



LUND UNIVERSITY

Industrins utveckling mot netto-nollutsläpp 2050

Åhman, Max; Nilsson, Lars J; Andersson, Fredrik N G

2013

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Åhman, M., Nilsson, L. J., & Andersson, F. N. G. (2013). *Industrins utveckling mot netto-nollutsläpp 2050*. (IMES/EES reports; Vol. 88). Lund University.

Total number of authors:
3

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



LUND
UNIVERSITY

Department of Technology and Society

Environmental and Energy Systems Studies

Industrins utveckling mot netto-nollutsläpp 2050

Polycylutsatser och första steg

Max Åhman

Avd. miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola

Lars J Nilsson,

Avd. miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola

Fredrik NG Andersson,

Nationalekonomiska institutionen, Lunds universitet

Rapport nr 88

Oktober 2013



LUNDS
UNIVERSITET

Copyright © Max Åhman, Lars J Nilsson, Fredrik NG Andersson 2013

Miljö och energisystem, Lunds universitet

ISBN 978-91-86961-14- 5

ISSN 1102-3651

ISRN LUTFD2/TFEM--13/3079--SE + (1-56)

Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från Lunds tekniska högskola vid Lunds universitet Institutionen för teknik och samhälle Miljö- och energisystem Box 118 221 00 Lund Telefon: 046-222 00 00	Dokumentnamn
	Rapport 88
	Utgivningsdatum
	Oktober 2013
	Författare
	Max Åhman Lars J Nilsson Fredrik NG Andersson

Dokumenttitel och undertitel

Industrins utveckling mot netto-nollutsläpp 2050 - Policyslutsatser och första steg

Sammandrag

Sverige har en vision om ”netto-noll” utsläpp av växthusgaser till 2050 och är på god väg att nå utsatta delmål för utsläppsreduktioner till 2020. Klimatfrågan är dock långsiktig och det under klimatkonventionen antagna 2-gradersmålet innebär utsläppsåtaganden som sträcker sig till år 2050 och bortom.

En långsiktigt effektiv klimatpolitik ska därför utvärderas både efter vilka långsiktiga utvecklingsmöjligheter den skapar likväl som efter de utsläppsreduktioner som nås till lägsta kostnad på kort sikt. Detta betyder ett ökat fokus på styrning och åtgärder som inte ger direkta utsläppsreduktioner idag men som på lång sikt skapar förutsättningar i form av infrastruktur, kunskap, teknikutveckling och grönt entreprenörskap. På lång sikt måste klimatpolitiken även fortsätta med bredare ekonomiska ansatser som grön skatteväxling för att styra mot klimatsmart konsumtion.

För tillverkningsindustrin bör staten skapa bra generella förutsättningar för innovation och industriell utveckling för att underlätta tillverkningsindustrins omställning till nya ”gröna” marknadskrav. För basindustrin behöver dock staten ta ett särskilt ansvar och ha en sammanhängande innovationspolitik som mer riktat styr mot att utveckla nya tekniska lösningar för att klara långsiktiga klimatmål. Forskning och utveckling är redan idag en viktig del av svensk klimatpolitik men det saknas en sammanhållen svensk strategi för basindustrin. För att utveckla de rätta institutionella förutsättningarna föreslår vi två uppdrag som bör utvecklas och sedan permanentas inom myndigheterna.

- I. Ett uppdrag att utveckla kapaciteten att analysera och utvärdera strukturomvandlingen mot grönare sektorer i ekonomin
- II. Ett uppdrag att utveckla branschvisa färdplaner för industrin

Bägge uppdrag syftar till att stärka myndigheternas förmåga att effektivt implementera en långsiktig klimatpolitik med ett fokus på industri- och teknikutveckling

Nyckelord

Industri, klimatpolitik, strukturomvandling, 2050, färdplan

Sidomfång 53	Språk Svenska	ISRN LUTFD2/TFEM--13/3079--SE + (1-56)
ISSN 1102-3651		ISBN 978-91-86961-14- 5
Intern institutionsbeteckning		
Rapport nr 88		

Förord

Denna rapport är skriven på uppdrag av Miljödepartementet. Uppdraget var att analysera hur industrin kan utvecklas till 2050 givet Sveriges vision om netto-noll utsläpp och ge förslag på hur omställningen kan underlättas för industrin. Stora delar av underlaget grundar sig på forskning gjord inom LETS2050, www.lets2050.se

Konstruktiv kritik har givits av Bengt Johansson, FOI, Roger Hildingsson, Lunds universitet och Eva Jernbäcker, Naturvårdsverket samt en referensgrupp från miljödepartementet. Samråd med miljödepartementet har hållits men författarna står själva för alla slutsatser och rapporten som helhet.

Lund - Oktober 2013

Sammanfattning

Sverige har en vision om ”netto-noll” utsläpp av växthusgaser till 2050 och är på god väg att nå utsatta delmål för utsläppsreduktioner till 2020. För industrin kan det räcka med effektiviseringar och bränslebyten inom ramen för befintliga strukturer för att nå målet till 2020. Klimatfrågan är dock långsiktig och det antagna 2-gradersmålet innebär utsläppsåtaganden som sträcker sig till år 2050 och bortom. För industrin innebär de utsläppsreduktioner till 2050 som stipuleras av t.ex Naturvårdsverkets underlag till färdplan eller EU kommissionens färdplan stora utmaningar för framförallt den konkurrensutsatta och energiintensiva basindustrin. För delar av tillverkningsindustrin kan ambitiösa klimatåtaganden betyda möjligheter med nya växande marknader för klimatteknik.

I rapporten analyseras hur svensk klimatpolitik för industrin bör utvecklas till 2050 för att både nå nollutsläpp och samtidigt möjliggöra fortsatt industriell utveckling i Sverige. Syftet är att diskutera hur svensk klimatpolitik långsiktigt kan främja teknisk utveckling för industrin och fokus för rapporten är på policyutveckling och myndigheternas roll.

I ett långsiktigt dynamiskt perspektiv har tillverkningsindustrin stora möjligheter att utvecklas positivt och anpassa sig efter den nya efterfrågan som följer av att utsläppen skall minska drastiskt. En aktiv innovations- och industriutvecklingspolitik med sikte på netto-nollutsläpp kan skapa många fördelar för delar av tillverkningsindustrin. Nya branscher kommer att växa fram men samtidigt kommer gamla branscher att omdefinieras eller fasas ut.

För basindustrin är utvecklingen mot netto-noll utsläpp svårare av flera skäl. Basindustrin kan tekniskt sett avkarboniseras på längre sikt men lösningarna kräver nyinvesteringar i industrins kärnprocesser. De tekniska lösningarna som har skissats på i färdplaner är långtifrån kommersiellt tillgängliga idag och finns i vissa fall endast på ritbordet och behöver utvecklas de kommande 20 åren. Basmaterialindustrins produktionsprocesser är dessutom mycket CO₂- och/eller energiintensiva och kännetecknas av långa investeringscykler på 20 till 40 år för grundsteg i deras processer. Detta tillsammans gör att basmaterialindustrin är mycket utsatt för förändringar i relativpriser på för energi och utsläpp. Med nuvarande utformning av den globala klimat- och industripolitiken har basindustrin svårt att bära ökade kostnader för utsläpp av CO₂ och fossilfri energi, men även svårt att själva investera tillräckligt i teknikutveckling.

Förutsättningarna för Sverige och EU att politiskt driva en avkarbonisering av industrin är starkt beroende av den globala utvecklingen av klimat-, industri- och handelspolitiken. För industrin, och framförallt den energi- och CO₂-intensiva industrin, är exempelvis den nuvarande tolkningen av bördefördelningsprincipen inom UNFCCC problematisk. Nya förhandlingar som avslutas 2015 kommer förhoppningsvis resultera i ett nytt ramverk med bredare uppslutning kring utsläppsåtaganden eller större flexibilitet. Skillnader i utsläppsåtaganden kommer dock att vara kvar och måste hanteras. Sverige måste jobba aktivt med de långsiktiga industrifrågorna inom EU och i den globala klimatpolitiken. Av både klimat- och industriskäl finns det motiv att behålla möjligheterna till framtida produktion inom Sverige.

En effektiv klimatpolitik till 2050 kan inte enbart fokusera på kortsiktiga mål att reducera växthusgaser till lägsta kostnad. En effektiv klimatpolitik skall ses som långsiktig, sekventiell och dynamisk vilket betyder att den behöver utvärderas både efter vilka långsiktiga utvecklingsmöjligheter den skapar likväl som efter de utsläppsreduktioner som nås till lägsta kostnad på kortare sikt. Som en del i en långsiktig klimatpolitik bör Sverige de närmaste åren arbeta för att säkerställa att vi har förutsättningar att fortsätta vår reduktionstakt även efter 2020. Detta betyder ett ökat fokus på åtgärder som inte ger direkta utsläppsreduktioner på kort sikt men som långsiktiga skapar förutsättningar i form av

infrastruktur, kunskap, teknikutveckling, och grönt entreprenörskap, för att introducera de tekniska lösningar som krävs. Vi vill också peka på behovet av långsiktiga spelregler för marknaden genom en generell skattepolitik som gynnar resurseffektivitet och konsumtion av gröna varor och tjänster genom fortsatt skatteväxling.

För tillverkningsindustrin kan staten hjälpa genom att skapa bra förutsättningar för innovation och industriell utveckling för att underlätta en omställning till nya ”gröna” marknadskrav. Detta kan innebära utökade resurser till forskning och utveckling och fortsatt horisontell näringslivspolitik. Men vi vill framförallt understryka statens roll i att skapa strategiska nischmarknader, dela risker för utveckling, och forma den tidiga marknadsutvecklingen. Nischmarknader kan skapas exempelvis genom demonstrationsprogram, riktade stöd, kvot och certifikatsystem, teknikupphandling och offentlig upphandling. Risker, inte minst politiska sådana, kan lyftas av eller delas genom exempelvis garantier, långsiktiga avtal, via riskfonder, offentliga finansieringsmöjligheter, och skatteregler för investeringar. Långsiktigt gröna spelregler för marknaden bör formas genom en långsiktigt hållbar nivå på CO₂-skatten eller strikta utsläppskrav via EU ETS.

För basindustrin behöver staten ta ett särskilt ansvar och ha en sammanhängande politik som styr mot att utveckla nya tekniska lösningar för att klara klimatmålen på längre sikt. För basindustrin finns det en begränsad uppsättning energikällor och energibärare som är lämpliga om man ska nå netto-nollutsläpp. Detta betyder att man kan driva en relativt riktad teknikutvecklingspolitik för basindustrin och rikta stödet mot enskilda tekniska systemlösningar såsom t.ex. industriell CCS, utveckling av bioplaster, byggande i trä eller alternativ cement, eller industriprocesser baserade på förnybar el och vätgas. Stödet kan inte bara innefatta forskning utan bör även vara inriktat mot utveckling, demonstration och uppskalning till industriell skala. Formerna för statens roll här spänner över flera politikområden och behöver utvecklas och samordnas.

Forskning och utveckling är redan idag en viktig del av svensk klimatpolitik men det saknas en sammanhållen svensk strategi för industrin som med trovärdighet, legitimitet och med bra metoder kan (a) sammanställa, (b) utvärdera och (c) aktivt utveckla en helhetlig och långsiktig innovations- och industriutvecklingspolitik med riktning mot netto-nollutsläpp. Det är framförallt det långa tidsperspektivet, den genuina osäkerheten och omfattningen av förändringen som ställer nya krav på styrning, framförhållning och utvärdering. För att skapa de rätta institutionella förutsättningarna för en effektiv implementering föreslår vi två uppdrag som bör utvecklas och sedan permanentas inom myndigheterna. Det övergripande syftet med uppdragen är att utveckla kapaciteten hos myndigheter och andra aktörer att styra bättre.

- I. Ett uppdrag att utveckla kapaciteten att analysera och utvärdera strukturomvandlingen mot grönutveckling

Syftet med detta uppdrag är att stärka de analyserande myndigheternas (Tillväxtanalys, Konjunkturinstitutet, Trafikanalys m.fl.) förmåga att analysera förändringar i ekonomin på längre sikt. Detta innefattar att utveckla kunskap om interaktionen mellan strukturomvandlingar, livsstilsförändringar, långsiktiga förändringar i relativpriser, branschförskjutningar och teknikutveckling m.m. som klimatpolitiken bör förhålla sig till.

- II. Ett uppdrag att på myndighetsnivå arbeta med och utveckla branschvisa färdplaner för industrin.

Syftet med detta uppdrag är att stärka förmågan hos de genomförande myndigheterna (Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Tillväxtverket, Vinnova m.fl.) att koordinera, utvärdera och utveckla effektiva och långsiktiga styrningsstrategier för teknikutveckling inom industrin. Detta innefattar att utveckla kunskap baserat på de långa tidshorisonter och de komplexa sambanden som gäller för teknisk förändring på systemnivå. Branschvisa färdplaner kan tjäna som en plattform för industri och myndigheter att utbyta information och bygga förtroende för bättre långsiktighet.

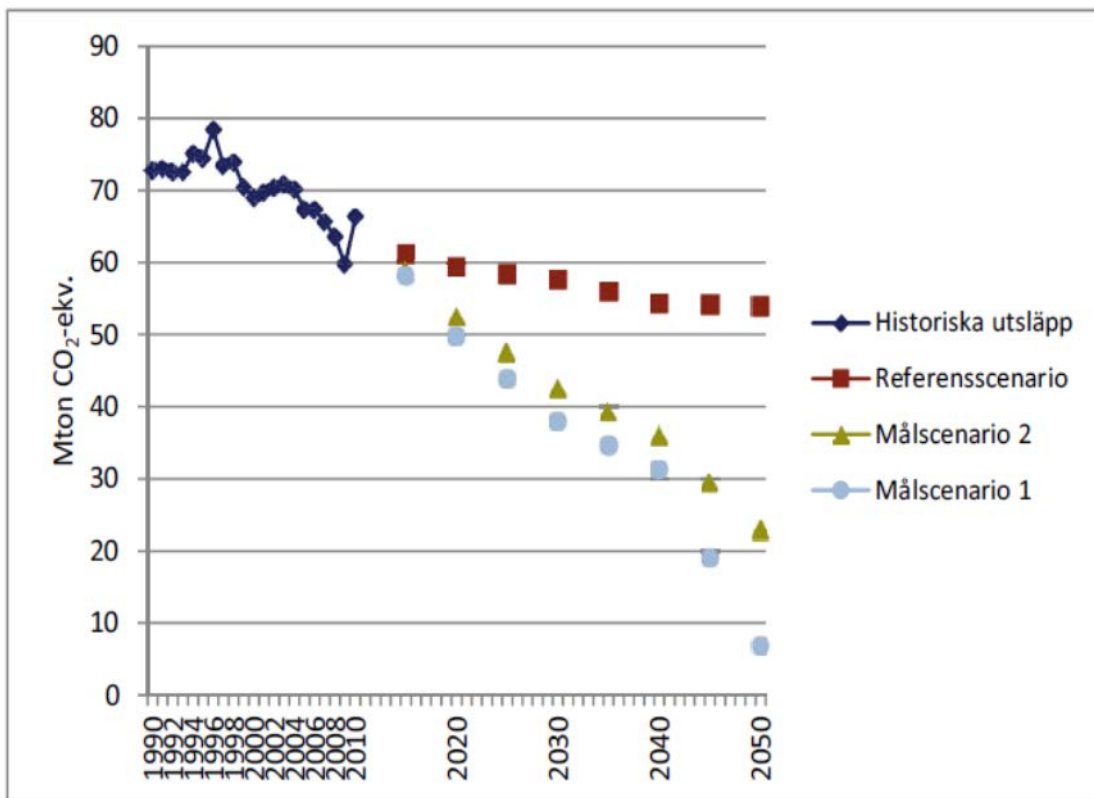
Innehållsförteckning

Förord	7
Sammanfattning	8
Innehållsförteckning	10
1. Inledning	1
1.1 Netto-noll visionen och den globala klimatpolitiken	2
1.2 Syfte och avgränsningar	3
2. Industrin i klimatpolitiken till 2020 - en kort resumé och framåtblick	4
2.1 Utvecklingen av svensk klimatpolitik	4
2.2 Industrin i svensk klimatpolitik	6
3. En ekonomi utan betydande utsläpp till 2050 – omställning och tillväxt	10
3.1 Klimatproblemet – långsiktigt, tekniskt svårt och omfattar hela samhället	10
3.2 Klimatproblemet och den ekonomiska långsiktiga utvecklingen	10
3.2.1 Långsiktigt ekonomisk utveckling	11
3.2.3 Betydelse för klimatpolitiken	13
4. En industri utan betydande utsläpp till 2050 – utmaningar och möjligheter	15
4.1 Tillverkning av varor och basmaterial inom industrin	16
4.2 Tillverkningsindustrin och framtida marknader	16
4.3 Basmaterialindustrins utmaningar	17
4.3.1 Teknik för avkarboniserade basmaterial	18
4.4 Kostnader och effekter till år 2050	21
4.4.1 Vilka effekter får höga CO₂ kostnader	22
5. Utveckling av ny teknik – hinder och stöd	25
5.1 Forskning och innovation i den svenska klimatpolitiken	27
5.1.1 Forskning och utveckling för industrin	28
5.1.2 Insatser för demonstration och innovation i Sverige	28
5.2 Behöver vi göra mer eller göra annorlunda?	31
6. Att styra långsiktigt – näringspolitik, teknikutveckling och ansvar	34
6.1 En mer engagerad närings- och innovationspolitik?	35
6.2 Överväganden för en svensk strategi	36
7. Slutsatser och ett första steg	38
7.1 Ett första steg – Förstå grön strukturomvandling och utveckla branschvisa färdplaner	39
Referenser	42

1. Inledning

Regeringen har en klimatpolitisk vision om att Sverige ska ha netto-noll utsläpp av växthusgaser till 2050 (Regeringen prop. 2008/2009:162). För detta har Naturvårdsverket utvecklat ett underlag till Färdplan där man visar på hur samtliga sektorer i samhället kan bidra till visionen (Naturvårdsverket 2012). Definitionen av vad netto-noll utsläpp betyder varierar och beror bl.a. på hur man räknar med upptag av CO₂ i växande skog samt tillgodoräknade av internationella utsläppskrediter. Detta medför att de utsläppsminskningar som måste göras inhemskt i Sverige också kan variera.

Nedan i Figur 1 visas de två målsценarierna som Naturvårdsverket arbetat efter. I målsценarierna minskar Sverige sina inhemska utsläpp med mellan 60 till 80 % till 2050.



Figur 1. Färdplanens utsläppsbanor med de två målsценarierna. Taget från Naturvårdsverket (2012)

Från målsценarierna utvecklar Naturvårdsverket utsläppsbanor som visar på hur utsläppsreduktionerna kan fördelas mellan olika sektorer. Den skissade fördelningen mellan olika sektorer baseras på vad som anses vara tekniskt möjligt och kostnadseffektivt på längre sikt. Naturvårdsverkets underlag till färdplanen är relativt detaljerad fram till 2030 för att därefter av naturliga skäl bli mer skissartad i sina förslag.

För industrin innebär Naturvårdsverkets långsiktiga scenarier att industrin bör minska sina utsläpp mellan 60 till 120 % till 2050. Skillnaderna i utsläppsnivåer bygger framförallt på antaganden om industriell-CCS kommer vara tillgängligt eller om mer avancerade teknologier som t.ex. elektrolys för smältning av järnmalm kommer utvecklas. Utvecklingen av CCS i kombination med nya bioraffinaderier skulle även kunna ge stora möjligheter till negativa utsläpp i framtiden vilket syns i målskenario 1 och som för industrins del innebär en möjlighet att minska utsläppen med 120 % till 2050. Oavsett vilken inhemsk ambitionsnivå som antas till 2050 så implicerar dock det globalt antagna 2-gradersmålet att utsläppen därefter fram till år 2100 måste ner mot noll även för industrin.

Den svenska ambitionen om netto-noll utsläpp bygger på EUs långsiktiga färdplan att minska sina utsläpp med 85 till 90 % till 2050 (EU COM 2011). EU KOM (DG Enterprise) uppmanade även industrins branschorganisationer att utveckla egna färdplaner på EU-nivå. Ett antal färdplaner har redan utvecklats av industrins branschorganisationer på EU nivå, bl.a. CEPI (pappers-massa industrin), Eurofer (järn och stål), CEFIC (kemiindustrin), Glass for Europe (glas), Cembureau (cementindustrin) och European Aluminium Association (aluminium).

1.1 Netto-noll visionen och den globala klimatpolitiken

En svensk ambitiös klimatpolitik innebär stora utmaningar för svensk industri. Att reducera utsläppen mer än de 20 till 40 % som kan nås med effektivisering och bränslebyten kräver stora investeringar i teknikutveckling och kommer att öka produktionskostnaderna både på kort och på lång sikt. Sett ur den energiintensiva industrins synvinkel är det ett stort problem att den svenska och Europeiska ambitionsnivå hittills varit betydligt högre jämfört med våra handelspartners såsom Kina, Indien, USA, och Japan.

Den geografiska snedvridningen av utsläppsåtaganden är delvis en naturlig och accepterad konsekvens av den s.k. bördefördelningsprincipen inom klimatkonventionen (UNFCCC)¹. Men snedvridningen idag är även en konsekvens av att länder såsom USA och Japan som borde ta på sig större åtaganden inte gjort så hittills. Tolkningen av bördefördelningsprincipen och det globala ansvaret är dock föränderligt och under utveckling. Förhoppningsvis kan världens länder komma överens om ett nytt avtal för att ersätta det nu förlängda Kyotoavtalet i Frankrike år 2015 under COP 21. Ett nytt avtal kan innebära att konkurrenssnedvridningen gentemot USA och Japan försvinner om de tar på sig liknande klimatambitioner som EU. Ett nytt avtal kan också betyda att de snabbt växande ekonomierna såsom Kina, Indien, Brasilien m.fl. tar på sig någon typ av utsläppsreduktionsmål och därmed *utjämnar* snedvridningen. Dock kommer ambitionerna i de snabbt växande ekonomierna att fortfarande vara lägre under överskådlig tid enligt bördefördelningsprincipen. EU kan dessutom inte förvänta sig att de minst utvecklade länderna kommer att kunna ta på sig några åtaganden på ännu många år.

Handelspolitik blir allt viktigare inslag som påverkar klimatpolitiken och flera forskare har diskuterat för- och nackdelar med handelsrelaterade åtgärder för att kompensera för bördefördelningseffekter i klimatkonventionen (Frankel 2009, Helm et al 2012). EU och Sverige har hittills avhållit sig från att föreslå ”klimattullar” för att t.ex. skydda inhemsk stål- eller cement produktion som drabbas av högre produktionskostnader på grund av klimatpolitiken. Däremot har både EU och USA hotat med flera

¹“The Parties should protect the climate system for the benefit of present and future generations of humankind, on the basis of equity and in accordance with their common but differentiated responsibilities and respective capabilities. Accordingly, the developed country Parties should take the lead in combating climate change and the adverse effects thereof.” Art. 3 :1 UNFCCC

handelsrelaterade skyddsåtgärder mot bl.a. Kina och Brasilien för nya strategiska produkter *drivna* av klimatpolitiken såsom import av biodrivmedel, solceller eller vindkraft (Kommerskollegium 2013)². Motivet har varit att exporterande länder ägnat sig åt olagligt statsstöd och prisdumpning enligt EUs tolkning av WTO reglerna.

Basindustrin står inför stora förändringar även utan en klimatpolitik. Expansionen av skiffergas i USA håller på att ändra konkurrenssituation kraftigt (IEA 2013a). Detta påverkar framförallt kemiindustrin som ser möjligheter till framtida nyinvesteringar i USA baserat på att använda billig skiffergas för att producera baskemikalier (CEFIC 2013). En annan viktig faktor ur konkurrenshänseende är de senaste 10 årens kraftiga expansion av industriell produktionskapacitet i snabbt växande ekonomier såsom Kina, Indien, och Brasilien som understötts av en aktiv industripolitik med subventioner av t.ex. energi och kapital (Wooders 2012, Haley and Haley 2013). I efterdyningarna av finanskrisen 2008 och de efterföljande kriserna har industripolitik återigen kommit upp på agendan. Flera av stimulanspaketen efter 2008 innehåller insatser riktade mot ”grön tillväxt” och ordet ”industripolitik” har börjat användas även inom OECD-länderna. Dock i ny form och med ett större fokus på innovation och teknikutveckling jämfört med tidigare insatser på 1970-talet vars syfte var att hjälpa krisindustrier (Warwick 2013; Rodik 2004). Inom EU har t.ex. DG Enterprise arbetat fram en ambition att ”återindustrialisera” EU och öka industriproduktionens andel av BNP från 16 % till över 20 % till år 2020 (EU COM 2012).

1.2 Syfte och avgränsningar

Med Sveriges vision om netto-nollutsläpp till 2050 och med den globala utvecklingen som bakgrund är det viktigt att diskutera hur Sverige kan bedriva en långsiktig klimatpolitik som samtidigt möjliggör en framtida konkurrenskraftig industri.

I rapporten analyseras hur svensk klimatpolitik för industrin bör utvecklas till 2050 för att kunna både nå nollutsläpp och samtidigt möjliggöra industriell utveckling. Fokus i rapporten är på policyutveckling och på myndigheternas roll och syftet är att diskutera hur svensk klimatpolitik kan långsiktigt främja teknisk utveckling och effektiva reduktioner.

Med ett tidsperspektiv till 2050 kan endast övergripande slutsatser dras. Rapporten syftar dock till att även ge förslag i närtid på vad som kan göras för att utveckla en effektiv implementering av en långsiktig svensk klimatpolitiken för att stödja en grön strukturomvandling.

² EU nådde i somras en överenskommelse med Kina om en begränsning av importen motsvarande 75 % av den europeiska marknaden

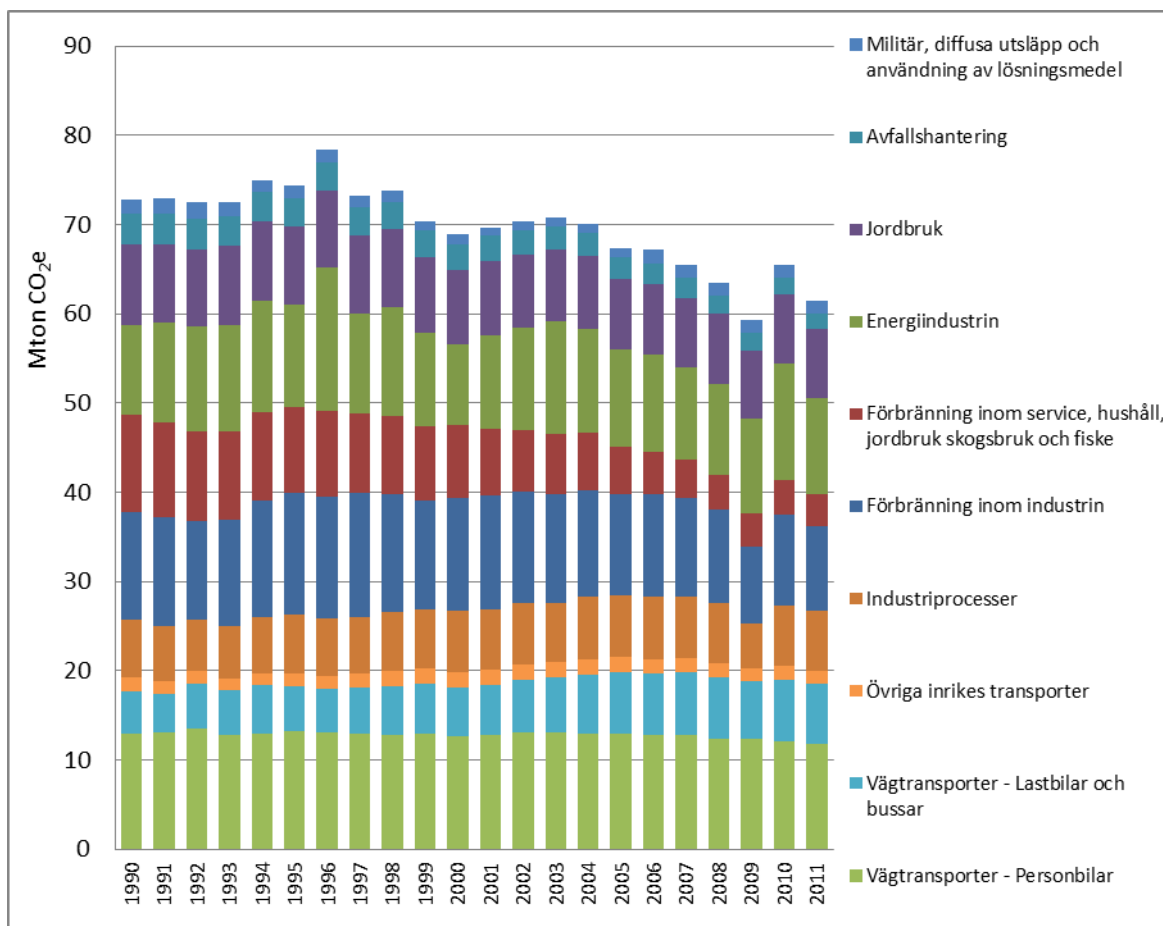
2. Industrin i klimatpolitiken till 2020 - en kort resumé och framåtblick

2.1 Utvecklingen av svensk klimatpolitik

Sverige var tidigt ute och introducerade en övergripande klimatpolitik med utsläppsmål och strategier redan i slutet av 1980-talet. Sverige hade dessförinnan varit aktivt i att driva klimatfrågan internationellt med bl.a. skapandet av IPCC³. Klimatpolitiken passade dessutom väl in i tidigare energipolitiska prioriteringar sedan 1970-talet om att motverka oljeberoende och stödja utveckling av inhemska energislag såsom bioenergi. Sverige har hittills lyckats med att kombinera ekonomisk tillväxt med utsläppsreduktioner. Sveriges inhemska utsläpp har sedan 1990 sjunkit från 72 Mton CO₂e till 62 Mton CO₂e 2012, se Figur 2.

Det kanske mest tydliga klimatpolitiska styrmedlet i Sverige är koldioxidskatten. Inför 1990 gjordes en större skatteomläggning där Sverige passade på att introducera en koldioxidskatt på bränslen med syfte att kostnadseffektivt reducera utsläpp av koldioxid. I början sattes koldioxidskatten till 25 öre/kgCO₂ och samtidigt sänktes energiskatten med motsvarande belopp. Sedan 1991 har dock koldioxidskatten höjts åskilliga gånger och idag är den generella koldioxidskatten ca: 105 öre/kg CO₂. Den generella koldioxidskatten betalas dock endast fullt ut av transport- och bostadsektorn. I de andra sektorerna i ekonomin har Sverige hela tiden arbetat med nedsättningar för att undvika oönskade sido-effekter såsom sämre konkurrenskraft.

³ Intergovernmental Panel of Climate Change



Figur 2. Utveckling av utsläpp i Sverige från 1990 till 2012. Källa: Naturvårdsverket (2013)

Den största delen av minskningen i utsläpp av växthusgaser i Sverige kan tekniskt hänföras till utfasningen av kol och olja för uppvärmning i fjärrvärmesektorn, se Figur 2. Introduktionen av koldioxidskatten i början av 1990-talet hade en viktig roll som gjorde det ekonomiskt lönsamt att byta från olja/kol till bioenergi. Men det är inte bara koldioxidskatten som förklarar det snabba skiftet från olja/kol till förnybar energi inom uppvärmningssektorn. Det snabba skiftet byggde på att det fanns teknik kommersiellt tillgänglig för främst bioenergi som byggde på utvecklingsatsningar som sträcker sig långt bak i tiden. Tekniken hade utvecklats som del i en aktiv energiteknikpolitik som under 20 år utvecklat marknaden för biobränsle motiverat av oljekriserna och av självförsörjningsargument. Den förda teknikutvecklingspolitiken bestod sedan 1970-talet av en kombination av riktade satsningar för forskning, demonstrationsstöd och marknadsintroduktionsstöd. Sverige hade också en bra infrastruktur i form av fjärrvärmenäten som effektivt och till låg kostnad kunde ställas om från fossil energi till biomassa (Johansson et al 2002; Nilsson et al 2004). Utbyggnaden av fjärrvärmenätet hade tidigare (från 1950 och framåt) motiverats bl.a. av att minska lokala luftföroreningar från enskilda pannor i stadsmiljö.

Transportsektorns utsläpp växte sakta med ekonomin fram tills för ca 5 år sedan då utsläppen började sjunka. Även här har en kombination av en långsamt ökade kombinerad energi- och koldioxidskatt⁴ tillsammans med riktade insatser för främst biodrivmedel och energieffektivisering⁵ bidragit till en

⁴ Precis som i andra sektorer sänktes energiskatten när CO2 skatten introducerades. Dock har den totalt kombinerade energi- och koldioxidskatten höjts sedan mitten av 1990-talet

⁵ Flera riktade insatser såsom skattesubventioner på biodrivmedel, ”pumplagen” och miljöbilspremierna

dämpad efterfrågan och introduktion av förnybar energi (Regeringen 2009). Inom elsektorn som i Sverige från början har väldigt låga utsläpp har en ökad produktion av el vuxit utan att öka utsläppen med hjälp av en kombination av ekonomiska styrmedel i form av EU ETS och energipolitiska styrmedel i form av inmatningstariffer som senare ersatts med en kvotplikt för förnybar el och riktade subventioner.

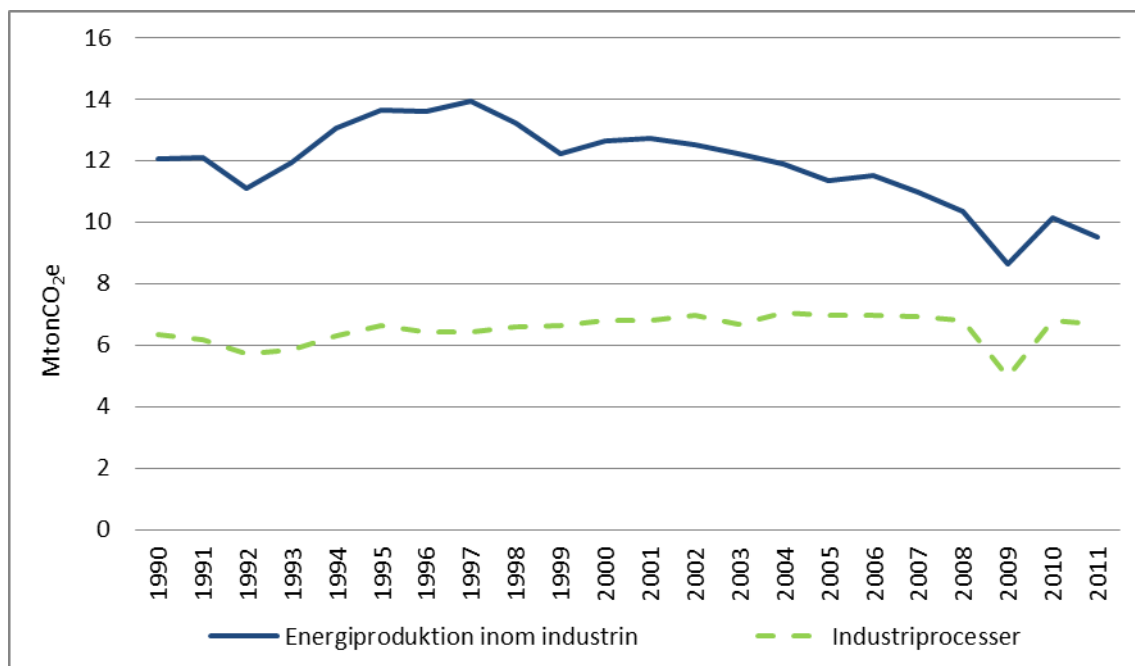
I efterhand kan man konstatera att den hittills framgångsrika svenska klimatpolitiken har bestått av en kombination av breda styrmedel (CO₂-skatten) kombinerat med ett stort antal riktade teknik- och marknadsutvecklingsinsatser. Introduktionen av koldioxidskatten och strikta mål för utsläppsreduktion hade en stor effekt men de stora initiala utsläppsreduktionerna byggde på att det fanns tillgängliga tekniska alternativ till rimliga kostnader. Satsningarna på teknikutvecklingen ingick inte i en långsiktig klimatpolitik från början utan har haft olika syften (oljeberoende, effekter av kärnkraftspolitik, lokala luftföroreningar, och efter 1990 klimat) men de valda lösningarna (bioenergi, värmepumpar, vindkraft, kraftvärme och effektivisering) har fått relativt stabilt stöd över tiden (Nilsson et al 2004, 2005, Lindmark 2010, Jewert 2013).

Sverige har som mål att reducera utsläppen av växthusgaser med 40 % till 2020 för utsläpp *utanför den handlande sektorn*⁶. Utsläppen ska minska med 27 % via åtgärder inom Sverige, resten via köp av utsläppskrediter. Denna ambitionsnivå bedöms vara inom rimlighetens gräns med nuvarande inriktning på svensk klimatpolitik (Konjunkturinstitutet 2012).

2.2 Industrin i svensk klimatpolitik

De direkta utsläppen från industrin i Sverige representerar ca: 26 % av Sveriges totala utsläpp. Mellan 1990 och 2011 har industrin sänkt sina utsläpp från 18,3 MtonCO_{2e}/år ner till 16,2 MtonCO_{2e}/år. Tekniskt har utsläppsreduktionerna varit knutna till industrins energianvändning med effektiviseringar eller bränslebyten. Mer än hälften av industrins direkta utsläpp idag är dock kopplat till dess processutsläpp, se Figur 3 nedan. Processutsläppen kommer från kalcinering av kalk till klinker, vid elektroderna vid aluminiumtillverkning eller reduktion av järnmalm med koks och är direkt kopplade till produktionsvolym och kan inte effektiviseras bort.

⁶ Sveriges ambitioner är uppdelade i ett mål för de utsläpp som sker innanför EU ETS och bestäms således på EU nivå och ett mål för de utsläpp som sker ”utanför den handlande sektorn (EU ETS)” och vars ambitionsnivå bestäms i Sverige. Den handlande sektorn omfattar elsektorn, fjärrvärmesektorn och nästan hela industrisektorn (d.v.s *icke-handlande sektorn* består främst av transportsektorn, jordbrukssektorn, delar av bostadsektorn)



Figur 3. Utveckling av växthusgasutsläpp från industrin uppdelat i utsläpp från förbränning och från processer (Naturvårdsverket 2013).

Industrin har hittills hanterats varsamt inom klimatpolitiken med skattenedsättningar eller fri tilldelning av utsläppsrätter samt indirekt stöd via energipolitiken. Den svenska klimatpolitiken har inte kunnat styra industrins utsläpp med samma ekonomiska bördor i form av t.ex. koldioxidskatt, som jämfört med transport- och bostadsektorerna. Motiveringen har varit att en alltför kraftfull styrning med priser (skatt eller utsläppshandel) skadar industrins konkurrenskraft gentemot länder utan åtaganden (t.ex. Kina, Indien) eller gentemot länder med mindre åtaganden (t.ex. USA, Japan).

Det finns både industri- och klimatpolitiska motiv för att säkerställa möjligheterna till framtida industriell produktion inom Sveriges och EUs gränser. Med ökade kostnader för industrin riskerar Sverige och EU att tappa konkurrenskraft gentemot viktiga handelspartners (industripolitik) och höga kostnader kan dessutom leda till högre utsläpp via s.k. koldioxidläckage (klimatpolitik). Ett industripolitiskt argument som industrin själva allt oftare hävdar idag är behovet att behålla hela värdekedjan inom rimligt avstånd (d.v.s. allt från råmaterial till specialiserade slutprodukter) för att underlätta kommunikation och innovationer, se t.ex. (CEFIC 2013, Eurofer 2013)⁷.

Redan från början med introduktionen av koldioxidskatten fick industrin nedsättning och betalade endast en mindre del av koldioxidskatten samtidigt som energiskatten för industrin sänktes i motsvarande grad. Den kombinerade effekten av koldioxid- och energiskatt som industrin betalade sjönk faktiskt något efter 1990 med hänsyn taget till inflation (se t.ex. Regeringen 2009). Man ska även notera att koldioxidskatten endast tas ut på bränslen för förbränning, d.v.s. inte på de processutsläpp som industrin orsakar.

År 2005 introducerades EUs system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) och större delen av industrin regleras under detta system sedan dess. I och med introduktionen av EU ETS så har

⁷ Det finns stöd både teoretiskt och empiriskt för argumentet att innovationer och utvecklingen av högteknologisk industri har i vissa fall tjänat på geografisk närhet till låg-teknologisk och traditionell industri (Boschma 2005, Robertsson och Patel 2007, Hansen and Winter 2011).

koldioxidskatten fasats ut⁸ för den deltagande industrin som idag istället får anpassa sig till de priser på utsläppsrätter som är på marknaden. Inom EU ETS ingår förutom CO₂-utsläpp från förbränning även de processutsläpp som orsakas av industrin. 2005 var således det första året då industrin fick ekonomiska incitament till att reducera sina processutsläpp av CO₂. Sedan introduktionen av EU ETS har industrins ökade direkta kostnader kompensrats via fri tilldelning av utsläppsrätterna som, i princip, motsvarat deras historiska utsläpp⁹. Efter 2013 var auktionering tänkt att bli den huvudsakliga tilldelningsprincipen inom EU ETS men på grund av konkurrensskäl så får den fria tilldelningen fortsätta för industri som bedöms vara utsatt för ”risk för koldioxidläckage” vilket i princip innefattar all energi- och koldioxidintensiv industri.

Industrins avkarbonisering får även ett ”indirekt stöd” via den förda energipolitiken inom Sverige och EU. Sverige har en sammanhållen klimat- och energipolitik som delvis styrs av EUs klimat- och energipaket där förnybarhetsmål och effektiviseringsmål introducerades tillsammans med klimatmålen till 2020, de s.k. 20/20/20 målen. För implementeringen av förnybarhetsmålet inom elsektorn behöver inte industrin betala för elcertifikaten utan kostnaden för elsektorns förnybarhetsmål läggs på hushållskunder¹⁰. Effektiviseringsmålet har hittills uppnåtts via det s.k. PFE-programmet¹¹ som ger en skattelättnad och informationsstöd till industrin att hitta energieffektiva lösningar. Den förda energipolitiken hjälper energisektorn att nå långsiktiga klimatmål till lägre kostnader (via bl.a subventioner) och därmed underlättas även för den energiintensiva industrin.

Högre priser inom EU ETS ger högre direkta kostnader men även högre indirekta kostnader på grund av att elpriset stiger. En ofta använd schablon är att ett pris på 10 EUR/ton CO₂ i EU ETS ger ett påslag på ca 7 till 8 öre/kWh på elkraft baserat på tillgänglig marginalproduktion och marginalkostnadsprissättning (Energimyndigheten 2007). EUs medlemsländer har rätt att ansöka om tillstånd för att kompensera för de ökade indirekta kostnaderna för elintensiv industri. Vissa delar av svensk industri är elintensiv, t.ex. gruvindustrin, skrotbaserad ståltillverkning, mekaniskmassa men Sverige har inte ansökt om kompensation. Elpriserna för svenska industrikunder är lägre än EUs genomsnitt¹² och med en alltmer integrerad framtida elmarknad med resten av Europa kan priserna komma att utjämnas och därmed stiga i Norden i framtiden.

Från ett konkurrensperspektiv så är reglerade elpriser ett internationellt sett vanligt industripolitiskt instrument för att främja industriell tillväxt. Flera utvecklingsländer såsom Kina och Indien har en tradition av att subventionera elpriser till viktig industri¹³ (se t.ex. Haley and Haley 2013, IEA 2006). På senare år har dock både Kina och Indien gått mot mer marknadsbaserad prissättning av el även till industrikunder (IEA 2006). En mer marknadsmässig prissättning av elkraft i de många snabbt växande utvecklingsländerna underlättar konkurrenssituationen för svensk elintensiv industri.

⁸ Först år 2011 försvann koldioxidskatten för industrin om deltar inom EU ETS. Flertalet nedsättningar av både energi- och koldioxidskatten har dock funnits under hela tidsperioden för energiintensivindustri, främst den s.k. 1,2 % regeln för energi- och 0,8 % regeln för koldioxidskatten.

⁹ De flesta deltagande industrier har således inte fått ökade totala kostnader utan endast ökade kostnader på marginalen

¹⁰ Elcertifikaten har också teoretiskt en dämpande effekt på de generella priserna på spotmarknaden för el då utbudet av förnybar el ökar m.h.a subventioner.

¹¹ PFE programmet skall upphöra med 2014 års utgång. Det är idag oklart om regeringen kommer föreslå ett program som är förändrat så att det accepteras av EU kommissionen

¹² Elpriserna mot industrikunder har varierat mellan 0,075 till 0,08 EUR/kWh medan EU-snittet legat på 0,091 till 0,097 EUR/kWh (Eurostat 2013).

¹³ Sverige fick fri prissättning enligt marginalkostnadsprincipen på elmarknaden efter 1996

Tekniskt sett har utsläppsreduktionerna inom industrin uppnåtts genom energieffektivisering och utfasning av olja/kol som ersatts av biobränsle. Reduktioner av växthusgaser inom industrin har främst skett inom pappers- och massaindustrin och mycket även inom ”övriga industrier” som ofta står utanför EU ETS såsom livsmedelsindustrin och industrier med stationär förbränning. Koldioxidskatten och EU ETS efter 2005 har tillsammans med kontinuerliga prisökningar på fossila bränslen givit incitament till bränslebyten bort från olja/kol till biobränslen. Den förbättrade energieffektiviseringen inom industrin har inte drivits av den kombinerade koldioxid- och energiskatten som varit låg för industrin. Dessa åtgärder har istället fått stöd av energipolitiskt motiverade insatser för energieffektivisering via forskningsprogram, riktade insatser såsom PFE-programmet samt vid tillståndsgivning.

Utsläppen inom den handlande sektorn (EU ETS), som reglerar större delen av industrins utsläpp, skall reduceras med 21 % till 2020 jämfört med 2005. För de verksamheter som regleras av EU ETS är inte frågan ifall man kommer att nå målet (det gör man per definition) utan frågan är med vilken produktionsvolym och verksamhet givet begränsningarna i utsläppsutrymme. Enligt Energimyndighetens prognoser finns det utrymme för industrin med en fortsatt tillväxt och samtidig utfasning av utfasning av fossila bränslen, främst olja för förbränning (Energimyndigheten 2013b) till 2020. Det kan noteras att Energimyndighetens prognoser baseras på betydligt högre priser inom EU ETS än vad som nu är fallet¹⁴.

På kort sikt hjälper de kompensationsåtgärder via skattenedsättningar och fri tilldelning inom EU ETS som Sverige och EU hittills har använt. Men för att säkerställa möjligheterna till att nå det långsiktiga målet om att både ha en konkurrenskraftig industrisektor och samtidigt nå nollutsläpp så stöds industrin bäst genom en ambitiös teknikutvecklingspolitik. Kompensation för direkta och indirekta kostnader kan vara politiskt nödvändiga men bör på sikt fasas ut då man avviker från principen att förorenaren betalar. Ett annat argument mot kompensation för ökad klimatkostnader är att det är statiskt och stödjer etablerade industristrukturer vilket betyder att stödet också indirekt kan motverka ny industriell utveckling på längre sikt. Om man förväntar sig högre elpriser i framtiden och samtidigt vill kompensera för ökade kostnader så är det strategiskt bättre att underlätta för investeringar för energieffektivisering inom den elintensiva industrin. Ett program som bygger på PFE-programmet men som är acceptabelt för EU kommissionen är en bättre väg att gå ifall man vill kompensera industrin jämfört med att ersätta ökade elkostnader såsom vissa medlemsstater nu eftersträvar under ETS-direktivet.

¹⁴ Energimyndigheten har använt sig av EU kommissionen prognoser för priser inom handelsystemet på 17 EUR/tonCO₂e år 2020 som stiger upp till 38 EUR/tonCO₂e till 2030

3. En ekonomi utan betydande utsläpp till 2050 – omställning och tillväxt

3.1 Klimatproblemet – långsiktigt, teknisk svårt och omfattar hela samhället

Klimatproblemet representerar på många sätt ett ”nytt” miljöproblem som skiljer sig på flera avgörande punkter från tidigare miljöproblem såsom försurning, uttunning av ozon-hålet, fotokemisk smog, och miljögifter.

Flera av dessa miljöproblem uppstod som en oönskad bieffekt av industriell verksamhet och kunde tekniskt sett lösas genom isolerade tekniska åtgärder, t.ex. avsvavling av bränsle, filter, eller enskilda ingrepp i industriprocesser som reducerar tungmetaller m.m. Kostnaderna kunde vara höga för enskilda företag och delsektorer men drabbade inte den svenska ekonomin som helhet. Problemen kunde lösas med lokala och riktade ingrepp mot punktutsläpp.

Klimatproblemet är bredare och omfattar i stort sett alla sektorer och hela den ekonomiska strukturen. Utsläpp av växthusgaser kommer från flera olika källor i samhället och är en oundviklig del av processen att framställa energi via förbränning, processutsläpp vid framställning av vissa material och vid markanvändning såsom odling och skogskötsel. Energianläggningar och större industrianläggningar är dessutom stora investeringar med långa investeringscykler som utgjort grunden i vår industrialisering.

Klimatproblemet är långsiktigare än de flesta andra miljöproblem och behöver lösas över en tidsperiod som sträcker sig till år 2050 och bortåt. Detta kräver en långsiktighet som är ny i politiska och ekonomiska sammanhang där Sverige måste planera för antagna mål som ligger 40 framåt i tiden.

Ytterligare en svår dimension av klimatproblemet är att både de negativa effekterna och lösningarna på klimatproblemet är globala. Den globala klimatpolitiken spänner över flera olika ekonomiska och politiska system (marknads-, plan-, och blandekonomier) med olika tekniska och ekonomiska förutsättningar. Den globala klimatpolitiken måste därför ta hänsyn till utvecklings- och rättvisefrågor och motsatta uppfattningar om samhällets/statens roll i klimatpolitiken. Detta blir ännu mer accentuerat för industrisektorn där de senaste 20 årens kraftiga ekonomiska globalisering ställer bördefördelningsprincipen och rättvisefrågorna på sin spets.

3.2 Klimatproblemet och den ekonomiska långsiktiga utvecklingen

En omställning till grön tillväxt där expanderande välfärd kombineras med reducerad miljöbelastning är både en teknisk och en ekonomisk utmaning. En större strukturell omvandling av ekonomin kräver en djupare förståelse för hur långsiktig ekonomisk utveckling kommer till stånd (Perez, 2007; Andersson och Karpestam; 2012; 2013).

Det är vanligt att långsiktig ekonomisk tillväxt modelleras med hjälp av ekonomiska jämviktsmodeller vilket ofta är tillräckligt för att fånga den ekonomiska utvecklingen på några få års sikt. Modellerna bygger dock på deterministiska antaganden som i grunden bara extrapolerar existerande trender där nuvarande ekonomiska strukturer mer eller mindre förväntas bestå över tiden. All ekonomisk aktivitet är dock ett resultat av komplexa samhällsprocesser där tekniska framsteg, normer, institutioner och regleringar interagerar med varandra och påverkar inriktningen och hastigheten på den ekonomiska utvecklingen (Perez, 2007; Tunzelman, 2003; Schön, 2006). Perspektivet för lösningar på klimatfrågan sträcker sig minst 40 till 60 år framåt i tiden, framförallt för basindustrin och energisystemet som har långa investeringscykler. I detta tidsperspektiv är ekonomisk utveckling varken deterministisk eller enkel att förutspå.

Med rätt typ av politik behöver klimatfrågan inte endast utgöra en kostnad för samhället utan kan även bli en möjlighet för att skapa ett framtida välstånd.

3.2.1 Långsiktigt ekonomisk utveckling

För att förstå den långsiktiga den ekonomiska utvecklingen brukar perioden sedan 1800-talet delas in i tre industriella revolutioner där varje industriell revolution karakteriseras av ett utvecklingsblock. Ett exempel på utvecklingsblock är de komplementära utvecklingarna av förbränningsmotorn, fordonstillverkning och bilsamhället (Schön, 2006). Ett utvecklingsblock består således inte bara av tekniska innovationer utan även sociala- och institutionella innovationer (Perez, 2007; Mokyr, 1994) vilket i sin tur ger upphov till specifika trender inom, bland annat, energiefterfrågan (Nakicenovic och Grübler, 1991), transportefterfrågan (Andersson och Elger, 2012), institutioner (Tunzelman, 2003) och den ekonomiska geografin. Att perioder definieras som en ekonomisk revolution beror på att utvecklingen baserats på ett visst utvecklingsblock som följer vissa generella mönster och trender i tillväxten. När ekonomin går från en industriell revolution till en annan sker det större förskjutningar i ekonomin som ger upphov till nya utvecklingsmönster och trender. Ekonomins beroende av utvecklingsblock har sedan 1800-talet givit den långsiktiga utvecklingen ett cykliskt mönster med avtagande och tilltagande tillväxt i perioder om 30 till 60 år, se Figur 4 nedan.

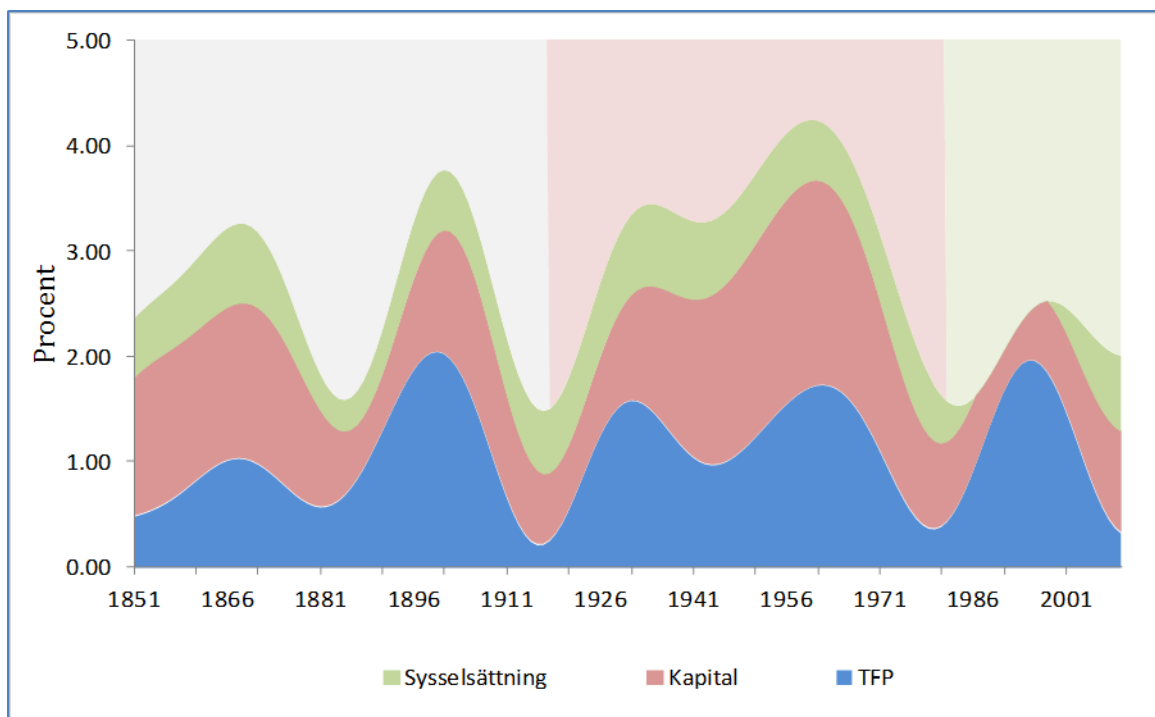
Till grunden för ett utvecklingsblock finns ofta en makroinnovation eller som det ibland kallas en general purpose technology (GPT). En makroinnovation är en innovation som det går att bygga vidare på med nya innovationer, nya företag och nya branscher (Mokyr, 1994). En makroinnovation ger upphov till ett innovationskluster där komplementära innovationer förstärker varandra och blir mer lönsamma att investera i. Ett exempel på en makroinnovation är mikroprocessorn (Bresnahan och Trajtenberg, 1995) som har legat till grund för utvecklingen för all informations- och kommunikationsteknologi, men som även varit med och skapat innovationer som online musik- eller filmstreamingtjänster. Efterhand som mikroprocessorn direkt eller indirekt har lett fler innovationer har naturligtvis dess ekonomiska värde stigit.

I takt med att antalet innovationer växer inom klustret så ökar den ekonomiska avkastningen och utvecklingsblocket växer. Detta är positivt men skapar även en naturlig inläsningseffekt inom det dominerande utvecklingsblocket där det är svårt för nya makroinnovationer att bryta igenom. Efterhand så avtar dock naturligt blockets innovationsförmåga och därmed även avkastningen. När vinsterna för blocket är uttömda och efterföljande innovationer inte längre förmår att driva ekonomin framåt uppstår en period där det finns färre nya tekniker att investera i och då ekonomin utvecklas i längre takt. Eftersom utvecklingen under längre perioder ske i ett långsammare tempo utgör dessa perioder strukturkriser. En strukturkris kan dock även innebära ett "möjlighetsfönster" för framväxten av ett nytt alternativt utvecklingsblock som långsiktigt kan ge en radikal förändring av ekonomin.

Innehållet i ett nytt framtida utvecklingsblock är dock svårt att på förhand prognosticera. Dels beror det på hur stor avkastning nya makroinnovationer kan ge vid tidpunkten för strukturkrisen, men det beror även på förändringar i till exempel institutioner och kommunikationer som stödjer förändring. Nya utvecklingsblock ställer nya krav på stödjande och kompletterande infrastruktur, regleringar och institutioner. Alla tekniska makroinnovationer måste därför kompletteras med infrastrukturinvesteringar samt sociala- och institutionella innovationer. Om det inte sker finns det en risk för att nya tekniska innovationskluster inte skapas och att ekonomin stagnerar (Abramovitz, 1986). Till exempel så var utbyggnaden av järnvägar under den första revolutionen, motorvägar under den andra revolutionen och bredband under den tredje revolutionen avgörande för dessa respektive utvecklingsblocks fortsatta möjligheter att växa. Även avregleringarna av telekommarknaderna och avregleringarna av kapitalmarknaderna var två viktiga reformer under 1980- och 1990-talen. Statens bidrag till bredbandsutbyggnaden och spridningen av hemdatorer var viktiga reformer som banade väg för IT-revolutionen i Sverige. I länder där staten intog en mer avvaktande hållning och väntade med bland annat avregleringen har även spridningen av utvecklingen i näringslivet varit långsammare (OECD, 2001; Edquist, 2009). Vid övergången till ett nytt teknikkluster kan staten inta en passiv roll eller en aktiv roll, men staten är sällan neutral (OECD, 2011). Är staten passiv stödjer den indirekt gamla strukturer medan om den är aktiv kan den stödja den de nya ekonomiska strukturerna. En kontinuerlig utveckling av ekonomin kräver en konstant anpassningsförmåga, speciellt under strukturkriserna.

Som vi tidigare sagt så skapar ett framgångsrikt utvecklingsblock även en naturlig inlåsning och ett motstånd mot förändringar och framväxten av nya utvecklingsblock. Initiala investeringar i gamla innovationer gör företag motvilliga att skifta från en teknologi till en radikalt annorlunda teknologi (Young, 2009). Även arbetskraften som är utbildad för en annan typ av näringsliv, och samhällen som är uppbyggda runt gamla branscher motsätter sig förändring eftersom de riskerar att bli förlorare i den nya ekonomin (Abramovitz, 1986; Mokyr, 1994). I en modern ekonomi är det därför nödvändigt att hantera konsekvenserna av vinnare och förlorare i omställningen av ekonomin för motståndet inte ska bryta ned den ekonomiska processen.

De tre industriella revolutionerna i Sverige sedan 1850-talet för Sverige är illustrerade i Figur 4. Figuren visar den långsiktiga BNP-utvecklingen i Sverige från 1852 till 2010 uppdelad på sina tre huvudsakliga beståndsdelar: kapitalackumulering (röda fältet), sysselsättningsstillväxt (gröna fältet) och total faktorproduktivitet (blå fältet). De tre industriella revolutionerna är markerade som Period I, II, och III i Figur 4 och dessa revolutioner är daterade efter cyklerna i den totala faktorproduktiviteten. Som syns i Figur 4 rör sig den långsiktiga ekonomiska utvecklingen i ett cykliskt mönster där tider av långa högkonjunkturer ersätts av perioder av stagnation. Liknande utveckling kan ses i andra utvecklade ekonomier (Andersson och Karpestam, 2012).



Figur 4. Trendmässig BNP tillväxt samt dess underliggande faktorer i Sverige.¹⁵

Den första industriella revolutionen sträcker sig i Sverige från mitten av 1800-talet till slutet av 1800-talet/början av 1900-talet varpå den andra industriella revolutionen tar vid. Den första industriella revolutionen i Sverige byggdes mycket kring järnvägen och tyngre industri som stålindustrin och den andra runt utvecklingen av förbränningsmotorn och bilismen. Den andra revolutionen går därför under 1970-talet sakta över i den tredje industriella revolutionens kring IT och där den första strukturcykel som löper över hela perioden fram till idag. Som även framgår av ekonomin har den första cykeln snart avslutats vilket betyder att ekonomin står inför ytterligare en omställning inom den tredje revolutionen.

3.2.3 Betydelse för klimatpolitiken

Genom att bara titta tillbaka 40 år i tiden blir det tydligt hur svårt det är att förutspå förändringar av ekonomin fram till 2050 och hur mycket osäkerhet det finns i nuvarande prognoser. Även om det inte går att fastlägga enkla banor för framtida ekonomisk utveckling eller att extrapolera existerande trender framåt så går det att säga något om hur utvecklingsprocessen kan tänkas se ut och vad det betyder för politisk styrning av ekonomin i en klimatneutralriktning.

Många indikatorer pekar på att den tredje industriella revolutionen är på väg in i, eller befinner sig i början av, en större strukturkris (se bland annat Figur 4). Det borde därmed finnas en större möjlighet att påverka den långsiktiga utvecklingen de kommande åren än vad som tidigare varit fallet. Det finns även tecken på att klimatteknologier kan eller bör vara en central del i nästa steg för det nuvarande IKT-utvecklingsblocket som fick sitt genomslag under 1970/1980-talen (Perez, 2007, 2013; Bradfield Moody och Nogrady, 2011). Informations- och kommunikationsteknologi har lagt grunden för många

¹⁵ Figuren illustrerar långsiktig ekonomisk utveckling där kortsiktiga ekonomiska fluktuationer har filtrerats bort med hjälp av ett wavelet-filter. BNP- och investeringsdata är hämtad från Schön och Kratz (2012). Arbetade timmar kommer från Huberman (2005).

nya innovationer som kan appliceras inom klimatområdet både när det gäller materialteknologi (t.ex. nano- och bioteknologi) och energi (t.ex. smarta energinät).

Politisk styrning kan aldrig ge ett block ett visst innehåll, men det går att inom vissa gränser påverka innehållet och inom vilka ramar blocket ska utvecklas. Inte minst de institutionella delarna (regler, normer, förväntningar, m.m.) som avgör vilka tekniska innovationer som blir ekonomiskt lönsamma formas till stor del genom politik. Att bidra till vidareutvecklingen av blocket med klimatteknologier bör vara en klimatpolitisk prioritering. Dock ställer det stora krav på politiken som måste ta hänsyn både till den långsiktiga ekonomiska dynamiken och att större samhällsförändringar är ett resultat av komplexa strukturer.

Prissättning av koldioxid eller andra rent ekonomiska styrmedel är viktiga men leder det ofta bara till inkrementell förändring vilket har visat sig otillräckligt för att skapa förutsättningar för gröntillväxt och nya teknikkluster (Andersson och Karpstam, 2013; OECD, 2011). Ekonomiska styrmedel bör därför kombineras med stöd till nya tekniska innovationer, institutionella reformer, strategiska investeringar, infrastruktursatsningar och stöd till att utveckla marknader för nya produkter. En aktiv industripolitik behöver inte betyda subventioner till olönsamma företag utan ämnar skapa förutsättningar för ett nytt ekonomiskt självbärande teknikkluster. För att skapa marknader för nya innovationer kan bland annat det offentliga planeringsmonopolet eller offentlig upphandling användas för att skapa marknader. Sociala- och institutionella innovationer är nödvändiga för att skapa och underlätta för marknader för nya produkter så att det blir lönsamt för företag att investera. Här har politiken en viktig roll att spela eftersom existerande regler, lagar och skatter är utformande för att passa tidigare utvecklingsblock medan nya utvecklingsblock ställer nya krav. Till exempel är välfärdsstatens framväxt ett resultat av de krav samhällsutvecklingen ställde under första och andra industriella revolutionen när gamla livsmönster som tidigare utgjort ett trygghetssystem slogs sönder.

Det politiska stödet för att underlätta en omställning varierar över tiden och politiken bör ha olika inriktning vid olika delar av strukturyckeln, d.v.s vara sekventiell. Initialt bör politiken vara inriktad på att lägga grunden för att utvecklingsblocket utvidgas med klimatinnovationer. Dock är det troligt att dessa klimatinnovationer skapar små komplementariteter och att deras ekonomiska avkastning är begränsad. Stöd för att få fram fler innovationer, skapa nödvändig infrastruktur och nya marknader är därför en första prioritet. När blocket nått den kritiska massan så att det blir ekonomiskt bärkraftigt kan politiken inriktas allt mer på att fasa ut gamla industrier och tekniker och minska utsläppen till exempel via ett höjt CO₂ pris. För att en sådan politik ska lyckas krävs både långsiktighet och en vision om framtidens samhälle att styra efter.

Naturligtvis betyder en aktiv politik en risk för felsatsningar, men samtidigt innebär en passiv hållning en risk att samhället stagnerar där det gamla teknikklustret vars utvecklingsförmåga har försvunnit inte ersätts av ett nytt. För klimatpolitiken betyder det att det blir svårare att nå klimatmålen utan att samtidigt minska den ekonomiska aktiviteten. Givet den komplexitet som omfattar en större långsiktigt strukturomvandling går det inte att använda sig av enkla utvärderingsverktyg för att avgöra vilka olika policyförslag som är mest lönsamma. Till exempel var det omöjligt att 1980 förutspå vilka innovationer det då nya utvecklingsblocket kring informations- och kommunikationsteknologi skulle generera och vilket effekt det skulle få på samhället i stort. Utvärderingsverktyg som beräknar kostnadseffektivitet blir därmed otillräckliga och osäkerheten i beräkningarna blir alltför stora för att kunna fatta policybeslut. Alternativa utvärderingar kan baseras på färdplaner som uppdateras regelbundet och där interaktionen mellan olika områden är lättare att fånga. Vid tidigare omställningar har staten aldrig försökt styra innehållet i utvecklingsblocken på det sätt som nu troligen är nödvändigt. Komplexiteten och svårigheten i att försöka påverka skapandet av det nya blocket ska därför inte underskattas.

4. En industri utan betydande utsläpp till 2050 – utmaningar och möjligheter

Både de praktiska erfarenheterna från t.ex. den svenska klimatpolitiken och flertalet studier visar att många utsläppsreduktioner kan i början nås till relativt låga åtgärdskostnader (McKinsey 2008, Regeringen 2009). Utrymmet för effektivisering och för bränslebyten av relativt kompatibla energibärare (t.ex. byta kol mot biopellets) har visat sig tillräckligt i början och kunnat nås till begränsade kostnader samtidigt som det stärkt mål inom andra policyområden, t.ex. energisäkerhet och handelsbalans.

För att nå radikalt lägre utsläpp till 2050 står Sverige och EU inför betydligt större utmaningar än hittills. Utvecklingen mot ett ”netto-nollutsläppssamhälle” innebär stora förändringar för hela samhället och för industrin. Långsiktiga krav på radikala utsläppsreduktioner inom EU kräver åtgärder som kostar betydligt mer än dagens CO₂-pris.

Samtidigt skapar en långsiktig klimatrestriktion i samhället också en ny marknad för t.ex. energieffektiviseringsteknik, förnybar energiomvandlingsteknik, produkter inom bioekonomi, avancerad elkraftsteknik, isoleringsmaterial och avancerade material som behövs för att reducera utsläppen. Långsiktigt kan framväxten av nya tekniska innovationer även leda till nya, oväntade tillväxtsektorer och utvecklingsblock som driver ekonomin. Dessa nya sektorer eller utvecklingsblock behöver inte primärt vara drivna av behov av nya ”klimatteknik” men i en klimatrestriktiv framtid kommer utvecklingen inom alla sektorer, nya som gamla, att både direkt och indirekt påverkas av klimatmålet.

En annan kortsiktig effekt av en ambitiös klimatpolitik som är positiv för *delar* av tillverkningsindustrin är att investeringarna måste generellt öka inom EU för att nå ambitiösa klimatmål (EUs Färdplan för 2050 (EU COM 2011)):

“To make the transition the EU would need to invest an additional €270 billion or 1.5% of its GDP annually, on average, over the next four decades. The extra investment would take Europe back to the investment levels seen before the economic crisis, and would spur growth within a wide range of manufacturing sectors and environmental services.”

Ökade investeringar behövs för att tillgodose de krav på ny infrastruktur och övergång till förnybar energi som generellt har högre kapitalkostnader. Kostnaderna för de ökade investeringarna antas på längre sikt kompenseras av lägre kostnader via energieffektivisering och lägre kostnader för t.ex. fossila bränslen¹⁶

¹⁶ I EU kommissionens färdplan för scenariot ”global action” förväntas priserna på fossil energi sjunka

4.1 Tillverkning av varor och basmaterial inom industrin

Varje industribransch har unika förutsättningar och lösningar för att reducera sina utsläpp genom hela värdekedjan från råmaterial till tillverkning av slutprodukt. Det finns dock skäl att skilja på ”tillverkningsindustrin” och ”basmaterialindustrin” när vi diskuterar långsiktiga strategier för klimatpolitiken.

Tillverkningsindustrin producerar oftast direkt ut till slutkund på marknaden och kännetecknas av relativt snabba tekniska förändringar på produktnivå med korta investeringscykler, högt förädlingsvärde och en låg CO₂- eller energiintensitet. För tillverkningsindustrin som helhet betyder en långsiktig klimatomställning lika många möjligheter som hot. Nya marknader kommer att skapas medan marknader för ”gamla” fossilbaserade produkter kommer att fasas ut. Tillverkningsindustrins möjligheter i en klimatdriven framtid handlar mer om dess förmåga att vara innovativ och för politiken att vara flexibel, innovationsinriktad och förutseende. För delar av tillverkningsindustrin finns det möjligheter att expandera och utveckla nya produkter om man går före vilket tidigare exempel på svensk industriell utveckling visat, se t.ex. Sölvell et al (1990).

För basmaterialindustrin som säljer sina produkter till tillverkningsindustrin för vidare förädling är ser det annorlunda ut. En klimatdriven omställning är både en stor teknisk och en stor ekonomisk utmaning av flera skäl. I en modern ekonomin kan inte basmaterial substitueras *i någon större grad* och en fortsatt produktion av basmaterialen är nödvändig för att bygga ett klimatsnålt samhälle. Basmaterialindustrins produktionsprocesser är mycket CO₂- och/eller energiintensiva och kännetecknas dessutom av mycket långa investeringscykler på 20 till 40 år för grundsteg i deras processer¹⁷ (Worrel och Bierman 2005, Lempert et al 2002). Detta tillsammans gör att basmaterialindustrin är mycket utsatt för förändringar i relativpriser på för energi och utsläpp. Utmaningen för basmaterialindustrin för att nå riktigt låga utsläpp ligger i att dessa sektorer måste avkarboniseras med tekniska åtgärder som idag är långt ifrån kommersiellt tillgängliga och i vissa fall finns endast på ritbordet (Åhman et al 2012). En ytterligare klimatpolitisk utmaning som skiljer sig för basmaterialindustrin gentemot tillverkningsindustrin är att produktion av basmaterial utan utsläpp kommer att kosta betydligt mer än produktion av samma material med utsläpp, ofta utan att man får ut en högre kvalitet eller högre användarvärde på slutprodukten.

4.2 Tillverkningsindustrin och framtida marknader

Sett ur ett livscykelperspektiv härstammar den största delen av utsläpp i en färdig produkt från antingen produktionen av basmaterial eller från användningsfasen. Själva tillverkningsfasen är normalt sett en mindre del av de totala utsläppen.

Att avkarbonisera själva tillverkningsfasen handlar ofta om att säkerställa förnybar el och att hitta industrispecifika lösningar för förnybar värme (t.ex. biobaserade eller elektrotermiska processer) och teknologier för t.ex. fysisk- eller kemisk separation (t.ex. utveckling av membran) som normalt är en del som kräver värme. Åtgärdskostnaden för att göra tillverkningsprocessen klimatneutral är relativt liten jämfört med förädlingsvärdet. Elektrifiering av tillverkningsprocesser (där så möjligt) är en generell strategi som oftast ökar både kontrollmöjligheter, kvalitet, produktivitet och klimat.

¹⁷ ”2050 is only two paper machines away” (Marco Mensik- Direktör för CEPI på CEPS/CCAP workshop 25 May 2013)

Efterfrågan på produkter ändras ständigt i takt med utvecklingen och det går inte att på detaljerad nivå prognosticera vilken tillverkningsindustri som kommer att behövas i Sverige år 2050. Sverige kommer att genomgå strukturomvandlingar i ekonomin till 2050 vilka i grunden förändrar efterfrågan och marknaden för produkter, se kapitel 3. Men om vi utgår från att EUs och världens ambitioner att klara 2-gradersmålet står fast kan man förutse en del relativt säkra marknader 2050 som t.ex. en stor marknad för förnybar energi via solceller, vindkraft, geotermi, vattenkraft och en stor marknad för biobaserade processer och produkter. Troligtvis kommer det även finnas en stor marknad för IKT¹⁸ på längre sikt som behövs för nya och mer flexibla lösningar för energi- och industriproduktionens integration och för klimatsmart kommunikation och konsumtion. Från dessa breda teknikplattformar (omvandling av sol, vind och geotermi till el och värme samt omvandling av bioresurser till drivmedel och kemikalier) kan ett stort antal produkter och nya, idag okända, tillämpningar och kombinationer dessutom växa fram till 2050. De flesta av industribranschernas egna färdplaner pekar också på vikten av konsumtionsperspektivet och visar att deras framtida produkter kan bidra mycket till utsläppsreduktioner.

Det finns flera marknader för avancerade klimatsmarta produkter som redan utvecklats och som växer kraftigt inom framförallt förnybar energi. En del av dessa marknader är fortfarande beroende av subventioner (t.ex. solceller) medan för andra tekniker har subventionerna delvis kunnat fasas ut (t.ex. hybridfordon, värmepumpar). Fördelarna har ibland endast varit klimatrelaterade men ofta har även andra fördelar kunnat nås såsom säkerhet och komfort. För andra delar tillverkningsindustrin innebär dock en klimatdriven omvandling också ett hot för existerande industrier. Nya krav som skapar en ny marknad kan av klimatskäl även fasa ut marknaden för gamla produkter, t.ex. så har marknaden för oljepannor för villabruk försvunnit i Sverige.

4.3 Basmaterialindustrins utmaningar

Basmaterialindustrin i Sverige består av de industrier som producerar material till tillverkningsindustrin och andra sektorer t.ex. byggindustrin. Basmaterialindustrin är energiintensiv och ofta även koldioxidintensiv. Definitionen vad som är en basmaterialindustri är inte knivskarp men i denna rapport avser vi cementindustrin, aluminiumtillverkning, ståltillverkning inklusive brytning av järnmalm, övrig gruvindustri, pappers- och massaindustrin, raffinaderier och tillverkning av baskemikalier. Globalt finns också tillverkning av gödsel och klor som kan räknas till basmaterial men dess utsläpp är relativt små i Sverige.

En del av de uppräknade basindustrierna har mycket stora punktutsläpp av CO₂ som stål- och cementindustrin medan andra basindustrier är mycket elintensiva som gruv-, delar av pappers- och massa-, och aluminiumindustrin. Pappers- och massaindustrin är energiintensiv men inte koldioxidintensiv på grund av stor intern användning av inflödande biomassa. Pappers- och massaindustrin är dock av stor strategiskt betydelse i en långsiktig omställning då den omsätter så stora mängder biomassa och kopplar till långsiktiga strategier för bioraffinaderier, basplaster och biokemikalier.

¹⁸ IKT = Informations- och Kommunikations Teknologi

4.3.1 Teknik för avkarboniserade basmaterial

För basindustrin rör det sig om ett begränsat antal energikällor och energibärare som är möjliga i en klimatsnål framtid. Unikt är också att dessa industrier har en stor del processutsläpp, d.v.s. utsläpp som inte kommer från förbränning för energi utan från själva materialprocessen i framställningen av t.ex. cement, reduktion av järnmalm, aluminium. För basindustrin kan man identifiera tre principiella strategier för att avkarbonisera produktionen:

- I. **Biomassa som energi och råvara:** Använda biomassa istället för fossil energi. Detta sker redan i ökande grad men att ersätta fossil energi med bioenergi kan aldrig reducera processutsläppen för t.ex. cementindustrin. Principiellt skulle man kunna ersätta koks med bio-koks i ståltillverkning men utmaningarna är stora. Bioenergi är en begränsad resurs som det kommer vara konkurrens om i framtiden med ökade priser och ökade konflikter med andra miljömål som t.ex. biodiversitet.
- II. **CCS:** Industriell CCS är en teknik som skulle kunna ta stora delar av alla utsläpp. CCS i industriella tillämpningar är dock betydligt mer komplicerat än CCS för elkraftproduktion där man har en väldefinierad och homogen utsläppskälla. Framförallt kan man fånga in processutsläpp från cement, aluminium och stålproduktion. Med idag tillgänglig teknik går det dock inte att fånga in all koldioxid som lämnar en källa. Lägg därtill att flera stora processindustrier behöver, för att rymma och integrera infångningsteknik i processen, byggas om helt. För att fånga in >90% av utsläppen krävs oftast nyinvesteringar i processen och dessutom utveckling av t.ex. oxy-fuel teknik¹⁹. Dock finns det inom industrier också flera väldigt lättillgängliga källor som kan fångas in till låga kostnader, t.ex. vid väteproduktion vid raffinaderier. De tekniska utmaningarna för industriell-CCS är generellt stora och behovet av infrastruktur (gasledningar och lagringsplatser) och statlig koordination och lagstiftning är stort.
- III. **Avkarbonisera hela processen:** Elektrifiering av processen eller materialbyte. Det mest radikala är att byta grundmaterial i processen eller att elektrifiera hela processen. Detta går tekniskt att göra för både stål och cement sektorn och en stor del av tillverkningsindustrin (elektrotermiska processer för industriell värme). Detta innebär att man tar bort allt kol från processen och behöver således inte veta sig biomassa eller CCS för att nå nollutsläpp. Elektrifiering kräver att elsystemet samtidigt avkarboniseras vilket bör ske enligt både EU kommissionens och Naturvårdsverkets färdplaner. En annan typ av avkarbonisering som kan bli aktuellt i framtiden är att byta ut fossilt råmaterial för basplaster (fossilbaserad eten, polyeten m.m.) mot biobaserade lösningar. Syntesgas som råvara för detta kan också produceras från el via elektrolys. Även cementsektorn kan avkarboniseras genom en övergång till alternativa råmaterial.

Utveckling av vissa systemlösningar kan vara generella för flera industrisektorer som t.ex. delar av CCS-utvecklingen, elektrotermiska processer, förädling av biomassa, medan andra lösningar är specifika för respektive industri som t.ex. utveckling av inerta anoder för aluminiumindustrin.

En allmän utveckling mot högre energi- och råvarueffektivisering inom samtliga led är en strategi som både ger direkta utsläppsreduktioner men som framförallt kan möjliggöra mer radikala processalternativ till lägre kostnader i framtiden. Återvinning av material såsom biomassa/avfall, stål,

¹⁹ Oxy-fuel teknik innebär att man använder rent syre i processen och på så vis får en avgasström bestående av ren koldioxid. Vid normala processer är alltid stora mängder inert kväve med som måste avskiljas vid transport och lagring av koldioxid

aluminium blir också allt viktigare i framtiden med knappa resurser och förutspås också ökas i de scenarier som EU KOM m.fl. utvecklat mot 2050. En ökad återvinning drivs av ökat materialvärde och en mer mogen ekonomi med större materialflöden i teknosfären²⁰. Återvinning kan även ha processtekniska fördelar, t.ex. en ökad andel återvunnet stål kommer öka andelen stål som framställs genom elektricitet i ljusbågsugnar jämfört med via koks och masugnsteknik.

Naturvårdsverkets färdplan ger en översikt över de tekniska valmöjligheter som finns för att avkarbonisera basindustrin som stämmer väl överrens med t.ex. IEAs analyser (IEA 2011). Underlagsrapporten till färdplanen (Åhman et al 2012) ger en mer detaljerad översikt och ett större fokus på teknologier som idag endast finns på ritbordet (t.ex. en storskalig övergång till el/väte) samt övergripande teknologier som inte ger direkta utsläppsreduktioner nu men som av andra skäl kan bli nödvändiga i en långsiktig klimatomställning, t.ex. industriell värme via el (s.k. elektrotermiska processer).

De senaste 2 åren har flera branschorganisationer på EU-nivå arbetat fram branschvisa färdplaner vilket ger deras syn på hur och under vilka förutsättningar respektive bransch kan nå låga utsläpp fram till 2050. Hittills har pappers- och massa (CEPI 2010), kemiindustrierna (CEFIC 2013), järn- och stålindustrierna (Eurofer 2013), glasindustrierna (Glass for Europe, 2012), cementindustrin (Cembureau 2013) och aluminiumindustrierna (European Aluminium Association, 2011) publicerat sina färdplaner. Branschorganisationernas färdplaner skiljer sig åt men gemensamt är att de ger ganska detaljerade tekniska förslag på hur man kan nå 10 till 30 % utsläppsreduktioner de närmaste åren medan de blir diffusare på längre sikt och pekar istället på en grupp teknologier som behöver utvecklas ("breakthrough technologies") för att ytterligare reduktioner ska vara möjliga.

Tabell 1 nedan ger en översikt av både basmaterial tillverkade i Sverige och de teknikersystem som kan ge radikala minskningar av utsläpp. Tabellen baseras på Åhman et al 2012, Naturvårdsverket 2012 samt på de färdplaner som utvecklats av branscherna själva på EU-nivå.

²⁰ Inom forskning pratar man om "mining the technosphere" (Johansson et al 2013)

Tabell. 1 Översikt av färdplaner och tekniska system för nollutsläpp

	Tekniksystem för radikala utsläppsminskningar	Branschens färdplan (EU)	Kommentarer
Stål och järn	Kombination av stor ombyggnad för CCS och introduktion av biokoks kan reducera befintliga masugnar nära noll. Alternativ är att elektrifiera processen eller att gå över till väte	Eurofers färdplan ; Fokus på fortsättning av ULCOS med TGR-BF med CCS (ombyggnad av befintliga BF-BOF). Även Elektrowinning (ULWIN) och Hlsarna med som långsiktiga alternativ	Flera koncept utvecklade på papper via ULCOS (EU o industrifinansierat). Demo- och pilot på gång bl.a. i Luleå. Liknande initiativ drivs i både USA o Japan
Cement	Ombyggnad med CCS, elda med biopellets och återkarbonisering av gammal cement kan ge låga utsläpp Alternativa cementsorter baserade på t.ex magnesium är under utveckling	Cembureaus färdplan ; Fokus på 5 parallella spår, (i) resurseffektivisering, (ii) energieff; (iii) CCS, (iv) produkteffektivisering och (v) användningsfasen, för att nå låga utsläpp	Branschen hittills skeptisk till alternativa cement då det skulle påverka hela byggbranschen, standarder , erfarenheter m.m.
Pappers- och massa	Ersätta fossilenergi med bioenergi via effektivisering och återanvändning. Med CCS teknik vid ombyggnad kan negativa utsläpps fås (BECCS)	CEPIs färdplan ; utfasning av fossil energi och fokus på utveckling av nya produkter (bioekonomin)	Dessa två branscher kan glida samman i framtiden. Pappers- och massa kan tillverka kemikalier och drivmedel osv.
Drivmedel & baskemikalier	Bioråvara och biokemisk eller termisk omvandling (förgasning)	CEFIC färdplan; Övergång till biobaserade råvaror såsmåningom. CCS aktuellt	
Aluminium	Utveckling av inerta anoder. Beroende av fossilfri el	European Aluminium Associations färdplan ; fokus på konsumtionsperspektiv med förnybar el till konkurrenskraftiga priser och utvecklingen av inerta anoder	Denna utveckling som är forskningstung drivs redan av industrin av företagsekonomiska skäl
Salpetersyra (Nitric acid)	Katalysatorer	Ingen egen färdplan	Globalt viktigt men liten tillverkning i Sverige
Gruvindustrin	Framförallt elektrifiering. Alternativet är också mer bioenergi	Ingen egen färdplan	Gruvindustrins avkarbonisering påverkas mest av vem som får betala av karboniseringen av elen. Elektrifiering drivs främst av arbetsmiljöskäl
Generella tekniksystem			
Industriell- värme	Elektrotermiska processer, förädling av bioenergi till högre energitäthet, integration av värmeflöden m.m.	Ingen färdplan/ingen bransch	Generellt överskott av värme idag inom industrin(främst lågtemp.).
Infrastruktur och lagring för Industriell CCS	Infrastruktur, lagstiftning, lagring m.m.	CCS med i alla färdplaner, koordination o infrastrukturbeho IEA har utvecklat färdplaner med UNIDO	Studier gjorda i Sverige och Norden bl.a. i Östersjön och för Kattegatt.

Referenser: Åhman et al (2012), Naturvårdsverket (2012), Eurofer (2013), CEPI (2011), Glass for Europe (2011), CEFIC (2013) Cembureau (2013), European Aluminium Association (2012)

Branschorganisationernas färdplaner har flera gemensamma drag. Alla branschorganisation pratar om behov av **genombrotsteknologier** ("breakthrough technologies") för att nå ambitiösa utsläppsmål med fortsatt produktionsmöjligheter. Det betyder utveckling av tekniksystem som idag inte är

konkurrenskraftiga. Vissa teknologier har uppnått en teknisk mognad som t.ex. biobränslen och infångning av CO₂, andra teknologier är under utveckling såsom ULCOS koncepten²¹ för stål medan vissa föreslagna teknologier finns endast i labb-skala som framställning av primärstål med endast elektricitet (s.k. electrowinning). Tekniksystemen måste bli tekniskt bättre, måste demonstreras och även testas i pilotskala innan någon investerare vågar skala upp det till industriellskala. Ekonomin måste dessutom förbättras för flertalet av dessa tekniksystem då det sällan finns ett ytterligare värde t.ex. genom högre kvalitet på slutprodukten. Gemensamt är också att de flesta branscher ser ett behov av CCS i framtiden. Detta kan delvis bero på att man ogärna vill spekulera i ett radikalt skifte av industrins kärnprocesser med en övergång till väte, el eller alternativa material. Ett tredje gemensamt tema är ett fokus på **återvinning** av material i framtiden. Detta är en stark utveckling som drivs redan idag av ekonomiska skäl. Ett fjärde gemensamt tema är att samtliga branscher gärna pratar om **konsumtionsperspektivet** i klimatpolitiken. Att lyfta fram konsumtionsperspektivet kan delvis tolkas som ett sätt att "skjuta problemet ifrån sig" men det är också ett sätt att visa på vikten av marknadsformande styrmedel (konsumtionsskatter m.m.) som gör klimatsmart teknik konkurrenskraftig och efterfrågad på marknaden.

4.4 Kostnader och effekter till år 2050

Klimatpolitikens framtida kostnader beräknas normalt på två olika sätt – ett "bottom-up" perspektiv där man bedömer vad de tekniska åtgärderna för att begränsa utsläppen kostar eller ett "top-down" perspektiv där man via ekonomisk modellering på makronivå räknar ut hur den framtida tillväxten påverkas.

Med ett tidsperspektiv till 2050 så kommer ekonomin att genomgå fler strukturomvändningar. Tillväxten kommer att fluktuera och nya centrala motorer i ekonomin utvecklas medan andra äldre sektorer förlorar i betydelse, se kapitel 3. Detta gör att modellberäkningar som bygger på historiska samband inte har någon precision i ett längre tidsperspektiv. Även att beräkna kostnader baserat på de tekniska åtgärdskostnaderna är osäkra av flera anledningar. För specifika tekniska lösningar för basmaterial och avkarbonisering av industrin finns det rimliga kostnadsbedömningar på vad det skulle kosta att reducera utsläppen med 10 till 30 % de närmaste åren. Dessa bedömningar baserar sig på användning av idag bästa tillgängliga teknik (BAT) där prestanda och kostnader är relativt välkända, se t.ex. IEA 2011.

För att nå lägre utsläppsnivå måste förlita oss på uppskattningar för teknik som inte är kommersiellt tillgänglig och i de flesta fall inte tekniskt mogen. En ytterligare osäkerhetsfaktor är att relativprisförändringar mellan t.ex. bioenergi och fossilenergi, eller för trånga sektorer inom metaller (platina för bränsleceller, litium för elbilar m.m.) kan ändra spelplanen för hur man kan beräkna åtgärdskostnader. Det finns dock grova uppskattningar för vad vissa av dessa alternativ kan tänkas kosta i framtiden givet att utvecklingen går som man hoppas. För industriell CCS varierar kostnaderna mellan 50 till över 200 EUR/ton CO₂ där 50 EUR/ton avser koncentrerade källor i t.ex. raffinaderier (UNIDO 2011). Skall man nå mer än 80 % reduktion av utsläpp med CCS för t.ex. stål- och cementtillverkning kan kostnaderna bli högre än 150 till 200 EUR/tonCO₂ (Birat et al 2011, MottMcDonald 2011). Flertalet av lösningar som når riktigt låga utsläpp kräver ombyggnad och nykonstruktion av kärnprocesser varför kostnadsuppskattningar är mycket svåra. Inga av de utvecklade

²¹ ULCOS= Forskningsprojekt för radikala utsläppsminskningar inom järn och stål. Genomfört av järn och stålindustrin och finansierat tillsammans med EU kommissionen

färdplanerna för basindustrin ger kostnadsuppskattningar för alternativen där man reducerar utsläppen med 80 till 100 %

Trots osäkerheterna finns det ett antal publicerade modellberäkningar på klimatpolitikens kostnader fram till 2050. De flesta av dess klimatekonomiska modeller är baserade på en kombination av både bottom-up och top-down metodik. Med olika antaganden kommer de fram till en CO₂-kostnad för omställningen till 2050 på mellan 100 till 400 USD/tonCO₂ (se Hoel et al 2009 för en sammanställning samt t.ex. EU COM 2011, IEA 2011). Den stora variationen avspeglar framförallt osäkerheten i kostnader för långsiktiga tekniska åtgärder som t.ex. solceller och bioenergi, relationen till fossilprisutvecklingen (desto lägre fossilpriser – desto högre CO₂ kostnad) och den globala fördelningen av åtgärder.

De långsiktiga åtgärdskostnaderna på mellan 100 till 400 USD/ton CO₂ citerade ovan antar att substantiella kostnadsminskningar för ny teknik har skett i framtiden. En stor del av de förbättringar och kostnadsminskningar som sker uppstår genom olika återkopplingar och läreffekter i hela innovationskedjan och är beroende av att man tidigt hittat tillämpningar och nischmarknader för att driva ner kostnaderna genom läreffekter. Kostnadsminskningar som resultat av läreffekter är väldokumenterade exempelvis inom vindkraft och solceller (Neij 2008). Kostnaderna för de investeringar i forskning, demonstration och teknikutveckling som behöver göras de kommande 10 till 20 åren för att utveckla tekniken tas inte med i modellresultaten. De långsiktiga kostnaderna för att nå netto-noll utsläpp bestäms till störst del av vilken teknik som utvecklas och till vilka kostnader framtida teknik och förnybar energi kommer att finnas tillgängliga. En klimatpolitik som ska anses långsiktigt kostnadseffektiv bör därför också ha ett starkt fokus på att stödja långsiktig teknikutveckling.

Det hade varit önskvärt att kunna analysera de ekonomiska konsekvenserna av en långsiktig klimatpolitik till 2050 med en precision som möjliggör detaljerade policy-rekommendationer avseende kostnadseffektivitet för de närmaste åren²². Givet den långa tidshorizonten och de genuina osäkerheterna, både avseende ekonomins utveckling som helhet men även hur åtgärdskostnaderna kan utvecklas, är detta inte möjligt. Man bör snarare förhålla sig skeptisk till studier som gör anspråk på att kunna göra just detta.

4.4.1 Vilka effekter får höga CO₂ kostnader

Även om de totala kostnaderna för en långsiktig klimatpolitik är svåra att uppskatta med en användbar precision så är det intressant att diskutera vilka effekter de troliga kostnadsökningarna kan ha. Effekterna av CO₂-kostnader på över 100 USD/tonCO₂ kan vara flera, bl.a. att vissa material blir betydligt dyrare och att energikostnader och relativpriser förändras. Hur ekonomin kan förändras med avseende på råvarukostnader, energikostnader och vilka relativprisförändringar den långsiktiga klimatpolitiken kan orsaka är relativt okänt och outforskat idag. För att få en uppfattning om storleksordningar kan man för basmaterial jämföra en framtida tänkt CO₂-kostnad²³ gentemot marknadspriset idag. Nedan följer några exempel för att illustrera förändringarna som är möjliga:

För stål från järnmalm som släpper ut ca 2 tonCO₂/ton färdigt stål och säljs för ca 600 EUR/ton handelsstål motsvarar en kostnad på 100 EUR/tonCO₂ ca 33 % av försäljningsvärdet idag. För specialstål som kan säljas för mellan 2 500 upp till 5 000 EUR/ton blir exponering mot CO₂ priser

²² Se bl.a. Konjunkturinstitutets yttrande på Naturvårdsverkets underlag till färdplan (Konjunkturinstitutet, 2013)

²³ Tänkt antingen som ett CO₂ pris som måste betalas på en tänkt utsläppsrättsmarknad eller som tekniska åtgärdskostnader för att reducera utsläppen

betydligt lägre (4 till 8 %). För aluminium som har direkta utsläpp på runt 0,5 tonCO₂/ton aluminium och säljer för ca 1 880 till 2 000 EUR/ton är exponeringen lägre, cirka 2 till 3 %. För cementklinker som i Sverige idag säljs för ca 800 kr/ton klinker och släpper i genomsnitt ut 0,8 ton CO₂/ton klinker motsvarar en CO₂ kostnad på 100 EUR/tonCO₂ ungefär 90 % av försäljningsvärdet. Effekten av höga kostnader för CO₂-utsläpp skiljer sig kraftigt åt mellan olika basmaterial. För vissa material där kostnaderna är relativt höga jämfört med det nuvarande priset (främst cement men även primärstål) kan mycket väl teknik för en hel avkarbonisering bli konkurrenskraftiga alternativ till CCS, t.ex. elektrowinning eller reduktion med väte för järn och ståltillverkning eller alternativ cement.

Kostnader för energi förändras också vid en avkarbonisering. För framtida avkarboniserad elproduktion utgår man från att el från solceller är en ”back-stop technology” d.v.s. långsiktigt bör det aldrig bli dyrare än så då solens instrålning inte utgör en fysisk begränsning och det finns få materialbegränsningar för tillverkning av solceller långsiktigt (kortsiktigt finns det flera begränsningar).

Slutsatsen från flera studier pekar på att förnybar el inte nödvändigtvis behöver bli speciellt dyrare jämfört med idag (se box 1). Generellt kommer investerings- och integrationskostnader öka medan de rörliga kostnaderna minskar för förnybar el vilket gör att jämförelsen med idag beror på flera parameterar som kan ändras (bl.a. kapital och teknikval för elsystemintegration). Kolväten behövs både som energibärare och som råvara i framtiden. Bränslen och kemikalier från biomassa kommer alltid kosta mer än fossila alternativ då biomassa är en betydligt mer begränsad resurs, se Box 1.

Box 1 Framtida kostnader för el och kolvätebaserade bränslen

Förnybar el: En avkarboniserad elsektor kan troligtvis leverera el till priser likande dagens på lång sikt (IPCC SRREN 2011). Kostnaderna för el från solceller låg 2011 på ca 130 till 170 öre/kWh men med utsikter, enligt de flesta experter, att sjunka till kostnader runt 40 till 60 öre/kWh på grund av läreffekter (IPCC SRREN 2011).

Kolväten: För biomassabaserad metan och flytande biobränslen som etanol, metanol m.m. kan dessa alltid förväntas kosta mer än motsvarande fossila alternativ. Metan och flytande kolväten är båda framtida viktiga energibärare men även en råvara för kemiindustrin. Förnybar metan skulle idag kosta ca 65 till 75 öre/kWh jämfört med 15 till 20 öre/kWh för obeskattad naturgas i Sverige. Etanol, metanol och metan visar på en framtida potential att sänka sina produktionskostnader till 50 till 60 öre/kWh (se översikt i Åhman 2009). Priserna kan bli betydligt högre beroende på konkurrensen om biomassa. En aktiv klimatpolitik kan förväntas verka dämpande på olje-, kol- och naturgaspriserna på lång sikt även om t.ex. reserverna för lättillgänglig olja minskar.

Ökad konkurrens om råvaror och förnybar energi kommer även att få andra konsekvenser för industriproduktionen. Efterfrågan på bioenergi kommer att öka biomassans relativa värde gentemot andra användningsområden (fiber, kemikalier, mat m.m.). Vilka konsekvenser detta får för de sektorer som använder biomassa beror på hur jordbruks- och skogsteknik utvecklas globalt, och på teknisk utveckling (främst förgasning och biokemisk omvandling) som kan öppna upp för fler användningsområden för olika typer av biomassa. Dessa olika utvecklingar kan både öka och minska konkurrensen om specifika råvaruströmmar. I Box 2 ges ett exempel på hur sambanden mellan energi- och råvarupriserna kan påverka den biobaserade industrin.

Box 2 Massa och pappersindustrin (exempel taget från Nilsson et al 2011)

Massaveden utgör en viktig kostnad för massa och pappersindustrin. Eftersom det går åt ca 5 m³ vedråvara per ton sulfatmassa så är vedkostnaden ca 1 500 till 1 700 kr/ton massa, motsvarande ca 25 % av priset för sulfatmassa på ca 1000 USD/ton (det rådande och relativt höga priset i mars/april 2011).

Ett koldioxidpris på 100 EUR/ton ger en betalningsförmåga för bioenergi på ca 45 EUR/MWh som ersättning för kol. Eftersom 5 m³ massaved innehåller ca 10 MWh skulle massaveden bli värd ca 450 EUR för energjämdamål, ca 3 gånger mer än nuvarande kostnad för 5 m³. Ett koldioxidpris på 50 EUR/ton ger på motsvarande sätt massaveden ett energivärde på ca 300 EUR.

Frågan är hur stora möjligheter massa och pappersindustrin har att övervältra en sådan kostnadshöjning på sina kunder. En annan fråga är om koldioxidpriset spillover i råvarupriser även för konkurrenter i områden som inte har ett pris på koldioxid. För skogsindustrin som hanterar stora mängder biomassa och utsläpp av ”grön” koldioxid skapar naturligtvis klimatpolitiken också en rad nya möjligheter till lönsam produktion av el, bränslen, kemikalier och material i bioraffinaderier, inklusive BECCS.

1) Priser på 100 EUR/ton kol som bränsle och 100 EUR/ton koldioxid ger en kostnad på 13 EUR/MWh för bränslet och 33 EUR/MWh för utsläppen antaget 90,7 gram koldioxid per MJ.

2) Antaget 2,4 MWh/ton ved med 50 % fukthalt och 0,8 ton/m³ ved ger 5 m³ ca 10 MWh.

Att avkarbonisera basmaterial såsom cement, stål och basplaster till 2050 kommer att betyda högre tillverkningskostnader. Jämfört med priser på marknaden för basmaterial kan kostnadsökningen i vissa motsvara uppemot en förbubbling (cement) men oftast ca 20 till 30 % (stål, plast m.m.). En kostnadsökning på basmaterial 20 till 30 % verkar fullt rimligt för ekonomin att anpassa sig till på 40 års sikt (via t.ex. materialeffektivisering). Det stora problemet från industrins synvinkel är att fortsätta investera och producera om de geografiska skillnaderna i CO₂ pris blir för stora gentemot länder utan för EU. För en hel del basmaterial och energibärare är det dock svårt att se hela konsekvenserna av en netto-noll vision då både teknikutveckling och framtida konkurrenssituation påverkar kostnaden mycket.

5. Utveckling av ny teknik – hinder och stöd

I Kapitel 3 diskuterade vi långsiktiga och större omställningar av ekonomin där hela utvecklingsblock, baserade på nya tekniska innovationer, tillsammans med institutionella och sociala innovationer sågs som den grundläggande drivkraften till strukturell förändring och långsiktigt tillväxt. I detta kapitel diskuterar vi teknikutvecklingen i sig och hur den processen fungerar.

Från ett klimatperspektiv så är det inte innovationerna i sig som är intressanta utan framförallt hur ny teknik långsiktigt sprids och ersätter äldre ineffektiv eller fossil baserad teknik och leder till utsläppsreduktioner. Teknikutveckling här omfattar således alla stegen från idé, grundläggande och tillämpad forskning, demonstration till spridning på en marknad. Teknikutveckling från de första idéerna till genomslag på marknaden är en process som är kumulativ, komplex och långsam (Grubler 1998). Framförallt den infrastruktur- och investeringstunga energimarknaden har långa förnyelsecykler. Exempel från de senaste åren med utvecklingen av förnybar pekar på en process som tar minst uppemot 30 år från de första satsningarna innan ny teknik börjar växa snabbt och få en mätbar andel av marknaden (Wilson och Grubler 2012). Idag växer förnybar energi snabbt på marknaden (se t.ex. IPCC SREEN 2011) men den moderna utvecklingen för sol, vind, geotermi och bioenergi har en lång historia som startade med kraftfulla satsningar i USA, Japan och EU redan på 1970-talet med de första oljekriserna. Satsningarna på energirelaterade forskning och utveckling var mycket höga under en 10-årsperiod mellan 1970 till 1980 (IEA 2013b; Konjunkturinstitutet 2012).

Även inom den investeringstunga basindustrin har det skett stora tekniska förändringar som t.ex. övergången från martinstål till syrgaskonverter för ståltillverkning eller övergången till kontinuerlig kokning och klorfri blekning inom pappers- och massaindustrin (Oster 1982, Reinstaller 2008). Större innovationer för den investeringstunga stålindustrin har normalt tagit ett antal decennier från den första tekniska demonstrationen till ett bredare genomslag på marknaden (Oster 1982). Dessa innovationer har oftast inneburit produktivetsförbättringar och flera ekonomiska fördelar gentemot äldre produktionsmetoder, men har också varit drivna av regleringar och kundkrav.

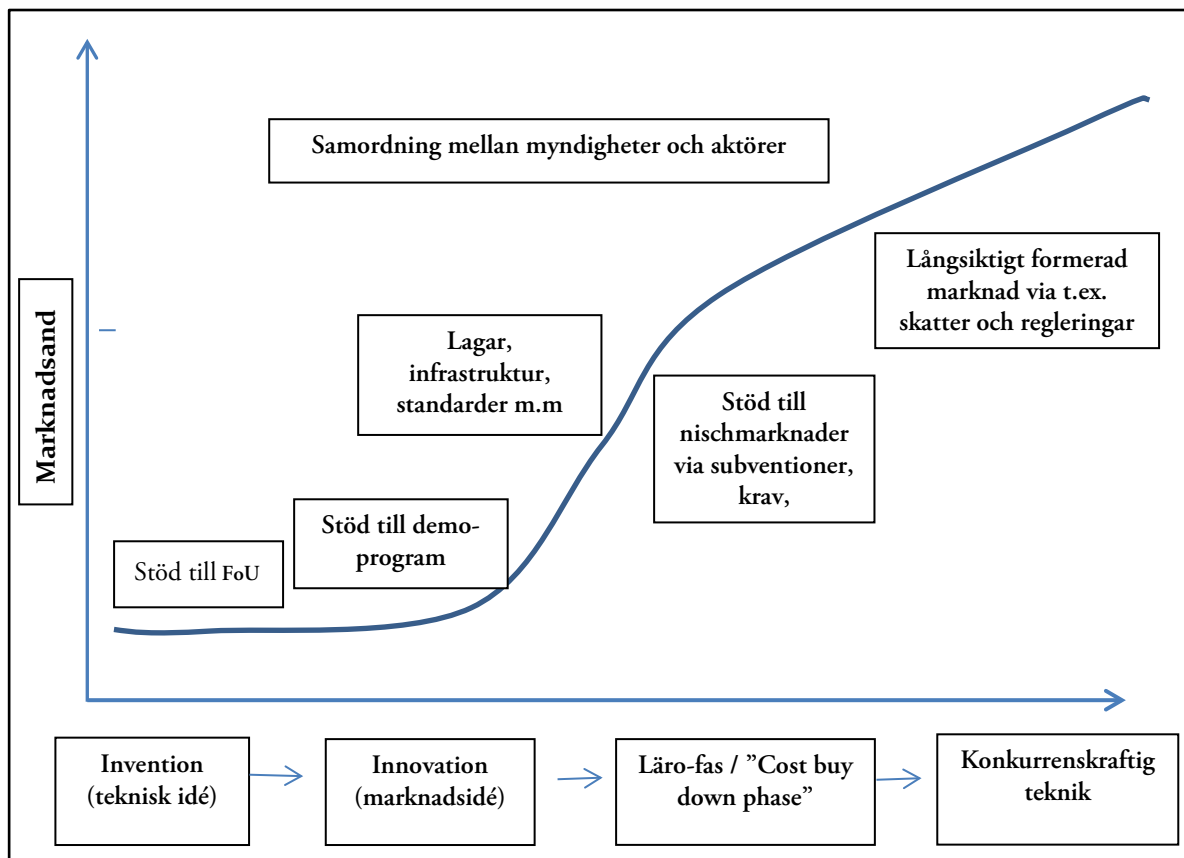
Statens roll i långsiktig teknikutveckling diskuteras flitigt inom policyforskning. En grundläggande idé inom nationalekonomin har varit att långsiktiga prissignaler inte bara säkerställer en kostnadseffektiv allokering av åtgärder utan även skapar en förväntan om en framtida marknad som driver utvecklingen av tekniska lösningar, se t.ex. Schmookler (1962) och Ruttan (1997). Ekonomiska styrmedel såsom prissignaler (via t.ex. CO₂ skatt) är ofta effektiva styrmedel för att generera små förändringar i ekonomin. Det finns dock idag en relativt bred konsensus bland forskare om att endast en prissignal inte räcker för att nå ambitiösa och långsiktiga klimatmål på ett kostnadseffektivt sätt utan att politiken behöver kompletteras med en teknikutvecklingspolitik (se t.ex. Popp 2010, Hahneman 2010, Fisher och Newell 2008). Hur en sådan kompletterande politik som syftar till att stödja långsiktigt teknikutveckling ska utformas och hur mycket stöd som framförallt ska inriktas mot marknadsformerande åtgärder är dock debatterat (se t.ex. Azar och Sanden 2011, Fisher och Newell 2008).

Offentligt stöd för grundläggande och tillämpad forskning och för demonstrationsprojekt brukar motiveras utifrån att forskning och utveckling genererar ”positiva externaliteter” i form av spridning av kunskap som kommer samhället till godo. Utifrån erfarenheterna med klimatrelaterad teknikutveckling hittills och innovationsforskning har det utvecklats ett bredare synsätt om vad som omfattas i begreppet

”teknikutveckling”. Detta bredare synsätt baseras bl.a. på innovationssystemanalys och motiveras av att teknikutveckling måste övervinna flera olika typer av barriärer och systemfel längs med hela innovationskedjan (se bl.a. Borrás och Edquist 2013). Utveckling av klimatteknik bör med detta bredare synsätt stödjas genom hela innovationskedjan från stöd till grundforskning, tillämpad forskning, demonstrationsprogram till marknadsformerande styrmedel som riktade subventioner, kvotssystem (t.ex. handel med elcertifikat) och ett långsiktigt pris på CO₂ som säkerställer en kostnadseffektiv spridning (IPCC SRREN 2011, OECD 2011, Nemet 2009, Andersson och Karpestam 2013).

Ett annat klimatpolitiskt skäl för att aktivt stödja marknader för ny teknik är att CO₂ priset inte kan läggas på den teoretiskt önskade nivån och därmed inte ge en tillräckligt tydlig ”signal” till privata aktörer att investera i forskning och utveckling. Samhället måste även ta hänsyn till andra politiska mål vilket kan motivera riktat stöd till industri- och teknikutveckling. Ett högt CO₂-pris har stora konsekvenser för t.ex. fördelningspolitiken, regional politiken, och som den globala klimatpolitiken är utformad, även för industripolitiken och konkurrenskraft.

I Figur 5 nedan visas en schematisk skiss över teknologiers utvecklingsfaser och de olika typer av stöd som kan behövas under olika faser. För tekniksystem som redan utvecklats framgångsrikt är det relativt lätt att i efterhand identifiera de olika utvecklingsfaserna: (i) grundläggande kunskapsutveckling via forskning, (ii) en prövotid med diverse demonstrationsprojekt, (iii) en period där tekniken hittar en nischmarknad som kan betala de höga kostnaderna, (iv) uppskalning och kostnadsreduktion på marknaden och (v) tillslut ett bredare marknadsgenomslag. I verkligheten ser dock utvecklingsprocessen betydligt mer komplex ut än vad som framgår i Figur 5. De olika faserna ofta sker parallellt och iterativ och de flesta tekniska spår som utvecklas dör ut eller suggs upp i andra utvecklingsspår. Inflytandet från oväntade utvecklingar inom närliggande områden kan också vara helt avgörande, t.ex. marknaden för hemelektronik som drev utveckling av kraftelektronik och batterier på 1990-talet som bidrog till hybridfordonsutvecklingen (Åhman och Nilsson 2008).



Figur 5. Schematisk "S" kurva för marknadsutveckling av ny teknik med olika typer av stöd längs med innovationskedjan.

Erfarenheterna från utvecklingen av solenergi, vindkraft, värmepumpar, bioenergi, hybridfordon m.m. visar på utvecklingar som blivit framgångsrika tack vare ett långsiktigt statligt stöd men som dessutom varit flexibelt och anpassats över tiden (Wilson och Grubler 2011, Nilsson et al 2005, Åhman 2006, Norberg-Bohm 1999). Staten har stöttat grundläggande kunskapsuppbyggnad genom forskning men även engagerat sig i demonstrationsprojekt och varit marknadsformerande genom att skapa nischmarknader för att växa och utvecklats mot konkurrenskraft.

Tidshorisonten för utvecklingen har sträckt sig 30 till 40 år vilket betyder att synen på behovet av den nya tekniken, synen på potentialen för ny teknik och synen på den framtida marknaden har ändrat sig under processen. De svenska exemplen på utveckling av värmepumpar, biodrivmedel och bioenergi visar på teknikersystem som fått stöd mer eller mindre kontinuerligt under hela sin långa utvecklingsfas men av skäl som ändrats över tiden (Nilsson et al 2005, Hillman och Sanden 2008).

5.1 Forskning och innovation i den svenska klimatpolitiken

Forskning är en viktig komponent i den långsiktiga svenska klimatpolitiken, både för att förstå klimatproblemets grunder men också för att utveckla kunskap och teknik för möjligheter att minska

utsläpp. Sverige ger stöd till både forskning och marknadsintroduktion inom ett flertal områden och har varit ledande inom flera teknikområden som t.ex. bioenergi, värmepumpar²⁴.

Siffror på hur mycket resurser som totalt läggs på forskning och utveckling som syftar att minska utsläppen är dock osäkra. Naturvårdsverket har ansvar att rapportera till UNFCCC (FNs klimatkonvention) om svensk klimatforskning och har sammanställt forskningen i den senaste nationalrapporten. Nyligen har även riksrevisionen försökt sammanställa svenska insatser på området och vilka effekter det har för att nå det svenska klimatmålet. Siffrorna varierar men forskningsbudgeten verkar ha legat runt 850 till 1000 miljoner/år mellan 2006 och 2008 (Regeringen 2010, Riksrevisionen 2012) för att de senaste åren öka uppemot 1 300 till 1 400 miljoner per år med Regeringens strategiska forskningsinsatser där klimatet var ett prioriterat område (Riksrevisionen 2012). Riksrevisionen uppskattar att den största delen, ca: 40 %, går till transportsektorn, varefter ca: 25 % går till utveckling av förnybar energi som vindkraft, solkraft och bioenergi, 17 % till energieffektivisering, 3 % till CCS och resten till humaniora och övrigt (Riksrevisionen 2012). Det finns ingen bra sammanställning på forskning riktad specifikt mot industrin men troligtvis går en del av energieffektiviseringsinsatserna och en del av forskning för förnybara bränslen till industrin. Nedan ges en översyn av vilka program som är inriktade på industrin.

5.1.1 Forskning och utveckling för industrin

Flera statliga aktörer ger idag stöd till industriteknisk utveckling med klimatrelevans i Sverige. Den främsta är Energimyndigheten med sitt stora forskningsprogram för energieffektivisering som är riktat till energiintensivindustrin. Energimyndighetens bränsleprogram innehåller industrirelevant forskning om bioenergi och Energimyndigheten har även ett program som stödjer forskning inom CCS. Energimyndigheten har de senaste åren haft en budget för ”energiforskning, demonstration och utveckling” på mellan 1000 och 1400 miljoner/år. Av dessa har i genomsnitt 90 miljoner/år gått till energiintensiv industri (Energimyndigheten 2013a)

Mistra är en fristående stiftelse men grundad med från början statliga medel och har bedrivit långsiktigt forskning med stor industrirelevans, b.l.a. Kretsloppsanspassat massabruk, Järnets kretslopp m.m. Mistra har spenderat i genomsnitt ca 80 miljoner/år (varav hälften till basindustrin) till industrin sedan 1996.

Vetenskapsrådet och FORMAS ger också bidrag till klimatrelevant forskning men av mer grundläggande karaktär och en hel del samhällsvetenskaplig forskning som studerar innovations/industrialisering²⁵.

5.1.2 Insatser för demonstration och innovation i Sverige

Energimyndigheten har även ansvar för att fördela pengar till demonstrationsprojekt och handlägga Svenska ansökningar för det s.k. NER300 programmet²⁶. 2008 avsatte Sverige 875 miljoner till ”demonstration av stora anläggningar av 2:a gen biodrivmedel och ny energiteknik med stor nationell

²⁴ Vissa områden gick dock sämre i början i en internationell jämförelse, t.ex. vindkraftutvecklingen fick en sen start jämfört med Danmark p.g.a. incitamentsstrukturen (Jacobsson and Lauber 2006, Åstrand och Neij 2006)

²⁵ Totalt år 2011 delade Vetenskaps Rådet (VR) ut 46 milj till klimatforskning. FORMAS delade ut ca 43 milj år 2011 för forskning om biobränslen

²⁶ NER300= New Entrants Reserve; program där 300 miljoner reserverade utsläppsrätter auktioneras ut och intäkterna går till utveckling av CCS och förnybar energi på EU-nivå.

betydelse”. Två projekt är direkt relevant för industrin färdplaner (Gobigas och Pyrogrot) som stödjer förgasning respektive tillverkning av flytande drivmedel av biomassa. Energimyndigheten arbetar även med teknikupphandling, villkorslån och innovationskluster. Under 2010 till 2012 utgick bidrag om 38 till 41 miljoner/år till gruppen ”industri och byggnader”. Större delen av detta gick dock (ca 50 %) till demonstrationsprogram för elfordon (Energimyndigheten 2013a).

Tabell 2 nedan ger en indikativ översikt över de svenska forsknings- och demonstrationsprogram som är mest relevanta för industrins färdplaner. Det är dock svårt att avgränsa dels vad som är klimatrelevant och dels vad som går till forskning och utveckling som är relevant för industrin förutsättningar att långsiktigt nå netto-nollutsläpp. Skillnaden mellan vad som i rapportering avgränsas hänförs till ”demonstrationsstöd”, ”forskning” eller t.ex. ”teknikutveckling” är också flytande²⁷.

²⁷ Praktiskt sett är det svårt att hitta en ”perfekt” avgränsning men denna brist på definitioner på vad som faktiskt är ”klimatforskning” är något som också Riksrevisionen (2012) anmärkte på

Tabell 2. En indikativ översikt över forskning, utveckling och demonstrationsstöd för industrin med relevans för färdplanen.

Program	Indikativ budget	Relevans för industrins färdplaner
Järn- och stålindustrins energi-användning Jernkontoret /STEM	2006 till 2010 bidrog STEM med 61 milj, av tot på 227 milj. Nytt program på 85 milj mellan 2013-2017	Fokus på effektivisering, restenergi, samt effektivisering CO ₂ & energi med i nya programmet
Strategiskt stålforskningsprogram Jernkontoret/Vinnova	2006 till 2012. Jernkontoret totla budget 284 miljoner varav VINNOVA 122 miljoner	Fokus på produktivitet och förädling. Bidrag till "Hållbar utveckling" främst genom effektivisering
Gruvnäringsens energianvändning MINFOS /STEM	2007 till 2012 STEM medfinansierade på 13 miljoner av tot 38milj.	Minskad energianvändning, bla oxyfuelförbränning för CCS relaterat (4 områden)
STEMs CCS program	Sedan 2007; ca 7 till 8 miljoner/år från STEM.	Fokus på infångningsteknik och kartläggning. Industriell CCS viktigt för Sverige
Mek-massa initiativet STEM	2011 till 2015; 30 miljoner från STEM + medfinansiering.	Effektiviseringsfokus. Mål om 50% effektivare
Industrins energieffektiviseringspr. STEM	2010 till 2014 ; Ca 20 milj/år från STEM	Effektiviseringsfokus
Mistra – ett antal program	Sedan 1996 ; ca 80 milj/år varav drygt hälften till basindustrin	Fokus på potentialstudier om framtida processindustrier
Effektivisering för stål o gjutning SWECAST/STEM	2009 till 2012; 8 milj från STEM	Fokus energieffektivisering Gjutning
Värmforsk/skogsindustriella programmet	2008 till 2012; Total budget på 82 milj varav 28 milj. från STEM	Fokus på värmeåtervinning och energieffektivisering
Ett antal program inom bioteknik/skogsråvara VINNOVA	Ca. 25 till 30 miljoner/år i ett stort antal program riktade mot "bioekonomin" av VINNOVA	Fokus på utveckling av nya produkter och innovationskluster kring skogsråvara
Toppforskningsinitiativet Norden	480 miljoner på 5 år. Nordiska ministerrådet	Delar relevant för industrin- energieffektivisering, bioenergi och CCS
Stöd till Demonstrationsanläggningar		
Gobigas/Göteborgs energi	222 miljoner av STEM. Drivs av Göteborgs energi. Etapp II har fått beviljat stöd från NER300	Utveckling av förgasningsteknik och förnybar metan
Pyrogrot/Billerud	31 miljoner från STEM. Beviljat inom ramen för NER300	Utveckling av bioolja från massabruk
Teknikupphandling		Effektiviseringsfokus - inom industrin små poster såsom elmotorer, gruvfläktar, högtryckspumpar
Vilkorslån	Total budget 40 milj/år. Ränta 6% + reporäntan. En del mindre företag med ideér får lån.	Utvidgning förslaget av NV att omfatta basindustrin och utveckling CO ₂ relevans
Innventia	51 miljoner till klusterforskningsprogram- inom pappers o pack -finansierar demo o pilot samt innovationsverksamhet.	6 kluster med mycket fokus på energieffektivisering. Ett projekt framtidens papyrus får 6 milj.

Källor: Genomgång av projektdatabaser och årsredovisningar för Energimyndigheten, Vinnova, Mistra m.fl. Ett grovt urval har gjorts av de projekt som bedömts var relevanta ur industrins färdplaner.

Förutom dessa program kan även Sveriges etanolforskningsprogram på 144 miljoner SEK mellan 2007-2011 med ytterligare 130 miljoner SEK till 2015 nämnas som har relevans för industrin. Detta

program är främst riktat till transportsektorn men har starka kopplingar till att utveckla en bas för den framtida "bio-ekonomin" och stödet har varit på i genomsnitt 35 till 40 miljoner SEK per år från 2007

Vinnova och Tillväxtverket har också en viktig roll i det svenska innovationssystemet för att stödja industriell utveckling och att arbeta horisontellt med innovationsfrämjande åtgärder. Vinnova finansierar även mycket forskning riktad mot förädling och utveckling av nya produkter från stålindustrin, gjutning, glas och den skogsbaserade industrin. Insatser som ger mindre reduktioner på kortsikt men som stärker industrins konkurrenskraft på längre sikt. Vinnova har även inlett ett arbete med s.k. "utmaningsdriven innovation" med syftet att utveckla innovationsagendor utifrån identifierade utmaningar. "Konkurrenskraftigt produktion" är en av fyra stora utmaningar (hälsa, hållbara städer och IT-samhället de tre andra). Tillsammans med bl.a. Energimyndigheten arbetar man för att öka kontaktytor mellan entreprenörer, myndigheter och teknisk expertis. Andra myndigheter som mer påverkar upptaget och användning av ny teknik inom industrin är Naturvårdsverket, miljödomstolen, och Länsstyrelserna som alla hjälper till att tillämpa industriutsläppsdirektivet (IED-direktivet) för olika delar av industrin²⁸. Sveriges Geologiska Undersökningar (SGU) har ett ansvar för att utreda och analysera möjligheterna till bl.a. koldioxidlagring som kan bli aktuellt med CCS men även möjligheterna till skiffergas.

På EU-nivå arbetar man också mycket med frågorna och inom EU kommissionens nya strategi för Europa 2020 har den övergripande utvecklingspolitiken tagit en tydligare plats. EU har även numera en långsiktig policy om strategiska metaller och en om strategiska råvaror som påverkar industrin. I det nya EU Horizon 2020 vill kommissionen samla forskning och andra utvecklingsinsatser såsom kommissionens industripolitik och deras råmaterialpolitik under ett och samma paraply. Sen tidigare har bl.a. EU inom sina ramprogram drivit ULCOS för stålindustrin och flera program för "bioekonomin". Inför EU Horizon 2020 har processindustrin inom EU även tagit initiativet till ett "Public-Private-Partnership (PPP) med mål att demonstrera och utveckla teknik för att reducera fossilenergiintensiteten med 30 % och intensitet av icke förnybara råmaterial med 20% (SPIRE 2013) som är relevant. Inom flera områden för framförallt basindustrin är utvecklingen och stödet från EU viktigt (se bl.a. NER300). EU kommissionen har även flera s.k. projekt av "gemensamt intresse" som innefattar bl.a. utveckling och investeringar i infrastruktur för gas och el.

5.2 Behöver vi göra mer eller göra annorlunda?

Om industrin fortsätter vara reglerad under EU ETS till 2050 kommer man per definition att nå målet avseende utsläppsreduktion. Frågan är bara om man når det med fortsatt produktionskapacitet och konkurrenskraft. Den långsiktiga omställningen av industrin påverkas av flera områden där stödet till forskning och teknikutveckling är en viktig del om dock bara en delmängd tillsammans med sociala, institutionella och ekonomiska förändringar. Statens roll för teknikutvecklingen de närmaste 10 åren är att skapa de tekniska förutsättningar som behövs för att industrin själva ska kunna ta beslut om nödvändiga investeringar efter 2020.

Kunskapen om de långsiktiga målen och den globala klimatpolitikens utmaningar har ökat markant inom industrin de senaste 5 till 10 åren. Idag har EUs industribranscher utvecklat en rad färdplaner och format en relativt tydlig bild av vilken teknikutveckling som krävs för att nå dit. Färdplanerna

²⁸ Med införandet av det nya IED (Industry Emission Directive) från 18 juni 2013 som ersatte bl.a. IPCC direktivet så har en hel del ändrats. B.l.a. har tillämpningen av "Bästa Tillgängliga Teknik" skärpts samt själva processen för tillståndsgivningen. Se mer på <http://www.naturvardsverket.se/ied>

innehåller även övergripande önsknings om vilken politikutveckling man vill se på lång sikt. Från industrins branschorganisationer framträder en bild av att det är viktigt med en bred och integrerad politik med starkt teknikfokus ifall man ska bygga rätt förutsättningar för radikala utsläppsminskningar på längre sikt. Nedan följer citat från CEPI och från Eurofer som illustrerar branschernas inställning:

”Success is only possible if there is a fundamental transformation of the European economy, including a total renewal and technological upgrading of the main infrastructures for transport, energy and housing. Conditions must be created to foster the growth of new and smarter industrial technologies, consumer products and all the transport fleets (air, land water) that will operate within the new infrastructures. The job of renewal is not limited to merely a select number of economic sectors. It is a societal challenge requiring not only huge public investments in infrastructure, R&D, the demonstration and deployment of innovative technologies, as well as access to finance and risk sharing for business, there is also a need for broad public acceptance“

Eurofer Road Map 2013

”A new level of climate policies is needed: to achieve the reduction required while avoiding carbon leakage, policies need to be harmonised with global developments and industry investments cycles. The EU needs to complement the current carbon price and target-based policy approach with a multi-dimensional and industry specific climate change policy. The policy package should include a technology focus, be synchronized with industry investment cycles and global action, and include a raw material and product perspective”

CEPI Road Map 2010

Som tidigare visats är forskning och utveckling en viktig faktor i svensk klimatpolitik men det saknas idag en överblick över vad som görs för att underlätta för industrin att nå långsiktiga nära-nollutsläpp. Tabell 2 ovan ger bara en grov bild av insatser som görs och som troligtvis är långt ifrån komplett. Det är också svårt att uttala sig om nivåer och former för direkt teknikutvecklingsstöd idag eftersom det inte finns få konkreta mål eller strategier för hur man prioriterar utifrån noll-utsläppsvisionen. Vad vill man åstadkomma och vad är myndigheternas roll för att stödja teknikutvecklingen inom klimatpolitiken (t.ex. hur mycket marknadsstöd bör man ge, när bör man ge det, vilka teknikområden tycker Sverige är viktiga för att nå nollutsläpp o.s.v.) ? En tydligare vision om hur Sverige tänker arbeta långsiktigt med industri- och klimatpolitiken hade underlättat utvärdering, policy utveckling och ökat transparensen för både riksdagen, allmänheten och inte minst för industrin.

Vi kan dock konstatera att mycket av Sveriges förmåga att reducera sina utsläpp hittills har byggts på forskning och teknikutveckling inom energiområdet som började på 1970-talet då stödet till energirelaterad forskning både i Sverige och internationellt var stort. De senaste årens kraftiga ökning av forskning till klimatåtgärder (främst till förnybar energi) är dock snart uppe i liknande nivåer som under 1970-talet (IEA 2013b, Konjunkturinstitutet 2012).

Förutom den övergripande önskan om en harmoniserad och bredare klimatpolitik så framträder i nuläget ett antal specifika områden där staten kan stödja utvecklingen med exempelvis stöd för riskfinansiering, planering och ansvar för infrastruktur. I sina färdplaner hävdar EUs branschorganisationer att det idag är svårt att få till finansiering för demonstrationsanläggningar och svårt att få riskvilligt kapital för ambitiösa och riskfyllda klimatinvesteringar. Tillgång till riskfinansiering kan förbättras på flera olika sätt, t.ex. har Storbritannien introducerat en UK Green Investment Bank som fungerar som en normal utvecklingsbank som ger lån till en låg statsränta där staten lyfter riskpremien (Green Investment Bank Commission 2010). Naturvårdsverket föreslog i färdplanen att villkorslån skulle användas för att hjälpa industrin (Naturvårdsverket 2012). Även finansiering via att sälja utsläppsrätter inom EU ETS har likt det nuvarande NER300 systemet diskuterats (CCAP Europe 2013).

Det är dock inte alltid brist på kapital som är det verkliga hindret för långsiktiga investeringar utan brist på tydlighet avseende framtida politisk riktning som påverkar marknadsens möjlighet till strategiska investeringar. Staten kan reducera risken för investerare genom att tydliggöra vilka teknisksystem man vill stödja för utveckling i framtiden, vilka krav samhället kommer ställa och hur klimatpolitiken kommer att utformas framöver (t.ex. långsiktiga mål inom EU ETS). Även de långsiktiga infrastrukturfrågorna i form av elmarknadens reglering, kostnaden för ny elinfrastruktur, kostnaden och ägandet för eventuella pipelines för CO₂-transport och dess lagring, gasinfrastruktur för metan (fossil och förnybar) och frågan hur skiffergas kommer att tillåtas/regleras i framtiden är frågor som är viktiga för industrins investeringsvilja.

Statens visioner och syn på framtida utveckling kan tydliggöras med färdplaner, konkreta utvecklingsmål och strategier för basmaterialindustrin. Med tydligare mål för långsiktig teknikutveckling skulle det vara möjligt att utvärdera dagens satsningar bättre. Färdplansarbete kan utgöra en startpunkt för en sådan process. Alla dessa frågor är viktiga i ett långsiktigt perspektiv och allt som kan göras för att bringa klarhet reducerar risker för företagen.

6. Att styra långsiktigt – näringspolitik, teknikutveckling och ansvar

Även om Sverige når utsläppsmålen för 2020 så betyder inte det att vi är väl förberedda för utsläppsminskningar därefter, inklusive nollutsläpp 2050. För detta krävs att vi skapar förutsättningar genom teknikutveckling och en sammanhållen politik som möjliggör stora gröna investeringar i basindustrin och tillåter högre produktionskostnader med icke-fossil energi.

Regeringar har relativt korta mandatperioder. Utsläppsminskningar i industrin kräver långsiktig styrning som ger tydliga villkor för investeringar och byte av energislag. Risker, inte minst politiska risker, behöver begränsas. Många investeringar i energianläggningar har gjorts under senare år med förväntningar om långsiktiga utsläppspriser på 20 till 30 EUR/ton CO₂. När priset som nu är mycket lägre än detta och dessutom med oklara framtidsutsikter blir dessa investeringar olönsamma och tilltron till att det politiska systemet skall kunna leverera långsiktiga villkor minskar. Det behövs alltså system och institutioner som säkrar upp den långsiktiga riktningen och styrningen. Det handlar dels om stabilt ökande koldioxidpriser men också om långsiktiga strategier för satsningar på forskning och utveckling, demonstration och införande av ny teknik – hela kedjan i innovationssystemet.

Staten har här ett viktigt ansvar och till detta ansvar behöver det kopplas utvärderingar och granskningar av politiken. Syftet med att utvärdera och granska är dels för att ge den transparens som behövs för ansvarsutkrävande men minst lika viktigt är för att kunna utveckla den långsiktiga styrningen, göra den dynamisk och lära sig av misstag.

Fördelarna med en grön energi-, närings-, innovations- eller tillväxtpolitik framhålls ofta i policydokument från olika regeringar, EU-kommissionen och andra organ. En anledning är att många av åtgärderna, exempelvis för energieffektivisering och förnybar energi, är relativt arbetsintensiva. En annan är att grön teknik kan skapa nya jobb genom produktion för export. De exploderande marknaderna för vindkraft och solenergi har på det sättet gynnat vissa länder, exempelvis Danmark, Tyskland och Kina, som tidigt gjorde strategiska industrisatsningar på dessa teknikområden. Svenska exempel, om än i mindre skala och utan industripolitiska intentioner, kan vara framgångarna inom markvärmepumpar och biogasuppgradering. Det finns alltså möjligheter att skapa tillväxt, jobb, nya konkurrensfördelar och ökad export genom att ligga lång framme inom miljöteknik och ”clean tech”.

Frågan är om det finns liknande möjligheter, om än kanske mindre tydliga eller spektakulära, för Sverige att bli ledande inom vissa teknikområden när det gäller att avkarbonisera basindustrin? Det verkar redan finnas ett ganska starkt stöd för att Sverige bör satsa på en utveckling inom bio-ekonomin och på bioraffinaderier. Intresset för CCS (infångning och lagring av koldioxid) däremot förefaller ganska svalt, åtminstone i jämförelse med Norge där det finns betydligt tydligare och starkare ekonomiska intressen bakom CCS. Sverige borde kunna bli ledande inom vissa nischer kring exempelvis elektrotermiska processer, syntes- och vätgasteknik, eller katalys för industrin. Men vilka områden som är mest intressanta för Sverige att satsa på kräver mer utredning och analys och är till slut lika mycket ett industripolitiskt som klimatpolitiskt beslut.

En annan fördel med att vara ledande i utvecklingen av ren teknik för basindustrins processer är att det på lång sikt *kan* skapa konkurrensfördelar för basindustrin själv. Detta genom att vara en hållbar och

utsläppsfri producent av såväl basmaterial som mer förädlade produkter baserade på naturresurser och ren energi. Liksom import kan leda till ökade utsläpp i andra länder kan svensk export leda till minskade utsläpp i andra länder (Jiborn och Kander, 2013). Sverige är redan idag en stor exportör av basmaterial med internationellt sett mycket låga utsläpp. Energi- och klimatpolitiken driver dessutom efterfrågan på nya material och skapar marknader för nya produkter från basindustrin (t ex isoleringsmaterial eller lättare material för olika konstruktioner). Om marknaden, på egen hand eller genom statlig styrning, värdesätter miljö och andra hållbarhetsaspekter i produktionsledet skapar också detta fördelar för svensk basindustri.

6.1 En mer engagerad närings- och innovationspolitik?

Frågan är vad vi menar när vi pratar om närings-, industri-, innovations-, och tillväxtpolitik? Närings- och industripolitik associeras ofta med 1970- och 1980-talens försök att rädda sjunkande branscher från undergång och utflyttning. Enligt regeringens hemsida (2013-08-06) gäller att:

”Målet för näringspolitiken är att stärka den svenska konkurrenskraften och skapa förutsättningar för fler jobb i fler och växande företag, för att därigenom bryta utanförskapet. De näringspolitiska insatserna ska även bidra till att uppnå målen i EU:s gemensamma strategi för tillväxt och sysselsättning.”

Begreppet tillväxtpolitik används dels i regionala sammanhang där regional tillväxt har fått ersätta tidigare begrepp som regionalstöd men kan det kan också handla om tillväxt för Sverige eller Europa. Charles Edquist²⁹ (SvD Brännpunkt, 2013-06-21) har uppmanat till att huvudsakligen tala om innovationspolitik istället för näringspolitik för att understryka att uppgiften är att befordra nyskapelser. Vi ansluter oss till denna ståndpunkt och ser i detta sammanhang att det fordras en integration över flera politikområden (exempelvis innovation, forskning, klimat, handel, och näring) för att styra mot nollutsläpp från basindustrin.

Man kan ana en viss ambivalens och försiktighet i den svenska närings- och innovationspolitiken. Många andra länder såsom Tyskland, Sydkorea, Kina och Brasilien har mycket tydligare näringspolitiska strategier och idéer om vilka områden eller branscher som bör utvecklas och hur. Dessa strategier går också längre än i huvudsak satsningar på forskning, utveckling och demonstration (FUD), som ofta är fallet i Sverige, och inbegriper exempelvis att skapa hemmamarknader som bas för den industriella utvecklingen (Tillväxtfakta, 2013). Samtidigt integreras andra politikområden genom att exempelvis socialpolitik, hållbarhet, energisäkerhet, jobbskapande, eller landsbygdpolitik betraktas som viktiga och legitima delmotiv för politiken.

I den svenska forsknings- och innovationspropositionen 2012/13:30 pekas förvisso fyra strategiska forskningsområden ut: (i) Gruv-, mineral- och stålforskning, (ii) Forskning om skogsråvaror och biomassa – nya material och biobaserade produkter för en biobaserad samhällsekonomi, (iii) Forskning om hållbart samhällsbyggande, och (iv) Forskning inom livsvetenskap för näringsliv och samhälle. Men det handlar just om forskning – inte om hur en styrning mot den biobaserade samhällsekonomi eller ett hållbart samhällsbyggande kan utformas i en helhetlig utvecklingspolitik. Exempelvis vore åtgärder för att skapa efterfrågan på biobaserade produkter viktigt i en bredare strategi³⁰. I nära anslutning till sagda proposition kom Den nationella innovationsstrategin (N2012/27). Denna strategi anger

²⁹ Professor i Innovationssystemanalys, Lunds universitet

³⁰ Det saknas idag klimatpolitiska incitament till att använda biobaserade råvaror för t.ex. plast (p.g.a ingen CO₂ skatt på fossila råvaror)

inriktningen på arbetet med att ”*utveckla ett innovationsklimat i Sverige i fortsatt världsklass med sikte på år 2020*”. Men den ger, förutom ett kort omnämnande av angelägna samhällsutmaningar i Europa 2020, ingen ledning om vilka områden som bör prioriteras.

Försiktigheten är förståelig och välmenad. Det innebär naturligtvis risker när staten prioriterar vissa områden, eller ”väljer vinnare.” En sådan är just att agendan fångas av befintliga starka ekonomiska intressen och att det därmed leder till bevarande snarare än nyskapande. En annan risk är att man i någon mening satsar fel. Det görs förvisso statliga felsatsningar men frågan är om staten gör fler eller större felsatsningar och misstag än privata eller statligt ägda företag.³¹ Att vara passiv tenderar att gynna det befintliga och leda till bevarande snarare än att främja nyskapande.

Det är viktigt att understryka att det går att ”välja vinnare” när det gäller utsläppsminskningar från basindustrin (eller för den delen energi- och transportsystemen). Det finns en begränsad uppsättning energikällor, energibärare, och därmed typer av åtgärder. För basindustrin handlar dessa åtgärder i huvudsak om byte till förnybara bränslen, el eller vätgas för processändamål, samt CCS. Det är också svårt att se hur teknikutveckling och institutionella rambetingelser kan utvecklas i riktning mot avkarbonisering i industrin om det inte finns sammanhållna strategier med statlig medverkan och statligt ansvar på svensk och europeisk nivå. Även i en ideal värld med enhetliga och höga globala koldioxidpriser kommer det att vara viktigt med teknikutveckling, demonstrationsprojekt och riskavlyft för stora investeringar i nya industriella processer.

6.2 Överväganden för en svensk strategi

Man kan inte satsa på allt i en närings- och innovationspolitisk strategi. Det finns flera relevanta delar av basindustrin och flera lösningar och teknikområden som kan vara aktuella. Inventeringar och kartläggningar måste göras för att i nästa steg prioritera inom ramen för en klimatdriven innovationspolitik för industrins utveckling. Utöver bioraffinaderier kan det handla om exempelvis elektrotermiska processer, vätgas, elektrobränslen, nya material, och CCS. Att välja bort basindustrin till fördel för exempelvis fordons- och läkemedelsindustrin i en innovationspolitisk strategi vore olyckligt. Metaller, papper, mineraler, kemikalier och olika material behövs i alla sektorer, inte minst för en grön omställning, och Sverige är lyckligt lottat med god tillgång på naturresurser.

Sverige behöver dock inte göra allt själv. Inom EU bedrivs mycket teknikutveckling och vissa branscher är mer lämpade att finansiera på EU nivå, t.ex. demoanläggningar för järn- och stål industrin. Aluminiumindustrin finns endast i begränsad omfattning i Sverige och är kanske inte av strategiskt intresse utan mer betjänt av en global forskningssatsning på inerta anoder. Däremot har omvandling och uthålligt utnyttjande av biomassa en stark tradition i Sverige där vi dessutom ligger långt framme och har ett starkt framväxande utvecklingsblock i form av bioteknik och bioenergi. Vår gruvnäring och dess elektrifiering kan också vara av strategiskt intresse med goda naturresurser och industriell verksamhet kopplat till gruvnäringen.

En långsiktig omställning till nollutsläpp, även i basindustrin, fordrar att det utvecklas nya synsätt på och strategier för styrning och utvärdering av densamma. Policyutvärdering tenderar att fokusera på ett styrmedel i taget och deras ganska kortsiktiga effekter och resultat, ofta genom cost-benefitanalys. För

³¹ Staten har haft en viktig roll i tidigare stora teknikskiften, exempelvis kring kraftöverföring, telekom och mobiltelefoni. Det finns också exempel på felsatsningar, såsom ibland hävdas i fallet med Franska Minitel, även om åsikterna också går isär kring för- och nackdelar med den satsningen, se t ex <http://www.bbc.co.uk/news/magazine-18610692>

att styra en omställning krävs bredare, långsiktigare och mer systeminriktade policystrategier som integrerar över flera politikområden och politiska mål. Det innebär också att utveckla metoder för att förstå och utvärdera de kombinerade och sekventiella effekterna av olika styrinstrument över längre tidsperioder.

Det råder stor enighet om att ett universellt högt koldioxidpris är att föredra i styrningen mot lägre utsläpp. Men en svensk och Europeisk policystrategi för industrin i allmänhet, och basindustrin i synnerhet, måste väga in att ett sådant globalt avtal ligger långt in i framtiden, eller kanske aldrig kommer till stånd. Priser för att släppa ut kommer också för en lång tid framåt att variera mellan sektorer och länder, och priset är i många fall indirekt eftersom det ofta uppstår genom regleringar och krav under olika lagstiftningar. En strategi måste därför väga in möjligheterna för Sverige respektive EU att jämna ut skillnader för att undvika koldioxidläckage via t.ex. globala teknikavtal, handelspolitiken och fokus på utfasning av fossilsubventioner m.m. Vidare bör en strategi för långsiktigt teknikutveckling beakta hela innovationskedjan samt behovet av att minska den politiska risken för investerare.

Sverige har i årtionden satsat på forskning, utveckling och demonstration inom energiområdet. Styrning har skett genom byggregler, koldioxidskatter, LIP/KLIMP, PFE, ETS, investeringsstöd och elcertifikatsystem. I viss utsträckning har denna styrning även berört basindustrin (Ericsson m fl, 2011). Bakom detta har legat energi- och miljöpolitiska mål som i viss mån förändrats över tiden men som i sina grundvalar legat ganska fast. Denna typ av mål, politik och strategi behöver nu utvecklas och utvidgas till att omfatta även basindustrin.

7 Slutsatser och ett första steg

Sverige har goda utsikter att nå sina mål om minskade utsläpp av växthusgaser till 2020. Klimatfrågan är dock långsiktig och det antagna 2-gradersmålet innebär utsläppsåtaganden som sträcker sig till år 2050 och bortom. Fram till 2020 finns det goda möjligheter till fortsatt energieffektivisering och bränslebyten i t.ex. uppvärmning av byggnader, för transporter och i industrin. För åren efter 2020 upp till 2030 kommer Sveriges fokus förmodligen att ligga på transportsektorns utsläpp och på introduktion av de teknikskiften som är under snabb utveckling idag. Därefter, mellan 2030 till 2040, blir det nödvändigt att även börja genomföra långtgående åtgärder och investeringar i basindustrin, men förberedelser för att skapa de rätta förutsättningarna bör vidtas redan nu. En långsiktig klimatpolitik för Sverige och industrin bör baseras på följande övergripande slutsatser:

- Klimatpolitiken bör vara långsiktig, dynamisk och sekventiell

En effektiv klimatpolitik kan inte enbart fokusera på kortsiktiga mål om att reducera växthusgaser till lägsta kostnad utan skall ses som långsiktig och dynamisk. Detta betyder att klimatpolitiken behöver utvärderas efter vilka långsiktiga utvecklingsmöjligheter den skapar likväl som efter de utsläppsreduktioner som nås till lägsta kostnad på kortare sikt. Baserat på kunskap om långsiktiga omställningar i ekonomin bör styrningen även vara sekventiell och ändras i takt med långsiktiga strukturomvandlingar i ekonomin och den tekniska utvecklingen samt vara i takt med industrins investeringscykler.

Praktiskt betyder detta att Sverige de närmaste åren bör försöka säkerställa att vi har förutsättningar att fortsätta reduktionstakten även efter 2020 och 2030. Detta innebär ett ökat fokus på åtgärder som inte ger direkta utsläppsreduktioner men som bygger förutsättningar i form av infrastruktur, kunskap, teknikutveckling, och grönt entreprenörskap för att skapa ett grönt samhälle och för att industrin långsiktigt ska ha möjligheterna att introducera de tekniska lösningar som krävs.

- En aktiv innovations- och industriutvecklingspolitik mot netto-nollutsläpp kan skapa många fördelar för delar av tillverkningsindustrin

I ett långsiktigt dynamiskt perspektiv har tillverkningsindustrin stora möjligheter att utvecklas positivt och anpassa sig efter den nya efterfrågan som följer av att utsläppen skall minskas. Nya branscher kommer att växa fram och gamla branscher kommer att omdefinieras eller fasas ut.

Staten har en roll i hela denna omställning genom att skapa bra förutsättningar för innovation och industriell utveckling. Detta kan innebära utökade resurser till forskning och utveckling. Men vi vill framförallt understryka statens roll i att skapa strategiska nischmarknader, dela risker för utveckling, och forma den tidiga marknadsutvecklingen. Vi vill också peka på behovet av långsiktiga spelregler för marknaden genom en generell skattepolitik som gynnar resurseffektivitet och konsumtion av gröna varor och tjänster genom fortsatt skatteväxling. Nischmarknader kan skapas exempelvis genom demonstrationsprogram, riktade stöd, kvot och certifikatsystem, teknikupphandling och offentlig upphandling. Risker, inte minst politiska sådana, kan lyftas av eller delas genom exempelvis garantier, långsiktiga avtal, via riskfonder, offentliga finansieringsmöjligheter, och skatteregler för investeringar. Långsiktigt gröna spelregler för marknaden bör formas genom en långsiktigt hållbar nivå på CO₂-skatten eller strikta utsläppskrav via EU ETS.

- Sverige behöver utveckla nya samarbetsformer för teknikutveckling mot netto-nollutsläpp inom basmaterialindustrin

För den tunga industrin är utvecklingen mot netto-noll utsläpp extra svår av flera skäl. Med nuvarande utformning av den globala klimat- och industripolitiken har basindustrin svårt att bära ökade kostnader för utsläpp av CO₂ och fossilfri energi, och även svårt att själva investera tillräckligt i teknikutveckling.

För basindustrin behöver staten därför ha en sammanhängande politik som styr mot att utveckla nya tekniska lösningar för basmaterialindustrin. För basmaterialindustrin finns det en begränsad uppsättning energikällor och energibärare som är lämpliga om man ska nå netto-nollutsläpp. Detta betyder att man kan driva en relativt riktad teknikutvecklingspolitik för basindustrin och rikta stödet mot enskilda tekniska systemlösningar såsom t.ex. industriell CCS, utveckling av bio-plaster, byggande i trä eller alternativ cement, eller industriprocesser baserade på förnybar el och vätgas. En del av detta görs redan idag men en mer sammanhållen och återkommande strategiutveckling och utvärdering behövs för att bedöma om det skapar rätt förutsättningar på längre sikt.

- Sverige måste jobba aktivt med de långsiktiga industrifrågorna inom EU och i den globala klimatpolitiken

Utrymmet och förutsättningarna för Sverige och EU att driva en avkarbonisering av industrin är starkt beroende av den globala utvecklingen av klimat-, industri- och handelspolitiken. För industrin, och framförallt den energi- och CO₂-intensiva industrin, är exempelvis den nuvarande tolkningen av bördefördelningsprincipen inom UNFCCC problematisk. Nya förhandlingar som avslutas 2015 kommer förhoppningsvis resultera i ett nytt ramverk med bredare uppslutning kring utsläppsåtaganden eller större flexibilitet (via utsläppshandel, sektoransatser, eller teknikavtal). Skillnader i utsläppsåtaganden kommer dock att vara kvar och måste hanteras.

Handelspolitik i kombination med industripolitik hamnar alltmer i konflikt med klimatpolitiken i takt med högre utsläppskrav. Även andra förändringar, såsom utvecklingen av skiffergas i USA, ställer krav på beredskap och långsiktighet. Med en tydligare svensk vision och beredskap om hur vi ska kombinera utveckling mot netto-nollutsläpp med bibehållen konkurrenskraft för industrin har vi lättare för att aktivt driva och påverka den Europeiska och globala policyutvecklingen.

7.1 Ett första steg – Förstå grön strukturomvandling och utveckla branschvisa färdplaner

Våra fyra övergripande slutsatser ovan innebär att Sverige bedriver en aktivare *innovations- och industriutvecklingspolitik mot netto-nollutsläpp*. En aktivare politik för att stödja en grön strukturomvandling kräver hög transparens, bra utvärderingsmetoder och förmåga till flexibilitet och lärande för att fungera och accepteras långsiktigt. Ett första steg är att stärka implementeringen och utveckla kapaciteten för att (a) sammanställa, (b) utvärdera och (c) aktivt utveckla en helhetlig och långsiktig innovations- och industriutvecklingspolitik.

För att skapa de rätta institutionella förutsättningarna föreslår vi att två uppdrag bör utvecklas med start till kontrollstation 2015 för att sedan permanentas inom myndigheterna. Det övergripande syftet med förslagen är att utveckla kapaciteten hos myndigheter och andra aktörer att stödja utvecklingen av en långsiktig klimatpolitik bättre. Det är framförallt det långa tidsperspektivet, den genuina osäkerheten och omfattningen av förändringen som ställer nya krav på styrning, framförhållning och utvärdering.

- I. Ett uppdrag att utveckla kapaciteten att analysera och utvärdera strukturomvandlingen mot gröna sektorer i ekonomin

Syftet med detta uppdrag är att stärka de analyserande myndigheternas (Tillväxtanalys, Konjunkturinstitutet, Trafikanalys m.fl.) förmåga att analysera förändringar i ekonomin på längre sikt. Detta innefattar att utveckla kunskap om strukturomvandlingar, långsiktiga förändringar i relativpriser, branschförskjutningar och teknikutveckling som politiken bör förhålla sig till.

Detta arbete har redan börjat idag och är inkluderat i regleringsbrevet till Tillväxtanalys (RB6) att ”kartlägga och analysera den gröna strukturomvandlingens förståelse, det institutionella ramverkets verktyg, omställningseffekter, drivkrafter och hinder ur ett företagsperspektiv samt hur företagen agerar inom sitt handelsutrymme. Syftet med projektet är att bidra med kunskap om hur det institutionella ramverket kan utvecklas för att stödja en grön strukturomvandling som i sin tur syftar till att nå både de miljö- och klimatpolitiska målen och en god näringslivsutveckling”³².

Denna typ av analys bör även behandla frågor om ansvarsfördelning, resurser, rådighet och annat som är relevant för genomförandet. Det är särskilt viktigt att utveckla metoder för att förstå och utvärdera de kombinerade och sekventiella effekterna av olika styrinstrument över längre tidsperioder. Resultaten från makroanalyser av långsiktiga strukturomvandlingar är viktiga för att skapa en bred förståelse för politikens långsiktiga effekter och behovet av integration mellan politikområden m.m. men ger liten vägledning om de faktiska avvägningarna som genomförande myndigheter och företag måste göra för strategiska forskningssatsningar, tillståndsärenden, behov av demonstrationsprojekt på teknisk systemnivå m.m. Detta uppdrag behöver därför kompletteras med nedanstående uppdrag på de genomförande myndigheterna.

- II. Ett uppdrag att arbeta med och utveckla branschvisa färdplaner på myndighetsnivå för industrin.

Syftet med detta uppdrag är att stärka förmågan hos de genomförande myndigheterna (Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Vinnova, Tillväxtverket m.fl.) att koordinera, utvärdera och utveckla effektiva och långsiktiga strategier för teknikutveckling för industrin med riktning mot nollutsläpp. Uppdraget utgår från att utveckla färdplaner på branschnivå där det går att identifiera ett antal tekniska nyckelområden som behöver utvecklas de kommande åren för att skapa rätt förutsättningar på lång sikt. Syftet är att myndigheterna gemensamt utvecklar styrningsstrategier som innehåller relevanta mål och utvärderingsmetoder på kort och medellång sikt.

Arbetet behöver ske i samarbete med berörda branscher och extern expertis, samt bygga på befintliga branscher och deras framtagna färdplaner (i Sverige och inom EU). Dessa färdplaner kan sedan kompletteras med nya möjliga strategiska branscher och teknikersystem som spänner över flera branscher eller teknikersystem som branscherna idag själva inte är intresserade av men som ändå kan vara intressanta för samhället i ett långsiktigt perspektiv, exempelvis alternativ cement, elbaserade processer och elektrobränslen.

Utifrån färdplaner kan myndigheterna gemensamt identifiera och föreslå vilka typer av stöd som behövs idag och hur utveckling av stödsystem skulle kunna se ut framöver. Mycket av åtgärderna idag och de närmaste åren blir forskning, finansiering av demonstrationer och pilotprojekt, att uppdatera och förbereda relevant lagstiftning, och planera för infrastrukturen. Man behöver även diskutera på

³² Tillväxtanalys 2013

vilken nivå man lämpligast driver olika frågor (nationellt, Norden, EU och globalt) och vad Sveriges roll kan vara på olika områden.

För att effektivt och långsiktigt stödja denna utveckling behöver berörda myndigheter gemensamt och kontinuerligt kunna följa, koordinera, utvärdera, förbättra och förändra valda insatser. Behovet och formerna för stöd kommer att variera över tiden och vår syn på vilka tekniker som har framtidspotential likaså. Därför är förmågan att med bra metoder kunna sätta rimliga mål, både kvantitativa och kvalitativa, som går att utvärdera den kanske viktigaste komponenten i en strategi.

Myndigheterna behöver således inom uppdraget utveckla delmål, mätbara indikatorer och metoder för att kunna bedöma om man rör sig närmare att skapa de rätta långsiktiga förutsättningarna. Utvärderingarna, färdplanerna och styrningsstrategier måste återkopplas och uppdateras efter de mål som satts.

Referenser

- Abramovitz , M. (1986) Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. The Journal of Economic History, 46(2), 385-406.
- Andersson, FNG., and Elger, T. (2012). Swedish Freight Demand: Short, Medium and Long-term Elasticities. Journal of Transport Economics and Policy, 46(1), 79-97
- Andersson, FNG. and Karpestam, P (2012). The Australian Carbon Tax – An Initial Step but Not Enough. Future Science - Carbon Management, 3 (3), 293-302.
- Andersson, Fredrik N.G. and Karpestam, P. (2013). CO2 Emissions and Economic Activity: Short- and Long-Run Economic Determinants of Scale, Energy Intensity and Carbon Intensity, submitted to Energy Policy, in press
- Azar C, and Sanden B. (2011) The elusive quest for technology-neutral policies. Environmental Innovation and Societal Transitions Volume 1, Issue 1, June 2011, Pages 135–139
- Birat JP (2010), Steel sectoral report. Contribution to the UNIDO roadmap on CCS1 - fifth draft JP. Birat, ArcelorMittal Global R and D, Maizières-lès-Metz, France
- Borrás S & Charles Edquist (2013) The Choice of Innovation Policy Instruments Technological Forecasting and Social Change. Volume 80, Issue 8, October 2013, Pages 1513–1522
- Boschma R. (2005) Proximity and innovation: A critical assessment, Regional Studies 39:1, pp 61-74
- Bradfield Moody J, Nogrady B. (2010). The Sixth Wave: How to Succeed in a Resource-Limited World. Random House, North Sydney Australia.
- Bresnahan, T.F och Trajtenberg, M. (1995), General Purpose Technoplogy. Engines of Growth? Journal of econometrics 65, 83-108
- CCAP Europe (2013) The New Deal- an enlightened industrial policy for the EU through Strucutral EU ETS refom. <http://ccap.org/resource/the-new-deal-an-enlightened-industrial-policy-for-the-eu-through-structural-eu-emissions-trading-system-reform/>
- CEFIC (2013) European chemistry for growth Unlocking a competitive, low carbon and energy efficient future CEFIC, Brussels
- Cembureau (2013) The role of Cement in the 2050 low carbon economy. Cembureau www.cembureau.be
- CEPI (2011) Unfold the Future - 2050 roadmap to a low-carbon bio-economy. www.unfoldthefuture.eu. The Forest-Fibre Industry
- Devezas TC, Linstone HA, Santos HJS (2005). The Growth Dynamics of the Internet and the Long Wave Theory. Technological Forecast & Social Change 72, 913-935 (2005)

- Edquist (2013) Charles Edquist, Prof. CIRCLE Lunds universitet(SvD Brännpunkt, 2013-06-21)
- Energimyndigheten (2013a) Årsredovisning 2012. ER 2013:01
- Energimyndigheten (2013 b) Långsiktsprogno 2012 En konsekvensanalys av gällande styrmedel inom energi- och klimatområdet, ER 2013:03
- Energimyndigheten (2007) Europeiska handelssystemets påverkan på industrin - en underlagsrapport ER2007:08
- Eurostat(2013)Elpristatistik
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Energy_price_statistics
- Eurofer (2013) A steel Road Map for a Low Carbon Europe 2050. Eurofer 2013
- European Aluminium Association (2011) An aluminium 2050 roadmap to a low-carbon Europe Lightening the load
- EU COM (2011). A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (COM(2011) 112 final), Commission staff working document Impact assessment.
- EU COM (2012) A Stronger European Industry for Growth and Economic Recovery Industrial Policy Communication Update Brussels, 10.10.2012 COM(2012) 582 final
- Ericsson K., Nilsson L.J., and Nilsson M. (2011) New energy strategies in the Swedish pulp and paper industry, Energy Policy, 39 (3) 1439-1449
- Fisher and Newell (2008). Environmental and technology policies for climate mitigation. Journal of Environmental Economics and Management 55: 142–162.
- Flinn, M.W. (1978). Technical Change as an Escape from Resource Scarcity: England in the Seventeenth and Eighteenth Centuries. In Natural Resources in European History, edited by W.N. Parker and A. Maczak. Washington DC: Resources for the Future.
- Frankel J (2009), Environmental Effects of International Trade EXPERT REPORT NO. 31 TO SWEDEN'S GLOBALISATION COUNCIL
- Glass for Europe (2013) Europe's flat glass industry in a competitive low carbon economy Performance, Sustainability, Capacity to help deliver Europe's low carbon future
- Grubler and Nakicenovic (1999) Modelling Tehcnology Change: Implications for the global environment: Annu. Rev. Energy Environ. 1999. 24:545–69
- Green Investment Bank Commission, (2010) Unlocking investment to deliver Britain's low carbon future Report by the Green Investment Bank Commission
- Haley U and Haley G (2013) Subsidies to Chinese Industry –State capitalism, business strategy and trade policy. Oxford University Press 2013,
- Helm D, Hepburn and Ruta (2012) Trade, climate change, and the political game theory of border carbon adjustments. Oxford Review of Economic Policy, Volume 28, Number 2, 2012, pp. 368–394
- Hanemann M (2010) Cap-and-Trade: a sufficient or necessary condition for emission reduction?. Oxford Review of economic Policy vol 26 no 2 pp225-252

- Hansen och Winter (2011) Innovation, regional development and relations between high- and low-tech industries. European Urban and Regional Studies 18
- Hillman, K.M. and Sandén, B.A. (2008). Exploring technology paths: The development of alternative transport fuels in Sweden 2007-2020. Technological Forecasting and Social Change, Volym 75, Nummer 8, pp. 1279 – 1302
- Hoel et al (2009) Climate Policy: Costs and Design. A survey of some recent numerical studies. TemaNord 2009:550 Nordic Council of Ministers, Copenhagen'
- IEA (2013a) Redrawing the Energy-climate map. World Energy Outlook Special Report, IEA/OECD Cedex Paris
- IEA (2013b) Tracking Clean Energy Progress 2013 - IEA Input to the Clean Energy Ministerial. Paris Cedex
- IEA (2012) Energy Technology Perspectives 2012. IEA /OECD Cedex Paris
- IEA (2006) World Energy Outlook 2006. IEA /OECD Cedex Paris
- IPCC SREEN (2011), Special Report on Renewable Energy for Climate Change Mitigation, IPCC, Geneva, 2011.
- Jacobsson and Lauber (2006) The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology Energy Policy Volume 34, Issue 3, February 2006, Pages 256–276
- Jewert J. (2013) Svensk Klimatpolitik – erfarenheter och lärdomar. Global utmaning, Stockholm <http://www.globalutmaning.se/?p=5599>
- Jiborn M och Kander A, (2013) Generationsmålet – kontroverser kring klimat och konsumtion. Dialogos förlag Oktober 2013
- Johansson et al (2013) An integrated review of concepts and initiatives for mining the technosphere: towards a new taxonomy. Journal of Cleaner Production Volume 55, 15 September 2013, Pages 35–44 Special Volume: Urban and Landfill Mining
- Johansson, et al (2002) The Use of Biomass for Energy in Sweden- Critical Factors and Lessons Learned IMES/DESS Report No. 35, Lund university August 2002
- Jovanovic, B. and Rousseau, P.L. (2006) General Purpose Technologies. In Aghion P, Durlaf S.N. Handbook of economic growth. North-Holland, Amsterdam, Netherlands
- Kaijsjer A. och Kander A. (2013). Framtida Energiomställningar i ett historiskt perspektiv. Rapport 6550. Februari 2013 Naturvårdsverket, Stockholm
- Konjunkturinstitutet(2012) Miljö, ekonomi och politik, KI - Stockholm
- Konjunkturinstitutet(2013). Remiss på Naturvårdsverkets förslag till färdplan YTTRANDE 11 april 2013 Dnr. 6-4-13 <http://www.konj.se/download/18.78850ddb13cd065fdf11396/2013-04-12+Klimatfardplan+2050.pdf>
- Kommerskollegium (2013) Targeting the Environment Exploring a New Trend in the EU's Trade Defence Investigations. Kommerskollegium, Stockholm Sweden

- Lempert et al (2002) Capital cycles and the timing of climate change policy. PEW centre October 2002
- Lindmark M och Andersson L. F. (2010). Unintentional Climate Policy: Swedish experiences of carbon dioxide emissions and economic growth 1950-2005. CERE working paper 2010:4. www.cere.ser. Department of Economics, Umeå univeristy
- McKinsey (2008) Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige. McKinsey 2008, Stockholm
- Mokyr, J. (1994). The Lever of Riches – Technological Creativity and Economic Progress. Oxford University Press.
- MottMcDonald (2010). Global Technology Roadmap for CCS in Industry Sectoral Assessment: Cement. MottMcDonald Augusti 2010.
- Nakicenovic N., Grünbler A. (1991) Long Waves, Technology, Diffusion, and Substitution. Research Report. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
- Naturvårdsverket (2013). Sveriges officiella statistik om utsläpp av växthusgaser. Naturvårdsverket Stockholm
- Naturvårdsverket (2012) Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050 Rapport 6537, December 2012 Syntesrapport. ISBN 978-91-620-6537-9.
- Nemet G. (2009) Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change. Research Policy 38(2009) 700-709
- Neij L. (2008) Cost development of future technologies for power generation—A study based on experience curves and complementary bottom-up assessments Energy Policy. Jun2008, Vol. 36 Issue 6, p2200-2211
- Norberg-Bohm V (1999) Stimulating 'green' technological innovation: An analysis of alternative policy mechanisms, Policy Sciences 03/1999
- Nilsson et al (2011) Kap.7. Omställning till en utsläppsfri basindustri i Kahn et al (red) (2011) Vägval 2050- Styrningsutmaningar och förändringsstrategier för en omställning till ett kolsnått samhälle. LETS rapport. www.lets2050.se
- Nilsson LJ, Åhman, M. Nordquist J. (2005) Cygnet or ugly duckling – what makes the difference? A tale of heat-pump market developments in Sweden in proc. ECEEE 2005 SUMMER STUDY – WHAT WORKS & WHO DELIVERS? Mandeliue France
- Nilsson et al (2004) Seeing the wood for the trees: 25 years of renewable energy policy in Sweden Energy for Sustainable Development l Volume VIII No. 1 l March 2004
- OECD (2011). Fostering Innovation for Green Growth, OECD, Paris
- Oster S. (1982) The diffusion of Innovation among Steel Firms: The basic oxygen furnace. The Bell Journal of Economics vol 13, no 1 pp45-56.
- UNIDO (2011) Technology Roadmap. Carbon Capture and Storage in Industrial Applications, Technical report, 2011.UNIDO
- Perez, C. (2007). Respecialisation and the deployment of the ICT paradigm: An essay on the present challenges of globalization. In Compano et al. The Future of the Information Society in Europe: Contributions to the Debate, Technical Report EUR22353EN.

- Popp D. (2010). Innovation and climate policy, Annual review of Resource Economics, 2, 275-298.
- Worrel and Biermans (2005); Move over! Stock turn over, retrofit and industrial efficiency. Energy Policy 33, pp.949-962
- Wooders P (2012). Energy-Intensive Industries: Decision making for a low carbon future – the case of steel. IISD-report November 2012
- Regeringen (2008) En sammanhållen klimat och energipolitik. Regeringens proposition 2008/09:162 (2009)
- Regeringen (2009) Sweden's Fifth National Communication on Climate Change. DS2009:63
- Regeringen (2012a) Forsknings och innovationspropositionen 2012/13:30
- Regeringen (2012b) Den nationella innovationsstrategin N2012/27
- Reinstaller A. (2008) The technological transition to chlorine free pulp bleaching technologies: lessons for transition policies. Journal of Cleaner Production 16S1, pp 133-147
- Riksrevisionen (2012) Svensk klimatforskning – vad kostar den och vad har den gett? RIR 2012:2
- Rodik D (2004) Industrial policy for the twenty-first century. Harvard University September 2004 <http://www.ksg.harvard.edu/rodrik/>
- Robertsson och Patel (2007) New wine in old bottles: Technological diffusion in develop economies. Research Policy 36, pp 708-721
- Ruttan, V.W (1997). Induced innovation, evolutionary theory and path dependence: Sources of technical change. The Economic Journal 107 pp. 1520-1529
- Schön L. (2006). Tankar om Cykler: Perspektiv om Historien och Framtiden. SNS Förlag, Sweden
- Schön & Krantz (2012), Swedish Historical National Accounts 1560—2010. Lund Papers in Economic History 123, Lund University.
- Schmookler, J. (1962). Economic Sources of Inventive Activity. The Journal of Economic History XXII no. 1
- SPIRE (2013) www.spire2030.eu
- Sölvell Ö, Zander, I och Porter ME (1991) Advantage Sweden. Nordstedts Stockholm
- Tunzelmann von N. (2003) Historical Coevolution of Governance and Technology in the Industrial Revolutions. Structural Change and Economic Dynamics 14, 365-384.
- Tillväxtanalys, 2013, Tillväxtfakta: Hållbart – effektiv politik för grön strukturomvandling. Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser, Östersund.
- Warwick, K. (2013), Beyond Industrial Policy: Emerging Issues and New Trends, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 2, OECD Publishing.
- Wilson C and Grubler A (2011), Lessons from the history of technological change for clean energy scenarios and policies Natural Resources Forum 35 (2011) 165–184

Young P. (2009) Innovation diffusion in heterogeneous populations: contagion, social influence and social learning. American Economic Review. 99, 1899–1924. (2009).

Åhman M och Nilsson L J (2008) Path dependency and the future of advanced vehicles and biofuels. Utilities Policy 16 (2008) 80e89

Åhman M (2009) Energi för vägtransporter utsikter mot 2020 och därefter. EESS Rapport nr. 68', Feburari 2009

Åhman M. (2006). Government policy and the development of electric vehicles in Japan. Energy Policy vol 34 (4) pp 433-443

Åhman M., Nikoleris A., Nilsson LJ (2012) Decarbonising Industry in Sweden – an assessment of possibilities and policy needs. EESS report no 77. Lund University <http://www.lth.se/lets2050/english/>

Åstrand K och Neij L. (2006) An assessment of governmental wind power programmes in Sweden — using a systems approach Energy Policy Volume 34, Issue 3, February 2006, Pages 277–296

