftelektronik) arbetar redan med att ta fram och erbjuder delar till nya hållbara lösningar inom vindkraft, processindustri, elhybridfordon, solceller, batterier och elnät. Högt tekniskt kunnande på ett område kan också hitta helt nya marknader och tillämpningar inom miljöteknik. Sandviks teknik för att ytbehandla stålband för tillverkning av plattor till bränsleceller är ett exempel med stor marknadspotential om bränslecellerna får genomslag. Genom att vara ledande inom exempelvis bioteknik, elteknik, material, produktion, automation, och processer i bred bemärkelse har Sverige goda förutsättningar för att vara ledande även inom energi- och miljöområdet.

För sektor B sker redan en utveckling mot minskade utsläpp genom energieffektivisering och en övergång till förnybara energikällor inom bebyggelse, uppvärmning och elförsörjning. Statlig styrning genom byggregler, stödsystem och koldioxidskatter, d.v.s. statligt driven institutionell förändring, har haft en stor betydelse för

denna utveckling. För en omställning till fossilfria persontransporter kommer det att krävas en ökande politisk styrning under kommande år. Förändringar i transportefterfrågan, färdmedelsval, bilägande och fordonsteknik är dessutom förknippade med större förändringar i sociala normer än för boende och uppvärmningslösningar. För godstransporterna är elektrifiering en större utmaning eftersom det ofta är tunga fordon som kör långt. Överflyttning till järnväg och elvägar är möjliga tekniska lösningar förutom biodrivmedel eller elbaserade drivmedel (genom power-to-fuel produktion).

Medan sektor A har stor potential att skapa tillväxt i ekonomin är sektor B:s tillväxtförmåga mer begränsad. Sektor B består av relativt mogna innovationskluster och branscher vilket i sig reducerar dess tillväxttakter. Tillväxtpotentialen är även lägre än i sektor A eftersom en omställning inom sektor B egentligen innebär att producera samma eller liknande produkter och tjänster fast på nya och mer hållbara sätt. En omställning innebär med andra ord en omfördelning från icke-hållbara till hållbara produktionsmetoder, produkter och tjänster (för boende, transporter, fritid och anna konsumtion). Men, om Sverige på något område kan bli ledande inom sektor B kan detta leda till exportframgångar som skapar tillväxt och jobb.

3.3 Sektor C - Basindustrin

Sektor C skiljer sig från Sektor A och B på flera sätt: förädlingsvärdet är relativt lågt sett till utsläppen, möjligheten att inom dagens produktionsprocesser effektivisera produktionen och begränsa utsläppen är låg, möjligheten att substituera från ett basmaterial till ett annat är ofta begränsad och investeringshorisonter är ofta väldigt långa (Energimyndigheten 2015:18). Medan det i sektor A och B ofta finns synergier med andra mål och möjlighet att skapa innovationskluster som gör en omställning ekonomiskt tilltalande finns sådana effekter i mer begränsad omfattning i sektor C. Sektorn innehåller mogna branscher med stort internationellt konkurrenstryck och möjligheten att bära stora omställningskostnader är begränsade så länge en omställning inte sker någorlunda samtidigt i andra länder.

Sektor A har påverkat effektiviteten i Sektor C och en fortsatt IKT-utveckling med exempelvis sensorer och styrning kan bidra till än mer effektiv produktion. IKT kan även bidra till att öka återvinningen av material och på så sätt minska utsläppen genom mindre produktion av nya material. Det räcker dock inte för att nå nollutsläpp. Åtgärdsalternativen inkluderar koldioxidinfångning och lagring eller förändring av produktionsprocesser och att ersätta fossila bränslen med biobränslen, vätgas eller genom elektrifiering (Energimyndigheten, 2015). Många av åtgärderna är dock dyra och därmed svåra för

företagen att bära givet det internationella konkurrensläget. Olika former av statliga stöd, regelverk och internationella överenskommelser kring klimat- och handelspolitik blir därför nödvändigt.

Den energiintensiva industrin har samutvecklats med energisystemet och vid en övergång till ett 100 % förnybart energisystem kommer stora mängder primärel att produceras (eftersom vindkraftverk och solceller producerar el). Potentialerna är mycket stora och möjliga utvecklingar är att basindustrin går över till elektrotermiska processer, vätgas eller kolväten som produceras från el via elektrolys och koldioxid. Detta blir betydligt dyrare än dagens produktion av exempelvis polyeten (med fossil råvara) och stål (med kol och koks som reduktionsmedel) men är fullt möjlig resursmässigt och tekniskt. Genom att producera vätgas, metan och andra kolväten från el kan den energiintensiva industrin komma att stå för en väldigt stor men också flexibel användning av el i framtiden. För dagens eten/propen- och stålproduktion kan det handla om cirka 20-25 respektive 15-20 TWh el per år med kanske 10 GW installerad effekt för vätgasproduktion (10 GW ggr 4000 timmar ger 40 TWh).

Med basmaterial som baseras helt på förnybar energi och råvara blir produktionen av samma material som idag dyrare utan att några sidovinster uppstår. Sektor C står dock för en ganska liten och minskande andel av BNP vilket talar för att en betydligt dyrare produktion kan hanteras utan negativa makroekonomiska effekter. Eftersom kostnaden för basmaterialet i färdiga produkter står för en mycket liten del av priset kan dessa kostnader i princip enkelt övervältras på konsumenterna. Utmaningen ligger i att styra en omställning utan att äventyra konkurrenskraften. Detta kräver samordning av bland annat internationell klimatpolitik, forskning och utveckling, demonstrationsprogram, och samarbeten inom EU och internationellt.

En viktig faktor i hur en omställning av basindustrin kan gå till är också hur efterfrågan på dess produkter utvecklas. Som en mogen industri är dess möjligheter till tillväxt begränsad jämfört med andra branscher. Eventuellt står vi inför en större investeringsvåg i ny infrastruktur och bostäder. Denna utveckling drivs delvis av en allt större koncentration av befolkningen i ett fåtal större städer som ett led i den tredje industriella revolutionens ekonomiska geografi. Utvecklingen mot större materialetterfrågan kan även komma att öka på grund av nödvändiga investeringar i infrastruktur och bebyggelse för att klara av en omställning till nollutsläpp. Dessa effekter är troligen övergående och skapar inte en permanent högre materialetterfrågan. Det betyder dock att vi inte kan förvänta att utsläppen sjunker linjärt till 2050 utan perioder av snabb minskning av utsläppen kan följas av perioder med långsammare minskning.

4. Avslutning

Det förefaller finnas bra förutsättningar för en fortsatt god ekonomisk utveckling i Sverige. Samtidigt kan innovationer skapa möjligheter för en fortsatt omställning till lägre utsläpp. Med insatser kring bland annat transporterna och basindustrin är vår bedömning att möjligheterna att nå nollutsläpp är goda ur samhällsekonomisk synvinkel. Sett ur ett välfärdsperspektiv finns det inget som motsäger att Sverige kan ha en god välfärdsutveckling i kombination med minskande utsläpp. En fortsatt ekonomisk utveckling driven av främst IKT och clean-tech skapar nya ekonomiska resurser vilket underlättar för finansieringen av en omställning. Även om kostnaden för exempelvis basmaterial stiger kan detta kompenseras av både materialeffektivisering och högre inkomster så att den materiella välfärden inte minskar.²⁵

En viktig fråga är hur mycket statlig styrning som krävs för nå nollutsläpp inom olika områden. Den tredje industriella revolutionen har så här långt betytt mycket för att minska energi- och utsläppsintensiteten i ekonomin och det finns goda förutsättningar för att det ska fortsätta. Inom clean-tech har det under senare år skett stora framsteg med kraftigt fallande pris på bland annat solceller och batterier som ett resultat. På många områden går det att se nya innovationskluster växa fram som inom en snar framtid kan nå ekonomisk lönsamhet (Parad et al, 2014; Nykvist och Nilsson, 2014). Samtidigt låser nuvarande institutioner och infrastruktur in oss i tidigare innovationskluster med relativt höga utsläpp (Unruh, 2000; 2002). Exempel på dessa strukturer är olika former av miljöskadliga subventioner som införts för att hjälpa den första och andra industriella revolutionens industrier i den internationella konkurrensen (Naturvårdsverket, 2011), och existerande infrastruktur samt normer kring konsumtion och transporter. Precis som under tidigare omställningar, inte bara i Sverige utan även i andra länder (Rodrick, 2014; Mazzucato, 2014; 2015), finns det en roll för den offentliga sektorn att spela för att bidra till att nya innovationskluster kan växa upp genom långsiktiga investeringar, marknadsstöd och institutionella reformer. Som historien visar kan offentliga satsningar ha en viktig signaleffekt och initiera förändring som tillsammans med institutionella reformer får den privata sektorn att följa efter vilket öppnar upp nya utvecklingsvägar.

Den typ av omställning av samhället som krävs för att nå nollutsläpp till 2050 är komplex och involverar alla delar av samhället på något sätt. Det är därför troligt att det krävs

²⁵ Ett exempel på hur ökade inkomster kompenserar för stigande priser är bensinpriset. Priset på en liter bensin har i reala termer stigit ungefär lika mycket som hushållens reala disponibla inkomster sedan 1970-talet. Trots högre bensinpris har alltså hushållens köpkraft inte minskat i förhållande till bensinkostnaden.

många olika styrverktyg för att utvecklingen skall gå i önskad riktning. Vilka verktyg och deras exakta utformning kommer vara beroende av var vi och resten av världen befinner sig i en omställning. Är det exempelvis i början innan innovationsklustren blivit ekonomiskt bärkraftiga eller efter genombrottet då innovationsklustren har blivit mer lönsamma och befinner sig i en expansiv utvecklingsfas? Kommer konkurrensfrågor och risken för koldioxidläckage att hanteras väl? Klimatpolitiken måste därför vara dynamisk, sekventiell och anpassningsbar efter hur de ekonomiska och politiska förhållandena förändras. Omställningen sker även under stor osäkerhet där olika innovationers potential och eventuella synergieffekter är svåra att förutspå. Med den osäkerhet som finns kring framtiden är det oundvikligt att misstag och felinvesteringar kommer att ske (Rodrik, 2014). Förutom att vara dynamisk måste politiken därför också lära sig av sina framgångar och misstag över tiden. Detta kräver att klimatpolitiken har ett långt minne så att tidigare misstag inte upprepas (Foxon och Pearson, 2008).

Förutsättningarna för Sverige i en värld som minskar utsläppen är förhållandevis goda men det finns även utmaningar. I olika internationella rankingar ligger Sverige bland de fem bästa länderna sett till innovationsklimatet både generellt (Dutta et al, 2014) och inom cleantech specifikt (Parad et al, 2014). Sverige rankas högt när det kommer till synen på entreprenörskap, möjligheten att starta nya företag och antalet innovationer. Däremot blir betyget lägre när det kommer till kommersialisering av innovationer. Begränsad hemmamarknad, bristande tillgång till investeringskapital och avsaknad av klustereffekter som höjer de nya innovationernas avkastning är andra områden där vi har en sämre utveckling än många andra jämförbara länder (Frankelius et al, 2011; Parad et al, 2014). Även om Sverige har en bra position internationellt satsar många andra länder såsom Tyskland och Kina stort på clean-tech och IKT. Historien visar att för att man har varit framgångsrik under en fas av en industriell revolution betyder inte det att man automatiskt är framgångsrik i nästa fas. I Sverige har vi kommit ganska lyckosamt ur tidigare strukturkriser men för att behålla vår position krävs ett kontinuerligt utvecklings- och reformarbete från privat och offentlig sektor där vi utnyttjar våra styrkor och försöker överkomma våra svagheter.

Vår slutsats är att en fortsatt omställning till en grön utveckling med nollutsläpp inte behöver stå i konflikt med en fortsatt god samhällsutveckling. Historien lär oss dock att omställningar aldrig är enkla, de tar tid och kräver mer än bara tekniska innovationer. Sveriges goda utveckling under de tre tidigare revolutionerna beror delvis på tidiga satsningar på nya innovationskluster, en acceptans hos hushåll, företag och offentlig sektor att utmana

gamla strukturer och beteenden, och kanske ett visst mått av tur i att ha satsat på rätt innovationskluster.

Referenser

- Abramovitz M. (1996). Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. *The Journal of Economic History*, 46(2), 385-406.
- Allianz Global Investors (2010). Analysis and Trends: The Sixth Kondratieff-Long Waves of Prosperity. Frankfurt am Main: Allianz Global Investors.
- Andersson, FNG och T. Elger (2012). Swedish freight demand: short, medium and long run elasticities. *Journal of Transport Economics and Policy* 46 (1), 79-97.
- Andersson, FNG och P. Karpestam (2012). The Australian carbon tax – a step in the right direction but not enough. *Future Science – Carbon Management* 3(3), 293-302.
- Andersson, FNG och P. Karpestam (2013). CO₂ emissions and economic activity: short- and long-run economic determinants of scale, energy intensity and carbon intensity. *Energy Policy* 61, 1285-1294.
- Bassanini A., S. Scarpetta (2002). Growth, technological change and ICT diffusion: recent evidence from OECD countries. *Oxford Review of Economic Policy* 18(3), 324-344.
- Block, F.R. och M.R. Keller (eds) (2011). *State of Innovation: the US Government's Role in Technology Policy*. Paradigm Publishers.
- Bradfield Moody J, Nogrady B. (2010). *The Sixth Wave: How to Succeed in a Resource-Limited World*. Random House, Sydney, Australia.
- Bresnahan T.F., Trajtenberg M. (1995). General purpose technologies. Engines of growth? *Journal of Econometrics* 65, 83-108.
- Brynjolfsson, E. och A. McAfee (2014). *The Second Machine Age*. New York: W.W. Norton & Company Inc.
- Chou, Y-C., H. H-C. Chuang and B. B.M. Shao (2014). The impacts of information technology on total factor productivity: A look at externalities and innovations. *Journal of Production Economics* 158, 290-299.
- Conway, P., D. de Rosa, G. Nicoletti och F. Steiner (2007). Product market regulation and productivity convergence. *OECD Economic Studies* VOL 2006/2.
- Derwick, P., K. Green och M. Miozzo (2004). Technological change, industry structure and the environment. *Futures* 36, 267-293.
- Devezas TC, Linstone HA, Santos H.J.S (2005). The growth dynamics of the internet and the long wave theory. *Technological Forecast & Social Change* 72, 913-935.

Dutta, S., B. Lanvin och S. Wunsch-Vincent. (2015). *The global innovation index 2015. Effective innovation policies for development.*

Edvinsson, R., (2005). *Growth, Accumulation, Crisis: With New Macroeconomic Data for Sweden.* Stockholm: Almqvist & Wiksell International.

Edquist, H. (2009). Hur länge förblir IKT avgörande för svensk produktivitet utveckling? *Ekonomisk debatt* 37(1), 31-40.

Edquist, H. och M. Henrekson (2015). Swedish lessons: how important are ICT and R&D to economic growth? *IFN Working Paper* 1073.

Energimyndigheten (2015). Industrins långsiktiga utveckling i samspel med energisystemet, Rapport ER 2015:18.

Eng Larsson, F., K-J. Lundquist, L-O. Olander och S. Wandel (2012). Explaining the cyclic behavior of freight transport CO2 emissions in Sweden over time. *Transport Policy* 23, 79-87.

Erumban A A och S B de Long (2006). Cross-country differences in ICT adoption: A consequence of culture? *Journal of World Business* 41, 302-314.

Evidence Project (2015) The Economic Benefits of Sustainable Transport Actions, Independent Review of Evidence, Summary Report. www.evidence-project.eu

Filos, E (2010). ICT for Sustainable Manufacturing: A European Perspective. In Ortiz, A., R.D. Franco och P. G. Gasquet (Eds). *Balanced Automation Systems for Future Manufacturing Networks.* New York: Springer Verlag.

Foxon T och P Pearson (2008). Overcoming barriers to innovation and diffusion of clean technologies: some features of a sustainable innovation policy. *Journal of Cleaner Production* 16(1), 148-161.

Frankelius, P., C. Hultman, G. Linton, C. Johanson, C. Gunnarson (2011). The cleantech mystery: A new theoretical model for understanding export capabilities in small and medium-sized innovative cleantech companies. Presented at *The R&D Management Conference* 2011, Norrköping, Sweden.

Fridlund, M. (1999). *Den gemensamma utvecklingen. Staten, storföretagen och samarbetet kring den svenska elkrafttekniken.* Eslöv: Brutus Östlings Bokförlag Symposium.

Galvin, R. (2015). The ICT/electronics question: structural change and the rekyl effect. *Ecological Economics* 120, 23-31.

Gulati, G. och D. J. Yates (2012). Different paths to universal access: the impact of policy and regulation on broadband diffusion in the developed and developing worlds. *Telecommunication Policy* 36, 749-761.

Gungor, V.C., D. Sahin, T. Kocak, S. Ergut, C. Buccella, C. Cecati och G. P. Hancke (2013). A survey on smart grid potential applications and communication potential. *IEEE Transactions on industrial informatics* 9(1), 28-42.

Greening, L.A., D. L. Greene och C. Difiglio (2000). Energy efficiency and consumption – the rekyll effect – a survey. *Energy Policy* 28, 389-401.

Grünbler A., Nakicenovic N. (1991). Long waves, technology, diffusion, and substitution. Research Report. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Hall P och K Löfgren (2004). The rise and decline of a visionary policy: Swedish ICT-policy in retrospect. *Information Policy* 9, 149-165.

Henning, M, K. Enflo och FNG Andersson (2011). Trends in regional economic growth: how spatial differences shaped the Swedish growth experience 1860-2009. *Explorations in Economic History* 48(4), 538-555.

Hilty, L.M, P Arnfalk, L. Erdmann, J. Goodman, M. Lehmann och P.A. Wäger (2006). The relevance of information and communication technologies for environmental sustainability – a prospective simulation study. *Environmental Modelling and Software* 21, 1618-1629.

Hilty, L.M., W. Lohmann, E.M. Huang (2011). Sustainability and ICT – An overview of the field. *Politeia*, XXXVIII, 104, 13-28.

Hobin B., Jovanovic B. (2001). The Information Technology Revolution and the Stock Market. *American Economic Review* 91, 1203-1220.

Jovanovic, B., Rousseau, P.L. (2006). General Purpose Technologies. In Aghion P., Durlauf S.N. *Handbook of Economic Growth*. Amsternad: North-Holland.

Jänicke, M. (2012). Dynamic governance of clean-energy markets: how technical innovation could accelerate climate policies. *Journal of Cleaner Production* 22, 50-59.

Kaijser A. och A. Kander (2013). Framtida energiomställningar i ett historiskt perspektiv. *Naturvårdsverkets rapport* 6550.

Kander, A. (2002). Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in Sweden 1800-2000. *Lund Studies in Economic History* 19.

Kander, A. och D.I. Stern (2014). Economic growth and the transition from traditional to modern energy in Sweden. *Energy Economics* 46, 56-65.

Kramers A., M. Höjer, N. Lövehagen och J. Wangel (2014). Smart sustainable cities-exploring ICT solutions for reduced energy. *Environmental Modelling and Software* 56, 52-62.

Köhler, J., R. Barker, H. Pan, P. Agnolucci, P. Ekins, T. Foxton, D. Anderson, S. Winne, P. Dewick, M. Miozzo och K. Green. (2005). New lessons for technology policy and climate change. Investment for innovation: a briefing document for policy makers. *Tyndall Briefing Note* 13.

Larsson, J. (2015). Hållbara konsumtionsmönster – analyser av maten, flyget och den totala konsumtionens klimatpåverkan idag och 2050. *Naturvårdsverket Rapport* 6653.

Lerner, J. (2012). *Boulevard of broken dreams: why public efforts to boost entrepreneurship and venture capital have failed – and what to do about*. Princeton: Princeton University Press.

Malmodin, J., Å Moberg, D. Lundén, G. Finnveden och N. Lövehagen (2010). Greenhouse gas emissions and operational electricity use in the ICT and entertainment and media sectors. *Journal of Industrial Ecology* 14(5), 770-790.

Malmodin, J., D. Lundén, Å. Moberg, G. Andersson och M. Nilsson (2014). Life cycle Assessment of ICT. Carbon footprint and operational electricity use from the operation, national, and subscriber perspective in Sweden. *Journal of Industrial Ecology* 18(6), 829-845.

Marcovic, D.S., D. Zivkovic, D. Cvetkovic och R. Popovic (2012). Impact of nanotechnology advances in ICT on sustainability and energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2966-2972.

Matias, J.C. de Oliveira och T. C. Devezas (2011). Socio-economic development and primary energy sources substitution towards decarbonization. *Low carbon economy* 2, 49-53.

Matthews J A (2013). The renewable energies technology: A new techno-economic paradigm in the making? *Futures* 46, 10-22.

Mazzucato, M (2014). *The entrepreneurial state*. New York: Anthem Press.

Mazzucato, M (2015). The green entrepreneurial state. University of Sussex Working Paper, 2015-28.

McWilliams, D. (2015). *The Flat White Economy. How the Digital Economy is Transforming London and other Cities of the Future*. London: Duckworth Overlook.

Meurling, J. och R. Jeans (1997). *Den fula ankungen. Hur Ericsson tog steget in i konsumentvarubranschen – med mobiltelefoner*. Stockholm: Ericsson Mobile Communications AB.

Mokyr, J. (1994). *The Lever of Riches. Technological Creativity and Economic Progress*. Oxford: Oxford University Press.

Naturvårdsverket (2011). Potentiellt miljökadliga subventioner. Förstudie från 2005 – uppdaterad 2011. *Rapport 6455*.

Nelson, Richard R. (1994), 'Routines' in G. Hodgson, W. Samuels, and M. Tool (Eds). *The Elgar Companion to Institutional and Evolutionary Economics*, vol. 2. Aldershot: Edward Elgar.

Nilsson, L., FNG Andersson, J. Khan, M. Klintman, R. Hildingsson, A. Kronsell, F. Pettersson och N. Smedby (2013). *I Ljuset av Framtiden – styrning mot noll utsläpp 2050*. Lund: Klimatforskningsprogrammet LETS2050.

Nohrstedt, D. (2010). Do advocacy coalitions matter? Crisis and change in Swedish nuclear energy policy. *Journal of the public administration research and theory* 20, 309-330.

Nykvist, B. och M. Nilsson (2015). Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature* 5, 329-332.

OECD (2010). Taxation, innovation and the environment. *OECD Green Growth Strategy*

OECD (2010a). Greener and Smarter: ICTs, the environment and climate change.

OECD (2010b). Taxation, innovation and the environment. *OECD Green growth strategy*.

Oscarsson I. (2014) A Forecast of the Cloud – An investigation of the energy use from one of the fastest growing phenomena of the IT-sector – The Cloud, MSc-thesis. Environmental and Energy Systems Studies, Lund University

Parad, M., S. Henningson, T.A. Currás, R. Youngman (2014). *The global clean-tech innovation index 2014*. Cleantech Group.

Perez, C. (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Cheltenham: Edward Elgar.

Perez, C. (2012). Financial bubbles, crises and the role of governments in unleashing golden ages. *Finance, Innovation and Growth Discussion Paper D2.12*.

- Plepys, A. (2002). The grey side of ICT. *Environmental Impact Assessment Review* 22, 509-523.
- Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution. How Lateral Power, is Transforming the Economy, and the World*. New York: Palgrave McMillan.
- Rodrick, D. (2014). Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy* 30 (3), 469-491.
- Rothwell, R. (1981). Pointers to government policies for technical innovation. *Futures* 13(3), 171-183.
- Schön, L. (2000). *En modern svensk ekonomisk historia*. Stockholm: SNS förlag.
- Schön, L. (2006). *Tankar om cykler*. Stockholm: SNS förlag.
- Schön, L. och O. Krantz (2012). Swedish historical national accounts 1560-2010. *Lund Papers in Economic History* 123, Lund University.
- Stern, D. (2011). The role of energy in economic growth. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1219, 26-51.
- Svanström, S. (2015). Urbanisering – från land till stad. *SCB – Välfärd* 1, 26-27.
- Sölvell, Ö., I. Zander och M.E. Porter (1993). *Advantage Sweden*. Stockholm: Nordstedt Juridik.
- Trafikverket (2013). Mot koldioxidsnåla transporter- tillväxtdynamiskt perspektiv på logistik och godstransporter fram till 2050. Rapport 2013:120.
- Tsoutsos T D and Y A Stamboulis (2005). The sustainable diffusion of renewable energy technologies as an example of an innovation-focused policy. *Technovation* 25, 753-761.
- Tunzelmann von, N. (2003) Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions. *Structural Change Economic Dynamics* 14, 365–384.
- Unruh, G.C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy* 28(12), 817-830.
- Unruh, G.C. (2002). Escaping carbon lock-in. *Energy Policy* 30(4), 317-325.
- Zäch M, C. Hägglund, D. Chakarov, och B. Kasemo (2005). Nanoscience and nanotechnology for advanced energy system. *Current opinion in Solid State and Materials Science* 10 (3-4), 132-143.

Åhman, M., L. J. Nilsson och FNG Andersson (2013). Industrins utveckling mot nollutsläpp 2050. *Environmental and Energy Systems Studies* nr 88

Klimatpolitik under osäkerhet

Kostnader och nytta – bevis och beslut

Eva Alfredsson och Mikael Karlsson



Förord

Miljömålsberedningen har sedan 2014¹ i uppdrag av regeringen att utreda ett klimatpolitiskt ramverk, en strategi för en samlad och långsiktig klimatpolitik och en klimatlag. Denna rapport är ursprungligen skriven som ett underlag till beredningen. Utöver beredningens utgångspunkter beaktar vi även utfallet från FN:s klimatkonferens i Paris i december 2015, då 195 länder enades om bland annat skärpta klimatmål.

Syftet med studien är att granska det klimatpolitiska beslutsfattandet och hur det påverkas av olika ekonomiska beslutsunderlag och föreställningar om bevisbörd. Rapporten redovisar kunskapsläget avseende kostnader och nyttor av att vidta klimatpolitiska åtgärder liksom de utgångspunkter som ligger bakom de climatekonomiska modellerna. Vi analyserar också dessa modeller i förhållande till klimatvetenskapens slutsatser och diskuterar möjligheterna till beslutsfattande under osäkerhet, vilka ansatser som fungerar och hur bevisbördan bör se ut. Rapporten bygger på vetenskapliga artiklar samt på studier framtagna av nationella och internationella myndigheter, paneler och andra organisationer.

Rapportens författare är Eva Alfredsson, Fil Dr och analytiker på Tillväxtanalys och Mikael Karlsson, Fil Dr och miljöforskare på avdelningen för filosofi på KTH, Stockholm. Båda är experter i Miljömålsberedningen.

Viktiga underlag till rapporten kommer från Magnus Lindmark, professor i ekonomisk historia, Umeå Universitet, samt från Jonas Wannefors.

Författarna tackar för värdefulla kommentarer i samband med seminariebehandling av rapporten på KTH, på Tillväxtanalys och i form av skriftliga synpunkter från ett flertal granskare, inklusive ledamöter i Miljömålsberedningens ekonomiska referensgrupp.

Stockholm maj 2016

Eva Alfredsson

Mikael Karlsson

KTH, FMS

KTH, avdelningen för filosofi

Fotot på framsidan är taget av Peo Eriksson

¹ Tilläggsdirektiv till Miljömålsberedningen (M 2010:04). Förslag till Klimatpolitiskt ramverk, Dir 2014:165.

Sammanfattning

Syftet med studien är att granska det klimatpolitiska beslutsfattandet och hur det påverkas av ekonomiska beslutsunderlag och idéer om bevisbörla. Rapporten redovisar kunskapsläget avseende kostnader och nyttor av klimatpolitiska åtgärder liksom utgångspunkterna bakom klimাতেkonomiska modeller. Modellerna analyseras utifrån klimatvetenskapens lägesbild och möjligheten till beslutsfattande under osäkerhet diskuteras. Följande huvudsakliga slutsatser dras i rapporten:

Slutsatser i korthet

1. Kostnadsnyttokalkyler och andra konventionella metoder för analys och beslut om risker förutsätter god kunskap om skador och sannolikheter för dessa. I klimatfrågan saknas ett sådant fullgott beslutsunderlag. Samtidigt står det klart att den vetenskapliga bilden blivit allt mer illavarslande. Följden är stora utmaningar för riskanalys och beslutsfattande om åtgärder.
2. Den klimাতেkonomiska kunskapen, modellerna och de antaganden de bygger på har utvecklats snabbt de senaste decennierna. En övergripande slutsats är att kostnaderna för klimatförändringar med hög sannolikhet är betydande, liksom att sannolikheten för katastrofala utfall inte kan ignoreras. Modelleringsresultaten är samtidigt starkt beroende av gjorda antaganden, såsom val av diskonteringsränta, tillväxtantaganden, klimatkänslighet, skadefunktion och teknisk utveckling.
3. Analyser av kostnader för klimatåtgärder visar att dessa överlag är klart lägre än kostnaderna för inaktivitet. Trots att antalet studier är begränsat framgår att även tillkommande nyttor av åtgärder, till exempel minskad ohälsa, är betydande.
4. Det står alltså klart att samhällsekonomiska analyser tydligt talar för en skärpt klimatpolitik. Konventionella kalkyler fångar dock inte osäkerheter och risker för katastrofala utfall. I en sådan situation aktualiseras försiktighetsprincipen och beslutsfattande trots stor osäkerhet, inklusive strategier för omvänd bevisbörla vid målsättning och ett slags "försäkringstänkande" för att undvika konsekvenserna av extrema utfall.
5. Det är dyrt att vänta med att genomföra åtgärder. Vid passivitet ökar åtgärdskostnader snabbt över tid eftersom en ackumulerad koncentrationsökning av växthusgaser kan medföra ökade permanenta skador. Givet ett oförändrat koncentrationsmål innebär senare åtgärder krav på snabbare utsläppsminskningar och snabbare samhällsomställning, vilket också ökar kostnaderna.
6. Även om det är samhällsekonomiskt lönsamt att kraftfulla och snabba åtgärder vidtas och att de flesta, direkt eller indirekt via en mer positiv ekonomisk och social utveckling, tjänar på detta kommer kostnader och nyttor, speciellt på kort sikt, att fördelas ojämnt. Detta utgör ett av hindren för en verksam klimatpolitik.
7. Att inte agera på grund av fördelningseffekter leder till högre kostnader. Att hantera fördelningseffekterna är därför en av de viktigaste frågorna när det gäller att åstadkomma en samhällsekonomiskt effektiv klimatpolitik.
8. Enligt IPCC 2014 behöver de globala utsläppen minska med åtminstone 40-70 procent till 2050 jämfört med 2010 för att med minst 66 procent sannolikhet klara det internationellt antagna 2-gradersmålet, varefter flera scenarier förutsätter negativa utsläpp under lång tid. Enligt "Earth Statement" bör dock utsläppen nå nollnivåer vid mitten på detta århundrade för att 2-gradersmålet ska klaras med rimlig sannolikhet. Enligt klimatavtalet i Paris 2015 ska uppvärmningen dessutom hejdas väl under 2 grader och ansträngningar ska göras för att begränsa den vid 1,5 grader. Med en ansvarsfördelning där rika länder går före behöver dessa länders utsläpp därför vara nära noll betydligt tidigare. Vissa forskare, företag och organisationer har mot denna bakgrund föreslagit att ett föregångsland med ambitiösa mål bör ta sikte på utsläpp nära noll ungefär vid år 2030.
9. Då det visat sig vara svårt att nå tillräckligt omfattande globala åtaganden har flera ledande klimাতেkonomer och andra forskare föreslagit komplement till en skärpt konventionell klimatpolitik. Förslagen inkluderar kraftfulla subventioner till bland annat förnybar energi, inrättande av "klimatklubbar" för länder som tillsammans går före, samt en kraftfull satsning på

forskning och teknikutveckling – ett ”Apollolikhande” projekt för klimatet – som syftar till att utveckla konkurrenskraftiga energialternativ, lägre omställningskostnader och högre omställningstempo.

Litteraturoversikten som presenteras i denna rapport visar att klimatfrågan är utmanande för traditionellt beslutsfattande byggt på konsekvensetik. Detta då konsekvensanalyser förutsätter en god kunskap om kostnader och nyttor, vilket i hög grad saknas, samtidigt som riskerna är betydande. Utifrån den kunskap och de data som finns visar dock kostnadsnyttoanalyser ett tydligt behov av en skärpt klimatpolitik. En slutsats är att komplettera kostnadsnyttoanalyser med ett försiktighetstänkande som fokuserar på att med hög sannolikhet undvika de största riskerna. Flera climatekonomers slutsats idag är att klimatpolitiken behöver stärkas med åtgärder som bedöms verksamma, även om dessa inte nödvändigtvis är de mest kostnadseffektiva.

För att nå framgång krävs fokus på måleffektivitet, fördelningshänsyn, samarbete, genuint nytänkande och omtanke. Det behövs en etik och politik för framtiden och samtiden, med nya principer rörande bevisbörda vid beslutsfattande. En positiv samhällsutveckling och en god ekonomisk utveckling förutsätter en verksam klimatpolitik.

Summary

This report is originally written as a decision support document for the Swedish All Party Committee on Environmental Objectives (Miljömålsberedningen) whose tasks include proposing a climate policy framework for Sweden. The aim of the report is to analyse political decision-making on climate policy and how it is affected by economic modelling and decision-making requirements. The report provides an overview of costs and benefits of climate policy measures and discusses decision-making approaches and the burden of proof under climate scientific uncertainty. The following main conclusions are drawn in the report.

Conclusions in brief

1. Cost-benefit calculations and other conventional methods for analysis and decision-making about risks presuppose adequate knowledge about harmful effects and the probability of their realisation. When it comes to climate issues, such sufficient decision support documentation is not available. At the same time, it is clear that the scientific picture has become increasingly alarming. All in all, this causes major challenges for risk analysis and decision-making on measures.
2. Knowledge about climate economics, the models and the assumptions they are based on, has grown rapidly in recent decades. One general conclusion is that it is very likely that the costs of climate change will be considerable and that the probability of disastrous outcomes cannot be ignored. At the same time, the modelling results are strongly dependent on the assumptions that have been made, such as choice of discount rate, growth assumptions, climate vulnerability, damage function and technical developments.
3. Analyses of costs for climate measures show that in general, it is much less costly to take measures than not to do so. In addition, even though the number of studies is limited, it has been shown that co-benefits of measures, e.g. less ill health, are substantial.
4. Socioeconomic analyses thus indicate that more stringent climate policy is required. However, conventional calculations do not capture uncertainties and the risk of disastrous outcomes. In such a situation, the precautionary principle is invoked and decisions can be made despite considerable uncertainty, including strategies for a reversed burden of proof when setting up goals and an "insurance approach" to avoid the consequences of extreme outcomes.
5. It will be more costly to postpone taking measures. Passivity will rapidly increase the cost of measures over time since the accumulated increase of the concentration of greenhouse gases may result in permanent damage. Given an unchanged concentration goal, measures that are taken later will require faster emissions reductions and faster societal adjustment, which will also mean higher costs.
6. Even if it is socioeconomically profitable to take powerful measures rapidly, and even though most people would benefit from that directly or indirectly via better economic and social developments, costs and benefits will be unevenly distributed, especially in the short term. This constitutes one of the obstacles for an effective climate policy.
7. Not taking action because of distribution effects will lead to higher costs. Therefore, the management of distribution effects is one of the most important issues when it comes to bringing about effective and socioeconomically efficient climate policy.
8. According to IPCC 2014, global emissions must be reduced by at least 40-70 percent by 2050 compared with 2010 in order for there to be 66 percent probability that the international 2-degree goal will be reached, after which a number of scenarios presuppose negative emissions over a long period of time. However, according to the "Earth Statement", emissions should reach close to zero levels by the middle of this century in order for there to be reasonable probability that the 2-degree goal will be achieved. Moreover, according to the climate treaty in Paris 2015, global warming must be stopped well under 2 degrees and efforts must be made to limit it to 1.5 degrees. If responsibility is distributed so that wealthy countries lead the way, these countries' emissions must be near zero

much earlier than that. Against this background, some researchers, companies and organisations have proposed that a forerunner country, with ambitious goals, should aim for emissions near zero around 2030.

9. Because it has proved difficult to bring about sufficiently far-reaching global undertakings, a number of leading climate economists and other researchers have suggested supplementary measures for more stringent conventional climate policy. The proposals include “aggressive” subsidies to, for instance, renewable energy, the setting up of “climate clubs” for countries who join forces and lead the way, and major investment in research and technology development – a kind of “Apollo” project for climate – that aims to develop competitive renewable energy, lower adjustment costs and a higher pace of adjustment.

The literature overview presented in this report shows that the issue of climate challenges traditional decision-making based on consequence ethics. Consequence ethics presupposes adequate knowledge about costs and benefits, which in this case is lacking to a high degree. At the same time, risks are substantial. On the basis of the knowledge and data available, cost-benefit analyses however indicate a clear need for more stringent climate policy. One conclusion is to supplement the cost-benefit analyses with a precautionary principle – an “insurance approach” – aiming to avoid the worse risks. The conclusion drawn by several climate economists today is therefore that climate policy must be supplemented with effective measures, even if they are not necessarily the most cost efficient.

In order for climate policy to be successful there must be a focus on goal efficiency, distribution effects, cooperation, genuine new thinking and solicitude. Positive societal development and good economic development presuppose effective climate policy.

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	3
Slutsatser i korthet	3
Summary	5
Conclusions in brief	5
1. Förutsättningar för klimatpolitiska beslut.....	9
1.1. Etiska utgångspunkter.....	9
1.2. Riskanalyser och kostnadsnyttoanalyser	10
1.3. Sammanfattande slutsatser.....	10
2. Klimatfrågan – en utmanande komplexitet.....	12
2.1. Klimatförändringarnas effekter, risker och osäkerheter	12
2.1.1. Klimatförändringarnas effekter.....	12
2.1.2. Klimatförändringarnas ekonomiska effekter	13
2.1.3. Risker för dramatiska klimateffekter	15
2.1.4. Ogynnsam osäkerhet	16
2.2. Klimatfrågan – en utmaning för riskanalys och kostnadsnyttoanalyser	17
2.2.1. Riskanalyser utmanas	17
2.2.2. Kostnadsnyttoanalyser utmanas än mer	18
2.3. Sammanfattande slutsatser.....	19
3. Klimatet och analysen av kostnader och nyttor.....	20
3.1. Kostnader vid inaktivitet – ekonomiska klimatmodeller	20
3.1.1. DICE och William Nordhaus	22
3.1.2. PAGE och Nicolas Stern.....	23
3.1.3. Den sammantagna bilden idag	24
3.2. Kostnader vid aktivitet – två ansatser	27
3.2.1. Undvikandekostnadsmodeller.....	27
3.2.2. Marginalkostnadskurvor – kostnader för enskilda åtgärder	29
3.3. Kostnadsmodellernas viktigaste antaganden.....	30
3.3.1. Baslinjen – BAU-antaganden	30
3.3.2. Klimatkänslighet	30
3.3.3. Marknaden	31
3.3.4. Energisektorn	31
3.3.5. Teknologisk förändring.....	31
3.3.6. Befintlig teknik.....	31
3.3.7. Diskonteringsräntans betydelse	32
3.4. Nyttor vid aktivitet – ett framväxande studieområde	32
3.4.1. Miljöförbättringar och hälsa.....	34
3.4.2. Makroekonomiska effekter, konkurrenskraft mm	35
3.5. Fördelningseffekter – på kort och lång sikt	36
3.6. Sammanfattande slutsatser.....	38
4. Bevis och beslut för klimatpolitisk förnyelse	39

4.1.	Beslut under vetenskaplig osäkerhet	39
4.1.1.	Martin Weitzmans kritik.....	41
4.2.	Hur omfattande klimatåtgärder krävs för att undvika farliga temperaturförändringar	43
4.3.	Hur snabba klimatåtgärder krävs – att vänta eller inte vänta med att vidta klimatåtgärder	45
4.4.	Kriterier för åtgärder	45
4.4.1.	Etiskt ansvarstagande för framtid och samtid.....	46
4.5.	Sammanfattande slutsatser	47
5.	Klimatpolitisk förnyelse.....	49
5.1.	Konventionell klimatpolitik: pris på utsläpp, budget och reglering	49
5.2.	Nya klimatpolitiska ansatser	50
5.2.1.	Kraftfulla subventioner – “push renewables to spur carbon pricing”	50
5.2.2.	Klimatklubbar kan lösa snålskjutsproblem	51
5.2.3.	Ett globalt Apolloprojekt – ett 10-årigt globalt projekt	52
5.3.	Sammanfattande slutsatser	52
6.	Referenser	54

1. Förutsättningar för klimatpolitiska beslut

Vi ser i detta kapitel hur konventionella risk- och kostnadsnyttoanalyser bygger på en viss etisk utgångspunkt, den konsekvensetiska, och att den medför krav på kunskap om risker, möjligheter, kostnader och nyttor. Vi ser vidare att denna utgångspunkt innebär att den samhällliga nyttan går före nyttan för enskilda individer eller aktörer.

Politik kretsar i hög grad kring beslutsfattande och vad som är en god och önskvärd organisering och utveckling av samhället. Oavsett ideologi fattas merparten av besluten i samhället implicit eller explicit utifrån en etisk bas. Mer explicita beslutsunderlag, och som huvuddelen av denna rapport handlar om, består av analyser av risker och möjligheter, samt kostnader och nyttor av olika alternativ. Den etiska basen styr analysen och bedömningen av alternativ.

1.1. Etiska utgångspunkter

Beslutsfattandets etiska utgångspunkt är ofta pliktetisk eller konsekvensetisk. Till *pliktetiken* hör idén om mer eller mindre undantagslösa handlingsregler². Dessa kan vara outtalade (det är fel att orsaka lidande i onödan) eller finnas i lagstiftningen (till exempel förbud mot barnaga). I viss mån finns sådana plikter uttryckta i den svenska miljöpolitiken och miljöretten, även om de ibland står i konflikt med varandra³.

Det dominerande draget i beslutsfattandet i samhället, inklusive i miljöpolitiken och miljölagstiftningen, är dock det *konsekvensetiska*, dvs. att det är enbart handlingarnas konsekvenser (inte deras innebörd i sig eller motiven bakom) som är avgörande. Beslut ska fattas så att det goda (lycka, önskningar, välfärd, eller vad som nu eftersträvas) maximeras. Den grunden ligger bakom mycket av politiken för exempelvis skatter, sjukförsäkringar, pensioner och infrastruktur, även om olika partier och ideologier kan dra olika slutsatser om vad som är mest eftersträvänsvärt. Ett tydligt exempel i miljöpolitiken är miljöbalkens grundläggande rimlighetsavvägning⁴.

Den dominerande formen av konsekvensetik, utilitarismen, fokuserar på den totala nyttan och är strikt opersonlig, dvs. det antas irrelevant vilka personer som nyttor tillfaller.⁵

För att kunna fatta bra konsekvensetiska beslut i ett tekniskt komplext samhälle, där effekterna av olika handlingar och beslut ofta är svåröverskådliga – och ibland genuint oförutsägbara – behövs tydliga och verksamma regler och metoder för beslutsfattande, samt en professionell och effektiv tillämpning av dessa.

På miljö- och hälsoområdet finns en rad metoder och ansatser för att beskriva effekter av olika slag, exempelvis i en miljökonsekvensbeskrivning, livscykelanalys, positionsanalys, riskbedömning eller fotavtrycksberäkning.⁶ Ett fullgott beslutsfattande förutsätter dock även en bedömning av de fördelar som kan tänkas följa. Begreppsparen risk-möjlighet (som rör det potentiella utfallet) respektive kostnad-nytta (som rör det uppenbara) ställs därför ofta mot varandra i en avvägning när utgångspunkten är konsekvensetisk, exempelvis i en kostnadsnyttoanalys.

² Ett klassiskt exempel gavs av Immanuel Kant: ”Handla endast efter den maxim genom vilken du tillika kan vilja att den blir en allmän lag.”

³ Såväl vissa miljö kvalitetsmål och miljöpolitiska principer som direkta kravregler i exempelvis miljöbalken kan räknas hit.

⁴ Miljöbalken (SFS 1998:808) 2 kap. 7 §: ”Vid denna bedömning ska särskild hänsyn tas till nyttan av skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått jämfört med kostnaderna för sådana åtgärder.”

⁵ En lättillgänglig översikt av dessa frågor finns i t.ex. Ariansen (1993). Men en icke-antropocentrisk utgångspunkt tas även andra organismer än människor i beaktande.

⁶ En bra översikt finns i Moberg et al. (1999)

1.2. Riskanalyser och kostnadsnyttoanalyser

På *riskanalysens* område ligger fokus ofta på att beskriva en önskad händelse, dess allvarlighet, och sannolikheten för att den inträffar. På klimatområdet arbetar bland annat FN:s klimatpanel IPCC med att beskriva dels mekanismer bakom och effekter av klimatförändringar, dels sannolikheter för att dessa inträffar vid olika scenarier, vilka i sin tur baseras på en rad olika antaganden om klimatsystemet och utvecklingen i världen.⁷

Den metod som dominerar arbetet med nationalekonomiska kvantitativa globala beslutsunderlag bygger på neoklassisk teori och går under ett antal olika beteckningar, såsom kostnadsintäktskalkyl (CBA – Cost Benefit Analysis), samhällsekonomisk analys eller *kostnadsnyttoanalys*.⁸ Kostnadsnyttoanalysen är en praktiskt avskalad tillämpning av ett utilitaristiskt etiskt perspektiv dvs. det är (de totala) konsekvenserna som är avgörande⁹.

Syftet med en kostnadsnyttoanalys är att skapa en strukturerad helhetsbild av en åtgärds samlade effekter för att undersöka om den är samhällsekonomiskt lönsam eller inte, dvs. om den bidrar till att öka den *samhällsekonomiska effektiviteten*. Samhällsekonomisk effektivitet innebär att samhällets resurser används för att skapa så stor nytta för samhället som möjligt, oavsett om det handlar om tid, miljö, hälsa, eller något annat. Ytterst handlar det om att fatta beslut så att samhällets individer får det så bra som möjligt, i dag och i framtiden. En åtgärd anses önskvärd om de gynnades nyttoökning är större än de eventuellt drabbades kostnadsökning, då de senare åtminstone i teorin kan erhålla kompensation.¹⁰

Kostnadsnyttoanalyser är ett försök att på ett transparent sätt skapa en uppfattning och jämförelse av kostnader och nyttor. I kalkylen inkluderas i teorin alla positiva och negativa effekter, i dag och i framtiden, av en åtgärd som företrädesvis kan värderas i pengar (dvs. monetärt). De effekter som inte kan värderas i pengar ska pekas ut och deras storlek bör uppskattas och så långt möjligt värderas – åtminstone grovt.¹¹

Grunden för kostnadsnyttoanalyser är neoklassisk ekonomisk teori. Denna teori bygger på vissa grundläggande antaganden, till exempel på att äganderätter är väl definierade och avgränsade, och på att människan är en nytto-maximerande och rationell varelse, som frivilligt köper och säljer på marknader för att öka sin välfärd.

Vid beslutsfattande om risker, liksom vid analyser av kostnader och nyttor, är det avgörande att de alternativ som ställs emot varandra kan identifieras och beskrivas, samtidigt som både skadliga effekter och sannolikheter är kända i tillräcklig och likvärdig grad. Då kan rättvisande jämförelser mellan alternativ ske och först då finns det goda förutsättningar att analysera kostnader och nyttor. Hur dessa fördelas beskrivs dock i regel inte, inte heller om riskerna och effekterna till exempel är reversibla eller inte.¹²

1.3. Sammanfattande slutsatser

Politiskt beslutsfattande har, även om den inte alltid är uttalat, en etisk utgångspunkt. Det konsekvensetiska, utilitaristiska perspektivet innebär att konsekvenserna av beslut analyseras utifrån ett samhällsperspektiv där samhällsnyttan går före privatekonomisk nytta. Motivet är att maximera den totala nettonyttan och att om samhällsnyttan överväger samhällskostnaderna så kan de som förfördelas kompenseras.

⁷ IPCC har utvecklat resonemangen om risk framförallt i den senaste bedömningen; se IPCC (2014)

⁸ En översikt på svenska finns i Mattsson (1988)

⁹ Med praktiskt avskalad avses att alla tänkbara konsekvenser inte kan tas med i kalkylen, jämför Sen (1987).

¹⁰ Om nyttor och kostnader fördelas olika över stora geografiska avstånd eller långa tidsrymder kan kompensation vara svår eller omöjlig att säkerställa.

¹¹ SIKA (2005)

¹² Se vidare om etik, risk och beslut i Renn och Klinke (2002); Karlsson (2005); Hansson (2012)

Den konsekvensetiska utgångspunkten ställer höga krav på kunskap om risker, möjligheter, kostnader och nyttor samt att de olika alternativen kan jämföras med varandra.

Vi ska i nästa kapitel se på mötet mellan de teoretiska utgångspunkterna för riskanalys och kostnadsnyttoanalys och klimatfrågan och dess komplexa karaktär.

2. Klimatfrågan – en utmanande komplexitet

Kapitlet visar att klimatförändringarna är synnerligen komplexa och svårbedömda. Effekterna inkluderar redan påbörjade men framför allt potentiellt stora eller till och med katastrofala effekter. Bedömningen av skadornas omfattning har över tiden uppgraderats. Vetenskaplig osäkerhet i kombination med klimatförändringarnas stora risker skapar stora utmaningar och problem i förhållande till de utgångspunkter som gäller för såväl riskanalyser som kostnadsnyttoanalyser.

Klimatfrågan utmanar allt beslutsfattande, inte minst det som förutsätter konsekvensetiska analyser. I detta kapitel redogörs kort för klimatförändringarnas effekter, risker, samt geografiska och tidsmässiga omfattning, och vad detta betyder för möjligheterna att upprätta tillförlitliga riskanalyser och kostnadsnyttoanalyser. I hög grad bygger vi redovisningen på rapporter från FN:s mellanstatliga klimatpanel IPCC, men vi tar också upp exempelvis studier som kommit efter de senaste IPCC-rapporterna.

2.1. Klimatförändringarnas effekter, risker och osäkerheter¹³

Klimatforskningen har gjort stora landvinningar de senaste decennierna. Från ett läge med oenighet, stora kunskapsluckor, ett fåtal scenarier och i hög grad kvalitativa beskrivningar av effekter i de första IPCC-rapporterna från början på 1990-talet, kan IPCC numera redovisa ett brett konsensusbygge, hundratals scenarier och en hög grad av kvantifiering.¹⁴ Att mänskligheten på ett tydligt sätt påverkar klimatet står klart i IPCC-rapporterna, liksom att en fortsättning av dagens utsläppstrender skulle medföra dramatiska effekter och risker, med exponentiellt ökande kostnader i termer av mänsklig välfärd och ekonomisk aktivitet.¹⁵ Abrupta skiften i klimatet med än värre följder går inte att utesluta, men både effekter och sannolikheter för en sådan utveckling är, som vi ska se nedan, djupt oklara.

2.1.1. Klimatförändringarnas effekter

När det gäller effekter i ekosystem och inom olika samhällssektorer vid en viss ökning av temperaturen har den vetenskapliga bedömningen förändrats över tiden. IPCC:s andra rapport 1995¹⁶ beskrev dramatiska effekter för samhället och miljön vid en uppvärmning på redan ett fåtal grader, däribland en stor havsyttehöjning längs många kuster med bebyggelse och stor befolkning, svår torka och ökad vattenstress i stora områden, försämrade odlingsmöjligheter i stora delar av världen, samt omfattande förluster av biologisk mångfald. I dag är den vetenskapliga problembilden ännu mer bekymmersam. Flera allvarliga effekter beskrivs idag inträffa vid lägre temperaturer än vad som tidigare bedömts, vilket framgår väl av det sammanfattande diagrammet över fem kategorier av risker på systemnivå, i IPCC-sammanhang rubricerat ”reasons for concern” (se Figur 1).¹⁷

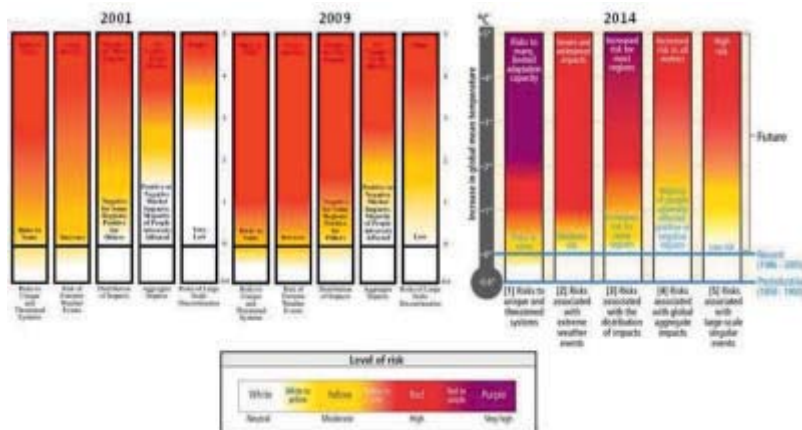
¹³ Syftet med denna rapport är inte att ge en detaljerad beskrivning av riskerna med klimatförändringar. För den som vill ha en uppdatering på detta område hänvisas till IPCCs senaste rapporter (se t.ex. IPCC 2014). Som en bakgrund till analysen av kostnader och nyttor av klimatåtgärder ger vi dock i detta avsnitt en översikt av kunskapsläget.

¹⁴ Jämför exempelvis IPCC (1995) med IPCC (2014)

¹⁵ Tol (2009)

¹⁶ IPCC (1995)

¹⁷ Se även Mahony (2015) om hur diagrammen utvecklats och använts.



Figur 1. Samband mellan global temperaturhöjning och fem kategorier av risker ("reasons for concern"). Som framgår "faller det röda" över tid, dvs. hög risk för allvarlig skada konstateras i senare bedömningar ske vid lägre temperaturökning än tidigare bedömt. Källa: IPCC (2001, 2014); Smith et al. (2009).

Klimatförändringarna påverkar med andra ord livsuppehållande system i stora delar av världen, inklusive centrala försörjningssystem. Det kanske mest basala av dessa är jordbruket, där en rad studier genom åren visar på betydande problem. I ett fåtal lokala fall kan en ökad temperatur och koldioxidhalt gynna jordbruket men överlag visar merparten studier att högre globala medeltemperaturer har en statistiskt signifikant negativ effekt på produktionen av de dominerande grödorna.¹⁸ Effekterna ökar när temperaturen når över tröskelvärden av betydelse för specifika grödor. Förändringar i nederbörd och torka påverkar också jordbrukets produktion, men här är resultaten mer osäkra och vissa effekter kan hanteras genom konstbevattning, men samtidigt råder allmän brist på vattentillgång i många torrare områden. Analyser av anpassning till högre temperaturer genom byte av gröda visar på begränsningar; empirin visar snarare att anpassning istället sker genom att människor flyttar, främst i utvecklingsländer men också i rikare länder.¹⁹

För svensk del medför det varmare klimatet en stigande havsnivå, vilket bedöms kunna skada infrastruktur och bebyggelse längs stora delar av Sveriges kust.²⁰ Likaså kan en rejält ökad nederbörd, med mer frekventa översvämningar och skred, skada infrastruktur. Ett varmare klimat påverkar även ekosystemen, inte minst fjällmiljöer men också sjöar och Östersjön. Ur ett hälsoperspektiv kan nya sjukdomar spridas och värmerelaterad ohälsa öka. Ökad sommartorka och ökad nederbörd i odlingsbygder kan skada jordbruket. För Sverige innebär klimatförändringarna också potentiellt vissa positiva effekter såsom längre växtsäsong, minskad uppvärmningskostnad och en högre vattenkraftspotential.²¹

2.1.2. Klimatförändringarnas ekonomiska effekter

En analys av klimatförändringarnas effekter på ekonomin föregås av flera steg såsom skattningar av utsläpp, utsläppens klimateffekter, inklusive extremt väder (se vidare i kapitel 3). Ekonomin påverkas av både de successiva klimatförändringarna, till exempel allt mildare vintrar, och förändringar i förekomsten av väderextremer, till exempel skyfall och värmeböljor ("climate is what we expect,

¹⁸ IPCC (2014); Dell et al. (2014)

¹⁹ Dell et al. (2014)

²⁰ Se t.ex. Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007). Även om vi behandlar den ekonomiska dimensionen i framförallt kapitel 3 kan vi redan här påtala att nämnda utredning uppskattade kostnader på i storleksordningen 1000-2000 miljarder kronor mellan 2010 och 2100 för ett medelhögt och ett medellågt klimatscenario.

²¹ Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007) angav "intäkter" på cirka 1100-1700 miljarder (år 2010-2100).

weather is what we get”). En litteraturöversikt²² drar slutsatsen att temperatur, nederbörd och extremväder kan kopplas till, och har ett statistiskt signifikant samband med, en rad ekonomiska parametrar såsom jordbrukets produktivitet, mortalitet, arbetsproduktivitet, energiefterfråga, konflikter, migration och ekonomisk tillväxt. En rapport från OECD 2015 drar liknande slutsatser.²³

Idén om att temperaturen påverkar *människors produktivitet* är gammal. Nutida forskning om produktivitet ger stöd åt denna intuitiva kunskap. Studier visar på att varje grads temperaturavvikelse från en optimal temperatur(zon) minskar människors kognitiva förmåga och produktivitet med cirka 2 procent. Extremväder påverkar produktiviteten genom att antalet arbetade timmar minskar. Effekterna avseende både förändrad medeltemperatur och extremväder är störst i utvecklingsländer. Klimatförändringarna leder till minskade *skördar i jordbruket*²⁴, minskade *fångster i fisket*²⁵ och påverkar *turismen* negativt²⁶.

Högre temperaturer leder till högre *dödlighet*. Värmeböljor leder till en tydlig ökning av dödligheten. Effekten är tydligast i utvecklingsländer. En studie visar att dödligheten var sex gånger högre i USA under 1920- och 1930-talet jämfört med i dag. Dödligheten i Indien ligger på nivån för USA på 1920- och 1930-talet. Effekterna beror på att högre temperaturer ökar dödligheten hos gamla och sjuka och spädbarnsdödligheten, samtidigt som vissa sjukdomar, såsom parasitsjukdomar, och kan också relateras till att mat lätt blir dålig vid högre temperaturer.²⁷ Minskningen i dödlighet i USA beror främst på ökad tillgång till luftkonditionering.²⁸ När det gäller *energianvändning* visar studier i USA på ett U-format samband där högre såväl som lägre temperaturer än normalt ökar efterfrågan på energi (för kyla respektive värme).²⁹

Ett antal studier har analyserat sambandet mellan klimatförändringar och *konflikter*. Enligt IPCC:s senaste rapport finns det inte givna kopplingar mellan klimatförändringar och konflikter. Däremot påverkar klimatförändringar underliggande faktorer som i sin tur kan öka konfliktrisken.³⁰ Kausaliteten går från klimatförändringar och extremväder till lägre inkomster som i sin tur ökar konflikterna. Klimatförändringar, torka och översvämningar leder till minskade inkomster och intäkter samt ökade utgifter för staten. Likaså leder extremväder till högre livsmedelspriser.³¹ Extremväder har inte visats leda till någon ökning av antalet konflikter i rika och politiskt stabila länder. Däremot visar studier att aggression och kriminalitet ökar vid högre temperaturer även i rika länder.

När det gäller *migration* är sambanden osäkra. Det finns studier som visar att klimatförändringar, som påverkar jordbruket negativt, kan leda till migration både i rika och i utvecklingsländer. Huvuddelen av migrationen sker inom drabbade länder och alla som drabbas har inte möjlighet att migrera på ett organiserat sätt. Möjligheten att migrerar kan samtidigt minska effekterna av klimatförändringar.³²

När det gäller *ekonomisk tillväxt* har en negativ korrelation mellan (årsmedel)temperatur och inkomst per capita noterats ända tillbaka till 1400-talet.³³ Sambandet har för mer nutida data studerats och konfirmerats i flera studier.³⁴ Sambandet gäller mellan länder och inom länder. Experiment visar att människor som studerar och arbetar i temperaturer som avviker från en optimal temperatur presterar sämre och är mindre produktiva. Enligt studier minskar en temperaturökning på 1 grad per capita-inkomsten med 1,4 procent, men bara i fattiga länder. Effekten reverseras inte när temperaturen

²² Dell et al. (2014)

²³ OECD (2015)

²⁴ Nelson et al. (2014)

²⁵ Cheung et al. (2009)

²⁶ Bigano et al. (2007)

²⁷ Dell et al. (2014)

²⁸ Barreca et al (2013)

²⁹ Dell et al. (2014)

³⁰ IPCC (2014)

³¹ Dell et al (2014)

³² Raleigh et al (2008)

³³ Gates (1967)

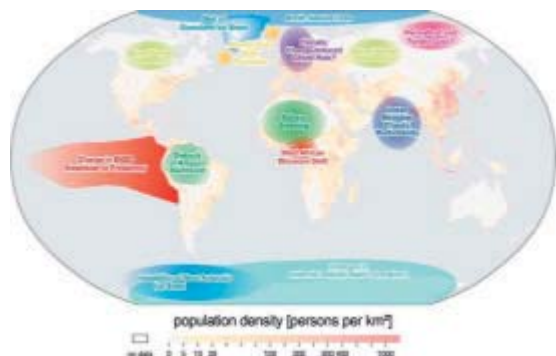
³⁴ Dell et al. (2014)

återgår till det normala, vilket indikerar att effekten kan få långsiktiga konsekvenser för tillväxten i ekonomin. I rika länder återfinns inte den negativa effekten vilket kan förklaras av användningen av luftkonditionering.

Sammanfattningsvis finns det många studier som visar på tydliga och signifikanta samband mellan klimatförändringar och ekonomin, förändringar som i de flesta fall är negativa.

2.1.3. Risker för dramatiska klimateffekter

I den systemekologiska forskningen har det på senare år allt tydligare beskrivits att regimskiften kan ske i ekosystem till följd av mänsklig påverkan, exempelvis när det gäller förhållanden i så skilda system som Östersjön och savannområden.³⁵ Ekosystem (och sociala system³⁶) har en viss resiliens, dvs. en viss stresstålighet, återhämtningsförmåga och långsiktig anpassningsförmåga men om de utsätts för starkt tryck kan de genomgå mer eller mindre katastrofartade regimskiften³⁷, från ett stabilt läge till ett annat. Forskningen identifierar både tröskelpunkter ("tipping points") och tröskelkomponenter ("tipping elements") i biosfären. Mycket talar för att sådana tröskelpunkter finns också när det gäller klimatsystemen och deras relation till andra storskaliga planetära system. I forskningen om så kallade "planetära gränser" har en kritisk tröskel ("a safe planetary boundary") för växthusgaser på 350 ppm koldioxidkvalenter (CO₂e) föreslagits.³⁸ Forskningen har också pekat ut en rad för klimatet centrala potentiella tröskelkomponenter, exempelvis havsisen på Arktis, landisen på Grönland och i delar av Antarktis, boreala skogar, och permafrost.³⁹ I vissa fall kan överskridanden av tröskelpunkter i dessa system leda till självförstärkande effekter i onda cirklar, se Figur 2 nedan. Ett exempel är att om uppvärmningen leder till att permafrosten smälter, så frigörs metan (en aggressiv växthusgas), vilket ytterligare riskerar öka uppvärmningen, avsmältningen och metanavgången, osv. Det ter sig ganska givet att osäkerheten om sådana komplexa globala effekter, vid vilken klimatförändring de potentiellt kan tänkas ske, och hur det sedan kan återverka på klimatet, är synnerligen hög.



Figur 2. Karta över potentiella "tipping elements". Källa. Lenton et al (2008) .

I en ny studie kopplar Joachim Schellnhuber⁴⁰ samman riskerna för sådana storskaliga förändringar av specifika system med temperaturförändringar och IPCC:s senaste scenarier för utsläpp, vilket visar att dramatiska effekter följa redan vid en temperaturökning på 2 °C, exempelvis på korallreven i världen.

³⁵ Österblom et al. (2007); Scheffer et al. (2001)

³⁶ Se Biggs et al. (2010); Diamond (2005)

³⁷ Folke et al. (2010)

³⁸ Steffen et al. (2015). Måttet koldioxidkvalenter bygger på en samvägning av olika växthusgasers varierande förmåga att påverka klimatet.

³⁹ Lenton et al. (2008)

⁴⁰ Schellnhuber (2015) (även under tidskriftpublicering, enligt personlig kommunikation)

2.1.4. O gynnsam osäkerhet

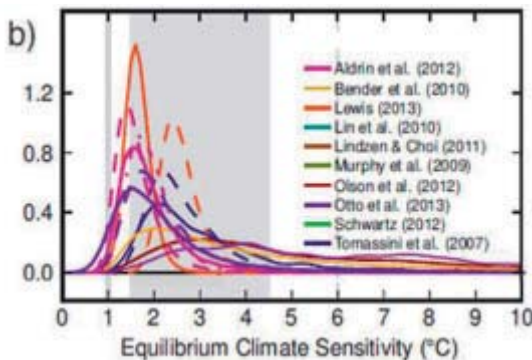
Samtidigt som kunskapen om klimatförändringarnas orsaker, konsekvenser och effekter har ökat har också kunskapen om att osäkerheterna är stora ökat. Det finns osäkerheter i hela analyskedjan från (i) skattningen av hur stora utsläpp som kan förväntas över tiden, (ii) vilka halter av växthusgaser i atmosfären som blir följden av dessa utsläpp (efter vissa upptag i olika system), (iii) hur stor uppvärmning som dessa halter genererar (den så kallade klimatkänsligheten), (iv) vilken effekt temperaturökningen har på väder, hav och isar, ekosystem och samhälle, (v) hur dessa effekter påverkar ekonomin (skadefunktionen), samt (vi) vad detta betyder för människors välfärd i olika delar av världen på kort och lång sikt.

Den kanske mest centrala parametern är klimatkänsligheten. Klimatkänslighet (Equilibrium Climate Sensitivity, ECS) definieras som den höjning av den globala medeltemperaturen som på sikt följer av att halten koldioxid fördubblas.⁴¹ Klimatkänsligheten beror på en rad faktorer och komplexa samband mellan dessa, exempelvis på hur molnbildning kan påverkas av och återverka på uppvärmningen.

Klimatkänsligheten bedömdes av IPCC i den första rapporten 1990 att troligen ligga mellan 1,5 och 4,5 grader Celsius. Intervallet har legat fast i IPCC:s bedömningar, med undantag av den fjärde som pekade på 2–4,5 °C, med 3 °C som mest sannolikt värde (i den senaste IPCC-rapporten anges inget sådant centralt värde).⁴²

Sannolikheten är dock inte normalfördelad utan har så kallade feta svansar, vilket innebär att sannolikheten för extrema händelser är hög (se Figur 3). Den feta svansen återfinns framför allt på högern (fördelningen är ”höger tung”). Detta innebär dels att en stor uppvärmning är mer sannolik än en liten uppvärmning, dels att sannolikheten för flera av de dramatiska och i värsta fall självförstärkande effekter som redovisats ovan är signifikanta, dels att effekterna i termer av risk (givet deras enorma magnitud) är mycket stora.

Det kan tilläggas att en ny studie av svenska forskare på Chalmers dessutom pekar på att sannolikheten för en uppvärmning under 2 °C vid fördubblad halt av växthusgaser är mycket låg⁴³, vilket exempelvis kan relateras till effekter på systemnivå beskrivna i Schellenhubers nya studie.



Figur 3. Exempel på diagram från IPCC som redovisar olika bedömningar av klimatkänsligheten, dvs sannolikheten (y-axeln) för olika temperaturökningar (x-axeln) vid en fördubblad koldioxidhalt; den gråfärgade ytan visar det troliga intervallet (66% sannolikhet).⁴⁴

⁴¹ Ett annat mått för klimatets respons på utsläpp är ”Transient Climate Respons (TCP)”, som beskriver temperaturökningen vid tidpunkten då fördubblad halt uppnås (eftersom det finns stor tröghet i uppvärmningen blir denna siffra lägre och inträffar långt tidigare än ECS).

⁴² En sammanställning i tabellform är gjord av Yamaguchi M (2015), se: <http://www.icef-forum.org/platform/data/file/55b70bcdf36470.18755941.pdf>.

⁴³ Johansson et al. (2015)

Vi återkommer senare i rapporten till frågan om vad dessa insikter inom naturvetenskapen betyder ur ett både ekonomiskt och policyperspektiv, och kommer då att bland annat summera Martin Weizmans forskning och slutsatser.

2.2. Klimatfrågan – en utmaning för riskanalys och kostnadsnyttoanalyser

Frågan är nu vad det klimatvetenskapliga läget innebär för möjligheterna att upprätta riskanalyser och kostnadsnyttoanalyser.

2.2.1. Riskanalyser utmanas

Om vi ställer den vetenskapliga beskrivningen av klimatförändringarna i förhållande till de grundläggande komponenterna i riskanalysen – att tydligt kunna beskriva såväl effekter som sannolikheter – står det omedelbart klart att det råder problem.

Den första svårigheten när det gäller riskanalys i klimatfrågan är den stora osäkerheten vad gäller effekterna av klimatförändringarna och särskilt effekterna av de ovan beskrivna potentiellt katastrofala händelserna (för olika tröskelkomponenter). Det är synnerligen svårt att bedöma de mer specifika effekterna inom olika ekosystem och sektorer i samhället vid ett visst gradtal, även om forskningen på den punkten har, som också redovisats ovan, utvecklats starkt det senaste decenniet. En central slutsats i stora drag är att effekterna på systemnivå vid en viss uppvärmning ses som mer allvarliga idag än för bara några år sedan.

Den andra svårigheten är att bedöma sannolikheter för att en viss uppvärmning sker. En anledning är den ovan redogjorda osäkerheten om klimatkänsligheten. En annan anledning är att den successiva klimatförändringen kan ge upphov till ytterligare förändringar som metanavgångar från permafrost, som förstärker den direkta klimateffekten av utsläppen. En tredje anledning är att utsläppens framtida utveckling inte är känd än, utan beror på världsutvecklingen inklusive klimatpolitik. Sammantaget varierar spannet i bedömningar stort, där förhållandevis begränsade skador antas i ena änden, och mer eller mindre katastrofala effekter för globala ekosystem och hela samhällen i den andra.

För det tredje är riskanalysen överlag avgränsad till bedömningar av miljö- och hälsorisker som sådana. Andra aspekter och dimensioner som följer med risktagandet beskrivs sällan, såsom effekter på säkerhet och migration samt hur risker och möjligheter fördelas mellan dem som drar nytta av, respektive belastas av, en viss klimatpåverkande verksamhet, om beslut är irreversibla eller inte, eller vilken grad av frivillighet som risktagandet medför.⁴⁵ Detta ligger oftast utanför den konventionella analysramen.

För det fjärde inkluderas sällan en analys av hur starka beviskrav som är lämpliga att ställa vad gäller att påvisa en viss effekt innan beslut om åtgärder kan fattas, trots att detta i politiken ofta har en helt avgörande betydelse för miljöpolitiska åtgärder i form av exempelvis en reglering, skatt eller budgetsatsning.

För det femte är det ovanligt att graden av vetenskaplig osäkerhet diskuteras tydligt; likaså beskrivs sällan vilken kunskap som kan saknas för att kunna fatta fullgoda beslut. IPCC preciserar förvisso sannolikheter och anger konfidensgrader bakom olika bedömningar men för inga utvecklade resonemang om lämpligheten i olika ambitionsnivåer i förhållande till uppsatta mål.

För det sjätte har en rad studier också visat att den expertkunskap som ofta efterfrågas, och som i politiken ofta anses objektiv, inte sällan präglas av värderingar.⁴⁶ Det gäller kanske särskilt, men inte enbart, på åtgärdssidan. Detta betyder ingalunda att det är omöjligt att fatta goda vetenskapsbaserade beslut, men utmaningen är oftare att hantera osäkerhet och subjektiva bedömningar än full kunskap, vilket bland annat förutsätter värderingsmässig transparens.

⁴⁴ Se vidare i IPCC (2013), figur 10.20b, överst, sid. 925.

⁴⁵ Renn och Klinke (2001)

⁴⁶ Eriksson et al. (2010a)

De svårigheter som har beskrivits gäller mer eller mindre i de flesta komplexa miljöfrågor, även om parametrar och processer för riskanalys skiljer sig åt.⁴⁷ Klimatfrågans risker, globala omfattning och tidsperspektiv gör dock riskanalysen extra utmanande. I kapitel tre och fyra återkommer vi till hur osäkerheten tolkats inom forskningen och förslag på hur den kan hanteras.

2.2.2. Kostnadsnyttoanalyser utmanas än mer

När vi rör oss från riskanalysens område till det nationalekonomiska behöver vi till att börja med konstatera att verkligheten avviker från den teoretiska idealmodellen. Människor beter sig inte alltid rationellt och på miljöområdet saknas ofta de äganderätter som är en förutsättning för oreglerad marknadsekonomisk hushållning, något som är extremt tydligt i klimatfrågan. Därför uppstår marknadsmislyckanden i form av bland annat negativa externa effekter. Detta påverkar förutsättningarna för att genomföra en välgrundad och balanserad kostnadsnyttoanalys.

Jämfört med riskanalysen förutsätter kostnadsnyttoanalyserna i regel monetär värdering av kostnader och nyttor, dvs. en översättning till ekonomiska värden, vilket är allt annat än enkelt, särskilt för de mer dramatiska klimatförändringar vi beskrivit ovan och som inte kan uteslutas. Det metodkrav som finns på att aggregera kostnader och nyttor skymmer, precis som i riskanalysen, fast nu ofta i monetära termer, viktiga dimensioner för beslutsfattare, exempelvis vilka som drar nytta respektive drabbas av risktagande, och hur eventuellt förekommande konflikter ser ut.⁴⁸

Användningen av kostnadsnyttokalkyler har tidvis väckt stor uppmärksamhet. Kritiken har ibland varit stark, inte minst när det gäller att monetärt värdera människoliv eller svårbedömda miljöeffekter, såsom förlust av biologisk mångfald. Likaså finns en debatt om hur effekter som är spridda över tiden ska hanteras, exempelvis vilken diskonteringsränta som är lämplig att anta.

Naturresurser och särskilt biologisk mångfald är svåra att värdera i monetära termer. I den neoklassiska grenen miljöekonomi brukar man identifiera olika typer av värden som en miljövara kan ha. Dit hör så kallade *användarvärden*, såsom värdet av direkt (timmer, mat) eller indirekt (rekreation) konsumtion av en naturresurs, och *icke-användarvärden*, exempelvis det i nutid upplevda värdet av att bevara en resurs för framtida generationer (s.k. arvsvärde). När uttryckliga marknadspriser inte finns på en miljövara (till exempel en ekosystemtjänst) finns det olika metoder för att försöka monetarisera miljövärdet.⁴⁹

Ett annat problem med monetariseringen är att den leder till att hänsyn inte tas till att substituerbarheten är begränsad.⁵⁰ I en översiktlig artikel exemplifierar Person och Sterner att en total kollaps av jordbruket "bara" resulterar i en BNP-effekt på 24 procent eftersom jordbrukets andel av global BNP är ungefär 24 procent.

Hanteringen av förhållandet mellan nutid och framtid görs genom ett antal antaganden som styr valet av diskonteringsräntan. Vi ska se närmare på den frågan i kapitel 3, men i korta drag handlar den om antaganden om framtida tillväxt, marginalnyttan av ytterligare konsumtion, och hur vi värderar konsumtion i dag relativt i framtiden. Generellt antas att konsumtion i dag är mer värd än konsumtion i morgon eftersom människan är otålig, men inte minst i klimatfrågan, när framtida generationer

⁴⁷ Det finns dock situationer där riskbedömningar är träffsäkra, särskilt där god erfarenhet och kunskap finns om en viss teknik eller produkt (försurning och rening av industriutsläpp är en fråga som gått från osäkerhet och konflikt, till mognad och rationell hantering i bred samverkan), eller exempelvis för infrastrukturella projekt såsom en rondell (där antalet händelser är så stort att utfallet närmar sig det som sannolikhetsmätten anger). Klimatfrågan har uppenbarligen inte den karaktären (än).

⁴⁸ I detta avseende lider de av samma principiella grundproblem som gäller för riskanalysen, vilket gör att kostnadsnyttoanalyser kritiserats för att motverka ett rikt beslutsunderlag, till skillnad från t.ex. positionsanalys, utvecklat inom ekologisk ekonom men sällan tillämpat (se t.ex. Forsberg (1999); Söderbaum (2000)).

⁴⁹ Till dessa metoder hör bland annat fastighetsvärdesmetoden, där exempelvis skillnaden i värden på fastigheter med olika miljöförhållanden kan ge ett värde på en störning, och metoden för hypotetisk betalningsvilja (contingent valuation method), där man frågar om människors hypotetiska betalningsvilja eller betalningsacceptans för olika miljöförändringar. Se vidare i t.ex. Mäler och Vincent (2005).

⁵⁰ Persson och Sterner (2008)

berörs, har det starkt ifrågasatts om man i beräkningar av diskonteringsräntan ska tillskriva dagens människors otålighet ett värde.⁵¹

2.3. Sammanfattande slutsatser

Klimatfrågans stora risker, dess komplexitet, och dess geografiska och tidsmässiga omfattning, i kombination med stora osäkerheter i hela kausalitetskedjan ställer beslutsfattandet inför stora utmaningar. Samtidigt har kunskapen utvecklats starkt och konsensus har vuxit fram om behoven av att vidta åtgärder, vilket manifesterades på FN:s klimatmöte i Paris 2015 i form av mer ambitiösa beslut och avtal än någonsin tidigare, inklusive ett skärpt globalt temperaturmål. Riskerna med klimatförändringarna är väl dokumenterade, och effekterna potentiellt mycket stora. Kunskapen om hur klimatförändringarna påverkar den globala och lokala ekonomin har vuxit och visar på signifikanta negativa effekter på exempelvis jordbruk, industri och produktivitet. Att climateffekterna inte är jämnt fördelade⁵² ökar de sammanlagda kostnaderna ytterligare och är en orsak till att effekterna potentiellt inkluderar konflikter och migration.

Det konsekvensetiska beslutsfattandet utmanas av att det förutsätter god kunskap om kausalitet, effekter, risker, kostnader och nyttor av olika handlingsalternativ.

I nästa kapitel analyseras ett centralt underlag för denna typ av beslutsfattande – den ekonomiska bedömningen av nyttor och kostnader av klimatförändringar och av att vidta klimatåtgärder. I kapitlet redovisas också en diskussion om hur osäkerheterna kan tolkas och hanteras, något som analyseras vidare i kapitel 4.

⁵¹ För en diskussion om diskonteringsräntan på svenska, se Persson och Sterner (2008)

⁵² Ojämnt fördelade climateffekter ökar skador och kostnader i både biologiska och sociala system. En jämnt fördelad temperaturökning ger lägre skador än en ojämnt fördelad då den senare kan innebära att tipping points nås och orsakar följdeffekter. När en viss region drabbas hårt blir effekterna kännbara för människor i regionen, och det kan leda till att ett område och en verksamhet överges.

3. Klimatet och analysen av kostnader och nyttor

En övergripande slutsats är att osäkerheten i kostnadsnyttoanalyser är hög. De metoder som används för att göra sådana bedömningar bygger på modeller med strukturella svagheter och antaganden som är osäkra och omdiskuterade. Samtidigt bidrar modellerna, givet att de tolkas med försiktighet, med kunskap om kostnadernas och nyttornas potentiella omfattning och relativa storlek. Kostnadsnyttoanalyserna visar att kostnaderna för inaktivitet är betydligt högre än kostnaderna för att vidta åtgärder. De tillkommande nyttorna (co-benefit) av att vidta åtgärder är vidare av allt att döma betydande och åtminstone i samma storleksordning som åtgärds-kostnaderna. Forskningen indikerar med hög samstämmighet att det är samhällsekonomiskt effektivt att vidta klimatåtgärder.

I detta kapitel ska vi se närmare på hur olika kostnader och nyttor som följer med klimatförändringar och åtgärder mot dessa kan beskrivas och analyseras i ekonomiska termer. Vi ställer oss också frågan i vilken grad sådana övningar på ett rättvisande sätt kan fånga in den höga naturvetenskapliga komplexitet och osäkerhet som vi beskrivit ovan.

	Inaktivitet	Aktivitet
Kostnader	Kostnader för att inte vidta åtgärder ("cost of inaction", dvs. business as usual). Klimatförändringens kostnader ("social cost of carbon", SCC). Se avsnitt 3.1.	Kostnader för att vidta klimatåtgärder ("cost of action"), vilken dominerat i politiken. Kostnader för att vidta tekniska och andra åtgärder för att förebygga problem (mitigation). Se vidare i avsnitt 3.2.
Nyttor	Nyttor av att inte vidta klimatåtgärder (skulle kunna kallas "benefits of inaction"). Vissa nyttor är tänkbara, t.ex. ökad produktion med vattenkraft, samt i visst jordbruket på kortare sikt. (Diskuteras inte vidare.)	Nyttor av att vidta klimatåtgärder ("co-benefits of action"). Här fokuserar vi på de nyttor som följer utöver nyttan av att undvika skador, t.ex. hälsovinster. (Se avsnitt 3.4)

Tabell 1. Aktivitet och inaktivitet för klimatåtgärder i relation till kostnader och nyttor.

3.1. Kostnader vid inaktivitet – ekonomiska klimatmodeller

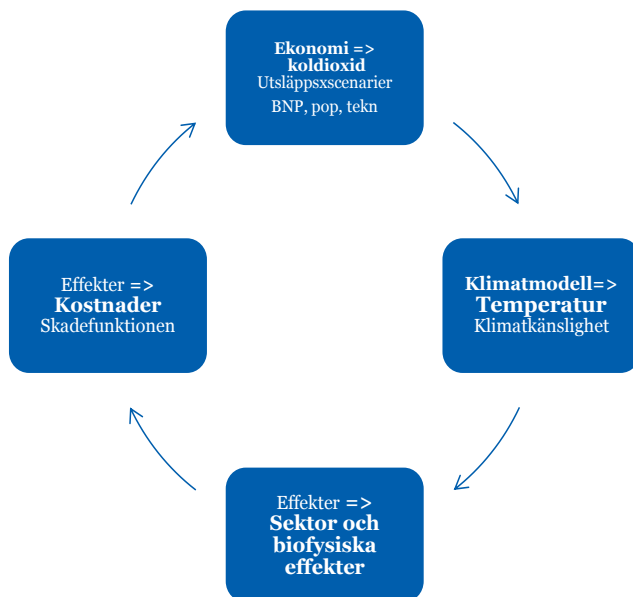
Frågan om sambanden mellan klimat och ekonomi är av gammalt datum. Som påpekas i en utförlig genomgång av den klimatekonomiska forskningen förde redan Montesquieu 1748 fram idén om att höga temperaturer påverkar produktiviteten; "excess of heat" gör människor "slothful and spirited".⁵³ De senaste decenniernas studier om klimateffekter och ekonomi är dock av en helt annan dignitet.

I arbetet med att bedöma klimatpolitiska förslag har sedan början av 1990-talet⁵⁴ olika klimatekonomiska modeller, så kallade Integrated Assessment Models (IAM), utvecklats. IAM är en typ av modeller som integrerar kunskap från olika discipliner som naturvetenskap, miljövetenskap, meteorologi och ekonomi. Syftet med de ekonomiska klimatmodellerna är att beräkna *koldioxidens samhällskostnad* ("social cost of carbon", SCC), dvs. kostnaden för de klimatförändringar som utsläpp av växthusgaser orsakar. Denna kostnad kan sedan ställas mot kostnaden för att minska utsläppen i en kostnadsnyttoanalys. Syftet är inte minst att avgöra hur mycket utsläpp som bör undvikas i olika tidsperioder.

⁵³ Dell et al. (2014)

⁵⁴ Dell et al. (2014)

I en IAM systematiseras olika skador som rapporteras i den naturvetenskapliga forskningen, till exempel av havsnivåhöjningar och extremväder, liksom minskad produktivitet i jordbruket och hälsoeffekter, varefter det beräknas hur dessa effekter slår mot ekonomins produktionskapacitet i dagens penningvärde (dvs. det diskonterade värdet av framtida kostnader). IAM innehåller vanligen fyra huvudkomponenter: en modell för förväntade utsläpp, en modell som översätter utsläpp till förändringar i temperatur, en formel för skador ("damage function") samt en välfärdsfunktion, som aggregerar skadorna över tid och rum (Figur 4).



Figur 4. Sambanden mellan huvudkomponenterna i integrerade ekonomiska bedömningsmodeller (IAM) Baserad på OECD (2015).

Resultatet av varje steg i analysen beror i hög grad på de antaganden som görs. Gällande uppvärmningen har man ofta antagit en uppvärmning på 2 grader, eller max 3 grader. I dag görs analyser med antaganden där uppvärmningen kan komma att hamna på betydligt högre nivåer, vilket ger högre skador och kostnader. Vissa av IPCC:s scenarier medför till exempel temperaturökningar från 2,5 °C upp till 7,8 °C.⁵⁵ Beräkningen av vilken genomsnittlig uppvärmning som utsläppen ger beror i hög grad på valet av värde på klimatkänsligheten. Det större spannet beror på att man på grund av hög osäkerhet inkluderar även mindre sannolika utfall. De kostnader klimatförändringarna ger upphov till är i hög grad beroende av val av diskonteringsränta.

Faktaruta 1: Att diskontera eller inte diskontera framtiden?

Ränta kan ses som den ersättning som krävs för att få någon att avstå från konsumtion i dag. Ersättningen består av flera komponenter, dels ersättning för uppskjuten konsumtion (tidspreferensersättning – människors otålighet), dels förväntad real (inflationjusterad) ränta (som i sin tur beror på förväntad tillväxt i ekonomin justerad för förväntad inflation). Till dessa faktorer läggs antagandet att marginalnyttan av konsumtion är avtagande.

Diskontering innebär att man räknar ut vad en viss framtida summa pengar eller hypotetiska kostnader eller nyttor är värda i dag utifrån en diskonteringsränta.

⁵⁵ IPCC (2014)

Diskonteringsräntan beräknas genom formeln:

$$r = \rho + \eta c$$

där r är diskonteringsräntan, ρ är tidspreferensgraden och η är absolutvärdet av marginalnyttans konsumtionselasticitet (vilken vanligtvis beräknas ligga mellan 1 och 2). c slutligen är konsumtionens tillväxttakt (BNP-tillväxten).

Det finns alltså tre skäl till att diskontera:

1. Människors önskan att konsumera i dag snarare än i morgon (ρ).
2. Ett antagande om ekonomisk tillväxt, dvs. att framtida generationer är rikare än nutida (ηc).
3. Att marginalnyttan av konsumtion är avtagande dvs. att människor när de är rikare, har lägre marginalnytta av konsumtionen (η).

Vid beräkningar av diskonteringsräntan som ska användas i sammanhang som rör framtida generationer satte Nicolas Stern (se nedan) tidspreferensgraden, ρ till nästan noll med motiveringen att man i detta sammanhang inte bör tillskriva människors otålighet något värde. $\rho = 0$. Värdet på diskonteringsräntan avgörs därefter av antaganden avseende den ekonomiska tillväxten.

Ett antagande om en hög ekonomisk tillväxt på 4 procent och ett högt värde på absolutvärdet av marginalnyttans konsumtionselasticitet, t.ex. 2 ger:

$$r = 0 + 2 * 0.04 = 0,08$$

Ett antagande om låg ekonomisk tillväxt och ett lågt värde på absolutvärdet av marginalnyttans konsumtionselasticitet på t.ex. 1 ger:

$$r = 0 + 1 * 0.01 = 0,01$$

Ett antagande om negativ ekonomisk tillväxt på 1 procent ger en negativ diskonteringsränta.

$$r = 0 + 1 * -0.01 = -0,01$$

Talande nog kom två av de första (år 1992) klimatekonomiska studierna till dramatiskt olika slutsatser om klimatkostnader, i hög grad p.g.a. olika val av just diskonteringsränta.⁵⁶ Ungefär 14 år senare blåste den omtalade "Stern Review" (se nedan) liv i frågan genom att i analysen utgå ifrån en avsevärt lägre diskonteringsränta (1,4 procent) än de då dominerande modellerna (vanligen exempelvis 6 procent).⁵⁷ Dagens kanske viktigaste globala IAM-modeller är DICE 2010, FUND 3.8, PAGE09, CRED 14 och ENVISAGE. Därutöver finns ytterligare minst ett tjugotal modeller med olika inriktningar. Samtliga syftar till att beräkna koldioxidens samhällskostnad.

3.1.1. DICE och William Nordhaus

DICE-modellen är utvecklad av *William Nordhaus* och är en av världens mest använda klimatekonomiska modeller. Bland annat används den av USA:s miljömyndighet EPA. Modellen har funnits sedan 1977 men det var först 1991 som den kom att kunna analysera effekter på ekonomin. Sedan dess har modellen uppdaterats kontinuerligt. Nordhaus tidiga analyser av koldioxidens samhällskostnad byggde på en relativt hög diskonteringsränta och indikerade relativt låga kostnader på 7,5 USD per ton koldioxid (CO₂).⁵⁸ Dessa studier av Nordhaus har kommit att användas av klimatskeptiker för att ifrågasätta klimatåtgärder, något som Nordhaus bemöter i en artikel i *The New York Review of Books* där han menar att klimatskeptikerna har fel och misstolkar hans resultat.⁵⁹ I

⁵⁶ Cline (1992); Nordhaus (1992). Cline använde 1,5 procent diskonteringsränta och drog slutsatsen att utsläppen behövde minska kraftigt; Nordhaus använde 6 procent och drog en motsatt slutsats.

⁵⁷ Stern (2006). När rapporten (skriven på uppdrag av Tony Blair) presenterades år 2006 av Nicholas Stern, tidigare chefsekonom på Världsbanken, fick den stor internationell uppmärksamhet och den har sedan dess kommit att spela en central roll i den klimatekonomiska debatten, inte minst inom EU.

⁵⁸ Nordhaus (2000)

⁵⁹ Nordhaus (2012)

artikeln skriver Nordhaus att hans forskning⁶⁰ tydligt visar på stora vinster av att vidta klimatåtgärder nu. Kostnaderna ökar över tiden.

Nordhaus har vidare i senare analyser, med andra antaganden, kommit fram till högre kostnader och menar i dag att klimatförändringar är vår tids stora utmaning och han kräver kraftfulla åtgärder. Nordhaus står till exempel bakom förslaget om klimatklubbar (se kap 5). I en studie från 2008 skattar Nordhaus att koldioxidens samhällskostnad 2015 i genomsnitt är 12 USD per ton CO₂ (se vidare faktarutan Val av måttenhet nedan).⁶¹ Nordhaus använder fortfarande en högre diskonteringsränta än exempelvis Stern, men inkluderar även modellkörningar där han visar resultatet med Sterns ränta. Han avslutar med att konstatera att diskonteringsräntan är avgörande för modellresultaten.

3.1.2. PAGE och Nicolas Stern

Sternrapporten 2006 använde sig av PAGE2002 och kom alltså fram till högre kostnader än de flesta andra studier fram till dess gjort. En huvudsak till de högre kostnaderna var den låga diskonteringsränta (1,4 procent) som Stern valde.⁶²

Sternrapporten utgick ifrån att det var sannolikt att koncentrationen växthusgaser i atmosfären kunde fördubblas fram till 2035, jämfört med förindustriell nivå. Detta skulle innebära att sannolikheten för att den globala medeltemperaturen ökar med mer än 2°C är stor. Vid 2100 var prognosen att "business-as-usual" hade en sannolikhet på 50 procent att överstiga en ökning på 5°C. Med hjälp av tillgängliga modeller fann Stern att skador i linje med baslinjescenarier kunde orsaka årliga förluster om 5 procent av global BNP enbart mätt i marknadstermer. Därutöver tog Stern hänsyn till ytterligare tre viktiga faktorer. Om den siffran först kalibreras för negativa externaliteter, dvs. hälso- och miljöeffekter som inte prisats på marknader, landar den på ungefär 11 procent av global BNP. Om klimatkänsligheten därtill sen visar sig högre än vad som antogs i basscenariot kunde förlusterna i ett andra steg öka till 7 procent (utan externaliteter) respektive 14 procent (inklusive externaliteter). I ett tredje steg tog Stern hänsyn till att kostnaderna i oproportionerligt hög grad drabbar människor som lever i fattigdom, vilket ytterligare ökar kostnaderna till sammantaget 20 procent av global BNP varje år idag och in i framtiden, en kostnad Stern jämförde med den ekonomiska kostnaden för världskriget på 1900-talet.

Dessa kostnader, argumenterade Stern, skulle i stor utsträckning kunna undvikas genom utsläppsminskningar till mycket lägre kostnader. En stabilisering vid 500–550 ppm koldioxidekvivalenter (CO₂e, se ruta 1) i atmosfären – som vid 2006 antogs vara konsistent med ett stabiliseringsmål på 2°C – skulle räcka för att undvika de värsta skadorna. Både Sterns egen bedömning och den litteraturöversikt som ingick i rapporten stöttade idén att stabilisering vid dessa nivåer skulle kosta omkring 1 procent av BNP som en årlig, återkommande kostnad.⁶³ Enligt Stern (2006) var stabiliseringsmål under 450 ppm CO₂e inte genomförbara med hänsyn till de nivåer av koldioxidekvivalenter som redan då fanns i atmosfären.⁶⁴

Stern menar i dag (2015) att de kostnader han angav i rapporten inte längre är realistiska, bland annat på grund av att de förutsatte att åtgärder omedelbart vidtogs, vilket inte har skett. I sin senaste bok, "Why are we waiting", argumenterar Stern för att det är av största vikt att inte skjuta upp genomförandet av kraftfulla åtgärder som minskar utsläppen.⁶⁵

Faktaruta 2 – val av måttenhet

⁶⁰ Nordhaus (2008)

⁶¹ Nordhaus (2011)

⁶² Stern (2006)

⁶³ Stern har sedan Sternrapporten reviderat investeringsomfånget till närmare 2 procent av BNP.

⁶⁴ Stern (2006)

⁶⁵ Stern (2015)

Koldioxidutsläppens samhällskostnad mäts antingen som kostnad per ton koldioxid (USD/tCO₂), som kostnad per ton kol (USD/tC) eller som andel av BNP.⁶⁶ Ett ton C är ungefär lika med 4 tCO₂. Mått som anges med referenser till BNP kan anges i absoluta tal mätt, vilket dock kan vara missvisande om de citeras utanför sitt sammanhang och eftersom de beror på prisbasen som väljs. Alternativt kan de anges i nuvärden, vilket därtill gör dem beroende av diskonteringsräntan, och valet av diskonteringsränta är kontroversiellt. Vanligare är att använda andel av BNP eller skillnad i tillväxttakt. Förändring som procent av BNP visar skalan för kostnader, undviker diskonteringsproblematiken samt underlättar jämförelser i tid och mellan länder. Skillnader i tillväxttakt är passande för att jämföra utsläppsminskningens kostnader på lång sikt.

3.1.3. Den sammantagna bilden idag

I en omfattande utvärdering av USA:s regering 2013 jämfördes modellresultaten från FUND 3.8, DICE 2010 och PAGE09.⁶⁷ Utvärderingen kom fram till att trots att modellerna använder olika antaganden så producerar samtliga resultat som indikerar omfattande skador och kostnader från klimatförändringar orsakade av växthusgasutsläpp över 2 grader. ENVISAGE och CRED har sedan dess producerat liknande resultat. Modellresultaten beror på val av diskonteringsränta och kostnaderna ökar över tiden.

Denna nämnda metaanalys redovisar koldioxidutsläppens samhällskostnad (SCC) 2010-2050 för diskonteringsräntor på 5 procent, 3 procent respektive 2,5 procent. Analysen inkluderar även värden för SCC för modellkörningar som inkluderar mer omfattande klimatförändringar (dvs. längre ut till höger på ”den feta svansen” i sannolikhetsfördelningen, se Figur 3). 2015 varierar värdet för SCC mellan 12 och 58 dollar per ton CO₂, med ett medelvärde baserat på en diskonteringsränta på 3 procent på 38 dollar per ton CO₂. Värdet för SCC, då mindre sannolika men fortfarande signifikanta effekter inkluderas, är 109 dollar per ton CO₂. År 2050 är SCC 27 US\$, 71 US\$ och 98 US\$ per ton CO₂.

Kostnaderna är en uppdaterad version av en tidigare likartad utvärdering som genomfördes 2010. De uppdaterade värdena är högre, vilket motiveras med revideringar av modeller och antaganden. Utvärderingen anger att dessa kostnader kan antas vara underskattade. En anledning är att modellerna inte inkluderar risker och kostnader som är svåra att monetarisera såsom social oro och klimatinducerade konflikter.

Som andel av global BNP visar metastudien på kostnader på mellan 1 procent och 14 procent vid en temperaturökning på 4 grader (CRED 14 procent, DICE 4 procent, PAGE 2 procent, FUND på 1 procent av global BNP).⁶⁸

I en studie av Van den Bergh och Botzen⁶⁹ ifrågasätts befintliga SCC-beräkningar. Författarna menar, liksom flera andra studier, att värdena är underskattningar då de inte inkluderar betydande kostsamma effekter såsom stora förluster av biodiversitet, påverkad långsiktig tillväxt, politisk instabilitet och konflikter, migration, större naturkatastrofer och irreversibla effekter av klimatförändringarna.⁷⁰ De menar vidare att medelvärden, som i metaanalysen ovan, beräknas utan en kritisk analys av vilka antaganden som är rimliga att göra. De visar till exempel att inkluderandet av mindre sannolika, men likväl möjliga, och samtidigt långt större klimatförändringar, osynliggörs när de kombineras med höga diskonteringsräntor. Van den Bergh och Botzen menar att det är mycket svårt att skatta koldioxidutsläppens *verkliga* samhällskostnad och väljer istället att utifrån en kritisk analys av exkluderade kostnader, diskonteringsräntan, osäkerheter avseende skadefunktionen samt riskaversion,

⁶⁶ An amount of CO₂ pollution is measured by the weight (mass) of the pollution. This is called a ton of carbon dioxide and is abbreviated "tCO₂". Alternatively, the pollution's weight can be measured by adding up only the weight of the carbon atoms in the pollution, ignoring the oxygen atoms. This is called a ton of carbon and is abbreviated "tC". One tC is roughly equivalent to 4 tCO₂.

⁶⁷ Interagency Working Group on Social Cost of Carbon (2013)

⁶⁸ Interagency Working Group on Social Cost of Carbon (2013)

⁶⁹ Van den Berg och Botzen (2014)

⁷⁰ Van den Bergh och Botzen (2014), figur s. 254.

skatta dess lägsta gräns. Avseende riskaversion menar de att de flesta mått på klimatförändringarnas samhällskostnad inte tar hänsyn till eller på ett korrekt sätt hanterar människors riskaversion. Modellkörningar som inkluderar denna aspekt ger en riskpremium på mellan 70 och 185 procent. De menar vidare att man kan ta analysen ett steg vidare och tillämpa försiktighetsprincipen (t.ex. utifrån en minmax regretfunktion). Resultatet av den samlade analysen är att en konservativ undre gräns för koldioxidens samhällskostnad (SCC) ligger på 125 US\$ per ton CO₂. De menar också att värden under 125 US\$ per ton CO₂ är svåra att försvara vid användandet av en låg diskonteringsränta⁷¹ och då beräkningen inkluderar potentiellt omfattande climateffekter samt tar hänsyn till människors riskaversion.

Källa	SCC per ton CO ₂
DICE, Nordhaus	USD 6
DICE, Tol, 95th konfidensintervall	USD -0.3 – 18
FUND, Anthoff et al	USD 8
FUND, Anthoff et al, olika antaganden	USD 25
PAGE, Hope	USD 5
PAGE, Stern	USD 85
PAGE, Hope	USD 100
DICE, FUND, PAGE USGOV (2010)	USD 36
Tol, metaanalys, medel, median, 95th	USD 41-146
Känslighet för diskonteringsränta, 0 procent, 1 procent, 3 procent	USD 40, USD 33, USD 14
Tillägg för osäkerhet	
Osäkerhet om CO ₂ -koncentrationer	85 procent
Inkluderande av kostnader för stora temperaturökningar	420 procent
Inkluderande av högre klimatskador	277 procent
Låg sannolikhet/höga effekter och risker	200 procent
Riskaversion	70-185 procent

Tabell 2. Sammanfattning av samhällskostnader för koldioxidutsläpp (SCC) per ton CO₂. Källa: van den Bergh och Botzen (2014)

Ekonomen Frank Ackerman anpassar PAGE till vad han bedömer vara mer rimliga antaganden om samhällets förmåga att anpassas till klimatförändringar, tröskelvärden och skadefunktionens utseende och han inkluderar mer osannolika (95-percentilen) klimatförändringar. Anpassningarna gör att skadekostnaden stiger till 16 procent av global BNP år 2100. För fattiga länder hamnar skadekostnaden på 21 procent av BNP år 2100.⁷²

En studie av Burke med kollegor 2015⁷³ skattar att klimatförändringarna kommer att leda till minskad produktion och minskade inkomster med i genomsnitt 23 procent år 2100. Genomsnittsvärdet följer dock att effekterna varierar mellan små inkomstökningar till upp emot 75 procent minskade inkomster i världens fattigaste länder. Klimatförändringarna hotar därmed de nyss antagna hållbarhetsmålen i FN där minskad fattigdom är ett av de mest centrala. Beräkningarna indikerar kostnader som är 2,5–100 gånger så höga som andra modellresultat, detta trots att de bara analyserar effekter av ökade temperaturer i sig, och inte inkluderar följeffekter från till exempel orkaner och havsnivåhöjningar.

⁷¹ De menar att argumenten för en låg diskonteringsränta är mer övertygande än argumenten för en hög marknadsbaserad diskonteringsränta.

⁷² Ackerman et al. (2009)

⁷³ Burke et al. (2015)

Kostnaderna antas vara underskattade

I en artikel i Nature 2014 menar Revesz och kollegor att beräkningar av koldioxidens samhällskostnader gjorda med hjälp av IAM, trots stora osäkerheter, är värdefulla underlag vid beslutsfattande, men deras huvudargument är att kostnaderna mest troligt är underskattade.⁷⁴ De viktigaste orsakerna är:

- Modellerna exkluderar risker för social oro och effekter på ekonomisk tillväxt.
- Samhället kan vara känsligare för klimatförändringar än vad som antas. Jordbrukskördarna är till exempel känsligare för extrema klimathändelser än för förändrat medelvärde.
- Klimatets påverkan på produktivitet och ekonomisk tillväxt inkluderas inte i modellberäkningarna och effekterna på kapitalstocken kan vara mer omfattande.
- Modellerna antar att värdet av ekosystemtjänster är konstant, men vid ökad knapphet ökar värdet på livsnödvändiga nyttor såsom rent vatten och bördig mark.
- Modellerna antar konstanta diskonteringsräntor men borde istället använda diskonteringsräntor som minskar över tiden.
- Modellerna bör utvidgas till att inkludera fler sociala och ekonomiska effekter.

Till dessa osäkerheter lägger, som vi sett ovan, van der Bergh och Botzen människors normala riskaversion som adderar kostnader på mellan 70 och 185 procent.

Stern drar en likartad slutsats i sin senaste bok, *Why are we waiting?* Det är värdefullt att utveckla klimatekonomiska modeller men de flesta modeller ger fel signaler. Effekterna på BNP är underskattade. Han exemplifierar med att flera modeller redovisar effekter på BNP på 5–10 procent av en temperaturökning på 5 grader, vilket är en orimligt låg skattning när den nivån på temperaturökningar inte har uppmätts på tiotals miljoner år och vi redan ser stora effekter av en temperaturökning på 0,8 grader.⁷⁵

Gillingham, Nordhaus m.fl. har också i ett nyligen publicerat "working paper" adresserat frågan om osäkerheter, i vilket de drar slutsatsen att modellernas strukturella svagheter ger upphov till osäkerheter, men att det är antaganden om parametrar som ger upphov till de största osäkerheterna.⁷⁶

Även IPCC menar att modellberäkningarna mest troligt underskattar de verkliga kostnaderna. Kostnadsuppskattningarna är också högre i senare gjorda studier, dvs. senare beräkningar indikerar högre kostnader än äldre. De genomsnittliga värdena döljer därtill stora geografiska variationer.

Revesz m.fl. menar även att teknisk utveckling kan komma att bidra till att minska vissa problem, men att den vetenskapliga litteraturen ändå indikerar att klimatkostnaderna är underskattade, vilket motiverar till uppdateringar av modellerna till nästa stora IPCC-utvärdering (den sjätte). Kunskapsluckor som då behöver fyllas igen är bland annat effekter i områden som kan drabbas av de största klimatförändringarna, och där det är svårast att vidta åtgärder på grund av fattigdom ("climate hotspots"). En annan kunskapslucka rör frågan om mer extrema temperaturförändringar.

Sammanfattningsvis indikerar modellberäkningar varierande kostnader. Från relativt modesta effekter på någon enstaka procent till 20 procent av global BNP år 2100. Koldioxidens samhällskostnad kommer vidare (med hög sannolikhet) att öka över tiden, med uppskattningsvis 2–4 procent per år.⁷⁷

Det finns de som menar att modellresultaten är så osäkra att de inte bör användas, exempelvis Weitzman som istället menar att fokus bör ligga på att undvika de risker klimatförändringarna innebär.

⁷⁴ Revesz et al. (2014)

⁷⁵ Stern (2015)

⁷⁶ Gillingham et al. (2015)

⁷⁷ Yohe et al. (2007).

De flesta menar dock att resultaten ändå ger viss vägledning, men att de bör användas med försiktighet och baserat på kunskap om gjorda antaganden, då dessa är helt styrande.

Att miljörisker underskattats i klimatfrågan ligger i linje med bedömningar av risker och kostnader som är gjorda för de flesta miljöfrågor, något som EU:s miljömyndighet EEA har redovisat i en rad fallstudier presenterade i två uppmärksammade rapporter.⁷⁸ En del av förklaringen är att det finns en fördröjningseffekt mellan enskilda forskares tidiga slutsatser, det bredare forskarsamhällets stöd för dessa, samt samhällets erkännande av detsamma. En annan förklaring är att vetenskapen givetvis inte kan sluta sig till alla tänkbara effekter om förändringar i naturen vid mänsklig påverkan förrän dels påverkan pågått viss tid, dels forskningen utvecklats på bredden. I särskilt den andra EEA-studien bemödade man sig ordentligt om att försöka identifiera frågor där miljörisker överdrivits men några mer betydande sådana fall kunde inte detekteras.

3.2. Kostnader vid aktivitet – två ansatser

I Sternrapporten beräknades åtgärdskostnaderna för en stabilisering vid ungefär 550 ppm CO₂e utifrån två ansatser, dels resurskostnader för ny teknik och markförändringar, dels med en makroekonomisk modell. Resultatet i båda fallen blev en kostnad motsvarande 1 procent av BNP år 2050. Variationen låg mellan -1 och 3,5 procent respektive -2,5 och 5 procent av BNP; åtgärder skulle i bästa fall alltså handla om totalt sett negativa kostnader (energieffektivisering är en strategi som kan ge sådana effekter). Vi ska nu se närmare på två ansatser för att räkna på kostnader för aktivitet.

3.2.1. Undvikandekostnadsmodeller

De klimatekonomiska modellerna (IAM) som redovisades i föregående avsnitt används för att beräkna kostnaden för klimatförändringarna. Ett syfte med sådana beräkningar är att ställa dem mot vad det kostar att undvika dessa skador.

För att kunna analysera kostnader för att minska utsläppen av växthusgaser för att undvika klimatförändringar används så kallade *undvikandekostnadsmodeller*. Även här finns det ett stort antal varianter som alla skiljer sig åt i olika avseenden. De flesta av de modeller och körningar som rapporterats i den vetenskapliga litteraturen utgår från förhållanden och scenarier i USA. Resultaten kan därför inte utan anpassning översättas till svenska förhållanden.⁷⁹ Modellerna har vidare använts för att undersöka resultatet av konkreta politiska förslag, främst lagförslagen Lieberman-Warner och Lieberman-McCain, som syftande till att skapa ett cap and trade-system i USA liknande EU-ETS. Modellerna har också använts för att undersöka kostnaderna för att nå specifika mål, som 50-procentiga reduktioner till 2050. De viktigaste undvikandekostnadsmodellerna är:

- The Energy Information Agency (EIA) med modellen National Energy Modeling System (NEMS).⁸⁰
- Research Triangle Institute (RTI) med modellen Applied Dynamic Analysis of the Global Economy (ADAGE).⁸¹
- Harvard med The Intertemporal General Equilibrium Model (IGEM).⁸²
- The Massachusetts Institute of Technology (MIT) med Emission Prediction and Policy Analyses model (EPPA).⁸³
- Pacific Northwest National Laboratories (PNNL) med Global Change Assessment Model (GCAM).⁸⁴

⁷⁸ EEA (2001); EEA (2013)

⁷⁹ Man kan anta att undvikandekostnaderna i Sverige är högre på grund av det svenska energisystemets betydligt lägre koldioxidintensiteter. I transportsektorn i Sverige finns dock långt hängande frukter, exempelvis en hög bränsleförbrukning i bilparken.

⁸⁰ US Energy Information Administration (2003)

⁸¹ Ross (2005)

⁸² Goettle et al. (2007)

⁸³ Paltsev, (2005)

⁸⁴ Edmonds et al. (1997)

Resultatet av modellkörningarna indikerar årliga BNP-förluster relativt BAU på mellan 0,23 och 2,15 procent för ett cap and trade-system. Modellberäkningar av kostnaden för att minska koldioxidutsläppen med 50–80 procent till 2030 indikerar årliga BNP-förluster på 0,44–0,81 procent av BNP.⁸⁵ Huruvida detta är mycket eller litet bör främst sättas i relation till beräkningar av koldioxidens skadekostnader, samt till beräkningar av sammanfallande co-benefits (vilket diskuteras i nästa avsnitt).

Andra beräkningsmodeller som har använts för att analysera kostnaden för att nå ”låga stabiliseringsnivåer”⁸⁶ på 350 ppm CO₂ eller 450 ppm CO₂e är MERGE-ETL⁸⁷, REMIND-R⁸⁸, POLES⁸⁹, IMAGE/TIMER⁹⁰, E3MG⁹¹, GET 5.0^{92,93}. Eftersom ingen av dessa modeller inkluderar skador från klimatförändringar körs de inte enligt kostnadsnytto-protokoll utan snarare för att undersöka åtgärder med högsta kostnadseffektivitet.⁹⁴

Azar med kollegor analyserade i vilken utsträckning CCS (Carbon Capture and Storage) och BECCS (Biomass Energy with CO₂ Capture and Storage) kan minska kostnaderna för att hålla koncentrationen av CO₂ under 350 ppm. Analysen visar att kostnaderna minskar med 50 procent när CCS-teknik används. Då BECCS används minskar kostnaderna ytterligare. I detta scenario antas växthusgasutsläppen vara negativa efter 2070. Kostnaderna för utsläppsminskning år 2100 ligger 1,21 procent under BNP-baslinjen. De når dock sin topp med 5 procent av BNP 2030 utan CCS, eller med 3 procent av BNP runt 2070 med CCS.⁹⁵

Edenhofer m.fl. har modellerat kostnaderna för att nå stabiliseringsmålsättningar genom att använda modelleringsramverket IMAGE, med ett scenario för max 450 ppm CO₂e som bygger på IPCC:s scenario SRES B2 som baslinje. Centrala komponenter i denna analys är energieffektiviseringsinsatser, stora mängder bioenergi samt CCS. Studien bedömer stabiliseringskostnader till 2 procent av BNP år 2050, vilket minskar till 0,8 procent av BNP år 2100. Med BECCS nås målsättningar på 400 ppm CO₂e till en kostnad av 1,1 procent av BNP år 2100.⁹⁶

Riahi m.fl. använde MESSAGE-MACRO-komponenter ur IIASA:s IAM-ramverk för att analysera tre olika IPCC-scenarier (IPCC SRES A2, B1 och B2). Vid utforskning av målsättningar på 480 ppm CO₂e visas att detta enbart uppnås givet B1-scenariot som karakteriseras av snabb och bred teknologiiimplementering. Minskningen av BNP är då utan explicit klimatpolitik 0,3 procent under baslinjen.⁹⁷

Modellresultaten avseende undvikandekostnader kan sammanfattas med att det är tekniskt och ekonomiskt möjligt att nå relativt låga stabiliseringsnivåer (350 eller 450 ppm CO₂). BNP-förlusterna ligger på 0,3–5 procent. Kostnaderna är som högst ungefär halvvägs i scenarierna och minskar därefter, för att på lång sikt ligga under 1 procent jämfört med BNP-baslinjen. Enligt flera studier

⁸⁵ Interagency Working Group on Social Cost of Carbon (2013)

⁸⁶ Vi återkommer till frågan om olika målsättningar i kapitel 4.

⁸⁷ Kyreos and Bahn (2003)

⁸⁸ Leimbach et al. (2009)

⁸⁹ Se översiktlig beskrivning på Enerdata: <http://www.enerdata.net/enerdatauk/solutions/energy-models/poles-model.php>.

⁹⁰ Stehfest et al (2014)

⁹¹ Barker et al. (2006, 2008)

⁹² MERGE-ETL och REMIND är hybridmodeller med en ”top-down” makroekonomisk modell och en ”bottom-up” energisystemsmodell. Båda är optimala tillväxtmodeller med en planeringsfunktion som maximerar global välfärd över en given period. POLES och TIMER är ”bottom-up” energisystemsmodeller som tillåter stor detaljrikedom ifråga om olika teknologier. De makroekonomiska händelseförloppen är för dessa modeller exogena. E3MG-modellen är en ekonometrisk simuleringsmodell.

⁹³ Undvikandekostnaderna för att nå 350 ppm är betydligt högre än för 450 ppm, något som fått bl.a. Stern att avvisa 350 ppm som ett realistiskt mål.

⁹⁴ Se Edenhofer et al. (2010) för fördjupning.

⁹⁵ Azar et al. (2006)

⁹⁶ Edenhofer et al (2010)

⁹⁷ Riahi et al. (2006)

förutsätter låga utsläppsmål användande av CCS och BECCS, vilka båda dessutom sänker kostnaderna för att nå låga stabiliseringsnivåer.⁹⁸

3.2.2. Marginalkostnadskurvor – kostnader för enskilda åtgärder

Den andra ansatsen för att bedöma åtgärds-kostnader är marginalkostnadskurvor (MAC-kurvor), vilka har använts i klimat- och energisammanhang sedan början av 1980-talet.⁹⁹ Efter oljekrisen utvecklades kostnadskurvor främst för att analysera de mest kostnadseffektiva sätten att minska energianvändningen (USD/kWh). De första MAC-kurvorna för koldioxid togs fram i början av 90-talet. Under senare år har framförallt McKinseys MAC-kurvor fått stor spridning och påverkan på policy. I den vetenskapliga litteraturen har dock framförallt andra typer av MAC-kurvor utvecklats och analyserats.

Kvaliteten på MAC-kurvor beror enligt Kesick och Ekins i huvudsak på de antaganden som ligger till grund för beräkningarna och på de metoder som används. Det finns i huvudsak två metoder för att ta fram MAC-kurvor.

Den första består av individuella beräkningar av kostnaden för en viss klimatåtgärd som jämförs med hur stora mängder koldioxid (ekvivalenter) som åtgärden beräknas reducera (kostnad/t CO₂). McKinseys MAC-kurvor tas fram på detta vis. I denna typ av modell redovisas kostnaden per åtgärd. Denna metod är statisk – det finns ingen koppling mellan olika åtgärder, avseende vare sig kostnader eller minskningspotential, vilket i många fall innebär att utsläppsminskningarna räknas dubbelt.

Den andra metoden skattar effekter av olika nivåer på koldioxidskatt med hjälp av till exempel energimodeller. Alla åtgärder som är billigare än koldioxidskatten antas genomföras. Denna typ av modeller är dynamiska och teknikrika. Kostnaderna för klimatåtgärder redovisas i detta fall oftast inte per åtgärd.

Liksom de klimatekonomiska modellerna och undvikandekostnadsmodellerna är MAC-kurvorna beroende av antaganden om exempelvis rationella aktörer, diskonteringsränta, framtida priser, emissionsfaktorer, teknikutveckling och nätverkseffekter. Generella problem med MAC-kurvor, enligt Kesick och Ekins, är:

- brist på transparens – antaganden är inte tydligt redovisade.
- att de är statiska – kurvorna ger en ögonblicksbild av kostnader och utsläppsminskningar vid en viss tidpunkt.
- de långa tidsperspektiven – en generell källa till osäkerhet är den långa tidsperiod för vilken MAC-kurvorna skattar kostnader. Under denna tidsperiod kommer det att ske förändringar som påverkar kostnaderna.
- kostnadsdefinitioner och avgränsningar – investeringskostnader, driftskostnader och bränslekostnader inkluderas vanligtvis medan andra kostnader såsom förlorad kundefterfrågan, makroekonomiska effekter, välfärds-kostnader, icke-finansiella kostnader osv. är exkluderade. Även transaktionskostnader och policyimplementeringskostnader saknas.
- att andra, icke klimatrelaterade, nyttor av klimatåtgärder inte inkluderas.
- att osäkerheter hanteras på ett högst begränsat sätt.

MAC-kurvor som bygger på den första metoden har utöver dessa brister, ytterligare tillkortakommanden:

- de saknar interaktioner mellan åtgärder

⁹⁸ Vi avstår i denna rapport från diskutera för- och nackdelar med CCS och BECCS, men vi är förstas medvetna om förekommande utmaningar och risker.

⁹⁹ Kesicki och Ekins (2012)

- de saknar en konsistent baslinje
- de dubbelräknar utsläppsminskningar
- de hanterar beteenden högst begränsat

Kesick och Ekins är vidare kritiska till negativa åtgärdskostnader (ingår inte i den andra metod) då bristen på realiserande av dessa tyder på att det finns icke-finansiella hinder som i sig utgör kostnader och som innebär att dessa negativa kostnader inte är realistiska.

Sammanfattningsvis visar avsnitt 3.2. att kostnaderna för aktiviteter (klimatåtgärder) överlag är blygsamma i förhållande till de kostnader som har uppskattats av inaktivitet. Det finns dock en stor variation, vilken i hög grad beror på de bakomliggande och modellrelaterade antaganden som gjorts, vilka i sin tur sällan är givna. Osäkerheterna är dock inte lika omfattande som, och riskerna med att vidta åtgärder är betydligt mer begränsade än, vid inaktivitet. I nästa avsnitt ska vi närmare titta på de antaganden som modellerna baseras på.

3.3. Kostnadsmodellernas viktigaste antaganden

De klimatekonomiska modeller och kostnadsmodeller som redovisats ovan är ofta komplexa och svåra att utvärdera och jämföra. Detta har lett till att utvärderingar och jämförelser av modeller utvecklats till ett eget studieområde.¹⁰⁰

Som tidigare noterats är det som har störst betydelse för modellresultaten inte modellernas konstruktion¹⁰¹ utan de antaganden de bygger på. I detta avsnitt redovisas därför kortfattat de viktigaste antagandena och hur de påverkar medelresultaten.¹⁰²

3.3.1. Baslinjen – BAU-antaganden

Baslinjescenarier utgör första steget i en IAM och skattar utvecklingen enligt ”business-as-usual” (BAU), baserat på antaganden om befolknings- och ekonomisk tillväxt, innovation och investeringar i miljöteknologi, samt bränsleförsörjningsalternativ. BAU kan inkludera de styrmedel som redan är implementerade. Antas en hög tillväxt blir följden högre utsläpp än om lägre tillväxt antas; detsamma gäller befolkningstillväxten. Innovationer och investeringar i miljöteknik antas på sikt minska utsläppsintensiteten i ekonomin.¹⁰³

Jämförelsevis lägre BAU-scenarier (utifrån ett klimatperspektiv) beskriver betydelsefulla minskningar i koldioxid per enhet energi och koldioxid per krona över tid, tillsammans med relativt långsamt ökande befolkning och låg ekonomisk tillväxt. I sådana scenarier stabiliseras koldioxid vid nivåer om 500–600 ppm CO₂ vid 2100.¹⁰⁴ Andra scenarier bygger på att nivåerna stabiliseras först på 900–1100 ppm CO₂ vid 2100 – en väsentlig skillnad.

3.3.2. Klimatkänslighet

En parameter som är avgörande viktig för baslinjeantaganden är klimatkänsligheten, dvs. den uppvärmning som följer om koldioxidhalten fördubblas (se vidare i kapitel 2). Redan små förändringar i antaganden på denna punkt får stora konsekvenser för kalkylernas utfall. Som noterats tidigare bedömdes klimatkänsligheten av IPCC i den första rapporten 1990 att ligga mellan 1,5 och 4,5 °C, med 2,5 °C som bästa gissning. I IPCC:s fjärde rapport angavs det sannolika (*likely*) intervallet till 2–4,5 °C, med 3 °C som bästa skattning. I den senaste rapporten från 2013 anges åter 1,5–4,5 °C, dock inget bästa värde.

¹⁰⁰ Kriegler et al 2015

¹⁰¹ Även modellkonstruktionen kritiserats för att vara i behov av uppdateringar, se t.ex. Ravesz et al. (2014)

¹⁰² En sammanställning av centrala antaganden har gjorts av Keohane (2008).

¹⁰³ Keohane (2008).

¹⁰⁴ Ackerman et al. (2009)

3.3.3. Marknaden

Hur flexibel och omställningsbar marknaden är har betydelse för undvikandekostnaderna. Allmänna jämviktsmodeller antar väl fungerade marknader där ekonomin är flexibel och omställningsbar. Denna typ av modeller ger relativt låga undvikandekostnader. I verkligheten är dock marknader sällan så effektiva. Andra modeller är därför baserade på historiska data. Fördelen är att sambanden då bygger på verklig statistik. Nackdelen är att historiska samband extrapoleras in i framtiden, trots att sambanden i verkligheten inte är stabila utan dynamiska. Beräkningar baserade på historiska data ger i regel högre undvikandekostnader än allmänna jämviktsmodeller.

3.3.4. Energisektorn

Av särskild betydelse är antaganden om hur lätt eller svårt det är att ställa om till förnybar energi. Antar modellen stora omställningsmöjligheter och en stor priskänslighet, alltså att även små prisförändringar leder till stora omställningseffekter, tenderar undvikandekostnaderna att bli lägre. Om å andra sidan möjligheterna till omställning antas vara begränsade och omställningen prisokänslig blir kostnaderna höga.¹⁰⁵

3.3.5. Teknologisk förändring

Transformativ teknisk utveckling (innovationer) är per definition oförutsägbar. Samtidigt vet vi en del om vad som driver teknisk utveckling, hur priser påverkar (inducerar) teknikutvecklingen och hur priser utvecklas för ny teknik. Sambanden är dock långt ifrån förutsägbara vilket gör det svårt att representera teknisk förändring i ekonomiska modeller.

På grund av svårigheterna att modellera teknisk förändring hanterar många modeller teknisk förändring *exogent* dvs. utanför modellen – ofta i form av en trend som påverkar energiefterfråga eller tillväxt av global output. Under antaganden om exogen teknisk förändring fortskrider den tekniska utvecklingen i en viss förutbestäm d takt.

Vissa modeller använder en så kallad ”back-stop”-teknik som en indikator på teknikutvecklingen. Till exempel kan solceller användas för att indikera teknisk utveckling och prisutveckling för förnybar energi.

Ett fåtal modeller försöker modellera teknisk förändring i modellen – *endogent* – bland annat i form av feedback-loopar mellan priser och teknikutveckling. Tekniken påverkar då i sin tur energiefterfrågan eller global tillväxt. Den endogena modellen kan dessutom utvidgas till att innefatta förändring som *induceras* genom policy. Det innebär att teknikutvecklingens riktning och hastighet påskyndas av omvärldsfaktorer, till exempel energi- eller koldioxidpriser.

Normalt representeras teknik med fallande marginalavkastning, det vill säga som att kostnaderna tilltar (samtidigt som priset sjunker). Forskning har dock visat att stigberoende (eller spårbundet, ”path dependence”) är ett mycket vanligt fenomen. Stigberoende innebär att ett visst tekniskspår förstärks när det väl har implementerats och att marginalavkastningen inte faller, vilket då också minskar prisfallet. Stigberoendet kan också påverka arbetet med prognoser och scenarier.

Scenarier med låga stabiliseringsnivåer beror ofta på antaganden om teknologier som i dagsläget fortfarande är under utveckling (t.ex. CCS, BECCS).

3.3.6. Befintlig teknik

Implementering av befintlig teknik modelleras ofta ”bottom-up”, genom en beräkning av marginalkostnaden för specifik climateffektiv teknik. Alternativt beräknas kostnaden för implementering av befintlig climateffektiv teknik ”top-down”. Top-down-ansatsen bygger på empiriska erfarenheter avseende konsumenters beteenden såsom priselasticiteter. I princip skulle båda

¹⁰⁵ Se t.ex. Kumhof och Muir (2012)

metoderna kunna leda till samma kostnadsuppskattning. I praktiken har det dock visat sig att bottom-up metoden leder till högre kostnadsantaganden.

3.3.7. Diskonteringsröntans betydelse

Valet av diskonteringsränta (se Faktaruta 1 ovan) har mycket stor betydelse när man beräknar nuvärdet av kostnader som inträffar i framtiden. Även om kostnader (av till exempel klimatförändring) är mycket stora kan de negativa externa effekterna bli modesta när de framtida kostnaderna diskonteras (räknas om) till dagens penningvärde, särskilt om räntan antas hög.

Detta har föranlett en livlig diskussion om valet av diskonteringsränta och hur denna ska tillämpas när effekterna ligger ”långt” in i framtiden (ur ett diskonteringsperspektiv).

Det finns två ansatser vid val av diskonteringsränta, en normativ (preskriptiv) och en beskrivande (deskriptiv). Den *normativa* ansatsen utgår från att diskontering av framtida kostnader primärt är en fråga om ett etiskt val. Den *beskrivande* ansatsen utgår från erfarenhetsmässiga preferenser (”revealed preferences”). Utifrån den beskrivande ansatsen bör val av diskonteringsränta utgå ifrån befintliga marknadsräntor.¹⁰⁶

Stern antog i sin extensiva analys en låg diskonteringsränta enligt den normativa ansatsen, med ett värde som närmar sig noll på ρ (tidspreferensräntan). Anledningen är att Sterns etiska utgångspunkt var att tillskriva alla människor, oavsett när de existerar, rätt till Jordens resurser och med ett lika behov av att utnyttja dem. Hade ρ då varit större skulle detta minska nuvärdet av framtida generationers värdering av ekonomiska resurser. Synsättet är i linje med antagandena i kostnadsnyttokalkyler där *fördelningen* av nyttor och kostnad inte spelar någon roll, endast det övergripande utfallet. Samtidigt vore det problematiskt om värdet på diskonteringsräntan var noll. Det skulle antyda att nuvärdet av framtida nytta skulle vara oändligt och att samtida generationers välfärd följaktligen kunde ignoreras. Stern antog att det fanns en liten risk för någon form av specifierad katastrof med en sannolikhet bestämd till 0,1 procent. Detta blev i sin tur värdet på ρ .

I den modell Stern använder antas den globala ekonomiska tillväxten vara 1,3 procent. Den totala diskonteringsräntan summeras då till 1,4 procent.

Andra ekonomer har tillskrivit både tillväxtkomponenten, konsumtionselasticiteten och tidspreferensräntan andra värden. Nordhaus utgår ifrån en beskrivande ansats och använder marknadsbaserade räntor som utgångspunkt för diskonteringsräntan, i hans fall 6 procent. Skillnaden mellan Nordhaus och Sterns val av ränta är alltså stor: kostnader på 100 kronor om 100 år blir 25 kronor idag med en diskonteringsränta på 1,4 procent, jämfört med 0,25 kronor med en ränta satt till 6 procent.

3.4. Nyttor vid aktivitet – ett framväxande studieområde

Ett problem med undvikandekostnadsmodellerna är att de ofta inte, eller endast i begränsad utsträckning, inkluderar positiva effekter av utsläppsminskningar. I det avseendet uppfyller de inte kraven på en samhällsekonomisk analys.

En förklaring till detta är att kostnaderna för klimatförändringar i flera fall inkluderar värden som inte omsätts på en marknad, såsom förluster av naturmiljöer att ekosystemtjänsters produktivitet minskar, utrotning av arter etcetera. I flera fall finns det dock värderingar av sådana tillgångar och deras förändring. Därtill finns en rad positiva effekter (t.ex. lägre halter av luftföroreningar) som skulle kunna tas i beaktande, men som likväl oftast lämnas utanför analysramen. Att det är omöjligt att få

¹⁰⁶ De som förespråkar en deskriptiv ansats menar vidare att om man inte använder marknadsräntor utan en lägre ränta för klimatåtgärder så kommer investeringar i teknik för utsläppsminskning riskera tränga undan ”mer värdefulla och produktiva” investeringsalternativ. Utifrån detta perspektiv kan i sin tur följa mindre resurser för framtida generationer.

med alla relevanta effekter av klimatförändringar är inte heller ett argument mot att ta med det som går.¹⁰⁷

Ofta har nyttan av klimatåtgärder reducerats till vinsten av att undvika klimatrelaterade kostnader, men utöver att minska negativa och katastrofala utfall finns det ytterligare positiva effekter av att vidta klimatåtgärder, något som alltför studier har fokuserat på de senaste åren, även om dessa nyttor inte alltid är kvantifierade.¹⁰⁸

IPCC noterar att dessa nyttor går under namn som exempelvis *co-benefits*, *ancillary benefits*, *side benefits* och *secondary benefits*. I denna rapport väljer vi att använda *tillkommande nyttor* av åtgärder. OECD skriver att dessa tillkommande nyttor av klimatpolitiska åtgärder för utsläppsminskningar "har uppskattas vara stora i jämförelse med kostnaderna för att vidta åtgärder (t.ex. från 30 till över 100 procent av åtgärds-kostnaden)".¹⁰⁹ Också i det stora internationella projektet "New Climate Economy" listas en rad exempel på stora tillkommande nyttor av klimatåtgärder.¹¹⁰ De studier som finns av relevans för frågan om tillkommande nyttor rör dels enskilda områden och frågor (luftföroreningar), dels analyser av makroekonomiska effekter, dels bedömningar gjorda av olika expertorgan och paneler.

Det saknas ännu en samsyn på hur tillkommande nyttor bäst kan kategoriseras men olika förslag har förts fram. Urge-Vorsatz med kollegor lyfter exempelvis fram hälsoeffekter, tillgänglighet, pris, och energifattigdom, bekvämlighet och levnadsvillkor, tillgång till ekosystemtjänster, skador på byggnadsmaterial, produktivitet, energisäkerhet, samt makroekonomiska effekter.¹¹¹ I en studie av Smith lyfts vinster fram som rör renare luft, mer grönområden, säker och pålitlig energitillgång, mindre avfall, starkare ekonomi och livsstil.¹¹² I figuren nedan sammanfattas schematiskt tillkommande vinster (*co-benefits*) av klimatåtgärder som lyfts fram inom litteraturen (Figur 5).

¹⁰⁷ US Gov (2014)

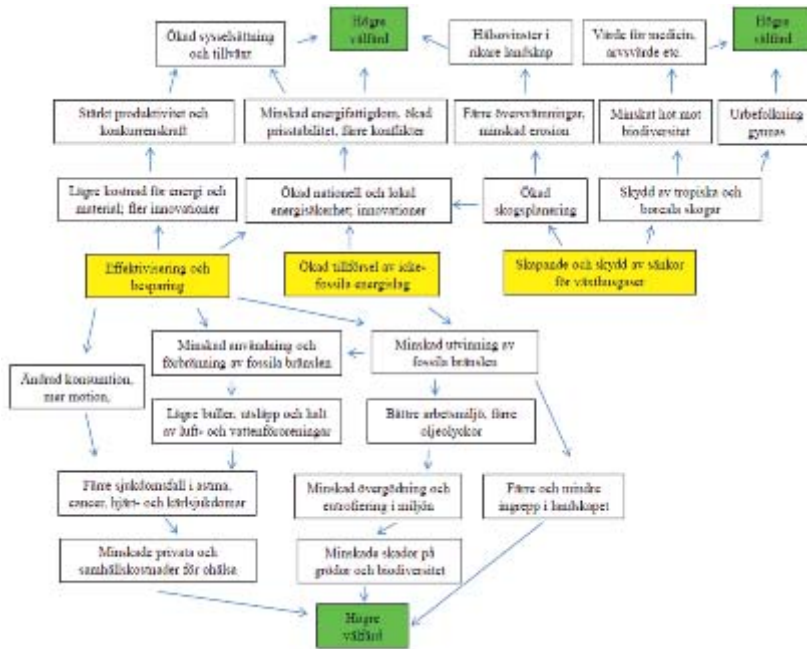
¹⁰⁸ IPCC WG III (2014) skriver bland annat: "There is a wide range of possible adverse side-effects as well as co-benefits and spillovers from climate policy that have not been well-quantified (high confidence). Whether or not side-effects materialize, and to what extent side-effects materialize, will be case- and site-specific, as they will depend on local circumstances and the scale, scope, and pace of implementation."

¹⁰⁹ Siffrorna anges av OECD:: <http://www.oecd.org/env/cc/benefitsofclimatechangeolicies.htm> (besökt 20 nov, 2015).

¹¹⁰ The Global Commission on the Economy and Climate (2014)

¹¹¹ Urge-Vorsatz et al. (2014)

¹¹² Smith (2013)



Figur 5. Schematisk figur över tillkommande nyttor med klimatåtgärder. Egen bearbetning.

I det följande ger vi några exempel från studier inom specifika områden som visar på tillkommande nyttor av klimatåtgärder av klimatpolitik och miljö- och resurspolitik i vidare mening.

3.4.1. Miljöförbättringar och hälsa

Ett tydligt exempel på en tillkommande nytta av klimatåtgärder är bättre luftkvalitet och potentiellt minskat buller. Idag orsakar luftföroreningar 3,7 miljoner dödsfall i världen varje år.¹¹³ Inom EU beräknas årligen över 400 000 förtida dödsfall på grund av luftföroreningar, främst partiklar, medan de svenska dödsfallen p.g.a. kväveoxider och partiklar ligger på över 5000 personer.¹¹⁴ Samhällskostnaderna enbart för svensk del ligger på runt 42 miljarder kronor årligen och en del av dessa skador skulle minska med en ambitiös klimatpolitik, exempelvis till följd av klimatåtgärder för att minska förbränningen av (främst fossila) bränslen i trafiken. Ett minskat trafikarbete minskar också buller, som är en stor miljörelaterad hälsoeffekt i Sverige¹¹⁵, och sannolikt skulle flera tänkbara åtgärder även ge en potentiellt trivsammare, säkrare och barnvänligare trafikmiljö i städerna.

På motsvarande sätt har man inom ramen för det internationella projektet *New Climate Economy* bedömt att ohälsokostnaderna på grund av utsläpp av luftföroreningar i genomsnitt kan värderas till över 4 procent av BNP i de 15 länder som har högst utsläpp av växthusgaser¹¹⁶, vilket också pekar på tydliga tillkommande nyttor av klimatåtgärder i trafik och industri (redan denna nytta i sig överstiger med marginal åtgärdskostnaderna i flera studier som redovisats ovan). Andra studier kommer också fram till substantiella hälsovinster av minskade halter av luftföroreningar¹¹⁷, exempelvis genom klimatåtgärder i transportsektorn¹¹⁸. I en studie av Thompson och kollegor från 2014 gjordes

¹¹³ The Global Commission on the Economy and Climate (2015)

¹¹⁴ EEA (2015); för svenska siffror, se Gustafsson et al. (2014)

¹¹⁵ Socialstyrelsen et al. (2005)

¹¹⁶ The Global Commission on the Economy and Climate (2014) (se Executive summary: http://static.newclimateeconomy.report/wp-content/uploads/2014/08/NCE_ExecutiveSummary.pdf).

¹¹⁷ JasonWest et al. (2013)

¹¹⁸ Shaw et al. (2014)

beräkningar av tre policys för att minska utsläppen i USA med 10 procent på knappt 25 år och de monetära hälsovinsterna uppgick till cirka 25–1000 procent av kostnaden för klimatpolitiken.¹¹⁹

Östblom och Samakovlis har analyserat effekter på hälsa och produktivitet av klimatåtgärder i Sverige. Analysen visar att kostnaden för att vidta klimatåtgärder kan vara överskattad.¹²⁰ Riekkola, Ahlgren och Söderholm analyserar tillkommande nyttor av klimatåtgärder i form lägre koncentrationer av luftföroreningar. Analysen visar på icke försurbara positiva effekter.¹²¹

2.3.2. Makroekonomiska effekter, konkurrenskraft mm

När det gäller effekter på makroekonomisk nivå är slutsatserna vetenskapligt mer osäkra. Ett antal policystudier indikerar positiva sysselsättningseffekter på kort och medellång sikt. Dessa kommer från behovet av ökade investeringar som skärpta klimatmål innebär. I studien "A new growth path for Europe"¹²² drar man slutsatsen att en skärpning av klimatmålet för EU, från 20 till 30 procent reduktion av växthusgaserna inom EU fram till år 2020, genom parallella innovationer och investeringar, skulle kunna stimulera en årlig tillväxtökning på 0,6 procent samt ge 6 miljoner ytterligare jobb i Europa. Rapporter och diskussioner från de nederländska, tyska och svenska ordförandeskapen i EU det senaste decenniet pekar i samma riktning.¹²³

Ett mer specifikt exempel på analys av länkarna mellan klimat och ekonomi var arbetet i och slutsatserna från EU-kommissionens tidigare (2005–2007) "High Level Group on Competitiveness, Energy and the Environment". Denna grupp var sammansatt av företrädare för olika EU- och nationella institutioner (inklusive fem EU-kommissionärer och fyra ministrar från rådet), näringslivet, miljörelsen och fackföreningar. Gruppen arbetade under två års tid och arrangerade en lång rad expertmöten i undergrupper med forskare, myndigheter och aktörgrupper. En av många slutsatser som drogs i konsensus var att till och med den energiintensiva industrin i EU skulle kunna klara att "möta klimatutmaningen och samtidigt behålla konkurrenskraften".¹²⁴

Frågan om den energiintensiva industrins konkurrenskraft är viktigt att beakta, och det finns exempelvis i EU listor över industrisektorer som löper risk för koldioxidläckage.¹²⁵ Vi finner dock inget tydligt stöd i forskningen för att detta skulle vara ett generellt problem; Stern Review sammanfattar:

"concerns that carbon-intensive industries will locate in countries without [carbon reduction policies]", "a relatively small number could suffer significant impacts", but "the empirical evidence on trade and location decisions, however, suggests that only a small number of the worst affected sectors have internationally mobile plant and processes", and "even where industries are internationally mobile, environmental policies are only one determinant --- other factors...usually more important"...¹²⁶

En ny OECD-publikation som går igenom och granskar empiriska studier av prissättning på kol (t.ex. skatter och handel med utsläppsrätter) drar ungefär samma slutsats:¹²⁷

"Most studies reviewed find that carbon prices cause emissions abatement, but fail to measure any economically meaningful competitiveness effects as a consequence of these policies. ---

¹¹⁹ Thompson (2014)

¹²⁰ Östblom G. & E. Samakovlis (2007)..

¹²¹ Krook Riekkola, A, E. O. Ahlgren, P. Söderholm (2011)

¹²² Jaeger et al. (2011) (se: https://www.pik-potsdam.de/members/cjaeger/a_new_growth_path_for_europe_synthesis_report.pdf)

¹²³ Se rapporter från Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2007): http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/mailling/file360.PDF; samt Nilsson et al. (2009): <http://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/Policy-institutions/europeanecoeficienteconomyfinal.pdf>

¹²⁴ High Level Group on Competitiveness, Energy and the Environment (2007)

¹²⁵ Europeiska Kommissionen (2014) (se: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0746&from=EN>).

¹²⁶ Stern (2006)

¹²⁷ Arlinghaus (2015)

The small number of papers considering *ex post* evidence of the competitiveness impacts of carbon taxes find significant decreases in energy intensity, but identify small impacts on competitiveness, if any.”

Det finns studier som tvärtom pekar på ekonomiska vinster av ökad miljöhänsyn och resurseffektivitet. År 2014 lyfte Europeiska kommissionens ”European Resource Efficiency Panel”¹²⁸ fram att:

”the EU could realistically reduce the total material requirements of its economy by 17 percent to 24 percent, boosting GDP and creating between 1.4 and 2.8 million jobs.” --- Every percentage point reduction in resource use could therefore lead to up to 100,000 to 200,000 new jobs.”

Att det finns företagsekonomiska fördelar indikeras av företag och företagsgrupperingar som efterlyser ett ökat tempo i klimatarbetet utifrån analysen att det stärker deras konkurrenskraft och kan öka deras vinster, vilket är en tydlig co-benefit i tider av ökad global konkurrens. Ett svenskt exempel är Hagainitiativet, som efterlyser en mer ambitiös klimatpolitik och skriver: ”Högt satta mål i klimatpolitiken stimulerar innovationstakten, reducerar kostnader och stärker våra varumärken och konkurrenskraft”.¹²⁹ Tillväxtverket noterar samma sak i en publikation om hållbart företagande och refererar även Harvardprofessorn Robert Eccles konstaterande att ”företag som har ett hållbarhetsarbete är lönsammare och levererar mer avkastning till sina aktieägare”.¹³⁰ Internationellt har 277 stora företag och hundratals investerare i nätverket ”We Mean Business” gjort en likartad bedömning och arbetar med syftet ”to accelerate the transition” till en ”low carbon economy”.¹³¹ I en undersökning av 154 företag i Norden, som tillsammans motsvarade 85 procent av börsvärdet i Norden, svarade över 90 procent av företagen att klimatfrågan är integrerad i deras affärsstrategi, och flera andra undersökningar tyder på att klimatarbetet är lönsamt för många företag.¹³²

Sammanfattningsvis visar genomgången av ”co-benefits” att dessa är betydande. Hittills har dock ett begränsat antal studier genomförts inom området, trots frågans betydelse.

3.5. Fördelningseffekter – på kort och lång sikt

Den samhällsekonomiska analysen fokuserar på total nytta och inte på fördelning, dvs. det antas irrelevant vilka som nyttorna tillfaller. Politiskt är det dock inte ovidkommande vem som vinner och vem som förlorar.

I föregående avsnitt kunde vi konstatera att de samhällsekonomiska analyserna kommer fram till att det är samhällsekonomiskt effektivt att vidta ytterligare klimatåtgärder. Detta betyder dock inte att det inte finns de som förlorar på åtgärderna. Såväl kostnaden för inaktivitet, som kostnader och nyttor av aktivitet är ojämnt fördelade över befolkningsgrupper, aktörer, regioner och generationer.

	Inaktivitet	Aktivitet
Kostnader	Kostnader för inaktivitet drabbar alla aktörer. Näringsliv, företag och hushåll påverkas av lägre ekonomisk aktivitet, vilket även syns som sänkt global BNP. Vissa aktörer får högre kostnader än andra, speciellt näringslivet, företag och människor i ”climate hot spots”.	Kostnader för klimatåtgärder kan påverka stater, företag och hushåll olika genom behov av investeringar för omställning. Vissa aktörer har större kostnader för en omställning än andra t.ex. delar av energiintensiv industri.

¹²⁸ European Resource Efficiency Platform (2014)

¹²⁹ Citatet från Hagainitiativets debattartikel i Göteborgsposten den 12/10 2015: <https://www.gp.se/nyheter/debatt/1.2855516-debatt-okad-klimatomställningstakt-bra-for-foretagen?m=print>. Se även rapporten Hagainitiativet (2015) En vinnarpolitik för klimatet och näringslivet. Stockholm: Hagainitiativet.

¹³⁰ Tillväxtverket (2015)

¹³¹ Se exempelvis programförklaringen på <http://www.wemeanbusinesscoalition.org/about>.

¹³² Se CDP/2050 (2014).

	Inaktivitet	Aktivitet
Nyttor	Nyttan av att inte vidta klimat-åtgärder gynnar kortsiktigt vissa aktörer som kan dra nytta av ett varmare klimat i sig, såsom vissa vattenkraftbolag, om nederbörden ökar, och lantbrukare, om produktionsförhållanden förbättras på kort sikt.	Tillkommande nytta i form av renare luft gynnar de flesta människor, medan effektivare energianvändning gynnar de aktörer som gör sådana investeringar. Innovativa aktörer vinner mest på en strukturomvandling. Näringslivet i sin helhet har mest troligt nytta av att klimatåtgärder vidtas.

Tabell 3. Fördelningseffekter vid aktivitet och inaktivitet.

Tidsaspekten är avgörande. På lång sikt finns det inte någon mållkonflikt eftersom omfattande klimatförändringar odiskutabelt skulle leda till negativ ekonomisk utveckling och minskad välfärd för alla aktörer, eller som James Gustave Speth uttrycker det ”*Vi befinner oss alla nedströms en ohållbar utveckling*”. På kort och även medellång sikt kommer kostnader och nyttor att fördelas ojämnt. Detta är ett hinder som utgör ett motiv till behovet av förslagen till klimatpolitisk förnyelse som ges exempel på i sista kapitlet.

Innan vi går vidare är det dock viktigt lite närmare beröra en fördelningsfråga som är helt central för klimategonomi – huruvida miljöregleringar, utöver att åtgärda miljöproblem, kan ha positiva effekter på företagets konkurrenskraft. Ställt mot en konventionell syn att miljöregleringar, *ceteris paribus* (allt annat lika), leder till kostnader för företagen, har Porter¹³³ och van der Linde¹³⁴ presenterat den så kallade Porterhypotesen, om att *väl utformade* miljöpolitiska styrmedel i *vissa fall* leder till innovation som delvis, eller helt, kompenserar för de kostnader som uppstår som ett resultat av styrmedlen. Även utan innovation kan miljöpolitiska styrmedel leda till konkurrensfördelar för företag som har – eller som kan utveckla – en högre miljöprestanda än övriga företag. Dessa företag hamnar i en bättre konkurrenssituation då styrmedlen införs. En invändning mot hypotesen har varit att om det fanns möjligheter att stärka konkurrenskraften så skulle vinstmaximerande företag redan ha utnyttjat dessa. Hypotesen har debatterats fram och tillbaka¹³⁵, men stödet för Porter och van der Lindes invändningar mot den neoklassiska ekonomiska teorins antaganden har blivit allt starkare. Forskningsfältet har idag snarast förskjutits till att analysera hur miljöpolitiska styrmedel bör utformas för att ge en Portereffekt. Forskningen visar i linje med Porters och van der Lindes argumentation att miljöpolitiska styrmedel behöver sätta ett pris på miljön men samtidigt bör vara flexibla, dvs. ge företagen själva så stor frihet som möjligt att hitta lösningar, och ge incitament till kontinuerliga förbättringar. Styrmedel bör även vara långsiktiga och den så kallade politikrisken – dvs. att politiken inom ett område förändras – behöver minimeras. Utöver detta blir kopplingarna till konkurrenskraft starkare om innovationen är frivillig.

I ett bredare perspektiv kan därutöver strukturomvandlingar i ekonomin innebära nya möjligheter, med ökad lönsamhet och tillväxt för näringslivet i stort. Samtidigt innebär det att branscher och företag slås ut medan nya utvecklas och tar marknadsandelar.¹³⁶ Tillväxtanalys har identifierat viktiga komponenter för en god implementering av miljöregleringar, bland annat tydliga skall-krav avseende måluppfyllande, en kompetent lösningsinriktad dialog mellan reglerare och industri, samverkan för forskning och utveckling mellan industrier och mellan industri och stat, samt flexibilitet avseende val av teknik och tidtabell. Jan Weiss (2015) kommer i en nyligen publicerad avhandling till samma slutsats. Han menar att stringens, flexibilitet, framförhållning och koordinering är viktiga komponenter för en effektiv miljöreglering.¹³⁷ Som ett exempel har ”Energiewende” i Tyskland, med det politiska

¹³³ Porter (1991)

¹³⁴ Porter och van der Linde (1995)

¹³⁵ Se vidare i Tillväxtanalys (2013)

¹³⁶ Tillväxtanalys (2014c)

¹³⁷ Weiss (2015)

beslutet att initiera en energiomställning mot en helt förnybar energimix, lett till framväxten av en tjänstesektor kopplad till installation och service av förnyelsebar energi.¹³⁸

3.6. Sammanfattande slutsatser

Den klimatekonomiska kunskapen, modellerna och de antaganden de bygger på har utvecklats snabbt under de senaste decennierna. Slutsatserna kan tyckas paradoxala. Vi har lärt oss allt mer om hur osäkra modellresultaten är och i hur hög grad de är beroende av de antaganden de bygger på. Samtidigt är det en tydlig trend att kostnadsuppskattningarna fortlöpande revideras uppåt då antagandena uppdaterats. Parallellt anser flera forskare att resultaten fortfarande underskattar de verkliga kostnaderna.

Vidare är slutsatsen att kostnaderna för aktivitet – för att vidta åtgärder – är betydligt lägre än kostnaderna för att inte vidta åtgärder. Därtill kommer att den tillkommande nyttan (co-benefits) som klimatåtgärder ger är betydande och, enligt OECD (se ovan), stor i jämförelse med kostnaderna för att vidta åtgärder.

En övergripande slutsats är att det är samhällsekonomiskt lönsamt att vidta klimatåtgärder och att alla aktörer och länder vinner på klimatåtgärder på lång sikt. Utmaningen är att kostnader och nytta inte är jämnt fördelade och att vissa aktörer och länder därför på kort sikt drabbas av kostnader.

I nästa kapitel kommer vi att analysera vad slutsatserna så här långt betyder och hur osäkerheter kan hanteras.

¹³⁸ Barua et al. (2012)

4. Bevis och beslut för klimatpolitisk förnyelse

Redan vid antaganden om begränsad klimatförändring visar sig åtgärdskostnader vara mindre än klimatkostnader respektive tillkommande nyttor. Osäkerheten är dock stor och det går inte att utesluta långt mer dramatiska förändringar. Försiktighetsprincipen innebär att åtgärder behöver vidtas och styrmedel införas för att undvika sådana utfall, inklusive att vända på bevisbördan och agera för att undvika det värsta utfallet.

Martin Weitzman för liknande resonemang utifrån sitt ”dystra teorem”, som tar fasta på att klimatkänsligheten inte är normalfördelad. Trots viss kritik har Weitzman vunnit stöd; förslag finns om att hantera klimatförändring som en försäkringspolicy.

Ny forskning visar att snabbare och större utsläppsminskning behövs än vad som tidigare antagits. Nyligen skärpte också FN:s klimatmöte i Paris det globala utsläppsmålet till ”väl under” 2 grader med ”fortsatta insatser för att begränsa uppvärmningen till 1,5 grader”. Det sistnämnda förutsätter att de globala utsläppen når noll vid 2050 eller strax därefter. För utvecklade länder innebär det krav på nära noll tidigare. Vissa forskare, företag och organisationer har mot denna bakgrund föreslagit att ett föregångsland med ambitiösa mål bör ta sikte på utsläpp nära noll ungefär vid år 2030.

Forskningen visar även att åtgärder bör vidtas skyndsamt av ekonomiska skäl. En omdiskuterad fråga rör hur åtgärder ska utformas. Utifrån försiktighetsprincipen och pliktetiskt ansvarstagande för framtid och samtid bör måleffektivitet sättas före kostnadseffektivitet.

Vi har i kapitel 2 sett att även om det finns en stark vetenskaplig enighet om att människan orsakar klimatförändringar och att konsekvenserna blir omfattande, finns det samtidigt en rad stora vetenskapliga osäkerheter i klimatfrågan, vilket innebär att en viktig komponent i beslutsfattandet, riskanalysen, är mycket osäker. Till denna osäkerhet har vi (kapitel 3) sett att kostnadsnyttoanalyserna, som utgör en andra viktig komponent i beslutsfattandet, bygger på antaganden som var och en adderar nya osäkerheter. Vi har vidare pekat på skevheten som ligger i ett starkt fokus på åtgärdskostnader och brist på uppmärksamhet för nyttor. Sammantaget innebär detta att det saknas goda förutsättningar för ett strikt konsekvensetiskt beslutsfattande. I detta kapitel analyserar vi vad dessa osäkerheter betyder och hur de kan hanteras.

Trots osäkerheter är en övergripande slutsats från kapitel 3 att det är samhällsekonomiskt lönsamt att agera. Kostnader för inaktivitet, liksom tillkommande nyttor (co-benefits) av åtgärder, är av allt att döma var för sig större än kostnader för åtgärder. Det går dock inte att helt ignorera sannolikheten för långt mer dramatiska utfall än de som ligger till grund för nuvarande politik. Frågan är (1) hur omfattande minskningarna bör vara och (2) hur snabbt de bör genomföras, samt (3) hur ansvarsfördelningsfrågor kan hanteras. De senare utgör en central utmaning för en effektiv hantering av klimatfrågan och inkluderar fördelning mellan generationer, mellan olika länder och befolkningsgrupper, samt mellan olika aktörer i samhället.

4.1. Beslut under vetenskaplig osäkerhet

Ett politiskt beslut består alltid av två komponenter, dels en beskrivning av hur något förhåller sig (det sakliga, det som ”är”), dels en uppfattning om det ideala tillståndet (det normativa, det som ”bör” vara). Det är ett logiskt misstag att blanda samman dessa komponenter och att tro att ett givet ”bör” följer av ett visst ”är”¹³⁹. Klimatvetenskapen innebär exempelvis inte att utsläppen bör minska, om den gällande värderingen skulle vara att det bästa är att maximera nyttan för nuvarande generation. Om

¹³⁹ Redan filosofen David Hume kritiserade sammanblandningen av ”är” och ”bör” och kallade den ett ”naturalistiskt felslut”.

värderingen däremot är hållbar utveckling, i en eller annan tolkning, så behöver sannolikt mycket i samhällets basala försörjningssystem förändras. Detta betyder ingalunda att de rådande värderingarna i samhället inte påverkas av beskrivningen av hur det förhåller sig; så är ofta fallet.¹⁴⁰ Det så kallade problemformuleringsprivilegiet, och vem som har tolkningsföreträde, har i sammanhanget stor betydelse.

Därtill spelar det *normativa* ofta en stor roll vid en pliktetisk utgångspunkt (mot barnaga, för HBTQ-rättigheter, för asylrätt), medan det *sakliga* starkt spelar in när konsekvensetiska resonemang är gällande, inte minst i starkt tekniska frågor (som i en kemikaliepolitisk avvägning). I det förra fallet har politiken en jämförelsevis större roll, medan expertkunskaper väger tyngre i det senare fallet, även om det inte alltid är fallet – stark politisering kan ske i tekniska sammanhang och experter bär och tillämpar inte sällan sina egna värderingar.¹⁴¹ Det gäller också i klimatfrågan; ett tydligt exempel som vi pekat på ovan är olika forskares vitt skilda antaganden om lämplig diskonteringsränta.

Oavsett utgångspunkt är det i regel en fördel om det i en beslutssituation finns en saklig och gedigen kunskapsbas. Företrädesvis rör det sig om vetenskaplig kunskap men även praktiskt förvärvat kunskap kan ha stor betydelse. I det ideala fallet har tillräckligt mycket evidens samlats så att en vetenskaplig kunskapsmassa ("corpus") kunnat etableras i konsensus. I många komplexa miljöfrågor är detta snarare undantag än normalfall – okunskap och osäkerhet, liksom starka särintressen, präglar flera miljöfrågor där måluppfyllelsen är låg.¹⁴²

I klimatfrågan pågick länge en debatt om huruvida den uppvärmning som kunde konstateras var beroende av mänskliga aktiviteter som orsakade utsläpp av växthusgaser. Den diskussionen är sedan flera år vetenskapligt avgjord – människan påverkar, enligt IPCC, otvetydigt klimatet – men i andra delar kvarstår en mer eller mindre betydande grad av osäkerhet, vilket redovisats i föregående kapitel.

I situationer där osäkerheten är betydande men beslut likväl måste fattas behöver osäkerheten *alltid tolkas*. Den som exempelvis finner en okänd svamp klassar den snarare som potentiellt giftig än potentiellt ätlig. I miljöpolitiken kallas detta i allmänna termer för att tillämpa *försiktighetsprincipen*, vilken finns inskriven i bland annat EU:s fördrag.

Mer specifikt kan försiktighetsprincipen sägas handla om att någon form av åtgärder *ska*¹⁴³ vidtas mot allvarliga miljöhot, även om dessa är osäkra.¹⁴⁴ Globala klimatförändringar kvalar, som vi sett, med råge in på båda kriterierna allvarlighet och osäkerhet, så frågan infinner sig vilka åtgärder som kan tänkas komma ifråga.

Till skillnad från vad som ibland förs fram i debatten om försiktighetsprincipen så handlar den inte automatiskt om att förbjuda det potentiellt skadliga. I stället handlar det i första hand om att *vända på bevisbördan*, dvs. att tolka osäkerheten som att en effekt *kan* inträffa, något som kan ske på basis av enskilda men klara evidens av något slag (initiala vetenskapliga studier, gedigna hypoteser, preliminära mätningar, osv.), även om en "full" kunskapsmassa om till exempel orsak-verkan inte föreligger. I fallet med den okända svampen ovan gjordes ett riskminskande antagande (ett "försiktigt" "default-värde"). Analogt kan man i kemikaliepolitiken klassa ett misstänkt cancerframkallande ämne som just cancerframkallande, tills dess att studier tydligt motsäger detta.¹⁴⁵

¹⁴⁰ Tillämpningen av läran om hushållning (ekonomi) gynnas förstås av goda kunskaper i läran om huset (ekologin), t.ex. om det är stabilt och i utveckling (eller resiliert, i systemekologisk mening), eller skadat och skört (vilket klimatvetenskapen allt tydligare pekar på).

¹⁴¹ Eriksson et al. (2010a; 2010b)

¹⁴² I vissa fall kan orsaken vara oklar men effekten tydlig (som när sälrar konstaterades dö i Östersjön innan PCB bevisades vara en orsak), i andra fall gäller ungefär motsatsen (osäkerhet om effekter i havsmiljön av övergödande utsläpp på lång sikt).

¹⁴³ Dvs. går längre än Riodeklarationens passiva punkt 15.

¹⁴⁴ Sandin (1999); Karlsson (2005)

¹⁴⁵ I vetenskapsteoretisk mening kan man förstås inte "bevisa" ofarlighet; det som avses kan gälla att exempelvis genomföra riskbedömningar rörande cancerframkallande förmåga.

På ett liknande sätt ansågs koldioxid inom klimatpolitikens ram, i en rad länder, bidra till klimatförändringarna innan det rådde vetenskaplig konsensus om den saken. Beslutet vid 1990-talets början om att införa en koldioxidskatt i Sverige kan därför sägas vara ett exempel på försiktighetsprincipen, i alla fall bland de politiska beslutsfattare som då bedömde att forskarna inte var överens om huruvida människan påverkade klimatet.

En konsekvens av principen blir rimligen att förändra balansen inför beslutsfattande så att den som argumenterar för business as usual ges en högre, eller minst lika hög, bevisbördasom den som argumenterar för skärpta mål och åtgärder. En ytterligare konsekvens är att anta att klimatkänsligheten är hög snarare än låg. Som vi konstaterat är förutsättningarna för effektivt beslutsfattande utifrån ett konsekvensetiskt perspektiv inte fullt tillgodosedda, eftersom det saknas god kunskap om såväl kostnader och nyttor av att vidta eller inte vidta en åtgärd (se kapitel 2 och 3). Utifrån den insikten har även forskare i ekonomi riktat kritik mot kostnadsnyttoanalyser och föreslagit andra ansatser och beslutsunderlag.

4.1.1. Martin Weitzmans kritik

Även om kunskapen och resultaten i de klimatekonomiska modellerna i någon mån kommit att konvergera är osäkerheterna fortfarande mycket stora. Frågan om beslutsfattande under osäkerhet ställs inom klimatområdet på sin spets. I detta sammanhang ger Martin Weitzmans inflytelserika studie år 2009 ett intressant perspektiv i linje med försiktighetsprincipen som diskuterats tidigare.¹⁴⁶

Weitzman tar i sin studie fasta på att sannolikhetsfördelningen för att klimatförändringarna resulterar i en viss uppvärmning inte är normalfördelad, dvs. där de flesta händelserna är centrerade kring medelvärdet och extrema händelser mycket osannolika. När "svansarna" inte tunnas ut som i normalfallet kallar statistiker detta för "feta svansar", vilket illustrerar det faktum att extremerna i distributionen är mer sannolika att inträffa (se även 2.1). System som karakteriseras av hög komplexitet och som inbegriper icke-linjära, dynamiska processer och återkopplingsmekanismer som är potentiellt stora men svåra att kvantifiera – precis som det globala klimatsystemet (se kapitel 2) – har en tendens att uppvisa feta svansar i sannolikhetsdistributionen. Denna osäkerhet påverkar den klimatekonomiska analysen.¹⁴⁷

Mot denna bakgrund utformade Weitzman det så kallade "dismal-teoremet" ("det dystra teoremet") och han visade matematiskt att *marginalnyttan av minskade växthusgasutsläpp är oändlig*. Teoremet bygger på två slutsatser:

- (i) Sannolikheten för extrema händelser är relativt hög. Den komplexitet och dynamik som präglar Jordens klimat innebär en sådan osäkerhet att estimat har en "fet-svansad" sannolikhetsdistribution.
- (ii) Kostnaden för extrema utfall av klimatförändringar är obunden då utfallen närmar sig gränserna för människans överlevnad (till potentiella effekter med signifikant sannolikhet hör att hundratals miljoner människor kan dö och att den globala ekonomin kan falla samman).

Detta ledde Weitzman till slutsatsen att kostnadsnyttoanalyser är meningslösa. Det är viktigare att utforma strategier mot värsta tänkbara utfall ("worst case") än att kalibrera de mest sannolika utfallen och maximera den förväntade nyttan.¹⁴⁸ I det förra fallet är utgångspunkten pliktetisk, i det senare konsekvensetisk.¹⁴⁹

¹⁴⁶ Weitzman (2009)

¹⁴⁷ Asymmetri ökar riskspridningen och gör felbedömningar mer kritiska.

¹⁴⁸ Lustigt nog ansåg Weitzman (2007) att Stern hade rätt men av fel anledning. Då Stern attribuerade angelägenheten av klimathotet till en låg diskonteringsränta ansåg Weitzman att osäkerheten inom klimatforskningen är det som mest ställer analysen på sin spets. Weitzman (1998) hade dock själv tidigare argumenterat för en låg diskonteringsränta.

¹⁴⁹ En intressant parallell är att en lantbrukare i exempelvis Sverige (med jämförelsevis förutsägbart klimat och väder, med gott om insatsmedel för hantering av problem (bevattning, kemisk bekämpning, gödsling) och med ett

Weitzman påpekar bland annat att IPCC anger en sannolikhet på 5 procent att temperaturökningen blir 7 grader, och en sannolikhet på 1 procent att den blir 10 grader. Som Weitzman själv skriver har inte sådana temperaturer funnits på hundratals miljoner år.

Utifrån detta resonemang har det utvecklats en diskussion som förespråkar ett slags försäkringstänkande. Weitzman menar nämligen att det ligger i den mänskliga naturen att ge värsta utfall en högre vikt i en riskbedömning än det mest sannolika utfallet. Howarth (2003) har i samma anda påpekat att sparande i förebyggande syfte, och det tänkande som präglar försäkringstagande, måste beaktas vid värderingen av klimatrisker.

Weitzmans resonemang är en tydlig tillämpning av försiktighetsprincipen, som vi anført ovan, och det har klara likheter med den så kallade "maximin-princip" som förespråkats av bland andra John Rawls, och som har förts fram inom miljöområdet för att operationalisera principen i andra fall av komplexa risker¹⁵⁰ – vid allvarliga hot och hög osäkerhet bör prioritet ges åt att undvika det värsta utfallet.

Att i klimatpolitiken fokusera på konventionella riskanalyser kan leda till att mycket allvarliga risker med låga men inte försumbara sannolikheter, liksom icke-kvantifierbara risker, inte uppmärksammas utan istället avskrivs som irrelevanta. Om därtill bevisbördan inför beslutsfattande läggs på den som förespråkar ytterligare klimatpolitiska åtgärder, i form av att kunna kvantifiera risker eller påvisa en nyttoövertikt av beslut, skapas trögheter och en fullständigt godtycklig men likväl ologisk skevhet – åtminstone om motsvarande beviskrav inte ställs på den som förespråkar bussiness as usual.

En sådan skev fördelning är det normala fallet i klimatpolitiken. Förslag om exempelvis skärpta mål eller nya styrmedel möts nästan regelmässigt med krav på konsekvensanalyser i både Sverige och EU, liksom i USA, ibland även med krav på samhällsekonomiska analyser, medan förslag om motsvarande analyser av business as usual sällan förs på tal.¹⁵¹ Ett tydligt exempel inom utredningsväsendet i Sverige är kommittéförordningens krav på bred konsekvensanalys av alla förslag på ny politik i statliga utredningar, med undantaget att det inte ställs krav på att belysa miljökonsekvenser, inklusive effekter på klimatmål.¹⁵² Inom EU finns krav på Impact Assessment av nya miljöpolitiska förslag och i USA finns CBA-krav i OMB.¹⁵³

När det gäller Weitzmans slutsatser erkänner många ekonomer att han gett ett viktigt bidrag till den klimatekonomiska forskningen, men teoremet har även kritiserats. Nordhaus har kritiserat Weitzman för att bland annat anta en funktion där noll-konsumtion har en nytta som är oändligt positiv.¹⁵⁴ Detta är enligt Nordhaus inte realistiskt. Människor är inte beredda att betala stora kostnader för att undvika osannolika händelser även om dessa är dramatiska.

socialförsäkringssystem som backup) ofta söker maximera vinst (maximera skörd), medan en lantbrukare i exempelvis Tanzania (med osäkert klimat och frekvent torka, knappast några resurser för insatsmedel och bristfällig social backup), söker minimera risk (genom att t.ex. odla både torktåliga perenna grödor som kassava och nederbördsberoende inkomstbringande grödor som majs).

¹⁵⁰ Karlsson (2005)

¹⁵¹ I samband med miljökonsekvensbeskrivningar enligt miljöbalken ställs dock krav på ett så kallat noll-alternativ, och ett referensscenario kan på samma sätt beskrivas i klimatpolitiska sammanhang, men det sker då som en följd av analyser av förändrad politik. Det faktum att utredningar tillsätts för att föreslå ny (klimat)politik pekar förvisso i andra riktningen men leder inte långt om beviskraven formuleras skevt.

¹⁵² Kommittéförordningen (1998:1474) anger krav på konsekvensberäkningar av intäkter och kostnader för offentliga instanser, samt krav på konsekvensbeskrivning gällande kommunalt självstyre, brotthet, sysselsättning, service, småföretag, konkurrensförmåga, jämställdhet och integration – men inte gällande miljöomål såsom begränsad klimatpåverkan. Krav på att analysera BAU eller ett nollalternativ saknas. I Miljömålsberedningens grunddirektiv (2010:74) hänvisas till kommittéförordningen och i övrigt krävs såväl samhällsekonomiska konsekvensanalyser som analyser av kostnadseffektivitet av förslag (och alternativa handlingsvägar). Återigen saknas krav på att belysa BAU. Därtill bör påtalas att inte minst kravet på samhällsekonomisk analys, om det tas på allvar, för att lägga fram beslutsförslag, är ställt högt och inte lätt att genomföra.

¹⁵³ Se exempelvis http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/commission_guidelines/docs/iag_2009_en.pdf och https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/infoeg/eo12866/eo13563_01182011.pdf; det ska dock tilläggas att bedömningsystemen är under förändring i skrivande stund.

¹⁵⁴ Nordhaus (2009)

Nordhaus har vidare ifrågasatt om sannolikhetsfunktionen verkligen har feta svansar. Enligt Nordhaus stämmer inte detta. Samtidigt delar Nordhaus Weitzmans övergripande slutsats att osäkerheterna motiverar till tidiga och kraftfulla åtgärder.

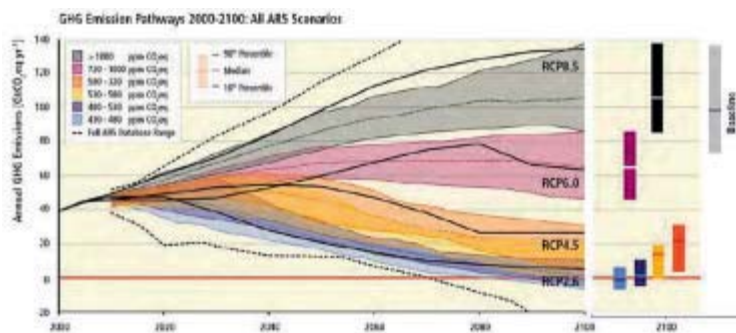
Sammanfattningsvis är uppfattningen bland flera klimategonomer att osäkerhet inte får legitimera inaktivitet. Tvärtom har vi i detta avsnitt sett att det går att fatta beslut under osäkerhet och att en nyckelfråga då är hur osäkerhet och risk tolkas. En central fråga rör antagandet huruvida det finns negativa effekter eller inte, dvs. huruvida man i en situation med stor osäkerhet ska försöka chansa och maximera nyttan, eller om man ska söka minimera sannolikheten för det värsta utfallet. Vi ska nu se på vad ett försiktighetstänkande kan tänkas betyda för utmaningen att sätta klimatpolitiska mål, följt av ett resonemang om klimatpolitiska strategier och styrmedel.

4.2. Hur omfattande klimatåtgärder krävs för att undvika farliga temperaturförändringar

Mot bakgrund av (i) den stora osäkerheten i såväl klimatvetenskapen som anhängande riskanalyser och (ii) bristerna vad gäller den teoretiska grunden för och den praktiska möjligheten att göra kostnadsnyttoanalyser i klimatfrågan, finns skäl att diskutera hur mål och medel i klimatpolitiken utformas.

När det gäller frågan om mål har världen enats i en ramkonvention om klimatförändringar (UNFCCC från 1992) med syftet att undvika en "farlig" klimatförändring ("dangerous climate change"). Under flera år översatte vissa forskare och många politiker detta till ett mål om att begränsa den globala genomsnittliga temperaturökningen till högst 2°C över förindustriell nivå. I Sverige har denna ambition lagts fast i riksdagens miljö kvalitetsmål "Begränsad klimatpåverkan". EU antog ett motsvarande mål redan 1996 och inom klimatkonventionens ram lades det fast 2010.

I de senaste rapporterna från IPCC har ett nytt scenario (RCP2.6¹⁵⁵) tagits fram som visar en utveckling som "sannolikt" begränsar uppvärmningen till högst två grader. Sannolikt ("likely") betyder här minst 66 procent.



Figur 6. Utsläppsbanor för växthusgaser enligt IPCC:s olika scenarier. Källa: IPCC (2014).

De globala utsläppen behöver enligt detta scenario i (Figur 6) omgående och under kommande decennier minska ordentligt med ungefär 40–70 procent före 2050 jämfört med 2010, för att sedan upphöra eller till och med bli negativa mot slutet av århundradet.

¹⁵⁵ I detta ingår bland annat följande antaganden: kraftfullare klimatpolitik; låg energiintensitet; minskad olje användning; 40 procent lägre utsläpp av metan; ungefär lika mycket betesmark; mer jordbruksmark på grund av bioenergiproduktion; samt en världsbefolkning på 9 miljarder.

I ljuset av klimatkonventionens mål om att undvika en "farlig" klimatförändring finns dock skäl att ifrågasätta om scenarier som RCP2.6 är tillfredsställande. För det första står det klart (se till exempel resonemanget om "reasons for concern" i kapitel 2) att farliga risker uppkommer redan före 2 graders uppvärmning. För det andra är sannolikheten för att klara det målet så låg som (minst) 66 procent, dvs. sannolikheten är (högst) 33 procent för att misslyckas. Det måste anses som mycket högt jämfört med risktoleransen på andra områden (i till exempel trafiksystemen, gällande industriolyckor, liksom i sjukvården och vardagslivet), inte minst i ljuset av de potentiellt mycket stora kostnader som redovisats i kapitel 3. Mot denna bakgrund menar flera forskare, företag, organisationer och länder att utsläppsbudgeten behöver begränsas och att högre ambitioner är nödvändiga¹⁵⁶, exempelvis att sikta på 1,5 C eller mot globala utsläpp nära noll långt tidigare än vad som uttalats.

I linje med dessa bedömningar beslutade också de 195 länder som nyligen deltog på FN:s klimatkonventions partsmöte i Paris att skärpa det globala utsläppsmålet och att hålla uppvärmningen "väl under" 2 grader, och att vidta åtgärder för att begränsa den till 1,5 grader. Detta nya globala mål kommer av allt att döma att innebära att många regionala (t.ex. inom EU) och nationella klimatmål kommer att skärpas i motsvarande grad.

Ett ytterligare argument för dessa mer ambitiösa målsättningar är att kostnaderna ökar mer än proportionerligt när temperaturen stiger. Temperaturökningar på 2 grader över förindustriell nivå leder till stora ekonomiska kostnader, och för vissa regioner alarmerande effekter. En ökning med 3 grader eller mer innebär att kostnaderna eskalerar. Kostnadsökningen från 2 grader till 3 grader ger en ökad kostnad på 0,9 procent av global BNP per år.¹⁵⁷ En ökning från 3 grader till 4 grader ger en ökad kostnad på 1,2 procent av global BNP per år.

Ett centralt initiativ är det så kallade *Earth Statement* som presenterades i juni 2015.¹⁵⁸ Där konstaterar en rad forskare från universitet och ledande institutioner på klimatområdet att 2 graders uppvärmning ger signifikanta skador och störningar. I uttalandet efterlystes en rad förslag och åtgärder, bland annat ett mål om att minska de globala utsläppen till noll år 2050 eller strax därefter:

"We need to fundamentally transform the economy and adopt a global goal to phase out greenhouse gases completely by mid-century. Deep decarbonization, starting immediately and leading to a zero-carbon society by 2050 or shortly thereafter, is key to future prosperity."

Sammanfattningsvis avgörs valet av nivån på utsläppsminskningarna på vilka risker vi är beredda att ta, relativt dem som drabbas av klimatförändringar i dag och dem som kan drabbas i framtiden, liksom hur vi bedömer nyttan av att vidta åtgärder. Det avgörande för klimatet är de ackumulerade utsläppen, vilket innebär att åtgärder för att minska risker måste innefatta utsläppsminskningar i absoluta tal mätt, i nivå med den utsläppsbudget som korrelerar med valt mål. 2-gradersmålet innebär stora risker och kostnader vilket föranlett många att förorda ett mål om 1,5 graders uppvärmning, och att sannolikheten för att nå målet bör vara högre än den nivå (likely), dvs. 66 procent som ofta används.

¹⁵⁶ Se resonemang och förslag i exempelvis Meinshausen et al. (2015); Sachs och Tubiana (2014); UNEP (2014); Höhne et al. (2013); Hansen et al. (2013); Rogelj et al. (2011); Baer et al. (2008); Hagainiatiivet (2015); Association of Small Island States (2015) (se <http://aosis.org/press-release-aosis-ministers-lay-out-priorities-ahead-of-week-two>); en populär redovisning av läget finns av SMHI: http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.366181/Infoblad%20IPCC%20jan%202014.pdf.

¹⁵⁷ US Gov (2014)

¹⁵⁸ "Earth Statement" presenteras på <http://earthstatement.org/statement>. Referenser för resonemangen finns på <http://earthstatement.org/references>.

Utifrån 1,5-gradersmålet, med ökad sannolikhet för att nå målet, med ansvarstagande för historiskt sett större utsläpp följer att ett utvecklat föregångsland behöver minska utsläppen till nära noll betydligt tidigare än 2050, omkring år 2030¹⁵⁹.

4.3. Hur snabba klimatåtgärder krävs – att vänta eller inte vänta med att vidta klimatåtgärder

En omfattande analys och sammanställning av studier som beräknat kostnader och nyttor av att vänta med att genomföra klimatåtgärder, publicerad av regeringen i USA, drar slutsatsen att kostnaderna ökar av att vänta.¹⁶⁰ Eftersom koldioxid ackumuleras i atmosfären ökar de ekonomiska skadorna ju längre det tar innan åtgärder vidtas. Om senareläggningen av åtgärder leder till att koncentrationsmålet inte nås innebär de högre koncentrationerna att de ekonomiska kostnaderna landar på en högre årlig nivå. Givet oförändrat mål innebär senare åtgärder att utsläppsminskningstakten måste öka, vilket likaså ger högre kostnader.

Enligt beräkningar ökar kostnaderna med 40 procent för varje decennium som åtgärderna försenas.¹⁶¹ Koldioxidutsläppen är på ett sätt ett nollsummespel, så till vida att varje utsläpp av koldioxid, givet oförändrat klimatmål, innebär ett uttag från den kvarvarande budgeten, och att denna enhet utsläpp då inte finns tillgänglig för någon annan att förbruka. Eftersom haven och andra systems förmåga att buffra överskott av koldioxid är begränsad innebär varje enhet utsläpp att temperaturen ökar något, vilket riskerar leda till långsiktiga eller permanenta skador och kostnadsökningar. För att återkalla dessa skador krävs utsläppsminskningar som är negativa, eller som professorn i meteorologi, Michael Tjernström, uttrycker det: *”Man kan inte tro att vi kan vänta att göra något och så gör vi mycket sedan. För det vi har släppt ut, det har vi släppt ut. Och det får vi leva med.”*

Att vänta med att vidta åtgärder motiveras ofta med att teknisk utveckling kommer att göra det billigare att vidta åtgärder längre fram. Nyttan med innovationer på klimat- och miljöområdet är dock i hög grad en gemensam nytta och tillfaller inte bara den som genererat innovationen. Detta innebär i sin tur att det underinvesteras i klimatinnovationer. Utan långsiktigt trovärdiga och stringenta policy signaler är det mindre troligt att tillräckliga innovationer växer fram inom ett område med höga positiva externa effekter. Orsaken till att kostnaderna ökar med varje år som åtgärderna försenas beror bland annat på att inläsnings effekterna då ökar. Om politiken inte sänder tydliga signaler minskar investeringarna i klimateffektiv teknik.

Sammanfattningsvis är det samhällsekonomiskt rationellt och lönsamt att vidta åtgärder snabbt. Ett hinder är att vissa som orsakar stora utsläpp av växthusgaser upplever eller har svårigheter att, åtminstone på kort sikt, se att de vinner på att vidta åtgärder. Detta är vad vi utforskar i nästa avsnitt.

4.4. Kriterier för åtgärder

De flesta är eniga om att klimatåtgärder är samhällsekonomiskt lönsamma, och att det är viktigt med kraftfulla och snabba åtgärder. En viktig fråga rör dock vilka typer av åtgärder som bör införas, vilket det finns olika perspektiv på, delvis beroende på vad som anses som effektivt.

En vanlig uppfattning är att en optimalt effektiv klimatpolitik präglas av kostnadseffektiva styrmedel såsom ett globalt enhetligt pris på koldioxidutsläpp. Andra kompletterande styrmedel, såsom mål om förnybar energi och energieffektivisering, riskerar att minska kostnadseffektiviteten. Det finns fler invändningar mot sådana resonemang, bland annat att priser är osäkra, särskilt i ett långsiktigt

¹⁵⁹ Förslaget har framförts av exempelvis Johan Rockström, Stockholm Resilience Center, och Johan Kuylenstierna, Stockholm Environment Institute, i anföranden för Miljömålsberedningen under 2015. Se även Hagainitiativet (2015). För mer information, se Meinshausen et al. (2015); Sachs och Tubiana (2014); Höhne et al. (2013); Hansen et al. (2013); Rogelj et al. (2011); Baer et al. (2008).

¹⁶⁰ US Gov (2014)

¹⁶¹ “An analysis of research on the cost of delay for hitting a specified climate target (typically, a given concentration of greenhouse gases) suggests that net mitigation costs increase, on average, by approximately 40 percent for each decade of delay. These costs are higher for more aggressive climate goals: each year of delay means more CO₂ emissions, so it becomes increasingly difficult, or even infeasible, to hit a climate target that is likely to yield only moderate temperature increases.”

perspektiv, och sällan avspeglar negativa och positiva externa effekter, att det saknas full eller symmetrisk information, och att det som kan verka kostnadseffektivt på kort sikt därför inte behöver visa sig vara det i ett flergenerationsperspektiv. Om beslut helst ska fattas på internationell nivå förutsätter också en samsyn om problembilden och en hög nivå av tillit¹⁶², vilket sällan finns i tillräcklig omfattning. Det leder i sin tur till att internationellt kostnadseffektiva konkurrensneutrala åtgärder har dåliga förutsättningar att implementeras. Av bland annat dessa skäl kan därför ett starkt fokus på kostnadseffektivitet leda till en icke optimal måleffektivitet, trots att måleffektivitet i klimatsammanhang är mer angeläget, givet de potentiellt stora skador det rör sig om. Kostnadseffektivitet är förvisso ett viktigt kriterium – det är givetvis ineffektivt att använda onödigt mycket resurser för att nå ett visst mål – men det är i sammanfattning svårt att uppnå i praktiken.

IPCC och många forskare antar en hållning som bygger på såväl en rik vetenskaplig utgångspunkt, där insikter från flera discipliner tillåts beaktas, som en pragmatisk ansats, och menar att kostnadseffektivitet bara är ett av flera kriterier mot vilka klimatåtgärder bör utvärderas. IPCC:s lista över viktiga kriterier omfattar miljöeffektivitet (dvs. måleffektivitet), ekonomisk effektivitet, fördelningshänsyn, samt institutionell genomförbarhet.¹⁶³ Detta verklighetsförankrade synsätt skiljer sig alltså från en neoklassisk idealmodell, där det inte finns någon praktisk skillnad mellan måleffektivitet och kostnadseffektivitet då måleffektivitet är ett skall-krav som styr nivån på de kostnadseffektiva styrmedlen. Att anta att idealmodellen är verklig skulle, med de stora osäkerheter som råder rörande kostnader och nyttor av såväl klimatåtgärder som klimatskador, kunna visa sig oerhört dyrbart för samhället. Givet klimatfrågans komplexitet innebär IPCC:s ansats att politiken spelar en viktig roll för att dels korrigera marknadsmisslyckanden, i den utsträckning det går, dels komplettera dessa med åtgärder baserat på andra kriterier för att säkerställa måleffektivitet.

Utifrån detta perspektiv är ett styrmedel bra om det leder till måleffektivitet dvs. minskar utsläppen. Styrmedel bör vidare vara så kostnadseffektiva som möjligt. Gernot Wagner m.fl.¹⁶⁴ (se avsnitt 5.2.1) menar att tröskeln för att stödja ett projekt bör vara mycket låg eftersom kostnaden för inaktivitet är så hög att alla projekt som potentiellt kan bidra till att minska dessa kostnader är potentiellt lönsamma, och om inte annat kan de skapa läroeffekter¹⁶⁵. Valet av styrmedel enligt IPCC:s kriterier ska vidare anpassas efter vad som bedöms genomförbart och som inte leder till allt för negativa fördelningseffekter.

Detta bredare anslag, där fler kriterier för vad som är ett bra styrmedel vägs in, innebär att enskilda länder kan vidta åtgärder även om andra länder inte tillämpar liknande styrmedel. Målet är att utifrån framkomliga vägar åstadkomma minskade utsläpp av växthusgaser på ett så effektivt sätt som möjligt.

4.4.1. Etiskt ansvarstagande för framtid och samtid

Såväl kostnadseffektiva styrmedel som styrmedel som uppfyller IPCC:s hela kriterielista bygger på ett konsekvensetiskt utilitaristiskt perspektiv. Ett alternativt förhållningssätt är det pliktetiska. Utifrån detta perspektiv kan regler ställas upp som inte tar sin utgångspunkt i konsekvenser, inklusive nyttoövervikt. Man kan tänka sig att det moraliskt rätta är för var och en att överallt handla så att utsläppen blir så små som möjligt, alldeles oberoende av kostnadsnyttoresonemang och hur andra agerar.¹⁶⁶

Resonemanget bottnar i klimatfrågans sannolikt avgörande betydelse för mänskligheten, där utsläppen av framför allt långlivade växthusgaser riskerar ge permanenta skador och kostnader. Det faller alltså ett ansvar på varje enskild aktör att försöka bidra till att utsläppen minimeras. Målet om näranollutsläpp av växthusgaser globalt vid mitten av århundradet innebär vidare att takten mellan aktörer kan variera men att alla i slutänden måste minska sina utsläpp. Som enskilt land eller aktör kan

¹⁶² Alfredsson och Wijkman (2012)

¹⁶³ IPCC (2007)

¹⁶⁴ Wagner et al. (2015)

¹⁶⁵ Van Benthem et al. (2008)

¹⁶⁶ Jämför med Kants uppmaning ovan i rapporten.

man bidra till de globala utsläppminskningarna genom att minska sina egna utsläpp och genom att hjälpa andra att minska sina, endera genom att visa på en framgångsrik väg framåt eller med konkreta insatser.

Utifrån ett pliktetiskt perspektiv landar ansvaret på alla aktörer att bidra till det allmännas bästa och med omtanke om kommande generationer. Inom en sådan ram kan ett konsekvensetiskt förhållningssätt fungera som komplement.

4.5. Sammanfattande slutsatser

I föregående kapitel konstaterades att forskningen visar att det är samhällsekonomiskt lönsamt att vidta klimatåtgärder, men att det av metodmässiga skäl likväl är utmanande att grunda klimatpolitiska beslut på kostnadsnyttoanalyser. I detta kapitel har vi diskuterat vad den stora klimatvetenskapliga osäkerheten betyder i ett beslutsperspektiv. Vissa forskare menar att kostnadsnyttoanalyser avseende klimatåtgärder är så osäkra att de inte alls bör användas som underlag.

Ett sätt att hantera denna osäkerhet är att tillämpa försiktighetsprincipen, som är inskriven i bland annat i EU:s fördrag och manar till handling vid allvarliga miljöhot även vid kunskapsbrister. Detta resonemang har i andra sammanhang i miljöpolitiken medfört beslutsfattande där bevisbördan vänts och har motiverat strategier för att minska sannolikheten för att det värsta utfallet inträffar, dvs. att öka sannolikheten för att utvecklingen inte leder fel.

Samma slutsats har Martin Weitzman dragit utifrån en ekonomisk analys och även om hans s.k. ”dystra teorem” inte är oomtvistat, så finns en stark uppslutning kring tanken på att klimathotet bör hanteras utifrån ett försäkringstänkande. Riskerna med klimatförändringarna är så stora att de motiverar till att vidta omfattande åtgärder för att minska problemen.

Försiktighetsprincipen innebär således att utsläppen bör minska långt snabbare och till lägre nivåer än vad som tidigare antagits, om klimatförändringen med högre sannolikhet ska begränsas i enlighet med besluten på FN:s klimatkonferens i Paris i december 2015, då 195 länder enades om ett skärpt mål för global temperaturökning, vilket av allt att döma kommer att omsättas i skärpta mål på regional och nationell nivå.

Vem som bör agera och vilken typ av åtgärder som är bäst att vidta har vi i detta avsnitt kopplat till dels synen på vad som uppfattas som effektivast, dels valet av etiskt perspektiv. De som använder ett konsekvensetiskt perspektiv och en strikt tillämpning av kostnadseffektivitetskriteriet drar ofta slutsatsen att ett globalt pris på koldioxid är mest effektivt, vilket kräver ett globalt heltäckande avtal om ekonomiska styrmedel. En uppenbar nackdel med denna strategi är att den leder till inaktivitet tills dess att förutsättningarna för ett sådant globalt avtal finns på plats. Strategin är potentiellt överksam med stora risker och kostnader till följd.

Andra strategier tar hänsyn till fler kriterier, exempelvis IPCC:s kriterielista, som inkluderar måleffektivitet, kostnadseffektivitet, genomförbarhet och fördelningshänsyn. Kriterierna ”genomförbarhet” och ”fördelningshänsyn” innebär även att rättviseaspekter vägs in. Även historiskt ansvar kan utifrån dessa kriterier vägas in.

Det konsekvensetiska perspektivet kan kompletteras med ett pliktetiskt, som utifrån en försiktighetsprincip formulerar en skyldighet att fortlöpande minska utsläppen, oavsett osäkra resonemang om kostnad och nytta, och där bevisbördan i beslutsfattandet läggs på den som motsätter sig ökade ambitioner.

Givet att målet är att undvika farliga klimatförändringar måste de globala utsläppen av växthusgaser minskas snabbt och radikalt. Utmaningen är så omfattande att alla aktörer mest troligt behöver minska sina utsläpp så mycket som de kan, obeaktat vad andra gör, och därtill när så är möjligt hjälpa andra att minska sina utsläpp.

Att minimera riskerna för farlig klimatförändring är dels en försäkring, dels en investering som, givet befintlig kunskap, är uppenbart lönsam på lång sikt, men också i ett kortare tidsperspektiv, under en omställningsprocess som kan generera nytta i form av bättre luft, innovationer, investeringar och arbetstillfällen.

Konkret behöver det svenska klimatpolitiska ramverket i högre utsträckning än hittills fokusera på vad som är verksamma (måleffektiva) styrmedel, samtidigt som de ur ett långsiktigt perspektiv är så kostnadseffektiva som möjligt.

I nästa kapitel diskuterar vi vidare frågan om framkomliga strategier för att vidta åtgärder.

5. Klimatpolitisk förnyelse

Mot bakgrund av den konsensus som vuxit fram om behoven av snabba och kraftfulla klimatåtgärder, i kombination med det faktum att de åtgärder som anses vara de mest effektiva men som kräver global enighet inte genomförs, har tidigare konventionella klimatekonomer kommit att förespråka alternativa åtgärder. I detta kapitel redovisas några av dessa. Förslagen visar att flera forskare som tidigare förespråkade traditionella kostnadseffektiva åtgärder nu är så oroade av utvecklingen att de anser att det inte längre går att vänta på att det ska vara möjligt att genomföra de mest kostnadseffektiva åtgärderna.

Kapitlet inleds med ett avsnitt som redovisar några konventionella klimatpolitiska strategier och styrmedel. Därefter – mot bakgrund av försiktighetstänkandet och behovet av att gå fram snabbare – redovisas några nya ansatser och förslag.

5.1. Konventionell klimatpolitik: pris på utsläpp, budget och reglering

Som vi sett i tidigare kapitel är en förklaring till utsläppen av växthusgaser att det saknas ett marknadspris som styr mot hushållning. Det gängse receptet i den miljöekonomiska teorin i ett sådant fall är att internalisera de externa kostnader som uppstår genom att med demokratisk miljöpolitik på ett eller annat sätt sätta ett pris på utsläppen. Detta kan exempelvis ske med ekonomiska styrmedel i form av en miljöskatt eller miljöavgift (som inte är fiskal), alternativt med regleringar av något slag, såsom krav på bästa möjliga teknik inom olika industrigrenar eller på energieffektivitet för belysning eller vitvaror. Kombinerade ekonomiska och regleringsmässiga incitament finns i system för ”cap and trade” (med utdelning eller auktionering av viss och över tid minskande mängd säljbara utsläppsrätter), samt för kvotplikter och elcertifikat för bränslen respektive eltillförsel.¹⁶⁷

I Sverige har energirelaterade skatter funnits sedan länge, exempelvis med 1920-talets skatt på bensin¹⁶⁸ och 1950-talets energiskatt, medan en punktskatt på koldioxid infördes först 1991. Redan då, och alltmer sedan dess, har både energi- och koldioxidskatten höjts, sänkts, förändrats och differentierats, och idag finns ett komplext system med en rad olika skattesatser, utformade och differentierade på olika sätt för olika verksamheter och ändamål, och med ökad påverkan från EU:s statsstödsregler.¹⁶⁹ I vissa perioder har även en viss växling av skatter skett i Sverige, från skatt på arbete till ökad skatt på energi och utsläpp. Inom EU finns en harmoniserad energiskatt på en miniminivå, vilken regleras i 2003 års energiskattedirektiv, och vilken medlemsländerna har olika möjligheter att avvika ifrån. Parallellt har EU utvecklat ett system för handel med gratis tilldelade utsläppsrätter, vilket steg för steg har utvecklats mot ökad auktionering. Inom EU har också beslut upprepat fattats om att fasa ut miljöskadliga subventioner, exempelvis till fossila bränslen, men genomförandet är om inte obefintligt så i alla fall klart bristfälligt. Vad gäller regleringar och offentliga satsningar av betydelse för klimatfrågan kan allt ifrån stadsplanering och anslag för infrastruktur till energikrav på byggande och produkter (från belysning till fordon) nämnas.

Måleffektiviteten bland dessa fåtal illustrationer på styrmedel har varierat, med koldioxidskatten som ett relativt gott exempel och utsläppshandeln som snarast det motsatta. Kostnadseffektiviteten är inte optimal eftersom skattenivåer varierar stort mellan olika verksamheter, men variationen har sannolikt varit viktig för den politiska genomförbarheten. Emellertid står det klart att även om vissa kortsiktiga klimatmål har uppnåtts (trots initiala påståenden om stora svårigheter och kostnader förknippat med dessa) så minskar inte utsläppen i linje med vad som behövs för att nå de långsiktiga klimatmålen. Det gäller såväl i Sverige som i ett EU- eller globalt perspektiv. Det förs heller inte en politik i linje med rekommendationen för att nå nollutsläpp som är gjord av OECD:s generalsekreterare, Angel Gurría:

¹⁶⁷ Se exempelvis Naturvårdsverket och Energimyndigheten (2006); Michanek och Zetterberg (2012).

¹⁶⁸ Detta var en hushållningsriktad beskattning av bensin (förordning 1924:126), vilket breddades till omfatta även motorsprit 1929 (förordning 1927:190), se bl.a. SOU 1933:25, samt Liljegren (1999). Långt senare kom lagen (1957:262) om allmän energiskatt.

¹⁶⁹ Karlsson (2015)

“A clear, long term signal that the price of emissions will only go one way – up – would be the best path to put us on a trajectory towards zero emissions.”¹⁷⁰

Det är av stor betydelse att i linje med denna uppmaning från OECD behålla och stärka den konventionella klimatpolitiska arsenalen av styrmedel. OECD pekar vidare på vikten av att all policy bidrar till en övergång till en lågkolekonomi. Detta inkluderar politikområden såsom skatter, kapitalförsörjning, konkurrens, sysselsättning, transfereringssystem, miljö, energi, investering, handel, bistånd, innovation, jordbruk, regional utveckling och transporter.¹⁷¹ Förslagsvis kan arbetet därtill skalas upp utifrån de tre strategierna att (i) minska och effektivisera användningen av energi, (ii) satsa på tillförsel av endast förnybar energi, samt (iii) minska och effektivisera användningen av, främst jungfruliga, material.¹⁷² I det sammanhanget bör förslag från utredning och forskning om cirkulär och delandets ekonomi integreras i klimatpolitiken.¹⁷³ Det ligger dock inte inom ramen för denna rapport att ytterligare redovisa konkreta förslag på styrmedel; vi ska istället se på behovet av delvis nya grepp.

5.2. Nya klimatpolitiska ansatser

Det finns numera bred samsyn om att det är samhällsekonomiskt lönsamt att vidta klimatåtgärder, och att det är riskabelt och kostsamt att vänta. Flera klimatåtgärder som traditionellt förespråkats blir dock fullt kostnadseffektiva först vid global enighet, något som ännu inte föreligger. Utifrån detta läge har ett antal välmeriterade klimatekonomer lagt fram alternativa förslag, som de bedömer kan vara verkningsfulla. Förslagen ersätter inte behovet av att fortsatt verka för generella åtgärder utan ses som potentiellt viktiga komplement.

5.2.1. Kraftfulla subventioner – “push renewables to spur carbon pricing”

Gernot Wagner m.fl.¹⁷⁴ skriver i Nature att ett korrekt pris på el som tar hänsyn till såväl negativa som positiva externa effekter på både kort och lång sikt, och som varierar utifrån geografiska förutsättningar, vore en optimal klimatåtgärd. Detta är dock både analytiskt och praktiskt mycket svårt. De menar att det i dag är mer sannolikt att en politik som driver ner kostnaderna för förnybar energi kan åstadkomma den förändring som krävs.

Förnybar energiteknik har redan fallit i pris men priset behöver drivas på ytterligare för att åstadkomma verklig förändring, dvs. att koldioxidutsläppen minskar i absoluta tal mätt. Författarna anger Tyskland som ett föredöme. Det tyska beslutet att fasa ut kärnkraft och samtidigt minska koldioxidutsläppen från exempelvis kolkraft, samt att stödja förnybar energi genom stimulerad ökad efterfrågan, har bidragit starkt till att driva ner kostnaderna för förnybar energi. De tyska energikonsumenterna har betalat för denna utveckling. Kina å sin sida har bidragit genom en policy som ökat utbudet av förnybar energiteknik.

Inte heller för subventioner av förnybar energiteknik finns det någon optimal generell lösning. Författarna förespråkar istället kontrollerade policyexperiment (som t.ex. i Tyskland). Ett första kriterium för ett sådant är att det passerar en kostnadsnyttoanalys, för vilket tröskeln bedöms som mycket låg. De flesta subventioner av förnybar energiteknik är positiva ur ett klimatperspektiv, inte minst eftersom de skapar läroeffekter.¹⁷⁵ Stöd till förnybar energiteknik bör inkludera åtgärder som öppnar upp tillgången till energinätet. Wagner med kollegor menar vidare att subventionerna bidrar till att öka möjligheterna att få till stånd internationella överenskommelser såsom ett globalt tak för koldioxid eller en global koldioxidskatt.

¹⁷⁰ Gurría (2013)

¹⁷¹ OECD (2015)

¹⁷² Se exempelvis i Wijkman och Skånberg (2015a; 2015b); liksom Naturvårdsverket (2006); samt Miljömålsrådet (2008)

¹⁷³ Se exempelvis European Resource Efficiency Platform (2014) samt Naturvårdsverket (2015)

¹⁷⁴ Wagner et al (2015)

¹⁷⁵ Van Benthem et al. (2008)

Rezai och Ploeg¹⁷⁶ har efter en mer formell analys kommit fram till samma övergripande slutsats. De menar att en socialt optimal klimatpolitik förutsätter en aggressiv subvention av förnybar energi på kort sikt och en gradvis ökning av koldioxidskatten, som på sikt minskar. Under en övergångsperiod används både subventioner och koldioxidskatt. De menar att det inte bara är viktigt att internalisera externa negativa effekter utan att det också är viktigt att läroeffekter uppstår genom att stödja förnybar energiteknik.

Deras resultat indikerar en global koldioxidskatt på initialt 100 USD/tC, som gradvis ökas till 275 USD/tC fram till 2050. Därtill sker en subvention av förnybar energi på 160 USD/tC initialt, vilken ökas till 380 USD/tC vid 2030 och sedan snabbt minskas ner mot noll. Enligt deras beräkningar leder förslaget till att 400 GtC förbränns, vilket är betydligt mindre än i deras BAU-alternativ som omfattar 2510 GtC. Uppvärmningen stannar på 2,3 grader jämfört med 5,3 och den välfärdsförlust som undviks motsvarar 73 procent av dagens globala BNP.

Rezai och Ploeg poängterar dock att det är just kombinationen av subventioner och koldioxidskatt som genererar en optimal klimatpolitik. Enbart subventioner kan leda till en grön paradox, dvs. att industrin accelererar sin utvinning av fossil energi på grund av rädsla för att värdet av de fossila fyndigheterna faller i framtiden. Det krävs alltså att efterfrågan på fossil energi dämpas genom att priset på koldioxidutsläpp hålls uppe via en koldioxidskatt.¹⁷⁷

Kapital till subventionerna skulle kunna finansieras dels med en koldioxidskatt, dels genom att avveckla och rikta om de miljöskadliga subventioner som idag finns, särskilt de som går till fossila bränslen. Globalt uppskattas subventionerna till fossila bränslen till över 600 miljarder dollar per år, medan EU lägger i storleksordningen tiotals miljarder euro varje år.¹⁷⁸

5.2.2. Klimatklubbar kan lösa snålskjutsproblem

Gernot Wagner och Martin Weitzman pekar i boken "Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet" på att ett avgörande hinder mot att internationella klimatåtgärder vidtas är "free rider-problemet", dvs. att länder hoppas kunna åka snålskjuts på andra länders åtgärder. Ingen tar tag i problemet utan hoppas på att någon annan ska göra det. Detta eftersom egna åtgärder inte odelat kommer det egna landet till nytta utan är förknippade med "överspillingseffekter", dvs. nyttan är global medan åtgärdskostnaderna är nationella.

I William Nordhaus recension av boken föreslår han en lösning på detta problem – "klimatklubbar". En klimatklubb skulle vara en frivillig sammanslutning i vilken medlemmarna drar nytta av att tillsammans bära kostnaderna för en aktivitet. Klubbarna bör ge så stora nyttor att de överväger kostnaden av att vara med. Enligt Nordhaus bör medlemmarna i en klimatklubb ta på sig harmoniserade men kostsamma klimatåtgärder, till exempel att införa ett minimipris på koldioxid på 40 USD per ton CO₂ (det svenska maxpriset på koldioxid, cirka 150 USD, är långt högre men det svenska minimipriset är betydligt lägre). Nordhaus menar att en koldioxidskatt kan vara det enklaste medlet men att det är upp till varje medlem att välja sin metod.

En viktig komponent i detta förslag är att länder som inte är medlemmar i klubben straffas. Ekonomiska analyser indikerar, enligt Nordhaus, att det bästa straffet är en procentuell skatt på import (*border tax adjustment*).

¹⁷⁶ Rezai och van der Ploeg (2014)

¹⁷⁷ Se även Nilsson, M. på SvD 11 dec 2015: <http://www.svd.se/hoga-energipriser-avgorande-for-klimatet/om/klimatmotet-i-paris>

¹⁷⁸ The Global Commission on the Economy and Climate (2014) anger de globala subventionerna till fossilbränslen till 600 miljarder USD per år. Angående EU, se: Valsecchi et al. (2009) och Oosterhuis et al. (2014): http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/201412ffs_final_report.pdf. Se även Naturvårdsverket (2012). Statistiska centralbyrån (2010) har uppskattat miljöskadliga subventioner i Sverige i storleksordningen miljarder kronor.

Fördelen med att inrätta klubben är att det skapar en strategisk situation som är den motsatta till dagens, där det lönar sig att hoppas på att åka snålskjuts. Incitamenten blir strategiskt korrekta. Det skapas ett incitament att gå med i klubben och införa en koldioxidskatt som i motsats till klimattullar genererar intäkter till det egna landet. Nordhaus medger att konceptet inte är oproblemiskt men att det saknas bättre alternativ och att åtgärden skulle kunna visa sig vara effektiv.

Nordhaus förslag är inte nytt. OECD har länge lett diskussionen genom att analysera förutsättningarna för effektiv klimatpolitik efter 2012. OECD:s slutsatser efter flerårigt engagemang i frågan är att det i dag behövs ordentligt förstärkta policys för utsläppsminskningar för att uppnå internationellt antagna temperaturmål.¹⁷⁹ Redan 2009 drar OECD slutsatsen att verksamma utsläppsminskningssåtgärder förutsätter en koalition av länder som tillsammans säkerställer i) måleffektivitet (dvs. som innebär att ambitiösa mål uppnås även om länder utanför koalitionen inte vidtar åtgärder), ii) att åtgärderna är ekonomiskt genomförbara (dvs. att målen kan nås utan att de kostar allt för mycket), iii) att de levererar nettoförmåner för de länder som ingår i koalitionen, samt iv) skapar tillräckligt med incitament till de länder som ingår.

Exempel på länder som har mycket att förlora, och relativt lite att vinna, på utsläppsminskningar är Ryssland, länder i Mellanöstern och Kina.¹⁸⁰

5.2.3. Ett globalt Apolloprojekt – ett 10-årigt globalt projekt

Även om nuvarande löften på klimatområdet uppfylls har världen med nuvarande politik och åtgärdsarsenal en låg chans att nå målet om maximalt 2 eller 1,5 graders uppvärmning, utan förändringar är omfattande risker och kostnader att förvänta.¹⁸¹ Det som krävs för att vända utvecklingen är dock framförallt en sak: Att förnybar energi blir billigare än fossil. Historiskt är det offentligt finansierad forskning som lett fram till stora teknologiska genombrott, såsom datorn, halvledare, internet, satellitkommunikation, kärnkraft etcetera. Trots att så mycket står på spel kan det därför sägas satsas allt för lite på forskning inom området. Istället finns en stor tillit till FoU inom privat sektor, och forskningen om förnybar energi får under 2 procent av globala offentligfinansierade medel.¹⁸² Även inom privat sektor är FoU inom förnybar energi underfinansierad och betydligt lägre än inom sektorer som till exempel elektronik.

Utifrån dessa slutsatser har forskarna David King, John Browne, Richard Layard, Gus O'Donnell, Martin Rees, Nicholas Stern och Adair Turner formulerat ett upprop. De föreslår ett globalt Apolloprojekt-liknande program inom klimatområdet. Målet är att förnybar energi ska bli billigare än fossil i soliga delar av världen år 2020, och globalt från 2025. Alla regeringar som går med i programmet ska förpliktiga sig att spendera i genomsnitt 0,02 procent av BNP på programmet mellan 2016 och 2025. Som en del av programmet ska det finnas en kommitté som årligen tar fram en färdplan över vilka vetenskapliga genombrott som krävs (en metod som visat sig framgångsrik inom halvledarområdet). Förslaget har därtill en rad mer detaljerade förslag avseende organisation och representation.

Författarna poängterar att det är viktigt att forskningen kompletteras med en incitamentsstruktur som på ett genomgripande plan omsätter de klimatpolitiska målen till handling, vilket omfattar mer än tillförsel av förnybar energi. För att bygga vidare på liknelsen så handlade det ursprungliga Apolloprojektet inte ”bara” om att möjliggöra en resa till månen, utan också om att verkligen skicka en människa dit och sedan ta henne tillbaka till Jorden på ett säkert sätt.

5.3. Sammanfattande slutsatser

Vi vet i dag att en utveckling i tangentens riktning innebär mycket stora risker. Allvarligast är att många människors liv och välfärd hotas. Då vi i denna rapport främst analyserat kostnader och nyttor

¹⁷⁹ Se exempelvis OECD:s generalsekreterare Angel Gurría (2013).

¹⁸⁰ OECD (2009)

¹⁸¹ King et al. (2015)

¹⁸² King et al. (2015)

av att vidta klimatåtgärder är dock en övergripande slutsats att det är lönsamt att agera och att ekonomin kommer att drabbas hårt om åtgärder inte sätts in. Det positiva är att det finns lösningar och att dessa på en aggregerad nivå innebär en mångfald av positiva effekter på ekonomin. Vid sidan av konventionella förslag som visat sig svåra att driva igenom på en global nivå finns det åtgärder som kan genomföras av en mindre grupp aktörer eller länder och som ändå kan vara potentiellt verksamma.

6. Referenser

- Ackerman, F., E.A. Stanton, C. Hope and S. Alberth (2009). Did the Stern Review underestimate U.S. and global climate damages? *Energy Policy* 37 (7): 2717-2721.
- Alfredsson E. C. and A.Wijkman (2014). *The Inclusive Green Economy – Shaping society to serve sustainability – minor adjustments or a paradigm shift?* Prestudy, Mistra, <http://www.mistra.org/publikationer/forstudier/the-inclusive-green-economy.html>.
- Alfredsson, E. C. (2002). *Green Consumption, Energy Use and Carbon Dioxide Emission*. Umeå University: GERUM kulturgeografi, 2002:1.
- Alfredsson, E. C. (2003). Green consumption – No solution for climate change. *Energy* 29 (2004) 513-523.
- Ambec, S., A. M. Cohen, S. Elgie, och P. Lanoie (2013). The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy* 7(1), 2–22.
- Ariansen, P. (1993). *Miljöfilosofi*. Nora: Nya Doxa.
- Arlinghaus, J. (2015) *Impact on Carbon Prices on Indicators of Competitiveness: A review of empirical findings*. OECD Environment Working Papers 87. Paris: OECD.
- Azar, C., Lindgren, K., Larson, E., Möllersten, K. (2006). Carbon capture and storage from fossil fuels and biomass—costs and potential role in stabilizing the atmosphere. *Clim Change* 74:47–79.
- Baer, P., Athanasiou, T., Kartha, S. och Kemp-Benedict, E. (2008). *The Greenhouse Development Rights Framework. The right to development in a climate constrained world*. Berlin: Heinrich Böll Stiftung, Eco Equity, Christian Aid och Stockholm Environment Institute.
- Barreca A., K. Clay, O. Deschenes, M. Greenstone, J.S. Shapiro (2012). *Adapting to Climate Change: The Remarkable Decline in the U.S. Temperature-Mortality Relationship over the 20th Century*, MIT, CEEPR WP 2013-003, December 2012
- Barker, T. och S. S.Scrieci (2010). *Modeling Low Climate Stabilization with E3MG, Towards a 'New Economics' Approach to Simulating Energy-Environment-Economy System Dynamics*. The Energy Journal, Volume 31 (Special Issue 1). The Economics of Low Stabilization. 2010 by the IAEE. All rights reserved.
- Barua, P, L. Tawney & L. Weischer (2012). *Delivering on the clean energy economy: The role of policy in developing successful domestic solar and wind industries*.
- Bigano, A., J. M. Hamilton, R. S. J. Tol. (2007). The impact of climate change on domestic and international tourism: A simulation study. *The Integrated Assessment Journal Bridging Sciences & Policy* 7, 1, 25–49.
- Biggs, R., Westley, F. R., Carpenter, S. R. (2010). Navigating the back loop: fostering social innovation and transformation in ecosystem management. *Ecology and Society* 15(2), 9.
- Brännlund, R., T. Lundgren, S. Lundberg. (2015). *Fyra genomtänkta steg för en effektiv klimatpolitik*. Västerbottens Kuriren, Publicerad 2015-11-11 22:15:15, <http://www.vk.se/1570844/en-genomtinkt-politik-for-en-effektiv-klimatpolitik>.
- Burke, M., Hsiang, S. M., Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature* 527, 235–239.
- CDP/2050. (2014). *Successful integration of climate change aspects in Nordic businesses*. Se: <http://2050.se/wp-content/uploads/2014/10/Successful-integration-report.pdf>.
- Cheung, W. W. L., Lam, V. W.Y., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R. and Pauly, D. (2009). Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries* 10: 235–251. doi: 10.1111/j.1467-2979.2008.00315.x

- Cline, W. R. (1992). *The Economics of Global Warming*. Washington DC: Institute for International Economics.
- Dell, M., Jones, B.F., Olken, B. A. (2014). What Do We Learn from the Weather? The New Climate–Economy Literature. *Journal of Economic Literature* 52, 740–798.
- Diamond, J. (2005). *Collapse. How societies choose to fail or succeed*. London: Penguin.
- Edenhofer O., B. Knopf, T. Barker, L. Baumstark, E. Bellevrat, B. Chateau, P. Criqui, M. Isaac, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, K. Lessmann, B. Magné, S. Scricciu, H. Turton, D. P. van Vuuren. (2010). *The Economics of Low Stabilization: Model Comparison of Mitigation Strategies and Costs*. The Energy Journal, Volume 31 (Special Issue 1). http://lepii.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/PC_article-energy-journal_vol31.pdf.
- Edmonds, J., M. Wise, H. Pitcher, R. Richels, T. Wigley, and C. MacCracken. (1997). *An Integrated Assessment of Climate Change and the Accelerated Introduction of Advanced Energy Technologies, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1, pp. 311-39.
- EEA. (2001). *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000*. Report 22-2001. Copenhagen: EEA.
- EEA. (2013). *Late lessons from early warnings: science, precaution and innovation*. Report 1-2013. Copenhagen: EEA.
- EEA. (2015). *The European Environment State and Outlook 2015. Synthesis report*. Copenhagen: EEA.
- Eriksson, J., Karlsson, M., Reuter, M. (2010a). *Regulating Chemical Risks: European and Global Challenges*. Scientific Committees and EU Policy: The Case of SCHER. I: Eriksson et al. (eds.) Dordrecht: Springer.
- Eriksson, J., Karlsson, M. och Reuter, M. (2010). Technocracy, politicization, and non-involvement: politics of expertise in the European regulation of chemicals. *Review of Policy Research* 27, 167-185.
- European Commission. (2009). *GDP and beyond. Measuring progress in a changing world*. Communication to the Council and the European Parliament. 2009. COM(2009) 433 final. Brussels, 20.8.2009.
- European Resource Efficiency Platform. (2014). *Manifesto & Policy Recommendation*. Se: http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/erep_manifesto_and_policy_recommendations_31-03-2014.pdf.
- Europeiska Kommissionen (2014). *Beslut om förteckning rörande koldioxidläckage 2015-2019*. Official Journal 29.10.2014, L 308, 114-124.
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (2007). *Environment – Innovation – Employment. Elements of a European Ecological Industrial Policy*. Working Paper to the Informal Meeting of Environment Ministers in Essen 1st-3rd June, 2007 (http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/mailing/file360.PDF).
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., Rockström, J. (2010) Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society* 15(4), 20.
- Forsberg, G. (1999). *Institutionell ekologisk ekonomi med positionsanalys*. Avhandling. Uppsala: SLU; Söderbaum P (2000) *Ecological Economics*. London: Earthscan.
- Larsson, G. (2008). *Köp av utsläppsminskningar utomlands*. Stockholm: Fores.
- Gates, W. E. (1967). *The Spread of IBN Khaldun's Ideas on Climate and Culture*. *Journal of the History of Ideas* 28, 415–22.

- Gillingham K, Nordhaus WD, Anthoff D, Blanford G, Bosetti V, Christensen P, McJeon H, Reilly J, Sztorc P (2015) *Modeling Uncertainty in Climate Change: A Multi-Model Comparison*. NBER Working Paper No. 21637, se: <http://www.nber.org/papers/w21637>.
- Goettle, R.J., Ho, M.S., Jorgenson, D.W., Slesnick, D.T., Wilcoxon, P.J. (2007) *IGEM, an Inter-temporal General Equilibrium Model of the U.S. Economy with Emphasis on Growth, Energy and the Environment*, EPA.
- Gurría, A. (2013). *The climate challenge: Achieving zero emissions*. Se: <http://www.oecd.org/env/the-climate-challenge-achieving-zero-emissions.htm>.
- Gustafsson, M., Forsberg, B., Orru, H., Åström, S., Teike, H. och Sjöberg, K. (2015). *Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts in Sweden 2010*. Rapport B2197. Stockholm: IVL.
- Hagainitiativet. (2015). *En vinnarpolitik för klimatet och näringslivet*. Stockholm: Hagainitiativet.
- Hansen, J., Kharecha, P., Sato, M., Masson-Delmotte, V., Ackerman, F., Beerling, DJ., Hearty, PJ., Hoegh-Guldberg, O., Hsu, SH., Parmesan, C., Rockstrom, J., Rohling, EJ., Sachs, J., Smith, P., Steffen, K., Van Susteren, L., von Schuckmann, K. och Zachos, JC. (2013) *Assessing "Dangerous Climate Change": Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People, Future Generations and Nature*. PLOS One 8, 12, 1-26.
- Hansson, S.O. (2012). *Riskfilosofi*. Stockholm: Liber.
- High Level Group on Competitiveness, Energy and the Environment. (2007). *Third report. Contributing to an integrated approach on competitiveness, energy and the environment policies*. Brussels: European Commission.
- Höhne, N., den Elzen, M. och Escalante, D. (2013) Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies. *Climate Policy* 14, 122-147.
- IEA (2012). *World Energy Outlook*. Paris: IEA.
- ITPS (2014) *Den svenska klimatpolitikens kostnader och betydelse*, Peter Bohm, A2004:003
- Interagency Working Group on Social Cost of Carbon. (2013). *Technical update of the Social Cost of Carbon for regulatory Impact Analysis*, US Government. (Se: <http://go.nature.com/vzpkkb>).
- IPCC. (1995). *Climate change. Second Assessment*. Geneva: UNEP, WMO.
- IPCC. (2001). Working Group II: *Impacts, adaptation and vulnerability. Summary for policymakers*. Cambridge: Cambridge University Press
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Fourth Assessment Report.
- IPCC. (2013). *Climate change 2013. The physical science basis. WG1*. Cambridge: CUP.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014. Synthesis report*. Summary for Policymakers. Geneva: IPCC.
- IPCC WG III. (2014). *Summary for policymakers*. (se: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf).
- Jaeger, C. C., Paroussos, L., Mangalagiu, D., Kupers, R., Mandel, A. och Tabara, J. D. (2011). *A New Growth Path for Europe Generating and Prosperity and Jobs in the Low-Carbon Economy. Synthesis Report*. Potsdam: European Climate Forum.
- Johansson, D. J. A., O'Neill, B. C., Tebaldi, C. och Häggström, O. (2015) Equilibrium climate sensitivity in light of observations over the warming hiatus. *Nature Climate Change* 5, 449-453.
- Karlsson, M. (2015). *Statsstöd i EU som möjlighet och hinder för svensk klimatpolitik*. Underlag till Miljömålsberedningen.

- Karlsson, M. (2005). *Managing Complex Environmental Risks. Academic Thesis*. Karlstad University Studies 2005:34. Karlstad: KAU.
- Keohane N, Goldmark, P. (2008). *What Will it Cost to Protect Ourselves from Global Warming? The Impact on the U.S. Economy of A Cap-and-trade policy for greenhouse gas emissions*, Environmental Defense Fund
- Kesicki F., Ekins, P. (2012). *Marginal abatement cost curves: a call for caution*. *Climate Policy* 12, 219-236.
- King, D, J. Brown, R. Laylard, G O' Donnel, M. Rees, N. Stern, A. Turner. (2015) *A Global Apollo Programme to Combat Climate Change*, London School of Economics and Political Science.
- Klimat- och sårbarhetsutredningen. (2007). *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*. SOU 2007:60. Stockholm: Fritzes.
- Kommittéförordningen. (1998:1474).
- Krook Riekkola, A. E. O. Ahlgren, P. Söderholm (2011). Ancillary benefits of climate policy in a small open economy: The case of Sweden. *Energy Policy* 39, 4985–4998
- Kumhof, M., Muir, D. (2012). *Oil and the World Economy: Some Possible Futures*. IMF working paper, se: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2012/wp12256.pdf>.
- Kypreos and Bahn (2003). *A MERGE Model with Endogenous Technological Progress*, ResearchGate.
- Leimbach, M., N. Bauer, L. Baumstark, O. Edenhofer (2009): *Mitigation costs in a globalized world: climate policy analysis with REMIND-R*, Environmental Modeling and Assessment, <http://www.springerlink.com/content/p52n0447v876497q/>
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., Shellnhuber, J. (2008), Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS* 105, 1786-1793.
- Liljegren, E. (1999). *Den stora förvirringen*. Working papers in transport and communication history 1999:5. Licentiatuppsats. Uppsala: Uppsala universitet.
- Mahony, M. (2015). *Climate change and the geographies of objectivity: the case of the IPCC's burning embers diagram*. *Transactions of the Institute of British Geographers* 40, 153-167.
- Mäler, K. G. och Vincent, J. R. (eds.) (2005) *Handbook of Environmental Economics*. Vol 2. Valuing environmental changes. Philadelphia: Elsevier.
- Mattsson B (1988) *Cost-benefitkalkyler*. Göteborg: Esselte.
- Meinshausen, M., Jefferey, L., Guetschow, J., du Pont, Y. R., Rogelj, J., Schaeffer, M., Höhne, N., den Elzen, M., Oberthür, S. och Meinshausen, N. (2015) National post-2020 greenhouse gas targets and diversity-aware leadership. *Nature Climate Change* 5, 1098-1107.
- Michanek, G. och Zetterberg, C. (2012). *Den svenska miljörätten*. Uppsala: IUSTUS.
- Miljöbalken (SFS 1998:808) 2 kap. 7 §.
- Miljömålsberedningens grunddirektiv (2010:74) hänvisas till kommittéförordningen
- Miljömålsrådet (2008) *Miljömålen - nu är det bråttom*. Miljömålsrådets utvärdering av Sveriges miljömål. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Moberg, Å., Finnveden, G., Johansson, J., Steen, P. (1999). *Miljösystemanalytiska verktyg – en introduktion med koppling till beslutsituationer*. AFR report 251. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Nasiritousi, N. (2016). *Shapers, Brokers and Doers: The Dynamic Roles of Non-State Actors in Global Climate Change Governance*. Linköpings universitet, Institutionen för tema, Tema

- Miljöförändring. Linköping: Linköpings universitet, Filosofiska fakulteten. (se <http://dx.doi.org/10.3384/diss.diva-123295>).
- Naturvårdsverket. (2006). *Fortsatt grön skatteväxling*. Rapport 5390. Stockholm: Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket. (2012). *Potentiellt miljökadliga subventioner*. Rapport 6455. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2015). *Styr med sikte på miljömålen – Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering av miljömålen 2015*. Rapport 6666. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Nelson, GS, Valin, H., Sands, RD., Havlík, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., Heyhoe, E., Kyle, P., Von Lampe, M., Lotze-Campen, H., Mazon d’Croiz, D., van Meijl, H., van der Mensbrugge, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., Schmid, E., Schmitz, C., Tabeau, A. och Willenbockel, D. (2014). Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *PNAS* 111, 3274-3279.
- Naturvårdsverket. (2015). *Styr med sikte på miljömålen – Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering av miljömålen 2015*. Rapport 6666. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket och Energimyndigheten. (2006). *Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken* se på: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5616-6.pdf>.
- Nilsson, M., Varnäs, A., Kehler Siebert, C., Nilsson, L.J., Nykvist, B. and Ericsson, K. (2009). *A European Eco-Efficient Economy*. Stockholm: Stockholm Environment Institute (se <http://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/Policy-institutions/europeanecoeficienteconomyfinal.pdf>).
- Nordhaus, W. D. (2008). *A question of balance*. Yale: YUP.
- Nordhaus, W. D. (2009). *An Analysis of the Dismal Theorem*. Yale University: Department of Economics; National Bureau of Economic Research (NBER).
- Nordhaus, W. D. (2011). *Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the RICE-2011 Model*. Cowles Foundation Discussion Paper No. 1826. Se: <http://dido.wss.yale.edu/P/cd/d18a/d1826.pdf>
- Nordhaus, W. D. (2012). *Why the Global Warming Skeptics Are Wrong*. Se: <http://www.nybooks.com/articles/archives/2012/mar/22/why-global-warming-skeptics-are-wrong>.
- Nordhaus, W. D. och Boyer, J. (2000). *Warming the World: Economic Models of Global Warming*. Cambridge: MIT Press.
- Nordhaus, W. D. (1992). An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases. *Science* 258, 1315-1319.
- OECD. (2009). *The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and options for global action beyond 2012*. Paris: OECD
- OECD (2015). *The Economic Consequences of Climate Change*. Paris: OECD. Se: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264235410-en>.
- Österblom, H., Hansson, S., Larsson, U., Hjerne, O., Wulff, F., Elmgren, R., Folke, C. (2007). Human-induced trophic cascades and ecological regime shifts in the Baltic Sea. *Ecosystems* 10, 877-889.
- Oosterhuis, F., Ding, H., Franckx, L. och Razzini, P. (2015). Enhancing comparability of data on estimated budgetary support and tax expenditures for fossil fuels. Bryssel: European Commission.
- Paltsev, S., Reilly, J.M., Jacoby, H.D., Eckaus, R.S., McFarland, J., Sarofim, M., Asadoorian, M. and Babiker, M. (2005). *The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4*, Report No. 125, MIT.

- Persson, M., Sterner, T. (2008). Konsensus i förändring. Klimatekonomi efter Stern. *Ekonomisk Debatt* 4, 65-81.
- Porter, M. (1991). America's Green Strategy. *Scientific American* 264(4), 168.
- Porter, M. och C. van der Linde (1995). Towards a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives* 9(4), 97-118.
- Raleigh, C, L Jordan and I Salehyan (2008). *Assessing the impact of climate change on migration and conflict*. Paper presented at "Social Dimensions of Climate Change, Social Development Department, the World Bank, Washington DC, 5-6 March 2008.
- Rao och Riahi (2006). Climate Change 2007, Mitigation of Climate Change. Working group III, Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
- Renn O, Klinke A (2002). A New Approach to Risk Evaluation and Management: Risk-based, Precaution-based and Discourse-based Strategies. *Risk Analysis* 22, 1071-1094
- Revesz RL, Howard PH, Arrow K, Goulder LH, Kopp RE, Livermore MA, Oppenheimer M, Sterner T (2014). Global warming: Improve economic models of climate change. *Nature* 508, 173-175.
- Rezai A. och van der Ploeg, F. (2014) *Abandoning Fossil Fuel: How fast and how much?* OxCarre Research Paper 123.
- Roelfsema, M., M. Harmsen, J. Olivier, A. Hof (2015). *Climate action outside the UNFCCC Assessment of the impact of international cooperative initiatives on greenhouse gas emissions*. PBL Policy Brief, publication number: 1188.
- Rogelj, J., Hare, W., Lowe, J., van Vuuren, D. P., Riahi, K., Matthews, B., Hanaoka, T., Jiang, K. och Meinshausen, M. (2011) Emission pathways consistent with a 2 °C global temperature limit. *Nature Climate Change* 1, 413-418.
- Ross, M.T (2005). *Documentation of the Applied Dynamic Analysis of the Global Economy (ADAGE) Model*, Working Paper 05:01. Research Triangle Institute.
- Sachs, J. och Tubiana, L. (2014). *Pathways to deep decarbonisation*. 2014 report. SDSN och IDDRI: Se: http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2014/09/DDPP_Digit_updated.pdf.
- Sandin, P. (1999). Dimensions of the precautionary principle. *Human and Ecological Risk Assessment* 5, 889-907.
- Sanne, C. (2010). *Keynes barnbarn: en bättre framtid med arbete och välfärd*. Stockholm: Formas.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley J. A., Folke, C. och Walker, B. (2001). Catastrophic Shifts in Ecosystems. *Nature* 413, 591-596.
- Schellnhuber H.J. (2015). *Common ground. The Papal Encyclical, Science and the Protection of Planet Earth*. Potsdam Institute for Climate Impact Research. <https://www.pik-potsdam.de/images/common-ground>.
- Scocco S. & E. Alfredsson (2008). *Konsten att nå både klimatmål och tillväxt*. Institutet för tillväxtpolitiska studier [ITPS], nuvarande Tillväxtanalys
- Shaw, C., Hales, S. och Howden-Chapman P, Edwards R (2014). Health co-benefits of climate change mitigation policies in the transport sector. *Nature Climate Change* 4, 427-433.
- SIKA (2005). *Den samhällsekonomiska kalkylen*. Rapport 2005:5. Stockholm: SIKA.
- SMHI (2014) *Klimatstabilisering – vad krävs?* Promemoria. Se: http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.36618!/Infoblad%20IPCC%20jan%202014.pdf
- Smith, JB., Schneider, S.H., Oppenheimer, M., Yohe, GW., Hare, W., Mastrandrea, M D., Patwardhan, A., Burton, I., Corfee-Morlot, J., Magadza, CHD., Fussel, H-M., Pittcock, AB., Rahman, A.,

- Suarez, A. och van Ypersele, J-P. (2009). Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'Reasons for Concern'. *PNAS* 106, 4133–7.
- Smith, A. (2013). *The Climate Bonus. Co-benefits of climate policy*. London: Routledge.
- Socialstyrelsen, IMM, SLL (2005). *Miljöhälsarapporten*. Stockholm: Norstedts.
- Statistiska centralbyrån. (2010). *Miljörelaterade skatter, subventioner och utsläppsätter*. Rapport 2010:2. Stockholm: SCB
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, SE., Fetzer, I., Bennett, EM., Biggs, R., Carpenter, SR., de Vries, W., de Wit, CA., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, GM., Persson, LM., Ramanathan, V., Reyers, B. och Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, doi: 10.1126/science.1259855.
- Stehfest, E., D. van Vuuren, T. Kram, L. Bouwman (2014) *Integrated Assessment of Global Environmental Change with IMAGE 3.0, Model description and policy applications*. Se: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/PBL-2014-Integrated_Assessment_of_Global_Environmental_Change_with_IMAGE_30-735.pdf
- Stern N (2006). *The Economics of Climate Change*. Cambridge: CUP.
- Stern N (2015). *Why are we waiting? The Logic, Urgency, and Promise of Tackling Climate Change*. Cambridge MA: MIT Press.
- Stiglitz, J., Sen, A. och Fitoussi, JP. (2010). *Report By The Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*.
- Svensk Cykling. (2014). *Cykeltrendrapporten, Spaning om cyklar*. Se: http://svenskykling.se/wp-content/uploads/2015/09/Cykelrapport_SvenskCykling_2014_WEB_small.pdf
- The Global Commission on the Economy and Climate (2014). *Better growth. Better climate. The New Climate Economy Report*. Washington: NCE.
- The Global Commission on the Economy and Climate (2015). *Seizing the global opportunity partnerships for better growth and a better climate. The 2015 New Climate Economy (NCE) Report*. Washington: NCE.
- Thompson, T., Rausch, S., Saari, R. K., Selin, N. E. (2014). A systems approach to evaluating the air quality co-benefits of US carbon policies. *Nature Climate Change* 4, 917-923.
- Tillväxtanalys (2012). *Miljödriven näringslivsutveckling - Några grundläggande utgångspunkter för en verksam, effektiv och lärande politik*. Rapport 2012:02.
- Tillväxtanalys (2012). *Privat riskkapital och Cleantech - Förutsättningar och hinder utifrån investerarens perspektiv*. Rapport 2012:10.
- Tillväxtanalys (2013). *Miljöpolitiska styrmedel och företagets konkurrenskraft – Återbesök hos Porterhypotesen*. WP/PM 2013:22.2013.
- Tillväxtanalys (2014a). *Förutsättningar för grön strukturomvandling – Syntesrapport*. Rapport 2014:11.
- Tillväxtanalys (2014b). *Styrmedel för en klimatomställning av näringslivet - Kartläggning av det klimatpolitiska ramverket*. Rapport 2014:10.
- Tillväxtanalys (2014c). *Styrmedels betydelse för en grön omställning av skogsindustrin*. Rapport 2014:02.
- Tillväxtverket (2015). *Hållbart företagande*. Stockholm: Tillväxtverket.

- Tol, R.S.J. (2009). The Economic Effects of Climate Change. *Journal of Economic Perspectives* 23, 29-51.
- UNEP. (2014). *The Emissions Gap Report 2014*. A UNEP Synthesis Report. Nairobi: UNEP.
- US Energy Information Administration. (2003). *The National Energy Modeling System: An Overview*. 26th April 2009, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/overview/index.html>
- US Gov. (2014). *The cost of delaying action to stem climate change*. http://scholar.harvard.edu/files/stock/files/cost_of_delaying_action.pdf
- Utredningen om en handlingsplan för hållbar konsumtion. (2005). *Bilen, biffen, bostaden*. SOU 2005:51. Stockholm: Fritzes.
- Valsecchi, C., ten Brink, P., Bassi, S., Withana, S., Lewis, M., Best, A., Oosterhuis F., Dias Soares C., Rogers-Ganter H., Kaphengst T. (2009). *Environmentally Harmful Subsidies: Identification and Assessment*. Final report for the European Commission's DG Environment. Brussels: IEEP.
- van Benthem, A., K. Gillingham, and J. Sweeney (2008). Learning-by-Doing and the Optimal Solar, Policy in California. *Energy Journal* 29(3): 131-151.
- van den Bergh, J. (2010a). *Five types of "degrowth" and a plea for "agrowth"*. In: Proceedings from the 2nd Conference on Economic Degrowth for Ecological Sustainability and Social Equity, Barcelona 26-29 March 2010.
- van den Bergh, J. (2010b). Relax about GDP growth: implications for climate and crisis policies. *Journal of Cleaner Production* 18, 540-543.
- van der Berg, J. C. J. M., Botzen, W. J. W., (2014). A lower bound to the social cost of CO2 emissions. *Nature Climate Change* 4, 253-258.
- Wagner, G., Kåberger, T., Olai, S., Oppenheimer, M., Rittenhouse, K. och Sterner. T. (2015). Push renewables to spur carbon pricing. *Nature* 525, 27-29.
- Wara, M. (2014). *Measuring the Clean Development Mechanism's Performance and Potential*. Research gate, <http://www.researchgate.net/publication/228119498>
- Weitzman, M. L. (2007). A review of the Stern review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature* 45, 703-24.
- Weitzman, ML. (1998). Why the Far-Distant Future Should Be Discounted at Its Lowest Possible Rate. *Journal of Environmental Economics and Management* 36, 201-208.
- West, J, Smith, S. J., Silva, R. A., Naik, V., Zhang, Y., Adelman, Z., Fry, M. M., Anenberg, S., Horowitz, L. W., Lamarque, J. F. (2013). Co-benefits of mitigating global greenhouse gas emissions for future air quality and human health. *Nature Climate Change* 3, 885-889.
- Weiss, Jan F. (2015) *Essays on Externalities, Regulation, Institutions, and Firm Performance*. Jönköping International Business School, Jönköping University, JIBS Dissertation Series No. 102, 2015.
- Weitzman, ML. (2009). *Some Basic Economics of Extreme Climate Change*. Discussion Paper 2009-10, Cambridge, Mass.: Harvard Environmental Economics Program.
- Wijkman, A., Skånberg, K. (2015a). *The Circular Economy and Benefits for Society Swedish Case Study Shows Jobs and Climate as Clear Winners*. The Club of Rome
- Wijkman, A., Skånberg, K., Berglund, M. (2015b). *The Circular Economy and Benefits for Society Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. A study pertaining to Finland, France, the Netherlands, Spain and Sweden*. The Club of Rome.
- Yamaguchi, M. (2015). *Decision making under uncertainty – Climate sensitivity and 2 degree target*. Se: <http://www.icef-forum.org/platform/data/file/55b70bcdf36470.18755941.pdf>.

- Yohe GW, Lasco RD, Ahmad QK, Arnell NW, Cohen SJ, Hope C, Janetos AC, Perez RT (2007). *Perspectives on climate change and sustainability*. I Parry et al (eds.) Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the 4th AR of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- Östblom G. & E. Samakovlis (2007). Linking health and productivity impacts to climate policy costs: a general equilibrium analysis. *Climate Policy* 7:5, 379-391.

Modellanalyser av svenska klimatmål

Miljömålsberedningen
4 maj 2016

En jämförelse och uttolkning av
samhällsekonomiska analyser av
svenska klimatmål

Författare:
Per Klevnäs
Amanda Stefansdotter
David von Below

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Sveriges klimatåtaganden medför stora förändringar i flera sektorer	8
2 Förutsättningar för att minska utsläppen	18
3 Tröghet och barriärer för utsläppsminskningar	29
4 Kategorier av kostnader och konsekvenser	34
5 Sammanfattande slutsatser och rekommendationer	43
Bilaga A	45
Bilaga B	47
Litteraturlista	49

Lista över tabeller och figurer

Figur 1 Utsläppsminskningar med 85 procent av 1990-års nivå har föreslagits av Miljömålsberedningen	9
Figur 2 Utsläppsminskningar för att nå klimatmålen behöver främst ske i transportsektorn och industri	10
Figur 3 Förändringar i referensprognoser för utsläpp i den handlande sektorn, 2014-2016	12
Figur 4 Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar	15
Figur 5 Utsläppsminskningar och kostnader	16
Figur 6 Två kategorier av åtgärder för att minska växthusgasutsläpp	18
Figur 7 TIMES-Sweden: Val mellan stort antal olika "teknologier" som möjliggör en given aktivitet till minsta kostnad	21
Figur 8 EMEC: gradvis ökande effektivitet, byte av bränsle, och minskning av aktivitet enligt historiska samband	22
Figur 9 Exempel: Modeller fångar upp mycket olika aspekter av tänkbar framtida utveckling i transportsektorn	23
Figur 10 Variation i modellresultat för givna absoluta utsläppsminskningar	24
Figur 11 Kostnadstrappa för åtgärder inom transportsektorn som reducerar växthusgasutsläpp (år 2030)	37

Sammanfattning

Sverige har långtgående klimatmål som kräver stora utsläppsminskningar till 2030, framförallt genom minskade utsläpp från transporter

Miljömålsberedningen lade nyligen fram ett mål om att eliminera nettoutsläpp av växt-husgasar till 2045. För att uppnå mål på vägen till 2045 krävs sannolikt stora förändringar redan inom 10-20 år. Stora delar av svenska växthusgasutsläpp styrs av beslut på EU-nivå. De övriga utsläppen, i den "icke-handlande sektorn"¹, beräknas uppgå till 29 miljoner ton år 2030, men kan behöva minskas till 17 till 23 miljoner ton, beroende på vilken bana till 2045 som antas. Upp till 80 procent av dessa minskningar kan i sin tur behöva ske genom minskade utsläpp från transporter. Utvecklingen i transportsektorn är därför helt avgörande för bedömningar av vilka konsekvenser svenska klimatmål får de närmaste 15 åren.

Förändringar som krävs för att minska utsläppen kan påverka ekonomiska och sociala värden långt bortom energisektorn

Utsläppsminskningar kräver en rad förändringar, framförallt i hur energi framställs och används. Dessa förändringar har i sin tur inverkan på en rad aktiviteter som är socialt och ekonomiskt viktiga: transporter, uppvärmning av byggnader, kraft- och värmeproduktion, industriell produktion, mm. Förändringar i hur dessa bedrivs förmedlar i sin tur en rad olika effekter i ekonomin. Analyser av följderna – de samhällsekonomiska konsekvenserna – är en viktig del av beslutsunderlaget för bland annat hur klimatmål utformas och administreras, hur delmål bestäms, och vilka styrmedel som används. I Sveriges fall är det särskilt viktigt att förstå konsekvenserna av åtgärder för att minska utsläppen från transporter, av ovan nämnda skäl. Hur olika analyser bedömer dessa blir också starkt drivande av resultaten.

Ett antal modellscenarier analyserar utsläppsminskningar liknande dem som krävs för att nå möjliga svenska klimatmål till 2030

Den här rapporten analyserar 12 olika modellscenarier som bedömer konsekvenserna av svenska klimatmål. Analyserna faller i två kategorier. Merparten är utfärda med en nationalekonomisk så kallad *allmänjämviktsmodell*, EMEC, som är utvecklad och implementerad av Konjunkturinstitutet². Det finns också analyser med en teknikfokuserad *energisystemmodell*, TIMES-Sweden, vars svenska implementering sker vid Luleå Tekniska Universitet.

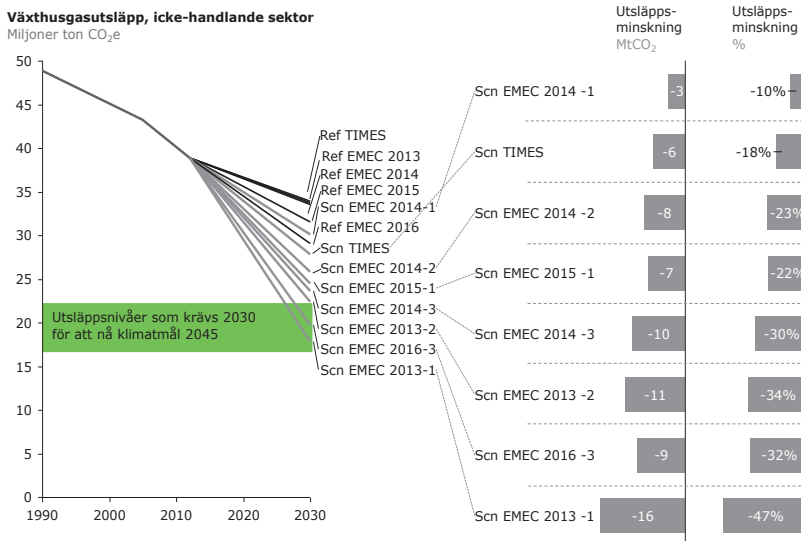
Figur S-1 sammanfattar historiska nivåer, referensbanor, samt scenarier och målnivåer för utsläpp i ett urval av scenarier. Prognoser för utsläpp år 2030 utan ytterligare styrmedelsinsatser (referensscenariot) har justerats med mer än 4 MtCO₂e de senaste tre åren. Vad gäller utsläppen i målscenarierna finns endast ett fåtal scenarier i intervallet 17-23 MtCO₂e, vilket motsvarar den nivå som krävs år 2030 för att nå föreslagna klimatmål år

¹ Runt 40 procent av svenska utsläpp regleras genom EU:s utsläppshandelssystem. Denna "handlande sektor" består företrädesvis av tung industri samt kraft- och värmeproduktion. Den icke-handlande sektorn domineras av transporter, men innefattar även utsläpp från jordbruk, viss industri, småskalig värmeproduktion, och ett antal övriga aktiviteter.

² En populärvetenskaplig beskrivning av EMEC återfinns i Konjunkturinstitutet (2015). För en mer ingående modellbeskrivning, se Östblom och Berg (2006).

2045. Däremot omfattar många av scenarierna *absoluta* utsläppsminskningar år 2030 mellan 6,5-16 MtCO₂e – utsläppsminskningar som ligger i det spann som krävs för att nå dessa klimatmål givet ett lägre referensscenario.

Figur S-1 Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar



Not: Figuren visar de olika referensbanor för utsläpp av koldioxidequivaler som använts i respektive modellkörning, samt de utsläppsminskningar som beräknas. Kolumnen med utsläppsminskningar angivet i MtCO₂ visar den absoluta minskning som har modellerats i respektive scenario, och kolumnen med procentsatser visar det minskning som har modellerats gentemot respektive referensscenario

Källa: Se rapport.

Uppskattningar av de ekonomiska konsekvenserna av klimatmål varierar kraftigt

Uppskattningar av kostnaden av att nå dessa mål varierar kraftigt mellan. I en del scenarier ser utsläpp ut att kunna minskas till målnivåer med blygsamma kostnader (motsvarande mindre än 0,5 procent av 2030 års bruttonationalprodukt, BNP). I andra ger minskningarna stora samhällsekonomiska konsekvenser, med upp till 9 procent BNP-bortfall. En viktig slutsats är att extrema värden uppstår till följd av begränsningar i analyserna, eller av ansatser att undersöka utfallet av väldigt osannolika utvecklingar.

Scenarier med mycket höga samhällsekonomiska kostnader bygger på mycket osannolika antaganden om möjligheterna att minska utsläppen

De modellresultat som ger höga kostnader (5-9 procent av BNP) följer av antagandet att det finns mycket stora begränsningar i de tekniska förutsättningarna för hur utsläpp kan minskas i transportsektorn. Konkret antas att ingen ytterligare energieffektivisering, användning av biodrivmedel, eller byte till eldrivna fordon är möjlig, utöver vad som redan sker i referensscenariet, även med skatter långt över dagens nivå. Detta antagande får

stort ekonomiskt genomslag: om utsläpp inte kan minskas med mindre utsläpp per kilometer transport, behöver de istället ske genom minskade transporter, vilket leder till minskad ekonomisk aktivitet i ett antal sektorer ("lägre BNP"). I scenarierna drivs detta fram av mycket höga koldioxidskatter som mer än femdubblar priset på drivmedel.

Vår bedömning är att sådana scenarier är högst osannolika. Det finns många studier som visar på avsevärda tekniska möjligheter att minska utsläppen från transporter. Även om dessa åtgärder begränsas av ett flertal faktorer – allt från trögheter i genomförande, till indirekta kostnader – är det inte troligt att de helt uteblir. Koldioxidskatter på de nivåer som antas i scenarierna skulle skapa mycket starka incitament för konsumenter att förändra sina val av fordon och drivmedel. För att till fullo analysera svenska klimatmål krävs modeller som har förmåga att ta detta i beaktande, något EMEC i dagsläget saknar.

Däremot ger dessa scenarier kvalitativ insikt om vad som skulle hända om tekniska förändringar av någon anledning är svåra att genomföra, medan målet för utsläpp ändå ligger fast. Risken är då att kostnaden – och med den allt från fördelningseffekter till strukturmöjligheter – snabbt skenar iväg.

Scenarierna som visar på mycket låga samhällsekonomiska kostnader bortsett från vissa trögheter och effekter i ekonomin som helhet

Långt lägre kostnader på mindre än 0,5 procent av BNP uppstår i "teknikcentrerade" scenarier. Dessa antar antingen att effektivare fordon, biodrivmedel, och eldrivna fordon antas i hög grad i referensbanan (utan ytterligare kostnad i modellberäkningarna), och att inga eller mycket små ytterligare utsläppsminskningar därför behövs; eller så uppstår de också vid modellansatser (TIMES-Sweden) som gör en rent teknisk bedömning av vilka olika åtgärder som finns tillgängliga, och vad de skulle kunna kosta. En värdefull lärdom från energisystemmodeller är att merkostnaden av koldioxidfria tekniker för att tillgodose energibehov, om de kan genomföras och kostnadsantagandena stämmer, kan bli relativt liten i förhållande till ekonomin som helhet.

Teknikcentrerade scenarier riskerar dock att underskatta trögheter som begränsar hur snabbt nya tekniska åtgärder kan spridas. Dessa trögheter och barriärer kan innefatta preferenser, beteenden, indirekta kostnader, osäkerhet, infrastruktur, marknadsmisslyckanden, mm. Hur snabbt tekniskiften kan ske är högst osäkert: historiska data är begränsade i vad de kan säga om framtiden, inte minst givet en hög innovationstakt. Modellresultat behöver därför kompletteras med direkta studier och känslighetsanalyser av de barriärer som finns.

Teknikcentrerade scenarier bortsett från viktiga möjliga kostnadsposter och jämviktseffekter i ekonomin som helhet. Förändringar i kostnader för transporter, uppvärmning, industriell produktion, kraft, mm påverkar ekonomin på sätt som inte är uppenbara men som kan vara långtgående. Det är svårt att från befintliga modellresultat avgöra hur viktiga dessa är i praktiken. Nuvarande scenarier visar på avsevärda jämviktseffekter vid mycket höga koldioxidskatter. Större möjligheter att genomföra billigare tekniska lösningar skulle dock leda till långt lägre skattenivåer, och det är svårt att avgöra hur viktiga jämviktseffekter skulle bli i en sådan situation.

Kostnaden är mycket beroende av antaganden, och beslutsunderlag bör undvika att förlita sig på enstaka scenarier

Ovanstående belyser att det inte är möjligt att bilda sig en entydig uppfattning om kostnaden av klimatmål enbart genom tillgängliga modellresultat. Enskilda resultat drivs starkt av modellbegränsningar, antaganden om vilka åtgärder som står till buds för att minska utsläppen, takten i vilken de kan genomföras, och vilka ytterligare ekonomiska konsekvenser (indirekta kostnader, jämviktseffekter, och sidokostnader/-nyttor) som uppstår.

Befintliga modellresultat bör kompletteras med ytterligare känslighetsanalyser och andra modellansatser

Vår rekommendation är att med hjälp av andra analyser i möjligaste mån skapa måttstockar med vars hjälp modellscenarier kan utvärderas. Dessa kan röra sig om investeringstakt, marknadsandelar för ny teknik och kvalitativa analyser av barriärer till det som antas i modellscenarier.

Modeller har trots begränsningar mycket att bidra med genom att belysa hur olika antaganden påverkar resultaten. Det finns utrymme både med EMEC och med TIMES-Sweden att undersöka ett antal faktorer som påverkar resultaten ytterligare, förslagsvis:

- **Styrmedel:** Antagandet om att utsläpp minskas genom koldioxidprissättning speglar inte hur politiken nu bedrivs på transportområdet.
- **Referensbana:** De senaste åren har revisioner av prognoser för 2030 års utsläpp med mer än 4 MtCO₂e skett, då till exempel förändrad politik och teknisk utveckling har påverkat hur stora utsläpp som prognosticeras. Det visar att det är mycket ovisst hur stora ytterligare utsläppsminskningar som krävs för ett givet mål. Om till de utsläppsminskningar som krävs visar sig vara mindre än beräknat överskattar modellberäkningarna kostnaderna, och vice versa. Analyser bör därför undersöka olika referensscenarier.
- **Bränslepriser:** Merkostnaden för alternativ till fossila bränslen beror i hög grad på bränslepriser, och prognoser för bränslepriser har förändrats avsevärt och förblir högst osäkra.
- **Teknikutveckling:** Både EMEC och TIMES-Sweden gör antaganden om kostnaden för framtida tekniker. Då dessa direkt påverkar merkostnader för klimatåtgärder, är mycket osäkra, och förändras snabbt för många energitekniker är det viktigt att undersöka hur olika kostnadsantaganden påverkar resultaten.

Olika analyser av framtida konsekvenser kan också kompletteras med andra modellansatser. En viktig analys som saknas i dagens beslutsunderlag är framförallt en representation som kan sätta val och anpassningar *inom* transportsektorn (såsom val av olika fordon och drivmedel) i relation till anpassningar i ekonomin som helhet (såsom ändrade konsumtionsmönster). Givet vikten av transportsektorn skulle en "hybridmodell" – det vill säga, en allmänjämviktsmodell med tydlig teknikrepresentation i kraft- och transportsektorn – ha särskilt stort värde i svenska sammanhang.

Modeller behöver också kompletteras med andra analyser, bland annat av sidonyttor/-kostnader och av kraven för en omställning

Även med nya scenarier och modeller är en viktig slutsats av vår analys att modeller alltid förblir en begränsad del av beslutsunderlaget för samhällsekonomiska konsekvenser.

Kompletterande analyser som bygger på andra analysmetoder behövs för en bättre bild, och vi identifierar ett antal områden som vore av särskilt värde för svenska klimatmål:

- Sidonyttor, såsom minskade luftföroreningar, eller eventuella sidokostnader
- Omställningsbanor. EMEC är en statisk modell, och säger således inte mycket om tidsaspekten på förändringar – vilka åtgärder krävs vid vilken tidpunkt?
- Omställningskostnader – kostnader som kan uppstå på kort sikt om stora strukturförändringar sker
- Trögheter, barriärer, och beteenden – särskilt inom transportsektorn
- Investerings- och affärsmodeller för nya energilösningar

1 Sveriges klimatåtaganden medför stora förändringar i flera sektorer

Detta första kapitel redovisar möjliga klimatmål för Sverige, vilka utsläppsminskningar dessa kan komma att kräva till 2030, och resultaten – på hög nivå – av olika ansatser som gjorts att analysera de samhällsekonomiska konsekvenserna av att nå målen. I sammanfattning:

- Sverige har åtagit sig att minska utsläppen av växthusgaser till mycket låga nivåer. De närmaste 15 åren kommer större delen av dessa minskningar behöva ske i transportsektorn.
- Analyser av samhällsekonomiska kostnader fokuserar på den icke-handlande sektorn, som inte omfattas av EU:s utsläppshandelssystem. Dessa behöver minska med mellan 6 och 12 MtCO₂e år 2030 för att nå föreslagna klimatmål.
- En omställning till en ekonomi med minimala utsläpp av växthusgaser ger samhällsekonomiska konsekvenser. Försök att uppskatta dessa konsekvenser görs bland annat med hjälp av olika modellansatser, och resultaten utgör en pusselbit för förståelsen av vilka konsekvenser klimatpolitiken får på längre sikt.
- Beslutsfattare som vill använda resultaten står dock inför ett dilemma, då befintliga analyser av kostnader till 2030 varierar kraftigt i antaganden men framförallt i resultat: kostnader varierar mellan mindre än 1 procent av BNP, till mer än 8 procent av BNP.

Denna rapport syftar till att kartlägga resultaten från några av de modelleringsansatser som gjort på senare år, och förklara varför skillnader uppstår och hur resultaten bör tolkas. Vi föreslår också hur olika modeller kan komplettera varandra. Slutligen görs en utblick mot det klimatpolitiska arbetet i Storbritannien, och vi drar slutsatsen att Sverige kan lära av detta arbete genom att använda fler, och mer överlappande modeller.

Sverige har långtgående mål att nära nog eliminera nettoutsläpp av växthusgaser på tre decennier

Sverige har internationellt åtagit sig att minska utsläppen av växthusgaser, tidigare genom Kyotoprotokollet, och nu enligt Parisavtalet och EU:s gemensamma klimatpolitik (se Box 1 för en översiktlig beskrivning). Baserat på de tidigare avtalen antog regeringen 2008 en klimatpolitisk vision om att eliminera nettoutsläpp av växthusgaser ("netto-nollutsläpp"), inom Sveriges gränser år 2050. "Netto" betyder i sammanhanget att återstående utsläpp av växthusgaser inte får vara högre än de mängder som kan tas upp i biologiska processer³. Miljömålsberedningen har nu föreslagit en skärpning av målet, med

³ Regeringen (prop. 2008/2009:162)

bland annat tidigareläggning av målet om netto-noll-utsläpp till 2045, och etappmål för utsläppsminskningar på vägen⁴.

Box 1 Internationella avtal relevanta för Sveriges klimatpolitik: Parisavtalet och EU:s gemensamma klimatpolitik

EU:s gemensamma klimatpolitik är på olika sätt integrerad i den svenska motsvarigheten. Bland annat täcker det europeiska systemet för handel med utsläppsrätter runt 40 procent av svenska utsläpp av koldioxid, och andra regelverk sätter gränser för de nationella utsläpp som inte omfattas av handelssystemet. EU:s nuvarande mål är att de samlade utsläppen av växthusgaser ska minska med minst 40 procent till 2030 respektive 80–95 procent till 2050, relativt 1990 års nivåer. Det EU-gemensamma klimat- och energiramverket till 2030 är under utveckling.

Parisavtalet innebär att världens alla länder behöver skärpa sina klimatambitioner. Enligt avtalet ska en målsättning om att väl underskrida två graders temperaturökning, och högst 1,5 grader eftersträvas, vilket innebär en skärpning av klimatkraven både i Sverige och i övriga länder. Enligt globala så kallade 1,5-gradersbanor skulle målet i Parisavtalet kunna nås om de globala utsläppen av växthusgaser når netto-noll runt 2050, för att därefter vara negativa under resten av århundradet.

Källa: Miljömålsberedningen (2016).

Utsläppen av växthusgaser i Sverige är i dag nästan 60 miljoner ton koldioxidekvivalenter (MtCO₂e)⁵. Baserat på Miljömålsberedningens beräkningar motsvarar förslaget om netto-noll-utsläpp runt 11 MtCO₂e nationellt år 2045. Som jämförelse är detta 37 Mt lägre (77 procent) än den prognosticerade mängden för detta år, 80 procent lägre än 2013 års utsläpp, och 85 procent lägre än 1990-års nivå.

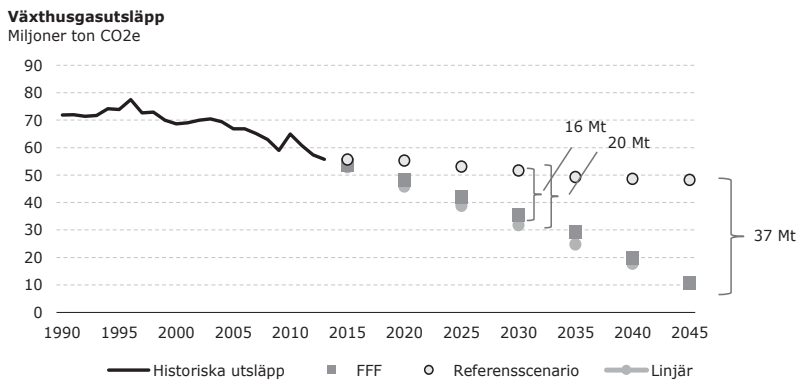
Utsläppsbanan till 2045 kan i sin tur se ut på olika sätt. Miljömålsberedningens kansli har tagit fram illustrativa två varianter som vi använder här. Den första ("FFF") är baserad på 2013 års utredning om fossilfrihet på väg⁶, och når utsläpp på drygt 35 MtCO₂e till 2030. Den andra ("Linjär") är en linjär minskning från prognoser för utsläpp 2020 ned till målet 2045, och ger utsläpp på 32 MtCO₂e 2030. I avsaknad av konkreta etappmål använder vi här illustrativa utsläppsbånar som tagits fram av Miljömålsberedningen. Dessa ligger således 16 till 20 MtCO₂e lägre än den prognosticerade referensnivån för 2030 på 52 MtCO₂ (Figur 1).

⁴ Miljömålsberedningen (2016)

⁵ "Koldioxidekvivalenter" är en måttstock för klimatpåverkan av olika växthusgaser. Till exempel bidrar utsläpp av ett ton metan till klimateffekter motsvarande dem från 25 ton koldioxid. 1 ton metan utgör därför utsläpp av 1 MtCO₂e.

⁶ Regeringen (SOU 2013:84)

Figur 1 Utsläppsminskningar med 85 procent av 1990-års nivå har föreslagits av Miljömålsberedningen



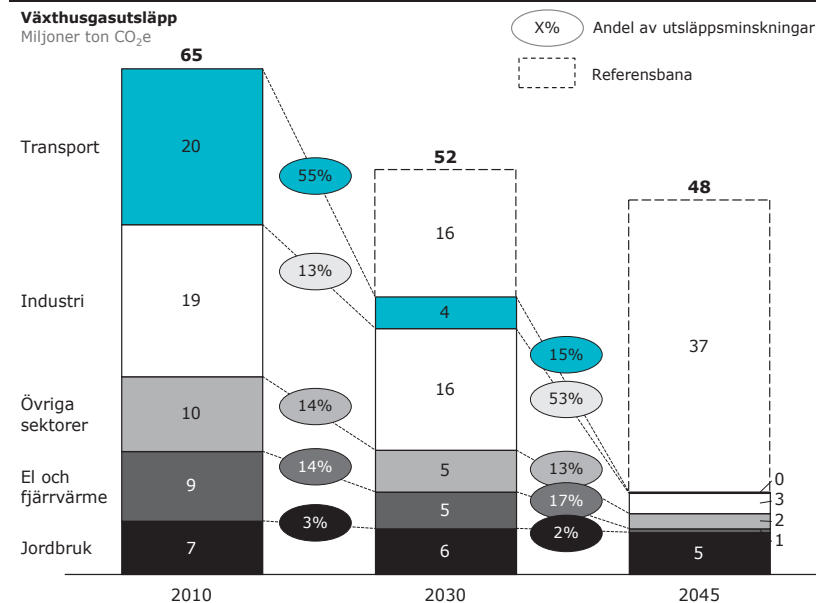
Not: Figuren visar historiska utsläpp av växthusgaser inom Sveriges gränser angivet i koldioxidekvivalenter, prognosticerad utsläppsbana om inga ytterligare insatser sätts in (referensscenario), och den minskning som behöver ske baserat på målsценарier från Miljömålsberedningen.

Källa: Naturvårdsverket (2012); Miljömålsberedningen (2016).

Transportsektorn central för analyser av styrmedel och konsekvenser för att minska utsläppen till 2030.

Transporter står idag för drygt 30 procent av utsläppen, men i uppskattade målbanor genomförs en långt högre del av utsläppsminskningar inom transportsektorn. FFF-banan visas i Figur 2. 55 procent av utsläppsminskningarna behöver ske i transportsektorn till 2030. Utsläppen inom industrin, som i nuläget är nästan lika stora, förväntas minska långt mindre till 2030, med merparten av utsläppsminskningar istället i perioden 2030-45. Utsläpp i vissa andra sektorer, som jordbruk, är svåråtgärdade och väntas därmed inte minska i samma utsträckning.

Figur 2 Utsläppsminskningar för att nå klimatmålen behöver främst ske i transportsektorn och industri



Not: Figuren visar de utsläppsminskningar som krävs för att nå Miljömålsberedningens föreslagna klimatmål om netto-noll-utsläpp år 2045, baserat på FFF-scenariot. Den icke-handlande sektorn beräknas ha utsläpp på 8 Mt 2045, och den handlande nästan 3 år 2045 för att nå målet.

Källa: Uppskattningar från Miljömålsberedningens.

Transporter blir särskilt viktiga också givet att Sverige ingår i EU:s övergripande klimatpolitiska ramverk. Ungefär 40 procent av dagens växthusgasutsläpp återfinns i den "handlande sektorn" (HS): branscher som omfattas av EUs system för handelsrätter (EU ETS). Detta innebär att dessa inte påverkas av inhemska åtgärder utan regleras på EU-nivå. Likaledes är de ekonomiska konsekvenserna inte nödvändigtvis beroende av svenska beslut, utan uppstår till följd av det koldioxidpris (pris på utsläppsrätter) som avgörs på EU-nivå.

Scenarier som analyserar de ekonomiska konsekvenserna av svenska utsläppsmål koncentreras därför på övriga sektorer (IHS). Dessa beräknas år 2030 uppnå till drygt 29 MtCO₂e. För att nå nivån i FFF-banan krävs en reduktion till 17,2 MtCO₂e i IHS, medan Linjär-banan har utsläpp på 22,6 MtCO₂e, därmed motsvarande en minskning mellan 6,5 och 12 MtCO₂e. Som jämförelse minskade utsläppen i IHS med 13 MtCO₂e i Sverige mellan 1990 och 2015; en period på 25 år. Ungefär samma minskning behöver alltså ske över en femtonårsperiod för att nå klimatmålen.

Sammantaget är transporter helt avgörande för utsläppen inom IHS, och därmed för klimatmålen. I FFF-banan står de för 80 procent av de utsläppsminskningar som uppskattas

behövas till 2030. I resten av denna rapport koncentrerar vi därför diskussionen på IHS, och särskilt på transportsektorn.

Däremot är de ekonomiska konsekvenserna av dessa minskningar inte begränsade till transportaktivitet. Tvärtom är många aktiviteter beroende av kostnaden och förutsättningar för transporter. Även om Sverige överlåtit kontrollen över mycket av industrins fysiska utsläpp till EU ETS, så påverkar denna ändå också valen i inhemsk klimatpolitik.

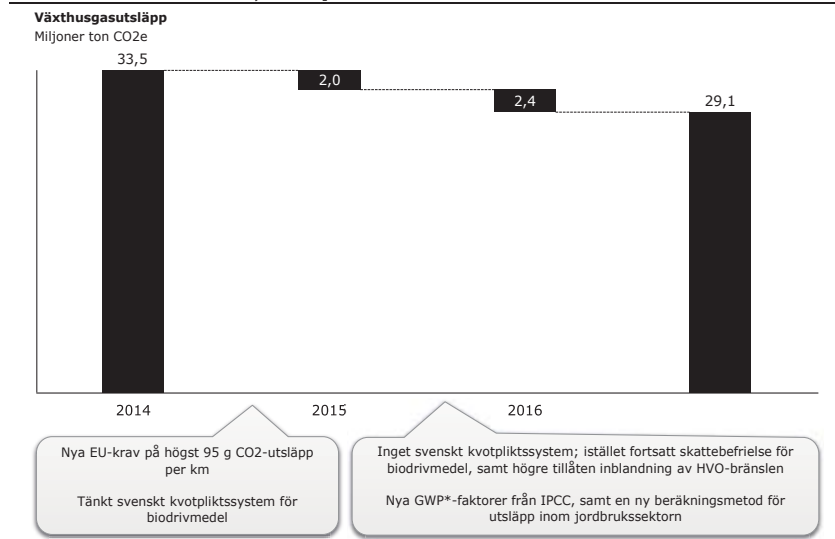
Mål kräver att utsläppen i den icke-handlande sektorn minskar med 6,5-16 MtCO₂e till 2030, eller 18-50 procent av prognosticerade nivåer.

Utsläppsminskningar definieras alltid relativt en *referensbana*: en prognos av vilka utsläppsnivåer som förväntas uppstå om inga ytterligare åtgärder genomförs. Referensbanor för svenska utsläpps utarbetas i ett samarbete mellan Konjunkturinstitutet, Energimyndigheten och Naturvårdsverket.

Prognoser för referensutsläpp år 2030 inom IHS är dock osäkra, och har reviderats kraftigt de senaste tre åren: från 33,5 MtCO₂e (2014), till 31,5 MtCO₂e (2015), och senast till 29,1 MtCO₂e (2016). Beräkningar baserat på 2016 års referensbana visar alltså att hela 4,4 Mt mindre utsläppsminskningar krävs till 2030 jämfört med referensbanan från 2014, för att uppnå en viss absolut nivå på utsläppsminskningar. Minskningen mellan 2014 och 2015 kan delvis förklaras med nya EU-krav på koldioxidutsläpp från personbilar och ett tänkt kvotpliktsystem för biodrivmedel. Minskningen mellan 2015 och 2016 förklaras bland annat av fortsatt skattebefrielse för biodrivmedel, och en ny beräkningsmetod för utsläpp inom jordbrukssektorn (Figur 3).

Nuvarande referensbana beräknar utsläpp i 2030 på 29,1 MtCO₂e inom IHS. "Gapet" till nivån i FFF-banan är således knappt 12 MtCO₂e, medan det till Linjär-banan är 6,4 MtCO₂e. Revisionerna visar dock att storleken på gapet är osäker. Relativt 2014 års referensbana skulle FFF-banan istället kräva utsläppsminskningar på 16,5 MtCO₂e. Detta betyder att de ytterligare insatser som krävs att må ett absolut delmål är osäkra: 4,4 MtCO₂e är mycket jämfört med nivån på utsläppsminskningar. Det visar också att referensbanan redan inkluderar vissa styrmedel.

Figur 3 Förändringar i referensprognoser för utsläpp i den handlande sektorn, 2014-2016



Not: *) Global Warming Potential.

Källa: Underlag från Miljömålsberedningen.

Resultaten från kostnadsanalyser av klimatmål till 2030 varierar kraftigt

Underliggande de utsläppsminskningar som illustreras i olika utsläppsbanor ligger en rad förändringar, framförallt i hur energi framställs och används. Det har i sin tur inverkan på en rad aktiviteter som är socialt och ekonomiskt viktiga: transporter, uppvärmning av byggnader, kraft- och värmeproduktion, industriell produktion, mm. Hur dessa bedrivs förmedlar i sin tur en rad olika effekter i ekonomin, som påverkar en mängd olika aktörer. Analyser av följderna – de samhällsekonomiska konsekvenserna – är därför en viktig del av beslutsunderlaget bland annat hur klimatmål utformas och administreras, hur delmål sätts, och vilka styrmedel som används.

Den här rapporten har som fokus att utifrån förutvarande modell-baserade analyser uttöla vad de samhällsekonomiska konsekvenserna skulle kunna bli av olika delmål för växthusgaser år 2030. Uppgiften är avgränsad på ett flertal sätt. Vi analyserar enbart modell-baserade analyser. Detta är dock bara en liten del av en full samhällsekonomisk analys. Ett av målen med rapporten är just att belysa vilka slutsatser som kan dras från modeller, och vilka ytterligare eller alternativa analyser som behövs för att ge en mer fullständig bild. En viktig slutsats är att modeller lämpar sig bättre för att kvalitativt förstå inverkan av olika osäkerheter, än för att förstå absoluta kostnader.

Vi fokuserar på två kategorier av analyser som gjorts av konsekvenserna av att nå svenska utsläppsmål. Den mest omfattande är analyser utförda av Konjunkturinstitutet med hjälp av den makroekonomiska allmänjämviktsmodellen EMEC (*Environmental Medium term Economic model*). Utöver detta har Miljömålsberedningen låtit ta fram analyser med en energisystemmodell, TIMES-Sweden, vars svenska implementering tagits vid Luleå Tekniska Universitet. Det finns ett flertal andra analyser, från en del äldre uppskattningar med allmänjämviktsmodeller, och även ytterligare detaljerade analyser inom specifika sektorer och nationella "åtgärdsstrappor". Vårt uppdrag har dock varit att fokusera på analyser från de senaste tre åren. Slutligen rör vår analys enbart analyser till 2030. Tabell 1 ger en överblick över några av de scenarier vi behandlar, och bilaga B innehåller en fullständig översikt. Scenarierna sträcker sig från 2013-2016, och spänner över olika utsläppsnivåer och modellantaganden.

Slutligen ger studien inte en rekommendation av huruvida vissa resultat är "bättre" eller mer tillförlitliga än andra. Målet är istället skulle vara att i möjligaste mån klargöra huvudfaktorer som ligger bakom olika resultat, för att göra mer konkret var osäkerheterna ligger, varför olika resultat kan uppstå, och vilka ytterligare analyser som kan användas för att komplettera modellerna.

Tabell 1 Analyserade scenarier

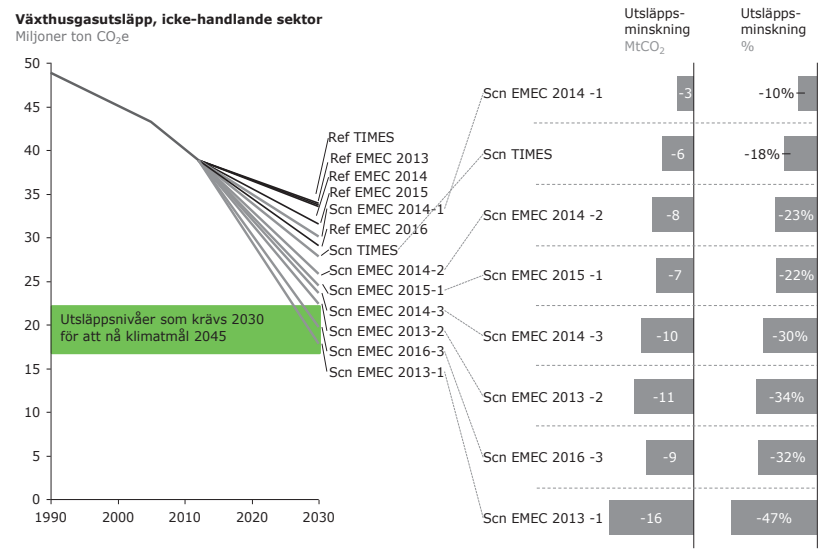
Nr	Scenario	Modell	År	Beskrivning
1	Scn EMEC 2013-1	EMEC	2013	Scenariot beskriver en 64% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Utsläppsbanan är förenlig med regeringens prioritering inom transportsektorn (en fossiloberoende fordonsflotta år 2030) som antas nås genom teknisk utveckling inom transportsektorn och en generell utvecklig mot ett transportsnålt samhälle (till exempel antas en fördubbling av kollektivtrafiken till år 2030). Scenariot innehåller även mindre utsläppsminskningar för de andra delsektorerna i den icke-handlande sektorn.
2	Scn EMEC 2013-2	EMEC	2013	Scenariot beskriver en 54% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Samma antagande om teknisk utveckling inom transportsektorn som i scenario 1 ovan, men utan effekterna av utvecklingen mot ett transportsnålt samhälle.
3	Scn EMEC 2014-1	EMEC	2014	Scenariot beskriver en 30% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "Konvergens av utsläpp per capita".
4	Scn EMEC 2014-2	EMEC	2014	Scenariot beskriver en 40% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "BNP per capita".
5	Scn EMEC 2014-3	EMEC	2014	Scenariot beskriver en 45% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas gå före med ett mer ambitiöst klimatmål än vad som krävs enligt EU:s ansvarsfördelning.
6	Scn EMEC 2015-1	EMEC	2015	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, utan att påverka införandet av ny teknologi.
11	Scn EMEC 2016-3	EMEC	2016	Scenariot beskriver en utsläppsbanan som grundar sig på Miljömålsberedningens antaganden.
12	Scn TIMES	TIMES-Sweden	2016	Scenariot beskriver en 50% minskning av CO ₂ -utsläpp från energisektorn till 2030 relativt 2005 (motsvarar runt 85 procent av växthusgasutsläpp). För att jämkna med resultat från EMEC har utsläpp från jordbruk och avfall lagts till.

Not: Se bilaga B för en fullständig översikt.

Källa: Scenarier från Konjunkturinstitutet (2013), Konjunkturinstitutet (2014), Konjunkturinstitutet (2015), samt opublicerade körningar med EMEC från 2016. TIMES-körningar från "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden – Resultat från en första scenariostudie" (2016).

Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar

Figur 3 sammanfattar historiska nivåer, referensbanor, samt scenarier och målnivåer för utsläpp. Utsläppen rör enbart icke-handlande sektorer. Utsläppsminskningarna utöver respektive referensbana 2030 varierar mellan 3 och 16 MtCO₂, eller 10–47 procent av referensutsläppen. Vad gäller utsläppen i målscenarierna kan man dra slutsatsen att endast ett fåtal scenarier finns i intervallet 17,2 till 22,6 MtCO₂ som ges av målbana FFF och Linjär. Däremot omfattar många av scenarierna *absoluta* utsläppsminskningar år 2030 mellan 6,5-16 MtCO_{2e} – den utsläppsminskning som krävs för att nå dessa klimatmål, beroende på referensscenario. Givet en lägre referensbana enligt diskussion ovan kan vissa av de beräknade minskningarna vara nog för att nå både FFF- och Linjär-banorna till 2045 års mål.

Figur 4 Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar

Not: Figuren visar de olika referensbanor för utsläpp av koldioxidkvalenter som använts i respektive modellkörning, samt de utsläppsminskningar som beräknas. Kolumnen med utsläppsminskningar angivet i MtCO₂ visar den absoluta minskning som har modellerats i respektive scenario, och kolumnen med procentsatser visar den minskning som har modellerats gentemot respektive referensscenario.

Källa: Scenarier från Konjunkturinstitutet (2013), Konjunkturinstitutet (2014), Konjunkturinstitutet (2015), samt opublicerade körningar med EMEC från 2016. TIMES-körningar från "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden – Resultat från en första scenariostudie" (2016).

Uppskattningar av de ekonomiska konsekvenserna av utsläppsminskningar varierar kraftigt

Modellernas resultat kan sammanfattas på hög nivå i de kostnader och CO₂-skatter som uppstår eller krävs för att nå utsläppsmålen (Figur 5). Dessa varierar kraftigt. I en del scenarier ser utsläpp ut att kunna minska avsevärt till blygsamma kostnader (motsvarande mindre än 0,5 procent av 2030 års bruttonationalprodukt, BNP), i andra ger minskningarna stora samhällsekonomiska konsekvenser, med upp till 9 procent BNP-bortfall. Det är uppenbart centralt att förstå varför denna skillnad uppstår.

Scenarier med högre kostnad som andel av BNP har också högre CO₂-skatt, som förmedlar mycket av den samhällsekonomiska påverkan. Dessa når i vissa scenarier mycket höga nivåer på 22 till 30 gånger dagens nivå. Det är därför också mycket viktigt att förstå varför vissa modellscenarier finner att så höga nivåer är nödvändiga, och att utvärdera om det finns andra sätt att minska utsläppen än så kraftiga styrmedel.

Slutligen visar resultaten inte heller något entydigt samband mellan storleken på utsläppsminskningen och vilken kostnad det leder till. Kraftigare utsläppsminskningar leder visserligen till högre kostnader inom ramen för modellerna, allt annat lika. Men skill-

naden mellan olika antaganden är långt större, vilket belyser att modeller ofta är mer användbara för att visa hur olika antaganden ger olika resultat, än de är för att uppskatta absoluta nivåer på kostnader eller andra effekter.

De återstående kapitlen i rapporten utforskar dessa frågor närmre. Kapitel 2 fokuserar på hur förutsättningarna för att minska utsläppen påverkar kostnaden: vilka möjligheter antas finnas, och hur påverkar detta modellernas resultat? Nästföljande kapitel tar upp frågan om hur tröghet och barriärer, och i vilken grad dessa påverkar vilka utsläppsminskningar som kan uppnås vid en viss tidpunkt. Kapitel 4 belyser sedan hur "kostnader" bör förstås: vilka effekter som faktiskt fångas upp av modellerna, och vilka som istället behöver analyseras med kompletterande analyser.

Figur 5 Utsläppsminskningar och kostnader

Scenario	Referensutsläpp 2030 MtCO ₂	Utsläppsminskning MtCO ₂	"Kostnad" % av BNP	CO ₂ -skatt Öre/kg CO ₂
Scn EMEC 2014-1	33,5	-3	-0,9%	448
Scn TIMES	33,9	-6	-0,3%	225
Scn EMEC 2014-2	33,5	-8	-4,7%	2 053
Scn EMEC 2015-1	31,5	-7	-1,8%	140
Scn EMEC 2014-3	33,5	-10	-8,5%	3 528
Scn EMEC 2013-2	33,7	-11	-8,6%	>3000
Scn EMEC 2016-3	29,0	-9	-1,3%	380
Scn EMEC 2013-1	33,7	-16	-6,5%	>3000

Källa: Scenarier från Konjunkturinstitutet (2013), Konjunkturinstitutet (2014), Konjunkturinstitutet (2015), samt opublicerade körningar med EMEC från 2016. TIMES-körningar från "Klimatmål 2050 med TILES-Sweden - Resultat från en första scenariostudie" (2016).

2 Förutsättningar för att minska utsläppen

Analys av samhällsekonomiska konsekvenser av klimatmål bygger i grunden på en bedömning av vilka förutsättningar som finns för att minska utsläpp. Både tekniska lösningar (effektivisering, kolsnål energi) och anpassningar i ekonomin är viktiga delar av en kostnadseffektiv omställning till låga utsläpp.

Antaganden om hur förutsättningarna för utsläppsminskningar ser ut visar sig avgörande för att förstå vilka kostnader som kan uppstå, och driver därför också till stor del de skillnader i kostnadsestimat som återfinns i befintliga modellresultat. Specifikt:

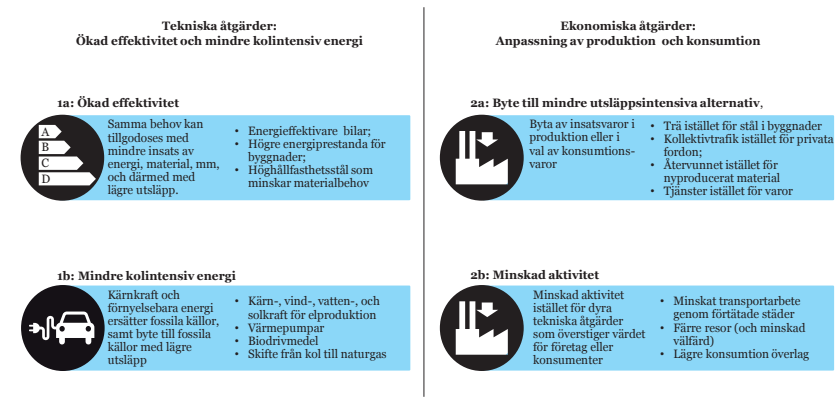
- TIMES-Sweden bygger på en detaljerad teknikrepresentation, men anpassningar av konsumtion och produktion modelleras inte. EMEC har istället mycket begränsad representation av tekniska åtgärder i transportsektorn; ytterligare utsläppsminskningar åstadkoms främst genom minskat transportarbete.
- Stora kostnader (5 till 9 procent av BNP) uppstår i scenarier där tekniska lösningar i transportsektorn antas helt utebli (utöver vad som finns i referensscenariot), även med mycket höga koldioxidskatter. Utsläppsminskningar måste under sådana antaganden istället åstadkommas till stor del genom minskad ekonomisk aktivitet. Sådana scenarier är också väldigt känsliga för nivån på utsläppsminskningar som krävs, och därmed för referensbanan.
- Låga kostnader (ofta mindre än 1 procent av BNP) uppstår när tekniska lösningar istället antingen antas genomföras i referensbanan, eller modelleras direkt, *bottom-up*. De leder istället till frågor om hur snabbt sådana lösningar kan genomföras, om alla relevanta kostnaderna verkligen är representerade, och vilka ytterligare ekonomiska effekter som uppstår – frågor vi behandlar i nästföljande kapitel.

Vi finner att dessa skillnader i bedömningen av potentialen för utsläppsminskningar är den huvudsakliga källan till de stora skillnader i uppskattade kostnader som finns mellan olika scenarier – och därför den fråga som främst måste bedömas för att avgöra vilka konsekvenserna av svenska klimatmål kan tänkas bli.

Analys av samhällsekonomiska konsekvenser bygger på en bedömning av förutsättningarna för att minska utsläpp

Konsekvenserna av att nå ett visst utsläppsmål beror i hög grad på vilka åtgärder som finns tillgängliga. I breda drag faller dessa i två kategorier, vilka sammanfattas i Figur 6.

Figur 6 Två kategorier av åtgärder för att minska växthusgasutsläpp



1. Tekniska åtgärder⁷

- Ökad effektivitet**, särskilt inom energianvändning: högre energieffektivitet betyder att samma energibehov kan tillgodoses med mindre energinsats, och därmed med lägre utsläpp. Exempel: mer energieffektiva bilar; bättre energiprestanda för byggnader; effektivare industriella processer; höghållfasthetsstål som möjliggör minskat stålmängd för samma prestanda.
- Kolsnålare energikällor**: kärnkraft och förnyelsebara energilag har lägre utsläpp än fossila, och vissa fossila källor har också lägre utsläpp än andra. Exempel: kärn-, vind-, vatten-, och solkraft för elproduktion; värmepumpar; biodrivmedel.
- Avskiljning och lagring av koldioxid**: en mycket viktig komponent av långsiktiga scenarier för låga utsläpp, men teknik som är i demonstrationsstadiet (och inte relevant för de analyser till 2030 som diskuteras här).

2) Anpassning av produktions- och konsumtionsmönster:

- Byte till mindre utsläppsintensiva alternativ**, antingen för insatsvaror i produktion eller i konsumtion. Exempel: användning av trä i stället för stål i konstruktion; skifte till kollektivtrafik istället för privata fordon; användning av återvunnet istället för nyproducerat material; konsumtion av tjänster i stället för varor.
- Minskad aktivitet**. Även när det finns få alternativ kan det dock vara mindre kostsamt att minska aktiviteten, än att genomföra tekniska åtgärder som överstiger vad det är värt för företag eller konsument att fortsätta att använda en produkt. Exempel: minskat transportarbete genom förtätade städer, eller genom att konsument väljer att resa mindre (och därmed få minskad välfärd).

⁷ Utöver dessa finns det andra sorters åtgärder i sektorer där utsläpp av växthusgaser uppstår på annat sätt än genom förbränning av bränslen. Detta innefattar bland annat landanvändande och kolsänkor; processutsläpp från framställning av cement, konstgödsel, aluminium, och diverse kemikalier; och utsläpp av lustgas och metan från jordbruk. Dessa är dock av begränsad betydelse för diskussionen om kostnaden av svenska klimatmål till 2030.

Ett kostnadseffektivt sätt att minska utsläppen innefattar i allmänhet såväl tekniska lösningar som anpassning av konsumtion och produktion

Två viktiga insikter kommer från denna observation:

- 1. Det är i allmänhet mindre kostsamt att kombinera tekniska åtgärder med anpassning av produktion och konsumtion.** Ett perspektiv med enbart tekniska åtgärder missar viktiga möjligheter att minska utsläppen, och riskerar att kräva dyra tekniska åtgärder. Det missar också viktiga effekter som tekniska förändringar och styrmedel kan ha (se nästa kapitel). Detta är ett viktigt skäl till att styrmedel som bygger på priser ofta är kostnadseffektiva, jämfört med till exempel tekniska krav eller subventioner (Box 2).
- 2. Om det å andra sidan saknas tekniska möjligheter blir anpassning av produktions- och konsumtionsmönster det enda sättet att minska utsläppen.** I värsta fall betyder detta att ett mål för utsläppsminskningar måste uppnås genom minskad stora minskningar i ekonomisk aktivitet ("lägre BNP"). Ett exempel på detta vore ett utsläppsmål från en sektor med processutsläpp som inte går att minska, så att enda sättet att eliminera dessa vore att eliminera produktionen.

Vi kan också vända på detta för att dra två viktiga slutsatser om kraven på ett underlag för beslut inom klimatpolitiken:

- **Ekonomisk analys bör inte utföras utan en bedömning av tekniska förutsättningar.** Det är en mycket viktig del av beslutsunderlaget för klimatpolitiken att få en grundlig analys av vilka förutsättningar för lägre utsläpp som finns i olika delar av ekonomin, och hur möjliga de är att genomföra. Går det, rent tekniskt, att minska utsläppen? Om det är tekniskt möjligt, vad vet vi om kostnaderna? Om tekniska lösningar finns men underskattas, eller deras kostnader överskattas, så överskattas lätt också de ekonomiska konsekvenserna – och vice versa.
- **En strikt teknisk analys missar viktiga ekonomiska och beteendemässiga perspektiv.** Det finns en rad andra frågeställningar som också måste tas i beaktande. Olika trögheter kan göra det svårt att realisera teoretiskt möjliga tekniska lösningar. Åtgärder kan ha indirekta kostnader eller sidonyttor/-kostnader bortom rena energi- eller klimathänsyn. Styrmedel för att uppnå åtgärderna kan ha spridningseffekter i ekonomin, implementeringskostnader, och infrastrukturbehov. Förändringarna kan också leda till temporära omställningskostnader. Vi diskuterar en del av dessa i nästa kapitel.

Box 2 Olika styrmedel driver på olika utsläppsminskningar

Ett skäl till att prissättning (skatter eller utsläppshandel) ofta är ett effektivt styrmedel är att det möjliggör avväganden mellan alla tillgängliga sätt att minska utsläpp. Som ett exempel ger en koldioxidskatt på drivmedel incitament att byta till effektivare fordon (1a), byta till fordon med andra drivmedel (el eller biodrivmedel) (1b), välja andra transportsätt om de har lägre utsläpp (2a), och minska antalet kilometer som personer eller varor transporteras (2c).

Som kontrast ger en standard för energieffektiva fordon enbart incitament till (1a), ger inga incitament till (1b), och genom att effektivare bilar har billigare driftskostnad kan de ge incitament att öka bilanvändningen (2a) såväl som det totala transporterarbetet (2b) – så kallade rekyleffekter.

Det kan trots detta finnas skäl att använda styrmedel utöver prissignaler – till exempel fördelningseffekter, eller specifika förhållanden som förhindrar att konsumenter svarar på prissignaler. Det kan också motiveras om de syftar till att stimulera innovation, ett skäl som ofta anförs just vad gäller standarder.

Modellerna skiljer sig avsevärt åt i sin representation av möjligheterna och förutsättningarna för att minska utsläppen

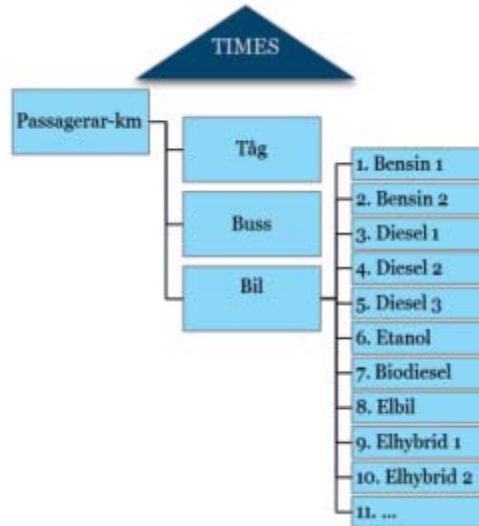
Vår bedömning är att *tekniska substitutionsmöjligheter* – mindre utsläppskrävande tekniska alternativ för att uppnå liknande produktion eller nytta för konsumenter – är kärnfrågan för att förstå de vitt skilda resultat som finns i analyser av svenska klimatmål. Den stora spännvidden i kostnadsuppskattningar bygger till stor del på olika bedömningar av hur svårt det är att genomföra tekniska lösningar. Som vi redovisade i kapitel 1 är transportsektorn central, och bedömningen av just transportsektorn blir till den enskilt viktigaste frågan. Vi fokuserar därför på denna sektor i nedanstående diskussion.

TIMES-Sweden bygger på en detaljerad teknikrepresentation utan anpassning av konsumtion och produktion

TIMES-Sweden mår upp olika tekniskmöjligheter i stor detalj. I transportsektorn kan hushållen exempelvis välja mellan en rad olika biltyper för persontransport: flera typer av bensin- och dieslbilar, biobränsle- och elbilar, samt olika hybridbilar (Figur 7). För varje alternativ uppskattar modellen totalkostnaden: inköpspris, livslängd, användning, bränslekostnader, reparationskostnader, mm. Olika transportval ställs sedan jämsides liknande val i hela energisystemet, och de billigaste lösningarna modelleras fram.

Elektrifiering av transportsektorn och ökad biobränsleanvändning kan alltså ske inuti modellen. Däremot är transportbehovet fastlagt utanför modellen. Det finns ingen möjlighet att undvika dyra tekniska lösningar, när det i själva verket vore mindre kostsamt att minska mängden transporter i stället.

Figur 7 TIMES-Sweden: Val mellan stort antal olika ”teknologier” som möjliggör en given aktivitet till minsta kostnad



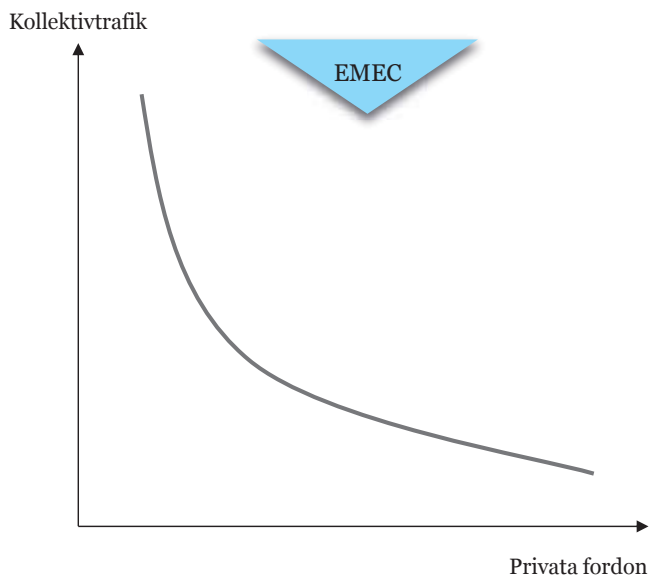
Not: Figuren visar ett exempel på teknologier i transportsektorn i TIMES-Sweden.

Källa: Underlag för Miljömålsberedningen. "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden – Resultat från en första scenaristudie".

EMEC innefattar såväl tekniska åtgärder som anpassning av konsumtion, men saknar representation av viktiga åtgärder inom transport och kraft
I EMEC finns inte teknologier direkt representerade, utan i stället sker gradvisa förändringar i hushållens konsumtionsmönster, och i hur olika insatsvaror kombineras i produktionen (Figur 8).

I många fall fångar detta upp även det vi ovan kallar ”tekniska” lösningar. Förutsättningarna för produktionen kan till exempel ändras genom att göra investeringar som minskar energibehovet för produktionen (1a), eller byta från ett bränsle till ett annat (1b). Benägenheten att göra sådana skiften när priset ändras bestäms av parametrar i modellen (s.k. *elasticiteter*), som i möjligast mån är uppskattade från historiska data. Utöver detta representeras även anpassning av konsumtion och produktion direkt i modellen (2a och 2b): hushåll skiftar sin konsumtion från en vara till en annan när deras priser ändras olika mycket (till exempel, om skatten på koldioxid höjs vilket påverkar varor olika mycket beroende på deras koldioxidinnehåll).

Figur 8 EMEC: gradvis ökande effektivitet, byte av bränsle, och minskning av aktivitet enligt historiska samband



Not: I det här exemplet byter hushåll transportmedel, och ökar gradvis användningen av kollektivtrafik istället för privata transporter allteftersom priserna på de två transportslagen skiljer sig åt.

EMEC has dock viktiga begränsningar som i hög grad påverkar just de sektorer som i mångt och mycket är viktigast för utsläppsminskningar i närtid, och framförallt inom transportsektorn.

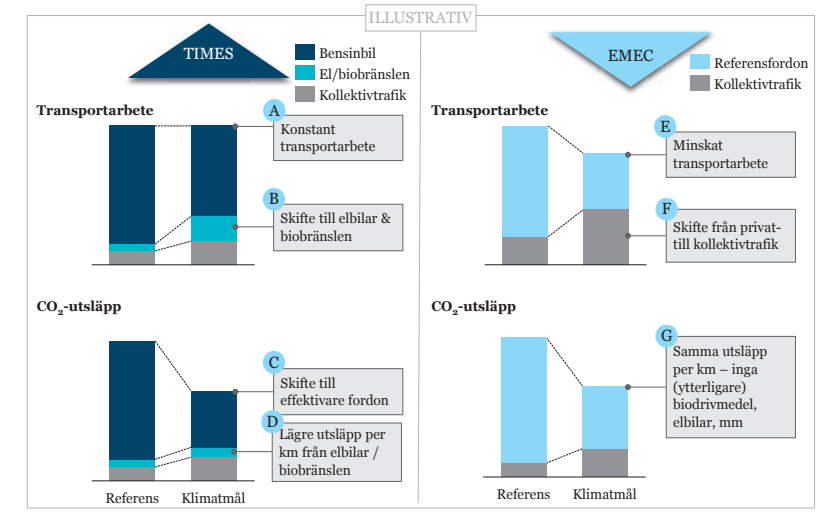
Konkret finns inga tekniska åtgärder representerade i transportsektorn. Till skillnad från till exempel industriproduktion finns större delen av transportarbete inte återgivet i de nationalräkenskaper som EMEC grundas på. Transportarbete är därför inte heller representerat som produktion i EMEC. Det är därför inte möjligt att ändra insatsfaktorerna: producenter och konsumenter som representeras i EMEC kan inte välja mer energieffektiva fordon, alternativa bränslen, eller elbilar. Det betyder att minskningar av utsläpp från transportsektorn väsentligen måste ske genom minskade transporter.⁸ Vi illustrerar detta schematiskt i en jämförelse med TIMES-Sweden i Figur 9:

- I TIMES-Sweden antas transportarbetet (mätt i person-kilometer, eller ton-kilometer) vara konstant (A). Däremot kan det tillgodoses av olika alternativa transportslag, såsom ett skifte till elbilar och biobränslen (B). Detta påverkar koldioxidutsläppen. Ett skifte till effektivare fordon kan minska utsläppen från återstående fossila fordon (C), medan utsläppen per km från el eller biobränslen är avsevärt mindre (D).

⁸ Undantaget är att konsumenter kan välja kollektivtrafik istället för privata resor.

- I EMEC anpassas mängden transportarbete när kostnaden på transporter förändras, till exempel genom en koldioxidskatt (E). Modellen har också möjlighet att modellera ett skifte till kollektivtrafik (F). Däremot är utsläppen per fordon oförändrade från referensscenariot: inga ytterligare biodrivmedel, elbilar, effektivare fordon, mm antas finnas tillgängliga (G).

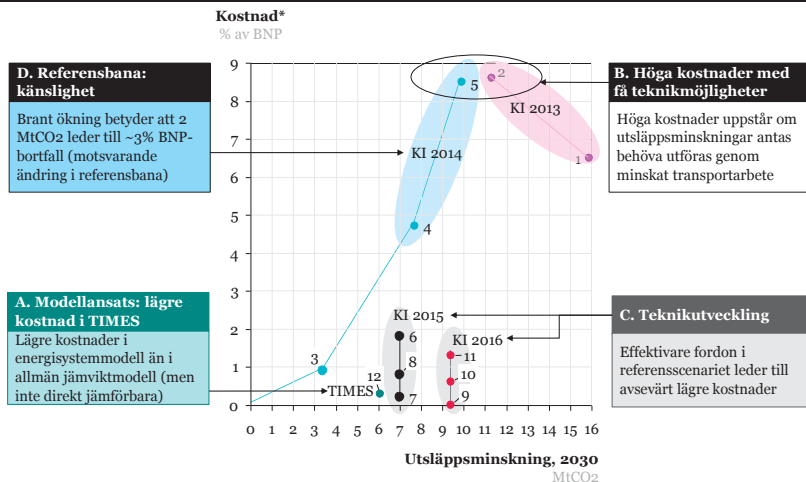
Figur 9 Exempel: Modeller fångar upp mycket olika aspekter av tänkbar framtida utveckling i transportsektorn



Skillnader i bedömningar av möjligheterna till utsläppsminskningar får stort utslag i kostnadsuppskattningar

Effekterna av de olika modellansatserna syns tydligt i en jämförelse mellan olika modellresultat. Dessa sammanfattas i Figur 10, som visar hur kostnadsestimat varierar med de absoluta utsläppsminskningarna i den icke-handlande sektorn i 2030.

Figur 10 Variation i modellresultat för givna absoluta utsläppsminskningar



Not: Scenarierna är numrerade enligt samma schema som i Tabell 1.

Källa: Se Tabell 1.

Flera olika slutsatser står fram från dessa resultat:

A. Energisystemmodeller visar på blygsamma kostnader, men dessa bör uttolkas med ytterligare analyser av förändringstakt och ekonomiska konsekvenser

Uppskattningen av kostnaden för att nå klimatmålen i TIMES-Sweden är låg, mindre än 0,5 procent av BNP för en utsläppsminskning på 6 MtCO₂ i 2030. Vi har inte tagit del av detaljerad information om hur känsligt detta resultat är för olika antaganden. Strukturen på modellen betyder dock att även om antagandena ändras markant – säg, en fördubbling av kostnaden mellan fossilbaserade och teknologier och alternativ – så skulle resultaten inte bli kvalitativt mycket annorlunda.

Det finns dock flera aspekter på resultaten som behöver kompletteras:

För det första är utsläppsminskningen i 2030 mindre än de 7 Mt som är en sannolik nedre gräns för en utsläppsbana som följer Miljömålberedningens ambitionsnivå. En högre referensbana eller mer ambitiöst etappmål för utsläppen 2030 skulle kräva större minskningar. Ytterligare 3-4 MtCO₂ skulle krävas för att jämföra fullt ut med några av de ambitiösare scenarierna som utförts med EMEC. Vi saknar dock analyser på hur kostnaden stiger med ytterligare utsläppsminskningar, något som vore mycket värdefullt att undersöka.

För de andra är de modellerade åtgärderna och uppskattade kostnaderna också en ren teknikanalys, och behöver sättas i bredare samhällsanalytiskt perspektiv. Som vi diskuterar i följande kapitel, är det viktigt att analysera vilka begränsningar som uppstår i hur snabbt åtgärderna kan drivas igenom (se kapitel 3), och även vad den kostnaden för sådana åtgärder verkligen är och hur de påverkar ekonomin som helhet (se kapitel 4).

B. EMEC:s höga kostnader (8–9 procent av BNP) resulterar från antagandet att tekniska möjligheter att ytterligare minska utsläppen i transportsektorn helt saknas

I stark kontrast till TIMES-Sweden visar vissa scenarier (#5, #2, även #4) analyserade med EMEC på mycket höga kostnader, med ett bortfall av nästan 9 procent av BNP.

Medan TIMES-Sweden har fullt fokus på tekniska möjligheter till utsläppsminskningar, har dessa analyser helt motsatt antagande. Modellen representerar inga möjligheter finnas att driva fram ytterligare energieffektivisering, biodrivmedel eller elbilar, utöver vad som redan antas ske i referensbanan. Ytterligare utsläppsminskningar kräver därför istället att CO₂-skatten höjs till en nivå där totala mängden transporter kraftigt minskar, då andra sektorer är begränsade i vad de kan bidra till utsläppsminskningar.⁹ Med utsläppsminskningar runt 10-12 MtCO₂, kräver detta i sin tur väldigt höga CO₂-skatter på mer än 30 kr/kgCO₂, eller motsvarande 70 kr per liter bensin.

Detta scenario kan tyckas osannolikt: en femdubbling av priset på drivmedel skulle med all sannolikhet leda till stora förändringar i val av såväl fordon och drivmedel, men modellen utesluter detta. Scenarierna ses kanske därför bäst hypotetiska: i ett extremfall där inga ytterligare tekniska möjligheter till utsläppsminskningar stod att finna in transportsektorn, men utsläppsmålet likväl inte gick att ändra på, vad skulle de ekonomiska konsekvenserna bli? Lärdomen är att riskerna för negativa ekonomiska konsekvenser av ett utsläppsmål starkt beror på vilka tekniska möjligheter som står till buds.

Detta är därför ett exempel på att bättre insikt ges av en kombination av både ekonomiska och tekniska modeller. Analysen i TIMES-Sweden, såväl som andra analyser av transportsektorns förutsättningar för utsläppsminskningar, tyder på att det finns avsevärda tekniska möjligheter till att minska utsläppen till långt lägre kostnader än de 30 kr/kgCO₂ som de här scenarieresultaten bygger på. Återigen kvarstår dock frågorna som behandlas i följande kapitel, om hur stor del av dessa som kan realiseras fram till 2030, och om det finns några indirekta kostnader förbundna med att driva igenom den i högre takt. Det finns dock inte något skäl att tro att referensbanan utgör någon absolut, övre gräns, som är fallet i dessa scenarier.

⁹ Vi har inte haft tillgång till detaljerade data på utsläppen. Det är troligt att andra aktiviteter i den IHS också bidrar med vissa utsläppsminskningar, men som diskuterades i 2 är dessa utsläpp är antingen små, eller annars inte inkluderade i modellanalyserna (metan och lustgasutsläpp från jordbruk). Utsläppsminskningar på 10-12 MtCO₂ som återfinns i scenarierna #5 och #2 kräver därför oundvikligen minskade utsläpp från transporter.

C:1. Med ytterligare energieffektivisering, biodrivmedel, och eldrivna fordon som möjlighet sjunker kostnaderna avsevärt, till mindre än 1 procent av BNP.

Det är klart från ovanstående att antaganden om tekniska lösningar i transportsektorn är avgörande för resultaten av modellansatser. Frågan om transportsektorns utveckling har därför undersöks av KI i ett antal analyser (Scenario #7, #8, #9, #10, #11). I dessa antas ytterligare betydande energieffektivisering, biobränslen, och elbilar bli tillgängliga, utöver vad som finns i en standard referensbana. När sådana tekniska lösningar förs in utanför själva modellstrukturen, i de flesta fall utan ytterligare kostnad, blir resultatet långt mindre BNP-påverkan, som regel under 1 procent. Dessa resultat är inte långt från de uppskattningar som görs inom TIMES-Sweden (scenario #12).

Förfarandet kan visa på viktiga samband – till exempel vilken nivå på skatt som kan tänkas behövas för att dämpa en rekyleffekt (ökade transporter) om fordon blir mer effektiva, och konsumenter därför ökar användning av transporter. Dock drivs resultaten i dessa scenarier till överväldigande del inte av insikter från den ekonomiska modellen *per se*, utan istället av startantaganden (till exempel, vad EU sätter för standard för fordon). Dessa kan i sin tur inte hänföras till handlingar och styrmedel som svenska beslut kan påverka. Sådana scenarier har därför sannolikt även mindre värde som underlag för svenska politiska beslut.

C:2. Resultaten är mycket känsliga för tekniska antaganden

Ytterligare en konsekvens av att tekniska lösningar inte finns tillgängliga är att kostnaden för *ytterligare* utsläppsminskningar ökar mycket snabbt. Varje ytterligare ton minskade utsläpp är mycket dyrt. Detta gör resultaten mycket känsliga för antaganden.

Detta märks till exempel i en jämförelse av scenario #9 med #11. Scenario #11 visar vad som händer om mängden tillgängligt biodrivmedel minskar med 10 TWh. Effekten uppskattas till ett BNP-bortfall på 1 procent år 2030, motsvarande ca 55 miljarder kr. För att sätta detta i sammanhang betyder det att värdet för den svenska ekonomin av att få tillgång till dessa 10 TWh (motsvarande ca 110 miljoner liter bensin) skulle motsvara i genomsnitt 500 kr per liter, eller över 200 kr per kg CO₂. Detta är återigen långt över de kostnader för tekniska åtgärder, inklusive uppskattningar av eventuella framtida kostnader för ytterligare biodrivmedel, som antas i energisystemmodeller eller sektorsanalyser.

Resultatet kan tolkas på olika sätt. Å ena sidan visar det att en modell som inte representerar tekniska lösningar blir högst känslig. Stora, kanske orimligt stora, effekter uppstår när kostsam ekonomisk anpassning (lägre konsumtion) inte kan ställas emot tekniska lösningar. Å andra sidan visar det, precis som scenarierna #5 och #2, att om det *skulle* visa sig svårt att få till stånd tekniska förändringar, så är konsekvensen av en för optimistisk bedömning ett väldigt stort utslag för kostnaden.

D: I scenarier där tekniska möjligheter till minskade transportutsläpp helt antas saknas blir resultaten också särskilt känsliga för val av referensbana

Denna känslighet betyder också att referensbanan blir väldigt viktig, och särskilt när utsläppsminskningar på marginalen drivs fram genom minskat transportarbete. Ett exempel är den stora ökningen i ekonomisk påverkan mellan scenarierna #4 och #5. Här leder

ytterligare 2 ton minskade utsläpp (från 8 Mt till 10 Mt) till ett BNP-bortfall på nästan fyra procentenheter. Denna skillnad är dock mindre än de förändringar som årligen gjorts i referensbanan de senaste åren. Ovanstående resonemang visar dock att det är vanskligt att analysera vikten av detta utan att ha en tydligare analys av vilka tekniska alternativ som finns att tillgå istället.

Sammanfattning: referensscenariot och möjligheterna till tekniska utsläppsminskningar är de viktigaste faktorerna

Det finns mer att lära av modellerna avseende hur kostnader varierar med olika antaganden och analysmetoder. Viktiga frågor är till exempel hur teknikkostnader antas förändra sig över tid, och hur framtidens bränslepriser kan tänkas förändras. Sådana analyser, som varierar olika antaganden och visar på deras betydelse givet vissa andra förutsättningar, är ett

Det är svårt att sätta tilltro till de mycket höga kostnader som uppgår till 8-9 procent av BNP 2030. De drivs av mycket speciella omständigheter, där referensbanans användning av effektivare fordon, biodrivmedel, och eldrivna fordon antas utgöra en övre gräns. Lärdomen dessa scenarier förmedlar är nyttig: **svenska klimatmål är starkt beroende av tekniska lösningar i transportsektorn, annars kan kostnaden öka snabbt.** Däremot är de absoluta uppskattningar av de CO₂-skatter som skulle krävas i en sådan situation, och därmed de ekonomiska konsekvenser som följer, sannolikt extremvärden för vad kostnader kan tänkas bli.

Denna slutsats stöds till stor del på att tekniska analyser har identifierat avsevärd potential för ytterligare tekniska åtgärder. Även om dessa är begränsade på olika sätt (genomförande, verklig kostnad, mm) är det svårt att tro att de inte blir av någon betydelse om svenska klimatmål och styrmedel skärps. Vad som framförallt saknas i nuläget är en metod för att ställa anpassningar av konsumtionsmönster, som resultaten från EMEC visar kan bli mycket kostsamma om stora förändringar krävs, mot en realistisk bedömning av tekniska åtgärder. Med de resultat som finns tillgängliga kan vi enbart göra enkla jämförelser, *back of the envelope*, enligt ovan. Vi finner en (mycket) stor diskrepans: CO₂-priserna i vissa analyser är långt högre än tekniska lösningar som, enligt sektorsanalyser, skulle kunna stå att tillgå. Ett alternativ för att göra detta är modellmetoder – s.k. hybridmodeller – som modellerar kraft- och transportsektorerna i mer teknisk detalj, men resten av ekonomin i ett jämviktsramverk liknande det som används i EMEC.

Ett antal utmaningar är dock oundvikliga: hur snabbt förändringar kan drivas igenom, vilka ytterligare kostnader som kan tänkas uppstå på vägen utöver direkta tekniska åtgärds-kostnader, hur snabbt de rent tekniska kostnaderna öka med mer ambitiösa mål för utsläppen 2030, samt relativt vilken referensbana de bör definieras. Vi fokuserar därför de följande två kapitlen på just tröghet och barriärer till utsläppsminskningar, och olika kategorier och kostnader. Modeller ger en startpunkt för att förstå dessa, men måste kompletteras med en bedömning görs av dessa underliggande faktorer.

3 Tröghet och barriärer för utsläppsminskningar

I verkligheten begränsas utsläppsminskningar inte bara av vad som är tekniskt möjligt, utan också av vad som är realistiskt att genomföra. Hur snabbt är det realistiskt att vänta att vissa tekniska lösningar eller förändrade beteenden omsätts i verkligheten?

Modeller gör implicita bedömningar av detta, och fångar upp källor till tröghet i olika drag. Detta är också ett skäl till att resultaten skiljer sig åt. Generellt är energisystemmodeller mer optimistiska än jämviktsmodeller om hur snabbt nya tekniska åtgärder kan drivas igenom:

- TIMES-Sweden visar vissa trögheter inom energisystemet, men inte andra viktiga källor till tröghet, såsom indirekta kostnader eller beteenden
- EMEC specificerar en benägenhet till förändring som uppskattas från historiska samband, och som därmed innefattar många av faktorer som påverkat det beteende som kan observeras
- Analys baserad på historiska samband kan dock bli begränsande på längre sikt, om teknologier, priser, eller preferenser förändras, och även om de förändringar som undersöks är stora jämfört med vad som iakttagits historiskt.
- I tillägg påverkar valet av styrmedel i hög grad vilka åtgärder som faktiskt genomförs.

Den övergripande slutsatsen är att modellanalyser behöver kompletteras med en utvärdering av hur trolig den resulterande utvecklingen ter sig. Ett modellresultat som inte jämförs med sådana måttstockar kan annars implicit bygga på tvivelaktiga antaganden om hur snabbt förändring kan ske.

Energisystemmodeller representerar den tröghet som skapas av ersättningstakten i energisystemet

Energisystemmodeller som TIMES-Sweden definierar ramar för vad som är tekniskt möjligt. De avspeglar ett antal processer och konverteringsteknologier för att omvandla insatsvaror till konsumtionsvaror (industri, transport, hushåll, kommers). Vilka av dessa som sedan används bestäms av hur kostnaderna för att tillgodose samtliga energibehov kan minimeras.

Detta är en relativt enkel beslutsram. En koldioxidskatt i TIMES-Sweden gör att den eller de insatsvaror, processer eller teknologier som blir dyrare används mindre. Samma mängd *energitjänster* behöver dock fortfarande produceras, vilket innebär att modellen ger utslag i att andra insatsvaror, processer eller teknologier används mer, till lägst möjliga totalkostnad. Modellen tar till exempel inte hänsyn till vilka aktörer som kan tänkas genomföra åtgärder, och vilka incitament och andra förutsättningar dessa har. Hur realistiskt är det att nå dit? Det gör det svårt att avgöra om det är realistiskt att uppnå den

grad och takt av förändring som modellen representerar. Det kräver noggranna bedömningar av resultaten för att avgöra om det tar 'för kort tid' att ställa om till ny teknologi.

Detta betyder inte att energisystemmodeller som TIMES-Sweden inte fångar upp några trögheter överhuvudtaget – till exempel, att hela bilparken, hela byggnadsbeståndet, eller alla fabriker antas kunna bytas ut omgående. Modellen innehåller förutvarande utrustning, och den takt den kan ersättas. När det gäller bilar betyder detta att modeller har data på nuvarande bilar, skrotningstakt, och nybilsköp. Då bilar ofta finns på vägarna i 15 år efter att de köpts, skapar denna dynamik en stark inneboende tröghet. Trögheten är ännu högre i andra sektorer med än mer långlivad utrustning, som industri och byggnader. Modellen målar således upp en stegvis bana till varje år som modelleras.

Energisystemmodeller kan också införa andra begränsningar, till exempel av hur snabbt en teknologi växer per år, hur stor del av det totala beståndet den uppnår, eller hur stora resurser som finns tillgängliga för vissa energislag, eller hur stor andel variabel förnyelsebar energi som finns i kraftsystemet.

EMEC inkorporerar andra orsaker till tröghet i omställningen

I kontrast till detta bygger EMEC på antaganden om ekonomiska aktörers benägenhet att förändra sina val när priser förändras (*elasticiteter*). En koldioxidskatt fördyrar varor som får högre koldioxidskatt, till exempel energi som går in i produktion, bensin som används för transport etc., vilket innebär att konsumtion av denna vara minskas. I en allmänjämviktsmodell antas denna förändring kunna uppskattas baserat på vad aktörer *tidigare har gjort* vid en prisförändring. Till exempel kan konsumenter välja att köpa mindre av varan och istället välja en annan, eller fortsätta köpa samma mängd samtidigt som de skär ner konsumtionen av något annat. De beteendeförändringar som tidigare observerats antas alltså gälla i de uppskattningar om framtiden som görs i en allmänjämviktsmodell.

I princip bäddar detta för en mer fullständig representation av kostnader. Till exempel är det möjligt att aktörer (hushåll, företag) utsätts för indirekta kostnader av åtgärder (se nästa kapitel). De kan också styras av förutvarande beteenden, normer, eller preferenser. Det kan ta tid för nya tekniker att accepteras eller spridas, även när de vid första anblick ter sig kostnadseffektiva (inom tekniklitteraturen talas ofta om en S-formad kurva). I den mån dessa faktorer påverkar historiska samband finns de även (indirekt) representerade i EMEC:s bedömning av hur starka styrmedel som krävs för att åstadkomma en given förändring. Dessutom betyder aktörsperspektivet att dessa betraktas som *kostnader*: om höga skatter krävs för att påverka beteende, bedöms detta vara för att aktörer har starka skäl att hålla fast vid förutvarande konsumtionsmönster. Policy som syftar till att påverka medför därför också större kostnader.

Simuleringar baserade på historiska data kan ha begränsad användning på längre sikt

Historiska data har mest att säga på kortare sikt. Att utgå från historiskt beteende på längre sikt kan däremot vara problematiskt, särskilt om framtida scenarier innefattar stora teknikförändringar, eller om de prisförändringar som modelleras är stora.

Det finns många exempel på förändringar i energisystemet som påverkat aktörers benägenhet att ändra bränsleslag eller öka effektiviteten. Som ett exempel: när tillförlitliga och allt effektivare värmepumpar blev tillgängliga blev också eluppvärmning långt mer aktuellt i svenska byggnader, och det historiska data på konsumenters benägenhet att använda el genom direktuppvärmning (med långt högre kostnader) var av mindre nytta i detta nya läge. Samma sak gäller sannolikt för introduktionen av elbilar: teknikens förmåga att uppfylla konsumenters krav förändras snabbt, och mängden tillgängliga historiska data är också väldigt liten.

Likaledes är det potentiellt problematiskt att använda data på relativt små prisförändringar för att uppskatta framtida beteenden i en situation där priserna ändras drastiskt. Detta gäller i hög grad de modelluppskattningar som bygger på mycket höga koldioxidpriser. De skatter på mer än 30 kr/kgCO₂ som simuleras i en del scenarier (#2, #5, även #4) skulle leda till ökade bränslepriser bortom de nivåer som finns i historiska data. Det är därför också fullt möjligt att konsumenters benägenhet att ändra sina val ändras när energipriser stiger till så höga nivåer. Mer allmänt skulle priser på sådana nivåer sannolikt också leda till starka incitament för strukturomvandling, teknikutveckling, och förändringar av beteende. Dessa är anpassningar som inte fångas upp av nuvarande modellverktyg, och som behöver undersökas med kompletterande analyser.

Styrmedel och implementeringsaspekter kan avsevärt påverka kostnaden

Vilka åtgärder som är möjliga att genomföra beror också i hög grad på vilka styrmedel som används. Gemensamt för scenarierna som analyseras här är att de – inom ramarna för de åtgärder som finns representerade och tillgängliga i modellen – tenderar att välja de billigast tillgängliga åtgärder som finns att tillgå. I TIMES-Sweden görs inga antaganden om vilka styrmedel som kan tänkas bli aktuella, utan den åtgärds-kostnaden minimeras direkt. I de scenarier med EMEC som redovisas här antas en koldioxidskatt i den icke-handlande sektorn, vilket leder till den minsta teoretiskt möjliga kostnaden enligt modellens förutsättningar.

Faktisk klimatpolitik är långt mer komplicerad, och tar en rad övriga hänsyn i beaktande – från målsättningar att bistå vissa teknikslag, till energisäkerhet, till fördelningsaspekter och industrihänsyn. I den mån bilden i modellerna är för idealiserad är det möjligt att de underskattar kostnaden av de styrmedel som faktiskt skulle införas för att nå ned till de utsläppsnivåer som avses i scenarierna.

Ytterligare trögheter kan vara relevanta men inte fångas upp av modeller

Utöver dessa finns även andra källor till tröghet som kan bromsa om omställning till lägre utsläpp. Detta kan röra sig om faktorer såsom institutionella brister, koordineringsbehov (till exempel av infrastruktur), eller marknadsmisslyckanden. Social acceptans för teknologier kan förändras snabbt, såsom skett med kärnkraft i ett antal länder. Det kan också röra sig om den tid det tar att utveckla och sjösätta nya affärsmodeller, eller skapa nya finansieringsmodeller. Regleringar kan också stå i vägen på oväntade sätt. Dessa har gemensamt att de inte är lätta att representera i modeller.

Utvärdering av modellresultat kräver en bedömning av vilken förändringstakt som är realistisk

Hur kan ovanstående frågeställningar tas i beaktande i uttolkningen av modellresultat av klimatmål? Vi gör här ingen bedömning av vilken modellansats som är mest realistisk. Istället beskriver vi ett förfarande som skulle kunna komplettera modellanalyser för att göra en sådan avvägning.

I fallet TIMES-Sweden är den stora frågan om de förändringar i konsumentval, tillgängliga produkter, mobilisering av resurser, mm som krävs för en given utvecklingsbana är möjliga att realisera. Ett sätt att bedöma detta vore att studera modellresultaten, och avgöra om specifika implikationer anses rimliga. Exempel kunde vara:

- Vad är marknadsandelen av elbilar i varje år mellan 2016-30?
- Vad är tillväxttakten i biobränsleproduktion/-konsumtion?
- Vilken mängd kapital investeras i energieffektivisering av byggnader?
- Hur många hushåll renoverar energiprestandan i småhus?
- Vilken mängd vindkraftverk byggs per år, och vilken tillväxt inom industrin krävs för att uppnå detta?
- Vad är den övergripande förändringstakten i energiintensitet för ekonomin som helhet?
- Osv.

Sådana frågeställningar kan sedan jämföras med till exempel historiska samband eller andra måttstockar för att avgöra om specifika scenarier är realistiska. De kan också utvecklas till riktmärken som kan spåras över tid för att se om en omställning fortgår som antas behövas för att nå framtida mål.

I fallet EMEC finns ingen motsvarande möjlighet att studera ”åtgärder” i detalj, då modellens struktur betyder att individuella åtgärder inte representeras. Däremot kan modellresultat på högre nivå jämföras, såsom:

- Vilken minskning av transportarbetet sker?
- Hur stor del av persontransporter sker med kollektivtrafik?
- Vilken årlig tillväxttakt av biobränsle krävs för att nå de andelar som modelleras inom industri?

- Vilken årlig förbättring av energiintensitet krävs för att uppnå utfallet i olika branscher?
- Är elpriset som antas liknande det som ses från specifika elmarknadsmodeller?
- Vilka branscher minskar eller ökar i förädlingsvärde?
- Osv.

Överlag är det klart att modellresultat måste kompletteras med ytterligare bedömningar för att avgöra om modellens antaganden och simulerade utfall är i samklang med andra källor till insikt. Likaledes kan det ha stort värde att göra särskilda studier av barriärer för olika utveckling som modellerna visar på som viktiga. Detta är särskilt viktigt om modellresultaten ger överraskande resultat – såsom särskilt låga eller höga kostnader för åtgärder.

4 Kategorier av kostnader och konsekvenser

En sista pusselbit i skillnaden mellan olika modellresultat är att förstå vilka kostnader som redovisas, och i vilken utsträckning effekter på ekonomin som helhet finns med. Detta rör sig inte bara om kostnader, utan även om att förstå olika mönster – fördelnings-effekter, strukturuomvandling, mm – som kan tänkas uppstå med omställningen till lägre utsläpp. I sammanfattning:

- Modeller använder olika mått på kostnader som inte är direkt jämförbara. I TIMES-Sweden begränsas kostnader till bokföringsmässiga kostnader inom energisystemet. I EMEC representeras hela ekonomin, och kostnader mäts i termer av minskad BNP.
- Kostnaderna blir högre om åtgärder för att minska utsläpp medför stora indirekta kostnader för konsumenter och företag. Det är en omstridd fråga om sådana kostnader är betydande eller inte, och vad de i så fall har för betydelse.
- En förståelse för jämviktseffekter i ekonomin som helhet ger viktiga insikter om vilka konsekvenser som uppstår i en omställning till lägre utsläpp. Det är dock inte givet att nettoeffekten av sådana effekter alltid att kostnaderna blir högre, jämfört med de kostnader som uppstår enbart inom energisystemet.
- BNP och systemkostnader är informativa men inkompleta mått på välfärd. De kan kompletteras med andra analyser, inklusive av sidokostnader och sidonyttor som uppstår till följd av utsläppsminskningar – såsom förbättrad luftkvalitet. Sådana kostnader finns inte återgivna i befintliga modellresultat.
- Likaledes kan stora förändringar leda till omställningskostnader, som inte heller finns representerade i nuvarande modeller. Även om dessa är övergående kan de vara betydande på kort sikt, och särskilt viktiga ur fördelningspolitiskt perspektiv. De utgör därför ytterligare en grund till att modellresultat bör kompletteras med andra analyser.

Det centrala budskapet är att jämviktseffekter är viktiga: de bör inkluderas i samhällsekonomiska analyser. Utöver detta finns en rad andra analyser som kan ge ytterligare insikt för att ge en mer fullständig bild.

Modeller använder olika mått på kostnader som inte är direkt jämförbara

TIMES-Sweden beräknar de totala direkta kostnaderna som uppstår i energisystemet

Systemkostnaden som beräknas i modellen innefattar samtliga kostnader i energisystemet, inklusive energiutvinning, -omvandling och -användning. Samtliga investeringar,

underhållskostnader, bränsle- och andra insatskostnader, tas i beaktande. Kostnadsestimaten är dock begränsade till energisystemet: modellen redogör inte för effekter i andra delar av ekonomin.

En möjlig underskattning av dessa kostnader är att finansieringskostnader inte ingår. När finansieringen sker med privat kapital uppstår en kostnad i form av avkastning till ägare och räntebetalningar till långivare. Detta är en reell kostnad för energiprojekt. För vindkraft kan till exempel denna kostnad uppgå till så mycket som en tredjedel av den totala energikostnaden, men inkluderas inte i systemkostnader beräknade med TIMES-Sweden.¹⁰

Ett vanligt missförstånd är att subventioner och skatter skulle påverka kostnadsberäkningarna i energisystemmodeller (så att kostnader till exempel underskattas därför att vissa tekniker är subventionerade). Subventioner kan användas i modellen, och påverka vilka teknologier som används i ett kostnadsminimerande scenario. De inkluderas dock inte i den rapporterade systemkostnaden. Det samma gäller skatter, som annars skulle leda till en överskattning av kostnaden (och som i realiteten är mycket högre än subventioner i det svenska energisystemet).

EMEC beräknar bruttonationalprodukten (BNP): summan av värdet på samtliga varor och tjänster som produceras och konsumeras i ekonomin

BNP inkluderar all privat och offentlig konsumtion, statliga utgifter, investeringar, samt exporter minus importen som sker inom landets gränser. En fördel med BNP är att eventuell dubbelberäkning undviks: värden allokeras endast en gång.

Kostnader inom referensscenariot redovisas inte i resultaten

De referensscenarier som redovisas i Kapitel 1 inkluderar effekterna av klimatpolitiska styrmedel som redan är genomförda eller beslutade. De modellansatser som redovisas här uppskattar i sin tur kostnaden av ytterligare åtgärder utöver detta. I den meningen uppskattar de inte den totala kostnaden av att uppnå ett klimatmål. Sverige har dock haft betydande åtgärder för att minska växthusgaser i åtminstone 30 år, och det vore en högst teoretiskt att försöka konstruera ett scenario för ekonomin som är "fritt" från dessa åtgärder. Det är inte heller klart vilket värde sådana beräkningar skulle ha för de ytterligare besluten.

Direkta och indirekta åtgärds-kostnader

De direkta åtgärds-kostnaderna för att nå ett klimatmål är de extrakostnader som uppstår när de energitjänster som efterfrågas i ekonomin ska levereras på ett mindre utsläppsintensivt sätt.

Att fånga de direkta åtgärds-kostnaderna är precis vad en modell som TIMES-Sweden har till uppgift. Modellen visar den lägsta möjliga kostnaden för att tillhandahålla en uppsätt-

¹⁰ I TIMES-Sweden diskonteras kapitalinvesteringar med en relativt låg sats på 3,5%, för att möjliggöra jämförelser mellan olika investeringar; men varken denna kostnad eller den sannolikt högre kostnaden för finansiering ingår i den beräknade systemkostnaden.

ning energitjänster med och utan klimatmål, och skillnaden mellan de två totalkostnaderna är ett mått på klimatmålets direkta åtgärds kostnad. Kostnaderna representeras i detalj i olika komponenter.

Även i EMEC finns representation av vissa direkta kostnader – till exempel, kostnaden för bioenergi. Likaledes finns kostnaden för energieffektivisering implicit representerad, genom benägenheten att öka insatsen av kapital och arbete istället för att använda energi i produktion. Modellens fokus ligger dock inte på simulering av åtgärder och kostnadsminimering, utan på att nå klimatmålen och samtidigt uppnå högsta möjliga nytta för samhället. Modellen fångar till exempel hur konsumenter väljer mellan olika varor, där deras val påverkas av de direkta kostnaderna för olika alternativ, men även *indirekta kostnader* och andra källor till trögheter (se nedan).

Teknikutveckling och -antaganden påverkar kostnader i hög grad

All modellering av framtida kostnader för klimatåtgärder kräver att framtida kostnader för teknik specificeras i någon grad. Detta har också identifierats som en avgörande faktor för hur kostsamt det är att uppnå klimatmål.

Att bilda en uppfattning om framtida teknikkostnader (och -tillgänglighet) är mycket vanskligt, särskilt på längre sikt. Den senaste tidens snabba teknikutveckling inom förnyelsebar energi såväl som energiteknik som LED-belysning och energilagring har betytt att många modeller i det förflutna överskattat framtida kostnader. Det är dock svårt att dra generella slutsatser utifrån detta, då det inte per automatik betyder att framtida kostnader kommer att fortsätta falla.

Det material vi sammanställt för den här rapporten ger inte möjlighet att jämföra hur olika antaganden om framtida teknikutveckling påverkar resultaten; scenarierna undersöker inte denna faktor. Det närmaste som finns tillgängligt är den teknikutveckling (som effektivare fordon) som undersöks i en del scenarier; dessa har som diskuteras ovan en väldigt stor inverkan på resultaten.

Det är också möjligt att klimatåtgärder och -styrmedel blir bidragande till teknikutveckling. Ingen av modellerna inkluderar en representation där styrmedel eller utsläppsmål blir pådrivande för teknikutveckling.

Indirekta åtgärds kostnader tas i viss mån i beaktande i EMEC

Åtgärder för att minska utsläpp kan också föra med sig så kallade *indirekta kostnader*, det vill säga kostnader som inte dyker upp som en räkning som måste betalas i pengar, men som ändå påverkar aktörers beteende och som upplevs negativt. När ett hushåll väljer bil är det till exempel inte enbart priset och driftskostnaden som spelar roll, utan många andra aspekter (säkerhet, bekvämlighet, accelerationsförmåga, maximal körsträcka på full tank, mm). Liknande faktorer finns även för många andra energianvändande teknologier.

Kostnaden av den här sorten är mycket svåra att identifiera och värdesätta och uppskatta i termer av pengar, även om ett antal ansatser har gjorts. De finns därför sällan represen-

terade i teknikbaserade modeller, och inte i de scenarier med TIMES-Sweden som redovisas här. Av samma skäl är det också svårt att avgöra hur viktiga dessa faktorer faktiskt är. En del undersökningar av bilmarknader har dock dragit slutsatsen att faktorer som de som omnämns ovan kan förklara en stor del av varför energieffektiva bilar inte används i den omfattning som annars skulle förväntas¹¹. Även detta resultat är dock ifrågasatt av andra studier¹².

En modell som EMEC har fördelen att den inte behöver specificera dessa faktorer individuellt. Istället tas alla dessa, såväl som direkta kostnader för åtgärder, i beaktande *top down* genom uppskattningar av aktörers benägenhet att ändra sina val när priser förändras. Trögheter som observeras i dessa uppskattningar förmodas spegla den fulla *alternativkostnaden*, inklusive indirekta kostnader som är svåra att direkt observera.

Frågan om ”negativa kostnader” är omstridd, men påverkar sannolikt inte svenska modellresultat i stor utsträckning

En frågeställning som dyker upp i samband med åtgärds-kostnader är huruvida det finns åtgärder som har ”negativa kostnader”: det vill säga, som leder till minskade utsläpp av växthusgaser och samtidigt sparar pengar.

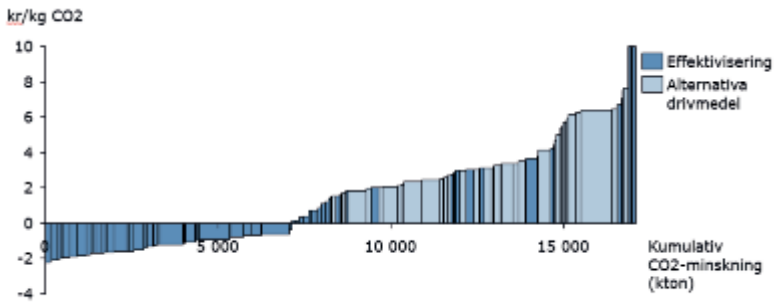
Denna möjlighet har lyfts fram framför allt inom energieffektivisering. En rad ingenjörstudier av effektiviseringsmöjligheter och -kostnader identifierar stor potential inte bara att använda energi mer effektivt med befintlig teknik, utan också att göra det på sådant sätt att de ytterligare investeringar som krävs mer än betalas av lägre framtida bränsleomkostnader. Det faktum att sådana åtgärder kan identifieras men inte genomförs kallas ofta för ett ”energieffektiviseringsgap”.

Ett exempel från Sverige är en kostnadstrappa som tagits fram av Profu för åtgärder som minskar utsläpp i transportsektorn, och som återges i Figur 11. Denna analys visar på ”negativa kostnader” för växthusgasutsläpp som motsvarar ca. 7 Mt ton koldioxid för 2030. Om den analysen stämmer, och åtgärderna kan genomföras inom tiden till 2030 och utan att andra kostnader uppstår än de som inkluderats, skulle det finnas teoretisk potential att nå svenska klimatmål till mycket låga kostnader.

¹¹ Sallee, West och Fan (2015)

¹² US Environmental Protection Agency (2010)

Figur 11 Kostnadstrappa för åtgärder inom transportsektorn som reducerar växthusgasutsläpp (år 2030)



Not: Åtgärder som kostar över 10 kr/kg CO₂ har slagits ihop. Sista "trappsteget" innehåller därför åtgärder som kostar upp till 26 kr/kg CO₂.

Källa: Copenhagen Economics baserat på underliggande data från Profu (2014).

Nationalekonomiska analyser har traditionellt varit skeptiska till att sådana möjligheter verkligen står att finna. De resonerar att om konsumenter inte väljer ett "billigare" alternativ måste det finnas skäl till detta: antingen att de teknologiska bedömningarna är för optimistiska, att åtgärderna medför indirekta kostnader som inte inkluderas i beräkningarna, eller att de inte tar i beaktande andra relevanta faktorer såsom att beslut måste fattas under osäkerhet¹³. Utöver detta finns det också skepsis till att den teoretiska potentialen, även om den vore reell, är möjlig att genomföra utan att det leder till andra välfärdsluster. Om det inte går att förlita sig på individuella val blir alternativet lätt att tvinga fram åtgärder genom regleringar, men det för i sin tur med sig risken att begränsningar medför kostnader som inte är lätta att förutse.

Det alternativa perspektivet är att det finns både institutionella och beteendevetenskapliga faktorer som stöder tesen om ett energieffektiviseringsgap. En rad "barriärer" till energieffektivisering har identifierats. En del av dessa, såsom transaktionskostnader, asymmetrisk information, agentproblem, mm, har karaktär av *marknadsmislyckanden*: det vill säga, de kan i princip leda till att individuella beslut inte speglar vad som är bra för samhället¹⁴. Andra uppstår på grund av andra regleringar som motarbetar energieffektivisering¹⁵. Beteendeekonomi har också identifierat en rad fenomen som i princip kan leda till systematisk undervärdering av energieffektivisering¹⁶. De som för fram dessa synpunkter pekar inte bara på stor energibesparingspotential, utan även på en möjlighet till produktivitetsökningar som kan gynna ekonomin. Till exempel har OECD och IEA uppskattat stora BNP-vinster om vissa energieffektiviseringsåtgärder kan genomföras¹⁷ (International Energy Agency, 2012).

¹³ Allcott och Greenstone (2012); Gillingham och Palmer (Gillingham & Palmer, 2013)

¹⁴ Jaffe, o.a. (2005)

¹⁵ Copenhagen Economics (2012)

¹⁶ Grubb, o.a. (2015)

¹⁷ International Energy Agency (2014)

Hur relevant är detta för uppskattningar av svenska klimatmål? I EMEC utesluts möjligheten att en del åtgärder utöver referensscenariet är vinstinbringande. Hushåll och företag antas redan i referensscenariot ha gjort de val som gynnar dem. Detta inkluderar investeringar som minskar energianvändande. Ändringar av dessa val medför därför automatiskt en välfärdsförlust, enligt modellen. Om ”energieffektiviseringsgapet” är reellt överskattat en modell som EMEC kostnaderna.

I TIMES-Sweden är ”negativa kostnader” teoretiskt möjliga (till exempel leder scenarier med högre oljepriser till att biobränslen blir lönsamma). I de resultat som ligger för handen är det dock inte troligt att åtgärder som är vinstinbringande är en stor bidragande faktor till de lägre kostnadsestimat som uppnås av TIMES-Sweden, särskilt som energieffektivisering inte en stor del av utsläppsminskningarna. Däremot är modeller som TIMES-Sweden öppna för samma kritik som gjorts mot studier av effektiviseringspotential, att kostnader lätt underskattas, teknikprestanda överskattas, och indirekta kostnader utesluts. Sådan kritik är dock oftast produktiv om den kan beläggas genom faktisk empiri.

Det material som finns tillgängligt medger inte en djupare undersökning av dessa frågor. Det kvarstår dock att tilltron till resultaten från framförallt energisystemmodeller i hög grad är beroende på att de underliggande parametrarna anses pålitliga. Mer allmänt är frågan om konsumenters förutsättningar att fullständigt vidta åtgärder som gynnar dem viktig för uppskattningar av vad utsläppsminskningar får för konsekvenser, men också för val och design av styrmedel.

En förståelse för jämviktseffekter ger ytterligare insikt om vilken ekonomisk påverkan som kan väntas av klimatpolitiken

Åtgärder och styrmedel för att minska klimatutsläpp påverkar ekonomin som helhet, genom så kallade *jämviktseffekter*. Dessa tar flera olika former. Kostnader av styrmedel kan spridas i ekonomin genom att förändrade kostnader som resulterar från klimatpolitiken (till exempel, en koldioxidskatt) övervältras till priser på varor – vilka i sin tur används som insatser i annan produktion, osv. Kopplingar mellan marknader kan betyda att effekter uppstår även utanför energisystemet: till exempel, om ökad användning av träråvara för biodrivmedel ökar kostnaden för att producera inte bara andra energiprodukter såsom värme och el, utan även också råvaror för pappers- och massaindustrin. Förändrade priser kan också förväntas ändra andra beslut, såsom arbetskraftsutbud, och påverka internationell konkurrenskraft. I förlängningen leder dessa och andra effekter som fortplantar sig i ekonomin till en strukturomvandling, det vill säga att vissa sektorer växer medan andra minskar i betydelse (allt inom ramen för de resurser som finns tillgängliga). Alla dessa effekter kan i sin tur påverka skatteuttag.

En förståelse för denna uppsjö av indirekta effekter kan vara mycket viktigt för att få ett korrekt beslutsunderlag. En viktig aspekt är fördelningspolitiska konsekvenser, till exempel mellan olika inkomstgrupper, eller mellan stad och landsbygd. Likaledes kan en indikation om strukturomvandling i näringslivet ge viktig information om hur klimatpolitiken påverkar andra prioriteringar och målsättningar. EMEC är särskilt utformad för att un-

dersöka just denna sorts effekter, och har förhållandevis stor detaljrikedom i representationen av antalet branscher, kategorier av hushåll, och offentlig verksamhet. Dessa effekter finns däremot inte alls med i TIMES-Sweden – men det är inte heller syftet med en energisystemmodell.

Nettoeffekten av jämviktseffekter för kostnader av klimatomål är inte given

Hur påverkar modellens olika representation av jämviktseffekter kostnadsestimaten? Det är inte så enkelt som att EMEC inkluderar ”fler” kostnader, och därför ger högre kostnader än TIMES-Sweden. Som vi diskuterade i Kapitel 2 kan möjligheter till ytterligare anpassningar genom förändrad konsumtion och produktion i själva verket medföra att dyra, tekniska lösningar kan undvikas.

Med de resultat som finns tillgängliga kan vi enbart göra enkla och rätt grova jämförelser. Till exempel är ökningen i BNP bortfall mellan scenario #5 och scenario #4 sådan att den genomsnittliga ekonomiska förlusten per kg CO₂ är runt 100 kr. Detta är tre gånger högre än det pris på koldioxid som ekonomin utsätts för, som ligger runt 35 kr per kg CO₂. I det här fallet – med extremt höga koldioxidprisnivåer – verkar det därför som att jämviktseffekterna är stora och negativa.

Det är inte överraskande att stora och negativa jämviktseffekter tillkommer vid CO₂-prisnivåer som är så stora att transportarbetet kraftigt minskar. I många industrier kan minskat transportarbete endast ske genom produktionsbortfall – annars kan varan inte nå kunden (och det i vilket fall så EMEC modellerar transporter av varor). Likaledes tyder de beteededata som EMEC bygger på, att hushåll enbart flyttar konsumtion till andra varor eller tjänster i stor volym om kostnaden för transporter blir mycket hög. BNP-bortfallet sker därefter i många olika sektorer som är beroende av varor och tjänster som påverkas av de höga CO₂-skatterna, och genom minskad konsumtion när hushållens disponibla inkomst sjunker.

I andra scenarier med lägre skattesatser är jämviktseffekterna proportionerligt mycket mindre (till exempel en faktor två på koldioxidpriset mellan scenario #3 och #4, även om detta också har väldigt höga CO₂-priser på hela 25 kr/kg). Enligt diskussion i kapitel 2 är dock dessa scenarier att betrakta som extremfall, snarare än som representativa för vilka jämviktseffekter som kan tänkas uppstå med CO₂-priser närmre nuvarande nivå.

Skatteväxling kan ha stor betydelse för nettokostnaden

Höjda CO₂-skatter leder till högre skatteintäkter, vilket i princip öppnar för sänkta skatter på andra områden. Detta kallas ofta för ”*double dividend*”: det vill säga, att styrmedel för klimatpolitik har inte bara uppnår nytta i form av minskade växthusgasutsläpp, utan även skapar förutsättningar för att sänka andra skatter och därmed minska förutvarande snedvridningar i ekonomin. Detta antas i ett flertal analyser på EU-nivå av kostnaden av klimatomål¹⁸. Det är också en del av Konjunkturinstitutets analyser. I ett utkast från 25 april 2016¹⁹ blir BNP-minskningen av att klara utsläppsmål runt 2 procentenheter högre utan skatteväxling, än med skatteväxling.

¹⁸ Se exempelvis Copenhagen Economics (2010)

¹⁹ ”En samhällsekonomisk analys av klimatomål till 2030”

Antaganden om hur skatteintäkter används visar sig ha stor betydelse för hur stora kostnaderna blir av klimatpolitiken. I vissa scenarier som analyserats med EMEC antas intäkter från koldioxidbeskattning användas för att sänka skatten på arbete, vilket minskar snedvridningar på arbetsmarknaden. I scenarier där skatteintäkter istället återbördas som en "klumpsomma" (det vill säga, utan att påverka hushålls eller företags incitament), blir däremot BNP-påverkan högre.

Det är dock tveksamt hur stora vinster som verkligen finns att tillgå från en *double dividend*. Skatter sätts med en rad olika målsättningar, och scenarier som bygger på att miljöpolitik medför stora omfördelningseffekter eller strukturella förändringar i arbetsutbud riskerar att underskatta vikten av andra målsättningar²⁰.

Sidokostnader och sidonyttor påverkar välfärdseffekterna ytterligare

En vanlig kritik av BNP är att det är ett inkomplett mått på välfärd. Välfärdseffekter utöver de som fångas upp av BNP behöver därför uppskattas på annat sätt, utanför de resultat som beräknas av EMEC eller liknande.

Ett konkret exempel är att utsläppsminskningar för med sig en rad sidoeffekter, utöver den direkta klimateffekten. Till exempel resulterar förbränning av fossila bränslen inte bara i utsläpp av koldioxid, utan även andra typer av luftföroreningar såsom svaveldioxid, kväveoxider, marknära ozon och partiklar, som bland annat påverkar människors hälsa och även har effekter på jordbruksproduktivitet. En rad studier har visat att de positiva effekterna av att minska dessa utsläpp kan vara betydande. Till exempel uppskattade en studie av EU:s klimatpolitik som helhet att värdet av bättre luftkvalitet i genomsnitt motsvarade 21 EUR för varje minskat ton utsläpp av CO₂²¹. Även andra sidonyttor kan vara betydande. En studie drog till exempel slutsatsen att sidonyttorna från energieffektivisering kan vara så stora som 19-43 procent av värdet på energibesparingar²².

Även sidokostnader kan uppstå. Ökat uttag av biomassa från skogen kan till exempel ha negativa effekter på biologisk mångfald; ökad användning av vattenkraft kan stå i konflikt med lokal vattenmiljö; fler vindkraftverk kan ses som en ovälkommen påverkan på landskapet; osv.

Sidokostnader och -nyttor finns inte med i TIMES-Sweden. Vad gäller EMEC har modellen använts för att analysera den här typen av frågor, exempelvis i Forslund, Marklund och Samakovlis (2007). I existerande modellkörningar som ligger till grund för analyser av klimatmål finns dessa sidoeffekter emellertid inte med.

Omställningskostnader kan uppstå på kort sikt

I stycket om jämviktseffekter ovan diskuterades att förändrade relativpriser på varor och tjänster i ekonomin leder till en strukturomvandling: vissa verksamheter växer, medan

²⁰ Nordiska Ministerrådet (2015)

²¹ Holland, o.a. (2011)

²² Ürge-Vorsatz, o.a. (2009)

andra krymper. En mängd trögheter betyder att sådan omvandling inte sker över en natt, utan tar tid. Exempel kan vara att arbetskraften som arbetar i en energiintensiv sektor kan behöva lära sig nya tekniker och arbetsätt för att sysselsättas i de växande sektorerna; att nya verksamheter måste skapas och växa, och med dem eventuellt också nya affärsmodeller och finansieringslösningar; att nya institutionella arrangemang och regleringar kan krävas; och att vissa förlopp kan vara beroende av samtidig utveckling av relaterad infrastruktur. Under det att resurser omfördelas kan sådana strukturomvandlingar leda till att resurser inte utnyttjas till fullo, till exempel genom (temporärt) ökad arbetslöshet eller endast gradvis omfördelning av kapital.

För att fånga denna typ av förlopp krävs en *dynamisk* modell, det vill säga en modell med en direkt representation av tidsförlopp. Som diskuterades ovan har TIMES-Sweden viss förmåga att göra detta, specifikt genom att hålla reda på vilket kapital som finns och ersätts inom energisystemet. Modellen är dock inte avsedd att fånga upp bredare ekonomiska effekter. EMEC är å sin sida en statisk modell, som modellerar ett enstaka år snarare än ett förlopp. I realiteten fångas därför omställningskostnader inte upp i något av de scenarier som diskuteras här, utan måste bedömas genom ytterligare analyser.

5 Sammanfattande slutsatser och rekommendationer

Vår övergripande slutsats är att enskilda modellresultat som nu finns tillgängliga inte medger entydiga slutsatser om vad det kostar att nå svenska klimatmål. De bör kompletteras med andra analyser och perspektiv. Vi har fem rekommendationer för detta:

1. Undvik att använda enskilda scenarier som grund till ett beslutsunderlag.

Scenarier med mycket höga kostnader (5-9 procent av BNP) bygger på mycket pessimistiska antaganden om möjligheterna att minska utsläppen från transporter. Scenarierna som visar på mycket låga kostnader (mindre än 0,5 procent av BNP) bortser å andra sidan i hög grad från trögheter och effekter i ekonomin som helhet. Det är frestande att istället dra slutsatsen att resultaten som ligger däremellan därför är mer rimliga, men det är vanskligt givet att dessa resultat också utarbetats under samma modellbegränsningar.

2. Använd modeller för viktiga kvalitativa insikter

Däremot ger modellresultaten insikt i vilka faktorer som påverkar vad som krävs, och vilka konsekvenserna kan bli med olika utveckling

- EMEC ger till exempel viktig kvalitativ insikt om vad som skulle hända om tekniska förändringar av någon anledning är svåra att genomföra, medan målet för utsläpp ändå ligger fast: resultatet skulle bli behov för mycket kraftiga styrmedel och snabbt skenande kostnader. Det går däremot inte att från modellresultaten sluta sig till att sådana styrmedel och kostnader troligen kommer att uppstå.
- TIMES-Sweden ger viktig insikt om de tekniska förutsättningarna för utsläppsminskningar, och visar att merkostnaden av koldioxidfria tekniker för att tillgodose energibehov, om de kan genomföras och kostnadsantagandena stämmer, kan bli relativt liten i förhållande till ekonomin som helhet. Däremot visar modellen inte att det är realistiskt att på 15 år få till stånd det tekniskifte som behövs, eller vilka de ytterligare konsekvenserna för ekonomin skulle bli.

3. Utför analyser som möjliggör en bedömning av modellresultat

Med hjälp av andra analyser är det möjligt att skapa måttstockar med vars hjälp modellscenarier kan utvärderas. Dessa kan röra sig om investeringstakt, marknadsandelar för ny teknik, kvalitativa analyser av barriärer till det som antas i modellscenarier, mm.

4. Utför ytterligare känslighetsanalyser för att förstå vikten av antaganden

Även om modeller har begränsningar finns det utrymme för ytterligare insikt genom att variera antaganden och utföra ytterligare känslighetsanalyser. Frågor som vi identifierar som viktiga att undersöka vidare är bl. a.:

- **Styrmedel:** Antagandet om att utsläpp minskas genom CO₂-prissättning speglar inte hur politiken nu bedrivs på transportområdet, och det är viktigt att andra, mer verklighetsnära möjligheter undersöks (som bygger vidare på de scenarier som redan finns med EMEC).

- **Referensbana:** De senaste åren har sett stora revisioner av prognoser för 2030 års utsläpp med mer än 4 MtCO₂e. Det visar att mycket ovisst hur stora ytterligare utsläppsminskningar som krävs för ett givet mål. Analyser bör därför undersöka olika referensscenarier.
- **Bränslepriser:** Merkostnaden för alternativ till fossila bränslen beror i hög grad på bränslepriser, och prognoser har förändrats avsevärt och förblir högst osäkra.
- **Teknikutveckling:** Både EMEC och TIMES-Sweden gör antaganden om kostnaden för framtida tekniker, men antaganden är alltid osäkra och bör varieras i olika scenarier.

5. Överväg andra modellansatser

Analysen kunde också kompletteras med andra modellansatser, i två huvudkategorier. För det första vore det värdefullt att modellera individuella sektorer – och framförallt kraft- och transportsektorn – i mer detalj, för att se hur resultaten ser ut i jämförelse med det som mer heltäckande ekonomiska eller tekniska modeller representerar.

Det är dock mycket viktigt att behålla möjligheten att undersöka allmänjämviktseffekter i ekonomin som helhet. Det som nu saknas är framförallt en representation som kan sätta val och anpassningar *inom* transportsektorn i relation till anpassningar (såsom ändrade konsumtionsmönster) i ekonomin som helhet. Givet vikten av transportsektorn skulle en ”hybridmodell” – det vill säga, en allmänjämviktsmodell med tydlig teknikrepresentation i kraft- och transportsektorn – ha särskilt stort värde i svenska sammanhang.

6. Komplettera beslutsunderlag med andra analyser

Slutligen betonar vi vikten av att inte förvänta för mycket av modeller. Även med nya scenarier och modellansatser kommer kompletterande analyser alltid att behövas för att förstå samhällsekonomiska konsekvenser. Områden som vore av särskilt värde för svenska klimatmål är bland annat:

- Trögheter, barriärer, och beteenden – särskilt inom transportsektorn
- Sidonyttor – faktorer som minskade luftföroreningar, eller eventuella sidokostnader, och deras relevans för svenska klimatmål till 2030
- Omställningsbanor – EMEC är en statisk modell, och säger således inte mycket om tidsaspekten på förändringar, inklusive vilka åtgärder som krävs vid vilken tidpunkt
- Omställningskostnader – kostnader som kan uppstå på kort sikt givet strukturförändringar i ekonomin
- Förutsättningar för genomföring – inklusive de nya investerings- och affärsmodeller för nya energilösningar som driver igenom förändringar

Utblick: Vad kan vi lära av Storbritannien?

Ambitiösa modelleringsansatser där resultaten är snarlika för olika modeller

Storbritannien införde en klimatlag 2008. Denna satte bindande mål för utsläpp av växthusgaser i form av "utsläppsbudgetar" för 5-årsperioder, och skapade även ramverk för redovisning, transparens, styrning, och uppföljning. En oberoende kommitté, *Committee on Climate Change, CCC*, inrättades med en rådgivande funktion. Lagen specificerade bl. a. att råden ska bygga på vetenskaplig grund och samhällsekonomisk effektivitet.

I samband med CCC:s bildande genomfördes ett antal analyser av bland annat kostnaderna för att nå olika klimatmål. Målet som undersöktes var en minskning av utsläppen med 30 procent till 2020, jämfört med 1990 års nivå. Denna tidshorisont på 12 år är således i breda drag jämförbar med de analyser som nu görs av svenska klimatmål till 2030.

Tabell A.1. sammanfattar ett urval av de analyser som CCC lät genomföra, med fokus på modellanalyser som är jämförbara med dem som behandlas i denna rapport.

Tabell A.1 Uppskattningar av kostnader för att nå klimatmål i Storbritannien (procent av BNP)

Modell	Kostnad år 2020 (30% utsläppsminskning från 1990)
CCC teknikbaserad modell	0,28%
MARKAL-MACRO energisystemmodell	0,5%
CCC allmänjämviktsmodell (HRMC)	0,25%
Cambridge Econometrics makroekonometrisk modell (MDM-E3)	0,82%
Oxford Economics dynamisk allmänjämviktsmodell (OEIM)	1-1,5%

Not: Resultaten är hämtade från en överblick av olika modelleringsansatser i Storbritannien för att uppskatta kostnaderna för att nå olika klimatmål. Överblicken har gjorts av Committee on Climate Change (CCC), en oberoende myndighet med uppdrag att agera rådgivare till den brittiska regeringen i frågor om utsläppsmål för växthusgaser. CCC:s egen analys bygger dels på en teknikbaserad modell, och dels på en allmänjämviktsmodell som utvecklets vid brittiska skattemyndigheten (Her Majesty's Revenue and Customs, HRMC).

Källa: CCC (2008), CCC (2010)

Följande är några observationer kring dessa resultat som är relevanta för att sätta svenska motsvarande analyser i sammanhang:

1. Kostnaderna är i de flesta fall långt lägre (mindre än 1 procent av BNP) än de stora kostnader som finns i en del svenska analyser

En rad olika modellansatser gemensamt kommer till slutsatsen om relativt små kostnader. Modellberäkningarna visar samhällsekonomiska effekter mellan 0,25–0,8 procent av BNP. De stiger till 1–1,5 procent av BNP om omställningskostnaderna blir större (se nedan).

Av dessa är två ansatser jämförbara med den analys som utförs med TIMES-Sweden. CCC utvecklade en sektorsvis metod med ett antal *bottom-up* studier, vilka tillsammans visade på åtgärds-kostnader ("resource costs") på 0,25 procent av BNP. Dessutom utfördes en analys med en teknikmodell "mjuklänkad" till en enkel makroekonomisk modell, MARKAL-MACRO²³. MARKAL är föregångaren till TIMES, och snarlik i sin representation av hela energisystemet. Kostnaden uppskattades till 0,5 procent av BNP. Dessa kan jämföras med de kostnader på 0,3 procent av BNP som redovisas med TIMES-Sweden i svenska scenarier.

Av detta kan vi sluta oss till att målet om en reduktion på 30 procent relativt 1990 är åtminstone i grova drag jämförbart med det svenska: *bottom-up* modeller visar på liknande merkostnader för åtgärder som uppstår i TIMES-Sweden. (År 2007 hade Storbritannien redan minskat utsläppen med 16 procent relativt 1990, men detta berodde till stor del på en engångsföreteelse i form av ett skifte från kolkraft till gaskraftverk.)

Likväl finns det viktiga skillnader. Till skillnad från svenska scenarier är energieffektivisering en mycket viktig del av flertalet sektorsstudier som CCC låtit utföra, inklusive potential för minskade utsläpp som leder till vinster ("negativa kostnader"). Detta är som vi noterar ovan omstritt, men belyser det mer generella faktum att Storbritannien börjar med mycket högre energiintensitet i bland annat byggnadsbeståndet, och mer generellt ett mer fossilberoende energisystem.

Detta leder å andra sidan till utmaningar som Sverige inte har, framförallt i kraftsektorn. Storbritannien har en till överväldigande delen fossilberoende kraftsektor, och CCC:s analys var att en snabb omställning av denna skulle vara nödvändig för att nå de mål som satts upp. Detta skapade behov av en snabb ersättningstakt (vilket är kostsamt) och högre elpriser. Modeller visar ofta stort ekonomiskt genomslag just av högre pris på el.

2. Allmänjämviktmodeller ger inte nödvändigtvis högre kostnader än teknikcentrerade modeller

En annan viktig slutsats är att allmänjämviktmodeller liknande EMEC inte nödvändigtvis visar på högre kostnader än teknikbaserade uppskattningar. Jämviktseffekter är inte alltid kostnader som uppstår "utöver" direkta åtgärds-kostnader; tvärtom kan de i viss mån ersätta dyra, tekniska lösningar som annars blir nödvändiga. CCC drog den mer allmänna slutsatsen att *bottom-up* och *top-down* estimat, åtminstone i Storbritannien, kan förväntas vara av ungefär samma storlek.

Detta är förenligt med analysen ovan att de stora skillnader mellan *bottom-up* och *top-down* som finns i svenska resultat till stor del inte bygger på olika modellstruktur, utan på olika antaganden om hur görligt det är att få till stånd ett tekniskifte i transportsektorn.

²³ Loulou, o.a. (2004)

3. Flera typer av modeller har använts, som antar olika saker om ekonomins funktionssätt

De brittiska resultaten skiljer sig också från de som finns tillgängliga för Sverige på så sätt att de bygger på fler typer av modeller, inklusive modeller som bygger på annan representation av hur ekonomin fungerar. Man har framför allt använt flera olika dynamiska modeller, det vill säga modeller som inte bara jämför olika tillstånd för ekonomin som helhet vid en viss tidpunkt, utan även förloppet över tid och de anpassningar som uppstår.

Detta har gjorts med modeller från Cambridge Econometrics respektive Oxford Economics²⁴. Båda är dynamiska modeller som på olika sätt fångar omställningskostnader av att nå klimatmål. Modellen från Oxford Economics, OEIM, är däremot en traditionell allmänjämviktsmodell, men en dynamisk sådan. Ett exempel på omställningskostnader som fångas i den här typen av modell är de som uppstår vid en strukturomvandling: fysiskt kapital måste byggas upp i växande sektorer, medan kapital i krympande sektorer blir mindre användbart, och på sikt avvecklas. I detta förlopp kan resurser förbli oanvända, vilket leder till tillfälliga omställningskostnader.

Även Cambridge Econometrics modell MDM-E3 fångar upp sådana förlopp. Utöver detta är det inte en jämviktsmodell, utan bygger på Keynesiansk nationalekonomi, där arbetslöshet är vanligt förekommande. Med dessa antaganden kan åtgärder för att nå klimatmål innebära makroekonomisk stimulans, vilket leder till lägre arbetslöshet, och därmed lägre total kostnad än vad som annars skulle varit fallet. Relevansen av sådana resultat begränsas dock av att MDM-E3 inte representerar någon egentlig arbetsmarknad, och att ytterligare investeringar därför tenderar att så gott som alltid ses som välgörande för ekonomin. De skulle också behöva kompletteras av en utvärdering av varför just klimatåtgärder vore ett bra sätt att åtgärda de antagna underliggande ekonomiska problemen.

Det är möjligt att de något högre kostnader som uppstår i MDM-E3 och OEIM (mellan 0,8-1,5 procent av BNP) jämfört med teknikcentrerade och statiska modeller uppstår på grund av just omställningskostnader, men det kan också bero på helt andra faktorer som inte kan identifieras utan en mer noggrann undersökning.

4. Detaljerade analyser av enskilda sektorer har utförts och integrerats för att bedöma förutsättningarna för utsläppsminskningar

CCC har sedan de första ekonomiska analyserna genomfördes fokuserat till stor del på att bygga upp detaljerade sektorsstudier, inom bland annat kraftsektorn, transporter, förnyelsebar energi inom byggnader, energieffektivisering av byggnader, och jordbruk. I flera fall har olika analyser sammanställts och jämförts. Avvägandet har varit att det inte är möjligt att bedöma vad som är möjligt, vilka styrmedel som krävs, eller vilka konsekvenser som uppstår, utan att först bygga en avsevärd evidensbas kring vilka förutsättningar som finns för att minska utsläppen.

Det har å andra sidan lett till att fokus på jämviktseffekter något sjunkit in i bakgrunden; få nationalekonomiska analyser har genomförts sedan ovanstående scenarier skapades 2008.

²⁴ De båda modellerna beskrivs närmare och jämförs i Pissarides (2008).

5. CCC har skapat riktmärken och kontinuerligt utvärderat om utvecklingen i olika sektorer är förenlig med klimatmål

CCC har även använt modellresultat för att skapa måttstockar på utvecklingen i olika sektorer. Till exempel har dessa visat att byggnadssektorn släpar efter det som hade förväntats i modellresultatet: barriärerna är större, eller styrmedlen otillräckliga, jämfört med de scenarier för utsläppsminskningar som tidigare analyser hade antagit.

6. Mycket av analysen har sedan fokuserat på genomförbarhet, genom analyser av barriärer och trögheter

Hand i hand med analyser av potential och kostnader för utsläppsminskningar har CCC – i samarbete med energi- och klimatdepartementet, DECC – därför också genomfört ett antal analyser av vilka trögheter och barriärer som finns till att uppnå lägre utsläpp. Till exempel finns det separata studier om hur hushållens beteende påverkar hur mycket energieffektivisering som kan realiseras, eller hur stort skifte till värmepumpar och andra lågkol-källor till uppvärmning som kan genomföras vid en viss tidpunkt. Ofta har dessa analyser legat till grund inte bara för bedömningen av hur stor utmaningen att minska utsläpp är, utan även för förslag till modifikationer av styrmedel.

Dessa analyser har kompletterat modellansatser, och även använts för att utvärdera om resultaten från olika modeller är troliga (till exempel om de bygger på en för hög eller för låg ersättnings- eller investeringstakt inom enskilda sektorer).

7. CCC har sammanfört analyser för att möjliggöra jämförelser och skapa en helhetsbild

Slutligen visar erfarenheten från Storbritannien vikten av en koordinerande roll. Uttolkning av modellresultat från olika källor och med olika metoder kräver avsevärd koordinering för att skapa jämförbara resultat. CCC har harmoniserat inte bara antaganden som BNP-tillväxt eller bränslepriser, utan även metodantaganden (till exempel principer för kostnadseffektivitetsanalys, diskonteringsräntor, mm). En mångfald av olika analyser kräver också en koordinerande roll som översätter och syntetiserar dessa till ett övergripande underlag för beslut.

Analyserade scenarier

Tabell 2 Analyserade scenarier

Nr	Scenario	Modell	År	Scenarioutsläpp 2030 (minskning)	Kostnad	Koldioxidpris (öre/kg)	Beskrivning
1	Scn EMEC 2013-1	EMEC	2013	18 Mt (16 Mt)	-7%	>3000	Scenariot beskriver en 64% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Utsläppsbanan är förenlig med regeringens prioritering inom transportsektorn (en fossiloberende fordonsflotta år 2030) som antas nås genom teknisk utveckling inom transportsektorn och en generell utveckling mot ett transportsnålt samhälle (till exempel antas en fördubbling av kollektivtrafiken till år 2030). Scenariot innehåller även mindre utsläppsminskningar för de andra delsektorerna i den icke-handlande sektorn.
2	Scn EMEC 2013-2	EMEC	2013	22 Mt (11 Mt)	-9%	>3000	Scenariot beskriver en 54% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Samma antagande om teknisk utveckling inom transportsektorn som i scenario 1 ovan, men utan effekterna av utvecklingen mot ett transportsnålt samhälle.
3	Scn EMEC 2014-1	EMEC	2014	30 Mt (3 Mt)	-1%	448	Scenariot beskriver en 30% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "Konvergens av utsläpp per capita".
4	Scn EMEC 2014-2	EMEC	2014	24 Mt (10 Mt)	-5%	2053	Scenariot beskriver en 40% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "BNP per capita".
5	Scn EMEC 2014-3	EMEC	2014	26 Mt (8 Mt)	-9%	3528	Scenariot beskriver en 45% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas gå före med ett mer ambitiöst klimatmål än vad som krävs enligt EU:s ansvarsfördelning.
6	Scn EMEC 2015-1	EMEC	2015	25 Mt (7 Mt)	-2%	1002	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, utan att påverka införandet av ny teknologi.
7	Scn EMEC 2015-2	EMEC	2015	25 Mt (7 Mt)	0%	372	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, vilket driver på införandet av ny teknologi i vägtransportsektorn utan någon extra kostnad.
8	Scn EMEC 2015-3	EMEC	2015	25 Mt (7 Mt)	-1%	252	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, vilket driver på införandet av ny teknologi i vägtransportsektorn. Kostnaden för den ytterligare effektiviseringen är precis så att

9	Scn EMEC 2016-1	EMEC	2016	20 Mt (9 Mt)	0%	380	investeringen blir lönsam givet prisbilden i scenario 2 ovan.
10	Scn EMEC 2016-2	EMEC	2016	20 Mt (9 Mt)	-1%	210	Scenariot beskriver en utsläppsbana som grundar sig på Miljömålsberedningens antaganden.
11	Scn EMEC 2016-3	EMEC	2016	20 Mt (9 Mt)	-1%	1230	Scenariot beskriver utsläppsbanan givet en fördubbling av biodrivmedelpriset.
12	Scn TIMES	TIMES-Sweden	2016	27 Mt (6 Mt)	0%	209	Scenariot beskriver utsläppsbanan givet lägre energieffektivisering för lastbilar och bussar.
							Scenariot beskriver en 50% minskning av CO ₂ -utsläpp från energisektorn till 2030 relativt 2005 (motsvarar runt 85 procent av växthusgasutsläpp). För att jämkas med resultat från EMEC har utsläpp från jordbruk och avfall lagts till.

Litteraturlista

- Allcott, H., & Greenstone, M. (2012). Is There an Energy Efficiency Gap? *Journal of Economics Perspectives*, 26(1), 3-28.
- Committee on Climate Change. (2010). *The Fourth Carbon Budget - Reducing emissions through the 2020s*. London: TSO.
- Committee on Climate Change. (2008). *Building a low-carbon economy: the UK's contribution to tackling climate change*. London: TSO.
- Copenhagen Economics. (2010). *Innovation of energy technologies: The role of taxes. Report for DG Taxation and Customs Union*.
- Copenhagen Economics. (2012). "Multiple benefits of investing in energy efficient renovation of buildings." *Report for Renovate Europe*.
- Environmental Protection Agency. (2010). *How Consumers Value Fuel Economy: A Literature Review*.
- Forslund, J., Marklund, P.-O., & Samakovlis, E. (2007). *Samhällsekonomiska värderingar av luft- och bullerrelaterade hälsoproblem – en sammanställning av underlag för konsekvensanalyser*. Konjunkturinstitutet.
- Gillingham, K., & Palmer, K. (2013). *Bridging the Energy Efficiency Gap. Insights for Policy from Economic Theory and Empirical Analysis*. Resources for the Future.
- Grubb, M. (2013). *Planetary Economics. Energy, climate change and the three domains of sustainable development*. London and New York: Routledge.
- Grubb, M., Hourcade, J.-C., & Neuhoff, K. (2015). The Three Domains structure of energy-climate transitions. *Technological Forecasting and Social Change*, 98, 290-302.
- Holland, M., Amann, M., Heyes, C., Rafaj, P., Schöpp, W., Hunt, A., & Watkiss, P. (2011). *The Reduction in Air Quality Impacts and Associated Economic Benefits of Mitigation Policy. Summary of Results from the EC RTD ClimateCost Project*.
- International Energy Agency. (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2005). A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy. *Ecological Economics*, 54(2-3), 164-174.
- Konjunkturinstitutet. (2013). *Miljö, ekonomi och politik 2013*.
- Konjunkturinstitutet. (2014). *Samhällsekonomiska konsekvenser av olika bördefördelning av ett europeiskt klimatmål*.
- Konjunkturinstitutet. (2015). *EMEC – en populärvetenskaplig beskrivning*.
- Konjunkturinstitutet. (2015). *Miljö, ekonomi och politik 2015*.
- Loulou, R., Goldstein, G., & Noble, K. (2004). *Documentation for the MARKAL Family of Models*. Energy Technology Systems Analysis Programme .
- Miljömålsberedningen. (2016). *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. SOU 2016:21*.
- Miljömålsberedningen. (2016). *Underlag för Miljömålsberedningen. "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden - Resultat från en första scenariostudie"*.
- Naturvårdsverket. (2012). *Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050*.
- Nordiska Ministerrådet. (2015). *Environmental policy analysis – Dealing with economic distortions*.

- Östblom, G., & Berg, C. (2006). *The EMEC model: Version 2.0*. Konjunkturinstitutet.
- Pissarides, C. (2008). *Assessment of macro economic transmission mechanisms of carbon constraints through the UK economy*. Committee on Climate Change.
- Profu. (2014). *Kostnadstrappa för CO₂-reduktionsåtgärder inom transportsektorn*. Regeringen. (prop. 2008/2009:162). *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat*.
- Regeringen. (SOU 2013:84). *Fossilfrihet på väg. Betänkande av Utredningen om fossilfri fordonstrafik*.
- Sallee, J. M., West, S., & Fan, W. (2015). *Do Consumers Recognize the Value of Fuel Economy? Evidence from Used Car Prices and Gasoline Price Fluctuations*. NBER.
- Ürge-Vorsatz, D., Novikova, A., & Sharmina, M. (2009). Counting good: quantifying the co-benefits of improved efficiency in buildings. *ECEEE summer study*, 185-195.



Charlotte Berg
Björn Carlén
Konjunkturinstitutet

2016-05-30
Dnr. 2016-070

En samhällsekonomisk analys av klimatmål till 2030 utifrån Miljömålsberedningens antaganden

Konjunkturinstitutet har fått i uppdrag av Miljömålsberedningens kansli att studera de samhällsekonomiska konsekvenserna av att till 2030 minska Sveriges växthusutsläpp med 54 procent jämfört med 2005 års nivå givet vissa förutsättningar som angivits av kansliet. Konjunkturinstitutet har inte haft möjlighet att rimlighetsgranska de givna förutsättningarna. Dessa förutsättningar påverkar i hög grad våra uppskattningar av klimatpolitikens kostnader. Analysen är gjord under mycket kort tid vilket begränsat möjligheten att göra en mer djupgående samhällsekonomisk analys.

Miljömålsberedningen har ställt upp följande beräkningsförutsättningar för år 2030:

- Biodrivmedelsanvändningen ökar från 14 TWh i referensscenariot till 23 TWh i klimatscenariot och består främst av drop-in-bränsle.
- 20 procent av trafikarbetet med personbilar sker med eldrift.
- Merkostnaden för eldrivna personbilar uppgår till 30-40 tusen kronor.
- Biodrivmedelspriset förändras inte nämnvärt jämfört med dagens nivå.
- En kraftig ytterligare energieffektivisering av vägtransportsektorn sker.

Miljömålsberedningens kansli har inte presenterat någon styrmedelspaket som leder till måluppfyllelse. I analyserna nedan antas att utsläppsmålet klaras genom kvotplikt för biodrivmedel samt koldioxidbeskattning.

Slutsatser i korthet

- Flera viktiga antaganden har förts in exogent i EMEC-modellen vilket innebär att många kostnader av omställningen inte finns representerade i resultaten. Den totala kostnaden för att nå klimatmålet underskattas därmed, potentiellt kraftigt.
- Miljömålsberedningens antaganden om framtida energieffektivisering för vägtransportfordon är optimistiskt. På den korta tid som stått till buds har Konjunkturinstitutet inte haft möjlighet att rimlighetsgranska detta antagande.
- När beredningen har formulerat ett färdigt policypaket kan en bättre samhällsekonomisk analys göras. Dessa modellberäkningar av de samhällsekonomiska konsekvenserna bör därför ses som en första approximation.
- Resultaten ska inte tolkas på decimalen utan ger indikationer på vad som kan vara viktigt att ta hänsyn till vid utformningen av politiken.

- Hur mycket ytterligare energieffektivisering som kan tänkas regleras fram inom EU utan att påverka svenska aktörers fordonskostnader har stor betydelse för kostnaderna av att nå det svenska klimatmålet.
- Samhällsekonomiska kostnader för dagens klimatpolitik ”göms” i referensscenariot. Analysen beskriver endast merkostnaden för ny politik.
- Analysen beskriver konsekvenserna av att nå ett klimatmål som inte når hela vägen fram till 60 procents utsläppsminskning jämfört med år 2005 (11,8 Mton relativt referensscenariot). Det mål som analyseras motsvarar år 2030 en minskning av utsläppen med 9,4 Mton relativt referensscenariot. Den ytterligare minskning som krävs för att nå en 60 procentig minskning och som antas komma till stånd via samhällsplanering analyseras inte.
- Givet ett antagande om gratis extra energieffektivisering och låga biodrivmedelpriser blir kostnaden för att minska utsläppen med 9,4 Mton CO₂ låga. Om däremot energieffektiviseringen kostar och antas vara privatekonomiskt lönsam givet referensscenariots förutsättningar beräknas klimatpolitikens kostnad år 2030 motsvara 1,3 procent av BNP jämfört med referensscenariot.
- En klimatpolitik som inte använder koldioxidskatt som styrmedel utan istället använder olika typer av regleringar kommer inte kunna sänka andra snedvridande skatter och därmed blir kostnaderna för politiken högre. Därutöver har en koldioxidskatt bättre förutsättningar att inducera kostnadseffektiva åtgärder.
- Prisutvecklingen på biodrivmedel, bensin och diesel påverkar kostnaderna för att minska utsläppen. Detta sker på två sätt. Lägre oljepris gör det relativt mer kostsamt att gå över till biodrivmedel. Samtidigt innebär det att hushållen har större konsumtionsutrymme. Med lägre oljepris måste klimatstyrningen alltså öka.
- Känslighetsanalyserna visar att den årliga kostnaden i BNP-termer år 2030 för den svenska klimatpolitiken varierar mellan 0,4 - 3,6 procent jämfört med referensscenariot. Intervallet förklaras främst av olika antaganden kring hastigheten med vilken fordonsparken energieffektiviseras samt hur biodrivmedelspriset utvecklas. Det ska även noteras att flera kostnadsposter inte finns representerade i modellen, exempelvis hur storskalig biodrivmedelsanvändning påverkar massa- och pappersindustrins konkurrenskraft. Känslighetsanalysen är inte fullständig, exempelvis visar tidigare analyser med EMEC-modellen att om energieffektiviseringsnivån förblir den samma som i referensfallet kan de samhällsekonomiska effekterna i form av BNP-tapp bli betydligt högre än ovan nämnda övre gräns.

Samhällsekonomiska analyser

För att kunna utforma en så träffsäker och kostnadseffektiv politik som möjligt är det viktigt med en mängd olika beslutsunderlag. Både underlag av teknisk karaktär men även naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga underlag. När den svenska klimatpolitiken efter 2020 nu ska utformas är det centralt att politiken minimerar de samhällsekonomiska konsekvenserna givet det klimatmål som beslutats. De ekonomiska konsekvenserna av det av beredningen föreslagna klimatmålet till 2045 har här studerats utifrån utgångspunk-

ten att även andra länder strävar efter att den globala uppvärmningen ska hållas en bra bit under två grader, med sikte på 1,5 grad. Då den efterfrågade klimatnyttan endast beror på de globala ackumulerade växthusgasutsläppen bör politiken utformas så att den är flexibel för att kunna ta hänsyn till om klimatambitioner i resten av världen inte införlivas eller kommer senare än planerat. Detta kan exempelvis avspeglas i utformningen av vägen till ett svenskt 2045-mål.

Utöver analys av kostnadseffektiviteten i politiken bör ett samhällsekonomiskt beslutsunderlag även innehålla information om effekter på strukturomvandlingen inom näringslivet och om politiken leder till oönskade fördelningseffekter. Ett sådant underlag kan hjälpa politikerna att utforma en bra omställningspolitik. En kostnadseffektiv politik som tar hänsyn till struktur- och fördelningseffekter kommer leda till att den givna klimatpolitiken lättare kan drivas igenom.

Syfte

Syftet med denna studie är att analysera de samhällsekonomiska konsekvenserna av ett givet klimatmål för år 2030. EMEC-modellen har använts för att skapa en bild av hur detta klimatmål påverkar samhällsekonomin. Till skillnad från tidigare analyser gjorda med EMEC har vi i denna studie utgått ifrån Miljömålsberedningens kanslis antaganden angående framtida energieffektivisering och mängd biodrivmedel i ekonomin. Eftersom dessa antaganden är behäftade med stor osäkerhet har vi gjort känslighetsanalyser angående några av dessa antaganden.

Det är viktigt att ha i åtanke att resultaten är betingade på många antaganden och bör tolkas med försiktighet. Många av kostnaderna som kan tänkas påverka aktörerna finns inte med i analysen. Detta diskuteras senare i rapporten.

EMEC-modellen

EMEC-modellen är en ekonomisk allmänjämviktsmodell som förutom de ekonomiska flödena, inklusive energianvändning, även beskriver utsläpp av miljöskadliga ämnen på ett sammanhållet sätt. Det är ett verktyg som fångar hur olika ekonomiska aktörer påverkar varandra och beskriver hur en prispörändring sprids genom ekonomin. Modellen modellerar den svenska ekonomin vilken består av ett stort antal marknader som är ömsesidigt beroende av varandra. EMEC-modellen beskriver hela den svenska ekonomin och inkluderar 34 näringslivsbranscher, en offentlig sektor och 44 olika varor och tjänster.

En politik eller annan förändring som vid första anblicken tycks påverka endast en marknad kan påverka utfallet på flera andra marknader. Exempelvis kan en förändring av efterfrågan på varumarknaden påverka arbetsmarknaden genom löneförändringar på lång sikt. Ekonomiska allmänjämviktsmodeller är ett verktyg för att beakta sådant ömsesidigt beroende mellan marknader och därmed ge en konsistent bild av ekonomins utveckling. Viktiga utgångspunkter i en allmän jämviktsmodell är: 1) Varor och tjänster kräver insatsvaror och insatsfaktorer för att produceras. 2) Samhällets resurser är begränsade. Det gäller bland annat mängden arbetskraft och olika former av kapital och i förekommande fall även naturresurser av olika slag. 3) Ekonomins alla aktörer finns representerade i modellen: hushåll, företag, offentlig sektor samt omvärlden. Lösningen i allmänjämvikts-

modeller uppfyller ett antal villkor vilka sammanfattas som: i) att marknaderna för insatsfaktorer, varor och tjänster karaktäriseras av att efterfrågan är lika med utbudet, ii) att investeringar är lika med sparande och iii) att utgifterna är lika med inkomsterna minus sparande.

Ekonomisk allmänjämvikt innebär inte bara att varje marknad klarerar och att produktionen inte överstiger vad antagna produktiviteter tillsammans med mängden resurser som tas i anspråk medger. Den innebär också att alla aktörer är nöjda i meningen att de, givet priser och inkomster, inte skulle vilja ändra på sina inköp och/eller sin produktion. Med andra ord, systemet går ihop volym- och värdemässigt och aktörernas beteende är i linje med de incitament som ges av marknadspriser inklusive skatt samt de restriktioner politiken anlägger. Denna typ av konsistens är viktig, särskilt vid framtidsanalyser.

Härvidlag kompletterar allmänjämviktsanalys andra analyser. I analyser med högupplösta energisystemmodeller antas ofta en given efterfrågan på energitjänster och givna priser på insatsfaktorer varvid potentiellt viktiga beroendeförhållanden mellan energisystemet och andra marknader ignoreras (exempelvis hur energipriser påverkar varu- och tjänsteefterfrågan och hur finansieringen av eventuella energisubventioner snedvrider andra delar av ekonomin). Jämfört med back-casting analyser är allmänjämviktsanalyser mer underbyggda i meningen att utfallet är konsistent med de priser och skatter som modellen anlägger samt de incitamentsstrukturer som antas.

Referensscenario

Referensscenariots utformning utgör en viktig del av en analys med EMEC-modellen. De samhällsekonomiska konsekvenserna av en policyförändring utvärderas mot referensscenariot. Det innebär att om exempelvis effekterna av ett klimatmål ska studeras är det endast merkostnaden utöver befintlig klimatpolitik som beräknas. Samhällsekonomiska kostnader för dagens klimatpolitik "göms" så att säga i referensscenariot.

EMEC:s referensscenario beskriver en utveckling av svensk ekonomi till år 2030 utan ytterligare förstärkning av klimatpolitiken. Referensscenariot är utarbetat i samarbete med Energimyndigheten och Naturvårdsverket enligt följande steg:

1. Konjunkturinstitutet tar fram ett ekonomiskt scenario med utgångspunkt från befolkningsprognos, historiska branschtrender, omvärldsbedömning och befintliga styrmedel.
2. Energimyndigheten tar fram ett energiscenario utifrån Konjunkturinstitutets ekonomiska scenario.
3. Naturvårdsverket gör ett utsläppsscenario utifrån bland annat Energimyndighetens scenario.
4. Konjunkturinstitutet justerar sitt ursprungliga scenario med information om energianvändning och utsläpp.

Ett nytt långsiktigt referensscenario tas fram ungefär vartannat år i samband med rapporteringen av växthusgasutsläpp till EU och FN. Tabell 1 beskriver utvecklingen av försörjningsbalansen i referensscenariot.

Tabell 1 Försörjningsbalans, referensscenariot.

Årlig procentuell förändring

	2011-2030
Privat konsumtion	2,4
Offentlig konsumtion	1,1
Investeringar	2,7
Export	3,6
Import	4,1
BNP	2,0

Källa: Konjunkturinstitutet (2014).

Energiefterfrågan och utsläppen av växthusgaser har justerats i omgångar under arbetet med Kontrollstation 2015 och skiljer sig därför jämfört med de siffror som presenterades i rapporterna som gjordes i arbetet till Regeringskansliet under våren 2014. Det är främst utsläppen från personbilar som justerats ner. Naturvårdsverket har även fått nya riktlinjer från UNFCCC gällande Global Warming Potential och nya emissionsfaktorer.

I referensscenariot antas efterfrågan på bensin minska kraftigt och vara 67 procent lägre år 2030 än 2011. Dieselanvändningen antas ligga på oförändrad nivå medan biodrivmedel i form av främst HVO ökar kraftigt. Sammantaget ökar biodrivmedelsanvändningen med 148 procent mellan 2011-2030. Utsläppen av växthusgaser antas enligt Naturvårdsverket minska under perioden fram till år 2030. År 2030 bedöms utsläppen av växthusgaser från den icke-handlande sektorn uppgå till 29,1 Mton CO₂-ekvivalenter. Detta innebär en minskning av utsläppen med drygt 30 procent jämfört med år 2005. En anledning till att utsläppen minskar i referensscenariot är att redan beslutad politik verkar även efter 2020 samt att oljepriset antas vara relativt högt.

Ekonomiska konsekvenser av klimatmål 2030

Det underlag som Konjunkturinstitutet fått av Miljömålsberedningens kansli beskriver alternativa utsläppsbanor för de sektorer som inte ingår i EU:s utsläppshandelsystem. Konsekvenserna av att uppnå dessa klimatmål för den icke-handlande sektorn kan jämföras med varandra eller mot referensscenariot som beskrivits ovan.

I ett scenario antas att utsläppen i den icke-handlande sektorn ska minska med 60 procent till år 2030 jämfört med 2005 års nivå. Detta scenario betecknas här FFF-scenariot¹. Tabell 2 visar utsläppen år 2030 i referensscenariot (REF) respektive FFF-scenariot. Utöver FFF-scenariot presenteras även ett alternativt klimatmålsscenario där beredningens klimatambition för 2045 uppnås genom en jämn utsläppsminskningstakt till 2045. Detta scenario kallas det linjära scenariot och har samma startpunkt år 2020 som referensscenariot.

¹ FFF - scenariot motsvarar utredningen Fossilfrihet på vägs förslag om 80 procents minskning av utsläppen i vägtrafiken mellan 2010 och 2030. Detta motsvarar 60 procents minskning av utsläppen i den icke-handlande sektorn jämfört med 2005.

Tabell 2 Utsläppsbanor för den icke-handlande sektornMton CO₂-e

	2030
REF	29,1
FFF	17,2
Linjär	22,6

Källa: Miljömålsberedningens kansli.

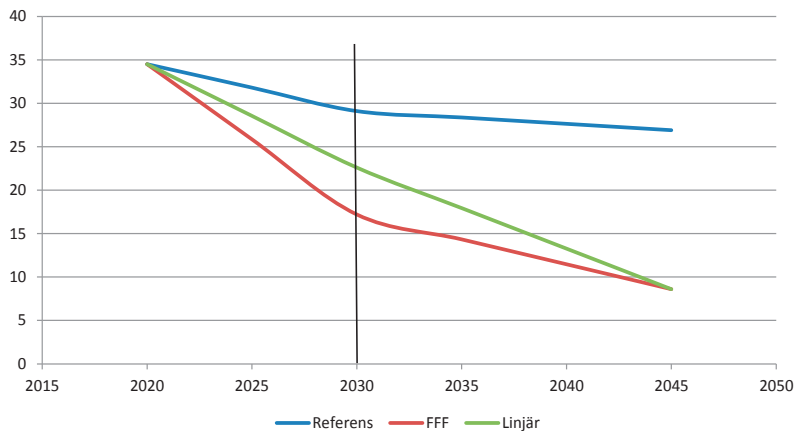
Skillnaden i utsläpp mellan referensscenariot och de olika klimatscenerierna brukar benämnas utsläppsgap. Tabell 3 anger utsläppsgapen för de olika klimatscenerierna. Analysen i denna rapport antar att hela utsläppsgapet år 2030 kommer att slutas genom minskade CO₂-utsläpp kopplade till energianvändning. Övriga växthusgasutsläpp är främst kopplade till jordbruks- och avfallssektorerna vilka inte antas förändras i klimatscenerierna jämfört med referensscenariots utsläppsnivå.

Tabell 3 Utsläppsgap i förhållande till referensscenariotMton CO₂-e

	2030
FFF	11,8
Linjär	6,4

Källa: Miljömålsberedningens kansli.

I Figur 1 blir det tydligt att FFF-scenariot är det mer ambitiösa klimatsceneriet med lägst utsläpp år 2030. Utsläppsgapet för detta scenario är 11,8 Mton CO₂-e vilket i Figur 1 ges av avståndet mellan referensscenariots kurva och FFF-scenariot år 2030.

Figur 1 UtsläppsbanorMton CO₂-e

Källor: Miljömålsberedningens kansli samt egna beräkningar.

Storleken på de svenska kumulativa utsläppen blir olika i de båda klimatscenerierna trots att samma utsläppsmål år 2045 nås. Storleken på den kumulativa utsläppsbudgeten fram till 2045 påverkar även de samhällsekonomiska kostnaderna. En högre utsläppsbudget torde innebära lägre samhällsekonomiska kostnader. Detta är speciellt viktigt att ta hänsyn till om de globala utsläppsminskningarna inte ser ut att realiseras. Det vill säga om Sverige inte får med sig resten av världen när det gäller att snabbt minska utsläppen av växthusgas till atmosfären.

SCENARIOFÖRUTSÄTTNINGAR

Den huvudsakliga utsläppsminskningen i den icke-handlande sektorn till år 2030 antas ske i vägtransportsektorn. Miljömålsberedningens kansli anger på basis av Trafikverkets analys fyra möjligheter att minska utsläppen i vägtransportsektorn. Dessa är:

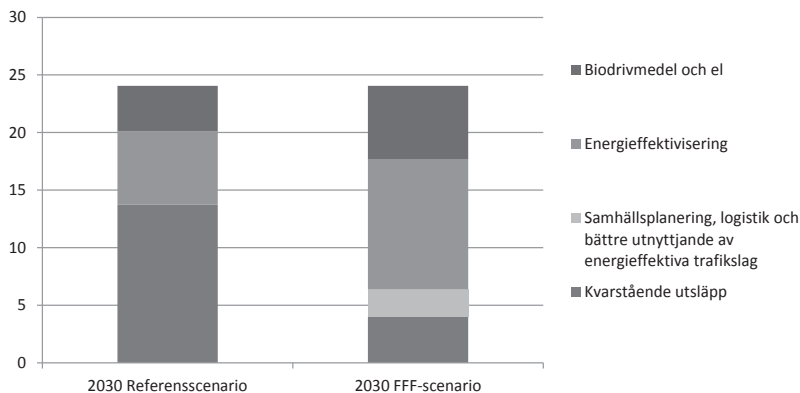
- 1) Ökad bibränsleanvändning
- 2) Ökad energieffektivisering
- 3) Ökad eldrift
- 4) Minskat transportarbete genom samhällsplanering och förbättrad logistik

Det ska noteras att det finns fler sätt att minska utsläppen. Dels kan marknads aktörer avstå från vissa transporter. Dels kan näringslivet och produktsammansättningen utvecklas i en mer utsläppsnål riktning. Vidare kan hushåll och företag välja att lokalisera sig på ett mer utsläppsnålt sätt oberoende av samhällsplaneringen.

Figur 2 visar hur utsläppen minskar i vägtransportsektorn i referensscenariot samt hur Miljömålsberedningens kansli antar att de minskar i FFF-scenariot.

Figur 2 Hur ser möjligheterna ut enligt Miljömålsberedningens kansli.

Mton CO₂-e



Källa: Miljömålsberedningen

Samhällsplanering, logistik och bättre utnyttjande av energieffektiva trafikslag.

Av Figur 2 framgår att Miljömålsberedningens kansli antar att en stor del av utsläppsminskningarna ska ske genom samhällsplanering, logistik och bättre utnyttjande av energieffektiva trafikslag.

Samhällsplanering går inte att beskriva med någon större precision i en allmän jämviktsmodell. Det handlar bland annat om att planera samhällsbyggandet på ett annat sätt än tidigare. Många av åtgärderna kan endast komma till stånd genom politiska beslut och inte genom den enskildes konsumtionsbeslut. Denna typ av åtgärder är svåra att inducera genom ekonomiska styrmedel. I denna analys har vi därför valt att inte försöka kvantifiera effekterna av en sådan samhällsplanering.

Det är dock så att många av de samhällsplaneringsåtgärder som nämns i FFF-utredningen har samhällsekonomiska konsekvenser. Exempelvis kan ytterligare effektivisering av lastbilstransporterna ske genom längre och tyngre lastbils ekipage men för att möjliggöra detta måste broar och vägar förstärkas. En sådan åtgärd kommer inte till stånd utan ett politiskt beslut som tillåter längre ekipage samtidigt som statliga medel anslås för att göra de byggnadsarbeten som krävs. Den totala samhällsekonomiska kostnaden för de politiska åtgärder som behövs för att nå klimatmålet är svåra att kvantifiera, speciellt eftersom de ännu inte är specificerade.

I denna kategori nämns även att logistikförändringar kan minska utsläppen. Det framgår dock inte om referensscenariots logistikförbättringar har tagits in i beräkningarna. I referensscenariot antas att varje bransch, inklusive den bransch som arbetar med trafiklogistik, ökar sin produktivitet med i genomsnitt cirka 2 procent per år. Om ytterligare logistikförändringar antas måste hänsyn tas till detta. Dessutom kommer effektiviseringsåtgärder att implementeras när priset på drivmedel ökar.

Ökad biobränsleanvändning i transportsektorn

EMEC-modellen i dess nuvarande utformning har inte möjlighet att modellera endogen införande av nya bränslen och tekniker. I denna analys används därför Miljömålsberedningens kanslis antaganden angående dessa parametrar. När det gäller biodrivmedel antas att användningen kommer att öka från 14 TWh biodrivmedel i referensscenariot till 20 TWh i klimatscenariot år 2030. Utöver detta antas även biobränsleanvändningen öka för arbetsmaskiner med 3 TWh. Därmed antas att biodrivmedel sammanlagt ökar med 9 TWh. Beredningen antar att när dessa biodrivmedel ersätter fossila drivmedel kommer utsläppen att minska med cirka 2,3 Mton CO₂ år 2030. Denna utsläppsminskning tar inte hänsyn till hur ökad biobränsleanvändning påverkar den svenska och den globala kolsänkan.²

Avgörande för den svenska ekonomin är hur biobränsle produceras och framförallt till vilken kostnad. Tyvärr kan vi inte modellera produktionen av biodrivmedel utan istället antas här att biodrivmedel importeras till ett givet pris. Detta innebär att modellen fångar att resurser måste tas i anspråk vid användning av biodrivmedel men det innebär också att prisantagandet blir avgörande för hur ekonomin kommer påverkas av ökningen av biodrivmedelsandelen.

Att bedöma kostnadsutvecklingen för biodrivmedel till år 2030 är mycket svårt och beror på många olika parametrar bland annat om resten av världen också ökar sin efterfrågan på biodrivmedel. Börjesson m.fl. 2015, är en av de två källorna som vi identifierat där biomassans prisutveckling analyseras på lång sikt. De studerar olika klimatscenarier för Sverige då även resten av världen har som mål att minska växthusgasutsläppen. När utsläp-

² Skogsmark lagerhåller mer koldioxid än åkermark. I den mån ökad biodrivmedelsanvändning förskjuter markanvändningen kan den således påverka den totala lagerhållningen av koldioxid.

pen globalt och i Sverige ska minska med 80 procent till år 2050 visar deras resultat på att biomassapriset ökar med 4,2 procent per år mellan 2010 – 2030. I scenariot där Sverige inför en fossiloberoende fordonsflotta till år 2030 ökar biomassapriset i stället med 4,9 procent per år mellan 2010-2030. Energimyndigheten (2014) har i sin långtidsprognos antagit att priset på biomassa under perioden 2012-2030 ökar med cirka 2 procent per år. I Energimyndighetens långtidsprognos ökar det fossila drivmedelspriset med cirka 1 procent per år mellan 2011-2030.

Konjunkturinstitutet har tolkat kansliets antaganden om biodrivmedelspriset som att det är oförändrat mellan referens- och klimatscenerierna samt att nivån motsvarar dagens fossilbränslepris inklusive energi- och koldioxidskatt. Som känslighetsanalys beräknas konsekvenserna av FFF-scenariot med ett biodrivmedelspris som i enlighet med Börjesson m.fl.(2015) fördubblas till år 2030.

Enligt de förutsättningar som Konjunkturinstitutet har fått av kansliet är det främst drop-in biobränsle som antas öka till 2030. Någon extra kostnad för den enskilde bilisten antas därmed inte uppstå eftersom samma fordon som används i referensscenariot kan köra med en ökad mängd biodrivmedel.

I alla scenarier antas att en kvotplikt för biodrivmedel införs. Detta innebär att politikerna bestämmer en förutbestämd andel biodrivmedel som måste efterföljas. Vi antar en och samma kvot för hela ekonomin. Kvoten inkluderar inte elbilar utan avser endast biodrivmedel i förhållande till de fossila alternativen bensin och diesel. Med en sådan kvotplikt behöver biodrivmedel inte subventioneras genom lägre energi- och koldioxidskatt. Därför antas i alla scenarier att biodrivmedel beskattas på samma sätt som bensin och diesel, det vill säga både med energi- och koldioxidskatt.

Elektrifiering av transportsektorn

Enligt kommunikation med Trafikverket antas ökad elektrifiering av vägtrafiken till år 2030, delvis i buss, distributionslastbilar och personbilar. I EMEC har vi justerat modellkoden så att kostnaden för personbilars elektrifiering simuleras. Kostnadsstrukturen tas från WSP(2015) men enligt kansliet antas sedan en avsevärd reduktion av kostnaden för elfordon så att år 2030 är merkostnaden för ett elfordon endast 30-40 tusen kronor. Kansliet antar även att 20 procent av körsträckan körs med eldrift år 2030.

Att modellera elektrifieringen av stadsbussar och distributionslastbilar har inte varit möjligt på denna korta tid. Genom att öka energieffektiviteten i dessa sektorer har vi försökt att replikera den minskning som Trafikverket antar är möjlig för dessa trafikslag.

Energieffektivisering i vägtransportsektorn

Den ökade eldriften som antas för personbilar, stadsbussar och distributionslastbilar ökar effektiviteten i vägtransportsektorn. Men det antas även en väsentligt högre bränsleeffektivisering gällande landsvägsbussar, lastbilar och personbilar.

När det gäller energieffektiviteten antar Miljömålsberedningens kansli samma utveckling som Trafikverket i sin analys av ett klimatmål motsvarande FFF-scenariot. Ytterligare skärpningar av EU:s avgaskrav på personbilar ger en skärpning till 70 g CO₂/km år 2025. Tabell 4 visar Trafikverkets nuvarande antaganden för att nå ett ambitiöst klimatscenario år 2030. Sammantaget kommer vägtransporterna bli 55 procent mer effektiva år 2030 jämfört med år 2011.

Tabell 4 Minskad energianvändning per utfört transportarbete

Procent

	2010-2030
Personbil (bränsleanvändning)	58
Fjärrlastbil (energianvändning)	37
Distributionslastbil (energianvändning)	60
Stadsbuss (energianvändning)	60
Landsvägsbuss (bränsleanvändning)	36

Anm. Energianvändning inkluderar eldrift.

Källa: E-mail från Håkan Johansson, Trafikverket.

SCENARIORESULTAT**Många kostnader modelleras inte**

I och med att analysen baseras på antaganden angående bland annat energieffektivisering som antas uppstå via en europeisk reglering kommer många kostnader inte att beaktas. Det är också så att modellens specifikation gör att inte alla tänkta kostnader kan fångas i dessa scenarier. Man bör därför se dessa modellberäkningar av de samhällsekonomiska konsekvenserna som en första approximation.

Sammanfattningsvis antas att:

- Energieffektiviseringen ökar markant utan kostnad för svenska aktörer. Att en reglering i form av avgaskrav inte skulle innebära några samhällsekonomiska kostnader är inte troligt. Våra körningar kan sägas avspegla ett fall då dessa kostnader tas av andra länder.
- En energieffektivare bil antas inte vara dyrare än en energikrävande bil.
- Inga kostnader för att styra om fordonsvalet. Om styrmedel införs påverkas samhällsekonomin.
- Biomassa kommer in i transportsektorn utan att påverka andra branschens kostnader för biomassa. Exempelvis massa- och pappersindustrins efterfrågan på biomassa.
- Biodrivmedel antas vara av drop-in-typ. Därför påverkas inte bilisten. Inga parallella distributionssystem krävs.
- Kostnader för elbilsutveckling ligger utanför Sverige. Kostnader för laddstolpar finns ej med i scenarioanalysen.
- Samhällsplanering är inte med i beräkningarna. En sådan kräver kostsamma politiska beslut exempelvis förstärkta broar och vägar, nya cykelbanor och förtätad bebyggelse.

En bättre samhällsekonomisk analys kan göras när beredningen har formulerat ett färdigt policypaket. En sådan analys kan men behöver inte nödvändigtvis göras med EMEC utan kan bestå av kompletterande analyser gällande exempelvis kostnader för olika samhällsplanerings projekt.

Analys med antaganden från Miljömålsberedningens kansli

Energieffektivisering i vägtransportsektorn antas i denna analys komma utan någon kostnad för Sverige. Ökningen av effektiviseringen uppnås genom att EU skärper sina avgaskrav för personbilar samt inför en liknande reglering på lastbilssidan. Analysen antar inte heller att kostnaderna för ett framtida fordon skiljer sig i avseende på kapitalinsats, det vill säga en framtida effektivare bil är inte dyrare att köpa in jämfört med en mer energikrävande bil. Detta innebär att energieffektiviteten kommer som manna från himlen och kommer att införlivas oavsett den svenska politiken. De positiva effekterna av mer energieffektiva fordon som antas genereras från EU-regleringen bör därför inte räknas som konsekvenser av den svenska politiken eftersom de uppstår oavsett svensk politik. Ökad energieffektiviseringen i vägtransportsektorn får antas påverka även andra EU-länders produktion vilket i sin tur ger förändrade världsmarknadpriser. Detta har dock inte beaktats i analysen eftersom vi inte har tillgång till en EU-modell. Dessa två antaganden gör att konsekvenserna av den svenska klimatpolitiken bör utvärderas utifrån ett scenario där effekterna av energieffektiviseringen redan har beräknats. För att synliggöra effekterna av de olika komponenterna som utgör utsläppsminskningarna görs analysen stegvis.

Steg 1. Energieffektivisering kommer gratis från EU-politiken

Steg 2. Dämpa rekyleffekten med höjd CO₂-skatt för att få ut den fulla potentialen av energieffektiviseringen.

Steg 3. Inför kvotplikt på biodrivmedel + elbilar.

Steg 4. Höjd CO₂-skatt alternativt höjd kvotplikt för att minska utsläppen i den icke-handlande sektorn med 9,4 Mton CO₂. Detta motsvarar en minskning med 54 procent jämfört med 2005 års utsläpp.

Den snabbare energieffektiviseringen innebär en kraftigt ökad produktivitet inom den svenska ekonomin. Härmed ökar BNP med 0,4 procent år 2030 jämfört med referensscenariot. Att därifrån minska utsläppen så att de blir 9,4 Mton CO₂ lägre än referensscenariot kostar i form av 0,4 procent lägre BNP år 2030, varvid nettoeffekten på BNP är nära noll (Steg 4). Koldioxidskatten måste höjas för att uppnå klimatmålet trots ökad energieffektivisering och biodrivmedelsanvändning. För att nå denna sista minskning måste koldioxidskatten höjas relativt mycket. Den ökade intäkten från koldioxidskatten medger en minskning av skatten på arbete vilket dämpar de negativa effekterna på ekonomin. Som ett komplement till de BNP-förändringar som redovisats ovan redovisar vi även ett välfärdsmått som baseras på hushållens konsumtion, fritid samt sparande. Detta mått reflekterar således hushållens konsumtionsutrymme i vid mening och beaktar även hur politiken påverkar det framtida konsumtionsutrymmet (sparandet). Däremot inkluderar måttet inte icke-marknadprissatta förändringar så som exempelvis förändringar i lokala luftföroreningar som följer av minskad trafik, bränslebyte och effektivare fordon, något vi inte har haft möjlighet att beakta i denna analys. I och med beredningens antagande att det bedrivs en globalt koordinerad klimatpolitik som när Parisavtalet ambitioner kommer klimateffekten hållas konstant över alla scenarier, varför den inte uppträder i detta välfärdsmått. I Tabell 5 är förändringen i välfärdsindexet kraftigare än BNP-förändringen vilket reflekterar det något lägre sparande som uppstår vid klimatmålsuppfyllelse vilket påverkar framtida konsumtion. Hushållen väljer även att bjuda ut mer arbetade timmar vilket minskar konsumtion av fritid. Lägre konsumtion av fritid minskar välfärden för hushållen.

Tabell 5 Resultat med beredningens förutsättningar

	Steg 1	Steg 2	Steg 3	Steg 4
	Energi- effektivisering	Steg 1 + ta bort rekyleffekten med CO ₂ -skatt	Steg 2 + Kvotplikt biodrivmedel + elbilar	Steg 3 + sluta utsläppsgapet genom höjd CO ₂ -skatt
BNP procentuell förändring jmf med ref	0,4	0,3	0,1	-0,0
BNP procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-0,1	-0,3	-0,4
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med ref	0,7	0,6	0,2	0,0
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-0,1	-0,5	-0,6
Koldioxidskatt Kr/kg CO ₂	1,1	2,4	2,4	3,8

Källa: EMEC.

Slutsatser:

- Givet att betydligt energieffektivare fordon införlivas (via en EU-reglering) utan kostnader för den individuella aktören i Sverige, att 23 TWh biodrivmedel finns i systemet år 2030 och att bibränslepriset är oförändrat jämfört med år 2011, kan Sverige minska sina utsläpp med 9,4 Mton CO₂ utan någon större omställning av ekonomin.
- Den årliga kostnaden i BNP-termer för de egna åtgärderna uppgår år 2030 till 0,4 procent av BNP.
- Antaganden förs in exogent i modellen vilket innebär att många kostnader av omställning inte finns representerade i resultaten. Den totala kostnaden för att nå klimatmålet underskattas därmed, möjligen kraftigt.

STORA OSÄKERHETER

Det finns en rad osäkerheter med ovanstående analys. Resultaten är i högsta grad beroende av antaganden om:

1. Biobränsleprisutvecklingen
2. Utvecklingen av energieffektiviteten i fordonen
3. Hur politiken bedrivs
4. Oljeprisutvecklingen

5. Kostnadsutvecklingen för olika fordonstekniker

Eftersom denna analys har gjorts på kort tid har vi inte haft möjlighet att göra en fullständig känslighetsanalys. Genom att göra några nedslag vill vi belysa hur stor osäkerhet som finns kring resultaten.

Utvecklingen av biodrivmedelspriset

Hur biodrivmedelspriset utvecklas beror på flera osäkra faktorer. Det är faktorer av mer teknisk karaktär men även av mer ekonomisk karaktär då priset påverkas även av tillgång och efterfrågan på världsmarknaden. Storskalig utvinning av drop-in bränsle från biomassa som inte härrör från restprodukter finns idag inte. I Sverige tillverkas mycket av den biodiesel som används idag från restprodukter med begränsad tillgång (exempelvis tallolja). Även om tekniken för att producera biodrivmedel utvecklas till 2030 så kan efterfrågan på biodrivmedel öka kraftigt vilket innebär att dyrare biomassa måste användas vid tillverkning av biodrivmedel och därmed påverka priset på biodrivmedlet.

För att illustrera en sådan utveckling antar vi i enlighet med Börjesson m.fl. en fördubbling av biodrivmedelspriset till år 2030 och ser vilka konsekvenser detta får för kostnaderna för att nå det tänkta utsläppsmålet, se Tabell 6. Med högre bränslepriser kommer mer resurser spenderas på transporter jämfört med tidigare scenario. Detta tränger undan annan konsumtion. De högre importpriserna påverkar ställningen mot omvärlden och hushållens konsumtionsutrymme påverkas negativt (terms-of-trade försämring). Tillsammans med det lägre sparandet blir effekten på välfärdsindexet negativt och uppvisar en nedgång med 1,3 procent jämfört med referensfallet.

Tabell 6 Fördubbling av biodrivmedelspris

	Steg 1	Steg 4
	Energi-effektivisering	Steg 1 + kvotplikt + elbilar + sluta utsläppsgapet genom höjd CO ₂ -skatt
BNP procentuell förändring jmf med ref	0,4	-0,6
BNP procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-1,0
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med ref	0,7	-1,3
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-2,0
Koldioxidskatt Kr/kg CO ₂	1,1	2,1

Källa: EMEC.

Slutsats:

- Med högre biodrivmedelspriser blir konsekvenserna av den svenska politiken större och BNP-nivån år 2030 blir 1 procent lägre än om Sverige inte bedriver någon klimatpolitik utöver vad som antas i referensscenariot. Det högre biodrivmedelspriset ökar kostnaden för det tänkta kvotpliktssystemet och innebär ett högre drivmedelspris vid pump. Koldioxidskatten behöver därmed inte höjas

lika mycket som i fallet med oförändrade biodrivmedelspriser eftersom de ökade biodrivmedelspriserna har en dämpande effekt på efterfrågan.

- Effekten på välfärdsindexet blir större än BNP-effekten. Detta förklaras bland annat av att övergången till dyrare biodrivmedel leder till ökade importpriser (försämrad terms-of-trade) som minskar hushållens konsumtionsutrymme.

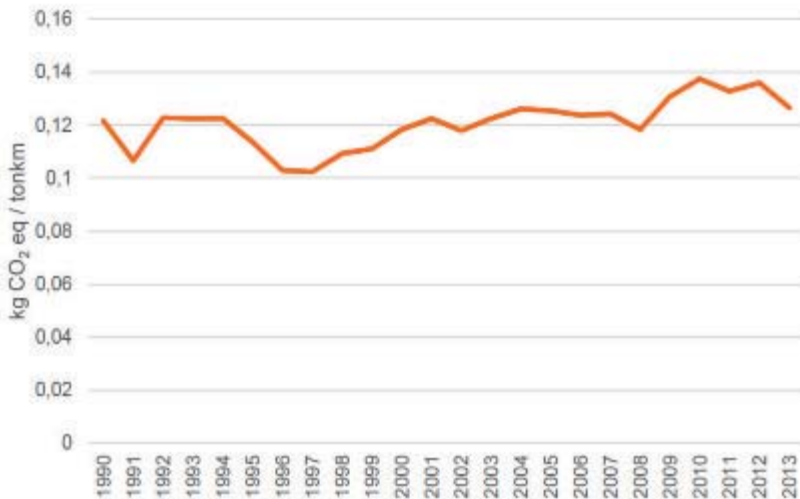
LÄGRE ENERGIEFFEKTIVISERING

För tunga lastbilar och bussar finns det i dagsläget inga EU-regler som motsvarar EU:s avgaskrav för personbilar. Miljöklassificeringen för tunga lastbilar enligt euro-klassificering inkluderar endast andra luftutsläpp, exempelvis partiklar, kolmonoxid och kväveoxider. Det är därför osäkert om ett regelverk för CO₂-utsläppen för denna typ av fordon hinner implementeras men framförallt om regelverket hinner uppnå de kraftiga effektiviseringar som på basis av Trafikverkets bedömning antas av beredningens kansli.

Trafikverkets bedömning skiljer sig även från den historiska utvecklingen. Figur 3 beskriver klimatintensiteten för tunga lastbilar sedan 1990.

Figur 3 Klimatintensitet för tunga lastbilar.

Genomsnitt för samtliga tunga lastbilar registrerade i Sverige.



Källa: Trafikanalys (2015)

Trafikanalys (2015) visar även att lätta lastbilars energieffektivitet inte har ökat sedan 1990.

För att undersöka betydelsen av energieffektiviseringsantagande studerar vi i detta scenario konsekvenserna av att nå utsläppsmålet för 2030 givet att utvecklingen på lastbilar och bussar inte går så fort som i Trafikverkets nuvarande bedömning. Vi utgår från det lägre spannet som anges i bedömningen från utredningen Fossilfrihet på väg (SOU2013:84). Tabell 7 visar känslighetsanalysens antaganden. Effektiviseringen av personbilar antas följa beredningens antaganden och ändras därmed inte jämfört med tidigare scenarier.

Tabell 7 Minskad energianvändning per utfört transportarbete (procent) för nya tunga fordon genom teknisk utveckling till 2030 jämfört med 2010

	FFF-utredningens antaganden 2030	Antaganden i scenario 3 Lägre energieffektivisering 2030
Fjärrlastbil	20-30	20
Distributionslastbil	44-60 (vid 50-100 eldrift)	40
Stadsbuss	44-60 (vid 50-100 eldrift)	40
Landsvägsbuss	20-30	20

Källor: SOU2013:84 och egna antaganden.

Med långsammare energieffektivisering blir utsläppsgapet större. Den långsammare energieffektiviseringen, 23 TWh biodrivmedel och införandet av elbilar resulterar i en utsläppsminskning som motsvarar 6,6 Mton CO₂ vilket är i närheten av den linjära utsläppsbanan som visades i Figur 1. Givet den lägre energieffektiviseringen och samma mängd biodrivmedel måste vägtransportarbetet minska ytterligare för att utsläppen ska minska ytterligare.

I modellsimuleringarna finns viss substitution mellan olika transportslag men i vissa fall är substitutionsmöjligheterna kraftigt begränsade, detta gäller främst så kallade in-house-transporter som ofta består av kortare vägtransporter. Därmed måste koldioxidskatten höjas kraftigt för att nå målet. Eftersom så kallad skatteväxling antas komma den höjda koldioxidskatten möjliggöra en sänkning av skatten på arbete, jämfört med referensscenariot vilket i sin tur leder till en omfördelning av resurser i samhället.

Tabell 8 visar resultat från scenarier med långsammare energieffektivisering än beredningens antagande. I andra kolumnen visas resultat från simuleringen då koldioxidskatten används för att nå klimatmålet om en minskning med 9,4 miljoner ton. Eftersom det endast finns möjlighet till substitution till andra transportslag men inte möjlighet att substituera till mer biobränsle (scenariot utnyttjar hela den antagna potentialen om 23 TWh) måste efterfrågan på transportarbete minska i stor utsträckning. Hushållen har störst möjlighet att minska efterfrågan på transporter medan transporter inom näringslivet är starkt kopplad till produktionen. Detta innebär att koldioxidskatten måste höjas rejält för att driva ner produktionen i transporttunga industri. Samtidigt, via skatteväxling, sänks skatten på arbete vilket gynnar arbetsintensiv produktion, främst lättare produktion och tjänsteproduktion (se Tabell 11). Vid en sådan hög skatt borde fler alternativa tekniker vara lönsamma men i detta scenario har vi låst kvantiteten biodrivmedel och effektiviseringsåtgärder.

I tredje kolumnen i Tabell 8 antas att det till samma pris som i referensscenariot finns möjlighet till mer biodrivmedel än de 23 TWh som beredningen antar. Kostnaden att nå klimatmålen blir då lägre eftersom efterfrågan på transporttjänster nu inte behöver pressas ner ytterligare när mer drop-in-bränsle till ett relativt lågt pris finns att tillgå. Om både resten av världen och Sverige ökar sin efterfrågan på biodrivmedel (drop-in) är det troligt att biodrivmedelspriset inte förblir oförändrat. Hur stor prisökningen blir är inte klarlagd men den kommer vara avgörande för resultaten.

I den sista kolumnen antas utvidgad kvotplikt givet en fördubbling av priset på biodrivmedel (jämfört med dagens nivåer). Effekten på ekonomin blir ungefär likvärdig med scenariot då koldioxidskatten används som styrmedel. I scenariot med högre kvotplikt och höga biodrivmedelspriser kommer skatteintäkterna från koldioxidskatten att minska

relativt referensfallet. Därmed måste skatten på arbete höjas för att uppnå samma statliga åtaganden som i referensscenariot vilket ger en negativ effekt på ekonomin.

Tabell 8 Resultat körning med lägre energieffektivisering

	Steg 1	Steg 4a	Steg 4b	Steg 4c
	Energi-effektivisering	Steg 1 + kvotplikt (23 TWh)+elbilar + sluta utsläppsgapet genom höjd CO ₂ -skatt	Steg 1 + kvotplikt +elbilar+ sluta utsläppsgapet genom utökad kvotplikt	Steg 1 + kvotplikt +elbilar + sluta utsläppsgapet genom utökad kvotplikt + höga biodrivmedelspriser
BNP procentuell förändring jmf med ref	0,2	-1,3	-0,3	-1,3
BNP procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-1,4	-0,5	-1,5
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med ref	0,3	-1,3	-0,5	-2,3
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-1,6	-0,8	-2,6
Koldioxidskatt kr/kg CO ₂	1,1	12,3	1,9	1,9

Källa: EMEC.

Slutsatser:

- Med långsam extra (autonom) energieffektivisering, är gapet till det föreslagna utsläppsmålet betydande även med en biodrivmedelskvot om 23 TWh. Det kvarstående gapet kan slutas genom höjning av koldioxidskatt eller utökad biodrivmedelskvot, eller en kombination av de två. Samtliga alternativ medför kostnader.
- Skattealternativet kräver en kraftig koldioxidskatthöjning för att sluta gapet, vilket får en betydande effekt på BNP-utvecklingen. År 2030 uppgår kostnaden i BNP-termer till 1,4 procent.
- Givet ett förhållandevis lågt biodrivmedelspris kan utsläppsgapet slutas genom en höjning av biodrivmedelskvoten till en förhållandevis låg kostnad. Effekten på BNP beräknas här år 2030 till -0,5 procent.
- Kostnaden för att genom ökad biodrivmedelskvot sluta gapet är dock känsligt för vilket biodrivmedelspris som antas. Med ett fördubblat biodrivmedelspris blir BNP-effekten i paritet med alternativet där gapet sluts genom högre koldioxidbeskattning.

INGEN SKATTEVÄXLING

I alla ovanstående scenarier har vi antagit så kallad grön skatteväxling. Detta innebär att intäkterna från koldioxidskatten har använts för att minska skatten på arbete (sociala avgifter). Denna så kallade revenue-recycling-effekt har i scenarierna lett till att den sammanlagda effekten på BNP blir relativt liten. En politik som i stället för koldioxidskatten använder olika typer av regleringar som inte ger skatteintäkter kommer inte medge någon sänkning av andra snedvridande skatter. I scenarierna som presenteras i Tabell 9 antas ingen skatteväxling. De ökade intäkterna från koldioxidbeskattningen återförs istället direkt till hushållen genom klumpsummetransferering. Givet statens övriga utgiftssida innebär detta att skatten på arbetskraft blir högre än i motsvarande skatteväxlingsscenario. Den större snedvridningen på arbetsmarknaden innebär en samhällsekonomisk kostnad. I fallet med lägre energieffektivisering visar resultaten att denna är betydande. Effekten på BNP av att klara utsläppsmålet utan skatteväxling blir 3,4 procent lägre än i referensfallet. Effekten av den svenska politiken blir då 3,6 procent. Arbetsutbudet faller eftersom konsumtionen blir relativt sett dyrare än fritid.

Tabell 9 Betydelsen av skatteväxling

	Beredningens antagande Skatteväxling	Beredningens antagande Utan skatteväxling	Lägre energi- effektivisering Skatteväxling	Lägre energi- effektivisering Utan skatteväxling
BNP procentuell förändring jmf med ref	-0,0	-0,6	-1,3	-3,4
BNP procentuell förändring jmf med Steg 1 = Kostnaden för svensk politik	-0,4	-1,0	-1,4	-3,6
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med ref	0,0	-0,2	-1,3	-2,1
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med Steg 1 = Kostnaden för svensk politik	-0,6	-0,8	-1,6	-2,4
Koldioxidskatt kr/kg CO ₂	3,8	3,5	12,3	10,5

Källa: EMEC.

Slutsats:

- Skatteväxling reducerar kostnaderna för att nå klimatmålet. Detta visar att det kan bli kostsamt att använda andra styrmedel än skatter, exempelvis regleringar.
- Utöver denna fördel har koldioxidbeskattning även en fördel i det att den förmår att inducera kostnadseffektiva åtgärder även när statsmakten inte känner till olika aktörers minskningskostnader.

LÄGRE OLJEPRIS I KOMBINATION MED HÖGRE BIODRIVMEDELSPRIS

Referensscenariot baseras på förhållandevis höga internationella oljepriser. Enligt IEA kommer oljepriset att sjunka om världens länder ökar sina klimatambitioner så att växthusgaserna i atmosfären år 2050 högst uppnår 450 ppm. I dessa scenarier följer vi IEA:s antagande att oljepriset blir lägre om hela världen strävar efter 450 ppm i atmosfären. Då

blir oljepriset cirka 27 procent lägre än i referensfallet år 2030 (97\$/fat jämfört med 133 \$/fat).

Precis som för energieffektiviseringen antas priset på olja vara oberoende av den svenska politiken och därför bör effekten av energieffektivisering och oljeprissänkning inte inkluderas i den svenska politikens effekter utan istället ses som en del av referensscenariot. Övriga priser på varor och tjänster har inte heller justerats vilket borde ske eftersom hela världen skulle ta del av det lägre oljepriset. Fokus bör därför vara på skillnaden mellan steg 1 och steg 4 som ger effekten av den svenska politiken. Tabell 10 presenterar resultat från scenarier med lägre oljepris i klimatscenariot, med och utan skatteväxling samt med förändrade biodrivmedelspriser.

Tabell 10 Resultat körning med lägre oljepris

	Steg 1	Steg 4a	Steg 4b	Steg 4c
	Energi-effektivisering + lägre oljepris	Steg 1 + Kvotplikt + elbilar + skatteväxling + oförändrade biodrivmedelspriser + sluta utsläppsgapet genom höjd CO ₂ -skatt	Steg 1 + Kvotplikt + elbilar + ej skatteväxling + oförändrade biodrivmedelspriser + sluta utsläppsgapet genom höjd CO ₂ -skatt	Steg 1 + Kvotplikt + elbilar + skatteväxling + fördubblad biodrivmedelspriser + sluta utsläppsgapet genom höjd CO ₂ -skatt
BNP procentuell förändring jmf med ref	0,5	0,0	-0,6	-0,6
BNP procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-0,5	-1,1	-1,1
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med ref	1,2	0,4	0,1	-0,9
Välfärdsindex procentuell förändring jmf med Steg1 = Kostnaden för svensk politik		-0,8	-1,1	-2,1
Koldioxidskatt kr/kg CO ₂	1,1	4,3	4,0	2,8

Källa: EMEC.

Slutsatser:

- Lägre oljepris leder till ökad ekonomisk aktivitet och högre välfärd givet oförändrade världsmarknadspriser. Det kvarstående utsläppsgapet efter kvotplikt och elbilar är nu större än tidigare scenarier (med högre oljepris). Så för att sluta gapet

krävs en högre koldioxidskatt. Den svenska politikens kostnader av att nå klimatmålet ökar jämfört med om oljepriset inte skulle sjunka.

- Även här är skatteväxlingspolitik viktig för att hålla konsekvenserna för ekonomin så låga som möjligt.

OM ENERGIEFFEKTIVISERING MEDFÖR HÖGRE FORDONSKOSTNAD

Ett avgörande antagande för resultaten ovan är att ökad energieffektivisering inte medför någon ökning av fordonskostnaden. Tyvärr har vi ingen information om hur energieffektiviseringen för exempelvis lastbilar kan antas påverka inköpskostnaden för lastbilen. Hur mycket dyrare är en effektiv lastbil jämfört med en ineffektiv? I detta scenario studerar vi hur kostnaden i termer av BNP påverkas av att det finns en kostnad för energieffektiviseringen av fordon i näringslivet som är åtminstone lika stor som den förväntade vinsten av energieffektiviseringen.

Kostnaden av att införa en minskning av koldioxidutsläppen med 9,4 Mton jämfört med referensscenariot blir då högre i form av negativ effekt på BNP. Med beredningens antaganden om energieffektivisering, biobränsle och elbilar blir BNP 1,3 procent lägre år 2030 jämfört med referensscenariot. Koldioxidskatten behöver endast öka till 2,7 kr/kg CO₂ för att nå -9,4 Mton CO₂.

Slutsats:

- Ökade fordonskostnader för näringslivet vid energieffektivisering har stor betydelse för BNP-kostnaderna av att uppnå ett klimatmål.

STRUKTUROMVANDLING

I alla de studerade scenarierna påverkas näringslivets struktur genom en omställning mot relativt mer produktion av tjänster än av varor. Den tunga industrin påverkas mest av klimatpolitiken speciellt i scenarierna då energieffektiviseringen inte antas bli så stor som kansliet antar. I scenarierna med skatteväxling kommer den lägre skatten på arbete gynna tjänsteproduktionen och den sammanlagda produktionen blir oförändrad. När skatteväxling inte antas blir effekten negativ relativt referensscenariot även för tjänsteproduktionen.

Att industrin påverkas mer än tjänstenäringarna är en konsekvens av att tjänstenäringarna inte i lika stor utsträckning påverkas av ökade transporttjänster. Tjänstenäringarna gynnas också i högre grad av skatteväxling eftersom denna politik minskar skatt på arbete.

Tabell 11 Förädlingsvärde

Procentuell förändring jämfört med referensscenariot, år 2030

	Skatteväxling, beredningens antaganden	Skatteväxling, lägre energi- effektivitet	Ingen skatteväxling lägre energi- effektivitet
Jord, skog och fiske	-0,9	-5,5	-7,2
Gruvnäring	-2,7	-11,0	-12,9
Livsmedel, kläder, tobak och träindustri	-0,9	-5,2	-7,1
Mineralindustri	-2,3	-7,1	-9,1
Massa- och pappersindustri	-1,7	-9,0	-11,9
Kemiindustri	0,1	0,3	0,1
Raffinaderier*	-7,4	-8,1	-8,4
Järn, stål och metallverk	-3,1	-7,5	-9,8
Verkstadsindustri	-0,3	-2,3	-4,8
El-, gas- och värmeverk samt VA	0,2	-1,2	-3,1
Bygg	-0,1	-1,9	-4,5
Landtransporter	-0,6	-4,2	-6,2
Sjöfart och flyg	-2,7	-4,9	-6,9
Tjänster	0,0	0,0	-2,2

Anm. *Raffinaderier inkluderar ej produktion av biodrivmedel.

Källa: EMEC.

Slutsatser:

- Oavsett graden av energieffektivisering, om skatteväxling används eller inte, bedöms klimatpolitiken påverka struktumvandlingen.
- En del av effekterna kommer via ändrade priser, exempelvis elpris och löner.
- Alla branscher vinner på skatteväxling. Vissa vinner dock mer än andra.
- Industrin påverkas mer än tjänstenäringen vid införande av ett klimatmål.
- Tjänstenäringen gynnas både på relativt låg transportintensitet och relativt hög arbetsintensitet.

Jämförelse med tidigare analyser

I de flesta av Konjunkturinstitutets tidigare analyser med EMEC har det inte antagits någon specifik ytterligare energieffektivisering utöver referensscenariot. Istället har analysen kompletterats med en känslighetsanalys där energieffektiviseringen gradvis höjts och presenterats i en figur där sambandet mellan energieffektivisering och koldioxidskatt visats. I scenarierna har vi inte heller ökat mängden biodrivmedel utöver vad som antas i referensscenariot. Det går därför inte att rakt av jämföra resultaten från denna studie med resultaten från tidigare studier. De tidigare studierna indikerar emellertid att kostnaderna för att nå givna utsläppsmål kan bli höga om teknikutvecklingen går långsamt.

I Miljö, politik och ekonomi 2015 görs dock ett scenario där en specifik utveckling av energieffektiviseringen studeras, det vill säga energieffektiviseringen antas öka utöver det som antas i referensscenariot. En fiktiv kostnad införs när energieffektiviseringen implementeras i ekonomin. Investeringskostnaderna ökar precis så mycket som den förväntade vinsten av energieffektiviseringen. En sådan kostnad ökar klimatpolitikens kostnader. Mer produktivt kapital måste i dessa scenarier användas till att skapa transporttjänster

vilket påverkar samhällsekonomin i större grad eftersom dessa resurser nu inte kan användas till att producera andra varor och tjänster.

Referenser

- Börjesson M., D. Athanassiadis, R. Lundmark och E. Ahlgren (2015), Bioenergy futures in Sweden – system effects of CO2 reduction and fossil fuel phase-out policies. *Bioenergy*, Vol 7 (5), sid. 909–1184.
- IEA (2012), Technology Roadmap, Fuel Economy of Road Vehicles.
- Konjunkturinstitutet (2014), Samhällsekonomiska scenarier till Energimyndighetens arbete med kontrollstation 2015, Dnr 6.1-32-2014.
- Konjunkturinstitutet (2015), Miljö, ekonomi och politik.
- WSP (2015), Kostnadseffektiv styrmedelsanvändning – en analys av olika vägar för att minska transporternas klimatpåverkan. Rapport 2015-10-30.
- SOU 2013:84 Fossilfrihet på väg. Del 1.
- Trafikanalys (2015), Lastbilers klimateffektivitet och utsläpp, Rapport 2015:12.

Klimatmålsanalys med TIMES-Sweden (del II): Övergripande klimatmål 2045 i kombination med sektormål 2030

Syftet med scenariostudien är att analysera konsekvenser för det svenska energisystemet av att införa ett utsläppsmål för sektorer som ej omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS). Med fokus på att Sverige når ett övergripande utsläppsmål om 85 % reduktion av växthusgaser år 2045, samt förutsatt att EU har motsvarande klimatpolitik.

För analysen har TIMES-Sweden använts, en energisystemmodell som omfattar hela det svenska energisystemet inklusive transportsektorn. Modellen omfattar endast CO₂-utsläpp, och bara utsläpp från "bränslen/produkter" som återfinns i energistatistiken (det vill säga även inklusive kol som används som reduktionsmedel i industriprocessen men exklusive utsläpp från material inom cementindustrin). Utifrån ett resonemang att det är svårt att minska flera av de övriga växthusgaserna (t ex från jordbrukssektorn), så antas 85% reduktion av nationella utsläpp av växthusgaser motsvara 100% reduktion av CO₂ från utsläppskällor representerade i modellen.

I en scenariostudie analyserades konsekvensen av flera olika referensscenarier, av olika övergripande utsläppsmål, samt av olika utsläppsmål endast för sektorer som inte omfattas av EU ETS¹. Nedan redovisas endast resultat från den andra scenariostudien där fokus ligger på att analysera olika sektormål för 2030 förutsatt ett nationellt utsläppsmål om 85 % år 2045.

1 Centrala antaganden i TIMES-Sweden-modellen

TIMES-Sweden är en energisystemmodell som omfattar hela det svenska energisystemet, från primärenergi till olika typer av energirelaterade varor och -tjänster, med en detaljerad beskrivning av både tillförsel- och användarsektorer. Modellen bygger på den så kallade TIMES modellgeneratoren utvecklad inom IEA-ETSAP (www.iea-etsap.org). TIMES står för "The Integrated MARKAL-EFOM System" och finns dokumenterad av Loulou m fl (2005a, 2005b). Hur TIMES-modellen hanterar ekonomin finns väl beskrivet i kapitel 3 i Loulou m fl (2005a). TIMES-Sverige delar till stor del modellstruktur med JRC-EU-TIMES-modellen (Simoes m fl, 2013), modellerna har utvecklats inom samma EU-projekt (NEEDS och RES2020). Därefter har modellen utvecklats för att än bättre spegla svenska förhållanden, se Krook-Riekkola (2015). TIMES-Sweden har tidigare använts för att studera sideeffekter på luftföroreningar av olika klimatmål, se Krook-Riekkola m fl (2011).

¹ Se PM Klimatmål med Times-Sweden del I.

Exempel på antaganden av betydelse för denna studie:

- En socioekonomisk diskonteringsränta på 3,5 % i linje med SIKA (2014).
- Biomassapotentialer anpassade enligt Pål Börjesson (2015), definitionerna på olika biomassa-kategorier skiljer sig dock delvis åt. Dessa antaganden är:
 - o 40 respektive 60 TWh mer biomassa från skog år 2030 och 2050 jämfört med idag.
 - o 18 respektive 20 TWh mer biomassa från energiskog och energigrödor år 2030 respektive år 2050 jämfört med idag.
- Begränsad import av biomassa (linjärt minskande från dagens nivå till ingen import år 2050).
- Olika typer av biodrivmedelsproduktion finns representerade i modellen, inklusive kombinationer med elproduktion. Från produktion överflödigt värme antas kunna användas som fjärrvärme.
- Minst 5 % av den årliga elkraftproduktionen måste komma från mellanstor eller stor termisk kraftproduktion.
- För så kallade derived gases (masugngaser från järn- och stålindustrin etc.) gäller att EU ETS priset betalas vid ursprungskällan (även om den ej facklas) och vid förbränning för att generera el och/eller värme, men den antas inte i modellen ha ytterligare CO₂ utsläpp vid förbränning för att generera el och/eller värme (CO₂-utsläppen räknas vid ursprungskällan).
- CCS antas finnas tillgängligt från år 2040.

Antaganden som skiljer sig från första omgångens modellkörningar:

- Användningen av bio-CCS för att reducera CO₂-utsläppen är begränsad till 6,5 Mt CO₂.²
- Uppdaterad transportefterfrågan och genomgång av transporttekniker. Persontransporter antas öka med 10% mellan 2010 och 2030, och med 20% mellan 2010 och 2050. Gods-transporter antas öka med 30% mellan 2010 och 2030, och med 50% mellan 2010 och 2050.
- Inga restriktioner i hur stor andel elfordon som kan introduceras (elfordon finns som alternativ för bilar och stadsbussar).

Vidare så finns det i modellen ett antagande om att transportererna effektiviseras över tid, både genom teknikeffektivisering och genom högre person- respektive godståthet. Personbilar förväntas ha en större teknikutveckling jämfört med godstransporter, då det idag finns befintliga EU -styrmedel som styr mot en mer effektiv fordonspark för personbilar, vilket saknas för lastbilar.

1.1 Styrmedel

Dagens skattesatser antas kvarstå under hela den modellerade tidsperioden. Med undantag för biodrivmedel som idag inte har någon skatt, men som i modellen antas omfattas av full energiskatt från 2020, men ingen CO₂-skatt. El för privata transporter antas i modellen beskattas på samma sätt som hushållsel.

Den antagna prisutvecklingen i EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) i referensscenariot (REF) baseras på körningar med PRIMES-modellen under hösten 2015 (PRIMES, 2015). Då det ännu inte finns några motsvarande priser för klimatscenarier där utsläppen minskar

² Vilket i modellen motsvarar 15 procent av reduktionsåtagandet vid en 100% reduktion av CO₂ utsläppen .

kraftigt mot 2050 (KLIM) har vi valt att använda EU ETS-priser i nivå med klimatscenariot enligt rapporten "Trends to 2050 – reference scenario 2013" (European Commission, 2013). Det är värt att påpeka att det även i referensscenariot finns antaganden om successivt skärpta klimatkrav i och med att taket i handelssystemet antas sjunka enligt den beslutande linjära faktorn. Vi har därför i ett alternativt referensscenariot (REF-låg nivå) i första scenariostudien antagit betydligt lägre europeiska klimatåtaganden där EU ETS priset/åtagandet inte antas att öka efter 2025. De antagna EU ETS priserna finns redovisade i tabell 1.

I denna scenariostudie så har vi valt att använda priser enligt KLIM, då fokus är att analysera olika sektormål under förutsättning att det finns ett övergripande nationellt utsläppsmål för Sverige samt att EU har motsvarande utsläppsmål.

Tabell 1 Antagna EU ETS priser (EUR₂₀₀₅/ton)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
(REF-låg nivå)	5,3	8,6	17,3	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
REF	5,3	8,6	17,3	23,0	30,5	42,1	70,9	96,8	100,3
KLIM	5,3	8,6	17,3	23,0	34,9	72,8	145,3	246,0	264,7

1.2 Bränslepriser

De flesta priser på energibärare beräknas endogent i modellen, d.v.s. de beräknas av modellen. Ett undantag är fossila bränslepriser. Den europeiska kommissionens modelleringar med modellverktyget PRIMES under 2015 användes från början som den primära källan till antaganden om fossilbränsleprisernas utveckling. Då modellkörningarna som ligger till grund för priserna i PRIMES genomfördes före den senaste prisnedgången på fossila bränslen, så är PRIMES-prisutveckling för olja och gas att betrakta som hög utifrån dagens bedömningar. Höga oljepriser innebär att biodrivmedel blir lönsamma i modellen redan i referensscenariot utan extra styrmedelsskärpningar. Vi har av den anledningen valt att istället använda källor av senare datum för prognosen för hur priserna på fossila bränslen kan utvecklas. Använda priser finns beskrivna i tabell 2a-b.

Tabell 2a Fossila importpriser (EUR₂₀₀₅/GJ)

	2010	2015	2020	2030	2040	2050	Source
Råolja	10,1*	7,2	10,2	10,4	10,4	10,4	IEA (2015)
Naturgas	6,4*	6,4	6,7	6,9	6,9	6,9	STATISTA (2015)
Kol	2,7*	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	EEA (2014) men antas vara konstanta from 2020

Tabell 2b Fossila importpriser (andra enheter)

	2010	2015	2020	2030	2040	2050	Enhet	Source
Råolja	59,9*	42,7	60,2	61,4	61,4	61,3	(€2010/boe)	IEA (2015)
Naturgas	37,8*	6,2	6,5	6,7	6,7	6,7	(€2010/BTU)	STATISTA (2015)
Kol	16,0*	12,6	13,4	13,6	13,6	13,6	(€2010/boe)	EEA (2014) men antas vara konstanta from 2020

* Global Energy Outlook, IEA (2012)

1.3 Transportsektorn

Från den första scenariostudien med TIMES-Sweden så har transportefterfrågan uppdaterats. Det har även gjorts en genomgång av de teknoekonomiska antagandena för respektive fordonstyp. Vidare finns det i denna omgång inga restriktioner i hur stor introduktionen av elfordon kan bli.

1.3.1 Transportefterfrågan

Persontransporter antas öka med 10% mellan 2010 och 2030, och med 20% mellan 2010 och 2050. Godstransporter antas öka med 30% mellan 2010 och 2030, och med 50% mellan 2010 och 2050.

Alla scenarier har även modellerats med en lägre transportefterfrågan. Mer specifikt så jämförs två olika scenarier för hur transportefterfrågan utvecklas, ett med ursprunglig efterfrågeutveckling och ett scenario där efterfrågan antas vara konstant från år 2020. Att efterfrågan inte skulle öka efter år 2020 är givetvis inte realistiskt, snarare skulle ett scenario med minskad biltrafik t.ex. kunna leda till en ökad andel bussar. Syftet med denna känslighetsanalys är enbart att identifiera den övergripande effekten av en betydligt lägre efterfrågan på vägtransporter.

1.3.2 Teknoekonomiska transportantaganden

Det finns i modellen ett antagande om att transport blir mer effektiva, både genom teknik-effektivisering och genom högre person- respektive godsbeläggingsgrad/lastfaktor. Personbilar förväntas ha en snabbare teknikutveckling än godstransporter, då det idag finns befintliga EU styrmedel som styr mot en mer effektiv fordonspark för personbilar, vilket saknas för lastbilar.

I modellen antas följande investeringskostnader för personbilar som drivs med alternativa drivmedel år 2025/2030:

- En etanolbil antas kosta 5 % mer jämfört med en bensinbil,
- Ett fordon anpassat för DME antas kosta 3% mer jämfört med motsvarande bil med diesel.
- En elbil antas vara 20 % dyrare jämfört med en bensinbil.

1.3.3 "Drop-in" bränslen

I modellen finns låginblandning av etanol i bensin, samt DME och biodiesel i diesel. Denna antas vara 10 % år 2020 och 20 % år 2050.

Vi har i dagsläget valt att inte explicit modellera drop-in bränslen, då osäkerheten i kostnader är alldeles för stora i kombination med att det från ett resursallokeringsperspektiv inte förändrar resultatet i stort (både drop-in och "rena" biodrivmedel använder biomassa). Här behövs vidare utredning för att identifiera framtida teknoekonomiska parametrar. Vidare så beskriver modellen en "resursoptimal" framtid, och inte hur aktörer agerar. Modellens styrka är således att identifiera hur begränsade resurser kan allokeras till lägsta kostnad sett ur hela energisystemet. TIMES-Sweden kan sedan användas för djupanalys i en renodlad sektoranalys. En sektoranalys som identifierar hur själva övergången från en fossil fordonsflotta till en fossilfri fordonsflotta från ett aktörsperspektiv. I sådana analyser har drop-in bränslen av Energimyndigheten identifierats som en tillfällig bryggteknik till en fossilfri fordonsflotta.³

³ Energimyndigheten har t ex identifierat att biodrivmedel som kan användas i befintliga fordon (drop-in) är prioriterade på kort sikt, medan det på längre sikt – av energi- och resursskäl – är mer intressant med etanol

2 Scenarier

Det primära syftet med den aktuella modelleringen har varit att analysera olika etappmål 2030 för sektorer som ej omfattas av EU ETS, under förutsättning att Sverige samtidigt har ett övergripande klimatmål om 85 % minskning av växthusgaser år 2045. Det senare motsvarar för energisektorn representerad i TIMES-Sweden en fullständig utfasning av utsläpp av koldioxid till år 2045. Som grund för analysen har sex olika scenarier tagits fram; ett scenario utan några klimatmål, ett scenario utan sektormål men med det övergripande klimatmålet för år 2045 och fyra olika scenarier med sektormål och övergripande klimatmål. Det övergripande klimatmålet antas ha en linjär minskning av CO₂ utsläpp från 40 % till 100 % mellan år 2030 och 2050, medan sektormålet är detsamma mellan 2030 och 2050. Vidare antas det i modellen att det inte går att kompensera inhemska utsläpp med utsläppsreduktioner utomlands för att nå klimatmålen år 2050, då hela världen antas ha reduktionsmål i linje med de svenska målen.

Respektive scenario finns beskrivet i Tabell 3. I tabellen finns även scenarier från den första modellkörningen redovisade, för att sätta körningarna i perspektiv. I tillägg har ett antal känslighetsanalyser utförts, av vilka två har setts som speciellt betydande och därför inkluderats som del av resultatredovisningen nedan. i) Transportefterfrågan: Då transportanvändningen står för en stor del av CO₂-utsläppen, så har samtliga sex scenarier beskrivna ovan även körts med antaganden om en lägre transportefterfrågan⁴, jämfört med basscenarierna. ii) Fossila priser: För att se hur resultatet påverkas under olika antagande om framtida fossila priser. Exempel på andra analyser; snabbare kostnads- och teknikutveckling av elbilar, lägre tillgång på biomassa, variation med olika CCS tekniker.

Tabell 3: Beskrivning av respektive scenarier. EU ETS refererar till olika antagande för prisutveckling för EU ETS (från Tabell 2). Alla klimatmål är CO₂-reduktion från år 2005.

	CO ₂ -pris		KLIMATMÅL	
	EU ETS pris	CO ₂ -skatter	2030	2045
Referens	REF	Dagens		
Klimat	KLIM	Dagens		
Ref-LowEUETS	REF-låg nivå	Dagens		
Klimat-NETS40	KLIM	Dagens	NETS: -40%	NETS: -40%
Klimat-NETS50			NETS: -50%	NETS: -50%
Klimat-NETS60			NETS: -60%	NETS: -60%
Klimat-NETS70			NETS: -70%	NETS: -70%

DEL 1b: Scenarier med mål för alla sektorer (NETS+ETS), CO₂ skatten höjs från 2020 i NETS i nivå med skuggpriset för att nå 50% reduktion i NETS år 2030 (scenario "Klimat-NETS50").

och drivmedel via förgasning (metan, metanol, DME).

<http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2015/stor-satsning-pa-billigare-och-effektiva-biodrivmedel/>

⁴ Mer specifikt så jämförs två olika scenarier för hur transportefterfrågan utvecklas, en med ursprunglig efterfrågeutveckling och ett scenario där efterfrågan antas vara konstant från år 2020. Att efterfrågan inte skulle öka efter år 2020 är givetvis inte realistiskt, snarare skulle ett scenario med minskad biltrafik exempelvis kunna leda till en ökad andel bussar. Syftet med denna känslighetsanalys är enbart att identifiera den övergripande effekten av en betydligt lägre efterfrågan på vägtransporter.

	CO ₂ -pris		KLIMATMÅL	
	EU ETS pris	CO ₂ -skatter	2030	2045
Klimat-CAP60	KLIM	< 2030: Dagens >2030 Skatt enl. skuggpris i Klimat-NETS50	NETS+ETS <= Tot Emissioner i scenario Klimat- NETS50	NETS+ETS <= -60%
Klimat-CAP80				NETS+ETS <= -80%
Klimat-CAP100				NETS+ETS <= -100%
Klimat-CAP110				NETS+ETS <= -110%
DEL 2: Övergripande klimatmål för Sverige i linje med 85% reduktionsmål år 2045 (=100% reduktionsmål för "energisektorn"). Scenarier med sektormål för icke-handlande sektorer (NETS).				
	CO ₂ -pris		KLIMATMÅL	
	EU ETS pris	CO ₂ -skatter	2030	2045
Klimat	KLIM	Dagens	-	-
Klimatmål (KM)	KLIM	Dagens	NETS+ETS <=-40%	NETS+ETS <= -100%
KM+NETS40			NETS+ETS <=-40% & NETS: -40%	NETS+ETS <=-100% & NETS: -40%
KM+NETS50			NETS+ETS <=-40% & NETS: -50%	NETS+ETS <=-100% & NETS: -50%
KM+NETS60			NETS+ETS <=-40% & NETS: -60%	NETS+ETS <=-100% & NETS: -60%
KM+NETS70			NETS+ETS <=-40% & NETS: -70%	NETS+ETS <=-100% & NETS: -70%

3 Resultat från scenariomodelleringar med TIMES-Sweden

Övergripande klimatmål för Sverige i linje med 85% reduktionsmål år 2045 (=100% reduktionsmål för "energisektorn"). Scenarier med sektormål för icke-handlande sektorer (NETS).

Här jämförs sex olika scenarier: Klimat, Klimatmål (KM), KM+NETS40, KM+NETS50, KM+NETS60 och KM+NETS70. Klimatmålet (KM) innebär ett övergripande nationellt mål om 85% reduktionsmål år 2045, vilket innebär en fullständig utfasning av koldioxidutsläppen i energisektorn. NETSXX är olika sektormål för icke-handlande sektorer från år 2030: 40 %, 50 %, 60 % respektive 70 % reduktionsmål. Med handlande respektive icke-handlande sektorer avses sektorer som ingår, respektive inte ingår, i EU ETS. Utsläppsminskningarna som Miljömålsberedningen framförallt har beaktat motsvarar scenarierna Klimatmål (KM) och KM+NETS50.⁵

⁵ Utsläppsminskningen utöver referensscenariot (KLIM) är i scenario KM 5,5 Mton koldioxid, samt i scenario KM+NETS50 9,9 Mton koldioxid.

3.1 Koldioxid (CO₂)

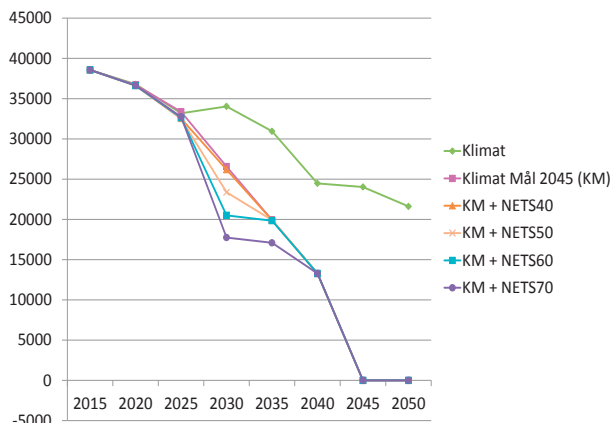
De presenterade CO₂-utsläppen inkluderar bara CO₂-utsläpp och bara från "bränslen" som kan härledas från energistatistiken. Detta innebär att en fullständig reduktion av CO₂ i modellen motsvarar 85 % reduktion av nationella utsläpp av växthusgaser.

De totala CO₂-utsläppen från energitillförsel, -omvandling och -användning, inklusive processutsläpp från energiintensiv industri, redovisas i figur 1. Utsläppsfordelningen mellan handlande och icke-handlande sektorer redovisas i figur 2.

3.1.1 CO₂-utsläpp – Övergripande utsläpp mellan 2015 till 2050

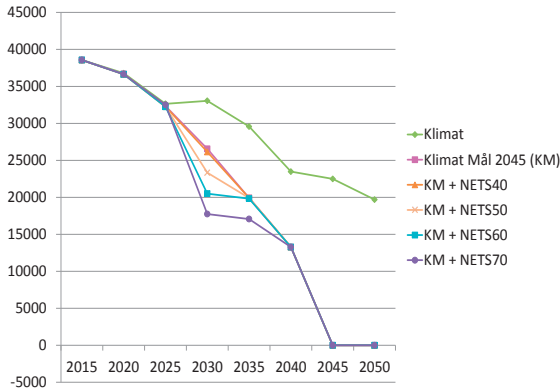
Scenarierna KM och KM+NETS40 följer nästan samma utsläppsbana vad gäller de totala utsläppen (figur 1), men var utsläppen sker skiljer sig något mellan scenarierna (figur 2). Det kan vara värt att påminnas om att utsläppsminskningar i de icke-handlande sektorerna leder till nettoutsläppsminskningar på global nivå vilket inte nödvändigtvis är fallet med utsläppsminskningar i de svenska handlande sektorerna (då dessa omfattas av EU ETS, som har ett givet tak på utsläppen). Detta innebär att om kostaden för KM och KM+NETS40 är likvärdiga så är KM+NETS40 att föredra, då detta scenario leder till större nettoreduktion av CO₂-utsläpp på global nivå.

Redan år 2035 så måste NETS nå 55 % reduktionsnivå för att nå det övergripande klimatmålet (KM). Från 2045 är alla KM scenarier identiska, och resultaten ger att en 83 % CO₂-reduktionsnivå behövs i de icke handlande sektorerna för att nå det övergripande klimatmålet. Kvar finns CO₂ utsläpp från i petrokemisk industri⁶ (där det i modellen för tillfället inte finns några ersättningsmöjligheter) och från sjöfart (där metanol finns som alternativ, men utfallet från optimeringen varit att istället använda tillgänglig biomassan för andra ändamål).

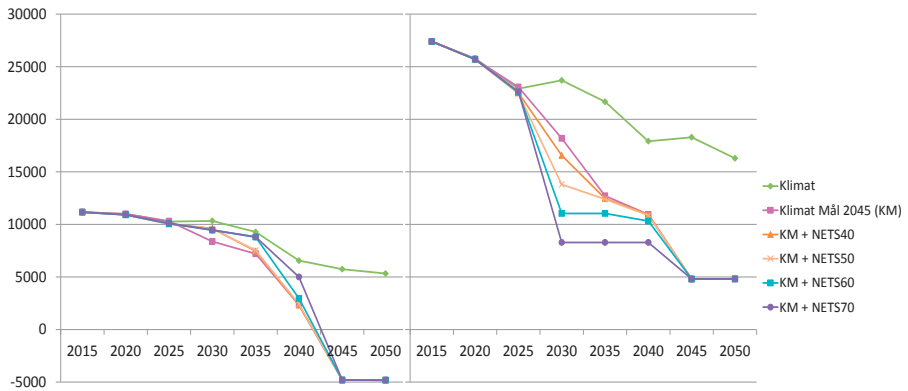


Figur 1a: Totala CO₂-utsläpp från respektive scenario, ökad transportefterfrågan även efter 2020.

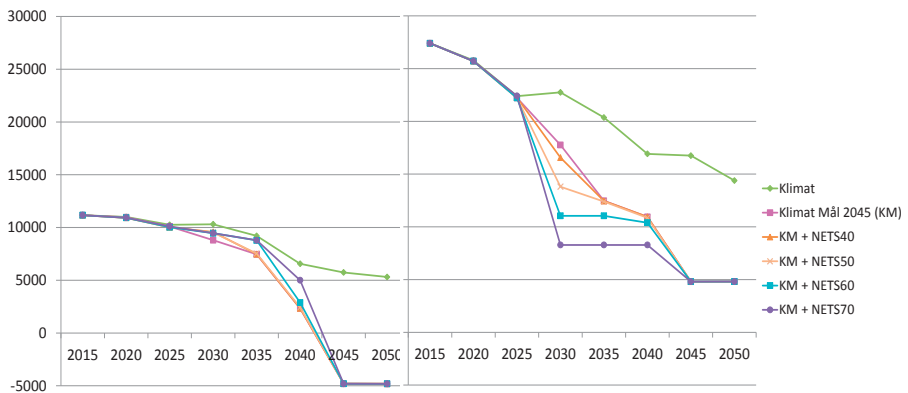
⁶ Kemiska industrin beskrivs i TIMES-Sweden som en sektor. I realiteten omfattas delar av den kemiska industrin av EU ETS medan andra delar inte omfattas. I de redovisade körningarna har den kemiska industrin legat utanför.



Figur 1b: Totala CO₂-utsläpp från respektive scenario, konstant transportefterfrågan efter 2020.



Figur 2a: CO₂-utsläpp från handlande sektorer (vänster) respektive från icke-handlande sektorer (höger), ökad transportefterfrågan även efter 2020.



Figur 2b: CO₂-utsläpp från handlande sektorer (vänster) respektive från icke-handlande sektorer (höger), konstant transportefterfrågan efter 2020.

3.1.2 CO₂-utsläpp – skillnad mellan sektorer år 2030

Sektorfördelningen av klodioxidutsläpp (Mton) år 2030 presenteras i tabell 4 för scenariot utan klimatmål (Klimat). Motsvarande utsläpp för scenarier med klimatmål presenteras istället som förändring mot "Klimat" scenariot. Därefter redovisas för respektive scenario med klimatmål, förändringar i energisystem som orsakar reduktionen av CO₂ utsläpp gentemot scenariot utan klimatmål (Klimat).

För alla scenarier med klimatmål gäller att avfallsförbränning minskar (El & fjärrvärme i tabell 4). Detta speglar att modellen inte kompenseras avfallshanteringen för den ökningen i kostnad CO₂-restriktionen orsakar. I verkligheten är det viktigt att antingen minska på hushållsavfall alternativt att höja kompensationen för att bränna hushållsavfall, beroende på vilket som anses fördelaktigast.

Vidare så gäller för alla scenarion med klimatmål att jordbrukssektorn byter ut delar av dieselförbrukningen till biodrivmedel, samt att bensin användningen minskar betydande i transportsektorn. Den iakttaga minskningen i klodioxidutsläpp är ett direkt resultat från den minskade användningen av bensin och diesel.

Tabell 4: Klodioxidutsläpp (Mton) per sektor i scenariot utan klimatmål (Klimat), samt förändring i utsläppsnivå för varje scenario med klimatmål gentemot scenariot "Klimat", år 2030.

Scenario: Sektor:		CO ₂ utsläpp	Förändring mot scenariot "Klimat"			
		Klimat	Klimat Mål 2045	KM+NETS50	KM+NETS60	KM+NETS70
handlande sektorer	El & fjärrvärme	2.5	-24%	-24%	-24%	-24%
	Industri	6.7	-19%	-3%	-3%	-4%
	Raffinaderier & biodrivmedel	1.4	-29%	-21%	-29%	-29%
icke-handlande sektorer	Jordbruk	0.6	-33%	-33%	-33%	-33%
	Service mm	0.0	0%	0%	0%	0%
	Industri	1.2	0%	0%	0%	0%
	Bostäder & hushåll	0.3	0%	-67%	-67%	-67%
	Transporter	21.3	-23%	-43%	-56%	-69%

Förändringar i energisystemet som orsakar reduktion av CO₂ utsläpp år 2030 är listade nedan.

Klimat Mål 2045 (Listat från störst påverkan till minst påverkan gentemot Klimat)

- Mängden bensin för transporter halveras gentemot scenariot utan klimatmål, ersätts med el och biodrivmedel (se vidare under kapitel 3.4.2).
- Järn och stålindustrin byter till el där så är möjligt.
- Avfallsförbränning minskar betydande.
- Utsläppen från raffinaderier minskar pga minskad bensinförbrukning
- Dieselanvändningen inom jordbruk minskar och ersätts med biodrivmedel.
- Naturgas används i väldigt liten grad, inte inom transportsektorn, ersätts med biogas.

KM+NETS40 (Listat från störst påverkan till minst påverkan gentemot Klimat)

- Mängden bensin för transporter minskas betydligt gentemot scenariot utan klimatmål, ersätts med el och biodrivmedel. Biodrivmedel har ungefär samma nivå som i scenariot Klimat Mål 2045, medan andelen el ökar både för bilar och lokalbussar (se kapitel 3.4.2).
- Avfallsförbränning minskar något
- Utsläppen från raffinaderier minskar något pga minskad bensinförbrukning
- Dieselanvändningen inom jordbruk minskar något och ersätts med biodrivmedel
- Naturgas används inom transportsektorn minskar betydande, ersätts med biogas.

KM+NETS50 (Listat från störst påverkan till minst påverkan gentemot Klimat)

- Mängden bensin för transporter minimeras och ersätts med el och biodrivmedel. Biodrivmedel ökar något jämfört med scenariot Klimat Mål 2045, medan andelen el ökar mer än i scenario KM+NETS40 (se kapitel 3.4.2).
- Avfallsförbränning minskar betydande.
- Utsläppen från raffinaderier minskar pga minskad bensin- och dieselförbrukning.
- Dieselanvändningen inom jordbruk minskar och ersätts med biodrivmedel.
- Naturgas används inte inom transportsektorn, ersätts med biogas.
- Användningen av stadsgas för uppvärmning och matlagning används i väldigt liten grad.

KM+NETS60 (Listat från störst påverkan till minst påverkan gentemot Klimat)

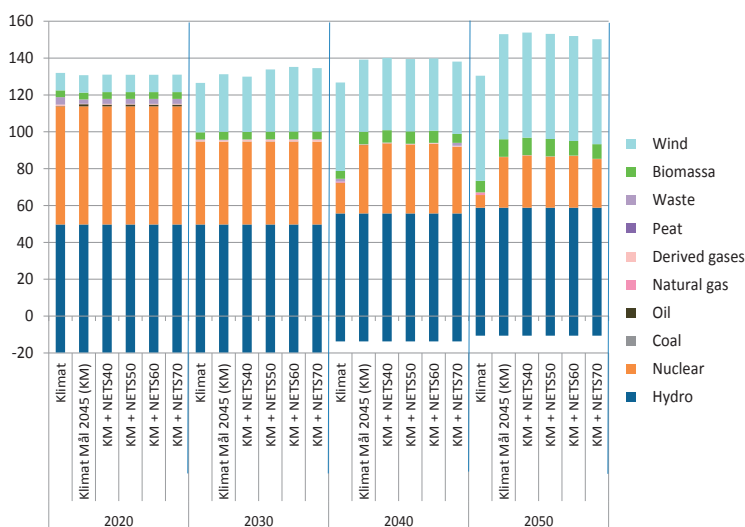
- Mängden bensin för transporter minimeras och ersätts med el och biodrivmedel. Biodrivmedel ökar något jämfört med scenariot Klimat Mål 2045, medan andelen el ökar mer än i scenario KM+NETS40 (se kapitel 3.4.2).
- Mängden diesel för transportändamål minskar med 33% gentemot scenariot utan klimatmål, ersätts framförallt med el för bilar och med biodrivmedel för lastbilar.
- Avfallsförbränning minskar betydande.
- Utsläppen från raffinaderier minskar pga minskad bensin- och dieselförbrukning.
- Dieselanvändningen inom jordbruk minskar och ersätts med biodrivmedel.
- Naturgas används inte inom transportsektorn, ersätts med biogas.
- Användningen av stadsgas för uppvärmning och matlagning används i väldigt liten grad.

KM+NETS70 (Listat från störst påverkan till minst påverkan gentemot Klimat)

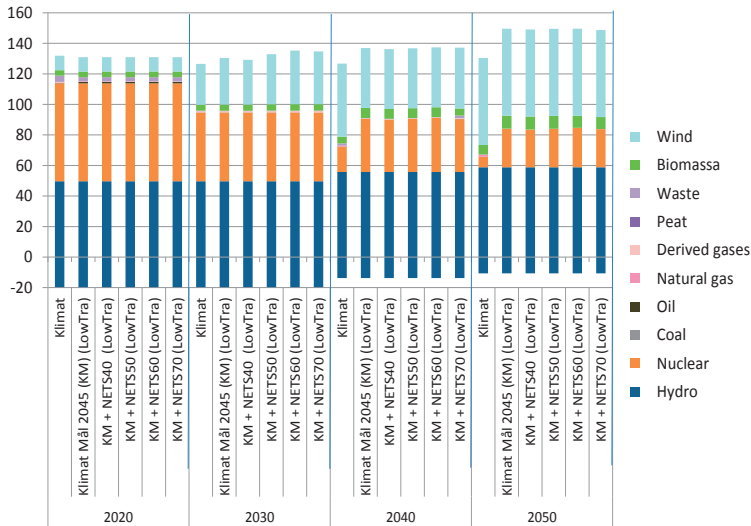
- Mängden bensin för transporter minimeras och ersätts med el och biodrivmedel. Biodrivmedel ökar något jämfört med scenariot Klimat Mål 2045, medan andelen el ökar mer än i scenario KM+NETS40 (se kapitel 3.4.2).
- Mängden diesel för transportändamål minskar med 45% gentemot scenariot utan klimatmål, ersätts framförallt med el för bilar och med biodrivmedel för lastbilar.
- Avfallsförbränning minskar betydande.
- Utsläppen från raffinaderier minskar pga minskad bensin- och dieselförbrukning.
- Dieselanvändningen inom jordbruk minskar och ersätts med biodrivmedel.
- Naturgas används inte inom transportsektorn, ersätts med biogas.
- Användningen av stadsgas för uppvärmning och matlagning används i väldigt liten grad.

3.2 Elektricitet - Resultande elproduktionsmix och elanvändning

Resultande elproduktionsmix för respektive scenario presenteras i figur 3, och elandvändningen presenteras i figur 4. Störst är skillnaden mellan scenariot utan klimatmål ("klimat") och scenarierna med klimatmål. Det övergripande nationella klimatmålet (85% reduktion av utsläpp av växthusgaser till år 2045) påverkar således efterfrågan på el och vilken produktionsmix som ses som mest kostnadseffektivt. Efterfrågan på el (i TWh) förändras mer än själva mixen. Den ökade efterfrågan av el täcks framförallt med kärnkraft. I övrigt är den enda betydande skillnaden i elmix att naturgas används under en längre period i scenariot utan klimatmål medan naturgas framförallt används under toppar i de andra scenarierna. Solceller antas av modellen inte vara kostnadseffektiva jämfört med de andra alternativen. Här kan det emellertid komma nya, mer kostnadseffektiva, lösningar som vi ännu inte har identifierat i modelldatabasen, samt att det finns en teknikutveckling vad gäller att mer effektivt fånga energin från den lågintensiva solinstrålningen i de Nordiska förhållandena som inte heller den finns representerad i modelldatabasen. En uppdatering av modelldatabasen enligt ovan kan göra att solceller tar en del av elmixen, detta har emellertid varit utanför ramen för de aktuella körningarna.



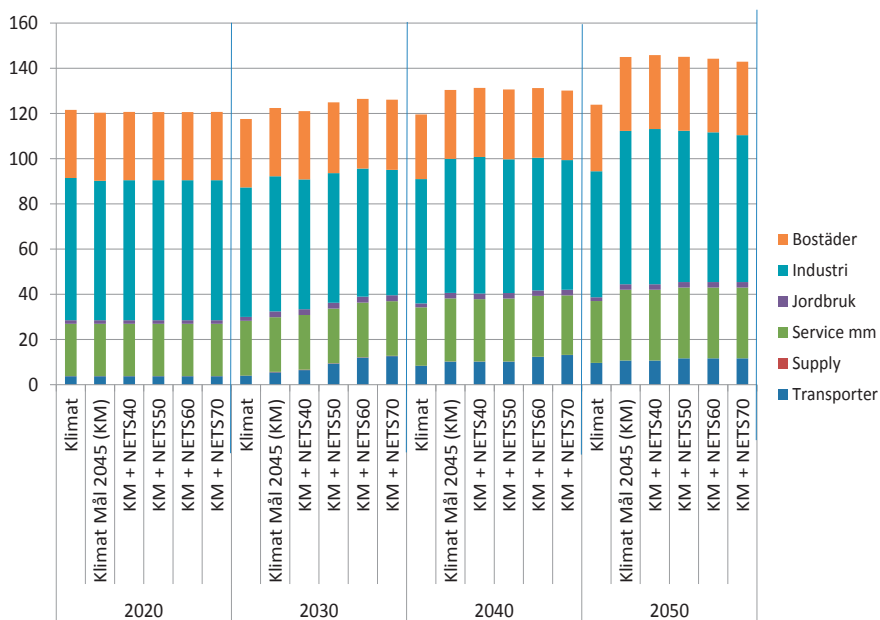
Figur 3a: Genererad elektricitet redovisat från respektive energislag (TWh). Negativa värden innebär netto export, dvs toppen av staplarna illustrerar elanvändningen inom landet (inkl förluster).



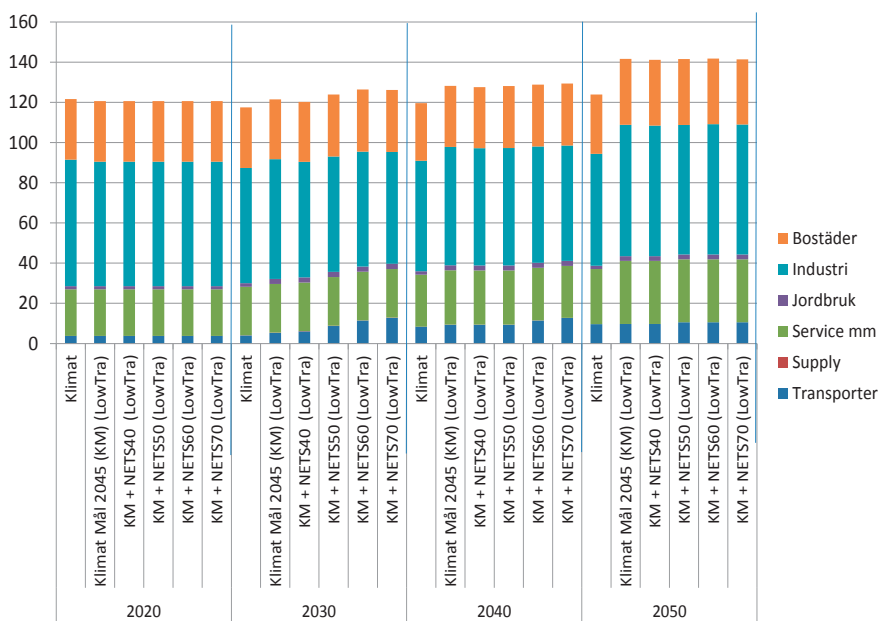
Figur 3b: Genererad elektricitet redovisat från respektive energislag (TWh). Negativa värden innebär netto export, dvs toppen av staplarna illustrerar elanvändningen inom landet (inkl förluster). Konstant transportefterfrågan efter 2020.

Även om elanvändningen generellt är betydligt högre med klimatmål jämfört med utan klimatmål, så ökar inte den totala elanvändningen i korrelation till utsläppsminskningen i den icke handlande sektorn (figur 4a). I vissa fall till och med tvärtom. Elanvändningen är lägre i scenariot med ett 70 % reduktionsmål för de icke handlande sektorerna (KM+NETS70) jämfört med ett 40 % reduktionsmål (KM+NETS40). I fallet med ett 70 % reduktionsmål så används en större mängd fjärrvärme för uppvärmning av lokaler och bostäder, medan det vid 40 % reduktionsmål har en högre andel värmepumpar för uppvärmning.

I fallet med en konstant transportefterfrågan efter 2020, så minskar elanvändningen endast något (skillnad mellan figur 4a och 4b). År 2030 minskar elanvändningen till fordon med storleksordningen 0 - 0,6 TWh, samtidigt sker en ökning av elanvändningen för lokaler och en minskning av el inom jordbrukssektorn (som istället använder något mer biodiesel). Skillnaderna är emellertid små.



Figur 4a: Slut användning av el redovisat per användarsektor (TWh).



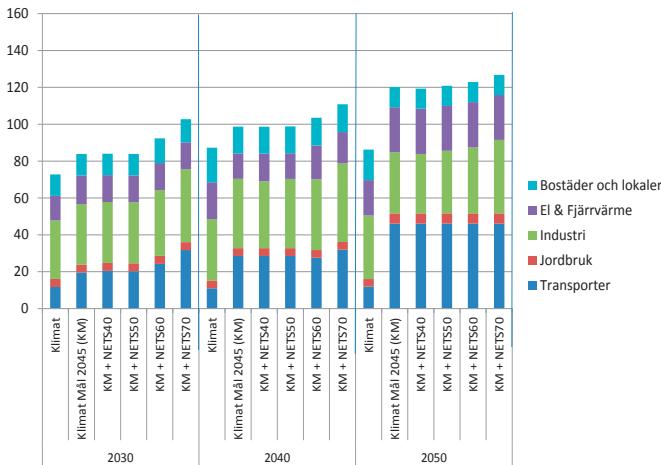
Figur 4b: Slut användning av el redovisat per användarsektor (TWh). Konstant transportefterfrågan efter 2020.

3.3 Biomassa - Resultande användning

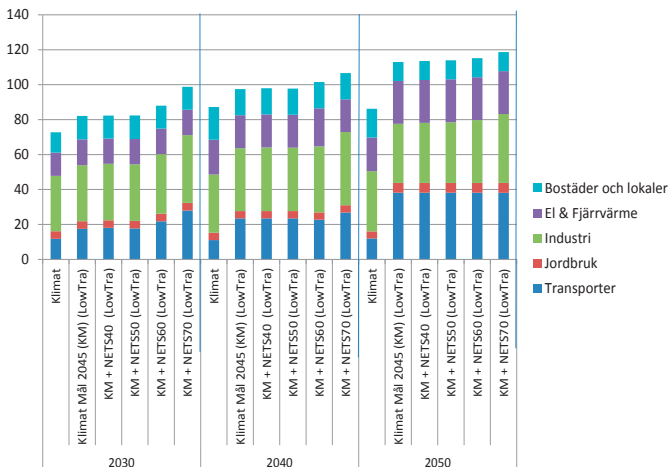
Skillnaden i biomassa är avsevärd mellan scenarierna med klimatmål respektive scenariot utan klimatmål (Klimat), se figur 5. Detta resultat går igen även när olika antaganden varierar. Resultaten visar således att biomassan bidrar till att nå låga utsläppsnivåer på ett kostnadseffektivt sätt.

Användningen av biomassa varierar beroende på hur ambitiöst sektormål som sätts. Ju högre CO₂ reduktionsmål, desto högre slutanvändning av biomassa. Biomassan ökar framförallt för transportändamål redan år 2030, ökningen sker framförallt för tunga fordon vilka (i modellen) inte har så många andra alternativ till fossilbränslen. Se vidare i kap 3.4 om transportsektorn.

För att nå låga nationella utsläppsnivåer av koldioxid år 2045 (enligt det nationella övergripande målet) så används bio-CCS (för produktion av el och i viss grad värme) i alla Klimat Måls scenarier (KM och KM+NETS), vilket står för ökningen av biomassa inom sektorn El & Fjärrvärme i figur 5a och 5b.

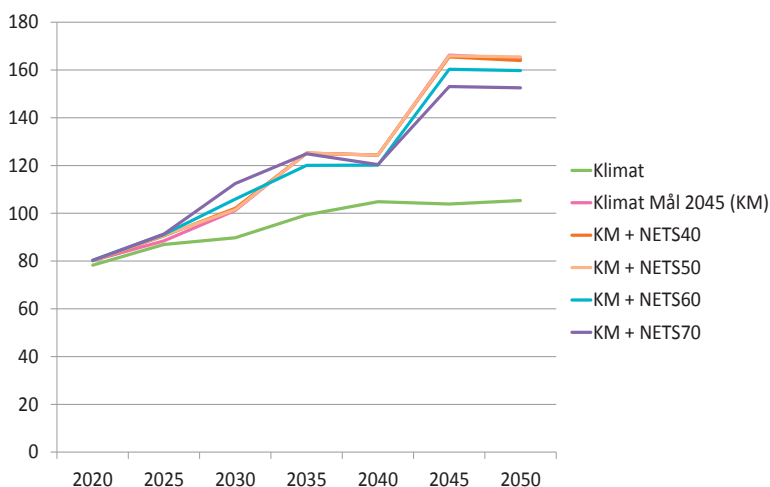


Figur 5a: Årlig slutanvändning av biomassa per sektor (TWh).



Figur 5b: Årlig slutanvändning av biomassa per sektor (TWh). Konstant transportefterfrågan efter 2020.

Om man istället tittar på primäranvändningen av biomassa år 2040-50 så är denna inte nödvändigtvis högst i scenariot med högst slutanvändning av biomassa. Trots att alla scenarier med klimatmål har samma CO₂-utsläpp år 2050, så har "KM+NETS60" och "KM+NETS70" lägre primär användning av biomassa, se figur 6. Skillnaden ligger delvis att en mer effektivare (men dyrare) biodrivmedelsproduktion väljs och delvis att andelen fjärrvärme för uppvärmning av byggnader (lokaler och bostäder) är högre i scenariot med högre sektormål (KM+NETS70) jämfört med scenarierna med lägre sektormål (KM+NETS40 respektive KM+NETS50). De senare har istället en högre andel värmepumpar för uppvärmning. Den högre användningen av fjärrvärme (jämfört med de övriga scenarierna) gör att biomassan i KM+NETS70 kan användas mer effektivt (dvs levererar flera olika "energitjänster" per använd enhet biomassa).



Figur 6: Årlig primäranvändning av biomassa per scenario (TWh). Biomassa i grafen inkluderar svartlut, men exkluderar hushållsavfall och slam.

3.4 Transportersektorn – Detaljanalys

Då den stora skillnaden mellan scenarierna ligger i vad som sker inom transportsektor, så redovisas resultaten för transportsektorn mer djupgående.

Det kan vara värt att understryka att TIMES-Sweden inte är en transportsektormodell och att modellresultaten bör ses som en första input i en vidare sektoranalys. Modellens styrka är att den kan identifiera hur begränsade resurser kan allokeras till lägsta kostnad sett ur hela energisystemet. Modellen beskriver en "resursoptimal" framtid, utifrån de möjligheter som finns i modellen, och inte hur aktörer agerar. Resultaten kan användas för att i nästa steg göra en renodlad sektoranalys med fokus på ett aktörsperspektiv.

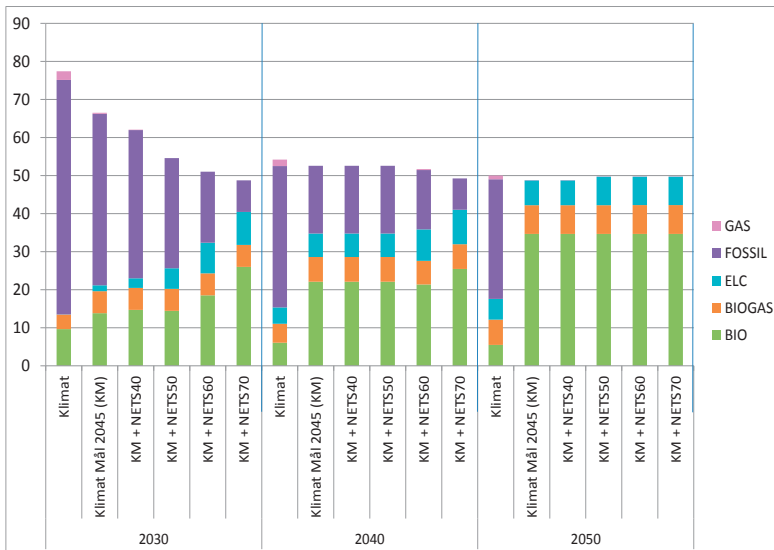
3.4.1 Transportsektorn – Fokus på energimixen för vägburna transporter

Val av drivmedel varierar över åren och mellan scenarier, se figur 7. Skillnaden mellan de olika scenarierna är som störst år 2030, där fossila bränslen nästan helt har fasats ut för att nå det 70 % reduktionsmålet (scenario KM+NETS70). Därefter minskar skillnaderna mellan klimatmåls-scenarierna, för att vara nästintill lika år 2050.

I slutet av modellperioden (2050) drivs personbilar och stadsbussar i huvudsak med el, medan tunga lastbilar och regionbussar i huvudsak drivs med biodrivmedel. Lätta lastbilar har en stor andel biogas.

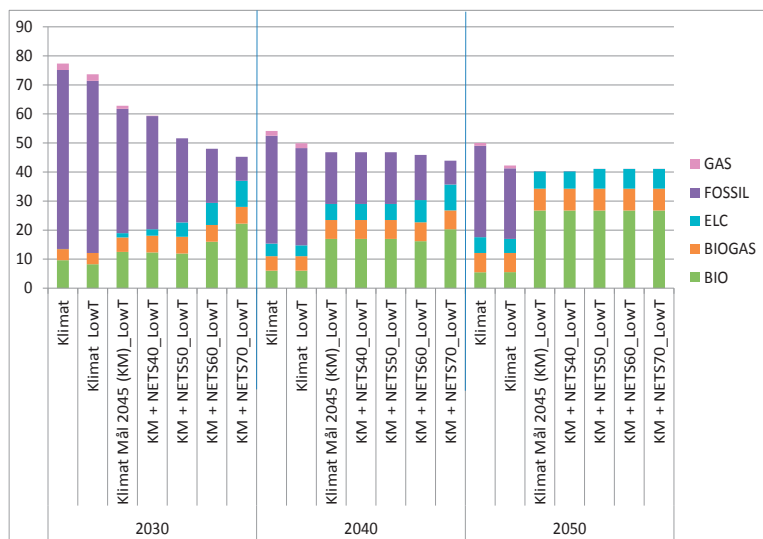
Arbetsmaskiner finns inte med som specifik grupp i modellen. Däremot finns jordbrukssektorn representerad. Befintlig mängd diesel inom jordbrukssektorn kan i modellen bytas ut mot biodrivmedel, vilket görs från och med år 2045 i scenarierna med det övergripande nationella klimatmålet (KM). Mängden biodrivmedel i jordbrukssektorn uppgår då till 5,6 TWh.

Resultat från känslighetsanalyser (som ej redovisade i figuren) visar att de flesta bränslevalen varierar betydligt beroende på vilka antaganden som görs i modellen, med undantag från tunga fordon där biodrivmedel blir det alternativa bränslet under scenarier med ett övergripande klimatmål för Sverige. Anledningen är att tunga fordon i modellen (liksom i verkligheten) har färre fossilfria alternativ⁷. Att det från modellen resulterande bränsleval varierar under olika antaganden (om fossilpriser, transportefterfrågan, biobränsle potential etc), illustrerar att det finns olika vägar att gå. Detta betyder att man bör ha mer generell verkande styrmedel för dessa sektorer. För tunga fordon kan det dock vara rimligt att ha ett riktat styrmedel, exempelvis införandet av en kvotplikt, för att snabba på processen att få in biodrivmedel för tunga fordon.



Figur 7a: Bränsleanvändning för vägbound trafik presenterad per bränsleslag (TWh).

⁷ Samtidigt finns det andra tekniska alternativ under utveckling, tex olika typer av eldrift (bränslecellsfordon, elbilvägar, hybriddrift, eldrift i städer osv.). Den här typen av alternativ finns ännu inte representerade i modellen.



Figur 7b: Bränsleanvändning för vägbunden trafik presenterad per bränsleslag (TWh). Konstant transportefterfrågan efter 2020.

3.4.2 Transportsektorn – Fokus på fordonsval

Andelen körsträcka som körts med respektive fordonstyp finns redovisade för personbilar, bussar respektive lastbilar (tabell 5-7).

Trots att de totala CO₂ utsläppen år 2030 är nästan de samma för scenariot med ett övergripande klimat mål år 2045 (KM) och KM-NETS40 (40% reduktion av koldioxidutsläpp från den icke-handlande sektorn), så är skillnader i utsläpp från transportsektorn stor. Störst är skillnaden för bilar, där 40% av alla resor med bensinbilar i referensscenariot har bytts ut mot elbilar, och för lastbilar där 17% av transportererna med dieselfordon har bytts ut mot biodrivmedelsfordon.

Andelen elbilar ökar ju högre sektormål är för den icke-handlande sektorn. Detta gäller både med referens transportefterfråga och med den lägre transportefterfrågan. Med det övergripande klimatmålet (KM) så sker ökningen av elbilar framförallt för korta sträckor, medan elbilar tar ökande andel även av långa sträckor ju högre sektormålet är. Motsvarande gäller för bussar, där stadsbussar framförallt är elbaserade medan landsvägsbussarna är kvar med diesel, detta gäller för alla scenarion med sektormål. Anledningen att elbilar och "elstadsbussar" ökar är att mängden biomassa är begränsad i kombination med att tunga lastbilar och landsvägsbussar – i modellen – bara har biodrivmedel som fossilfritt alternativ.⁸ Modellen väljer att ha kvar en del av dieselbilarna och diesellandsvägsbussar, dock bör det påpekas att även här finns en inbladning av biodrivmedel (max 13%).

⁸ Det pågår utveckling kring olika typer av eldrift även för tunga fordon och regionalbussar utanför städerna (bränslecellsfordon, elbilvägar), men dessa finns ännu inte representerade i modellen.

Vid sektormålet om 40% reduktion av koldioxidutsläpp från den icke-handlande sektorn i kombination med ökat transportbehov (KM+NETS40) blir resultatet från modellkörningen att 42% av tillryggalagd körsträck med personbil sker med elbilar och 54% med konventionella fossilbaserade bilar. Vilket är en stor förändring mot referensscenariot utan klimatmål ("Klimat"), 60% av alla resor med bensinbilar i referensscenariot har bytts ut mot elbilar.

Sektormålet om 70% reduktion av koldioxidutsläpp från den icke-handlande sektorn i kombination med ökat transportbehov (KM+NETS70) innebär att en stor andel av de fossila drivmedlen i transportsektorn måste bytas ut. TIMES-Sweden löser detta genom att 91% av körsträckan med personbil tillryggaläggs med elbil och 70% av lastbilarna drivs med biodrivmedel. I fallet med *konstant transportefterfrågan efter 2020* så minskar framförallt biodrivmedelsanvändningen för lastbilar (och dieselanvändningen ökar) både i procent och i absoluta tal i jämförelse med motsvarande scenario med *ökad transportefterfrågan*.

Tabell 5a: Andel av körsträckan med personbilar som är körd med respektive fordonstyp år 2030, redovisade för respektive scenario. (Diesel och bensin har inblandning av biodrivmedel).

Scenario:	Klimat	Klimat Mål 2045 (KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
Fordon baserat på:						
Diesel	27%	27%	27%	26%	9%	5%
Bensin	68%	40%	27%	0%	0%	0%
Biodrivmedel	4,2%	4,1%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
Elektricitet	1,0%	29%	42%	70%	87%	91%

Tabell 5b: Andel av körsträckan med personbilar som är körd med respektive fordonstyp år 2030, redovisade för respektive scenario. (Diesel och bensin har inblandning av biodrivmedel). Konstant transportefterfrågan efter 2020.

Scenario:	Klimat	Klimat Mål 2045 (KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
Fordon baserat på:						
Diesel	27%	28%	28%	28%	10%	0,3%
Bensin	68%	38%	28%	0%	0%	0%
Biodrivmedel	4,2%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%
Elektricitet	1,0%	29%	39%	68%	86%	95%

Tabell 6a: Andel av körsträckan med bussar (regional och lokal) som är körd med respektive fordonstyp år 2030, redovisade för respektive scenario. (Diesel och bensin har inblandning av biodrivmedel. Gas innebär endast biogas i alla scenarier utom Klimat).

Scenario:	Klimat	Klimat Mål 2045 (KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
Fordon baserat på:						
Diesel	85%	85%	60%	60%	60%	60%
Bensin	1,0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	12%	12%	4%	0%	0%	0%
Biodrivmedel	2,0%	0%	0%	3,7%	3,7%	3,7%
Elektricitet	0%	3%	36%	36%	36%	36%

Tabell 6b: Andel av körsträckan med bussar (regional och lokal) som är körd med respektive fordonstyp år 2030, redovisade för respektive scenario. (Diesel och bensin har inblandning av biodrivmedel. Gas innebär endast biogas i alla scenarier utom Klimat). Konstant transportefterfrågan efter 2020.

Scenario: Fordon baserat på:	Klimat	Klimat Mål 2045 (KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
Diesel	85%	86%	60%	60%	60%	60%
Bensin	1,0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	12%	12%	4%	0%	0%	0%
Biodrivmedel	2,0%	0%	0%	4,5%	4,5%	4,5%
Elektricitet	0%	1%	36%	36%	36%	36%

Tabell 7a: Andel av körsträckan med lastbilar (tung och lätta) som är körd med respektive fordonstyp l år 2030, redovisade för respektive scenario. (Diesel och bensin har inblandning av biodrivmedel. Gas innebär endast biogas i alla scenarier utom Klimat).

Scenario: Fordon baserat på:	Klimat	Klimat Mål 2045 (KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
Diesel	62%	51%	48%	48%	35%	13%
Bensin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	17%	17%	17%	17%	17%	17%
Biodrivmedel	22%	32%	35%	36%	48%	70%
Elektricitet	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabell 7b: Andel av körsträckan med lastbilar (tung och lätta) som är körd med respektive fordonstyp l år 2030, redovisade för respektive scenario. (Diesel och bensin har inblandning av biodrivmedel. Gas innebär endast biogas i alla scenarier utom Klimat). Konstant transportefterfrågan efter 2020.

Scenario: Fordon baserat på:	Klimat	Klimat Mål 2045 (KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
Diesel	62%	52%	52%	51%	38%	18%
Bensin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gas	17%	18%	18%	18%	18%	18%
Biodrivmedel	22%	30%	30%	31%	44%	64%
Elektricitet	0%	0%	0%	0%	0%	0%

3.5 Systemkostnad

3.5.1 Årlig systemkostnad som andel av BNP

Tabell 9a redovisar skillnaden i total kostnad (exklusive skatter) mellan Klimatscenariot (utan CO₂-mål) och respektive klimatmål scenario som andel av landets BNP⁹. Motsvarande värden inklusive skatter blir lägre, då scenarier med klimatmål har lägre CO₂-utsläpp och därmed totalt sett lägre CO₂ skatter.

I känslighetsanalysen med lägre transportefterfrågan modelleras respektive klimatmålsscenario med antagandet att all transportefterfråga är konstant efter år 2020. Utfallet blir en betydligt lägre kostnad för att nå respektive mål, se tabell 9b. Det bör dock påpekas att detta kan tolkas på flera olika sätt. En minskad användning av transporttjänster på väg kan i sig ha en negativ effekt på ekonomin (leda till lägre BNP-utveckling), framför allt om det minskade transportarbetet beror på inskränkningar som minskar tillgängligheten till olika funktioner, tjänster eller varor. En lägre BNP-utveckling skulle i så fall innebära att systemkostnaden som andel av BNP blev högre än de som redovisas nedan. Men om det minskade transportarbete istället beror av överflyttningar till ökad person- eller godståthet per fordon, utan att transportsystemets funktion hämmas, behöver inte minskningen påverka BNP. I vissa fall kan även en minskad användning av vissa transporttjänster leda till att andra transporttjänster blir billigare, t ex en minskad personbilsanvändning kan leda till mindre köbildning vilket gör att varutransporter inom städerna kommer fram snabbare, vilket i sin tur kan leda till högre ekonomisk tillväxt. Sådana eventuella effekter på BNP fångas emellertid inte av modellen.

Tabell 9a: Årlig kostnad (i relation till Klimatscenariot) som andel av BNP för att nå respektive klimatmål. (Ökande transportefterfrågan).

	Klimat Mål 2045(KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
2020	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2025	0,00%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%
2030	0,19%	0,23%	0,38%	0,64%	0,94%
2035	0,36%	0,36%	0,37%	0,42%	0,68%
2040	0,28%	0,29%	0,30%	0,33%	0,46%
2045	0,84%	0,84%	0,83%	0,83%	0,83%
2050	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,62%

Tabell 9b: Årlig kostnad (i relation till Klimatscenariot) som andel av BNP för att nå respektive klimatmål med konstant transportefterfrågan efter 2020.

	Klimat Mål 2045(KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
2020	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2025	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
2030	0,15%	0,19%	0,34%	0,60%	0,88%
2035	0,30%	0,31%	0,32%	0,37%	0,63%
2040	0,24%	0,24%	0,25%	0,30%	0,43%
2045	0,79%	0,79%	0,78%	0,78%	0,77%
2050	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%	0,56%

⁹ BNP är baserat på Konjunkturinstitutets Försörjningsbalans och BNP (dec 2015), medellång sikt, och Tabell 1 i Konjunkturinstitutets Specialstudier, Nr 43 (mars 2015).

I tabell 10 redovisas skillnaden mellan de två fallen, dvs skillnaden i systemkostnad per BNP av att nå respektive klimatmål mellan ett antagande om ökande transportefterfrågan och antagandet om en konstant transportefterfrågan efter år 2020. Denna jämförelse kan sägas representera vad en minskning av transportefterfrågan kan "få kosta" för att nå respektive klimatmål.

Tabell 10: Skillnad mellan fallet med ökande transportefterfrågan och med konstant transportefterfrågan i årlig kostnad (i relation till Klimatscenario) som andel av BNP för att nå respektive klimatmål. Detta kan sägas representera vad en minskning av transportefterfrågan kan "få kosta" för att nå respektive klimatmål.

	Klimat Mål 2045(KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
2020	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2025	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
2030	0,03%	0,04%	0,04%	0,05%	0,05%
2035	0,06%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%
2040	0,04%	0,05%	0,04%	0,03%	0,03%
2045	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%
2050	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%

För jämförelsen skall redovisas även motsvarande värden från en känslighetsanalys där klimatscenario och de fem klimatmålsscenarierna har modellerats med högre fossila priser, se tabell 11. Ett högre fossilpris innebär att koldioxidreduktionen är högre i Klimatscenario (utan några klimatmål) jämfört med Klimatscenario med lägre fossila priser, följaktligen blir kostnaden för att nå respektive klimatmål lägre jämfört med utfallet i tabell 9a.

Tabell 11: Alternativ scenario med högre prishöjning på import av fossila bränslen (olja, naturgas och kol). Årlig kostnad (i relation till Klimatscenario) som andel av BNP för att nå respektive klimatmål. Dvs likt scenario definitionen som tabell 10, men med högre fossila priser.

	Klimat Mål 2045(KM)	KM + NETS40	KM + NETS50	KM + NETS60	KM + NETS70
2020	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2025	0,00%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%
2030	0,19%	0,24%	0,38%	0,65%	0,94%
2035	0,36%	0,36%	0,37%	0,42%	0,67%
2040	0,28%	0,29%	0,30%	0,34%	0,46%
2045	0,84%	0,84%	0,83%	0,83%	0,82%
2050	0,63%	0,63%	0,64%	0,63%	0,63%

3.5.2 Årlig systemkostnad per sektor

För att identifiera var de stora kostnadsposterna finns när ett klimatmål införs, så redovisas den från referensscenariot (Klimat) ökning av systemkostnad för respektive scenario med klimatmål, se tabell 12a-c. För att få en känsla för storleksordningen så redovisas skillnaden per sektorn i förhållande till den totala systemkostnaden. För alla klimatscenarion gäller att posten "skatter" minskar, det bör dock påpekas att posten inte bara innehåller skatteintäkter som kommer staten tillgodo, utan även köp av certifikat genom EU ETS.

De största förändringarna av systemkostnad återfinns i samband med transporter, se tabell 12a-c. Mer specifikt så sker en ökning av systemkostnad i samband med inköp av nya typer av fordon (post: "Transporter") och en ökning av biodrivmedel (post: "Biodrivmedelproduktion" och "Inhemska bränslen"). Kostnadsökningen vägs upp av en minskad kostnad för diesel och bensin (post: "Import och export" och "Raffinaderi").

Tabell 12a: Ökningen av systemkostnad i scenariot "Klimat Mål 2045" relativt "Klimat", uppdelat per sektor och år. ("Klimat Mål 2045" - "Klimat")_{SEKTOR} / ("Klimat")_{TOTALT}.

Sektor/Ändamål	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Jordbruk	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%
Service etc	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%
El och fjärrvärme	0,00%	0,00%	-0,02%	-0,62%	0,36%	-0,38%
Industri	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,09%	0,09%
Bostäder och hushåll	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,07%
Transporter	0,00%	0,00%	0,00%	0,48%	0,28%	0,70%
Biodrivmedelsproduktion	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,21%	0,45%
Raffinaderi mm	0,00%	0,00%	0,00%	-0,28%	-0,03%	-0,04%
Inhemska bränslen	0,00%	0,00%	0,02%	0,16%	0,25%	0,95%
Import och export	0,00%	0,00%	0,00%	0,52%	-0,46%	0,00%
Skatter och subventioner	0,00%	0,00%	0,00%	-0,34%	-0,32%	-0,72%
Totalt	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,46%	1,22%

Tabell 12b: Ökningen av systemkostnad i scenariot "Klimat Mål 2045" relativt "Klimat", uppdelat per sektor och år. ("KM+NETS40" - "Klimat")_{SEKTOR} / ("Klimat")_{TOTALT}.

Sektor/Ändamål	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Jordbruk	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%
Service etc	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,10%
El och fjärrvärme	0,00%	0,00%	-0,02%	-0,34%	0,37%	-0,37%
Industri	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,09%	0,09%
Bostäder och hushåll	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,07%
Transporter	0,00%	0,00%	0,00%	0,74%	0,29%	0,70%
Biodrivmedelsproduktion	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,21%	0,45%
Raffinaderi mm	0,00%	0,00%	0,00%	-0,18%	-0,03%	-0,04%
Inhemska bränslen	0,00%	0,00%	0,02%	0,14%	0,25%	0,94%
Import och export	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,46%	0,00%
Skatter och subventioner	0,00%	0,00%	0,00%	-0,42%	-0,32%	-0,72%
Totalt	0,00%	0,00%	0,00%	0,09%	0,48%	1,22%

Tabell 12c: Ökningen av systemkostnad i scenariot "Klimat Mål 2045" relativt "Klimat", uppdelat per sektor och år. ("KM+NETS50" - "Klimat")_{SEKTOR} / ("Klimat")_{TOTALT}.

Sektor/Ändamål	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Jordbruk	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%
Service etc	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%
El och fjärrvärme	0,00%	0,00%	-0,02%	-0,46%	0,36%	-0,37%

Industri	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,09%	0,09%
Bostäder och hushåll	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,04%	0,07%
Transporter	0,00%	0,00%	0,00%	1,24%	0,32%	0,70%
Biodrivmedelsproduktion	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,20%	0,45%
Raffinaderi mm	0,00%	0,00%	0,00%	-0,25%	-0,03%	-0,04%
Inhemsk bränslen	0,00%	0,00%	0,02%	0,13%	0,25%	0,96%
Import och export	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,46%	0,00%
Skatter och subventioner	0,00%	0,00%	0,00%	-0,59%	-0,32%	-0,71%
Totalt	0,00%	0,00%	0,00%	0,24%	0,51%	1,25%

3.6 Marginalkostnad

Marginalkostnaden är i detta fall skuggpriset för respektive CO₂-begränsning, det vill säga hur mycket systemkostnaden skulle minska (i SEK) om man lättade på CO₂-begränsningen med 1 kg.

Marginalkostnaden för ett klimatmål är ett frekvent använt mått för att värdera kostnaden för ett klimatmål. Ibland sägs marginalkostnaden motsvara den skattehöjning som måste till för att nå ett givet utsläppsmål, men det är missvisande. Ofta är det snarare enskilda teknikförändringar som gör att marginalkostnaden ökar markant. Enskilda teknikförändringar är inte lämpliga att lösa med en övergripande skatt, och det är därför inte realistiskt att sätta marginalkostnaden lika med en skattesats. Ett bättre sätt att använda marginalkostnaden är att först ta ut ett golv för CO₂-priset som måste till för att nå en övergripande CO₂-reduktion (vilket skulle kunna representera en skatt), och därefter identifiera vilka tekniker som måste till för att nå respektive CO₂-minskning (vilket skulle kunna representera var man måste gå in med finansiellt stöd för att nå större CO₂-minskningar).

För respektive scenario finns marginalkostnaderna för respektive bindande klimatmål och år redovisade i tabell 13. För år 2030, så är det framförallt över gången till elfordon som gör att systemkostnaden är högre i KM+NETS40 jämfört med Klimat Mål 2045 (KM), vilket avspeglar sig i marginalkostnaden för KM+NETS40. För samma år, så blir marginalkostnaden för att nå högre satta sektormål (KM+NETS50-70) betydligt högre. Den enskilt största kostnaden är att få lastbilarna fossilfria och innefattar såväl biodrivmedelsproduktion och övergång till nya fordon. Marginalkostnaden sjunker över tid (trots att samma utsläppsreduktionsmål finns kvar), den stora kostandsförändringen sker för att delar av den existerande fordonsparken byts ut i framtiden. Det bör emellertid påpekas att en successiv övergång till biodrivmedel och elfordon sker även i scenariot KM (någon gång i tiden sker ett utbyte av fordon), därav den högre marginalkostnaden under 2035 och 2045 jämfört med KM+NETS50-60.

Tabell 13: Marginalkostnad att nå respektive klimatmål, (SEK₂₀₁₄/kg). Skuggade partier indikerar marginalkostnad för det övergripande klimatmålet motsvarande hundra procentig reduktion av CO₂-utsläpp i energisystemet år 2045 (-85 % i växthusgasutsläpp för Sverige). Omarkerad indikerar respektive sektormål. Två värden x/y indikerar att båda målen är bindande.

Scenario\Period	2030	2035	2040
Klimat Mål 2045 (KM)	0.62	2.80	1.14
KM + NETS40	1.45	2.80	1.14
KM + NETS50	4.05	2.70	1.14
KM + NETS60	4.57	2.59	0.93
KM + NETS70	4.88	4.36	0.83/2.91

4 Lärdommar från modellkörningarna

Nedan redovisas insikter från en analys av konsekvensen för det svenska energisystemet av att införa sektormål för sektorer som ej omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) med fokus på att Sverige ska nå ett övergripande nationellt klimatmål i linje med 85% reduktionsmål år 2045 (=100% reduktionsmål för "energisektorn").

Resultaten från TIMES-Sweden visar att det är systemteknisk möjligt att nå stora utsläppsminskningar av CO₂-utsläpp inom Sverige. Resultaten från körningsomgång I, där olika övergripande klimatmål för 2050 analyserades, visade att energisystemet utvecklas signifikant olika beroende på vilka klimatmål som skulle nås. Resultaten från denna omgång, med olika sektormål för 2030, visar endast på små skillnader i energisystemet år 2050. Det exakta målet år 2030 är därför mindre avgörande för att nå målet år 2045. Det är därför viktigt att kontinuerligt följa upp målen och att ha sikte på vilka teknikersystem som är viktiga för att nå år 2045. Många av alternativen som har identifierats i körningsomgång I och II förutsätter att det sker en teknikutveckling. Det är därför viktigt att i nästa skede identifiera vad som måste till för att få till teknikutvecklingen för respektive sektor. Det är även viktigt att gå vidare med resultaten och djupanalysera vilka sociotekniska utmaningar som finns med att nå de från TIMES-Sweden identifierade klimatneutrala energisystemen.

Modellen visar att det går att nå ett övergripande nationellt klimatmål i linje med 85% reduktionsmål år 2045 (=100% reduktionsmål för "energisektorn"). Men detta förutsätter att det sker en teknikutveckling vad gäller framförallt fossilfria fordon, drivmedel, CCS (eller motsvarande) och "fossilting industri". Vidare så krävs att majoriteten av vägburen trafik blir fossilfri. Den största utmaningen ligger för vägburen godstrafik där det idag finns få reella alternativ (både i verkligheten och i modellen). All godstrafik går inte att föra över på järnväg eller elektrifierade vägar. Här är utvecklingen av biodrivmedel central.

Känslighetsanalyser har använts både i syfte att förstå osäkerheten i modellenatagande, samt att lära mer om energisystemet. Från de olika känslighetsanalyserna så kan följande slutsatser dras:

- Känslighetsanalys av snabbare teknikutveckling på fordon och på drivmedelssidan visar på att sektormålet om 40% reduktion, för år 2030, kan nås utan andra åtgärder. (Dock högst osäkert om denna teknikutveckling sker utan yttre incitament).
- Känslighetsanalys av prisutveckling för elfordon visar stor känslighet vad gäller andelen elbilar kontra biodrivmedel. (Sanningen är kanske både och, för olika ändamål).
- Vid antaganden om höga oljepriser så kommer betydande mängd biodrivmedel in även i scenarier utan klimatmål. (Viktigt att styrmedel är flexibla och kan kompensera för variationer i oljepris, till dess att biodrivmedel har fått en kritisk massa).

Resultaten från modellkörningarna visar att biomassan är avgörande för att nå låga utsläppsnivåer på ett kostnadseffektivt sätt, vilket är en unik möjlighet för Sverige. Användningen av biomassa varierar beroende på sektormålet år 2030; ju högre CO₂ reduktionsmål, ju högre slutanvändning av biomassa. Om man istället tittar på primäranvändningen av biomassa så följer den inte samma mönster, den högsta primäranvändningen återfinns inte i scenariot med den högsta slutanvändningen av biomassa. Primär användningen av biomassa har även att göra med hur utbredd fjärrvärmes är, scenarier med högre andel värmepumpar för uppvärmning har större primäranvändning av biomassa jämfört med scenariot med högre andel fjärrvärme.

Vid införandet av sektormål för CO₂-utsläppen från sektorer som ej omfattas av EU ETS, så visar modellresultaten att utsläppen från ETS-sektorerna ökar med ökande sektormål (större utsläppsreduktion). Anledningen är konkurens om biomassa mellan sektorer. En viktig slutsats är därför att det måste finnas motsvarande ekonomiska incitament för att minska CO₂-utsläppen inom alla sektorer, annars kan utfallet från ett riktat ekonomiskt incitament vara mindre än väntat.

5 Källförteckning

- Börjesson, P. (2015). Biomassapotentia från svenskt skogs- och jordbruk – uppdaterade uppskattningar. Via Miljömålssekreteriatet.
- EEA (2014). Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2015, Final after consultation, 17 June 2014. Word document.
- European Commission (2013). EU energy, transport and GHG emissions, trends to 2050 – Reference scenario 2013. Directorate-General for Energy, Directorate-General for Climate Action and Directorate-General for Mobility and Transport.
<http://ec.europa.eu/transport/media/publications/doc/trends-to-2050-update-2013.pdf>
- IEA (2012). World Energy Outlook 2012.
- IEA (2015). Medium-term oil market report 2015. Nov 2015.
- Krook-Riekkola, A., Ahlgren E.O., and Söderholm P. (2011). Ancillary Benefits of Climate Policy in a Small Open Economy: The Case of Sweden. Energy Policy, vol. 39 no. 9 p. 4985–4998.
- Krook-Riekkola, A. (2015). National Energy System Modelling for Supporting Energy and Climate Policy Decision-making: The Case of Sweden. PhD Thesis, Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology, Sweden.
- Loulou, R., Remne, U., Kanudia, A., Lehtila, A. and Goldstein, G. (2005a). Documentation for the TIMES Model, Part I. Available at: <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMESDoc-Intro.pdf>
- Loulou, R., Lehtila, A., Kanudia, A., Remne, U. and Goldstein, G. (2005b). Documentation for the TIMES Model, Part II. Available at: <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMESDoc-Details.pdf>
- PRIMES (2015). Resultatfiler från PRIMES körningar under hösten 2015.
- SIKA (2014). Socio-economic principles and calculation values for the transport sector, (In Swedish: Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.1). April 2014.
- Simoës, S., Nijs, W., Ruiz, P., Sgobbi, A. Radu, D. Bolat, P., Thiel, C. and Peteves, S. (2013). The JRC-EU-TIMES model – Assessing the long-term role of the SET Plan Energy technologies. JRC scientific and policy reports. JRC85804, EUR 26292 EN. ISBN 978-92-79-34506-7. Available at: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC85804>
- STATISTA (2015). Natural gas prices in the U.S. and in Europe from 2013 to 2025 (in U.S. dollars per million British thermal units). Downloaded Nov 2015 from: www.statista.com

Del II

Rapporter från rundabordssamtal

Underlag till Miljömålsberedningen:

Bioekonomin i Sverige – nuläge, hinder och vägar framåt

1. Bakgrund

Denna korta rapport utgör underlag till Miljömålsberedningen. Rapporten har skrivits av Clas Engström, tidigare VD på bioraffinaderiinstitutet SP Processum AB. Rapporten har tagits fram i samarbete med utredningens sekretariat och forskningsstiftelsen MISTRA. Syftet med rapporten är att diskutera hur nuläget ser ut för att förnya, diversifiera och stärka den biobaserade sektorn i Sverige – den s.k. bioekonomin. Innehållet i rapporten har diskuterats vid en workshop/dialogmöte med företrädare för Miljömålsberedningen, MISTRA, forskare, entreprenörer och företag med expertis inom och intresse för den framväxande svenska bioekonomin och närliggande branscher. Åsikterna och förslagen i rapporten står författaren ensam för, men många av de spännande resonemang som fördes vid workshopen återfinns också i rapporten. Deltagarna vid workshopen har också haft möjligheter att lämna synpunkter på ett utkast till rapporten, som inarbetats i denna version. Följande personer har lämnat mycket värdefulla bidrag till rapporten och deltagit vid workshopen: Anders Fröberg, VD Borealis Sverige, Lena Bruce, affärsutvecklare, Sveaskog, Lars Lind, VD Perstorp Bioindustries, Hans Hellsmark, Professor Chalmers Tekniska Högskola, Catharina Ottestam, vVD Innventia, Lars Winter, VD Aditya Birla Domsjö Fabriker, Sten Nilsson, VD Forest Sector Insights.

2. Bioekonomin är en unik möjlighet

År 2050 behöver västvärlden i princip ha uppnått nollutsläpp av koldioxid för att det globala 1,5-gradersmålet skall kunna nås. Detta är om mindre än 35 år! Ur ett globalt teknikutvecklingsperspektiv är 35 år en väldigt kort tid, det tar normalt flera decennier för ny teknik att utvecklas och spridas på globala marknader. I princip innebär det att vi måste ersätta användningen av fossila oljeprodukter med förnyelsebara råvaror men även att vi måste använda

den mest koldioxidsnåla tekniken som finns tillgänglig idag. Dagens färdigutvecklade teknik behöver spridas, samtidigt som ny teknik utvecklas och görs tillgänglig på marknaden inom i princip alla sektorer.

Kraven på omställning innebär stora utmaningar, men för ett skogsland som Sverige utgör de också en möjlighet att stärka näringslivets långsiktiga konkurrenskraft. Sverige behöver gå från en i huvudsak fossil ekonomi till en biobaserad ekonomi, den s.k. Bioekonomin. För att lyckas med detta behöver betydande delar av dagens industriella och kommersiella logik förändras. Många gamla affärsmodeller kommer att ställas på ända, många nya kommer att skapas. Om inte våra samhällen successivt träder in i bioekonomin kommer det att bli svårt att nå de klimatpolitiska målen. Bioekonomin handlar således om samhällsomställning och är också nära knuten till framväxten av den cirkulära ekonomin.

Att bioekonomin så tydligt handlar om samhällsomställning och att vi har bråttom med denna omställning för att rädda klimatet, gör att politiken har en helt central roll att spela. Bioekonomi reduceras ofta till skogs- eller jordbrukspolitik när det i verkligheten handlar om en fundamental förändring som berör i stort sett hela samhället. Utan ett brett engagemang över flera politikområden, där Näring, Miljö, Finanserna och Statsrådsberedningen m.fl. gör gemensam sak kommer inte bioekonomin att realiseras. Det handlar inte enbart om kvotplikt för drivmedel, eller om investeringsbidrag för pilotanläggningar. Det handlar om en helhetssyn på vårt framtida samhälle. Bioekonomin är med andra ord en Harpsundseka, en bred pensionsöverenskommelse, ett miljonprogram, eller som Göran Persson uttryckte det, ett grönt folkhem. Bioekonomin är en värdig politisk utmaning. Hittills har våra politiker valt att inte anta denna utmaning utan att betrakta den som en procentsats i ett styrmedelsdirektiv. Detta är ingen framkomlig väg!

Sverige har stor potential att bli ett föregångsland i detta förändringsarbete. Vi har mycket god tillgång till biomassa baserad både på ett uthålligt skogs- och jordbruk. Vi har en av världens starkaste skogs- och processindustrier och dessutom världsledande forskning inom området. Sverige har också en stark industri och ett starkt kunnande inom svensk kemi- och processindustri. Vi ligger långt fram i den gröna omställningen med medvetna konsumenter och politiker. Sammantaget har vi ett gyllene läge att ta en ledarroll när den nya bioekonomin nu växer fram.

För att detta skall ske finns dock ett antal hinder som måste undanröjas och ett antal strategiska satsningar som måste genomföras.

Detta PM beskriver och diskuterar nuläge och potential för svensk bioekonomi, vilka hinder som just nu har gjort att flera av de mest spännande teknikerna inte kommit att kommersialiseras samt inte minst vad som behöver göras för att ta tillvara den unika möjlighet som realiserandet av den svenska bioekonomin innebär.

3. Nuläge för svensk bioekonomi - stor realiserad potential

Basen för den svenska bioekonomin finns framförallt i den svenska skogen. Sverige är ett traditionellt skogsland där ett aktivt skogsbruk bedrivits i över hundra år. För närvarande är huvuddelen av den svenska skogsarealen brukad, vilket innebär att infrastruktur i form av både vägar och investeringar i skogsmaskiner m.m. finns på plats. Det finns en stor mängd tillgänglig biomassa, ett väl fungerande produktionssystem och en väl avvägd legal struktur där bl.a. miljöhänsyn sedan länge integrerats i skogsbruket.

För närvarande växer den svenska skogen med ca 130 miljoner kubikmeter per år. Av dessa nyttjas knappt 90 miljoner kubikmeter för industriellt bruk. Noterbart är att den totala volymen skog på rot

konsekvent har ökat sedan skogsvårdslagen infördes 1903. Det totala beståndet är större idag än det någonsin har varit. Det kommersiella skogsbruket har under mer än 100 års tid successivt bundit mer och mer kol i de svenska skogarna. Den samlade kunskapen och produktionskunnandet inom det svenska skogsbruket utgör grunden för den framtida svenska bioekonomin.

Det finns enskilda debattörer som menar att det ur klimatsynvinkel skulle vara bättre att lämna träden i skogen. Detta är ett direkt felaktigt påstående av flera skäl. Det viktigaste är att ung skog växer fort. En brukad skog i tillväxt binder därför betydligt mer kol än en gammal skog gör eftersom tillväxten avtar markant efter 70-80 år i nordiska skogar. Dessa debattörer har inte heller tagit i beaktande de fundamentala skillnaderna i de ackumulerande effekterna av utsläpp av biogen eller fossil koldioxid, där de fossila utsläppen är irreversibla. Om man dessutom tar hänsyn till att produkterna från skogen i form av trähus, förpackningar, textil, biodrivmedel m.m. ofta substituerar fossilt baserade produkter blir den totala klimatnyttan av ett aktivt skogsbruk stor. Forskningscentret Future Forest¹ har visat att varje avverkad kubikmeter skog i Sverige möjliggör ett undvikande av 470 kg koldioxidutsläpp, vilket ger en årlig klimatnytta från svenskt skogsbruk på 60 miljoner ton CO₂-eqv årligen. Det kan jämföras med Sveriges totala utsläpp år 2014 på 54,4 miljoner ton CO₂-eqv². Denna årliga klimatnytta kan ökas med upp till 100 miljoner ton med förbättrat brukande och nya skogsbaserade produkter som komplement till dagens användning.

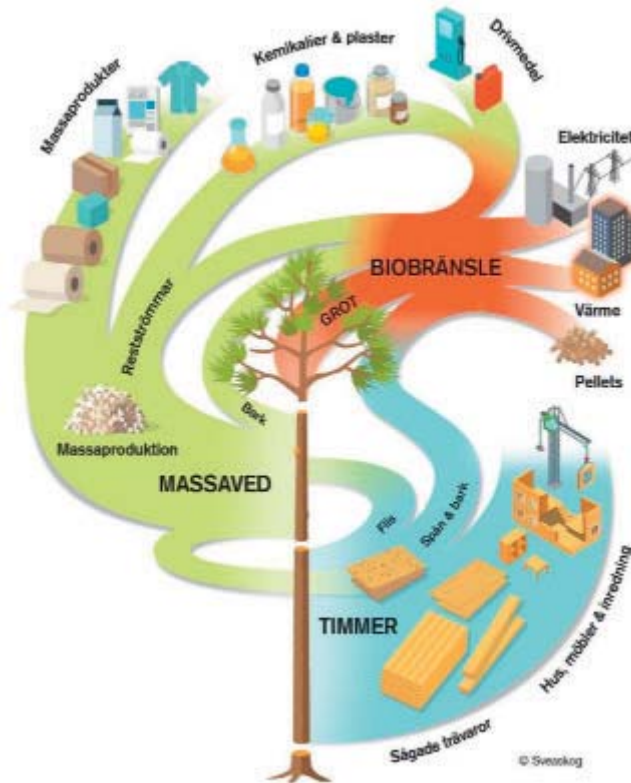
Röster har också höjts för att trakthyggesbruket, s.k. kalhyggen, skulle vara en stor belastning ur ett klimatsperspektiv. Momentant frigörs kol när ett trakthygge tas upp. Ny forskning har dock visat att redan efter 5-10 år har den ökade tillväxten hos den nyplanterade skogen redan kompenserat denna kortsiktiga effekt. Efter denna brytpunkt binder den nya skogen mer kol än den gamla skulle gjort om den inte avverkats. Omfattande studier efter bl.a. stormen Gudrun har påvisat detta.

Ur ett klimatsperspektiv är därför ett aktivt skogsbruk inte bara en förutsättning för den svenska bioekonomin, det är i sig självt ett effektivt sätt att skapa en kolsänka. Om bioekonomins produkter skall vara långsiktigt hållbara och därmed trovärdiga på marknaden måste skogens värden i form av rekreation, artrikedom och diversitet också fortsatt säkerställas. Miljöhänsynen i dagens skogsbruk, FSC-märkning etc. är en styrka för den framväxande svenska bioekonomin.

Industriellt är Sverige och Finland världsledande när det gäller dagens skogsindustriella processer och produkter. Flera globala skogsindustrikoncerner har sin bas i Sverige och Finland. Det finns ett gediget kunnande i Sverige kring hur skog process till olika produkter såsom exempelvis plankor, konstruktioner, massa, papper, förpackningsmaterial, tissue och textilier. Många av dagens teknologier och tillverkningsprocesser inom skogsindustrin är ursprungligen utvecklade i Sverige. Bioraffinaderier och andra framtida produktionstekniker inom bioekonomin kommer att kunna dra stor nytta av detta kunnande. Dagens befintliga infrastruktur i form av kemiska och mekaniska massabruk, sågverk, integrerade pappers- och kartongbruk m.m. utgör också en viktig bas för att förädla delströmmar till nya produkter. Exempel på detta som redan nu finns på marknaden är gröna kemikalier och drivmedel som produceras med tallolja som bas liksom lignosulfonat och energipelletts från sågverken. I nedanstående bild visas schematiskt hur den s.k. multiproduktprincipen redan idag genomsyrar användningen av svensk skog. Den principen kommer att vara viktig att tillämpa och förädla under framväxten av den nya bioekonomin.

¹ Tomas Lundmark et al Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation Forests 2014, 5(4), 557-578; doi:10.3390/f5040557

² Naturvårdsverkets officiella utsläppsstatistik



Figur 1: Hur används den svenska skogen idag? En schematisk bild av den s.k. multiproduktprincipen.

Samtidigt står den svenska skogsindustrin inför stora strukturella utmaningar. Konsumtionen av tryckpapper faller sedan några år tillbaka. En strukturell minskning av efterfrågan på tidningspapper med 8-10 procent har varit ett faktum. De finns också andra produktområden inom papperssegmentet som backar på ett liknande sätt. Därför behöver skogsindustrin ställa om sin produktpalet för att säkerställa långsiktig lönsamhet. Denna utveckling gör också att det kommer att finnas tillgång till skogsråvara för att utveckla nya produkter inom den svenska bioekonomin. Produktpaletten ovan kommer att förändras när vi successivt kliver in i bioekonomin.

Under de senaste 20 åren har satsningarna på forskning varit ansevärd för att realisera den svenska bioekonomin. På forskningssidan har bl.a. Wallenberg Wood Science Center, Bio4Energy, Energimyndighetens etanol- och förgasningsforskning, Umeå Plant Science Center m.fl. bedrivit internationellt uppmärksammas forskning som syftar till att ta fram nya produkter och lösningar från skogen. Andra uppmärksammade utvecklingssatsningar är bl.a. BioInnovation, SP Processum och Paper Province. Även inom industriforskningsinstituterna har SP, Innventia, JTI, SPDD m.fl. bedrivit omfattande forskning inom området. Uppskattningsvis finns ca 500 forskare enbart inom RISE-instituterna med inriktning mot bioekonomin. Sverige är tillsammans med Finland världsledande som forskningsnation för att hitta nya produkter med bioråvara som bas. Dessa forskningsinsatser är ett viktigt skäl till Sverige ligger mycket väl positionerat för att påbörja den storskaliga kommersialisering och systemomställning som bioekonomin innebär.

Ytterligare ett skäl som gör Sverige väl lämpat för att bygga bioekonomin är vårt väl utbyggda logistiksystem för att producera, avverka och transportera skogen till produktionsanläggningarna. Detta är i många andra länder en gigantisk utmaning. Infrastruktur i form av vägar saknas ofta. Biomassa från jordbruket, som utgör huvudråvaran i många andra länders planerade bioekonomier, är ofta mycket skrymmande och därmed svårare ur logistiksynpunkt än skog. Ofta underskattas denna logistikaspekt som vi i Sverige just nu kan ta för given. En jämförelse kan göras med Norge där stora delar av skogsindustrin lagt ned sin verksamhet. Där har det gått så långt att sågverken har svårt med virkesförsörjningen eftersom de inte ensamma kan bära kostnaden för virkesuttag när inte massabruken längre efterfrågar virke. Stora delar av det norska skogliga logistiksystemet har fallit samman. Det väl fungerande logistiksystemet är en central tillgång för att skapa bioekonomin i Sverige. Att det svenska logistiksystemet fungerar bra beror på att det än så länge finns tillräckligt lönsamma produkter i alla de olika delarna av multiproduktssystemet som beskrivs ovan.

Sverige ha också en stark kemi- och raffinaderiindustri. Klustret av starka kemiföretag i Stenungsund samt PREEM:s och Perstorps verksamheter ligger alla i internationell framkant. Inom denna industrigen finns ett gediget marknadskunnande och processkunnande på polymer- och platsidan. Kemiindustrins råvara är nästan uteslutande fossilt baserad. I takt med att raffinaderier och kemiindustri byggs ut i geografisk närhet till råvaran kommer den svenska och europeiska kemiindustrin att få en allt sämre konkurrenssituation. Många av bolagen ser framför sig en mycket svår konkurrenssituation när länderna i mellanöstern byggt ut kemiindustrier och raffinaderier i full skala. Industrin söker därför aktivt efter att kunna ersätta fossila råvaror med biobaserade, allra helst råvaror baserade på svensk skog. Med andra ord har två för Sveriges samhällsekonomi viktiga industrigenar sammanfallande intressen när det gäller att realisera delar av den nya bioekonomin.

Sammantaget erbjuder de två industrigenarna en tämligen komplett kunskapspalett från råvara till flera av de framtida slutmarknaderna. Det samlade processkunnandet inom de två branscherna är i högsta grad relevant för att åstadkomma en teknisk konvertering mot nya produkter. Branscherna samarbetar dock inte i dagsläget i tillräckligt stor utsträckning för att tillfullo nyttja denna potential.

Även utveckling av tjänster kopplade till bioekonomin har stor potential. De länder som bygger de första anläggningarna inom olika teknikområden kommer också att kunna utveckla en helt ny tjänstenäring baserad på detta kunnande. På samma sätt som ÅF och Sweco växt fram i symbios med bl.a. svensk skogsindustri, kommer nya tjänstenärningar att växa fram i spåren på bioekonomin. Dessa nya näringar kommer att omfatta även tjänster kring nya affärsmodeller, tjänster kring certifiering etc. Eftersom bioekonomin handlar om att bygga helt nya produktionsanläggningar och samhällsstrukturer så kommer de länder som tidigt realiserar bioekonomin också att kunna bygga en tjänsteekonomi kring densamma. I en förlängning handlar bioekonomin om långt mycket mer än ny produktion.

Den forskning som nämnts ovan har varit framgångsrik sett ur perspektivet att ett flertal nya tekniker och produkter har kommit mycket långt i sin utveckling. Men det saknas ännu fullskaliga produktionsanläggningar där det bekräftas att de nya teknikerna fungerar även i stor skala samt att de produkter som framställs efterfrågas och kan etableras på marknaden i konkurrens med oljebaserade produkter. Ett antal semiindustriella demonstrationer har under den gångna tioårsperioden genomförts, inte minst tack vare satsningar som gjorts av Energimyndigheten. Här kan bl.a. nämnas de svenska förgasningsanläggningarna med demonstrationsanläggningar i bl.a. Göteborg, Piteå och Värnamo, samt den svenska etanolsatsningen med demoanläggningar i Örnsköldsvik. Torrefierings- och pelleteringsanläggningar i Umeå och Storuman är andra exempel. Alla dessa uppskalningar till industriell pilotskala har varit tekniskt framgångsrika. Teknikerna har demonstrerats under realistiska driftförhållanden och under lång tid av kontinuerlig drift. Många av

satsningarna riktar sig mot produktion av biodrivmedel, men dessa (exempelvis etanol och metanol) kan lika väl användas som byggstenar vid produktion av olika kemikalier och plaster. Med andra ord finns ett flertal spår som tekniskt är redo för fullskalig kommersialisering, där byggstart av fullskaliga produktionsanläggningar skulle kunna ske på kort varsel. Demonstration av tekniken har bara skett på drivmedelsområdet eftersom den enda myndighet som haft möjlighet att finansiellt stötta stora piloter och demonstrationsanläggningar har varit Energimyndigheten. Samma behov av demonstration av svensk forskning i större skala finns också inom exempelvis material-, textil- och kemikaliesidan.

Bioekonomin täcker in ett mycket brett teknik- kompetens- och marknadsområde utöver de exempel som diskuterats tidigare. Det finns ett antal spännande industriella sektorer där ett större inslag av bioråvara skulle ha stor klimatpolitisk och näringspolitisk potential och som därför också bör vara en del av den framväxande svenska bioekonomin. Ökat trähusbyggande är ett mycket tydligt sådant exempel. Foder från sockerinnehållet i biomassan likaså. Textilier som Viskos och Lyocell har en mycket intressant framtid framför sig och på dessa områden borde också en svensk re-industrialisering kunna äga rum. Det förutsätter dock en politisk förståelse för att demonstratorer och uppskalningar är nödvändiga även för de storskaliga anläggningarna inom dessa områden.

Exempelvis skulle ökad förädling inom Sverige, som trähuselement som exporteras och sätts ihop som hela byggnader på plats utomlands ge mer arbetstillfällen än enbart export av plankor. Det finns dessutom ett internationellt intresse för att bygga i trä, inte bara som klimatåtgärd men även som åtgärd för att öka städernas resiliens mot ex jordbävningar. Med Sveriges designvarumärke och den snabba innovationsutvecklingen inom textil kanske våra svenska klädmärken kan flytta hem produktion av tråd och sömnad. Även när det gäller nya smarta material från skogen finns en stor potential till att bygga helt nya värdekedjor och industristrukturer, exempel på lovande material är nanocellulosa och kolfiber från skogen. Ökad förädling inom Sverige ger ökad sysselsättning och ökad värdeförädling.

Ett viktigt verktyg för den nya bioekonomin ligger vidare i att skapa effektiva storskaliga processlösningar i s.k. Bioraffinaderier. Trä är till sin natur svårt att bryta ner, vilket kräver både stora mängder energi och kemikalier i jämförelse med den fossila råvaran. Anledningen till detta, om man jämför med olja, är att oljan tagit årmiljonerna och trycket i berget till sin hjälp för att åstadkomma den nedbrytning som krävs för att komma åt de intressanta polymera strukturer som finns i all biomassa. De tre viktigaste grundkomponenterna är i vår svenska skog är cellulosa, lignin och hemicellulosa. För att frigöra dessa tre måste skogsråvaran brytas ned i komponenter med hjälp av kemikalier, högt tryck och hög temperatur. Det är detta första nedbrytningssteg som är kostsamt i ett bioraffinaderi. När det väl har skett finns stora möjligheter att tillverka många olika produkter, från de tre huvudkomponenterna i veden, se multiproduktprincipen ovan. Den framväxande bioekonomin måste ta tillvara och värdemaximera alla dessa komponenter. Detta kräver såväl storskaliga anläggningar och resurseffektivitet så att en stor andel av råvaran kan omsättas med låg koldioxidbelastning till kommersiella produkter och ge ett högt sammantaget kommersiellt värde. Flera olika tekniska plattformar för denna nedbrytning finns redan i dag och Sverige ligger mycket långt fram både ur utvecklings- och industrialiseringssynpunkt när det gäller nya bioraffinadertekniker. Även när det gäller bioraffinaderier har inte heller destorskaliga kommersialiseringstegen kunnat åstadkommas.

En stor del av den tekniska forskning och de koncept som idag utvecklas, bygger på ett koncept som innefattar bioraffinaderier. Med andra ord kommer högvärdiga fiberprodukter som textil, tissue och förpackningar att produceras samtidigt som drivmedel, kemikalier och energi. Det är praktiken således fråga om både och, snarare än endera eller, när fördelen med olika produkter diskuteras.

Framtidens bioraffinaderier måste därför producera en produktpalet för att vara både lönsamma och effektiva ur miljösynpunkt.

Det pågår också omfattande utveckling kring att konvertera dagens kemiska massabruk (sulfit och sulfat) till bioraffinaderier för att på sätt öka värdeförädlingen och skapa nya produktgrupper. Även detta utvecklingsarbete har lett fram till ett flertal mer eller mindre färdiga tekniska koncept som skulle kunna byggas i full kommersiell skala inom en snar framtid. Exempel på detta är svensk tråd- och foderproduktion i anslutning till befintliga kemiska massabruk. Ett annat exempel är den utveckling som redan skett på talloljeområdet där miljödiesel redan idag produceras i kommersiell skala.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att Sverige står mycket väl rustat för att träda in i den nya bioekonomin. Efter att ett första klimatavtal förhandlats fram i Paris återstår nu det viktigaste – att börja leverera nya lösningar och ställa om vårt samhälle till fossiloberoende. Det råder ingen som helst tvekan om att den tid vi har på oss för att åstadkomma detta är mycket knapp. Av ovanstående resonemang framgår att tekniskt och industriellt är Sverige redo. Om vi sammanfattar resonemangen så finns det:

- Världsledande forskning
- Färdiga, industriellt testade tekniklösningar
- Utvecklade bioraffinaderikoncept
- Industriell kompetens
- Ett uthålligt skogsbruk
- Moderna produktionsanläggningar och logistikkedjor för hantering av stora volymer biomassa
- Världsledande industriella aktörer
- Behov av att hitta nya lönsamma produkter för vissa grenar av vår industri
- Ett akut behov av att hitta nya systemförändrande lösningar för att bromsa klimatförändringarna

Denna nulägesbeskrivning har tyvärr varit densamma under den senaste 10-årsperioden. Ändå har inga fullskaliga kommersiella anläggningar byggts inom de nya teknikområdena. Inga nya storskaliga marknader eller produkter inom bioekonomin har fått fullt genomslag. Nya systemförändrande klimatvänliga lösningar i stor skala har uteblivit, detta trots statliga insatser i mångmiljardklassen i forskning och pilot- och demonstrationsförsök. Hur kan denna tröghet förklaras? Vilka har hindren varit som gjort att den svenska bioekonomin inte realiserats?

4. Hinder för framväxten av den svenska bioekonomin

Som framgår av resonemanget ovan så har inte de nya produkterna inom bioekonomin nått marknaden. Detta gäller framförallt de riktigt stora volymprodukterna som kräver stora, dyra investeringar i processanläggningar exempelvis biomaterial, biodrivmedel, textilproduktion, biokemikalier, byggprodukter m.m. Det steg som framförallt inte har realiserats är byggande av de fullskaliga industrialanläggningar som krävs för att få ekonomi i processerna. Hela industrin präglas av s.k. economies of scales och de första fullskaliga kommersiella anläggningarna innebär investeringar på flera miljarder styck. Storskalighet krävs som tidigare nämnts eftersom skoglig biomassa kräver energi, tryck och kemikalier för att bryta ner. Som exempel kostar en första fullskalig etanol- eller sockerfabrik baserad på skogsråvara ca 1-2 miljarder SEK och en förgasningsanläggning för produktion av exempelvis metanol kostar i storleksordningen 3-5 miljarder SEK. Ett helt nytt

biorafinaderi i kommersiell skala är sannolikt ännu dyrare än så. Som jämförelse kan nämnas att investeringen i ett nytt massabruk i konkurrenskraftig storlek ligger på 8 – 10 miljarder SEK.

Investeringar i anläggningar baserade på helt nya processer är också befattade med särskilda risker. De första anläggningarna blir ofta dyrare, dels för att eliminera tekniska och marknadsmässiga risker, dels för att anläggningarna successivt kan byggas på ett effektivare och billigare sätt när anläggning 2,3 och 4 uppförs. En tumregel i den befintliga kemi- och processindustrin är att den 5:e anläggningen ofta har en investeringskostnad som motsvarar ca 50 procent av den första. Samma effektiviseringsvinster förväntas också inom investeringar inom den nya bioekonomin. Enskilda företag har därför tvekat inför att ensamma göra investeringar i en första anläggning inom helt nya teknik- och marknadsområden, särskilt när förväntade effektiviseringsvinster tas med i beräkningen.

Det svenska innovationsstödssystemet inom bioekonomin har valt att styra sina satsningar mot tidiga teknikutvecklingsfaser. Forskning och utveckling är väl finansierat och här har systemet fungerat ändamålsenligt för de flesta tänkbara produktgrupperna inom bioekonomin. När det gäller piloter i lite större skala har medel funnits hos Energimyndigheten för att göra de så viktiga första uppskalningarna och att få testa tekniken i kontinuerlig drift. Ett antal sådana piloter har byggts och robusthet och kontinuerlig drift har testats under en begränsad tidsperiod. Detta steg har dock funnits tillgängligt enbart för biodrivmedel.

Ekonomiska skalfördelar gör som tidigare nämnts att investeringar i de första anläggningarna blir omfattande. Sådana investeringar kräver därmed en långsiktig, stabil efterfrågan på stora volymer nya produkter för att privata investerare skall kunna agera. Utan sådana investeringar kan dock inte tekniken utvecklas vidare och kostnaderna reduceras ytterligare; teknikutvecklingen är inte endast avhängig framgångsrik FoU utan är minst lika beroende av lärande i produktionen och användningen av de nya produkterna.

Ett initialt stöd för att skapa en långsiktig efterfrågan på biobaserade produkter i dessa tidiga nischmarknadsfaser och tillväxtfaser har således saknats i innovationssystemet. I detta sammanhang bör det betonas att fossilt oljebaserade produkter sedan länge är etablerade på marknaden och att dagens låga och volatila kostnad för råolja ger betydande svårigheter att etablera mer hållbara produkter med en högre tillverkningskostnad. Som en jämförelse kan göras den satsning som nyligen gjorts på Gobi-gas anläggning i Göteborg. Den helt nya demonstrationsanläggningen producerar biogas till priset 75 öre per kWh vilket kan jämföras med priset på naturgas som idag ligger på 15 öre per kWh. De fossila lösningarna har varit ekonomiskt mer konkurrenskraftiga under den gångna 10-årsperioden.

Det fanns dock goda intentioner att skapa nischmarknader på biodrivmedelsområdet med exempelvis åtgärder som en årlig förnyad skattebefrielse på drivmedel, 3-åriga miljöbilspremier och den s.k. pumplagen. Detta skapade i början av 2000-talet en tillräcklig efterfrågan på etanol. Tyvärr brast systemet i långsiktighet. Politiken valde alltför snart att lämna högre subventioner på smådieslar, som också klassades som miljöbilar, än på gas- och etanolbilar långt innan några långsiktiga investeringsbeslut om fullskaliga anläggningar i Sverige hade hunnit fattas. Skatter på etanol har stegvis införts, användningen av olika typer av råvaror som vete har begränsats. Efter att Sverige uppnått sina klimatmål om 10 procents förnybar energi i transportsektorn till år 2020 redan 2012 (då Sverige hade 12,1 procent förnybar energi), har inga nya mätbara klimatmål för att driva fortsatt marknadstillväxt fastställt. Den tillräckliga efterfrågan som kortsiktigt fanns på denna nischmarknad föll tillbaka och försvann och långsiktiga investeringar i fullskalig produktion uteblev. Samma otillräckliga och alltför kortsiktiga incitamentsstruktur gjorde att investeringarna i svartlutsförgasning på massabruken inte heller kom till stånd. Inga incitamentsstrukturer för att

skapa nischmarknader har funnits på andra områden än biodrivmedel. Detta illustrerar en tydlig brist i innovationssystemet. Investeringar har hämmats av den ryckighet i lagstiftning, kvotplikter och skattesatser som tyvärr präglat systemet under den gångna 10-årsperioden. Företagen har därmed reagerat helt rationellt när miljardinvesteringarna uteblivit, med dagens regler, efterfrågetryck från konsumenterna och oljepris hade dessa investeringar varit mycket olönsamma.

Om vi studerar fördelningen av finansiering till olika delar i innovationssystemet ur ett internationellt perspektiv så har tidningen Ny Teknik presenterat hur användningen av statliga resurser fördelas i USA, Kina och Europa med avseende på, å ena sidan forskning, och å andra sidan utveckling och kommersialisering. Inom EU satsas ca 95 procent av resurserna på forskning och 5 procent på kommersialisering. I Kina och USA fördelas medlen i stort sett jämnt mellan dessa två områden.

Detta har sammantaget fått som konsekvens att steget från en första fungerande industriell pilotanläggning till att nå kommersiell marknad inte har tagits. Flera stora, dyra utvecklingsprojekt har gått i stå. En annan kanske mer allvarlig konsekvens av denna systembrist är att förtroendet hos de större företagen för staten och myndigheternas förmåga att agera långsiktigt har brutits. Raden av exempel med lovande väl genomförda tekniska projekt som inte följts upp i lanserings- och nischmarknadsfasen gör att det nu finns en stor försiktighet kring större investeringar. Eftersom styrmedlen ändrats av både EU och Sverige i stort sett varje år behöver förtroendet för långsiktigheten i systemet återuppbyggas. Exempelen är hämtade från biodrivmedelsområdet, men resonemanget är giltigt för alla processer som kräver storskalighet och helt nya typer av processanläggningar.

Ovanstående beskrivning illustrerar också graden av långsiktighet som kommer att krävas för att ställa om till bioekonomin. Det handlar om miljardinvesteringar som skall skrivas av på 15 till 30 år. Då måste också en stadga i styrmedlen skapas med samma tidshorisont. Exempelvis har både den svenska utvecklingen av svartlutsförgasning och etanoltillverkning pågått i mellan 20 och 25 år. Samma sak gäller för exempelvis nanokristallin cellulosa, detta utvecklingsarbete för att ta fram ett helt nytt material har pågått i ca 15 års tid. Detta tidsperspektiv är inte ovanligt för teknisk utveckling av helt nya processer i stor skala. Dessutom handlar detta utvecklingsarbete om att förändra och utveckla nya marknader. Kundernas preferenser för grönt växer fram successivt och dessa marknader kräver också en stor långsiktighet och en stor satsning i ny kompetens för de inblandade bolagen. Nya affärsmodeller måste skapas, nya företagskonstellationer måste byggas etc. Ansenlig tid kommer att tas i anspråk även för denna förändring. Även här måste de styrmedel som skall skapa de första nischmarknaderna väga in det långa perspektivet. Eftersom perspektivet för Sverige och EU till dags dato i bästa fall varit tre-årigt, har kortsiktigheten varit ett mycket stort hinder för att skapa grön efterfrågan på nischmarknader och därmed möjliggöra investeringar med avskrivningstider på 10 – 20 års tid.

Ett förtydligande som måste göras är att vi bör skilja på å ena sidan storskaliga, helt nya processer och å andra sidan tekniker som nyttjar volymmässigt begränsade procesströmmar i redan befintliga anläggningar (exempelvis att nyttja talloljan från sulfatfabriker). Det är de nya, stora processerna som är svåra att lösa finansiellt, tekniskt och marknadsmässigt. För att skapa ett mer biobaserat samhälle krävs mycket stora volymer biobaserade produkter. Det är därmed också de stora anläggningarna som ger mer reella bidrag till klimatfrågans lösning. Med andra ord kan bioekonomins fulla potential bara realiseras om vi bygger stora anläggningar. Det är tyvärr också just i denna del som innovationssystemet fallerat.

I de nya storskaliga anläggningarna kommer också många produkter att framställas vid varje anläggning. Det kan jämföras med den uppskalning som sker i de existerande massbruken, den

medför snarare en minskad sysselsättning eftersom huvudsakligen en produkt framställs. I ett bioraffineri gäller det omvända, d.v.s. fler produkter kommer att kräva ökad sysselsättning, inte bara i produktionsledet utan även i efterföljande distributionsled. Även detta är ett skäl till varför det statliga innovationssystemet bör inrikta sina resurser mot kommersialisering av de storskaliga processerna.

Klassiskt skolade ekonomer kommer att invända mot resonemangen ovan och säga att marknaden bäst löser detta genom sina effektiva fördelningsmekanismer. Det är naturligtvis ett helt riktigt resonemang förutsatt att oljan redan idag belastades med alla de kostnader som dess användning kommer att generera i framtiden. Eftersom oljepriset idag inte alls belastas med dessa kostnader, så kommer den s.k. osynliga handen och marknaden under överskådlig framtid att gynna investeringar i fossilt baserade lösningar. Med andra ord är det naivt att med rådande marknadsförutsättningar förvänta sig att näringslivet ensamt skall lösa samhällsomställningen in i bioekonomin. Fram till dags dato har mycket av politiken som förts faktiskt utgått ifrån att marknaden i tid kommer att lösa klimatfrågan och realisera bioekonomin. I skrivande stund står oljepriset i 27 dollar per fat och medeltemperaturen har höjts med 0,9 grader sedan förindustriell tid. Vid 3 graders temperaturhöjning förväntas havsnivån stiga med 7 meter. Om kostnaderna för den förväntade havsnivåhöjningen hade varit inkluderade i oljepriset hade marknaden för länge, länge sedan realiserat bioekonomin. Den kostnaden finns idag på inte sätt inkluderat i oljepriset. Det är därför som vi svårigen kan förlita oss enbart på marknaden om vi samtidigt har ambitionen att rädda klimatet, styrmedel från det offentligas sida är nödvändiga.

Det bör dock poängteras att det redan idag finns en grön premie på många marknader. Undersökningar bland slutkonsumenter ger vid handen att det finns en beredvillighet att betala mer för grönt. Ca 20 procent av slutkonsumenterna är redan idag beredda att betala 20 procent mer för miljövänliga alternativ. Hindret i sammanhanget har varit att de flesta affärer som görs inom bioekonomin sker mellan företag, s.k. Business to Business. Ett konkret exempel på detta är plastpåsen baserad på sockerrörsetanol som idag säljs i handeln för 50 öre mer än en konventionell plastpåse. Detta gröna premium stannar idag hos handeln. Därmed byggs inte heller några nya produktionsenheter inom bioekonomin i Sverige. Om nya affärsmodeller kan skapas där premiet kan fördelas bakåt i produktionskedjan skulle mycket vara vunnet. Här finns utrymme för nya konsortier och affärsmodeller som industrin själva måste börja utveckla för att kunna realisera den svenska bioekonomin.

Under den senaste 10-årsperioden har ett annat hinder varit att många av de nationella åtgärder som föreslagits eller funnits stått i strid med EU:s regelverk för statsstöd. Här står två viktiga politikområden i konflikt med varandra. Statsstödsreglerna finns till för att handeln mellan Europas länder inte skall störas på ett otillbörligt sätt genom användandet av subventioner etc. Problemet på just bioekonomins område är att vi faktiskt vill förfördela en bransch framför en annan. Vi vill missgynna fossilt baserade lösningar och prioritera de biobaserade. Denna problematik måste hanteras endera inom ramen för EU-samarbetet eller genom att de svenska nationella tolkningarna av statsstödsreglerna bli mindre dogmatiska. Som det ser ut nu har staten en alltför begränsad palett av åtgärder p.g.a. att två politikområden krockar. Främjande av kommersialisering av nya produkter inom bioekonomin är god klimat- och näringspolitik men dålig handelspolitik. Idag tycks handelspolitiken vara överordnad klimatpolitiken. Denna intressekonflikt måste dömas av på högsta nivå, både inom EU och på nationell nivå om vi menar allvar med att realisera den svenska bioekonomin.

Slutligen har ett sista hinder varit underskattningen av den komplexitet på framförallt marknadssidan som bioekonomin medför. Dagens koncerner är inriktade på att leverera dagens produktgrupper.

Marknadsavdelningar och affärsmodeller är anpassade till något helt annat än en fullt utbyggd bioekonomi. I exemplet ovan beskrivs hur det gröna premiet skulle behöva omfördelas, många nya affärsmodeller för situationer som denna behöver identifieras. Många av de ofta konservativa globala koncerner som idag är på väg in i bioekonomin har inte förmått hitta dessa lösningar. Former för att få enskilda entreprenörer att driva förändringsarbetet är ett annat område där dagens stora koncerner och företag hittills inte hittat de nya kreativa lösningarna. Att hantera denna komplexitet vad gäller multiproduktprincipen, nya marknader, affärsmodeller och entreprenörskap inom bioekonomin där storskalighet måste möta kreativitet och entreprenörskap är en stor utmaning. Former både för att bjuda in nya aktörer och entreprenörer samt forskning runt nya affärsmodeller och marknadslösningar är därför en viktig komponent av framtiden.

Flera av de resonemang som förs ovan gäller inte bara Sverige utan även Europa. Utvecklingstakten i Kina, Brasilien och periodvis i USA har varit högre men även där brottas man med flera av de hinder som belyses ovan. Bioekonomins utveckling har gått långsammare globalt än vad vi förväntade oss för 10 år sedan. Frågan är nu vad som kommer att ske i spåren på Paris. En rimlig förväntan är att den skjuter fart igen, framförallt i de länder som vågar riskdela de första stora investeringarna mellan offentliga och privata aktörer och som vågar se långsiktigt på frågan. Teknikerna finns färdiga och testade, så nu det kan gå fort. Vi har redan sett att de första fullskaliga anläggningar som byggts, har gjort det på andra håll än i Europa. Om Sverige inte aktivt gör någonting åt hindren som hittills bromsat bioekonomins framväxt kommer det att få två konsekvenser, vi missar en möjlighet att bidra med lösningar på klimatområdet och vi missar en möjlighet att re-industrialisera Sverige.

Sverige ligger sammanfattningsvis mycket väl positionerat just nu för att realisera bioekonomin men det kommer inte att ske om inte stat och näringsliv hittar en gemensam väg framåt och återetablerar ett förtroendefullt samarbete för att eliminera de kvarstående hindren. För att lyckas med detta handlar det inte om några snabba, enkla lösningar. En ny helhetssyn på hur vi ska realisera bioekonomin måste mejslas fram. En bred politisk samverkan över partigränser och departementsgränser kommer att krävas. Nedan diskuterar vi hur en sådan politik skulle kunna se ut inom bioekonomins område.

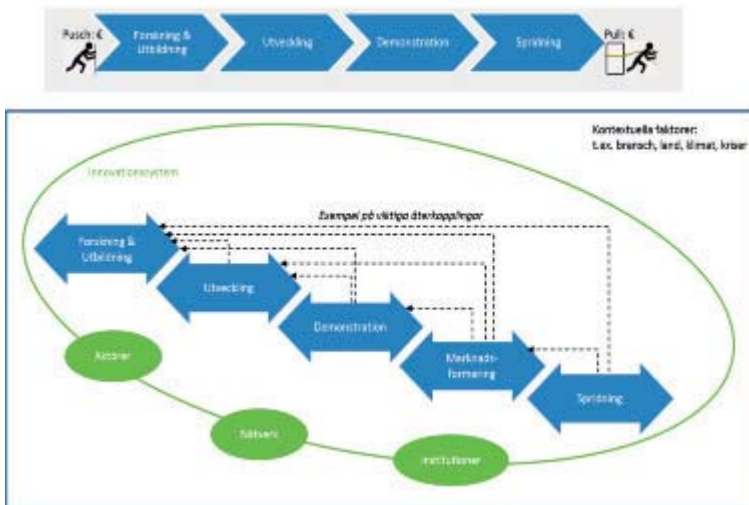
5. En modell för innovations- och industrialiseringspolitik inom svensk bioekonomi³

En framgångsrik innovationspolitik behöver utgå från ett systemperspektiv på innovation. I all innovation finns viktiga återkopplingsmekanismer mellan teknik- kunskaps- och marknadsutveckling. Återkopplingsmekanismer är nödvändiga för att nya teknikspår med stor potential, skall kunna mogna och konkurrera med etablerade alternativ på marknaden. I praktiken betyder det att innovationspolitiken behöver inrikta sig på att stimulera aktörer till att bilda nätverk, experimentera och lära sig hur den nya tekniken skall kunna fungera på kommersiella villkor, samtidigt som eventuella institutionella hinder (dvs. lagar, regler, normer etc.) för ett sådant lärande undanröjs. Parallellt med detta behöver också fortsatt FoU bedrivas. En systeminriktad innovationspolitik främjar därför inte enbart FoU, utan har även ett starkt fokus på lärande och marknadsetablering.

³ Modellen och bilderna i detta kapitel baseras på följande publikationer: Styrmedel och innovationspolitik för framtidens bioraffinaderier, Underlag till Biofuel region, Umeå (2016) samt Teknologiska innovationssystem inom energiområdet: En praktisk vägledning till identifiering av systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtgärden, ER 2014:23. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Fram till 1980-talets mitt dominerade en linjär innovationsmodell, enligt vilken investeringar i grundläggande forskning så småningom resulterar i utveckling, innovation och vidare i spridning av dessa innovationer i en linjär process.

Idag vet vi att sambanden mellan forskning, utveckling och spridning av nya innovationer är långt mer komplexa. En effektiv innovationspolitik behöver ta fasta på de återkopplingar som finns mellan innovations- och spridningsprocessens alla steg. Figur 2 belyser skillnaderna mellan den linjära och den systeminriktade innovationsmodellen. Ett viktigt tillägg är steget ”marknadsformering”, i vilken nya marknader gradvis formas. Utöver återkopplingarna är detta ett viktigt steg i innovationsprocessen som inte uppmärksammas i den linjära modellen.



Figur 2: Skillnaden på en linjär och en systeminriktad innovationsmodell. Den linjära illustreras av de fyra pilarna överst i figuren. Källa: IEA 2015.

I den systeminriktade innovationsmodellen så finns viktiga återkopplingar mellan alla steg, inte minst mellan marknadsformering, demonstration samt forskning och utveckling. Detta leder till ett lärande där kunder, teknikleverantörer och forskare bidrar till utvecklingen på olika sätt. Två specifika lärprocesser som ofta lyfts fram i litteraturen är ”learning-by-doing” och ”learning by using”. Den förstnämnda avser det lärande som uppstår i produktionen allt eftersom den skalas upp; större volymer innebär större investeringar i allt effektivare processer och att skalfördelar kan utnyttjas. ”Learning-by-using” avser det lärande som uppstår vid användandet av produkterna, d.v.s. när kunder ger sin feedback och kommer på nya sätt att använda eller integrera dem i sin vardag eller i existerande produktionsprocesser. Det är dessa typer av lärande som leder till att pris/prestanda relationen för nya innovationer successivt kan förbättras genom återkoppling. Det skapas också förutsättningar för en vidare spridning, genom att nya marknader och applikationsområden öppnas upp. Marknader existerar därmed inte från början, utan de skapas i ett samspel mellan olika typer av aktörer. Risker och osäkerheter är störst för de första aktörerna som måste ta kostnaderna för tekniska risker, för att skapa leverantörs- och kundnätverk, för skapandet av produktstandarder och produktkännedom.

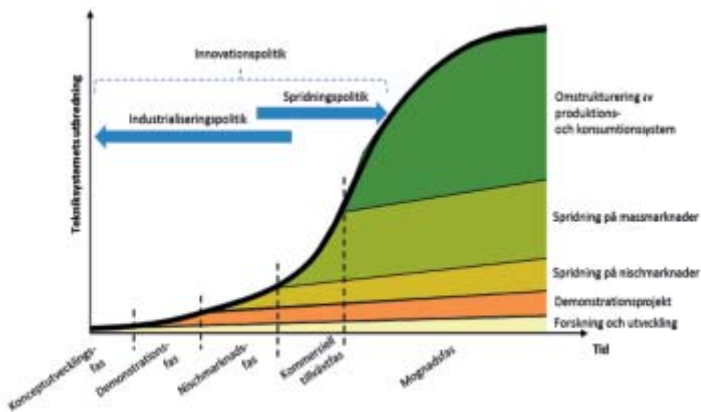
När marknaden växer, och risker har reducerats, blir allt fler och fler aktörer intresserade av att delta i teknikutvecklingen; det skapar även förutsättningar för att anpassa existerande lagar och regler som

kanske annars hindrar en storskalig spridning av den nya teknologin. När den här typen av återkopplingar finns skapas ännu bättre förutsättningar för vidare spridning och för att pris/prestanda relationen skall förbättras ytterligare. Det är exempelvis sådana återkopplingsmekanismer som gjort att priset för solceller har sjunkit från över 50 \$/W i mitten av 1970 talet till ca 1-2 \$/W idag och att tekniken nu är konkurrenskraftig mot etablerade alternativ på de flesta marknader i världen.

De positiva återkopplingarna mellan de olika innovationsstegen gör att nya innovationer kan gå från en situation där mycket få aktörer är involverade i teknikutvecklingen, en låg implementeringsgrad och en ogynnsam pris/prestanda relation. Till en situation där en ny industrisektor skapats, med ett stort antal arbetstillfällen, samtidigt som samhällsnyttiga innovationer får stor spridning.

Styrkor och hinder är ofta specifika för olika teknikområden. Som vi har sett i resonemangen ovan så är det en kombination av orsaker och hinder som gör att bioekonomin inte fortsätter att utvecklas i Sverige. Att enbart introducera ett generellt styrmedel i form av t.ex. ett pris på koldioxid kommer därför inte att ensamt utgöra en ändamålsenlig innovationspolitik. En viktig roll för politiken från ett innovationssystemsperspektiv blir därför att följa områden av strategisk vikt, stimulera positiva återkopplingar och åtgärda hinder och systemsvagheter. Detta görs bäst med en kombination av specifika och generella styrmedel. En helhetssyn på innovationssystemet för den svenska bioekonomin har saknats och behöver utvecklas.

Återkopplingarna mellan innovationsprocessens olika delar leder till att nya innovationer ofta utvecklas enligt en så kallad S-kurva, innan de når en mognadsfas. Dessa faser illustreras i Figur 3.



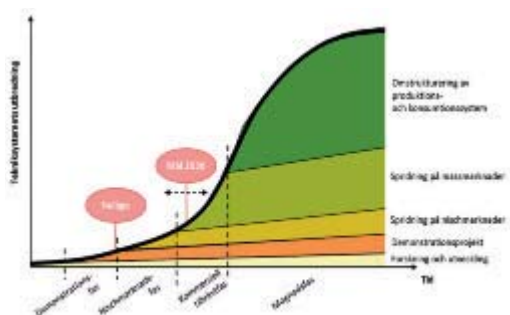
Figur 3: Spridning av innovationer genom fem huvudsakliga faser. Källa: Energimyndigheten (2014).

De tre första faserna, konceptutvecklings-, demonstrations- och nischmarknadsfaserna, är centrala för att skapa en så kallad 'industriell kapacitet'. Denna kapacitet formas genom att universitet, företag och andra aktörer lär sig om den nya tekniken, specialister utbildas, produktionsmetoder och nya värdekedjor skapas liksom nya vanor och rutiner. Vidare ändras och anpassas existerande lagar och regler, för att skapa förutsättningar för en storskalig spridning.

Den innovationspolitik som behövs under de tre första faserna skiljer sig väsentligen åt från den som behöver föras i senare faser. Vi kan kalla politiken under de tre första faserna för industrialiseringspolitik, då den syftar till att skapa en industriell kapacitet och goda förutsättningar för en vidare spridning av nya innovationer. Politiken under de två återstående faserna kan beskrivas som en spridningspolitik, då den syftar till att underlätta spridningen av existerande innovationer.

En viktig roll för industrialiseringspolitiken är att investera i generiska teknologier som sedan entreprenöriella företag kan bygga vidare på, finansiera forskning och demonstration, men också skapa nischmarknader när sådana inte existerar, så att nya innovationer kan testas i praktiken. Viktiga styrmedel i både konceptutvecklings- och demonstrationsfaserna är därför forskningsfinansiering och finansieringsstöd till demonstrationsanläggningar etc. En viktig del kan också handla om att ta fram generiska teknologier, såsom görs av de mer grundforskningsorienterade instituten i Tyskland och de statligt finansierade forskningslaboratorierna i USA. I denna del av kedjan fungerar det svenska bioekonomiska innovationssystemet åtminstone på biodrivmedelsområdet.

I nischmarknadsfasen spelar forskningsfinansiering och demonstrationsstöd mindre roll, eftersom produkterna då måste testas på en marknad tillsammans med en kund. I stället kan staten här behöva skapa förutsättningar för privata aktörer att kunna ta långsiktiga lån (på rimliga villkor) inom nya områden, som etablerade nya finansiella institutioner. Statliga företag kan också spela en roll som viktig första kund, genom att upphandla t.ex. biogasbussar, elbussar, nya material, foderproduktion etc. när de först lanseras på marknaden. Ett annat alternativ är skapa speciella lagar för just uppskalning, likt den s.k. inmatningslagen som finns i Tyskland för olika kraftslag. Just inmatningslagen framhålls i litteraturen som ett effektivt styrmedel för att stimulera innovation och bildandet av en industriell kapacitet för utvecklingen av både vindkraft och solceller, men den är samtidigt inte enkel att anpassa till andra områden. Styrmedel som efterliknar en inmatningslag kan dock vara värt att undersöka i ett område som bioekonomin där Sverige ligger långt framme och har tydliga fördelar av att realisera i jämförelse med andra länder. En spridningspolitik, å andra sidan, bör fokusera på att skapa långsiktiga förutsättningar för att göra den koldioxidsnåla tekniken tillgänglig på marknaden. För att göra det finns ett stort antal styrmedel tillgängliga såsom gröna certifikat, kvoter och skatter. Den här typen av styrmedel skall i princip inte göra någon skillnad på vem som har de smarta lösningarna och vilka de är. Styrmedel för teknologier i en tillväxtfas bör därför fokusera på att sänka generella inträdesbarriärerna för förnybara teknologier i relationen till fossila, genom att t.ex. introducera en koldioxidskatt. Ibland kallas dessa styrmedel för "teknikneutrala", men det är delvis en missvisande beskrivning då alla styrmedel styr mot vissa tekniker och inte mot andra, dvs. de skapar vinnare och förlorare.



Figur 4: Svensk bioekonomin befinner sig i en sen demonstrationsfas inom drivmedelsområdet. Inom många andra områden i en tidig demonstrationsfas.

De svenska biodrivmedlen befinner sig just nu i en sen demonstrationsfas när det gäller ett antal av de nya teknikerna och koncepten som tidigare diskuterats. Vissa av de storskaliga projekten var för några år sedan på väg in i en nischmarknadsfas, men den utvecklingen har avstannat p.g.a. bristen på långsiktighet i systemet. När det gäller många andra områden som exempelvis biomaterial, textilier och biokemikalier befinner sig många utvecklingsprojekt fortfarande på forsknings-, utvecklings-, och demonstrationsstadiet.

För att området så småningom skall nå en kommersiell tillväxtfas skulle regeringen behöva bedriva en industrialiseringspolitik där ett antal teknikkoncept testas i kommersiell skala. Enligt Energimyndigheten (2014) skulle en rimlig målsättning på drivmedelsområdet för en sådan industrialiseringspolitik vara runt 20 TWh drivmedel och kemikalier, vilket skulle motsvara att ca 8-12 anläggningar byggs i kommersiell skala. Om dessa anläggningar byggs till 2030 skulle det även innebära ett väsentligt bidrag till att uppnå regeringens målsättning om en fossiloberoende fordonsflotta.

I detta sammanhang är det viktigt att göra väl genomarbetade bedömningar av vilka produkter som till högsta möjliga resursutnyttjandet omsätter skogsråvaran till högvärda produkter med låg koldioxidbelastning. Ett alltför stort fokus och subvention av framställning av enbart biobränslen kan leda till att andra mer högvärda och mer sysselsättningskapande produkter missgynnas och därmed inte utvecklas. Filmbildande polymerer från hemicellulosa, fodermaterial från sockerströmmar, nanokristallina material, kolfiber baserade på lignin, utvinning av naturliga bekämpningsmedel och läkemedelsråvaror ur bark är exempel på produkter som har lägre koldioxidbelastning än dagens, och skapar högre värde och mer sysselsättning än enbart framställning av biodrivmedel. Biodrivmedel är en del i en framtida produktpalet, men paletten och därmed innovationssystemet måste också omfatta andra lovande områden inom bioekonomin. I ett modernt effektivt bioraffinaderi produceras ofta både högvärda produkter och biodrivmedel enligt multiproduktsprincipen, så någon egentlig motsättning behöver inte föreligga.

Bioekonomin, Bioraffinaderier och många av de nya teknikprocesser som beskrivs ovan närmar sig nu, eller befinner sig i, en nischmarknadsfas, vilket innebär att andra typer av styrmedel behövs för att stimulera utvecklingen.

Sammanfattningsvis saknas i allt väsentlig en politik för att skapa nischmarknader och industrialisering av den svenska bioekonomin. Regeringen bör i sitt fortsatta arbete komplettera

innovationssystemet med styrmedel för nischmarknadsfasen och industrialiseringsfasen. Styrmedel som främjar pilotanläggningar och demonstration för andra produkter än biodrivmedel behöver också etableras i denna tidigare fas. Styrmedlen för forskning är fortsatt viktiga. Dessa styrmedel bör ligga fast för att skapa nästa generations produkter inom bioekonomin men också för att ta tillvara de viktiga återkopplingsmekanismer som beskrivs ovan.

6. Vad behövs för att realisera den svenska bioekonomin

Hur kommer vi då vidare? Hur tar vi tillvara ett unikt läge att jobba mot klimatneutralitet, nya industriella strukturer och marknader och samhällsomställning bort från oljan? Här följer ett antal förslag som skulle kunna eliminera de hinder som beskrivits och påskynda utvecklingen av den svenska bioekonomin:

- **Att realisera bioekonomin är en samhällsomställning som kräver stort engagemang och investeringar från både stat och näringsliv**

Ett bioekonomiskt handslag mellan staten och företagen behövs. En tydlig, trovärdig väg mot den samhällsomställning som klimatet kräver måste stakas ut. I denna omställning har den svenska bioekonomin en given plats, både för att bidra till klimatomställningen men också för att inte en unik näringspolitisk möjlighet skall gå Sverige ur händerna. Att återskapa trovärdighet och långsiktighet i bioekonomins innovationssystem är en väsentlig komponent i handslaget. Sverige behöver en trovärdig strategi för bioekonomins utveckling, där både det offentliga Sverige och näringslivet är beredda att göra omfattande investeringar för att realisera bioekonomin. Ur politikens perspektiv är behovet av långsiktigheten i handslaget, en särskild utmaning som kommer att kräva blocköverskridande överenskommelser.

- **Möjliggör kommersialisering av nya innovationer**

Spännande tekniklösningar finns redo för kommersialisering. Det som behövs är en insikt om att system och samhällsomställning tar tid och kommer att kosta pengar. Långsiktighet i bioekonomistategin är därmed ett nyckelord. Strategin bör därför vara förankrad i både näringsliv och över blockgränser. Den bör ha ett 15-årigt perspektiv för att matcha investeringarnas livslängd.

- **Innovationssystemet måste räcka hela vägen fram**

Ett heltäckande innovationssystem måste skapas, som spänner över alla utvecklingssteg såsom forskning, pilotanläggningar, demonstrationsanläggningar, fullskaleanläggning, nischmarknad och tillväxtmarknad. Idag saknas helt styrmedel för nischmarknad och marknadstillväxt, vilket gjort att utvecklingen avstannat i Sverige. Ett heltäckande styrmedelssystem måste etableras med fungerande återkopplingsmekanismer mellan de olika stegen i teknikutvecklingsprocessen. Ett innovationssystemsperspektiv och en strategi som ser till helheten behöver utvecklas. De olika utvecklingsstegen måste i större utsträckning än idag kunna ske parallellt. Innovationssystemet bör inriktas mot att realisera de nya storskaliga tekniker och marknader som verkligen bidrar med systemomställning. Storskaliga bioraffinaderier där huvudprodukterna kan utgöras av exempelvis textil, material, drivmedel, förpackning och där många strömmar nyttjas samtidigt till många olika produkter är en intressant väg framåt, både ur klimat- och sysselsättningsperspektiv.

- **Värna om det hållbara och aktiva skogsbruket**

Upprätthåll och värna det klimatsmarta aktiva skogsbruk som Sverige har idag. Systemet utgör en förutsättning för svensk bioekonomi. Värna miljöprofilen på detta aktiva skogsbruk även

framöver, det är viktigt för trovärdigheten på nya svenska biobaserade produkter. Certifiering av både skogsbruk och produktkedjor ur detta perspektiv behöver vidareutvecklas.

- **Öka efterfrågan på gröna produkter**

Styrmedlen i nischmarknadsfasen bör sikta mot att skapa en långsiktig grön efterfrågan. Styrmedel med hjälp av skatter och kvoter liksom, märkning, upphandling och ägardirektiv till statliga bolag är alla möjliga verktyg och måste balanseras i ett helhetsperspektiv. Dessa styrmedel måste ta hänsyn till att dagens industri är globaliserad, så att styrmedlen inte bidrar till att flytta klimatbelastande produktion utomlands snarare än att förflytta densamma in i bioekonomin. Att skapa grön efterfrågan i nischmarknadsfasen är den enskilt viktigaste åtgärden för att snabbt ta nästa steg för svensk bioekonomi. Detta bör göras på ett antal utvalda nischmarknader. Även här är det 15-åriga perspektivet centralt.

- **Utforma nya affärsmodeller**

Släpp loss entreprenörskapet och bedriv forskning för att skapa nya affärsmodeller, bygg nya konsortier, väv in bra entreprenörer och finansierare samt gamla storkoncerner i detta arbete. Här måste också industrin ta ett större ansvar än idag för den egna omställningen och våga tänka kreativt. Detta är industrins viktigaste bidrag tillsammans med de egna investeringarna till det bioekonomiska handslaget. Att verkligen rannsaka sig själva och identifiera vilka strategiska förändringar och investeringar man egentligen är beredda att göra och öppna upp resterande delar för nya spännande entreprenöriella lösningar.

- **Stimulera industriell tillväxt**

En viktig målsättning i ett bioekonomiskt handslag som innovationspolitiken i Sverige bör inrikta sig på är att stimulera en industriell kapacitet där företag har en möjlighet att bygga de första fullskaliga anläggningarna och där effektiviseringsvinster gör att de förväntas konkurrera med de fossila alternativen på sikt. En rimlig första målsättning till år 2030 är dels ställa om de skogsindustrier som idag är aktiva inom krympande marknadssegment såsom grafiska papper genom att etablera dem som fullstora bioraffinaderier, dels att bygga ett antal helt nya fullskaliga anläggningar baserat på dagens mest lovande teknik. Detta kan potentiellt medföra en sammantagen produktionskapacitet på 5 – 10 miljoner ton bioraffinaderiprodukter producerade vid ett 10-tal anläggningar. För att dessa anläggningar skall bli verklighet måste den gröna efterfrågan på relevanta nischmarknader säkras. Det kommer också att kräva nya finansiella lösningar där stat och företag delar risken för de första stora anläggningarna. Sådana lösningar bör vara breda och medge många olika slutprodukter. En bredd i bioekonomins produkter som utvecklas med höga förädlingsvärden och resurseffektivitet är önskvärd. Material, textilier, foder, förpackningar, trähusbyggande och drivmedel gör alla stor klimatnytta och är viktiga näringspolitiskt och bör likställas i strategin.

- **Fortsatt satsning på forskning och utveckling**

De forskningssatsningar som gjorts av både stat och privata stiftelser inom bioekonomins område har varit mycket framgångsrika. Dessa satsningar bör fortsätta. Dels för att skapa nya spännande produkter med skogen som bas, dels för att ta tillvara de återkopplingsmöjligheter som är viktiga för en lyckad kommersialisering av redan lovande tekniker.

- **Våga tänka mer kreativt när det gäller styrmedel**

För att skapa en industriell kapacitet hos svenska företag behövs mer anpassade styrmedel som tar hänsyn till områdets karaktär och vilka andra styrmedel som finns tillgängliga. För att skapa

bättre styrmedel i nischmarknads och tillväxtfasen vill vi peka på möjligheterna att kombinera ett pris på koldioxid eller en generell kvot med (a) ett prispremiumsystem, (b) offentlig upphandling och (c) en separat kvot för teknologier i en nischmarknadsfas i kombination med ett budgivningssystem med förutsägbara priser. Det är kombinationen av styrmedel samt hur väl de utformas och implementeras som kommer vara av avgörande för bioekonomin framtid, snarare än enskilda styrmedel.

- **Ta fajten med EU**

Den svenska innovationspolitiken behöver söka stöd i EU:s regelverk och finansieringsinstrument och inte ensidigt styras av detsamma. Delar av EU:s regelverk som exempelvis statsstödsreglerna behöver utmanas för att belysa om de handelspolitiska eller klimatpolitiska målen är överordnade. Tolkningarna uppfattas just nu som betydligt mer dogmatiska i Sverige än i andra länder, denna konkurrensnackdel bör elimineras.

- **Identifiera innovationspartners**

De nordiska länderna har en gemensam värdegrund och förståelse för att bruka våra skogar utan att förbruka dem. Speciellt de två skogsrika länderna Norge och Finland med liknande skogsindustriell infrastruktur och kunskaper, är högtintressanta för närmare samarbeten runt marknadsuppbyggnad och gemensamma innovationssatsningar. En gemensam samsyn skulle inte bara utöka de nationella marknaderna men även stärka Sveriges möjlighet till internationell påverkan inom EU och internationellt i skogsbruksfrågor. Även andra skogsrika nationer som ex Österrike kan vara aktuella i ett sådant samarbete.

Hur påverkar digitalisering, disruptiva teknologier och livsstilsförändringar Sveriges förutsättningar att bedriva en aktiv klimat- och miljöpolitik?

Inledande tankar om teknikskifte och teknologi

Framtidsforskaren Ray Amara skrev redan på 1970-talet att ”We tend to overestimate the effect of a technology in the short run, and underestimate the effect in the long run.” Dagens svenska debatt om digitalisering och andra teknikskiften är en bra illustration av detta citat. Det råder ingen tvekan om att vi är en bra bit in i ett ’paradigmskifte’ med rötter i ny teknik och med förändrade livsstilar som främsta motor och med långtgående effekter på ekonomi, näringsliv och samhälle.

Stora teknikdrivna skiften inträffar med jämna mellanrum. Det råder olika uppfattningar om vilket i ordningen vi nu bevittnar. Erik Brynjolfsson och Andrew McAfee (vid MIT) menar att det är nutidshistoriens andra: ”The Second Machine Age” (boken utkom 2014). Under den första, den industriella revolutionen, ersattes människans muskelkraft med maskiner. Nu är det människans kognitiva förmågor som i ökande utsträckning kan ersättas av mjukvarudrivna programmerbara maskiner. Jeremy Rifkin menar att vi nu är inne i det tredje skiftet, ”Third Industrial Revolution” (2011), som uppstått när ny informations- och kommunikationsteknologi kombineras med förnybar energi. Den första revolutionen såg mekaniseringen av tillverkning (inte minst textilindustrin i Storbritannien på det sena 1700-talet), och den andra i början på 1900-talet när Henry Ford införde det löpande bandet som ledde till masstillverkning av industriprodukter. World Economic Forum och dess grundare Klaus Schwab menar å sin sida att vi nu står inför det fjärde skiftet, ”the Fourth Industrial Revolution” (2015), som uppstår när olika teknologier (digitalisering, robotisering, nanoteknologi, robotisering, etc.) kombineras. Det finns till och med de som menar att vi nu är inne i det femte skiftet,

däribland Prof Carlota Perez som placerar oss halvvägs igenom ”the fifth great surge of development”.

Låt oss uppehålla oss lite vid detta synsätt. Det som är speciellt intressant med Perez’ analys av teknologihistoria¹ är att hon tycker sig se återkommande mönster. Hon menar att varje våg av teknologiskifte varar ungefär ett halvt sekel och går genom tre distinkta faser: en spridningsfas då innovationerna får fäste och affärsmodeller utvecklas, en turbulent bubbelfas (alltid med finansiella kriser, och ibland även med politiska och sociala kriser), och sedan en gyllene ålder som pågår fram till dess att nästa skifte påbörjas. Det är under denna guld-era som konsumtionsmönster, livsstilar och samhällsmodeller förändras. Det skedde exempelvis i det Victorianska England, den europeiska Belle Époque, och ”the American Way of Life” under efterkrigstiden i USA. Dessa livsstilsförändringar är ofta genomgripande men tar längre tid än man skulle kunna tro för att slå igenom. Under det ”fjärde” teknologiska skiftet, som började före andra världskriget och spreds på allvar efter kriget, tog det några decennier från vitvarornas första prototyper till deras storskaliga intåg i hemmen (med efterföljande effekt på familj och arbetsmarknad). Detsamma gällde för personbilarna (innan de möjliggjorde förortsliv), eller passagerarflyget, radion eller televisionen. Med detta synsätt kan vi fastslå att vi egentligen bara är i början av de livsstilsförändringar som digitalisering och ICT kommer att medföra.

En kort generell reflektion över hur teknologier uppstår och sprids kan också vara på sin plats, med början i definitionen av teknologi. Komplexitetsforskaren och nationalekonomen W. Brian Arthur² menar att teknologi faktiskt har tre olika innebörder: (1) en lösning på ett mänskligt behov, (2) en anhopning komponenter och beteenden, och (3) den samlade mängden verktyg och ingenjörsmässiga metoder som finns tillgängliga i en kultur eller ett samhälle (det teknologiska paradigmet, eller det som Kevin Kelly kallar ”technium”). Den relevanta frågan handlar om hur teknologier uppstår och utvecklas. Det kan vara den inkrementella teknologikutvecklingen (dvs att befintliga lösningar förbättras med tusentals små framsteg och korrigeringar), eller uppkomsten av mer disruptiva teknologier (där radikalt nya lösningar växer fram). Brian Arthur förklarar på ett mycket förtjänstfullt sätt var teknologier kommer ifrån. De växer fram genom ”kombinatorisk evolution”, där befintliga teknologier byggs ihop med andra i nya kombinationer. Och ju fler byggstenar, desto fler kombinationsmöjligheter. Detta förklarar såväl

¹ Som beskrivs i Carlota Perez, “Technological Revolutions and Financial Capital, The dynamics of bubbles and golden ages”, 2003

² Text i W. Brian Arthur, “The Nature of Technology”, 2009

teknikutvecklingens accelererande takt, som att de verkligt stora genombrotten kommer i mellanrummen mellan discipliner och sektorer, då verktyg och tekniker från ett fält kombineras med dem från andra områden.

Avgörande för spridningen av teknologiska genombrott är dock de affärsmodeller som entreprenörer och företag utvecklar för att ta den nya lösningen till marknaden. Inte minst svensk industrihistoria uppvisar många exempel på framgångsrika företag som bygger på kombinationen ny teknologi och smart affärsmodell. Det har också visat sig att teknikutvecklingen och -spridning sker fortare för teknologier som är små men skalbara, i förhållande till mer storskalig teknologi. Det finns en stark korrelation mellan volym och kostnads- och energieffektivitet (detta kallas Wright's Lag, som säger att kostnaden för en enhet sjunker med 20% när volymen dubblar; det är en variant på Moore's lag om kostnaden för processorkraft). Detta hjälper att förklara varför takten i teknikutvecklingen är så mycket snabbare för t ex persondatorer, mobiltelefoner eller solpaneler, jämfört med höghastighetståg, kraftverk eller passagerarflygplan.

Denna inledning, om teknologiska revolutioner och om teknologins natur, handlar egentligen om att understryka vår huvudtes: Paradigmskiftet som vi är inne i är sällsynt djupt och omfattande. Eller, för att igen citera Brian Arthur, ”mer än någonting annat är vår värld skapad av teknologi, som har skapat välfärd, ekonomi och vårt sätt att leva”. Men den är också snabb och oviss; detta gör alla försök till teknikprognoser och teknologisk foresight oerhört vanskligt, framför allt i ett 20-30-årigt perspektiv.

Det är omöjligt att förutspå hur snabbt de inkrementella förbättringar av befintliga teknologier kommer att ske. Och det är precis lika omöjligt att sia om de nya disruptiva lösningar som kommande forskare och teknologer kommer att komma på. Dessutom sprids de olika tekniklösningarna på olika sätt i olika samhällen, vilket gör att deras indirekta effekter på ekonomi, arbetsmarknad, livsstilar och samhälle blir snabbt mycket komplexa och oöverblickbara. Trots detta ska vi i det som följer peka ut några trådar i ett resonemang om hur en aktiv klimat- och miljöpolitik för Sverige under kommande decennier kan förhålla sig till teknikutvecklingen.

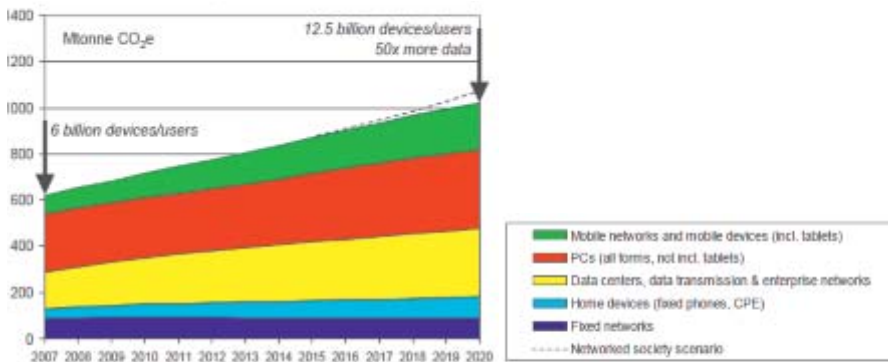
Fem frågeställningar om digitalisering och teknikskiftenas effekter

Genom två rundabordsamtal (i december 2015) och ett antal intervjuer (se lista i bilaga), samt inläsning av några aktuella analyser, väljer vi att strukturera frågeställningen i fem olika frågor.

1. Själva ICT-sektorns direkta klimat- och miljöpåverkan.

En första tråd handlar om ICT-näringsens fotavtryck. Produktion och användning av sektorns varor och tjänster orsakar förstås utsläpp. Sektorn är relativt stor och viktig i Sverige, från utveckling och tillverkning av hårdvara (t ex Ericsson), till mjukvaruutvecklare och digitala tjänsteföretag (spel, betalningar, etc.), till digital infrastruktur i form av serverhallar (t ex Facebooks datacentral i Luleå). Dessutom är svenska hushåll och företag mycket digitaliserade (penetration av IT-verktyg är i världstopp). Sektorns direkta klimatpåverkan handlar i huvudsak om dess energikonsumtion. ICTs framtida samlade påverkan styrs av en kapplöpning mellan tillväxten i datavolym (t ex har antalet timmar av video som laddas upp varje minut på Youtube vuxit från 24 timmar år 2010 till 400 timmar år 2015) och den mycket snabba energieffektiviseringen i branschen (t ex bedömer Ericsson att energiåtgången för att skicka en gigabyte data kommer att minska från 2 kWh år 2015 till 0,25 kWh år 2021). Detta är ett bra exempel på Jevons-paradox. Energieffektivisering påverkas också av skiftet från nätanslutna stationär utrustning till de mycket snålar batteridrivna mobila devices.

Figur: Carbon Footprint Development of main ICT subsectors 2007-2020



Grafen ovan³ visar hur fotavtrycket för de huvudsakliga sub-sektorer inom ICT kommer att utvecklas mellan 2007 och 2020. Sammantaget bedöms ICT-sektorns direkta globala fotavtryck växa totalt med uppemot 4% per år fram till 2020. Det gör den till en icke obetydlig utsläppskälla som motsvarar ca 1,9% av CO2-utsläppen år 2020 (upp från 1,3% 2007). Den främsta anledningen till detta är den snabba tillväxten i antalet devices, upp från ca 6 miljarder enheter 2007 till 12.5 miljarder 2020. Denna volymtillväxt uppvägs dock av ett antal (utsläppsminskande) effektiviseringsvinster: näten blir alltmer energieffektiva, skiftet till platta skärmar och från stationära till bärbara datorer pågår i oförminskad takt, bättre stand-by-funktioner och smarta transformatorer, etc. Sammantaget minskar varje enhets fotavtryck under hela dess livscykel.

Utsläppskurvor som pekar uppåt är förstås ingenting man vill se. Men en liten ökning av ICT-sektorns fotavtryck ska förstås leda till betydligt större minskningar inom andra delar av ekonomin och samhället, i ett komplext samspel av teknologier, policies, affärsmodeller och livsstilar.

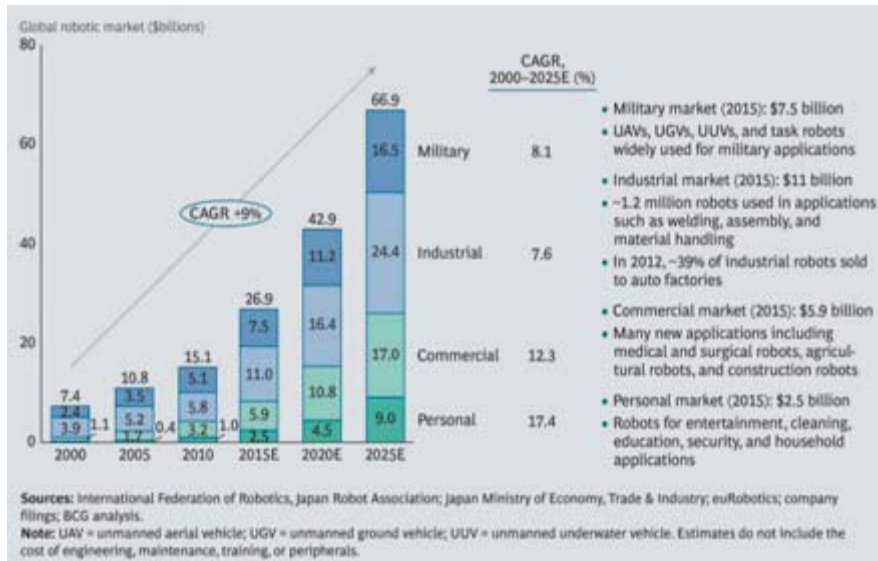
2. Konsekvenser av robotisering och automatisering i tillverkning och logistik.

Det finns närmare 2 miljoner industrirobotar i drift i världen, och robotförsäljningen ökar med nästan 30% per år, och de installeras i fler och fler delar av tillverkningsindustrin. Framförallt påverkar detta länder som fortfarande har mycket tillverkning (flest industrirobotar installeras förstås i Kina), och i branscher där löpandebandstillverkning fortfarande dominerar (t ex fordonsindustrin). Men framåt spås robotisering nå helt nya användningsområden, och detta snabbt. Obemannade farkoster (civila drönare), operationer och medicinska behandlingar, robot-proteser och ”exoskelett” och förarlösa fordon spås⁴ bli de viktigaste användningsområden för dessa nya sorts robotar.

Samtantaget bedöms den totala globala marknaden växa snabbt.

³ Från Jens Malmödin, Pernilla Bergmark, Dag Lunden, ”The Future carbon footprint of the ICT and E&M sectors” (forskare från Ericsson och TeliaSonera)

⁴ Nyhetsbrevet Robotonomics, ”5 areas in robotics that will transform society”, 2014.

Figur: Marknaden för robotik i världen 2000-2025 (BCG⁵)

Här är frågan om klimat- och miljöeffekter något mer komplex, eftersom man behöver ta hänsyn till såväl automatiseringens energibehov som effekterna på fabriken, och inte minst det mänskliga alternativets totala klimatpåverkan. Till exempel har Amazon nu "anställt" över 30.000 Kiva-robotar i sina amerikanska distributionscentraler (dubbelt så många som för ett år sedan, och bolagets robotisering tog egentligen fart för mindre än 3 år sedan). Dessa robotar måste förstås ladda sina batterier, men distributionscentralerna kan å andra sidan spara energi på värme/ kyla och ljus. Studier visar att den största klimatvinsten av robotisering och automatisering faktiskt kommer från att väsentligt färre människor nu behöver pendla till och från sina arbetsplatser. Fast då uppstår två andra frågor: vad gör de när de inte jobbar? Och ökar inte högeffektiva distributionscentraler mängden varor som köps och skickas runt, vilket inte är bra för klimatet? Nettoeffekten är minst sagt snårig att få fram.

3. Konsekvenser av skiftet till en digital autonom produktion och leverans av tjänster

Robotisering är framför allt en industriell företeelse. I resten av ekonomin ser vi den snabba uppkomsten av helt digitala värdekedjor, ett virtuellt värdeskapande (det som Brian Arthur kallar "Second Economy"). Klimat- och miljöeffekten av t ex den snabba tillväxten av automatiserade banktjänster via internet eller smartphone, eller

⁵ BCG Perspectives, The Rise of Robotics (augusti 2014)

av hela machine-to-machine-kommunikationerna (Internet-of-Things), är svåranalyserad. Å ena sidan spår den på ökningen av antalet enheter i bruk. Å andra sidan är de virtuella processerna extremt tids-, kostnads-, och energieffektiva. Framväxandet av dessa autonoma digitaliserade värdekedjor är den främsta orsaken till den omfattande strukturomvandling som nu på allvar har börjat påverka tjänstesektorn⁶, långt bortanför industrin. Analyser i såväl Sverige som internationellt listar de yrken, eller rättare sagt de arbetsuppgifter, ofta högkvalificerade, som hotas av digitaliserad automatisering: medicinsk diagnos, ekonomitjänster, juridisk analys, övervakning och igenkänning, till och med journalistik ("Robo-journalism"). Även här beror effekterna framför allt på de vidare sociala konsekvenserna som strukturomvandlingen för med sig, och vad de nu arbetsbefriade människorna gör med sin tid.

4. Konsekvenser av den kollaborativa ekonomin.

En av de hetaste utvecklingarna under de senaste åren är det som kallas för den kollaborativa ekonomin. Många affärsmodeller har vuxit fram i syfte att underlätta för människor att byta, dela, ge bort eller låna verktyg, prylar, utrymmen, kunskap, mark eller tid. Helt klart har några av dessa affärsmodeller potential att på djupet påverka vissa branscher – det har vi redan sett med t ex AirBnB eller Uber.

De klimat- och miljömässiga effekterna av denna synnerligen "heta" trend diskuteras dock inte mycket. I grunden bör ett ökat inslag av delande öka kapitalutnyttjandet, vilket i teorin minskar konsumtion av många kapitalvaror (bilar, verktyg, etc.). Men de avgörande frågorna är huruvida maskinerna tål det ökade utnyttjandet (annars ökar inköpen), och huruvida ett ökat delande stimulerar till klimatskadligt beteende (exempelvis att AirBnB gör att flygresor ökar till följd av att en helgresa till Barcelona blir billigare).

5. Konsekvenser av djupare livsstilsförändringar.

Mycket tyder på att en relativt stor del av den yngre generationen i Sverige och andra utvecklade länder faktiskt har väsentligt nya konsumtionsmönster jämfört med unga i tidigare generationer. Den avgörande skillnaden berör de s.k. Digital Natives, d v s personer som är födda eller vuxit upp efter Internets intåg.

⁶

Se t ex Reforminstitutets Stefan Fölster "Vartannat jobb automatiseras inom 20 år", 2014

Livsstilsförändringar kommer på olika sätt i olika delar av världen. I vissa länder (t ex sydeuropa) beror förändringar på den djupa ekonomiska krisen, som fött fram ”Frugal lifestyles” med kraftigt minskad hushållskonsumtion. Många trendanalytiker tror att dessa förändringar blir bestående om/ när ekonomierna återhämtar sig. I andra regioner (t ex Kalifornien) har en ny livsstil faktiskt fötts fram utan ekonomisk kris. Det kollaborativa växer, bilägandet minskar, flygresor väljs bort, lokalproducerat premieras, etc. Dessa regioner har i decennier varit ”early adopters” av de nya trenderna, som sedan spritts (ibland mycket snabbt) till övriga världen.

* * * * *

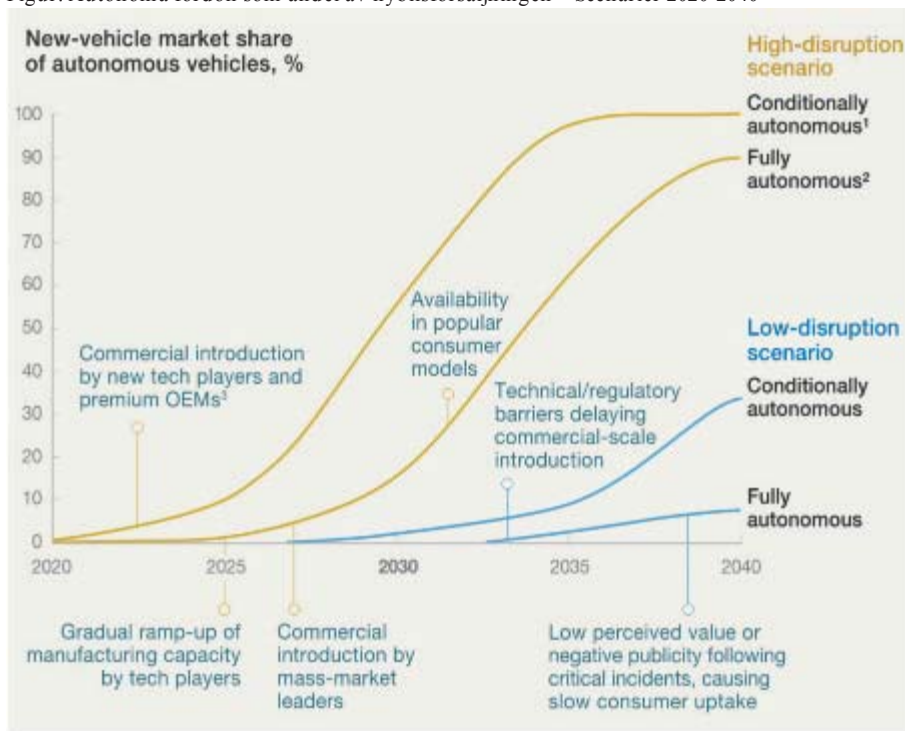
Vi har tidigare konstaterat att förutsägelser om utvecklingen inom specifika teknologier. Det finns dock undantag. Det kanske viktigaste ligger utanför detta arbetes fokus: den snabba teknikutvecklingen inom energiområdet, i syfte att så snabbt som möjligt skapa ett fossilfritt förnybart energisystem. Här går utvecklingen i rasande takt och de flesta prognoser spräcks och tidigareläggs. Det är (möjligtvis tillsammans med jordbruk och syntetisk biologi) den enskilt viktigaste faktorn i minskningen av Sveriges klimatavtryck och ekologiska fotavtryck, där bl a de stora framstegen inom småskalig energiproduktion (inte minst solceller), batteriteknologi (lagring), smarta nät (som möjliggör decentraliserade nät och hybrid kraftproduktion), samt kablar och kraftdistribution är mest avgörande.

Dock har det under rundabordssamtalen och arbetets gång kommit fram tre områden som bör uppmärksammas särskilt och kan börja bryta igenom på ganska kort sikt (mindre än 10 år).

Det första området handlar om framväxten av en elektrifierad och autonom (självkörande) fordonspark för såväl person som godstransport. Här går det fort. I en färsk rapport⁷ slår man fast att teknologi-drivna trender kommer att revolutionera hur fordonsindustrins spelare svarar mot förändrade konsumentbeteenden, utvecklar partnerskap och förändrar sig själva. I olika scenarier presenteras mer eller mindre disruptivt införande av autonoma fordon:

⁷ McKinsey & Co, ”Disruptive trends that will transform the auto industry”, januari 2016.

Figur: Autonoma fordon som andel av nybilsförsäljningen – Scenarier 2020-2040



Factors in disruption scenarios

Regulatory challenges
 Safe, reliable technical solutions
 Consumer acceptance, willingness to pay

High disruption

Fast
 Comprehensive
 Enthusiastic

Low disruption

Gradual
 Incomplete
 Limited

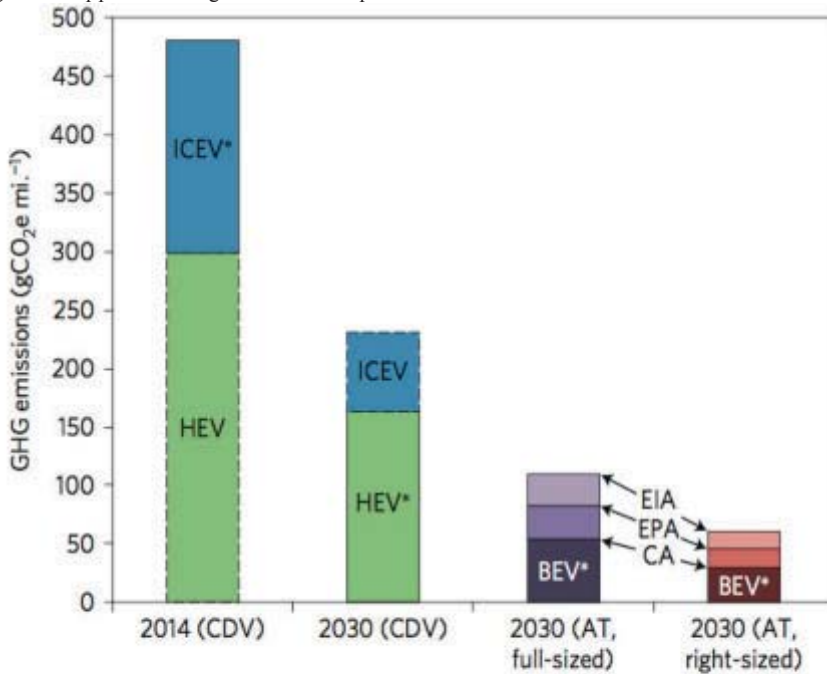
¹Conditionally autonomous car: the driver may take occasional control.

²Fully autonomous car: the vehicle is in full control.

³Original-equipment manufacturers.

McKinsey&Company

Detta skulle kunna ha mycket stor klimat- och miljöpotential. Studier visar på att väsentliga utsläppsminskningar är möjliga. En studie från Kalifornien (se nedan) för taxibilar visar på möjliga utsläppsminskningar per kilometer på över 80% mellan 2014 och 2030, om man jämför en taxiflotta (med såväl bensindrivna som elhybrid) som körs av människor, och en taxiflotta med enbart autonoma batteridrivna fordon.

Figur: Utsläppsminskning från autonom personbil/ taxi ⁸

Greenhouse gas (GHG) emissions intensities per mile for conventionally driven vehicles (CDVs) in 2014 and 2030, and autonomous taxis (ATs) in 2030. Cost-optimal vehicle technologies indicated by asterisks: ICEV, internal combustion engine vehicle; HEV, hybrid-electric vehicle; BEV, battery-electric vehicle.

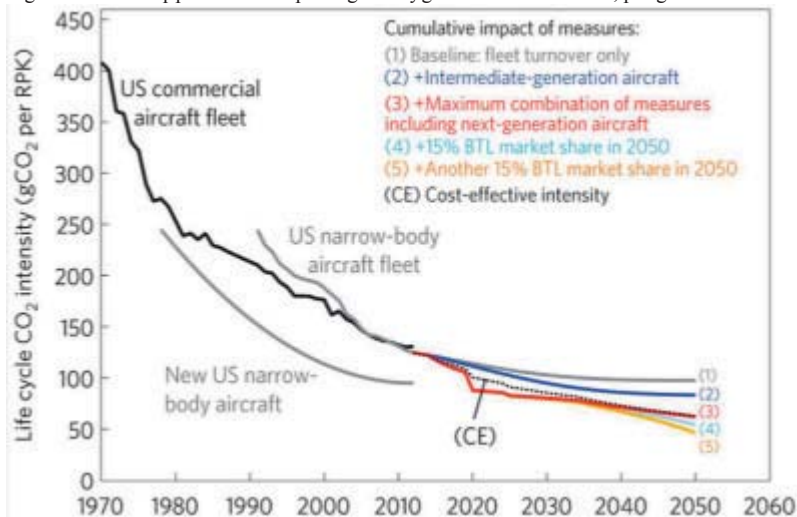
Det andra handlar om nödvändiga genomgripande förändringar i en annan del av transportsektorn: Minskning av flygets klimatpåverkan. Fram till nyligen var den rådande uppfattningen att inga stora framsteg skulle ske på detta område. Kopplat till den starka volymtillväxten av flyg (inte minst i Asien) ledde detta till att flyget pekades ut som en stor klimatbov under överskådlig framtid. Så är dock inte längre fallet.

Själva flygandet kan snart komma att börja minska eftersom det sker markanta framsteg inom distansarbete och virtuella möten. De digitala verktygen förbättras i snabb takt och sprids till stora företag och organisationer, men också till områden som telemedicin, rättsväsendet och utbildning där det tidigare förekom flitigt flygande.

⁸ Greenblatt, J & Saxena, S, (Berkeley Labs) "Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse gas emissions of US light-duty vehicles", Nature Climate Change, juli 2015

Nya scenarier om flygets klimatpåverkan visar nu att omfattande utsläppsminskningar faktiskt är möjliga. En färsk studie⁹ (se bild nedan) räknar ut att om alla nu tänkbara åtgärder sätts in under kommande decennier kan flygets utsläpp per rest kilometer minska med mer än hälften fram till 2040. Det handlar om bättre, nyare flygplan och införandet av bioflygbränsle (och kanske elektricitetsdrivna flygplan mot periodens slut)

Figur: CO₂-utsläpp från USAs passagerarflyg: historia 1970-2012, prognos 2013-2050



Det tredje området handlar om Smarta hem, för ytterligare minskning av hushållens klimat- och miljöpåverkan, och framför allt energieffektivisering av befintligt fastighetsbestånd (inte minst flerfamiljshus). Här är dessutom stora jobbskapande åtgärder möjliga.

Slutligen, ett område som på längre sikt (20-30 år) kan leda till mycket radikala skiften i industri, ekonomi, samhälle och livsstilar är synthetic biology. Vissa experter räknar med att material kan bytas ut mot syntetisk eller manipulerad biomassa. Men detta område anser vi fortfarande vara för osäkert för att kunna göra förutsägelser om klimat- och miljöeffekter på Sveriges ekonomi och samhälle.

⁹ A. Schäfer m.fl. "Cost of mitigating CO₂ emissions from passenger aircraft" Nature Climate Change 2015

PERSONER SOM BIDRAGIT TILL ARBETET

Paul De Civita (Policy Horizons Canada)
Per-Anders Enkvist (McKinsey)
Anna Felländer (Swedbank)
Matilda Gustafsson (Ericsson)
Peter Hesseldahl (WeEconomy, Danmark)
Dan Hjalmarsson (f.d. Tillväxtanalys)
Mattias Höjer (KTH)
Sverker Janson (SICS)
Gunnar Karlsson (KTH)
Fredrik Lind (Boston Consulting Group)
Sara Modig (Modigminoz)
Thomas Nilsson (Mistra)
Dennis Pamlin (f.d. WWF)
Carlota Perez (London School of Economics, UK)
Kristian Skånberg (Romklubben, TCO)
Per Ödling (Lund Universitet)

**Miljömålsberedningen**

M 2010:04

Konsult

Dan Hjalmarsson

Mobil 070-582 23 76

Stat och företag i klimatpolitisk samverkan

Inledning och bakgrund

Miljömålsberedning (MMB) har som ett led i sitt arbete bjudit in ledande experter och beslutsfattare till olika rundabordssamtal, för att diskutera skilda och för klimatpolitiken avgörande teman (se bilaga 1). Vid ett samtal den 18 december 2015 och vid ett möte på IVA den 9 mars behandlades principiella frågor rörande samspelet mellan stat och marknad. Vid andra rundabordssamtal har frågor som rör jordbruk, livsmedel, mobilitet, digitalisering och resurshantering samt bioekonomi och basmaterial diskuterats.

I det följande redovisas, med utgångspunkt i dessa underlag, grundläggande tankar kring hur ett samarbete mellan staten och företagen skulle kunna utvecklas för att nå de mål som MMB preciserade i SOU 2016:21 *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige*:

Senast år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Målet innebär en tidigareläggning och precisering av den tidigare visionen om netto-nollutsläpp till 2050.

Miljömålsberedningens förslag innehåller också en ny klimatlag och ett förslag till ett Klimatpolitiskt råd som ska följa upp och analysera utvecklingen; på ungefär samma sätt som det Finanspolitiska rådet.

De nu lagda förslagen kommer att följas av ett betänkande i juni 2016 som innehåller en strategi med styrmedel och åtgärder. Föreliggande rapport utgör ett av flera underlag till betänkandet; här med särskild betoning av att:

... belysa hur svensk forskning och innovation kan bidra till att lösa utmaningarna inom klimatområdet samtidigt som Sverige som industri- och exportnation kan stärkas ... [och] särskilt analysera och lämna förslag om hur staten kan bidra till att främja förutsättningarna för en långsiktig utveckling, demonstration och introduktion av nya tekniska lösningar för låga utsläpp”.

Underlagsrapporten är indelad i fyra delar: (I) Först några grundläggande utgångspunkter om marknader som sätter in forsknings- och innovationsfrågorna i sitt sammanhang, sedan (II) diskuteras en närings- och innovationspolitik med fokus på klimatet därefter behandlas (III) vissa principer för konkret samverkan mellan stat och företag och slutligen (IV) redovisas förslag till konkreta områden för samverkan; på basis av MMB:s olika rundabordssamtal.

I. Grundläggande utgångspunkter

Människan har i årtusenden brukat naturen, genom jord- och skogsbruk, jakt och djuruppfödning, bearbetning av födoämnen samt uppvärmning av bosättningar. I en ständig utveckling har denna ”bearbetning” förändrats och inom många områden nu nått industriell skala; vilket i sin tur har skapat helt nya förutsättningar att försörja en växande global befolkning. Men produktionen av det som har kommit att uppfattas som ”nödvändigt” – resor, sjukvård, omsorg, forskning, kultur och fritidsaktiviteter och mycket annat – har en baksida; den ger upphov till växthusgaser och global uppvärmning.

Klimatfrågan är därmed till syvende och sist en fråga om hur den mänskliga produktionen ska utformas; hur en produktion som idag i allt väsentligt sker på globala marknader, i komplexa system ska kunna bli långsiktigt hållbar. För detta finns inga enkla lösningar eller genvägar!

Behovet av stabila spelregler och fungerande marknader

Genom en gränsöverskridande specialisering och stora tekniska och organisatoriska genombrott – digitaliseringen och nätverkssamhället – har produktionen utvecklats och effektiviserats. Det som tidigare tog hela arbetsdagen i anspråk görs ibland på några minuter. Resurser har, inte minst för människor i den rika delen av världen, frigjorts för annat än bara att söka livets nödortft: som utbildning, vård, kultur och nöjen.

Produktionens nyttigheter och vinster är ojämnt fördelade mellan länder, regioner och människor vilket i sig är ett globalt misslyckande. Ett lika stort misslyckande är att marknaderna, så som de kommit att utformas, också misslyckats med att hålla produktionen inom de ramar som naturen ställer upp. Båda dessa ”marknadsmisslyckanden” hotar all framtida välfärd!

Men vad är då marknaden? Och varför uppkommer dessa ”misslyckanden”?

Svaret är naturligtvis mångfacetterat: Men en mycket grundläggande utgångspunkt är att marknaderna är institutioner som vilar på mellanmänniska, politiska överenskommelser. Och det enkla svaret är att dessa överenskommelser är otillräckliga.

Logiken är som följer: Det har aldrig funnits marknader ”som sköter sig själva”, utan regler och överenskommelser. De första marknaderna, från den tidiga byteshandelns torg till dagens mest avancerade globala IT-marknader, fungerar inte utan regler och olika typer av rättssystem, med äganderätter och allmänt accepterade rättsordningar och en samhällelig tillit som gör att regler och avtal respekteras. Utan domstolar, poliser och ytterst militär som tryggar äganderätter fungerar inga marknader.

Detta illustreras särskilt tydligt av framväxten av den moderna ekonomin: från 1800-talets ”rövarekonomier” där den starkes rätt gällde och var och en fick skydda sin egendom till det som blev ett produktivt entreprenörskap, där aktörerna istället kunde koncentrera sig på att utveckla och sälja snarare än att ”stjäla och bevaka”.

Men det räcker inte med äganderätter och rättsskipning. Marknaderna har alltid kompletterats med mer detaljerade spelregler, som beslutats i politiska församlingar eller utvecklats inom ramarna för mellanmänniska explicita eller tysta överenskommelser. Och i den framväxande globala ekonomin har dessa överenskommelser också allt oftare kommit att bli internationella som inom WTO, och nu senast vid det historiska Parismötet om miljön i december 2015; där världens stater enades om åtgärder för att minska miljöbelastningen.

Några historiska exempel belyser utvecklingen. Den ”billigaste” energiformen – slaveriet – förbjöds i USA för 150 år sedan, efter ett blodigt inbördeskrig. Orimligt arbetsmiljöer, långa arbetsdagar, barnarbete och andra ”billiga energiformer” har senare kommit att svartlistas, och marknadens aktörer har tvingats ställa om, utan att detta för den skull har kullkastat själva ”marknaden”. Och ett aktuellt exempel kan hämtas från Tyskland. Där har man nyligen ”förbjudit” kärnkraften; inom ramen för en så kallade Energiewende. Och återigen har ”marknaden” genom politiska beslut och andra överenskommelser fått anpassa sig till nya spelregler.

Marknaderna är således institutionella konstruktioner: timrade av ledare för stater, politiker från olika partier och inte sällan av frivilliga överenskommelser mellan marknadens olika parter; arbetsgivare och arbetstagare.

Så svaret på frågan om ”misslyckandet” måste därför sökas i bristfälliga institutioner. När marknaden ger ”felaktiga resultat” – som exempelvis ohållbara utsläpp av koldioxid – är detta inget annat än resultatet av politiska misslyckanden.

En utgångspunkt för en effektiv och hållbar klimatpolitik i ett öppet samhälle måste därför vila på beslut som ger marknaderna sådana regler och villkor att produktionen håller sig inom de ramar som naturen ger.

Men i praktiken är det naturligtvis inte riktigt så enkelt!

I verklighetens politik med globala produktionssystem – i nätverkssamhället – kan inte varje land särskilt, om landet är litet och internationellt beroende, på egen hand vidta alla de politiska åtgärder som krävs för att produktionen fullt ut ska vara hållbar. Därför måste ett land som Sverige, med höga klimatpolitiska ambitioner, söka också andra vägar; att komplettera de generella regelverken med mera direkta selektiva insatser, som syftar till att utveckla tekniska och organisatoriska lösningar som kan leda framåt mot en hållbar produktion. Lösningar som när de sprids kan ge beslutsfattare i andra delar av världen inspiration och mod att vidta de politiska förändringar som krävs för en hållbar utveckling.

Det är dessa kompletterande insatser inom forskning och innovation som är i fokus för den fortsatta diskussionen i denna promemoria.

II. En närings- och innovationspolitik med fokus på klimatet

Tydliga spelregler på fungerande marknader ger således grundläggande förutsättning för en långsiktig hållbar utveckling. MMB har därför i sitt betänkande i början av året dragit upp riktlinjer för hur sådana spelregler ska kunna utformas och följas upp; det senare genom ett särskilt Klimatpolitiskt råd.

Men staten har också en mer direkt roll: att komplettera och agera på marknaderna. Dels genom närings- och innovationspolitik, dels genom direkta utvecklingsinsatser. Inte minst på senare tid har statens roll som utvecklingsaktör kommit att uppmärksammas: både som ”närings- och innovationspolitiker” och som – vilket tas upp i nästa avsnitt – som direkt medspelare i konkreta utvecklingsprojekt (se t ex OECD 2013 och Mazzucato 2015).

Närings- och innovationspolitiken ska inte bara bidra till tillväxt och förnyelse utan också uppfylla så kallade horisontella mål: till exempel att politiken ska främja jämställdhet, regional utveckling och hållbar utveckling.

Nyindustrialiseringsstrategin

Regeringen har sjösat en nyindustrialiseringsstrategi som ska stärka företagens omställningsförmåga och konkurrenskraft. Strategin har enligt regeringens hemsida fyra fokusområden, varav två har direkt bäring på klimatpolitiken (kursivt):

- *Industri 4.0 – Företag i svensk industri ska vara ledande inom den digitala utvecklingen och i att utnyttja digitaliseringens möjligheter.*
- *Hållbar produktion – Ökad resurseffektivitet, miljöhänsyn och en mer hållbar produktion ska bidra till industrins värdeskapande, jobbskapande och konkurrenskraft.*
- *Kunskapslyft industri – Kompetensförsörjningssystemet ska möta industrins behov och främja dess långsiktiga utveckling.*
- *Testbädd Sverige – Sverige ska vara ledande i forskning inom områden som bidrar till att stärka den industriella produktionen av varor och tjänster i Sverige.*

Flera närings- och innovationspolitiska myndigheter

Sverige har sedan länge en utvecklad organisatorisk struktur för att bedriva närings- och innovationspolitik. Här märks myndigheter som VINNOVA, Tillväxtverket och Energimyndigheten som alla enligt sina mål ska främja hållbar utveckling. VINNOVA uppger att 70 procent av projektmedlen går till projekt som är bra för miljön.

Konkurrens och regelbevakande myndigheter

Utöver de operativa myndigheterna har Konkurrensverket en viktig roll att spela genom att se till att spelreglerna på marknaderna följs; inte minst för att se till att dominerande företag inte hindrar spridningen av miljöteknik och miljöeffektiva produktionsprocesser.

Regelsättande och bevakande myndigheter som Patentverket har en viktig roll genom att utveckla vissa specifika immaterialrättsliga förutsättningar för en hållbar utveckling. Ett exempel: i telekommunikationsindustrin tycks det vara lättare att samarbeta över företagsgränserna i syfte att utveckla gemensamma standarder, som kan ge fördelar för miljön. Inom skogsindustrin är det å andra sidan vanligare att företagen "gömmer" sina patent och lösningar, vilket försvårar spridningen av effektiva lösningar. Patentverket kan medverka till gemensamma regelförbättringsinsatser för att underlätta utveckling av klimatsmarta lösningar.

ALMI, nationellt utvecklingsbolag och en grön fond

Inom näringspolitiken läggs stor vikt vid att komplettera låne- och riskkapitalmarknaderna. ALMI Företagspartner är den största aktören som ger lån och svarar för rådgivning i olika frågor.

Regeringen har tagit ett nytt grepp som redovisats i en proposition 2015/16:110 *Staten och kapitalet – struktur för finansiering av innovation och hållbar tillväxt*. Propositionen innehåller en strategi och förslag till konkreta insatser för att främja i första hand de mindre och medelstora företagens kapitalförsörjning, i syfte att främja tillväxten och skapa nya jobb. Huvudförslaget är att inrätta ett nationellt utvecklingsbolag som ska investera indirekt i företag genom privat förvaldade fonder för att utveckla och förnya det svenska näringslivet. Tanken är att slå samman Inlandsinnovation och Fouriertransform AB till ett starkare statligt bolag, som arbetar i samspel med privata investerare. De privata aktörerna står för analys och implementering och staten svarar för (del) finansiering.

I propositionen nämns också planer på en fond för att finansiera demonstrationsanläggningar. Fonden ska ha ett kapital på 1,5 miljarder SEK, med målsättning att bevara sitt kapital reellt intakt över tiden. Demonstrationsanläggningsfonden föreslås drivas i form av ett aktiebolag som är ett dotterbolag till det nationella utvecklingsbolaget. Man noterar dock att den föreslagna omfattningen – 1,5 miljarder – inte räcker till för att finansiera utveckling av anläggningar i de stora företagen; utan fonden ska inriktas mot mindre och medelstora företag.

Vidare finns inom ramen för den Europeiska regionala utvecklingsfonden medel för riskkapitalinsatser. Dels inom ramen för nuvarande Almi Invest AB, dels tillkommer nya medel från EU under programperioden 2014 - 2020.

Det finns också planer på att med EU-pengar inrätta en Grön fond som ska stärka finansieringen av sådan industriell utveckling som kan ge en hållbar produktion.

Institut, holdingbolag och inkubatorer

Sverige har också sedan länge arbetat med att underlätta samspelet mellan den högre utbildningen och forskningen och näringslivet; små och stora företag. Här har industriforskningsinstitutet en viktig roll. Flertalet av dessa finns inom ramen för RISE-koncernen som år 2014 hade totalt 2 400 anställda och en omsättning på 3 miljarder SEK, varav en halv miljard i form av statliga bidrag. Till detta kommer universitetens holdingbolag, såddfinansieringsaktiviteter och inkubatorer. Ett konkret exempel på samverkan från forskning till kommersialisering är den stora satsningen på acceleratorn Max IV, som

på sikt kan leda till hållbara lösningar när det till exempel gäller materialteknik och bioenergi.

Kommunerna satsar mer än staten

Sverige har ett omfattande kommunalt självstyre vilket medför att betydande satsningar också görs inom ramen för olika kommunala verksamheter. En uppskattning från Tillväxtanalys, PM 2014:09 *Samverkan inom ramen för flernivåstyrning* är att kommunerna avsätter minst lika mycket resurser som staten för att främja en hållbar tillväxt. Dessutom spelar kommunerna avgörande roller när det gäller att planera för hållbart boende, energiförsörjning och återanvändning av resurser och mycket mer ...

Näringspolitiken för klimatsmarta utvecklingsprojekt

Den nationella närings- och innovationspolitiken tillförs årligen betydande resurser för finansiering, rådgivning, information, demonstrationsanläggningar och inkubatorverksamhet. Tillväxtanalys uppger i Tillväxtfakta 2015 *Tillväxt genom stöd – en bok om statligt stöd till näringslivet* att så mycket som 27 miljarder SEK – 3,2 procent av statsbudgeten – användes till olika typer av företagsstöd år 2011 (se bilaga 3).

Utvärderingar av bland annat EU-programmen visar att de horisontella målen att främja hållbar tillväxt spelat en förhållandevis liten roll i praktiken. Här finns således en betydande förbättringspotential: En ökad del av de resurser som avsätts inom närings- och innovationspolitiken bör kunna användas för att främja en uthållig produktion; som ett viktigt inslag i klimatpolitiken.

Det finns flera fördelar med detta. En är att satsningar för att lösa miljöproblemen är ”politiskt säkrare” än mer generella satsningar; därför att ett eventuellt misslyckande vid ambitiösa försök att lösa klimatfrågan lättare kan accepteras, än misslyckande i samband med mera generella tillväxtsatsningar.

I en aktiv klimatpolitik bör därför närings- och innovationspolitiken ges ett ökat utrymme. Mål som tidigare betraktades som ”horisontella” och sekundära bör lyftas upp och betraktas som ”primära”.

En rimlig uppskattning är att ungefär en tredjedel av alla resurser inom närings- och innovationspolitiken, motsvarande nära 10 miljarder SEK – borde kunna komma i fråga för särskilda klimatpolitiska satsningar.

III. Principiella frågor rörande konkret samverkan mellan stat och företag

Nästa steg i en aktiv klimatpolitik är att välja ut och genomföra konkreta insatser för att främja en utveckling mot en långsiktig konkurrenskraftig och hållbar produktion. Både dessa led – prioriteringsskedet och implementeringsskedet – har varit föremål för omfattande analys och debatt inom ramen för nationell och internationella näringspolitik. I en effektiv klimatpolitik för att utveckla nya lösningar måste dessa frågor besvaras:

Principer för prioritering

Frågan som alltid uppstår är: Hur ska dessa konkreta utvecklingsprojekt väljas så att de kompletterar marknaderna, ger största möjliga klimatnytta och samtidigt stärker det svenska näringslivets konkurrenskraft?

Att bygga prioriteringsbeslut på det som aktörer på marknaden vill utveckla ger en nödvändig närhet till kommersialiseringsprocesser, men kan eventuellt löpa risken att bli till en politik som stöttar en utveckling av något som skulle ha utvecklats även utan statliga insatser? Inom näringspolitiken talas om ”deadweight”; det vill säga att statens pengar inte ger någon nytta; annat än som ett stöd till en privat aktör.

Att staten å andra sidan går före och på egen hand pekar ut objekt för utveckling ger möjligheter till tydligare politiska prioriteringar, av exempelvis insatser för att satsa på stål eller skog/bioekonomi (se nedan). Men den politiska och kommersiella risken blir naturligtvis större med ett sådant uppifrån perspektiv. Och här diskuteras ofta det så kallade ”pick-the-winner” problemet, det vill säga att staten kan ha svårigheter att ”hitta rätt”. Utmaningen är således att finna ändamålsenliga prioriteringsprinciper?

Arbetsgrupper med bred representation för prioritering

Uppgiften rymmer betydande utmaningar. MMB:s rundabordssamtal inom områdena jordbruk och livsmedel, mobilitet och digitalisering samt bioekonomi och basmaterial ger tydliga belägg för att de områden som kan komma i fråga präglas av en hög grad av komplexitet och omfattande globala beroenden: villkor som ger mycket svåröverskådliga beslutssituationer vid prioriteringsbeslut.

En framkomlig väg kan här vara att redan i planeringsskedet forma brett sammansatta arbetsgrupper med företrädare för staten och de aktuella företagen, med uppgifter att i samspel identifiera problem och möjligheter samt vid behov utveckla särskilda strategier och föreslå och implementera åtgärder. Dessa arbetsgrupper bör utformas så att de kan balansera statens respektive näringslivets behov och samtidigt ha en god överblick över de insatser som redan görs inom närings- och innovationspolitiken (se ovan).

En likande form av ”arbetsgrupper” används i andra länder, exempelvis i USA när myndighet DARPA finansierar storskaliga satsningarna ; bland annat inom energiområdet, som ett inslag i landets säkerhetspolitiska strategi.

Principer för genomförande

Ett utvecklat samarbete mellan stat och näringsliv, det som kallas offentligt – privat samverkan (OPS) eller Privat – Publikt – Partnerskap (PPP) har rönt ett ökat intresse inom både innovations- och näringspolitiken. I statens nya finansieringssatsning – det nationell utvecklingsbolaget – är grundprincipen att stat och privata intressenter ska arbeta tillsammans för att stärka utbudet av kapital till mindre och medelstora företag.

OPS/PPP ses också ibland som en framkomlig väg när det gäller konkreta insatser inom specifika områden som till exempel klimatpolitiken. Den bärande tanken är att staten i samarbete med näringslivet (och andra organisationer och NGOs) ska få mer av marknadskännedom och närkontakt och att företagen ska få en bättre kännedom om och ökad tillgång till de resurser och kunskaper som finns i offentliga myndigheter.

I OECD 2013 *Beyond Industrial Policy* utvecklas tankar om sådan samverkan mellan offentliga och privata aktörer för att utveckla nya lösningar.¹

Men samtidigt varnar OECD för de svårigheter som ett sådant samarbete alltid kan medföra. Man menar att det finns goda skäl att noggrant granska förutsättningarna för denna typ av ”gränsöverskridande” insatser inom näringspolitiken och då också inom de innovativa delarna av klimatpolitiken.

I det följande listas några av de frågeställningar som har diskuterats:

Olika system i samverkan

Styrkan men också svagheten med OPS/PPP är att aktörer från två genuint olika system ska samverka vilket innebär att man måste tackla att:

- Marknaden och komplexa sociala strukturer möter ett i grunden politiskt och administrativt system.
- Företagens affärshemligheter möter det offentligas krav på transparens.
- Decentraliserade strukturer med korta planeringshorisonter möter det offentligas behov av stabilitet och överblickbara processer.

¹ Observera att det handlar om insatser för att utveckla nya inte tidigare kända lösningar inom miljöområdet. Det handlar inte om den typ av OPS som syftar till att driva vägar, järnvägar och andra ”kända” aktiviteter och verksamheter

Informations- och kunskapsasymmetrier

Ett grundläggande problem i all innovativ samverkan är svårigheten att få tag i relevant information och kunskap, som grund för utvecklingsarbetet. När det gäller kommersialisering har den (del-)finansierande offentliga aktören nästan alltid ett informationsunderläge gentemot företagen; ett traditionellt principal-agent problem (Galbraith 1967).

I analyser av OPS/PPP finnas det därför anledning att fördjupa resonemangen kring informationsasymmetrier. Det behövs också fördjupade analyser av hur staten ska kunna agera experimentellt och samtidigt rättssäkert (Bakhshi, Freeman & Potts 2011); för att lägga en stabil grund för aktiva samverkansprocesser.

Målkonflikter

Statens insatser görs ofta därför att den kommersiella risken att gå före med ett utvecklingsprojekt uppfattas som för stor: ett klassiskt marknadsmisslyckande (Stiglitz 2000). I den meningen finns det en skillnad mellan statens och företagets mål. Den privata parten (i de fall det rör sig om aktiebolag som fungerar i enlighet med aktiebolagslagen) har en legitim strävan efter att söka högsta möjliga avkastning till aktieägarna; något som ligger aktiebolagslagen andemening.

När det å andra sidan gäller den offentliga parten är målen av en annan karaktär; att ta fram lösningar som möjliggör ett mer hållbart samhälle: som nya produktionsprocesser och affärsidéer.

Rollkonflikter och risker kan hanteras med transparenta styrformer OPS/PPP och innovationsupphandling rör – som nämnts ovan – områden med asymmetrisk information, målkonflikter, rollkonflikter och ett risktagande som kan vara svårt att hantera i politiska processer. Det är besvärligt att få politisk legitimitet för experimentellt utvecklingsarbete; som med nödvändighet kommer att resultera i misslyckanden på vägen fram mot lyckade projekt.

Grundläggande för alla samarbetsformer är, som redan nämnts, att det rör sig om utveckling av något som inte är känt: genuina nyskapandeprocesser. Av detta följer att det inte går att i detalj utforma förutsättningar och kriterier för beslut om vad samverkan och upphandling i detalj ska innehålla. Detta ger i sin tur svårpreciserade befogenheter till tjänstemän och politiker som har till uppgift att besluta om genomförandet av satsningarna. Samtidigt som det krävs transparens och förutsägbarhet finns det – paradoxalt nog – ett behov av att den statliga representanten också kan agera flexibelt.

Ur ett förvaltningsrättsligt perspektiv är detta naturligtvis en svårighet där enskilda befattningshavaren får ett betydande inflytande. Här krävs

därför noga utformade processregler och löpande oberoende utvärdering och revision.

Något som också kan möjliggöra, men ibland också komplicera ett praktiskt samarbete är att staten i samband med storskaliga utvecklingsprojekt kan få två delvis oförenliga roller. Dels rollen att vara en aktiv part i projektet (partner), dels att opartiskt fungera som den som utvecklar och implementerar lagar och regler som påverkar det aktuella området (lagstiftare). Det kan exempelvis vara problematiskt att delta i utvecklingen som partner och samtidigt besluta om skattelättnader, standarder och andra spelregler som kan påverka framgången i projektet.

Å andra sidan – vilket troligen är den dominerande möjligheten – kan det vara samhällsekonomisk önskvärt att utvecklingsarbetet och regelverken koordineras. En samordning mellan ”spelregler” och direkta insatser kan inom klimatpolitiken leda till de mest effektiva lösningarna.

Olikheter ger förutsättning för framgång

Den ovan redovisade listan av möjligheter och problem bör ses som utgångspunkter för att – inom ramen för ovan nämnda brett sammansatta arbetsgrupper – utveckla effektiva samverkansformer med tydliga avtal och inte minst noga utformade processregler. Om parterna – efter en djuplodande analys – går in med kunskap och förståelse för varandras syften, förutsättningar och begränsningar finns goda förutsättningar för framgångsrika OPS/PPP-projekt, i syfte att tackla svåra klimatpolitiska utmaningar.

IV. Konkreta områden för samverkan mellan stat och företag

Var kan dessa konkreta samverkansinsatser göra mest nytta; för klimatet och för våra företags långsiktiga konkurrenskraft, samtidigt som lösningar kan vara avgörande för att minska utsläppen här hemma och få positiva miljömässiga och ekonomiska spridningseffekter globalt? Vilka områden är viktigast att uppmärksamma, med det globala perspektivet i minnet – det vill säga insikten om att Sverige svarar för mindre än en (1) procent av världens samlade forskning och utveckling; att våra resurser är begränsade.

Miljömålsberedningen har i sitt betänkande SOU 2016:21 *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige*: identifierat transportsektorn, jordbruket, skogen och basindustrin som särskilt relevanta områden, där en omställning till nollutsläpp kan gå hand i hand med stärkt konkurrenskraft och nya arbetstillfällen.

Transportsektorn - mobilitet

Produktionen av transporter – förflyttning av människor och gods – är en av de grundläggande faktorerna bakom det växande ekonomiska välståndet, men också en av främsta källorna till ökade utsläpp av växthusgaser. Genom möjligheterna att billigt transportera varor har människor i tidigare mycket fattiga länder kunnat sälja på avlägsna marknader och därigenom höja sitt välstånd. Transporterna har också bidragit till att öppna upp marknader som tidigare varit instängda i nationella eller regionala strukturer, vilket främjat innovation och förnyelse; och många gånger också bidragit till ökad förståelse och samarbete mellan länder. EU:s inre marknad är i en funktion av fri rörlighet. Men i takt med ökade transporter och ett ökat resande ökar också utsläppen; i en omfattning som gjort situationen ohållbar.

Transportsektorn präglas av stor komplexitet och berör de flesta mänskliga aktiviteter, från arbete, boende, fritid och kultur. Arbetsplatser och boendemiljöer formas i hög grad i samspel med tillgängliga transportmöjligheter. Digitaliseringen har också kommit att erbjuda alternativ till det personliga mötet, genom informations- och kommunikationsteknologin. Omvälvande teknologiska språng med nästa generations IT-lösningar och genomgripande livsstilsförändringar förändrar snabbt villkoren.

Det avgörande problemet inom transportsektorn är sektorns beroende av fossila bränslen; alltså att transporter av varor och människor ”produceras” på ett ohållbart sätt. En grundläggande strategisk inriktning i all klimatpolitik för nollutsläpp är att radikalt minska användningen av fossila bränslen inom transportsektorn. Frågor som väckts i underlagen är:

- Är transportsektorn specifikt intressant för svensk industri och svenska utvecklingsstrategier i samspel mellan näringsliv och stat?
- Har Sverige särskilda förutsättningar för konkreta projekt när det gäller satsningar på elbilar och elektrifiering?
- Scania arbetar med el-bussar som ersätter spårvagnar och konventionella bussar ... behövs ytterligare särskilda insatser, demonstrationsanläggningar?
- Finns inte här mycket av lösningar redan, är det inte spridningen på marknaden som är den svaga länken?

I underlagen till MMB om mobilitet återkommer dessa frågor; som ställer frågorna om planering kontra marknad på sin spets. Hur ska framtidens samhälle se ut och vilka resandemönster ska främjas? Är det inte frågan om att utveckla mer generella styrmedel ... eller behövs mer riktade insatser?

Jordbruk/livsmedel

Livsmedel, mat och i ökad omfattning också tillgången till rent vatten, är i ett nationellt och globalt perspektiv, den helt avgörande framtidsfrågan; också när det gäller klimatet. Här är det dock betydligt svårare att se några speciellt svenska utvecklingsområden, av samma slag som när det

gäller stål och skog (se nedan). Orsaken är bland annat att livsmedelsindustrin – som underlaget till MMB och tidigare studier från Tillväxtanalys 2014:09 om livsmedelsindustrin visar – i grunden är mycket heterogen, med ett mycket stort internationellt beroende, både i produktionsledet och genom export/import.

I underlaget från rundabordssamtalen sägs bland annat:

- Styrmedel mot jordbruksproduktionen räcker inte för att minska klimatpåverkan i tillräcklig omfattning, utan det krävs även förändringar i konsumtionen för att nå målet.
- Alla styrmedel som tillämpas bör vara grundade på en relevant systemanalys för att säkerställa att den önskade effekten nås utan negativa oönskade effekter på andra delar av systemet. Detta inkluderar även att hantera att den fria världshandeln. Det vill säga att styra svensk produktion i önskad riktning utan att försvaga konkurrenskraften.

Här, på samma sätt som vid diskussionen om mobilitet och transporter, väcks frågan om balansen mellan generella styrmedel och särskilda insatser. Har Sverige särskilda förutsättningar inom området; på samma sätt som när det gäller stålet och bioekonomin? Är det rimligt och möjligt att just på livsmedelsområdet initiera konkreta utvecklingsprojekt, som både stärker näringslivets konkurrenskraft och bidrar till de klimatpolitiska målen? Hur ska i så fall prioriteringen göras?

Basindustrin – stålindustrin

Stål svarar för en stor del av den svenska nettoexporten, och är därför en av grundpelarna i det svenska välståndsbygget. Men produktionen har också en betydande miljöpåverkan varför behovet av att minska utsläppen av koldioxid inom området är stort. Mycket har också redan gjorts, men mycket mer återstår att göra, särskilt för att kunna möta de långsiktiga kraven. Här behövs antagligen helt nya produktionsprocesser, som är kostsamma att utveckla och åtminstone på kort sikt i dagens marknad olönsamma; ett klassiskt marknadsmisslyckande.

Att ställa mycket högre krav på svensk produktion av miljöskäl skulle, förutom att orsaka ett betydande ekonomiskt bortfall, också kunna leda till att produktion flyttades till andra mindre ”rena” anläggningar, med ökade globala utsläpp av koldioxid som följd.

Miljöproblemen kvarstår således och måste åtgärdas på plats; i Sverige. Det gäller då dels att utforma nya processer som inte emitterar koldioxid, dels att fånga upp och lagra koldioxid genom så kallad Carbon Capture and Storage (CCS) och dels att utveckla system för

återanvändning av råvarorna, inte minst genom att utveckla och implementera ett fullständigt producentansvar under produkternas hela livslängd från ”vaggan till graven och vaggan igen”; spelregler på marknaden som driver fram ett cirkulärt ekonomiskt tänkande. Här finns en betydande potential för svenska forsknings- och utvecklingsinsatser.

MMB:s rundabordssamtal har identifierat olika områden som som tänkbara för samverkan (inom ramen för den svenska nyindustrialiseringsstrategin). Bland annat nämns:

- Politiken måste proaktivt dela och minska de betydande ekonomiska och politiska riskerna som det innebär för industrin att investera i utveckling av nollutsläppsteknik, inte minst den långsiktiga utvecklingen efter 2030 för att effektivt sänka utsläppen från själva grundprocessen,
- Effektivisera hela flödet från råvara till slutanvändning, samt att öka återvinningen av material.

I underlagen betonas de internationella perspektiven, och inte minst ett omfattande EU-samarbetet.

En övergripande fråga blir: Inom vilka områden skulle en brett sammansatt arbetsgrupp (se ovan) kunna konkretisera och medverka till att implementera särskilda för Sverige angelägna utvecklingsprojekt; i samarbete med andra länder; inom ramen för en nyindustrialiseringsstrategi? Insatser som då med nödvändighet måste ses i relation till omfattande svensk forskning, pågående arbete med demonstrationsanläggningar och hittillsvarande arbete inom exempelvis RISE och Jernkontoret.

Skogen – bioekonomi

Den svenska skogen har en särskilt viktig roll, för exporten och för miljön. Det gäller även här att hantera koldioxidutsläppen. I underlaget till MMB vidgas perspektiven från ”skog” till en biobaserad samhällsekonomi: en fundamental förändring som berör i stort sett hela samhället. Det gäller biomaterial, biodrivmedel, textilproduktion, biokemikalier, byggprodukter m.m. Allt som kan göras av fossila bränslen kan göras av biomaterial!

Betydande steg på väg mot en utvecklad bioekonomi har också tagits under de senaste decennierna. Enbart inom RISE-institutet arbetar cirka 500 forskare med inriktning mot bioekonomin.

De direkta utsläppen från produktionen har minskat genom ett intensivt arbete för att reducera energiåtgången, bland annat i ett långsiktigt utvecklingsarbete mellan företagen och staten; inte minst inom ramen för forskningssamarbeten mellan företag och industriforskningsinstitut, se Tillväxtanalys 2014:02.

Skogen – och en utvecklad bioekonomi - erbjuder en stor *positiv* potential! Skogsbruket i sig genererar ”negativa” utsläpp, genom att träden, när de växer, absorberar koldioxid från atmosfären. Ytterligare en positiv effekt kan sökas inom byggandet. Om trävaror i ökad omfattning får ersätta dagens cement i hus och anläggningar, sparas klimatet.

Sverige har också kommit långt när det gäller att använda skogsprodukter vid framställning av textilier, som kan ersätta mera miljöovänliga material. Dessutom har skogsbaserade biobränslen spelat en viss roll i den svenska transportsektorn, även om pris- och skatteförändringar – oklara och instabila spelregler – hämmat utvecklingen.

En i princip samstämmig uppfattning är att den svenska skogen kan utgöra en central del av lösningen på de globala klimatproblemen! Man har redan nu kommit långt ... Men den fråga som kvarstår: inom vilka områden behövs särskilda, nya insatser? Enligt underlaget kan det röra sig om fullskaliga industrianläggningar för att få ekonomi i processerna. Detta kräver stora resurser; som företagen i en hård global konkurrens kan ha svårt att frigöra. Var har staten möjlighet att gå in? Och hur skulle sådana satsningar i praktiken kunna utformas?

Bilaga 1: Miljömålsberedningens rundabordsamtal – en översikt



Deltagare vid rundabordsamtal fredagen den 18 december 2015 – Stat och marknad

Ola Alterå VD	Sustainable Innovation, tidigare statssekreterare för energifrågor, tidigare chef för intresseorganisationen Svensk fjärvärme
Charlotte Brogren,	GD VINNOVA, tidigare forskningschef på ABB
Thomas Kåberger,	professor, f.d. GD för Energimyndigheten, energiexpert och bland annat verksam i Japan, styrelseledamot i Vattenfall
Niklas Nordström,	Kommunalråd, Luleå, tidigare svensk politiker och företagare
Björn O Nilsson, Ingrid Pettersson,	professor och VD för IVA, Biokemist KTH GD Formas, tidigare AstraZeneca och statssekreterare vid Jordbruksdepartementet
(Karl-Henrik Sundström)	VD Stora Enso, intervju den 15 januari 2016), tidigare bl a Ericsson

Stefan Nyström
Dan Hjalmarsson
Anders Wijkman

Kanslichef
Konsult/svarar för dokumentationen
Ordförande i Miljömålsberedningen

Bilaga 2: Litteratur (i urval)

Underlagsrapporter

- Castells, M., 1999, *Nätverkssamhällets framväxt*, Diadalos
- Crawford, A., 2016, *Hur påverkar digitalisering, disruptiva teknologier och livsstilsförändringar Sveriges förutsättningar att bedriva en aktiv klimat och miljöpolitik?*
- Engström, C., 2016, *Bioekonomi i Sverige – nuläge, hinder och vägar framåt*
- Kramers, A., 2016, *Mobilitet med minskad klimatpåverkan*
- Paulsson, R. 2016, *Expertdialog – minskad miljöpåverkan från livsmedel* (Structor)
- Åman, M., 2016, *Stål och cement i ett noll-utsläppsamhälle efter 2050*

Övrig bakgrundslitteratur i urval

- Fligstein, N., 1996, *Markets as Politics: A Political-Cultural Approach to Market Institutions*, American Sociological Review
- Galbraith, J., K., 1967, *The New Industrial State*
- Giddens, A., 1986, *The Constitution of Society*. University of California Press
- Hjalmarsson, D., 1998, *Programteori för statlig företagservice in Swedish (Program theory for public advisory service)* Uppsala University
- Hjalmarsson, D., Johansson A., 2003, *Advisory Services – Theory and Practice*, Entrepreneurship Regional Development 15
- Kirzner, I., 1973, *Competition and entrepreneurship*, The University of Chicago Press, Chicago

- Lerner, J., 2009, *Boulevard of Broken Dreams –why public effort to boost entrepreneurship and public Venture Capital have failed – and what to do about it?* Princeton University Press
- Lundström, A., och Stevenson, L., 2005 *Entrepreneurship policy theory*
- Lundvall, B-Å., 2007 *Innovation System Research and Policy and practice, Where it came from and where it might go*, Paper to a CAS seminar in Oslo
- Mazzucato, M., Perez, C., 2015, *Innovation as growth policy in The Triple Challenge for Europe*
- MIT 2013, Report of the MIT *Taskforce on Production and Innovation*
- North, D., 1990, *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press
- OECD 2013, Science, Technology and Industry Policy, Warwick, K., *Beyond Industrial Policy Emerging Issues and New Trends*, Paper no 2
- Porter, M., 1990, *The Competitive Advantages of Nations*, The Macmillan Press
- Rodrik, D., 2004, *Industrial Policy for the Twenty-first Century*, UNIDO
- Sarasvathy, S., 2001, *Causation and effectuation: towards a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency*, Academy of Management Review Vol 20 No. 2
- Scherer, F.,M., 1970, *Industrial market, structure and economic performance*, Rand McNally
- Shane, S.,A., 2003, *A General Theory of Entrepreneurship: The Individual-opportunity Nexus*, Edward Elgar
- Stiglitz S.,J., 2000, *Economics of the Public Sector*
- Storey, D., 1999, *Six steps to heaven: Evaluating the impact of public policies to support small businesses*
- Tillväxtfakta/Tillväxtanalys, 2015, *Tillväxt genom stöd – en bok om statligt stöd till näringslivet*
- Tillväxtfakta/Tillväxtanalys, 2014, *Internationalisering 2.0*

- Tillväxtanalys, PM 2014:10 *Competing in Global Value Chains – Implications for Jobs and Income in Sweden*
- Tillväxtanalys, 2014:08, *Utvärdering av statligt finansierad företagsrådgivning – Erfarenheter och slutsatser av utvärderingsuppdraget*
- Tillväxtanalys, 2015, *Methodologies for an Interim Evaluation of the Swedish Regional Co-investment Funds (CIFs)* (Gordon Murray, Marc Cowling, Colin Mason, Markku Maula)
- Tillväxtanalys, 2013, *Public support to innovation – a multi-method approach to evaluate RTOs the case of Rise*
- Tillväxtanalys, 2011, *Entrepreneurship and SME policies across Europe The Swedish concluding report*
- Tillväxtanalys 2014:02, *Styrmedlens betydelse för en grön omställning av näringslivet –en fallstudie om den svenska skogsindustrin*
- Vedung, E., 1997, *Public policy and program evaluation*, Brunswick New Transaction Publishers.
- Williamson, O.,E., 1975 *Markets and Hierarchies*

Bilaga 3: Stöd till statliga företag (källa: Tillväxtanalys 2015)

Tabell 4.1. Statligt stöd till företag

Organisation	Program	Typ av stöd	Höjgrupp	Summa Mkr
Allt Företagspartner	Lån till SPP	Lån	SPP	142,5
Allt Företagspartner	Rådgivning	Kompetensutveckling	SPP	278
Arbetsförmedlingen	Ansättningsstöd	Såttag	SPP & Företag	1 185
Arbetsförmedlingen	Integrations	Såttag	SPP & Företag	325
Arbetsförmedlingen	Arbetsmarknadsutbildning	Kompetensutveckling	SPP & Företag	1 151
Arbetsförmedlingen	Stöd av värdgästbarnbid	Såttag	SPP/Arbetsmarknad	288
Arbetsförmedlingen	Stöd av värdgästbarnbid	Såttag	SPP/Arbetsmarknad	26
Sveket	Investeringstöd	Såttag	SPP & Företag	550
Sveket	Skuldsätt	Såttag	SPP & Företag	5,1
Sveket	Räntestöd	Såttag	SPP & Företag	408
Exportförmedlingen	Rådgivning	Kompetensutveckling	SPP	18
Exportrådet	Reklam och marknadsföring	Kompetensutveckling	SPP & Företag	39
Exportrådet	Införingsutgifter	Kompetensutveckling	SPP	28
Exportrådet	Marknadsföring	Kompetensutveckling	SPP	30
Exportrådet	Offentliga upphandlingar	Kompetensutveckling	SPP & Företag	2
Exportrådet	Grundläggande export	Kompetensutveckling	SPP	72
Faktservice	EU:s faktservice	Såttag	SPP	40
Faktservice	Vatten och hälsotjänster	Såttag	SPP	20
Faktservice	Gemensamma regler	Såttag	SPP	1,4
Faktservice	Hållbart liv	Såttag	SPP	0,2
Faktservice	Tekniskt stöd	Kompetensutveckling	SPP	1,4
Högskoleverket	Utb. utredningsrapport	Kompetensutveckling	Statensråd/SPP	230
Industriförbunden	DN, lån och kapital	Finansiellt stöd	SPP	43
Innovationsbron	Lån	Lån	SPP	27
Innovationsbron	Rådgivning	Kompetensutveckling	SPP	6,4
Jordbruksverket	Jordbruksstöd	Såttag	SPP & Företag	12 300
Jordbruksverket	Modernisering	Såttag	SPP	362
Jordbruksverket	Yrkesutbildning	Kompetensutveckling	SPP	204
Jordbruksverket	Skattstöd	Såttag	SPP	54
Jordbruksverket	Höga värde produkter	Såttag	SPP från Jordbruk	45
Jordbruksverket	Livsmedelsmarknaden	Stöd	SPP	2,2
Jordbruksverket	Skattstöd	Stöd	SPP	52
Jordbruksverket	Skattstöd	Skattstöd	Måttföretag	79
Jordbruksverket	Utbildning och information	Kompetensutveckling	SPP	17
Konjunktverket	Ekonomi, juridik och adm.	Kompetensutveckling	SPP	18
Naturförvaltningsverket	Klimatutvärdering	Såttag	SPP	48
Naturförvaltningsverket	Tekniker	Såttag	SPP & Företag	38
Naturförvaltningsverket	Lån	Lån	SPP	16,5
Naturförvaltningsverket	Klimatutvärdering	Såttag	SPP & Företag	660
Statens kompetensmyndighet	Diverse stöd till SPP	Såttag	SPP	141
Sveket	Exportfinansiering	Kompetensutveckling	SPP	8,7
Energinätsmyndigheten	Hjälpa lån	Lån	SPP	4,6
Energinätsmyndigheten	Öka former av såttag	Såttag	Ftg, utsk. m.m.	1 215
Energinätsmyndigheten	Öka former av såttag	Kompetensutveckling	SPP, m.m.	85
Statens kulturförvaltning	Produktionsstöd	Såttag	SPP & Företag	1 218
Statens kulturvetenskapliga råd	Statens kulturvetenskapliga råd	Kompetensutveckling	SPP & Företag	118
Trafikverket	Ej EU-stöd	Såttag	SPP & Företag	1 272
Trafikverket	Transportstöd	Såttag	SPP & Företag	376
Trafikverket	Regionalt investeringsstöd	Såttag	SPP & Företag	331
Trafikverket	Reg. Företagsutveckling	Såttag	SPP	188
Trafikverket	Kommerciell service	Såttag	SPP & Företag	30
Trafikverket	Skattstöd	Såttag	SPP & Företag	17
Trafikverket	Reg. Strukturåtgärder	Såttag	SPP	36
Trafikverket	Reg. Strukturåtgärder	Såttag	SPP & Företag	3 200
Transportstyrelsen	Driftstöd flygplatser	Såttag	SPP	120
Vinnova	Forsk & Utv	Såttag	SPP	120
Vinnova	VINNI NU	Såttag	SPP	5,5
Vinnova	Eurostars	Såttag	SPP	30
Vinnova	ELUND	Såttag	SPP	19
Vinnova	Hälsa	Såttag	SPP	5,4
Vinnova	Designade material	Såttag	SPP	13
Vinnova	VerdipAT	Såttag	SPP	22
Vinnova	VINNI EXPORT	Såttag	SPP	0,8
TOTALT SAMMÅ				27 414

Notar: Stöd och medel till företag (SPP). Källa: Trafikverket (2012); Sveket Näringsliv (2014).

Stål och cement i ett noll-utsläppssamhälle efter 2050 – reflektioner från två rundbordssamtal

Syntes av samtalen med rekommendationer

Svensk stål- och cementtillverkning står inför stora utmaningar de kommande 35 åren om den ska nå nollutsläpp. Tekniska alternativ finns men dessa behöver stöd för att utvecklas från idé- och pilotstadium till faktiska investeringar på en långsiktigt hållbar marknad. Staten bör de kommande fem till tio åren stödja industrins utveckling av nollutsläppsalternativ för att möjliggöra fortsatta utsläppsreduktioner efter 2025 till 2030. Stödet bör bestå av:

- *En industristrategi för nollutsläpp:* Sverige behöver en långsiktig politik för att stödja industrins utveckling mot noll-utsläpp, men en industristrategi kan inte bara fokusera på reduktionsmål utan måste ha en tydlig industri- och teknikpolitisk inriktning. En industristrategi måste utveckla former för hur de betydande ekonomiska och politiska riskerna som det innebär för industrin att investera i utveckling av nollutsläppsteknik ska hanteras. En industristrategi bör vara beslutad senast år 2018 för att möjliggöra vidare insatser. Inte minst behövs denna strategi som underlag i arbetet med en forskningsproposition år 2020.
- *Finansiering och riskdelning för demonstrationsprojekt och infrastruktur:* Demonstrationsprojekt i större skala är en viktig del av utvecklingsprocessen som det idag är svårt att få till stånd. Inom ramen för en industristrategi är det rimligt att staten tar en del av den ekonomiska risken och är villig att stödja både demonstrationsprojekt och infrastrukturutveckling. Även industrin förväntas ta en del av risken
- *Främja efterfrågan:* Staten behöver, tillsammans med industrin, utveckla efterfrågan på cement och stål som är producerad utan utsläpp genom att skapa nischmarknader som motiverar industrin till nyinvesteringar i nollutsläppsteknik. Insatser omfattar allt från reglerade nisch-marknader som utnyttjar t.ex. kvotplikt eller materialskatt som verktyg, till konsumentdrivna marknader via t.ex. märkning och andra samarbeten längs med värdekedjan. En första insats är att utveckla bättre information till slutkonsumenter om basmaterialens klimatavtryck i slutprodukter. Möjligheten att använda upphandling som ett instrument bör också undersökas.

Uppdraget

Miljömålsberedningen (MMB) och forskningsstiftelsen Mistra identifierade ett antal utvecklingsområden där båda organisationerna önskar öka kunskapen om var forskningsfronten ligger, hur den drivs och hur den kan drivas framåt.

Mot denna bakgrund genomförde MMB och Mistra gemensamt ett antal rundabordssamtal med deltagande av ett mindre antal (5-7) i första hand svenska experter från såväl forskarsamhället som myndigheter och näringsliv.

Samtalen leddes av en rapportör som skrev en kortare rapport som i första handsyftade till att täcka MMBs behov av skriftlig dokumentation. Rapportören svarar själv för rapportens innehåll, som inte återger exakt vad som sas av vem under samtalen utan är en syntes av hur kunskapsläget är.

Deltagare:

1:a mötet: 15 december 2015: Gert Nilson, Jernkontoret; Arvid Stjernberg, Cementa; Kim Kårsrud, oberoende expert; Jennica Broman, Energimyndigheten; Tobias Persson, Tillväxtanalys; Filip Johnson, Chalmers; Karin Ericsson, Lunds universitet; Max Åhman, Lunds universitet; Johan Rootzen, Chalmers; Thore Berntsson, Chalmers samt Eva Jernbäcker, MMB och Tomas Nilsson, Mistra.

2:a mötet: 21 januari 2016 kompletterades med Lars J Nilsson, Lunds universitet; Anders Wijkman, MMB; Gunnar Bengtsson, Volvo och Stefan Sandelin, Cementa.

Rapportör: Max Åhman, Lunds universitet

Stål- och cementindustrin i ett netto-noll utsläppsscenario för Sverige år 2050 och bortom

Inledning

Sveriges basindustri har ett ganska bra utgångsläge ur ett klimatperspektiv. Processerna är internationellt sett koldioxideffektiva och elförsörjningen är till stor del redan koldioxidfri. Det finns en medvetenhet om klimatfrågan både hos industrin och hos kunder och det finns ett relativt gott samarbete mellan industrin och myndigheter. Kunskapen och kompetensen om klimatfrågan är hög. Möjligheterna att hålla sig inom utsläppstaket till 2020 är inom räckhåll.

Svårigheterna uppstår när man tar det berättigade långsiktiga tidsperspektiv som klimatfrågan kräver. Även om möjligheten till fortsatta effektiviseringar är goda de kommande tio åren, så betyder inte det att industrin står väl rustade för det som kommer krävas därefter (eller t.o.m. tidigare med nya skarpere klimatmål). Dessa två rundabordsamtal har inte handlat om hur industrin och politiken bäst möter kortsiktiga behov och problem, utan hur svensk stål- och cementindustri ska kunna ha möjlighet att producera material och produkter med minimala utsläpp på längre sikt. Frågeställningen har varit vad som behöver göras de kommande 10 till 20 åren för att skapa förutsättningar för fortsatta reduktioner efter 2030

Samtalen tog sin utgångspunkt i att långsiktiga utsläppsmål nära noll ska nås och att detta innebär flera stora förändringar som direkt och indirekt berör basindustrin, t.ex. att konkurrensen om biomassa ökar, att elproduktion kan förväntas vara koldioxidfri och dessutom variabel, och att skillnaderna mellan I- och U-länder kommer att minska vilket påverkar både konkurrenssituationen och hur ansvaret inom den globala klimatpolitiken fördelas.

Texten nedan är en sammanfattning av hur samtalen utvecklade sig och kontentan av vad som sades blandat med lite faktaunderlag för att lätta upp läsningen.

Teknik och marknader till 2050

Utsläpp 2015 och 2050

Stål- och cementindustrin representerar Sveriges största punktkällor för fossila utsläpp av koldioxid och står även för en stor andel av Sveriges energianvändning. Stål- och cementindustrin orsakar både energi- och processrelaterade utsläpp. De energirelaterade utsläppen per producerad mängd material har sjunkit de senaste åren tack vare energieffektiviseringar och ökad andel alternativt bränsle (framförallt för cementindustrin) medan processutsläppens relation till produktionsvolymen har varit oförändrad.

Till år 2050 bör utsläppen av växthusgaser från dessa basindustrier vara så nära noll som man kan komma. Denna målsättning är i linje med 2-gradersmålet.

Utgångspunkten för samtalen har varit att Sverige ska ha en industri som är både konkurrenskraftig och utan utsläpp till 2050. Denna utgångspunkt motiveras av vår tillgång till goda naturresurser, vår kompetens, vårt klimatansvar ur både ett produktions- och konsumtionsperspektiv, samt vårt ansvar för att driva en teknikutveckling som gynnar både oss och den globala klimatpolitiken på längre sikt.

Stål och cement utan utsläpp 2050

Effektiva lösningar för att reducera utsläppen ner till noll från cement- och ståltillverkning omfattar insatser längs hela kedjan från råvara till slutanvändning. Att effektivt sänka utsläppen så pass mycket innebär att reducera både utsläppen från själva *grundprocessen*, *effektivisera* hela flödet från råvara till slutanvändning, samt att öka *återvinningen* av material.

Utsläpp från grundprocessen (både energi- och processutsläpp): Grovt sett finns tre större möjligheter att reducera utsläppen från själva processerna; (i) att introducera koldioxidinfångning och lagring (CCS), vilket kan reducera både bränsle- och processrelaterade utsläpp, (ii) att skifta från fossila råvaror/energi till biomassa, vilket reducerar främst bränslerelaterade utsläpp men även processrelaterade från stålindustrin, och (iii) att skifta grundprocess helt och hållet genom t.ex. elektrifiering. För cement ses idag en kombination av biomassa och CCS som det långsiktigt mest realistiska alternativet att reducera utsläppen från själva grundprocessen. CCS är även ett alternativ¹ för stålframställning om man behåller masugnarna, men här finns flera andra tänkbara lösningar. I tidshorisonen till 2050 är t.ex. direkt reduktion med vätgas (framställt från förnybar el eller biomassa) tänkbart. Därutöver finns andra sätt att reducera järnmalm som visat sig fungera i laboratorieskala, t.ex. elektrolys (s.k. elektrowinning), som också kan bli aktuella på lång sikt, d.v.s. bortom 2050.

Processeffektivisering och nedströms effektivisering av materialflöden kommer vara nödvändigt och motiverat både av kostnads- och resurshushållnings skäl. Potentialen för effektivisering inom befintliga processer är dock begränsad. Uppskattningarna av potentialen för att effektivisera *befintliga* processer varierar mellan 15 och 30 %

¹ Detta alternativ kan även kombineras med att ersätta den vanliga koksen med biokoks

beroende på ekonomi och tidshorisont. Den tekniska potential till nedströms materialeffektivisering vid tillverkning av olika slutprodukter bedöms som teoretiskt stor. Inkluderars även effektivare användning (t.ex mindre kontorsyta, mindre storlek på fordon) uppskattas den teoretiska potentialen till 50 % i vissa fall. Den praktiskt möjliga potentialen är dock betydligt mindre, åtminstone på kort sikt. Med introduktion av *nya processer* kommer det även att finnas nya behov och möjligheter till effektiviseringar och även nya sätt att t.ex. integrera förändrade värmeflöden eller el-effektivisering.

Återvinning av material: Det är generellt energieffektivare att producera nya material från återvunna råvaror än att producera det från jungfrulig råvara, men även bearbetningen av material från återvunna råvaror är energiintensiv. För stål innebär en övergång till återvunnet material även en övergång från att använda koks/masugnteknik till elektrifiering via ljusbågsugnar. Ökad återvinning är en naturlig utveckling för stål av ekonomiska skäl med globalt ökad tillgång på skrot. I dagsläget är det inte aktuellt att göra ny cement av cement som använts i betong. Riven betong återanvänds istället som fyllnadsmaterial och kan i vissa fall karbonatiseras och således suga upp en del av de processutsläpp materialen en gång orsakat vid tillverkningen. Gammal betong återanvänds även i ny betong idag. Ökad återvinning är en viktig strategi redan idag men kan utökas ännu mer.

Dessa tre övergripande strategier är kompletterar varandra. Effektivisering och återvinning stöds redan idag och utvecklas ständigt, drivet både av energipolitik, resurshushållningspolitik och av ekonomiska och industristrategiska skäl. Det som tidigare inte har uppmärksamats är behovet att även reducera (eliminera) utsläppen från själva grundprocesserna ner till noll. Här räcker det inte att "addera ett filter" till befintliga processer. Större investeringar i teknik och systemutveckling måste göras och innefattar nyinvesteringar i själva grundprocesserna.

Ekonomi, tidsperspektiv och kunskap i Sverige

Kostnaderna för att introducera noll-utsläppsteknik i dessa processer är svåra att prognosticera då tekniken inte är kommersiellt tillgänglig. De flesta prognoser pekar dock på att konstruktionsstål skulle bli ca 20 till 30 % dyrare att tillverka och cement ca 70 till 100 % dyrare jämfört med idag. Att producera cement och stål utan utsläpp innebär således substantiellt ökade produktionskostnader utan att materialets egenskaper förbättras på något avgörande sätt (förutom klimatmässigt). För slutkonsumenterna och samhällsekonomin som helhet beräknas dock de extra kostnaderna för att göra cement och stål utan utsläpp vara mycket låga, runt 1 % av den totala byggkostnaden för ett hyreshus eller av det slutgiltiga priset på en bil.

Tidsperspektivet och investeringscykler: Relevant för innovation och teknisk förändring är att cement- och järn- och stålindustrin kännetecknas av processer som drivs i kontinuerlig drift under lång tid där större investeringar sker med flera års mellanrum. De befintliga masugnarna för stålframställning och roterugnarna för cement kan tekniskt sett hållas i drift bortom år 2050. Större nyinvesteringar och uppgraderingar sker med långa tidsintervall. Detta sker ungefär vart 15:e till 20:e för masugnen och endast vid behov när det är ekonomiskt lönsamt att stänga ner roterugnarna den tid det

krävs för större ombyggnader för att t.ex. öka energieffektiviteten. Bra tillfällen att introducera och bygga om processer anpassade för noll-utsläpp kommer bara vid ett fåtal tillfällen fram tills 2050. Tekniken för nollutsläpp måste finnas tillgänglig, d.v.s vara utvecklad, demonstrerad och vara ekonomiskt motiverad, vid dessa investeringstillfällen.

Kunskap och kapacitet i Sverige för nollutsläppsteknik: Medvetenheten om utmaningarna med nollutsläpp har ökat markant de senaste åren. På Europeisk nivå har industrins branschorganisationer framställt ett antal "färdplaner" för att visa på hur de kan nå nollutsläpp till 2050², ³ och vilka insatser som behövs. I Sverige har både cement- och stålindustrin utvecklat scenarier och visioner för hur deras framtid kan se ut i ett nettollösningssamhälle 2050. Ett antal relevanta "strategiska innovationsagendor" har också framställts, bl.a. en om processindustrin och CCS och en om metalliska material⁴.

Cementindustrin bedriver idag utvecklingsarbete för att öka andelen alternativa bränslen och analyserar möjligheterna till en demonstrationsanläggning för CCS⁵. Utveckling av infångningsteknik ingår inte i kärnverksamheten idag, men kunskap finns inom akademien i Sverige. Svensk stålindustri har en bred kunskapsbas att stå på vad gäller forskning och utveckling och kan till stora delar kunskapsmässigt driva utvecklingen mot nollutsläppslösningar inom Norden. En pilotanläggning för utsläppssnål produktion av stål med CCS-teknik bedrivs framgångsrikt i Luleå under det s.k. ULCOS-projektet. Inom "Järn- och Stålindustrins Energianvändning", förkortat JoSEn, bedrivs forskning och utveckling kring ökad användning av biomassa i järn- och stålproduktion och inom det strategiska innovationsprogrammet Metalliska material pågår en teoretisk studie kring vilken utsläppsreduktion som skulle kunna uppnås i en masugn om idag känd teknik för utsläppsminskning kombineras på optimalt sätt. Därutöver bedriver t.ex. LKAB och SSAB egen forskning inom området⁶.

Hur ser marknaden ut idag respektive 2050?

Stålindustrins marknader är globala och har historiskt kännetecknats av cykliska fluktuationer mellan utbud och efterfrågan. Sedan finanskrisen 2008/2009 har den globala stålindustrin haft en stor överkapacitet drivet av bl.a. Kinas kraftiga expansion åren före. Cementindustrin upplever mindre fluktuationer och marknaden är mer anpassad till de naturliga konjunkturcykler som finns på den regionala byggmarknaden.

Stålindustrin producerar många olika och komplexa produkter och svensk stålindustri har utvecklats mot specialstål av hög kvalitet med högt förädlingsvärde. Detta är ett av skälen till att Sverige fortfarande har en livskraftig stålindustri. Denna utveckling har pågått länge men fick en rejäl skjuts efter varvskrisen då den största inhemska avnämaren till konstruktionsstål försvann. Till 2050 förväntas den globala efterfrågan på stål fortsätta att öka men en allt större del av stålet kommer i framtiden komma ifrån skrot. Ett globalt behov av jungfruligt stål från järnmalm kommer att finnas bortom

² Cembureau (2013) *The role of Cement in the 2050 low carbon economy*. Cembureau www.cembureau.be; Eurofer (2013) *A steel Road Map for a Low Carbon Europe 2050*. Eurofer 2013

³ Global Technology Roadmap for CCS in industry, Steel Sectorial Report, J. P. Birat et. Al. 2013

⁴ Energiforsk (2015) *Processindustrin och nollvisionen*; Jernkontoret (2013) *Nationell samling kring metalliska material*

⁵ Cementas nollvision, se <http://www.cementa.se/sv/nollvision>

⁶ Efter rundabordssamtalen har SSAB, LKAB och Vattenfall gemensamt presenterat ett initiativ på att satsa på vätsgasreduktion för järnframställning

2050 men prognoser från bl.a. World Steel pekar på att tillväxten efter 2030 kommer att mötas främst av ökad skrotbaserat stål och att direktreduktion (DRI) kommer att öka där det finns konkurrenskraftig gas.

Cementindustrin ser inga stora förändringar i marknadsstrukturen till 2050. Byggmaterial är en till största del lokal och regional produkt, även om t.ex. klinker handlas globalt på en spotmarknad så är det endast i mindre omfattning. Cementfabriker kommer sannolikt att fortsätta vara storskaliga (de omsätter mycket värme vilket gör detta energieffektivt) och den nuvarande industristrukturen kommer med stor sannolikhet att finnas även 2050. Möjligheterna att variera produkten eller att substituera mot trä eller stål i konstruktionen finns men är inget som bedöms ha en avgörande betydelse för de stora fysiska flödena av byggmaterial. Det långsiktiga behovet av byggmaterial är relativt konstant beroende av befolkning och trender inom bostadsstandard, och kan därför relativt säkert förutsägas. Ett ökat fokus på rivning kan komma i framtiden då stora delar av miljonprogrammets hus behöver renoveras eller rivs med möjligheter att låta byggmassorna återta en del koldioxid.

Nya nischer och produkter: Ambitiösa klimatmål kommer att innebära nya behov av specialprodukter anpassade för klimatsmart teknik. För stålindustrin erbjuder bl.a. ny klimatteknik (bränsleceller m.m.) nya marknader där det behövs stål med höga kvalitetskrav och därmed högre pris/förädlingsvärde. Cementindustrin ser sin produkt (byggmaterial) som relativt oförändrad, d.v.s. en energiintensiv bulkprodukt som ska möta framtida byggbehov. Konkurrens i framtiden på cementmarknaden kommer att fortsatt ske på pris och logistik (närhet).

Andra förändringar till 2050: I en framtid där samhället nått nollutsläpp kommer mycket att ändras jämfört med idag. I tidsutrymmet fram till 2050 bör man även räkna med att relativpriser mellan olika energibärare kan ändras. En strikt klimatpolitik kommer att öka konkurrensen om tillgängliga biomassaresurser samtidigt som kostnaderna för förnybar el fortsätter att minska. Biomassa kommer att användas i de sektorer och användningsområden där det finns bäst betalningsvilja (t.ex. i bioraffinaderier för produktion av kemikalier och transportbränslen) vilket styrs bl.a. av vilka andra alternativ som finns. Betalningsviljan för förädlad biomassa för processvärme i cement- och stålindustrin kommer att avgöras av kostnaderna för andra nollutsläppsalternativ som t.ex. elektrifiering, vätgas eller naturgas med CCS.

I samband med eventuella skiften av energibärare kan den energiintensiva industrins roll i energisystemet ändras på längre sikt. Med en ökad elektrifiering och/eller övergång till väte kan stålindustrin t.ex. ta ett framtida balansansvar på elmarknaden. Satsningar på väte/metan kan betyda integrering med omkringliggande energisystem som fjärrvärme- och gasinfrastrukturen, och CCS-teknik kan behöva delar av industrins spillvärme. Detta kan dels skapa nya intäkter för industrin men även reducera andra, t.ex. används idag stålindustrins restgaser (hyttgaser) för produktion av el och fjärrvärme i Luleå och Oxelösund och cementindustrins spillvärme för elproduktion och fjärrvärme i Slite.

Vad händer i resten av världen?

Den globala klimatpolitiken och även insatser för teknikutveckling för energiintensiv industri har hittills varit inriktad på energieffektivisering. De senaste fem åren har

framförallt EU och Japan men även Kina, Brasilien, USA m.fl. börjat satsa på forskning och utveckling av teknik som skulle kunna ge större reduktioner än enbart energieffektivisering. Främst har man fokuserat på CCS men även andra satsningar på elektrifiering, biomassa, och vätgas har inletts. Medvetenheten om den långsiktiga utmaningen för energiintensiv industri finns inte längre bara i EU utan delas av alla större länder.

Energipolitiken, som är en del av industripolitiken, har i de flesta länder undantagit energiintensiv industri från den generella skattenivån på energi (med vissa variationer). Även inom Sverige och EU hålls elpriser på en kontrollerad nivå via minimiskatter, delvis fri utdelning av utsläppsrätter m.m. I flera länder med snabb utveckling (Kina, Indien, Brasilien) har energi och el till energiintensiva industrin subventionerats av industripolitiska hänsyn.

Klimatpolitiken globalt påverkar också förutsättningarna för vad som kan/bör göras i Sverige. Efter Parisöverenskommelsen i december 2015 står det klart att ett globalt utsläppspris eller handelssystem inte kommer att utvecklas i närtid utan att klimatregimen fortsätter att utvecklas "bottom-up" drivet av de olika ländernas ambitioner och prioriteringar. De olika ambitionsnivåerna är ett grundproblem för energi- och handelsintensiva produkter som tillverkas i Sverige/EU som då riskeras att prismässigt utkonkurreras av produktion från länder med lägre klimatambitioner. Samtidigt öppnar Paris-överenskommelsen upp för fler initiativ mellan den privata sektorn och olika länder som t.ex. sektorsansatser, koppling av regionala handelssystem, bilaterala överenskommelser inom handelsområdet, och tekniksamarbeten som skulle kunna motverka snedvridningen i konkurrens.

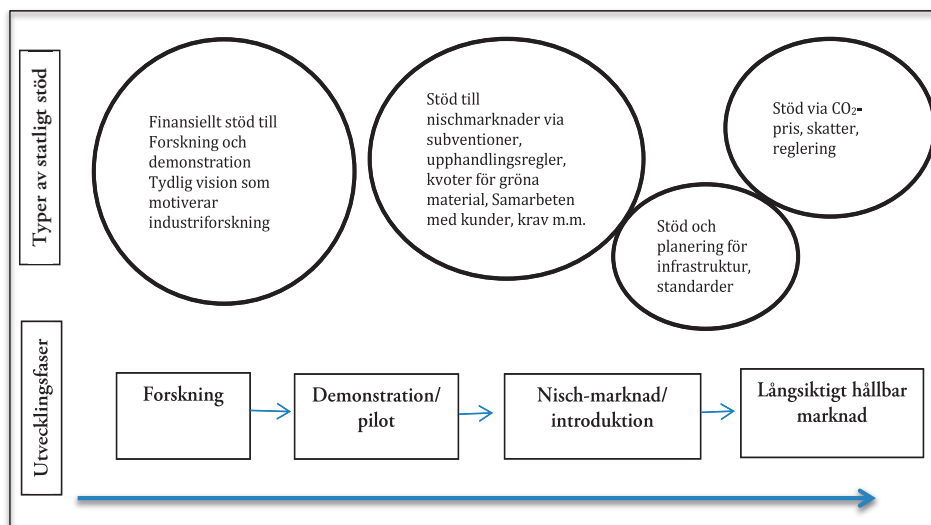
Det är osäkert hur den globala klimatpolitiken kommer att utformas de närmaste åren. En svensk strategi måste följa och ta hänsyn till den globala utvecklingen, men det bör även ingå i en svensk strategi att själva eller på EU nivå ta initiativ till hur energiintensiv industri bör hanteras inom den globala klimatpolitiken så att fler länder kan ta ansvar för utvecklingen.

En svensk strategi bör även definiera på vilken geografisk nivå satsningar ska göras. Mycket forskning och demonstrationsinsatser sker (eller borde ske) på EU-nivå via det s.k. NER 300 programmet eller t.ex. Horizon 2020. Förutsättningarna skiljer sig dock väsentligt åt mellan länder, även inom EU. För stålindustrin är det i dagsläget framförallt samarbete inom Norden som är aktuellt då man har ungefär samma förutsättningar och ett upparbetat samarbete. Cementindustrin deltar i forskningssamarbeten inom ramen för europeisk cementforskning för t.ex. avskiljningsteknik.

Styrmedel och strategier

Utmaningen för stål- och cementindustrin i Sverige är att utveckla och introducera ny teknik som i dagsläget varken är kommersiell (d.v.s. lönsam) eller tillräckligt beprövad och utvecklad.

I Figur 1 ges en förenklad men användbar skiss som visar på hur en normal "innovationskedja" ser ut från första idéerna via testning, demonstration och introduktion till en långsiktigt hållbar marknad.



Figur 1. Schematisk skiss för marknadsutveckling av ny teknik med olika typer av stöd längs med innovationskedjan.

Delarna i innovationskedjan hänger samman. Tydliga visioner och trovärdiga utsikter för en framtida hållbar marknad styr vilka forskningsinsatser som görs och vilka risker företag är beredda att ta för att engagera sig i demonstrationsprojekt och sätta nya produkter på marknaden. Utvecklingen sker heller aldrig "linjärt" som det ser ut i Figur 1 utan bedrivs oftast längs med hela innovationskedjan samtidigt. Vissa nya tekniker visar sig vara mer konkurrenskraftiga än vad man tidigare trott medan andra lösningar visar sig sämre och dyrare än vad som först prognosticerats. Urvalet av möjliga lösningar minskar med tiden allt eftersom de "testas" på marknaden. Detta tillhör en normal dynamisk utveckling.

Nedan ges nuläget för de olika stegen i innovationskedjan samt diskuteras möjlighet till förstärkning.

Forskning:

Den klimatmotiverade forskningen för energiintensiv industri har länge varit inriktad mot energieffektivisering men ansvaret för att driva och utveckla process-relaterad forskning med sikte på större utsläppsreduktioner har inte varit tydligt hos någon aktör. Mycket kunskapsutveckling mot nollutsläpp inom industri faller utanför traditionell energiforskning såsom CCS, elektriska processer m.m. Energimyndigheten har utbetalat

drygt 1,2 miljarder kronor/år i energiforskningsanslag de senaste åren uppdelat på olika temaområden. Ett av de minsta temaområdena är energiintensiv industri som stått för omkring sju procent av utbetalade medel. Framförallt har detta gått till energieffektivisering. Delområdet järn- och stålindustri utgör en fjärdedel av utdelade medel till energiintensiva industrin.

Finansiering till demonstration:

Sverige hade ett demonstrationsprogram mellan 2007 och 2009 på totalt 875 miljoner riktat mot större industrianläggningar. EU har NER300⁷ som finansierar demonstration inom energiområdet (förnybar energi och CCS) sedan 2011. Erfarenheter hittills har varit att det är svårt att få till bra demonstrationsprogram inom energiintensiv industri. Rundabordssamtalen pekade bl.a. på problem med timing, krav på motfinansiering och avsaknad av nischmarknader. Efter 2020 kommer EU att lansera ett nytt initiativ (NER400) som förväntas komma ge bättre möjligheter till demonstrationsprogram för energiintensiv industri.

Stålindustrin i EU var nära att starta ett demonstrationsprojekt för CCS med stöd av NER300, men det avbröts i sista stund, bl.a. på grund av finanskrisen. Cementsektorn i EU letar för närvarande efter lämpliga ställen att driva ett pilotprogram för cementproduktion med en syrgasprocess och CCS. Möjligheterna att lyckas med ett demonstrationsprojekt beror delvis på riskdelning med staten/EU, men även på om företagen upplever att det finns en avsättning för produkten (som kan kosta betydligt mer) via någon lämplig nischmarknad.

Nischmarknader/tidig introduktion:

Ny teknik använd i liten skala tenderar att kosta mycket. Att finna en nischmarknad som kan acceptera den högre kostnaden för vidare utveckling av både tekniken i sig, av produktionsprocesser och av marknaden har historiskt visat sig vara en avgörande del för att göra ny teknik konkurrenskraftig. Framförallt har detta lett till betydande kostnadsreduktioner, s.k. "lär-effekter" som är en kombination av skal-ekonomi, teknikutveckling och marknadsutveckling längs med hela värdekedjan.

Idag finns det inga nischmarknader som är beredda att betala en premie för grön cement eller grönt stål. Nischmarknad kan skapas eller uppmuntras på flera sätt via antingen styrmedel eller via konsumenttryck. Oftast har det funnit en kombination av frivilliga och tvingande regleringar när nischmarknader skapas.

Det är möjligt att skapa en nischmarknad med regleringar via t.ex. en kvotplikt, "CO₂-premie" (t.ex. subvention betalad för lagrad koldioxid), inmatningstariff för lagrad koldioxid eller via upphandlingskrav i likhet med vad som gjorts för att främja utvecklingen av förnybar el. Dessa förslag är hittills outhärdliga och riskerar att komma i konflikt med t.ex. EUs regelverk för statsstöd. Med en tidshorisont till 2050 bör Sverige utgå från att dagens regelsystem kan ändras och att Sverige kan påverka EU's regelverk i önskad riktning. Förslagen ovan kan också vara svåra att implementera rent praktiskt. Att t.ex. använda sig av offentlig upphandling kan vara ett effektivt alternativ för cement då produkten är relativt homogen och den offentliga sektorn (via offentliga byggnader, vägar, broar m.m.) är en stor kund på en i huvudsak nationell/regional marknad.

⁷ NER300; New Entrants Reserv Program inom EU som finansierar demonstrationsprojekt inom förnybar energi och CCS genom intäkterna från reservpotten av 300 miljoner utsläppsrätter inom EU

Trafikverket har börjat ställa krav på byggprojekt ut ett klimatperspektiv⁸ vilket kan utvecklas i framtiden. För stålsektorn skulle dock offentlig upphandling troligtvis vara svårare då stål är en mer varierad produkt med betydligt fler användningsområden och med flertalet kunder som finns på en global marknad.

En nischmarknad behöver inte nödvändigtvis handla om själva slutprodukten utan kan även gälla lämpliga energibärare för industrin. T.ex. skulle en satsning på vätgas som framtida energibärare för industrin skulle kunna motiveras av behovet av energilagring och balanstjänster som behövs för att säkerställa leveranssäkerhet i ett framtida elsystem med stora mängder väderberoende och variabel produktion. Vätgas skulle då produceras när den väderberoende elproduktionen är hög och elpriset nära noll. Vid de tillfällen som den väderberoende elproduktionen är för låg skulle vätgasen omvandlas till el. En stor del av året skulle dock vätgasen kunna användas av den energiintensiva industrin. Kostnaderna för detta skulle dock främst belasta kundkollektivet av elkonsumenter eftersom vätgaslagringen behövs för att säkerställa elsystemets balans.

Frivilliga samarbeten längs med värdekedjan skulle kunna vara att få tillverknings/byggindustrin att frivilligt betala en premie för att sälja sina slutprodukter med grönt stål/cement och skulle kunna möjliggöras av att priset på konsumentprodukten vida överstiger den ökade kostnaden för nollutsläpp (någon procentenhet). Tillverkningsindustrin som köper materialet är dock även de hårt konkurrensutsatta och även små minskningar i vinstmarginaler är svåra att acceptera. Möjligheten ligger i att samarbetet skapar ett mervärde, manifesterat via t.ex. en märkning eller certifiering, vilket gör grönt cement/stål mer attraktiva för slutkunden och betingar därför ett högre värde/pris.

Materialets klimatpåverkan är idag osynligt för slutkonsumenten och betalningsviljan för att få "grönt stål" i sina fordon eller "grön cement" i sina hus är okänd. Ett första steg i en utveckling för att underlätta en mer konsumentdriven omställning borde vara (i) information via märkning och certifiering baserad på krav på enklare livscykeldata. Industrin och myndigheter behöver börja med några enkla steg för att undersöka och lära sig om (ii) kunders betalningsvilja vilket hänger på rätt information och t.ex. märkning. Dessutom behöver man ta reda på (iii) hur man kan underlätta för marknadsnischer som under de närmsta åren är beredda och har möjlighet att betala en premie i produktionsledet för att främja en marknadsutveckling. Detta skulle också stärka förtroende hos företag att tydligare prioritera och satsa/engagera sig i demonstrations- och pilotprojekt.

Infrastruktur:

Vid en utveckling som innefattar skiften av energibärare (vätgas, metan, elektrifiering) eller introduktion av CCS är tillgång till infrastruktur viktigt. På längre sikt finns flera intressanta utvecklingsmöjligheter till integration med vätgas/metan/el men även CCS/CCU⁹ kan bli aktuella efter 2025. Infrastruktur innefattar dels den fysiska infrastrukturen i form av rörledningar, dels organisationen kring dessa med ägande, reglering kring nät-tillgång, tillstånd, kostnadsfördelning och ansvar m.m. Infrastrukturen behöver utvecklas stegvis och i takt med industrin; t.ex. har det börja

⁸Se Trafikverkets klimatkrav på infrastruktur: <http://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/Nationellt/2016-02/klimatkrav-i-byggprojekt---ett-viktigt-steg-mot-klimatneutral-infrastruktur/>

⁹ CCS, Carbon Capture and Storage; CCU : Carbon Capture and Usage.

med transport av gas i lastbil, skepp, via mindre nät m.m. för att senare skalas upp. Detta är en utmaning och kräver långsiktig planering från myndigheternas sida. Planering, tillstånd och slutligen investering i ny infrastruktur tar långtid. För svenska kraftnät tar det normalt 8 till 10 år att bygga större ledningar och då har man ändå redan ett regelverk på plats.

Långsiktiga marknader:

En långsiktigt hållbar marknad för nollutsläppmaterial finns när en kritisk massa av länder har krav på nollutsläpp. De länder som gått före kommer då ha en fördel dels genom att exportera klimatsmarta material och dels genom att exportera sitt kunnande och sin teknik. Det kommer dock att finnas en besvärlig övergångsperiod där Sverige och EU har, enligt det globala klimatpolitiska ramverket, ett större ansvar och därmed högre ambitioner för utsläppsreduktioner jämfört med t.ex. Brasilien, Kina, Indien m.fl.

Med skillnaderna i ambitionsnivå mellan konkurrerande länder finns det ett uppenbart problem med att långsiktigt driva en utveckling mot nollutsläpp och samtidigt bibehålla möjligheten till energiintensiv industri i Sverige (och EU) utan kompletterande åtgärder. Detta illustreras tydligt av debatten kring EU ETS där konkurrensutsatt industri kompenseras bl.a. genom att viss tilldelning av utsläppsrätter är kostnadsfri för att undvika "koldioxidläckage"¹⁰. Tänkbara åtgärder för att kombinera höga klimatambitioner med god konkurrenskraft för energiintensiv industri diskuteras för närvarande inom EU via mer konsumtionsbaserade styrmedel såsom materialskatt, koldioxidavgifter på material, och fortsatt kompensation via tilldelning av utsläppsrätter. Frågan om koldioxidtullar och andra handelsåtgärder kommer också upp i diskussionerna då och då. Dessa insatser ligger på EU-nivå, men Sverige behöver aktivt lyfta frågan inom en industristrategi.

Var står vi idag?

Det positiva som har hänt de senaste åren är att trovärdigheten i Sveriges, EU:s och övriga länders långsiktiga klimatåtaganden har ökat väsentligt, vilket också avspeglas i industrins intresse för en långsiktig utveckling mot nollutsläpp som ökat markant under samma tid. Insikten att det finns stora resurser förnybar energi både med acceptabla miljöeffekter och till rimliga kostnader har också ökat markant de senaste åren.

För energiintensiv industri finns det idag teknik under utveckling som på längre sikt kan reducera utsläppen ner mot noll. Riskerna förknippade med teknikutveckling är både tekniska, ekonomiska och politiska. De olika teknikerna behöver demonstreras och utvecklas vidare, men idag råder osäkerheter om de långsiktiga marknadsvillkoren och det saknas nischmarknader och stöd som kan motivera riskfyllda investeringar i demonstrationsanläggningar för vidare utveckling.

De ekonomiska och politiska riskerna intimt hänger ihop då klimatpolitiken behövs för att göra nollutsläppslösningar lönsamma. Från ett industriperspektiv står idag den långsiktiga klimatpolitikens utformning för den största risken om man vill gå mot nollutsläpp. Frågan är hur ansvaret för att reducera alla risker bör delas mellan staten, konsumenterna, respektive privata företag

¹⁰ Koldioxidläckage; att verksamheter flyttar ifrån Sverige på grund av klimatpolitikens kostnader

Förslag till strategi:

Både politiken och industrin har på senare år skiftat fokus från kortsiktiga utsläppsreduktioner till att ta sikte på de långsiktiga utmaningarna som tvågradersmålet (och ambitionen om 1,5 grader) innebär, vilket inger hopp. Rundabordsamtalen har handlat om stål- och cementindustrierna, men den grundläggande problemställningen med långsiktiga klimatambitioner och industriutveckling gäller i princip alla energiintensiva industrier såsom petrokemi, aluminium, kalk, massa- och papper samt gruvinindustrin.

En långsiktig utveckling av den energiintensiva industrin mot noll-utsläpp kräver en integrerad politik som innefattar olika typer av stöd längs med hela innovationskedjan. Med en genomtänkt strategi från början är det enklare att driva en aktiv dialog för att påverka EU. För detta behövs det även en tydlig styrning av myndigheter för att, med ett helhetsgrepp, styra, utveckla, koordinera och kontinuerligt utvärdera statliga insatser.

Rundabordsamtalen har identifierat ett antal svaga områden som idag behöver förstärkas för att driva utvecklingen i rätt riktning. Det finns idag brister i myndighetsansvaret som bottnar i avsaknaden av en tydlig svensk industrivision. Det finns även brister i de befintliga stödformerna längs med innovationskedjan. Många satsningar på forskningsområdet hade kunnat lyckas bättre om staten infört styrmedel som stimulerat efterfrågan på den nya tekniken.

Förslagen nedan är steg som kan tas de kommande fem till tio åren för att möjliggöra fortsatta utsläppsreduktioner åren därefter.

- *En industristrategi för nollutsläpp:* En långsiktig politik för att stödja svensk energiintensiv industri behövs men den kan inte bara fokusera på reduktionsmål utan måste ha en tydlig industri- och teknikpolitisk inriktning. Detta innebär att man inom en industristrategi måste utveckla former för hur de betydande ekonomiska och politiska riskerna som det innebär för industrin att investera i utveckling av nollutsläppsteknik ska hanteras. En industristrategi behöver också beakta att utmaningarna skiljer sig åt mellan branscher. En svensk industristrategi måste leva och utvecklas med hänsyn tagen till både teknisk utveckling och omvärldsfaktorer som den internationella klimatpolitiken. Inom ramen för en industristrategi behövs också en tydligare styrning av myndigheter för att driva och koordinera insatser.

En industristrategi för nollutsläpp kommer att beröra flera politiska agendor. Det faller sig naturligt att den utgår från nyindustrialisering och därmed ligger närmast Näringsdepartementet. Denna strategi bör vara beslutad senast år 2018 för att möjliggöra vidare insatser. Inte minst behövs denna strategi som underlag i arbetet med en forskningsproposition år 2020.

- *Finansiering och riskdelning för demonstrationsprojekt och infrastruktur:* Inom ramen för en industristrategi bör Sverige vara villig att stödja demonstrationsprojekt för energiintensiv industri. Demonstration i större skala är en viktig del av utvecklingsprocessen och det är rimligt att staten tar en del av den ekonomiska risken. Att via politiken stödja teknik innebär alltid risker, men

risker måste accepteras inom ramen för en bredare industriell utvecklingspolitik. Även industrin förväntas ta en del av risken. I detta ingår också satsningar på nödvändig infrastruktur. Infrastruktursatsningar innefattar alltid myndigheterna via tillstånd, "ledningsrätt", reglering och finansiering och eventuellt statligt ägande. Den infrastruktur som kan behövas är ledningar och lagring för koldioxid, vätgas och metan samt förstärkta elnät.

- *Främja efterfrågan:* Efterfrågan på cement och stål med noll-utsläpp behöver utvecklas genom att skapa nischmarknader som kan motivera industrin till investeringar. Insatser omfattar allt från reglerade nisch-marknader (kvotplikt materialskatt m.m.) till mer konsumentdrivna marknader via t.ex. samarbeten längs med värdekedjan. Detta är idag okänd terräng för basmaterial men behöver förstås bättre. En första insats är att, tillsammans med industrin, utveckla och stödja bättre information till slutkonsumenter om basmaterialens klimatavtryck i slutprodukter. Möjligheten att använda upphandling som ett instrument och att via reglering utveckla nischer, i likhet med vad som gjorts för förnybar el och transportbränslen, bör också undersökas.

Mobilitet med minskad klimatpåverkan

Rapport till Miljömålsberedningen och Mistra

Anna Kramers

mars 2016

1. Introduktion	3
2. Mobilitet	4
2.1 Utvecklingstendenser	4
2.2 Centrala utvecklingsområden	5
3. Möjligheter och hinder för minskning av växthusgaser	6
3.1 Möjligheter	6
3.2 Hinder	7
4. Samverkan mellan stat och marknad	9
4.1 Ansvar och roller	9
4.2 Olika marknader som är kopplade till mobilitet och tillgänglighet.....	10
5. Åtgärder och styrmedel och som kan få önskvärda förändringar till stånd.....	11
5.1 Åtgärder	11
5.2 Styrmedel.....	13
6. Slutsatser.....	14
Referenser	15
Appendix A - Utkast till förslag på åtgärdsplan, vision och mål	16

1. Introduktion

Miljömålsberedningen (MMB) och forskningsstiftelsen Mistra har gemensamt identifierat områden som de önskar förbättra sin kunskap om. De vill veta var forskningsfronten ligger, hur området drivs idag och hur det skulle kunna drivas framöver för att bidra till att klimatmålen nås. Denna rapport avser att ge en bild av kunskapsläget inom mobilitet främst inom Sveriges gränser.

För att samla kunskap om mobilitet genomfördes två rundabordssamtal som leddes av en rapportör. Deltagarna vid rundabordssamtalet bestod av experter ifrån näringsliv och akademi som under samtalen fick ge input till frågor som skickats i förväg. Rapportören sammanställde därefter rundabordssamtalen i föreliggande rapport. Deltagarna vid samtalen har getts möjlighet att lämna synpunkter och förbättringsförslag som inarbetats i slutversionen. Även Jonas Åkerman, KTH, expert på transport och klimatfrågor har gett synpunkter som inarbetats.

Rundabordssamtalet utgick ifrån följande frågeställningar under det första mötet:

- *Hur påverkar utvecklingen inom ert diskussionsområde (mobilitet) möjligheterna att föra en långsiktig klimat-politik i Sverige? Vilka bedömer du är de centrala utvecklingsområdena för att vi ska kunna minska utsläppen av växthusgaser till nära noll 2050?*
- *Vad ser du för hinder och möjligheter för denna utveckling utifrån ditt perspektiv i ditt arbete?*
- *Kommer marknaden själv att bidra till en positiv utveckling inom området eller krävs det en samverkan mellan stat och marknad? Om ja, hur bör då ett sådant samspel materialiseras i termer av information och utbildning, organisation, ansvarsförhållande, finansieringsfrågor etc.?*

Inför det andra mötet ställdes följande frågor:

- *Vad behöver göras för att bryta den negativa utvecklingstendensen med ett ökat transportarbete för såväl personresor som gods?*
- *Hur ska vi få önskvärda förändringar till stånd? Vilka styrmedel och åtgärder behövs och vilka ansvar har olika aktörer?*
- *Vad är viktigast att börja med?*

Deltagare i rundabordssamtalen

Deltagare	Titel, organisation	Deltog i möte
Anna Kramers <i>Rapportör</i>	Dr. Forskare, Avd. chef för Miljöstrategisk Analys (fms), KTH	1 & 2
Peter Arnfalk	Universitetslektor, Internationella miljöinstitutet, Lunds universitet	1 & 2
Karin Brundell Freij	Dr. Utredare, WSP	1
Daniel Firth	Trafikstrateg, Stockholms Stad	1
Anders Gullberg	F.d. adjungerad professor i teknikhistoria, KTH	1 & 2
Håkan Johansson	Nationell samordnare klimatfrågor, Trafikverket	1 & 2
Maria Lindholm	Dr. Forskare, Föreståndare för Northern Lead, Chalmers	1 & 2
Lena Smidfelt Rosqvist	Dr. Forskningschef, Trivector	1 & 2

Miljömålsberedningens kansli

Deltagare	Titel, organisation	Deltog i möte
Petronella Troselius	Sekreterare, Miljömålsberedningen	1 & 2
Anders Wikjman	Ordförande, Miljömålsberedningen	1

2. Mobilitet

Till mobilitet räknas förflyttningar av både människor och gods. Dagens res- och transportmönster styrs till stor del av existerande infrastrukturer och en samhällsplanering som under lång tid prioriterat framkomlighet för bilburna transporter. Detta är inte förenligt med en hållbar samhällsutveckling. Den ökande bristen på effektivitet i transportsystemet är en belastning för både människor och miljö.

2.1 Utvecklingstendenser

Transportområdet präglas av två grundläggande utvecklingstendenser. Det ena är att vi blir rikare vilket leder till att många har råd att konsumera mer transporter och det andra är en globaliserings och regionaliseringstrend, som leder till att både människor och gods transporteras långa sträckor.

Inom EU har det skapats ekonomiska incitament för att möjliggöra fri rörlighet i fredssyfte. I Sverige har vägtrafiken och energianvändningen minskat under åren 2008 till 2014. Minskningen berodde främst på ett relativt högt pris för olja (140 dollar fatet) och en ekonomisk kris som ledde till en nedgång i inrikes transporter. Under åren 2008 - 2014 samverkade dessutom två ytterligare komponenter som ledde till den positiva utvecklingen. För det första gjordes en snabb energieffektivisering som var på väg mot EU-snittet och för det andra ökade användningen av bio-drivmedel. Under 2015 har utsläppen återigen ökat. Trafiken ökar och minskningen i energieffektivisering är inte tillräcklig för att möta den trafikutveckling som sker.

Inom transportområdet bestämmer i hög grad politiken och offentliga myndigheter om utvecklingen och därmed vad som kommer att hända. Att transportsystemet ser ut som det gör idag beror på en kombination av styrning och marknadskrafter. Användning av trafiksystemet idag beror till stor del av hur det tidigare har formats tack vare de beslutsmodeller och/eller det synsätt som finns i planerings- och beslutsprocesser. Det finns idag väldigt starka styrmedel för att gynna ett ohållbart resande och transporterande. Ett av de styrmedlen kan t.ex. vara att bygga en ny väg. Det är bekymmersamt att trafiksystemet inte utvecklas åt ett önskvärt håll. Det är en stor utmaning att förändra systemet. Men trots det finns möjligheter att kunna styra och forma det annorlunda. Det behövs styrmedel som verkar på både kort och lång sikt. Näringslivet verkar kortsiktigt. Samhället bör därför vara en god man för medborgarna och hjälpa till att undvika att vi fattar beslut som är kortsiktigt bra men långsiktigt dåliga beslut.

Det styrsätt som används idag inom transportområdet fokuserar endast på vissa delar av samhällsnyttorna. Det finns synergier med andra områden t.ex. folkhälsa och stadsbyggande som skulle kunna utnyttjas. Bostads-tillväxten förutspås att fördubblas till 2050 i städerna. Det ger i så fall en fördubbling av människor på samma yta som skall transportera sig. Detta är en utmaning som trafikplanerare måste hantera.

Idag går stora trafikleder rakt igenom många städers centrala delar. Trafiklederna genererar buller och det transporteras även farligt gods där. I flera områden finns en spänning mellan den täta staden som bygger på närhet och en region som är utglesad. Institutionell trygghet är viktigt när entreprenörer väljer var de skall lokalisera sin verksamhet. Idag är informationen om vilka transportvillkor som kommer att gälla i nya områden bristfällig. Spårbunden trafik kan ge stora effekter genom att långsiktighet skapas.

Om restiden inte är någon kostnad är det möjligt att bo var som helst. I självkörande bilar är det möjligt att använda restiden till att arbeta eller titta på film. Stadsplanerare brottas med frågan om vad stadens roll är när det gäller självkörande bilar eftersom utveckling av dessa i dagsläget styrs av industrin. Hur skall de planera så att det blir så bra som möjligt utifrån olika behov i staden?

Det finns många möjliga framtida utvecklingar inom mobilitet. Internationella studier indikerar att 20-30% av personbilsflottan kan vara laddbara bilar år 2030. Ett problem med omställningen till en fordonsflotta med låga utsläpp som ofta förbises är att många bilar som kommer att rulla på gatorna år 2030 redan är i trafik. Det pågår en global delningstrend där privata resurser erbjuds till de som är intresserade av hyra en bostad (Airbnb) eller en resa (Uber). Tonåringar överväger om de vill skaffa körkort eller ej. De präglas mer av den virtuella världen och ser inte materiella tillgångar som något nödvändigt. Det utvecklas ny teknik som möjliggör automatiserade industrier som gör att industriproduktion i stort sett kostar lika mycket oberoende av lokalisering. 3D-printning möjliggör produktion lokalt. Transport av gods kommer att förändras av den utveckling av automation som sker. En liten del av det lätta godset kan i framtiden komma att transporteras med drönare, men huruvida det kommer att vara en hållbar lösning eller ej får framtiden utvisa.

2.2 Centrala utvecklingsområden

Ett område som är av central betydelse för att nå klimatmålen är att *skapa ett transportsnålt samhälle* som inbegriper ändrade beteenden, samhällsstruktur, infrastruktur och styrmedel, som bidrar till att minska och effektivisera transporterna. Dessutom behöver fordonen effektiviseras och även det sätt som de framförs på. Det behövs också en övergång till förnybar energi som drivmedel.

Ett annat centralt område är att skapa en *stark vision för att transportområdet skall nå de klimatpolitiska målen*. De närings-, transport- och klimatpolitiska målen behöver integreras och synkroniseras. Målen skall inte enbart styras av industrins behov eller ett enskilt företags strategi. Styrmedel bör utgå ifrån samhällets behov och samtidigt förankras brett i samarbete med industrin. Det är viktigt att de mål som tas fram leder rätt och går att förstå. En nationell myndighet bör ha helhetsansvaret för utfallet av transportsystemet och att stötta en samverkan mellan andra myndigheter som t.ex. kommuner.

Ett nytt synsätt på trafik och transporter bör införas där *tillgänglighet är i fokus istället för mobilitet* [4, 5]. Transporter är till för att uppnå ett speciellt syfte och inte att förflytta så många fordon eller gods som möjligt. Att det finns plats på gator och vägar är ett medel för att uppnå annat. Tillgänglighet kan ibland tillgodoses med andra medel än genom transport. Genom en digital infrastruktur kan tillgänglighet ges till olika tjänster, arbete, utbildning eller information.

De självförstärkande processerna som gör att fordonsparken ökar och fler vägar byggs behöver brytas. Låt de första stegen i fyrstegsprincipen som används vid planering av infrastruktur få större genomslag, där *steg 1 undersöker möjligheten att påverka transportefterfrågan och steg 2 utnyttjar befintlig infrastruktur mer optimalt*. Det finns idag mycket ledig kapacitet i trafiken. Digital teknik kan användas på ett strategiskt sätt för att möjliggöra förflyttning av mer gods och personer på befintlig infrastruktur och i den vagnpark som vi redan har. Dynamisk prissättning eller en tillgänglighets- eller framkomlighetspeng kan etableras för att styra användning av infrastrukturen.

Hur städer planeras och byggs globalt är centralt. Hälften av de städer som skall finnas 2050 är inte byggda än. Om de planeras och byggs på det konventionella sättet så kommer det inte att fungera. *Tillgänglighet och mobilitet (både för person- och godstransport) bör finnas i åtanke från början då nya områden byggs* så att efterhandskonstruktioner undviks. En tillgänglighet som bygger på närhet till service och som inte är anpassat efter bilens behov bör skapas. Hubbar och/eller noder för gods och persontransporter skulle kunna utvecklas för att förbättra logistiken av transporter.

Gods som transporteras in och ut ur städer är en förutsättning för en levande stad (mat, kultur, shopping, boende, kontor etc.). Godset behöver transporteras i såväl stad som i glesbygd (allt från avfall och byggmaterial, till små e-handelsförsändelser). En grundförutsättning för att transportera godset mer effektivt är *godsets rörelser planeras tidigt för i alla processer*. Långväga godstransporter handlar inte bara om tunga lastbilar. En ny transportlogistik behöver utvecklas där samspel mellan gods och persontransporter utvecklas t.ex. genom samtransport.

Dessutom skulle det kunna *underlättas för delningsekonomi* t.ex. genom att underlätta för tjänster som t.ex. stadsbussar, Uber och Car2Go och/eller att utnyttja lediga kontorslokaler som står tomma. Dessa tjänsters införande bör övervägas noggrant så att eventuella rekyleffekter inte uppstår som kan leda till ökad efterfrågan på transporter.

En viktig uppgift för samhället är att ta ansvar för att förklara varför vi gör det vi gör. *Informations och kunskapshöjande åtgärder* behövs. Det finns ett stort motstånd för förändring p.g.a. att vi som individer sitter fast i normer och vanor.

3. Möjligheter och hinder för minskning av växthusgaser

3.1 Möjligheter

Sverige miljöförebild och teknik innovatör

Sverige vill vara en förebild på miljöområdet. Stockholm skulle kunna vara det tjugoförsta århundradets ”trafikhuvudstad”. Inte bara inom teknisk innovation utan också inom institutionell innovation. Sverige är bra på digital teknik och pigga på att prova ny teknik. Trängselskatter är ett bra exempel på det. Det finns också många bra och innovativa start-up företag. Tjänstedesign borde vara centralt i detta sammanhang.

Mål istället för prognoser

Utgå ifrån målen istället för att utgå ifrån prognoser när infrastrukturen planeras. Prognoser används som argument för att det inte planeras för tillräckligt mycket trafik. Det finns exempel ifrån Norge där man istället för att utgå ifrån prognoser har arbetat för att nå de mål som satts. De har använt olika verktyg (t.ex. backcasting och scenariostudier). Det finns nya metoder som håller på att utvecklas. Om t.ex. prognoser visar att lastbilstrafiken kommer att öka med 50 % så skall vi inte bygga vägar för att hantera den ökande trafiken. Istället skall vi arbeta för att lastbilstrafiken inte ska öka genom att hitta nya sätt att optimera godstransporterna.

Incitament för beteendeförändring

Efterfrågan på transporter skulle kunna minskas genom beteendeförändringar hos individer, företag och myndigheter. Normer och kulturer kan i vissa fall snabbt förändras och i andra kan de vara trögrikliga. För att åstadkomma beteendeförändringar så krävs incitament och nya regelverk. T.ex. genom regelverk som att från ett visst år får inte transporter med en viss utsläppsnivå köra in i städer och ökad information och kommunikation.

El blir konkurrenskraftigt

Det svänger snabbt. Batterikostnaden minskar för eldrivna fordon och elektrifiering på personbilssidan blir konkurrenskraftigt i försäljningen mellan 2020-2025. Det finns också stora möjligheter på bussidan som kan ge stora fördelar för staden. Till 2030 skulle det kunna finnas en stor andel eldrivna bussar. Eldrivna godstransporter ligger lite längre fram i tiden, men även där finns stora möjligheter.

Differentiera skatten på transporter

Hur beskattning sker inom transportsektorn behöver utredas. Kilometerskatt, skulle kunna bli en ny slags trängselskatt, som differentieras i tid, rum, fordonstorlek och miljöbelastning. Fundera på var styrningen ger nytta. I staden skulle man kunna styra över resande till kollektivtrafik. Kanske skulle det kunna heta framkomlighetsavgift eller framkomlighetspeng istället för skatt. I glesbygd kommer bilen även i framtiden att vara det huvudsakliga transportmedlet. Glesbygd behöver andra lösningar än de som tas fram för städer och urbana regioner. Boende i glesbygd i Sverige reser nästan precis lika långt per dag som genomsnittssvensken och ca 15 % längre med bil per person och dag.

Kommunikation och information

Kommunicera varför olika åtgärder görs för att öka förståelsen av olika nyttor som kan uppnås. Fossilbränslefri fordonsflotta (FFF) utredningen [4] lämnade sitt betänkande 2013. Ingen på strategisk nivå har arbetat med att marknadsföra eller sälja in resultatet av arbetet. 20 % av budgeten för utredningar och forskning borde avsättas för kommunikation och information av resultaten. Det är endast en liten del av forskningen som kommer allmänheten till del. Viktigt att ansöka om medel för kommunikation i forskningsansökningar. Exempel på att nå ut är informations-spridning via – Massiv Open Online Courses (MOOC) eller informations-spridning eller via film.
Information

IT-teknik möjliggör förändrade trafikflöden

Staden och trafiken skapas dynamiskt. IT-teknik i kombination med ekonomiska styrmedel kan användas för att styra flöden och uppmuntra till förändrade beteenden. E-handel som ger större efterfrågan på gods hem till dörren kan lösas genom att integrera gods och persontransporter samt privat och offentligt service. Staden skapas i nuet varje dag, genom den praktik vi gör. Det finns stora möjligheter att påverka skeendet genom att ändra på olika incitament. Kanske överdrivs hinder mot förändring. Kommer små förändringar igång kan positiva utvecklingstendenser växa väldigt snabbt.

3.2 Hinder

Mobilitet är sammankopplat med tillväxt

På grund av att ekonomiska incitament har skapats för att möjliggöra fri rörlighet inom EU i fredssyfte finns det en stor ovilja att ta sig an transportproblematiken. Det finns stora institutionaliserade grundläggande krafter som stimulerar mobiliteten i samhället. Rörligheten sägs vara grunden för samhällets och enskildas framsteg [3]. Att säga att vi skall röra på oss mindre är inte politiskt korrekt i samhället idag. Historiskt sett har transporter varit kopplat till tillväxt. För att få igång tillväxt och ökning av BNP så satsas det på att bygga vägar, järnvägar och att öka mobiliteten för person och godstransporter. Idag finns nya möjligheter med IT teknik som kan skapa tillgänglighet utan förflyttning.

Mål är långsiktiga, inte kvantifierade och följs inte upp

Det saknas visioner och målbilder för det transportsystem som skall skapas. Ifall det trots allt finns mål så är de inte kvantifierade. Stora förändringar behöver göras utslaget på lång tid. Om målet delas upp i etapper blir det inte en så stor förändring varje år.

Uppföljning av fordonsemissioner saknas. Fordonsindustrin måste kunna följas upp så att det blir som vi planerat. Att bara minska klimatutsläpp fungerar inte som ett enskilt mål. Det behöver analyseras hur målet påverkar samhället i stort. Det finns inbyggda målkonflikter mellan täthet, luftkvalitet och buller. Det behöver tas fram stöd för hur avvägningar mellan dessa mål skall ske.

Snävt systemperspektiv vid åtgärdsanalys

Ett alltför snävt systemperspektiv används när olika åtgärder analyseras idag. I transportsystemet finns det alltid en koppling till ett projekt eller ett objekt. Det finns en mycket större åtgärdsarsenal som går utanför det synsättet. Utveckla ett process-tänkande för att bredda synergieffekterna med andra samhällsområden. Viktigt att inte tänka statiskt och erkänn att vissa normer som skulle kunna förändras. Transportbranschen präglas av att ett utifrån perspektiv, dvs. man pratar om transportsystemet och transportererna som något som skall hanteras. Men transportsystemet går inte att styras som en industriell process. Transportsystemet är inifrån drivet av de olika aktörerna i transportsystemet. De är en väldigt blandad grupp och hur de fattar sina beslut måste förstås från ett inifrån perspektiv. Varje aktör ser systemet utifrån sitt perspektiv och har svårt att se systemeffekter. Det finns en begränsad förståelse för hur den planerande organisationen samverkar med olika aktörer.

Övertro på trafikmodeller

Samhällsekonomiska kalkyler och trafikmodeller är bra verktyg som endast är modeller och förenklingar av verkligheten. Det är därför viktigt att ha klart för sig hur resultatet ifrån dem skall beskrivas och användas. Språket som används för att beskriva resultatet är viktigt. Kalkyler och modeller leder inte alltid rätt.

Oklar ansvarsfördelning vid finansiering av åtgärder

Steg 1 och 2 åtgärder i fyrstegsprincipen kan inte bekostas av Trafikverkets budget. Det saknas incitament att göra aktiviteter eftersom det är oklart vem som skall finansierar omställningen. Kommunerna får själva betala för steg 1 och 2 åtgärder. Trafikverkets roll är att vara infrastrukturhållare och de har budget för att bekosta steg 3 och 4 åtgärder, vilket leder till att kommuner saknar incitament för att genomföra steg 1 och 2. De nya stadsmiljöavtalen är dock en bra möjlighet för kommuner att få finansiellt stöd.

Rekyleffekter

Vissa åtgärder minskar utsläpp ifrån transporter men ökar andra utsläpp, s.k. rekyleffekter. Digitaliseringen har hittills haft effekten på resandet är att det har ökat. Dock ses digital teknik som en enda stor maskin. Det finns olika tillämpningar där en del stimulerar och en del substituerar transporter. Viktigt att hålla reda på vilka tillämpningar som skall premieras och vilka som bör hållas igen.

Fossilbränsle – stor inkomstkälla för staten

Eftersom skatt på fossilbränsle är en stor inkomstkälla för staten idag behöver det finnas alternativa inkomstkällor för att inte detta i sig skall vara ett hinder för att gå över till fossilbränslefria bränslen. Förslag på sådana inkomster är dynamisk trängselskatt, kilometerskatt som baserats på plats och tid och parkeringsavgifter.

Transportfrågor nedprioriterade i miljömärkningssystem

När det gäller klimat och miljörelaterade problem tar näringslivet tar hand om effektivisering, resurshantering och avfallsfrågor men transportfrågor som t.ex. minskning av behov av transporter och optimering av transporter är svåra att driva och nedprioriteras därför av näringslivet. I miljömärkningssystem finns de inte med eller så behandlas de styvmoderligt.

Motstridiga signaler

Normer – det synsätt som är rådande bidrar till att hindra en omställning. Det ger positiva effekter att politiker och vissa nyckelpersoner reser till klimatmöten och bestämmer om klimatavtal men det ger fel signaler på ett psykologiskt plan t.ex. att ytterligare 50000 personer åker till klimatmötet i Paris för att diskutera hur miljöpåverkan kan minskas från transporter. Det sänder en motstridig signal till företag och privatpersoner.

4. Samverkan mellan stat och marknad

Marknaden löser inte klimatproblemen i trafiken av sig självt. Marknadens karaktär präglas av kortsiktighet. Det finns vissa trender som är på rätt väg och det finns många nya innovationer som är lovande. Men tekniska lösningar behöver stimuleras. Det krävs incitament ifrån staten för att lösningarna skall nå hela vägen fram. Staten behöver gå in och ta risker när marknaden inte själv gör det. Det handlar om infrastruktuursatsningar och även nya infrastrukturlösningar t.ex. elektrifiering av vägnät.

Det är viktigt att beskriva vilken marknad som avses och vilken positiv utveckling som menas. För att nå en långsiktigt hållbar transportpolitik så krävs ett samspel mellan flera olika marknader. Marknaden för transporter är större än trafik. T.ex. sker i delar av landet en positiv utveckling inom fastighetsbranschen med ökad urbanisering, fastighetsutveckling med ökad förtätning och bygga i gång- och cykelvänliga miljöer (dock är det i detta fall kommunerna som ytterst styr genom planmonopolet). Men det finns andra områden som kanske inte utvecklas automatiskt i en önskvärd inriktning.

4.1 Ansvar och roller

Samverkan behövs

Ellinor Ostrom [9] menar att människor tänker och vill annorlunda när de beslutar och tänker tillsammans än när de beslutar och tänker enskilt. Det gäller specifikt när det gäller svåra, långsiktiga resursfrågor som t.ex. långsiktigt hållbar utveckling och delande av nyttor och kostnader. Därför är samverkan nödvändig. För att samverkan skall ske, så måste någon ha det övergripande ansvaret för målpuppfyllelsen.

För att få med olika aktörer i ett tidigt skede behöver staten peka ut mål och riktning. Det behövs en samverkan mellan stat och marknad för att identifiera hinder och finna lösningar. FFF-utredningen [4] har lagt fram ett förslag på ett klimatråd som skulle kunna ledas av Trafikverket. Klimatrådet skulle engagera andra myndigheterna, näringsliv och akademi som är berörda. Dessutom måste staten peka ut styrmedel och ta fram regleringar kopplade till dessa styrmedel. Kommuner och Landsting har en viktig del av omställningen i sina roller som ansvariga för planering och som väghållare men de saknar ekonomiska resurser. Där borde stadsmiljöavtal och parkeringsavgifter kunna bidra till ekonomin.

Kunskapsbrist är ett hinder för utveckling. Där har staten en viktig roll som forskningsfinansierare. Forskningen leder i sin tur till att utbildningen berikas.

Det offentliga som coach

I Storbritannien har utvecklingen gått ifrån kommunalisering av tjänster, därefter nationalisering och sedan privatisering. Framöver verkar det som att det offentliga kommer att ha en mer coachande roll. Ansvaret för det offentliga blir då att samla de som skall vara med i olika diskussioner och sedan att moderera samtalen för att se till att

samverkan sker mellan olika aktörer (det privata näringslivet, forskningsvärlden) och sen komma fram till vad som är den bästa lösningen utifrån det. Kommun och förvaltning och myndigheter som coach är en intressant utveckling som inte har landat riktigt än.

Förändringsagenter

Det behövs förändringsagenter som är villiga, tålmodiga och villiga att driva förändringsarbetet [7]. Dessa agenter behöver finnas på olika nivåer i samhället. Både på högsta nivån i samhället (Ex på förändringsagenter: Ulf Adelsson, Ken Livingstone) och även på enskilda avdelningar i olika organisationer.

Resfria möten - offentlig verksamhet som förebild

I våra myndigheter finns det teknik för res-fria möten (98 % har telefonkonferens-utrustning, 86 % har videokonferensutrustning). Tekniken används bara i snitt var tredje tjänsteresa. De 20 myndigheter som varit med i REMM projektet [10] har de minskat sitt resande med 10 % per capita medan de andra 180 myndigheterna har ökat med 10 % per capita. Myndigheter som köper upp teknik gör det för att effektivisera sin verksamhet inom sin myndighet och inte för att minska resor. I projektet har man arbetat med normer och har påverkat användning av utrustningen på ett strukturerat sätt. Det skulle vara önskvärt att göra en samordning av tekniken för alla myndigheter. Det borde finnas en digital gemensam plattform för kommunikation mellan myndigheter. Här finns en möjlighet för Sverige att vara den ledande IT nationen. Informera och statuera exempel, sprida det goda exempel, ta fram nyckeltal. Man skulle kunna erbjuda ett resfritt alternativ och sedan sprida det till det privata näringslivet. I samband med detta bör också kvantifierade mål sättas upp för att visa på effekterna.

4.2 Olika marknader som är kopplade till mobilitet

Nedan följer några exempel på situationer i marknader som är kopplade till mobilitet.

Parkering

Parkering är i sig ett otroligt starkt styrmedel. Det offentliga har förstört möjligheten att använda parkering som ett styrmedel genom att erbjuda gratis parkeringsplatser. Ett förslag till parkeringsplan har lämnats in till fullmäktige där finns det förslag på parkeringsavgifter i närförorter i Stockholm. Trafikkontoret hade förväntat sig ett ramaskri men det blev inte ett så stort motstånd som de hade trott.

Digitalisering

Det finns information om när det uppstår köer men det offentliga, infrastrukturhållarna, vill inte ta ansvar för att informera om tillgängligheten. Idag har det ansvaret lämnats till olika marknadsaktörer som Google, Waze, Tomtom, Garmin etc. Men marknadsaktörerna klarar inte av vissa centrala frågor när det gäller att utnyttja digitalisering för att nå klimatmål i trafiken. Det offentliga; stat, kommun och landsting skulle kunna skapa en eller flera digitala plattformar där serviceerbjudande för tillgänglighet eller mobilitet skulle kunna samlas och integreras. Infrastrukturägarna bör vara inblandade för att skala upp de olika enskilda digitala plattformar som nu skapas. Det behöver tas offentliga initiativ på detta område för att kunna skala upp nya tjänster som exempelvis Uber, Car2Go etc. Enligt en artikel i The Economist [2] bestäms vår framtid i Silicon Valley. Man pratar om "the Platformisation of the Internet" som är en utveckling där mer och mer trafik går genom vissa plattformar som t.ex. Facebook. Vi som förlorar på detta är medborgare och demokratiska institutioner. Om det offentliga skulle utveckla en bra plattform skulle det kunna leda till att det går mycket datatrafik där som i sin tur skulle kunna uppväga den väldiga maktförskjutningen som nu sker till förmån för vissa enskilda företag. Det behövs både marknad och stat. Det gäller bara att fördela ansvaret.

Drivmedel

Kraven på drivmedel bör vara på växthusgasutsläpp istället för att ställa krav på ett visst drivmedel som t.ex. el. Det behöver ställas utsläppskrav på fordon som sedan också följs upp. För elfordon behöver det också ställas krav på hur elen produceras. Det är viktigt att den elektricitet som utvecklas och används för transporter är förnyelsebar. Dessutom orsakar tillverkningen av fordon betydande utsläpp, för en konventionell bil ca 5 ton koldioxid och för en elbil ännu mer. Genom att ställa krav på utsläpp garanteras en marknad för elfordon eftersom de är de enda fordon som för närvarande klarar utsläppskraven. Det skapar en säkerhet för industrin att investera i den nya tekniken. Långsiktiga styrmedel kan skapa en säkerhet för drivmedelsproduktion i Sverige och även att satsa på en infrastruktur för biodrivmedel. Det skapar också en säkerhet för kommuner att planera för t.ex. hållbar stadsutveckling.

Lågemissionsfordon för gods

Det är svårt att motivera att inköp av elfordon för tunga transporter, dels för att fordonen är dyra i inköp och att det finns begränsat med fordon och dels för att det inte finns en servicemarknad vilket leder till att underhållet som finns inte är tillräckligt. Fordonsindustrin vill inte tillverka elfordon för tunga transporter eftersom det inte finns någon efterfrågan på dem. En moment 22 situation har uppstått. För att överbrygga svårigheterna skulle det behövas tydliga beslut som talar om att från och med ett visst år får det bara vara en viss mängd utsläpp ifrån tunga fordon i städer. Ett sådant beslut är nödvändigt att det kommer ifrån staten. Det offentliga måste skapa en långsiktighet som det går att lita på.

Elfordon för persontransporter

Fördelningen av fasta och rörliga kostnader behöver balanseras. Elektriska fordon är dyra att köpa men billiga att köra (kan leda till ökade trängselproblem och andra negativa synergieffekter). Eftersom grundkostnaden är låg för att framföra elektriska fordon bör interventioner tas fram för att hindra ett ökat transportbehov. Dessutom finns subventioner för att köpa elfordon vilket medverkar till att underlätta för transporter i privata bilar.

5. Åtgärder och styrmedel och som kan få önskvärda förändringar till stånd

5.1 Åtgärder

Vision och mål

Det behövs en långsiktig visionär politisk styrning som inte är populistiskt. Klimatmålen behöver brytas ner till transportsektorn så att det blir tydligt vad de innebär för varje individ och organisation (förslag finns i FFF-utredningen [4]). Inramningen av själva frågeställningen är viktig. Målen bör uttryckas som en gemensam målsättning som t.ex. ”nolltillväxt i biltrafiken” som i Norge. FFF utredningen [4] har föreslagit att motsvarande mål bör föras in i Sverige. Detta stöds också av berörda myndigheter och finns även med som förslag i Trafikverkets nya klimatunderlag.

En myndighet som arbetar med hållbar mobilitet och som har ansvar för att målen nås bör utses. Målen bör vara tydliga, inte vara baserade på prognosplanering och måluppfyllelse skall redovisas löpande. De politiska initiativ och mål som satts behöver kopplas till vad de skulle innebära för enskilda organisationer med en konkret åtgärdsplan för varje företag. Stimulera och ge verktyg och rekommendationer för att bryta ner mål på avdelningsnivå eller individnivå. Redovisa växthusgaseffekter av olika transporter. Myndigheter skulle kunna arbeta med CERO- konceptet [1].

Det skulle kunna göras resevaneundersökning för gods genom att mäta godstransporter och förfina varuflödesundersökningar. Internet of Things kan användas för att redovisa hur gods transporteras. Logga avsändare och mottagare. Schenker/DHL/ Posten har redan koll på hur godset rör sig. Utvidga detta till den grupp som inte ens är medvetna om att de kör transporter

Planering

Infrastrukturplaneringen är långsiktig och styrande och är därför en viktig del i omställningen. Trafikverkets arbete går i rätt riktning även om de skulle kunna göra mer. Fyrstegsprincipens steg 1 och 2 betraktas som något instrumentellt. De borde vara ett förhållningssätt istället. Genom att implementera ett nytt förhållningssätt i planering och utformning av infrastrukturen baserat på fyrstegsprincipens steg 1 och 2 skulle mycket vara vunnet[8]. Nya begrepp bör införas och även användning av "least-cost planning" metoder. D.v.s. att inte bara titta på totala kostnader och intäkter för ett individuellt projekt utan undersöker alternativ och olika kombinationer på ett jämlikt sätt. Dessa alternativ inkluderar inte bara själva byggprojektet utan åtgärder som kan begränsa trafikflöden och påverka behovet av transporter genom att bygga gångstråk och främja distansarbete. Städer skulle kunna byggas runt noder istället för leder. I de större noderna samlas och bryts flöden ut. Skapa snabba transportleder mellan noderna.

Kostnader och nyttor tillfaller inte alltid samma aktörer. Vi måste gå mot kollaborativa samarbeten i transportsammanhang. Ingen ensam aktör klarar ut detta själv. Planeringsprocessen bör vara kollaborativ med aktörsdialog och medborgardialog i problemformuleringen.

Informera - "Talk the walk" istället för "Walk the talk"

Åtgärder för staten och forskning: Prata om vart vi vill gå. Svårt att gå någonstans när vi inte vet vart vi skall. Koppla ihop transport med miljö och klimatfrågorna. Staten bör tala om hur det hållbara transportsystemet skall se ut och framställa hur delmålen ser ut. En kommunikationsplan för hur staten har tänkt bör tas fram. Forskning kan bidra till hur kommunikationen skall ske och att vi inte får rekyleffekter. Förklara varför målen är som de är, medvetandegöra hur målen ser ut. Medvetandegöra godstransporters mål, behov och möjligheter.

Arbeta aktivt med att åstadkomma beteendeförändringar.

Det finns metoder att aktivt arbeta med beteendeförändringar. Mobila applikationer kan bidra till detta genom att stimulera ett miljöanpassat beteende. Nudging är ett begrepp som kan förklaras som en sorts "knuff" som kan leda till förändrade beslut vid en valsituation. Nudging används både i marknadsföring genom att placera lockvaror vid kassor eller spela musik för att påverka stämningen eller för att markera normer (här är det tillåtet att röka t.ex. genom färgmarkering) utan att man tar bort andra valmöjligheter.

Minska godsfordonskilometer

Godsfordonskilometer bör kunna minskas. Identifiera enskilda insatsområden där finns mycket att göra. T.ex. genom att flytta gods ifrån vägtransport till järnväg och sjöfart kan utsläpp minskas. Titta på logistiken över hur gods och persontransporter sker när vi handlar. Vissa typer av verksamheter (de som levererar ut eller hämtar varor) klassificerar sig inte som godstransportörer utan som butiker. Fundera på hur de kan identifieras och inkluderas i godsstatistiken. Det finns också stora möjligheter i att integrera gods och persontransporter. E-handel för person och godstransporter kan skapa mycket fler godstransporter. Etablera prisdifferentiering för gods. Ta betalt för returfrakter. Behöver ställa krav på e-handlare om fler alternativ till var paketen kan hämtas.

Tillgänglighet som tjänst.

Det saknas myndighet som arbetar med hållbar mobilitet. Förnya ansvar för kommuner och Trafikverket. Uppdraget för Trafikverket borde vara att producera tjänster och inte enbart att bygga infrastruktur. Det finns idag en stor överkapacitet i trafiken [5][6]. Om den var privatägd så skulle det inte kunna se ut som det gör. Fordon och infrastruktur skulle kunna utnyttjas bättre. Förslag till en sådan är att infrastrukturägarna skulle kunna erbjuda en tjänst och ta betalt i förhållande till hur den används.

Satsa på resfria möten i offentlig verksamhet

Att koppla ihop res-fria möten med transport är nödvändigt för att det skall hända något [11]. CO₂ användning ökar om kopplingen inte finns. Myndigheter skulle kunna agera som förebilder och gå före. De anställda på federala myndigheterna i USA skall ges möjligheter att arbeta på distans.

Utbilda chefer, mellanchefer och projektleder inom offentlig sektor i att arbeta på distans. Illustrera vart vi vill komma med utbildningsmaterial som är gjort med MOOC (distansutbildning). Återinför en myndighet som stöder vid införande av distanshjälpmedel.

5.2 Styrmedel

Inför mekanismer så att förbättringar inte leder till rekyleffekter

- Klimatskatter.
- Regler för hur infrastrukturen får användas. T.ex. Använd prissättning för att reglera, genom att försvåra möjligheten att resa runt ensam i en bil.
- Utforma styrmedel så att bil-pooler blir en del av ett hållbart system. Delningsekonomi kan främja ett insteg till hybrider och plug-in bilar som ofta är väldigt dyra.
- Avskaffa skadliga subventioner (t.ex. Reseavdrag m.m.). Idag subventioneras det som för tillfället har klassats som bra. Bättre att ta ut utgifter för de skador som orsakas. De styrmedel som finns idag bör ses över så att de inte motverkar målen.

Skatter

Marknadsanpassade parkeringsavgifter som ett komplement till trängselskatten.

Inför trängselskatt för utländska fordon.

Kilometerskatter inte bara för tunga fordon som nu utreds utan bör finnas för alla fordon. Det är avgörande på sikt när styreffekten urholkas av bilar som inte förbrukar några fossila bränslen och därmed inte kan styras med bränsleskatter. Kilometerskatt bör kopplas till dynamiska priser så att de kan differentieras i tid och rum.

Dynamiska priser

Utred hur dynamiska priser skulle kunna användas för att styra trafikflöden.

Incitament och stöd

Ge incitament till hållbar stadsutveckling typ stadsmiljöavtal där kollektivtrafik och cykelbanor skall premieras. Sju städer har redan fått stöd. (2 miljarder finns att dela ut). Stadsmiljöavtalen är en möjlighet som också skulle kunna tillämpas för godstransporter. De skulle kunna vara ett sätt att medvetandegöra och jobba strategiskt mot mer hållbara och effektiva flöden av gods.

Lagstiftningar, krav och riktlinjer

Sätt krav vid nyetableringar (nybyggnad eller byggas om) på kommun och regionnivå. Ta fram lagstiftning för att kommuner skall kunna ställa krav och våga ta obekväma beslut. t.ex. i detta område skall vi ha nollemissioner.

6. Slutsatser

För att uppnå en mobilitet med minskad klimatpåverkan rekommenderas följande åtgärder:

- Ta fram en vision och mål för mobilitet som leder till en omställning av transportsystemet så att klimatmålen uppnås
- Basera infrastrukturplanering på mål istället för prognoser
- Kommunicera visionen och målen – ”Talk the walk”
- Ta fram en översiktsplan för infrastrukturen tillsammans med lagstiftning, styrmedel och åtgärder som främjar visionen och målbilden.
- Fokusera på tillgänglighet istället för mobilitet och låt IT-infrastrukturen bli en del av tillgänglighetsinfrastrukturen
- Arbeta med att minska beroende av transporter och utnyttja den befintliga infrastrukturen bättre
- Utveckla samspel mellan gods och persontransporter
- Utdela ansvar till en myndighet för hur transportsystemet möter satta mål
- Låt offentlig verksamhet vara förebild t.ex. genom att införa resfria möten

Referenser

- [1] CERO 2016 <http://www.cero.nu/sv/organisation/>
- [2] Economist 2014, Everybody wants to rule the world.
<http://www.economist.com/news/briefing/21635077-online-businesses-can-grow-very-large-very-fast-what-makes-them-exciting-does-it-also-make>
- [3] Essebo, Maja (2013) Lock-in as make-believe: Exploring the role of myth in the lock-in of high mobility systems. Göteborg: Dept. of Geography. ISBN: 978-91-628-8763-6.
- [4] FFF-utredningen 2013, Fossilfrihet på väg, del 1 & 2 SOU 2013:84
<http://www.regeringen.se/contentassets/7bb237f0adf546daa36aaf044922f473/fossilfrihet-pa-vag-sou-201384-del-12>
- [5] Gullberg, 2015. Storstadstrafik utan köer och trängsel
<https://www.youtube.com/watch?v=m28ARCuL7iY>
- [6] Gullberg A & Kramers A, 2015, DN-Debatt: Så kan köerna försvinna utan dyra vägbyggen. <http://www.dn.se/debatt/sa-kan-koerna-forsvinna-utan-dyra-vagbyggen/>
- [7] Annica Kronsell, Lena Smidfelt Rosqvist & Lena Winslott Hiselius (2015): Achieving climate objectives in transport policy by including women and challenging gender norms – the Swedish case, International Journal of Sustainable Transportation, DOI: 10.1080/15568318.2015.1129653
- [8] Christer Ljungberg, Lena Smidfelt Rosqvist, Björn Wendle, 2014, Trafikverkets tillämpning av Fyrstegsprincipen, Idéer kring uppföljning, Trivektor 2014:112
- [9] Ostrom Ellinor, 2009, Allmänningen som samhällsinstitution, Arkiv förlag, Lund
- [10] REMM-projektet, 2016, REMM - Resfria möten i myndigheter.
<http://www.trafikverket.se/remm>
- [11] Voytenko et al. 2013, Resfria Möten – vad blir effekterna och hur redovisar man dem?

Appendix A - Utkast till förslag på åtgärdsplan, vision och mål

Deltagarna vid det andra rundabordssamtalet gjorde en brainstorm-övning där de fick komma med förslag till hur en övergripande vision, mål och åtgärdsplan för området skulle kunna formuleras. Dessa förslag redovisas i detta Appendix som inspiration för beredningens fortsatta arbete.

Åtgärdsplan

För att komma igång med arbetet behöver en vision tas fram tillsammans med mål och en målbild som kan kommuniceras. Visionen och målbilden bör medvetandegöras genom kommunikation med alla berörda parter. Därefter behöver en översiktsplan för infrastrukturen tas fram tillsammans med lagstiftning, styrmedel och åtgärder som främjar visionen och målbilden.

Övergripande strategi för att nå mål och vision:

1. Involvera alla aktörer/beslutsnivåer i planerings och beslutsprocessen.
2. Starta/delta i nätverk med syfte att finna gemensamma lösningar (kollaborativt tillvägagångssätt)
3. Använda olika beslutsstöd på ett aktivt och medvetet sätt kopplat till målen

Kunskap och informationsspridning

1. Specifik strategi för ”talk the walk” – Kommunikation av vision och mål.
2. Ta fram en informationsstrategi om vision/mål och åtgärder samt informera om varför det görs.
3. Utveckla en informationskampanj om konsekvenserna för olika trafikantgrupper av disruptiva klimathänsynstagande innovationer i omvandling av infrastrukturen.

Vision

”Nollvision för klimatgasutsläpp”

”Zero carbon emission from transport”

Ett tillgängligt samhälle har uppnåtts genom ett hållbart transportsystem som ligger inom ramen för de klimatpolitiska- och hänsynsmålen, där ny teknik utnyttjas och samverkan mellan olika aktörer har etablerats.

Mål

Mål A

Utsläppen från inrikestransporter alt. Vägtrafik ska minska med 80 % till 2030 jämfört med 2010 (FFF:s förslag till etappmål)

Mål I (Typ Norge)

Ökade behov av tillgängligheter ska tas i IT-lösningar, gång, cykel och kollektivtrafik så att biltrafik och flyg kan minska.

Mål I alt

Till 2030 ska biltrafiken minska med 10-20 % genom en mer transportsnål bebyggelse och förbättrad tillgänglighet i gång, cykel, kollektivtrafik och IT.

Mål II (kompletterar Mål I)

Ökade behov av godstransporter ska tas i förbättrad logistik, järnväg och sjöfart så att lastbilstrafiken kan minska.

Mål II alt.

Till 2030 ska lastbilar inte öka genom IT effektiv logistik och förbättrade möjligheter att transportera på järnväg och sjöfart.

Mål behöver tas fram för följande områden:

1. *Planeringsprocessen* –
Kommuner tar med mobilitet (person/gods) tidigt i planeringsprocessen.
Omforma krav på planeringsprocesserna till mer dialog (aktörer) och process-tänk med tydlighet.
Fyrstegsprincipens steg 1 & 2 genomsyrar all infrastruktur planering.
(Digitalisering utnyttjas som en egen infrastruktur i transportsammanhang)
2. *Uppföljning* - Mäta/rapportera person-gods flöden
3. *Styrmedel* – prisdifferentiering och ta bort subventioner
4. *Ansvarsfördelning* - Ansvar för genomförande, omställning och helhet – en mycket viktig aspekt.
5. *Prissättning* - Lösa frågan om dynamisk trängselavgift, miljö och andra externa kostnader. Anpassad prissättning för användning av transportinfrastruktur.
6. *Nytt uppdrag; tjänst istället för infrastruktur/kollektivtrafik* -
Förskjuta relevanta offentliga instansens uppdrag från att tillhandahålla (underhålla och bygga) infrastruktur/kollektivtrafik till att leverera tjänsten *kvalitetsgaranterad tillgänglighet* och därmed mobilitet i samverkan.
7. *Samordning av transporter* - Ramverk för att samordna gods och persontransport
8. *Underlättande av multimodala resor* - Informations- och betalnings plattform som främjar multimodalt resande. Integrerad multimodal digital plattform för information och betalning för tillgänglighets- (därunder mobilitet) tjänster.

Expertdialog – Minskad klimatpåverkan från livsmedel Miljömålsberedningen

Datum

Robert Paulsson

Uppdragsnamn: Expertdialog –
Minskad klimatpåverkan från
livsmedel
Uppdragsnummer: M1500135

Dokument: Slutrapport

Upprättad av: Robert Paulsson
Granskad och godkänd av: Monica
Granberg

Datum: 2016-01-11
Plats: Stockholm

1 Sammanfattning

Mänskligt reglerade system som växtodling, djurhållning, fiskodling med mera är grunden för livsmedelsförsörjningen och en förutsättning för jordens nuvarande befolkningens mängd. Men förutom att producera livsmedel skapar de också många i många fall oönskade effekter på miljön i sin nuvarande utformning. Det gäller inte minst klimatpåverkan, men också till exempel övergödning och minskad biologisk mångfald. För att både klara livsmedelsförsörjningen och bevara fungerande ekosystem på jorden, som är en förutsättning för livsmedelsproduktionen, behöver många produktionssystem förändras och utvecklas. Satsningar på forskning, utveckling och innovation är viktiga sätt att påverka utvecklingen, men även förändringar i det ekonomiska systemet, det politiska systemet samt av konsumenternas efterfrågan behövs för att få fram hållbara system.

Omvandlingen och utvecklingen av livsmedelsproduktionen är, som sagt var, nödvändig, och kan innebära stora möjligheter för ett kunskapsintensivt och exportinriktat land som Sverige. Det krävs dock strategiska politiska beslut för att ta vara på dessa möjligheter. Sverige har bra naturgivna förutsättningar för att producera livsmedel av hög kvalitet, både till oss själva och till andra marknader. Ur ett resursperspektiv är det klokt att producera mycket här där förutsättningarna är goda och exportera till områden med sämre förutsättningar. Sverige har även bra förutsättningar att genom satsningar på forskning, innovation och teknikutveckling både förbättra produktionen här, och att exportera nya lösningar för hållbar livsmedelsproduktion till andra länder. Behov av forskning och utveckling finns både på styrmedelssidan och åtgärdssidan och nedan ges några exempel bland många som tas upp i rapporten.

Det behövs till exempel:

- En omvandling av den gemensamma jordbrukspolitiken och fiskeripolitiken,
- Förändringar i förordningen om animaliska biprodukter för att passa för nya produktionsformer.
- Tillgängligt kapital för att introducera nya produktionssystem,
- En relevant systemanalys vid införande av styrmedel. Detta i syfte att den önskade effekten nås utan negativa oönskade effekter på andra delar av systemet. Vilket inkluderar att hantera den fria världshandeln. Det vill säga att styra svensk produktion i önskad riktning utan att försvaga konkurrenskraften.
- Mer resurseffektiva och cirkulära system i livsmedelsproduktionen för att klara både klimatmålen och minska näringsläckaget till vattendrag, sjöar och hav.
- Ett vattenbruk som är en integrerad del av livsmedelssystemet tillsammans med växtodling, djurhållning och eventuellt skogsbruk. Det ger möjlighet att återföra växtnäring från vatten och också att koppla ihop djurhållning och växtodling.
- Mer så kallad precisionsodling eftersom erfarenheter visar att det går att höja resurseffektiviteten och minska miljöpåverkan i kombination med att produktionsekonomin förbättras.
- Större efterfrågan på hållbara livsmedel från både konsumenter, handel och offentlig verksamhet.

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	3
2	BAKGRUND OCH SYFTE	5
3	GENOMFÖRANDE.....	5
4	RESULTAT	5
4.1	STYRMEDEL	5
4.2	VÄXTODLING OCH DJURHÅLLNING	6
4.3	ÅKVAKULTUR OCH INSEKTSPRODUKTION I CIRKULÄRA SYSTEM.....	8
4.4	KONSUMTION.....	10
4.5	FORSKNING, INNOVATION OCH TEKNIKUTVECKLING	11

2 Bakgrund och syfte

För att få in underlag till sitt kommande betänkande om ett Klimatpolitiskt ramverk har Miljömålsberedningen arrangerat olika aktiviteter, däribland en expertdialog kring vilka möjligheter det finns att minska livsmedlens klimatpåverkan genom forskning, innovation och teknikutveckling. Structor Miljöbyråns uppdrag har varit att dokumentera och sammanställa det som fördes fram av experterna under dialogen.

3 Genomförande

Expertdialogen har huvudsakligen genomförts som ett fyra timmar långt samtal med experter inbjudna av Miljömålsberedningen den 15 december 2015. Underlaget från det samtalet har sammanställts och kompletterats med ytterligare expertkontakter per telefon och e-post av Robert Paulsson på Structor Miljöbyrå.

De inbjudna experterna som deltog vid mötet den 15 december var: Cecilia Lalander SLU, Thomas Kätterer SLU, Elin Rööös SLU, Pernilla Tidåker JTI, Bo Stenberg SLU och Anders Kiessling SLU. Per telefon och e-post har även underlag lämnats av: Sten Stymne SLU. Ordförande vid mötet var Lars Westermark Miljömålsberedningen, rapportör var Robert Paulsson Structor Miljöbyrå AB och deltog gjorde även Johanna Jansson Miljömålsberedningen

4 Resultat

4.1 Styrmedel

- Styrmedel mot jordbruksproduktionen räcker inte för att minska klimatpåverkan i tillräcklig omfattning, utan det krävs även förändringar i konsumtionen för att nå målet.
- Att minska klimatpåverkan från produktion och konsumtion av livsmedel är brådskande och det krävs att Sverige tar ut en riktning och börjar agera inom kort. Det finns mycket kunskap om vilka åtgärder och styrmedel som är effektiva och dessa kan tillämpas i högre grad redan nu.
- Styrmedel för utveckling och introduktion av hållbara produktionssystem är viktiga. Särskilt eftersom konkurrensen från de befintliga systemen som inte internaliserar sina miljökostnader är hård. Både de befintliga styrmedlen och det ekonomiska systemet hindrar nyttan av den forskning som finns.
- Styrmedel på konsumtionssidan kan vara till exempel information till konsumenter och beskattning av livsmedel som är resurskrävande att producera.
- De generella stöd som finns inom den nuvarande jordbrukspolitikerna driver inte utvecklingen åt önskat håll och är enligt flera utvärderingar inte kostnadseffektiva. Risken är att de istället konserverar det befintliga systemet och hindrar en omställning. Det är mer effektivt att rikta stöd direkt till de åtgärder som har en väl analyserad miljönytta. Det finns och har funnits exempel på sådana riktade stöd som har god effekt, till exempel för odling av fånggrödor och för miljöskyddsåtgärder.
- Den gemensamma jordbrukspolitikerna och den gemensamma fiskeripolitikerna inom EU påverkar förutsättningarna för livsmedelsproduktion i Sverige i hög grad och det är därför av stor vikt att Sverige nyttjar medlen och möjligheterna inom dessa politikområden för att gynna den hållbara utvecklingen.

- Alla styrmedel som tillämpas bör vara grundade på en relevant systemanalys för att säkerställa att den önskade effekten nås utan negativa oönskade effekter på andra delar av systemet. Detta inkluderar även att hantera att den fria världshandeln. Det vill säga att styra svensk produktion i önskad riktning utan att försvaga konkurrenskraften.
- Det finns mycket erfarenheter och dokumentation av jordbruksstödens effekt genom till exempel utvärderingar. Ändå reformeras inte systemet till förmån för mer riktade stöd som är mer kostnadseffektiva. Det ekonomiska systemet måste reformeras för att få en genuint hållbar ekonomi. Men vi kan också göra saker mycket bättre genom att använda det befintliga ekonomiska systemet smartare. Stödet till betande djur över ett år är ett exempel på att nyttja systemet dåligt när vi istället kan ge hög ersättning till de värdefulla betesmarkerna.
- Konsumenter handlar inte alltid i enlighet med uppgivna värderingar och detta gör det svårt att förlita sig på konsumentupplysning om olika produkters miljöpåverkan som ett effektivt styrmedel.
- Den offentliga upphandlingen kan utvecklas mer för ökad hållbarhet i de livsmedel som köps in till offentliga verksamheter. Upphandlingsmyndigheten kan utveckla sådana kriterier.
- Det finns en risk med för höga krav på medfinansiering vid statligt stöd och det kan även behövas mer riskvilligt kapital.
- Pengar i förskott är en nyckel för att nystartade verksamheter, exempelvis genom Vinnova och FORMAS, men stöd som betalas ut i efterhand fungerar inte eftersom det är mycket investeringar och lite intäkter i början.

4.2 Växtodling och djurhållning

Det finns möjligheter att minska klimatpåverkan från livsmedelsproduktionen både genom förbättringar av de befintliga systemen och genom byte av system. Klimatpåverkan från svensk livsmedelsproduktion kan minska ytterligare genom ökad tillämpning av kända åtgärder och tekniklösningar. Växtförädlingen i Sverige kan komma att spela en stor roll i övergången till en ekonomi baserad på biologiska råvaror och för att minska jordbrukets klimat- och miljöpåverkan. Men för att nå de önskade effekterna krävs det en offentligt finansierad växtförädling.

- Det finns stora skillnader i lönsamhet mellan olika primärproducenter inom jordbruket. Och vissa grenar har i perioder svårt att konkurrera med producenter i andra länder. Detta beror på flera olika faktorer. Den generella bilden är att spannmålsproducenter i slättbygder klarar konkurrensen bra, medan kött- och mjölkproducenter i mellan- och skogsbygd har större problem med lönsamheten. Men det finns även skillnader mellan producenter som beror på kompetens, inriktning med mera. Specialiseringen hos producenter kan ge en rationell produktion, men ger också en ökad känslighet för prisvariationer på marknaden, störningar i fodertillgång smittor med mera. De återkommande kriserna i delar av produktionen ökar också kraven på statliga stöd till vissa producenter.
- Svenska producenter har ett högt kostnadsläge avseende exempelvis löner, skatter, drivmedel, uppvärmning och byggnader jämfört med en del andra länder. Å andra sidan har vi klimatomkostnader som ger lägre kostnader för bevattning och växtskydd jämfört med varmare och torrare regioner.
- Sverige har överskott på jordbruksmark, och kan producera mer livsmedel och bioenergi. Till exempel kan svenskt jordbruk bli självförsörjande på energi.

- Det finns mycket kunskap och erfarenheter från så kallad precisionsodling¹ att det går att höja resurseffektiviteten och minska miljöpåverkan i kombination med att produktionsekonomin förbättras. Trots att det ekonomiska incitamentet alltså finns förefaller det krävas ytterligare styrmedel för att öka tillämpningen av åtgärderna. Kunskapsöverföring är ett viktigt styrmedel, men även andra kompletterande styrmedel kan behöva utvecklas för ökad effektivitet.
- Tillämpbara åtgärder för en klimateffektivare produktion har även tagits fram inom projektet klimatcertifiering av livsmedel².
- Att minska lustgasutsläppen genom en ökad kväveeffektivitet i alla delar av produktionen är centralt för att minska jordbrukets klimatpåverkan. Det finns mycket kvar att arbeta med bland annat inom ett effektivare nyttjande av stallgödseln. Men i Sverige har det arbetet också kommit en bra bit på väg genom lagstiftning kring ammoniak och nitrat samt en långvarig rådgivning inom projektet Greppa Näringen³.
- Det finns även en stor potential för en ökad kolinlagring i jordbruksmark som kan nyttjas mer genom till exempel mer perenna grödor och odling av fånggröda i växtföljden. Dock har kolinlagringen en svaghet jämfört med andra klimatåtgärder eftersom processen är reversibel (kolet kan alltså återgå till atmosfären igen) om brukningsmetoderna ändras. Men för åtgärder som det finns bra incitament att tillämpa långsiktigt kan kolinlagringen vara en viktig del av klimatomställningen de kommande decennierna. En högre halt av organiskt material också en positiv effekt på markens produktionsförmåga.
- Växtförädling har stor potential att minska odlingens klimatpåverkan. Det finns exempel på nya rissorter som halverar metanavgången från odlingen och grödor som reducerar lustgasavgången från marken genom rotexudat.
- Inom växtförädling används olika tekniker och vissa av dem kallas genmodifiering och innebär att nya gener introduceras i en organism med avsikt att ge den nya egenskaper. Medan både traditionell växtförädling och en del nya tekniker inte innebär detta utan att skapa förändringar i organismens befintliga gener. När en teknik definieras som genmodifiering innebär det att den inom EU omgärdas av ett restriktivt regelverk och blir föremål för kontroll. Detta gäller även för importerade produkter som innehåller genmodifierade organismer. Medan motståndet mot genmodifierade organismer är stort i Europa (EU) accepterar stora delar av världen genmodifiering och tillämpar den för utveckling av nya sorter och nya egenskaper hos växter.
- Växtförädling av grödor som tål bekämpningsmedel för ogräs ger ökade möjligheter till plöjningsfritt jordbruk vilken kan öka kolinlagringen. Dock kan det finnas risker för en ökad användning av kemiska bekämpningsmedel och för att ensidig användning av preparat leder till att ogräs som är resistent mot ogräsmiddel selekteras fram.
- Det pågår forskningsprojekt i Sverige med växtförädling för att stärka grödornas egna försvarssystem mot ogräs. Detta är grödor som kan användas både inom ekologisk och konventionell produktion
- Sverige var fram till 1970-talet världsledande inom växtförädling. Bakgrunden till detta var att vi av säkerhetsskäl förde en politik för en hög nationell självförsörjningsgrad på livsmedel. Idag är den offentligt finansierade växtförädlingen i Sverige liten vilket leder

¹ Precisionsodling innebär att utnyttja platsgivna resurser, tillförda insatsmedel och insatt energi på det mest effektiva sättet.

² www.klimatmarkningen.se

³ www.greppa.nu

till att vi är beroende av de sorter och egenskaper som tas fram i andra länder och ofta av kommersiella intressen.

- Växtförädling kan användas för att få fram fleråriga grödor för både livsmedel och energi. Fleråriga grödor minskar jordbrukets miljöbelastning genom ett minskat behov jordbearbetning, sådd, växtskydd och genom ett förbättrat näringsupptag.
- Oljeväxter kan förädlas för att få fram vissa speciella kvaliteter av olja designade för att passa den kemiska industrin och där kunna ersätta fossil olja. Den biologiska oljan blir konkurrenskraftig genom att växten då producerar rätt molekylstruktur direkt istället för att fossil olja ska genomgå en kostnadskrävande processning för att omformas till rätt kvalitet. För att undvika transportkostnader bör grödorna processas till olja i nära anslutning till odlingen och detta innebär att arbetstillfällena kan skapas på landsbygden.
- Förädling för fleråriga oljeväxter för energiproduktion (biodiesel) sker också med tillämpningar som även kan fungera i norra Sverige där höstraps, som är en vanlig oljeväxt för biodieselproduktion, inte kan odlas. Den aktuella växten (fältkrassing) odlas som en insädd höstgröda i korn (vilket innebär att den skördas året efter att den har såtts). Detta innebär att den fungerar som en fånggröda över vintern och därigenom minskar växtnäring förluster och ökar markens mullhalt.
- Det finns en stor potential för ökad biogasproduktion från stallgödsel och grödor, men produktionen av biogas innebär också en stor risk för metanemissioner under sommaren som måste hanteras genom kostnadseffektiva teknisklösningar för att biogas ska bli miljömässigt och ekonomiskt hållbart.
- Större enheter eller samverkan mellan gårdar kan underlätta introduktion av teknisklösningar. Men större skala ökar inte nödvändigtvis effektiviteten, utan det finns troligen ett optimum beroende på verksamhet. Extrema storleksökningar i produktionsenheterna kan istället ge ökad miljöpåverkan till inom djurhållningen där stora enheter ger gödselkoncentration och näringskoncentration (foder importeras till en punkt från ett stort område, men återförs aldrig till ett lika stort område). Detta är fortfarande ett problem på vissa platser i Sverige.
- Inom nötkött- och mjölkproduktionen har långsiktiga avelsarbetet för produktiva djur med högt foderutnyttjande lett till att produktionen i Sverige är relativt klimateffektiv jämfört med produktion i andra länder där djuren växer långsammare eller avkastar betydligt mindre mängd mjölk.

4.3 Akvakultur och insektsproduktion i cirkulära system

Vattenbruket måste bli en integrerad del av livsmedelssystemet tillsammans med både växtodling, djurhållning och eventuellt skogsbruk. Det ger oss möjlighet att återföra växtnäring från vatten och också att koppla ihop djurhållning och växtodling. Produktion av foder genom uppfödning av insekter med restprodukter som näringskälla är resurseffektiva system som kan tillämpas i Sverige. Proteinfoder baserat på insekter kan då ersätta mindre hållbart producerade foderråvaror som fiskmjöl och sojaböner som importeras till svensk animalieproduktion.

- Vi måste ha mer resurseffektiva och cirkulära system i livsmedelsproduktionen för att klara både klimatmålen och minska näringsläckaget till vattendrag, sjöar och hav. Både för foder och livsmedel. Konsumtion och produktion av livsmedel innebär en stor cirkulation av näringsämnen som kan recirkuleras mer till jordbruket.
- Att skapa ett kretslopp med återföring av näringsämnen från avloppsfraktioner kan dock kräva en annan insamling av näringsämnen än idag för att inte sprida ut föroreningar från avloppssystemet på jordbruksmark.

- Om Sverige satsar på forskning och utveckling av hållbara produktionssystem för livsmedelsproduktion, finns det stora ekonomiska möjligheter till export av till exempel odlad fisk till Kina som är mycket intresserade av att köpa hållbart producerad fisk och råkor av hög kvalitet från Sverige. Och det finns även möjligheter till kunskapsexport till utvecklingsländer som behöver förstärka sin egen livsmedelsproduktion, i exempelvis Afrika.
- Akvakultur är ett av få produktionssystem för livsmedel som kan bli en näringsfälla istället för en näringskälla.
- Mycket handlar om tekniklösningar och acceptans för vattenbruk i slutna system och hur de nya systemen integreras i det befintliga jordbruket och stadsplaneringen.
- Slutna och kontrollerade system kan göra produktionen mer resurseffektiv, mindre miljöpåverkande och även frigöra odlingsmark för andra ändamål.
- Vattenbruket kan sluta kretsloppen genom återföring av näringsämnen från vattnet där all näring hamnar till slut.
- Vattenbruket måste bli en integrerad del av livsmedelssystemet tillsammans med både växtodling, djurhållning och eventuellt skogsbruk. Det ger oss möjlighet att återföra växtnäring från vatten och också att koppla ihop djurhållning och växtodling.
- En stor del av jordbrukets markanvändning består idag av foderproduktion. Om en del av den produktionen kan ersättas med en mer effektiv foderproduktion i vatten så minskar jordbrukets klimat- och miljöpåverkan. Även fiskodling kan vara en klimateffektiv animalieproduktion under rätt förutsättningar.
- Det finns intresse från både producenter som vill utveckla sin jordbruks- eller trädgårdsproduktion med akvakultur och från konsumenter som vill ha hållbart producerade och hälsosamma livsmedel.
- Det behövs sammanhållande strukturer för att koppla ihop akvakultur med djurhållning och växtodling. Det är särskilt viktigt med samordning eftersom näringen är under utveckling i Sverige.
- Kompetensstöd till aktörer som producenter och myndigheter behövs. Många projekt har avslutats när tillfälliga projektmedel har tagit slut.
- Robust yngelproduktion och avel är viktiga faktorer för att utveckla ett effektivt vattenbruk.
- Vår djurhållning blir en konkurrent till livsmedelsproduktion i utvecklingsländer genom köp av foder från mark som annars kunde ha producerat livsmedel.
- Insekter, mikrober, svampar, gödsel, livsmedelsavfall, skogsavfall, alger och musslor är exempel på nya foderkällor.
- Hygien i kring foderförsörjning och kretslopp är oerhört viktigt för att inte orsaka smittspridning, förgiftning med mera när nya källor till foder nyttjas.
- Foderproduktion är en stor markanvändning och en nyckelfråga för effektivisering och hållbarhet.
- ABP-förordningen är ett stort hinder för insektsproduktion och musselproduktion till foderråvara. Idag är det till exempel svårt att foderförsörja ekologisk fjäderfäproduktion utan fiskmjöl, men det finns möjligheter genom insektsproduktion eller genom musslor. Men det är inte lagligt idag enligt ABP-förordningen.
- Slammet från en räkodling räknas som en animalisk biprodukt och måste enligt ABP-förordningen brännas istället för att gå till biogasproduktion.
- Det finns stor potential för produktion av alternativa proteinkällor i Sverige som till exempel kan ersätta brasiliansk soja.

- Idag bränns och rötas mycket avfall (ex matavfall, livsmedelsavfall) som kan användas som foder för insekter, även gödsel är ett bra substrat som inte nyttjas för proteinproduktion. Det finns ingen konkurrens mellan röta ett substrat och att använda det som insektsfoder. Det kan först bli insektsfoder och sedan kan resterna rötas. När gödsel och annat passerar insekternas matsmältning finns det försök som visar att parasiter och smittoämnen minskar i omfattning.
- Livsmedelssäkerhet och fodersäkerhet är oerhört viktigt för att insektsproduktion ska fungera.
- Tydligt att det är lagstiftningen som är problemet för utvecklingen av produktionen av insekter/alternativa proteiner. Regeringen bör påverka EU-processen för ett förändrat regelverk.
- Stort intresse från kommuner och innovatörer att gå långt fram för hållbar foderproduktion.
- Tydlig strategi och riktning från staten behövs. Sverige kan vara med och driva utvecklingen i världen genom export av både produkter och lösningar.
- Idag är det svårt att gå direkt ut på marknaden med system för alternativ foderproduktion, eftersom det krävs stora investeringar för att starta.
- KRAV och fiskfoderproducenter är särskilt intresserade. Utfasningen av fiskmjöl inom ekologisk produktion kan driva på utvecklingen.
- Handeln har varit intresserade av att kunna sälja ägg från höns som har fått musselmjöl i fodret istället för soja. Men det ekonomiska incitamentet är lågt eftersom tillgång till soja är etablerat och musselmjöl är nytt. Statliga medfinansieringen är svag.
- Stort intresse från marknaden och från andra länder för att ersätta fiskmjölet. Norge har enorm satsning på detta tillsammans med foderindustrin och kommer troligen att ta vara på möjligheterna istället för oss om vi inte tar möjligheterna och stöder innovationerna.
- Samordning mellan hur vi utnyttjar CAP och CFP behövs för att undvika glapp och för att koppla ihop systemen.

4.4 Konsumtion

Klimatpåverkan från produktion av livsmedel påverkas i hög grad av vilka livsmedel som efterfrågas och för att nå klimatmålen behövs det även förändringar i konsumtionsmönstren. Styrmedel som introduceras bör vara grundade på en systemanalys och vara konkurrensneutrala mellan producenter i Sverige och i andra länder.

- Den höga konsumtionen av kött och mejeriprodukter i delar av världens befolkningar är inte förenlig med klimatmålen.
- Transparenta och tydliga verktyg för systemanalys behövs som identifierar vad som är framtida hållbara system.
- Styrmedel för en mer hållbar konsumtion måste baseras på en systemanalys.
- För att kunna skapa bra ramverk och bra strategier är det viktigt att ha en uppfattning om vad det är som ska produceras i Sverige! Och i kombination med detta måste det finnas en strategi för hållbar konsumtion för att säkra en faktiskt minskad miljöpåverkan.
- Att enbart effektivisera produktionen kommer inte att minska livsmedlens klimatpåverkan i tillräcklig utsträckning utan det behövs även förändringar i konsumtionen.
- Integrerade policys kan vara ett sätt att öka effektiviteten och systemperspektivet. Till exempel kan det vara mer funktionellt med en heltäckande livsmedelspolicy istället för både en hälsopolisy och en jordbrukspolicy.

- Hållbar konsumtion kräver att alla aktörer hjälps åt och tar ansvar. Producenter, konsumenter, handel med flera. Och att det kombineras med styrmedel exempelvis i form av skatt på resurskrävande livsmedel kombinerat med information till konsumenterna.
- Attraktiva alternativa produkter behöver komma fram. Och gärna baserade på svenska råvaror istället för quorn eller soja som är det vanligaste nu.
- Kommuner är intresserade av hållbara livsmedel och flera är aktiva för att göra mer hållbara upphandlingar. Men handeln är inte lika aktiv utan fortsätter att sälja dåligt och ibland olagligt producerade varor.
- Hälsoargumentet är ofta starkare än miljö och samvetsargumentet (egennyttja) för konsumenterna.
- Certifiering är ett bra koncept för att visa att någonting går, men det räcker inte för en omställning. Då behöver det omvandlas till en lag eller motsvarande. Certifiering blir en miljö för att testa vad som är rimligt och höjer kunskapen hos många aktörer.
- Export av livsmedel med låg klimat- och miljöpåverkan är en fördel för miljöpåverkan när det ersätter produkter med högre miljöpåverkan i andra länder. Detta gäller under förutsättning att den totala konsumtionen inte ökar samtidigt.
- Det finns stort intresse hos kommuner att köpa in hållbart producerade livsmedel från svenska producenter.

4.5 Forskning, innovation och teknikutveckling

Det behövs forskning på både grundläggande nivå och systemnivå inom produktionen. Men för att nya idéer och teknik ska introduceras finns det även behov av att reformera ansökningsprocesser och tilldelningsprinciper för forsknings- och utvecklingsmedel. Och det finns behov av bättre mekanismer för att omsätta kunskaper från forskningen till praktik i produktionen på marknaden.

- Mycket forskning bedrivs och behövs inom de grundläggande processerna (till exempel markbiologiska) som styr kol- och kvävecykeln för att kunna maximera kolinlagringen och minimera lustgasavgången och andra kväveförluster.
- Mer forskning och utveckling kring hur regelverk kan förändras till nya system för alternativa proteinkällor och system för recirkulering av näringsämnen. Till exempel hur kan förordningen om animaliska biprodukter (ABP) anpassas så att det blir möjligt med insektsproduktion för fodertillverkning?
- Forskningsbehovet är stort för att kartlägga hur vi går från de ohållbara system som finns idag till framtida hållbara system för livsmedelsproduktion.
- Behov av bättre statistik för skördenivåer och skördespill, både på gårdsnivå och aggregerad nivå. Till exempel är den nuvarande statistiken från SCB inte användbar.
- Tidsåtgången för att ansöka om forskningsmedel från EU är stor och det är ogörligt utan konsulter.
- Det finns i Sverige ett stort behov av att överbrygga glappet mellan forskning och tillämpning.
- Det borde finnas enorm potential till teknikutveckling för lantbruket i Sverige. Men den utvecklingen sker inte. Detta kan bero på brist på kombinerad teknisk och biologisk kompetens eller på brist på ingenjörer som har intresse och förståelse för lantbrukets behov av teknikutveckling.
- Stort forskningsbehov inom att kunna prognosticera grödornas behov utifrån olika aspekter, vilket kan öka effektiviteten i insatserna mycket.
- Stort forskningsbehov kring hur organiska gödningsmedel nyttjas på bästa sätt.

- Det är svårt att som ny aktör få pengar till nya typer av projekt. Forskningsfinansiärerna inom till exempel EU tenderar att ge medel till redan kända utförare och inriktningar.
- Nya modeller för medfinansiering behövs, finns exempel på detta Danmark.
- Fodersituationen för fisk är lika svår som till fjäderfä, gris med mera.
- Det finns stora forskningsbehov inom foderproduktionen som står för en stor del av klimatpåverkan inom både djurhållning och akvakultur. Till exempel behövs det forskning kring hur mikrober och insekter kan användas för att omvandla avfall till foder.
- Det behövs mycket forskning kring de nya proteinkällorna (insekter med mera) bland annat inom vilka risker det finns med nya proteinkällor. Vi måste till exempel kunna hantera algtoxiner från näringskretslopp där östersjön ingår och minimera risken för smittor.
- Heterotrofa bakterieflockar och jäster är starka i tillväxten och är ett stort forskningsområde som kan ge stora möjligheter, till exempel för att omvandla skogsavfall till foder
- Hur bygger vi ihop akvakultur med de terrestra systemen för livsmedelsproduktion?
- Flera grupper i Sverige är världsledande inom interaktionen mellan svampar och växtrötter, men det finns fortfarande ett stort forskningsbehov kring hur mikrober och växter samverkar för näringsupptag.
- De organogena jordarna avger stora mängder växthusgaser, men det är svårt att fånga brukandets betydelse för utsläppen i de mätningar som finns hittills. Det behövs många fler mätningar på olika typer av organogena jordar för att öka förståelsen för processerna som styr avgången av växthusgaser.
- Livsmedelsproduktion behöver vara en del av utbildningen på flera civilingenjörsprogram, och det kan också ge nya insikter att samlokalisera olika typer av utbildningar.
- Det behövs mer forskning riktad mot tekniska lösningar inom primärproduktionen och för att det ska komma till stånd behöver staten peka ut det som ett viktigt forskningsområde.
- Mer tekniska lösningar för stallgödselspridning behövs och skulle kunna göra stor nytta. Idag vet få vilket näringsinnehåll deras stallgödsel har vid spridning. Det behövs mer precision i stallgödselspridning och där är logistiken en nyckelfråga.
- Det behövs en samlande aktör för att kunna koppla ihop olika delar som tillsammans skapar hållbara produktionssystem. Till exempel kan rådgivning kopplas till certifiering som kan användas för att verifiera krav i en upphandling. Och stöden behöver anpassas till detta. Flera aktörer i kedjan behöver också involveras för att skapa efterfrågan på hållbara produkter och minska svinet. Även forskningsbehovet behöver kopplas till detta
- Fortsatt behov av forskning på faktorer som höjer produktiviteten i växtodlingen (solinstrålningsutnyttjande, växtnäringsupptag med mera).

Robert Paulsson, Structor Miljöbyrå
Stockholm 2016-01-11

Granskad av:



Monica Granberg, firmatecknare
Structor Miljöbyrå Stockholm AB

Statens offentliga utredningar 2016

Kronologisk förteckning

1. Statens bredbandsinfrastruktur som resurs. N.
2. Effektiv vård. S.
3. Höghastighetsjärnvägens finansiering och kommersiella förutsättningar. N.
4. Politisk information i skolan – ett led i demokratiuppdraget. U.
5. Låt fler forma framtiden!
Del A + B. Ku.
6. Framtid sökes –
Slutredovisning från
den nationella samordnaren
för utsatta EU-medborgare. S.
7. Integritet och straffskydd. Ju.
8. Ytterligare åtgärder mot penningtvätt och finansiering av terrorism. Fjärde penningtvättsdirektivet – samordning – ny penningtvättslag – m.m.
Del 1 + 2. Fi.
9. Plats för nyanlända i fler skolor. U.
10. EU på hemmaplan. Ku.
11. Olika vägar till föräldraskap. Ju.
12. Ökade möjligheter till modersmålsundervisning och studiehandledning på modersmål. U.
13. Palett för ett stärkt civilsamhälle. Ku.
14. En översyn av tobakslagen. Nya steg mot ett minskat tobaksbruk. S.
15. Arbetsklausuler och sociala hänsyn i offentlig upphandling – ILO:s konvention nr 94 samt en internationell jämförelse. Fi.
16. Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2016. Risker, osäkerheter och framtidsutmaningar. M.
17. EU:s reviderade insolvensförordning m.m. Ju.
18. En ny strafftidslag. Ju.
19. Barnkonventionen blir svensk lag. S.
20. Föräldradedighet för statsråd? Fi.
21. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. M.
22. Möjlighet att begränsa eller förbjuda odling av genetiskt modifierade växter i Sverige. M.
23. Beskattning av incitamentsprogram. Fi.
24. En ändamålsenlig kommunal redovisning. Fi.
25. Likvärdigt, rättssäkert och effektivt – ett nytt nationellt system för kunskapsbedömning. Del 1 + 2. U.
26. På väg mot en ny politik för Sveriges landsbygder – landsbygders utveckling, möjligheter och utmaningar. N.
27. Som ett brev på posten. Postbefordran och pristak i ett digitaliserat samhälle. N.
28. Vägen till självkörande fordon – försöksverksamhet. N.
29. Trygghet och attraktivitet – en forskarkarriär för framtiden. U.
30. Människorna, medierna & marknaden. Medieutredningens forskningsantologi om en demokrati i förändring. Ku.
31. Fastighetstaxering av anläggningar för el- och värmeproduktion. Fi.
32. En trygg dricksvattenförsörjning. Del 1 + 2 och Sammanfattning. N.
33. Ett bonus–malus-system för nya lätta fordon. Fi.
34. Revisorns skadeståndsansvar. Ju.
35. Vägen in till det svenska skolväsendet. U.
36. Medverkan av tjänsteleverantörer i ärenden om uppehålls- och arbetstillstånd. UD.
37. Rätten till en personförsäkring – ett stärkt konsumentskydd. Ju.
38. Samling för skolan. Nationella målsättningar och utvecklingsområden för kunskap och likvärdighet. U.

39. Polis i framtiden
– polisutbildningen som högskole-
utbildning. Ju.
40. Straffrättsliga åtgärder mot deltagande
i en väpnad konflikt till stöd för en
terroristorganisation. Ju.
41. Hur står det till med den personliga
integriteten?
– en kartläggning av Integritets-
kommittén. Ju.
42. Ett starkt straffrättsligt skydd mot
köp av sexuell tjänst och utnyttjande
av barn genom köp av sexuell hand-
ling, m.m. Ju.
43. Internationella säkerhetsrätter
i järnvägsfordon m.m.
– Järnvägsprotokollet. Ju.
44. Kraftsamling mot antiziganism. Ku.
45. En hållbar, transparent och
konkurrenskraftig fondmarknad. Fi.
46. Samordning, ansvar och
kommunikation – vägen till ökad
kvalitet i utbildningen för elever
med vissa funktionsnedsättningar. U.
47. En klimat- och luftvårdsstrategi
för Sverige. Del 1 + Del 2, bilaga
med underlagsrapporter. M.

Statens offentliga utredningar 2016

Systematisk förteckning

Finansdepartementet

Ytterligare åtgärder mot penningtvätt och finansiering av terrorism. Fjärde penningtvättsdirektivet – samordning – ny penningtvättslag – m.m. Del 1 + 2. [8]

Arbetsklausuler och sociala hänsyn i offentlig upphandling – ILO:s konvention nr 94 samt en internationell jämförelse. [15]

Föräldraledighet för statsråd? [20]

Beskattning av incitamentsprogram. [23]

En ändamålsenlig kommunal redovisning. [24]

Fastighetstaxering av anläggningar för el- och värmeproduktion. [31]

Ett bonus–malus-system för nya lätta fordon. [33]

En hållbar, transparent och konkurrenskraftig fondmarknad. [45]

Justitiedepartementet

Integritet och straffskydd. [7]

Olika vägar till föräldraskap. [11]

EU:s reviderade insolvensförordning m.m. [17]

En ny strafftidslag. [18]

Revisorns skadeståndsansvar. [34]

Rätten till en personförsäkring – ett stärkt konsumentskydd. [37]

Polis i framtiden – polisutbildningen som högskoleutbildning. [39]

Straffrättsliga åtgärder mot deltagande i en väpnad konflikt till stöd för en terroristorganisation. [40]

Hur står det till med den personliga integriteten?
– en kartläggning av Integritetskommittén. [41]

Ett starkt straffrättsligt skydd mot köp av sexuell tjänst och utnyttjande av barn genom köp av sexuell handling, m.m. [42]

Internationella säkerhetsrätter i järnvägsfordon m.m. – Järnvägsprotokollet. [43]

Kulturdepartementet

Låt fler forma framtiden! Del A + B. [5]

EU på hemmaplan. [10]

Palett för ett stärkt civilsamhälle. [13]

Människorna, medierna & marknaden
Medieutredningens forskningsantologi om en demokrati i förändring. [30]

Kraftsamling mot antiziganism. [44]

Miljö- och energidepartementet

Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2016.
Risker, osäkerheter och framtidsutmaningar. [16]

Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. [21]

Möjlighet att begränsa eller förbjuda odling av genetiskt modifierade växter i Sverige. [22]

En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige.
Del 1 + Del 2, bilaga med underlagsrapporter. [47]

Näringsdepartementet

Statens bredbandsinfrastruktur som resurs. [1]

Höghastighetsjärnvägens finansiering och kommersiella förutsättningar. [3]

På väg mot en ny politik för Sveriges landsbygder – landsbygdernas utveckling, möjligheter och utmaningar. [26]

Som ett brev på posten. Postbefordran och pristak i ett digitaliserat samhälle. [27]

Vägen till självkörande fordon
– försöksverksamhet. [28]

En trygg dricksvattenförsörjning.
Del 1 + 2 och Sammanfattning. [32]

Socialdepartementet

Effektiv vård. [2]

Framtid sökes – Slutredovisning från den nationella samordnaren för utsatta EU-medborgare. [6]

En översyn av tobakslagen. Nya steg mot ett minskat tobaksbruk. [14]

Barnkonventionen blir svensk lag. [19]

Utbildningsdepartementet

Politisk information i skolan – ett led i demokratiuppdraget. [4]

Plats för nyanlända i fler skolor. [9]

Ökade möjligheter till modersmålsundervisning och studiehandledning på modersmål. [12]

Likvärdigt, rättssäkert och effektivt – ett nytt nationellt system för kunskapsbedömning. Del 1 + 2. [25]

Trygghet och attraktivitet – en forskarkarriär för framtiden. [29]

Vägen in till det svenska skolväsendet. [35]

Samling för skolan. Nationella målsättningar och utvecklingsområden för kunskap och likvärdighet. [38]

Samordning, ansvar och kommunikation – vägen till ökad kvalitet i utbildningen för elever med vissa funktionsnedsättningar. [46]

Utrikesdepartementet

Medverkan av tjänsteleverantörer i ärenden om uppehålls- och arbetstillstånd. [36]