

Hard facts. Clear stories.

Copenhagen
Economics
Stockholm

CE

Modellanalyser av svenska klimatmål

Miljömålsberedningen
1 augusti 2016

En jämförelse och uttolkning av
samhällesekonomiska analyser av
svenska klimatmål

Författare:
Per Klevnäs
Amanda Stefansdotter
David von Below

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Indelning: Sveriges klimatåtaganden medför stora förändringar i flera sektorer	8
2 Förutsättningar för att minska utsläppen	18
3 Tröghet och barriärer för utsläppsminskningar	29
4 Kategorier av kostnader och konsekvenser	34
5 Sammanfattande slutsatser och rekommendationer	43
A Bilaga A	45
B Bilaga B	49
Litteraturlista	51

Lista över tabeller och figurer

Figur 1 Utsläppsminskningar med 85 procent av 1990-års nivå har föreslagits av Miljömålsberedningen.....	9
Figur 2 Utsläppsminskningar för att nå klimatmålen behöver främst ske i transportsektorn och industri	10
Figur 3 Förändringar i referensprognoser för utsläpp i den handlande sektorn, 2014-2016	12
Figur 4 Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar	15
Figur 5 Utsläppsminskningar och kostnader.....	16
Figur 6 Två kategorier av åtgärder för att minska växthusgasutsläpp	18
Figur 7 TIMES-Sweden: Val mellan stort antal olika ”teknologier” som möjliggör en given aktivitet till minsta kostnad.....	21
Figur 8 EMEC: gradvis ökande effektivitet, byte av bränsle, och minskning av aktivitet enligt historiska samband.....	22
Figur 9 Exempel: Modeller fångar upp mycket olika aspekter av tänkbar framtida utveckling i transportsektorn	23
Figur 10 Variation i modellresultat för givna absoluta utsläppsminskningar.....	24
Figur 11 Kostnadstrappa för åtgärder inom transportsektorn som reducerar växthusgasutsläpp (år 2030).....	37

Sammanfattning

Sverige har långtgående klimatmål som kräver stora utsläppsminskningar till 2030, framförallt genom minskade utsläpp från transporter

Miljömålsberedningen lade nyligen fram ett mål om att eliminera nettoutsläpp av växthusgaser till 2045. För att uppnå mål på vägen till 2045 krävs sannolikt stora förändringar redan inom 10-20 år. Stora delar av svenska växthusgasutsläpp styrs av beslut på EU-nivå. De övriga utsläppen, i den ”icke-handlande sektorn”¹, beräknas uppgå till 29 miljoner ton år 2030, men kan behöva minskas till 17 till 23 miljoner ton, beroende på vilken bana till 2045 som antas. Upp till 80 procent av dessa minskningar kan i sin tur behöva ske genom minskade utsläpp från transporter. Utvecklingen i transportsektorn är därför helt avgörande för bedömningar av vilka konsekvenser svenska klimatmål får de närmaste 15 åren.

Förändringar som krävs för att minska utsläppen kan påverka ekonomiska och sociala värden långt bortom energisektorn

Utsläppsminskningar kräver en rad förändringar, framförallt i hur energi framställs och används. Dessa förändringar har i sin tur inverkan på en rad aktiviteter som är socialt och ekonomiskt viktiga: transporter, uppvärmning av byggnader, kraft- och värmeproduktion, industriell produktion, mm. Förändringar i hur dessa bedrivs förmedlar i sin tur en rad olika effekter i ekonomin. Analyser av följderna – de samhällsekonomiska konsekvenserna – är en viktig del av beslutsunderlaget för bland annat hur klimatmål utformas och administreras, hur delmål bestäms, och vilka styrmedel som används. I Sveriges fall är det särskilt viktigt att förstå konsekvenserna av åtgärder för att minska utsläppen från transporter, av ovan nämnda skäl. Hur olika analyser bedömer dessa blir också starkt drivande av resultaten.

Ett antal modellscenarier analyserar utsläppsminskningar liknande dem som krävs för att nå möjliga svenska klimatmål till 2030

Den här rapporten analyserar 12 olika modellscenarier som bedömer konsekvenserna av svenska klimatmål. Analyserna faller i två kategorier. Merparten är utfärda med en nationalekonomisk så kallad *allmänjämviktsmodell*, EMEC, som är utvecklad och implementerad av Konjunkturinstitutet². Det finns också analyser med en teknikfokuserad *energisystemmodell*, TIMES-Sweden, vars svenska implementering sker vid Luleå Tekniska Universitet.

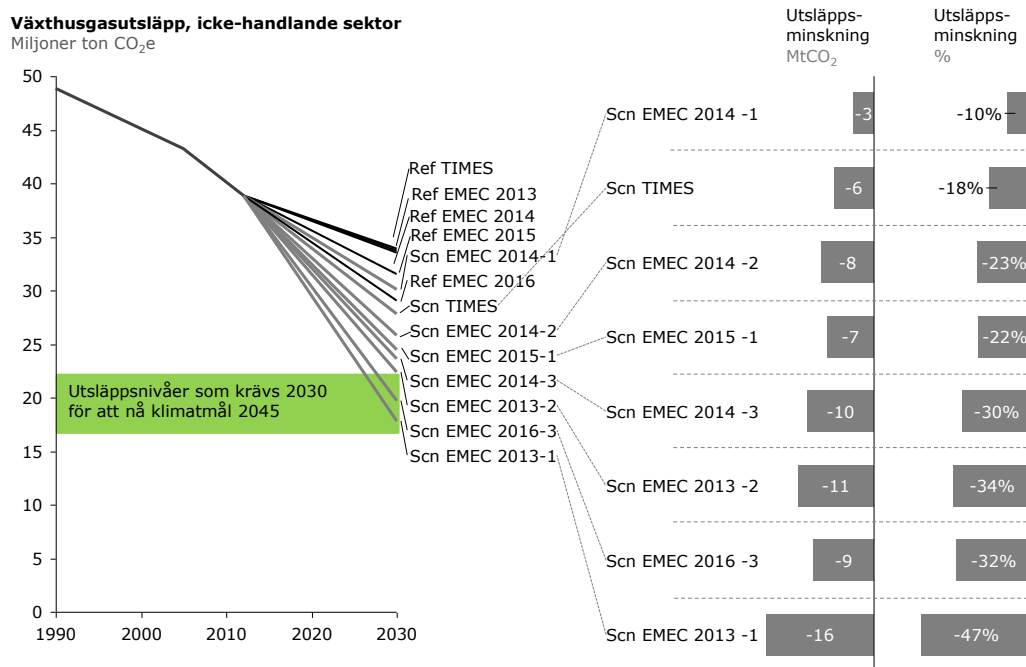
Figur S-1 sammanfattar historiska nivåer, referensbanor, samt scenarier och målnivåer för utsläpp i ett urval av scenarier. Prognoser för utsläpp år 2030 utan ytterligare styrmedelsinsatser (referensscenariot) har justerats med mer än 4 MtCO₂e de senaste tre åren. Vad gäller utsläppen i målscenarierna finns endast ett fåtal scenarier i intervallet 17-23 MtCO₂e, vilket motsvarar den nivå som krävs år 2030 för att nå föreslagna klimatmål år

¹ Runt 40 procent av svenska utsläpp regleras genom EU:s utsläppshandelsystem. Denna ”handlande sektor” består företrädesvis av tung industri samt kraft- och värmeproduktion. Den icke-handlande sektorn domineras av transporter, men innefattar även utsläpp från jordbruk, viss industri, småskalig värmeproduktion, och ett antal övriga aktiviteter.

² En populärvetenskaplig beskrivning av EMEC återfinns i Konjunkturinstitutet (2015). För en mer ingående modellbeskrivning, se Östblom och Berg (2006).

2045. Däremot omfattar många av scenarierna *absoluta* utsläppsminskningar år 2030 mellan 6,5-16 MtCO₂e – utsläppsminskningar som ligger i det spann som krävs för att nå dessa klimatmål givet ett lägre referensscenario.

Figur S-1 Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar



Not: Figuren visar de olika referensbanor för utsläpp av koldioxidekvivalenter som använts i respektive modellkörning, samt de utsläppsminskningar som beräknas. Kolumnen med utsläppsminskningar angivet i MtCO₂ visar den absoluta minskning som har modellerats i respektive scenario, och kolumnen med procentsatser visar den minskning som har modellerats gentemot respektive referensscenario

Källa: Se rapport.

Uppskattningar av de ekonomiska konsekvenserna av klimatmål varierar kraftigt

Uppskattningar av kostnaden av att nå dessa mål varierar kraftigt mellan. I en del scenarier ser utsläpp ut att kunna minskas till målnivåer med blygsamma kostnader (motsvarande mindre än 0,5 procent av 2030 års bruttonationalprodukt, BNP). I andra ger minskningarna stora samhällsekonomiska konsekvenser, med upp till 9 procent BNP-bortfall. En viktig slutsats är att extrema värden uppstår till följd av begränsningar i analyserna, eller av ansatser att undersöka utfallet av väldigt osannolika utvecklingar.

Scenarier med mycket höga samhällsekonomiska kostnader bygger på mycket osannolika antaganden om möjligheterna att minska utsläppen

De modellresultat som ger höga kostnader (5-9 procent av BNP) följer av antagandet att det finns mycket stora begränsningar i de tekniska förutsättningarna för hur utsläpp kan minskas i transportsektorn. Konkret antas att ingen ytterligare energieffektivisering, användning av biodrivmedel, eller byte till eldrivna fordon är möjlig, utöver vad som redan sker i referensscenariet, även med skatter långt över dagens nivå. Detta antagande får

stort ekonomiskt genomslag: om utsläpp inte kan minskas med mindre utsläpp per kilometer transport, behöver de istället ske genom minskade transporter, vilket leder till minskad ekonomisk aktivitet i ett antal sektorer ("lägre BNP"). I scenarierna drivs detta fram av mycket höga koldioxidskatter som mer än femdubblar priset på drivmedel.

Vår bedömning är att sådana scenarier är högst osannolika. Det finns många studier som visar på avsevärda tekniska möjligheter att minska utsläppen från transporter. Även om dessa åtgärder begränsas av ett flertal faktorer – allt från trögheter i genomförande, till indirekta kostnader – är det inte troligt att de helt uteblir. Koldioxidskatter på de nivåer som antas i scenarierna skulle skapa mycket starka incitament för konsumenter att förändra sina val av fordon och drivmedel. För att till fullo analysera svenska klimatmål krävs modeller som har förmåga att ta detta i beaktande, något EMEC i dagsläget saknar.

Däremot ger dessa scenarier kvalitativ insikt om vad som skulle hända om tekniska förändringar av någon anledning är svåra att genomföra, medan målet för utsläpp ändå ligger fast. Risken är då att kostnaden – och med den allt från fördelningseffekter till strukturomvandling – snabbt skenar iväg.

Scenarierna som visar på mycket låga samhällsekonomiska kostnader bortser från vissa trögheter och effekter i ekonomin som helhet

Långt lägre kostnader på mindre än 0,5 procent av BNP uppstår i "teknikcentrerade" scenarier. Dessa antar antingen att effektivare fordon, biodrivmedel, och eldrivna fordon anammats i hög grad i referensbanan (utan ytterligare kostnad i modellberäkningarna), och att inga eller mycket små ytterligare utsläppsminskningar därför behövs; eller så uppstår de också vid modellansatser (TIMES-Sweden) som gör en rent teknisk bedömning av vilka olika åtgärder som finns tillgängliga, och vad de skulle kunna kosta. En värdefull lärdom från energisystemmodeller är att merkostnaden av koldioxidfria tekniker för att tillgodose energibehov, om de kan genomföras och kostnadsantagandena stämmer, kan bli relativt liten i förhållande till ekonomin som helhet.

Teknikcentrerade scenarier riskerar dock att underskatta trögheter som begränsar hur snabbt nya tekniska åtgärder kan spridas. Dessa trögheter och barriärer kan innefatta preferenser, beteenden, indirekta kostnader, osäkerhet, infrastruktur, marknadsmisslyckanden, mm. Hur snabbt teknikskifte kan ske är högst osäkert: historiska data är begränsade i vad de kan säga om framtiden, inte minst givet en hög innovationstakt. Modellresultat behöver därför kompletteras med direkta studier och känslighetsanalyser av de barriärer som finns.

Teknikcentrerade scenarier bortser också från viktiga möjliga kostnadsposter och jämviktseffekter i ekonomin som helhet. Förändringar i kostnader för transporter, uppvärmning, industriell produktion, kraft, mm påverkar ekonomin på sätt som inte är uppenbara men som kan vara långtgående. Det är svårt att från befintliga modellresultat avgöra hur viktiga dessa är i praktiken. Nuvarande scenarier visar på avsevärda jämviktseffekter vid mycket höga koldioxidskatter. Större möjligheter att genomföra billigare tekniska lösningar skulle dock leda till långt lägre skattenivåer, och det är svårt att avgöra hur viktiga jämviktseffekter skulle bli i en sådan situation.

Kostnaden är mycket beroende av antaganden, och beslutsunderlag bör undvika att förlita sig på enstaka scenarier

Ovanstående belyser att det inte är möjligt att bilda sig en entydig uppfattning om kostnaden av klimatmål enbart genom tillgängliga modellresultat. Enskilda resultat drivs starkt av modellbegränsningar, antaganden om vilka åtgärder som står till buds för att minska utsläppen, takten i vilken de kan genomföras, och vilka ytterligare ekonomiska konsekvenser (indirekta kostnader, jämviktseffekter, och sidokostnader/-nyttor) som uppstår.

Befintliga modellresultat bör kompletteras med ytterligare känslighetsanalyser och andra modellansatser

Vår rekommendation är att med hjälp av andra analyser i möjligaste mån skapa måttstockar med vars hjälp modellscenarier kan utvärderas. Dessa kan röra sig om investeringstakt, marknadsandelar för ny teknik och kvalitativa analyser av barriärer till det som antas i modellscenarier.

Modeller har trots begränsningar mycket att bidra med genom att belysa hur olika antaganden påverkar resultaten. Det finns utrymme både med EMEC och med TIMES-Sweden att undersöka ett antal faktorer som påverkar resultaten ytterligare, förslagsvis:

- **Styrmedel:** Antagandet om att utsläpp minskas genom koldioxidprissättning speglar inte hur politiken nu bedrivs på transportområdet.
- **Referensbana:** De senaste åren har revisioner av prognoser för 2030 års utsläpp med mer än 4 MtCO₂e skett, då till exempel förändrad politik och teknisk utveckling har påverkat hur stora utsläpp som prognosticeras. Det visar att det är mycket ovisst hur stora ytterligare utsläppsminskningar som krävs för ett givet mål. Om till de utsläppsminskningar som krävs visar sig vara mindre än beräknat överskattar modellberäkningarna kostnaderna, och vice versa. Analyser bör därför undersöka olika referensscenarier.
- **Bränslepriser:** Merkostnaden för alternativ till fossila bränslen beror i hög grad på bränslepriser, och prognoser för bränslepriser har förändrats avsevärt och förblir högst osäkra.
- **Teknikutveckling:** Både EMEC och TIMES-Sweden gör antaganden om kostnaden för framtida tekniker. Då dessa direkt påverkar merkostnader för klimatåtgärder, är mycket osäkra, och förändras snabbt för många energitekniker är det viktigt att undersöka hur olika kostnadsantaganden påverkar resultaten.

Olika analyser av framtida konsekvenser kan också kompletteras med andra modellansatser. En viktig analys som saknas i dagens beslutsunderlag är framförallt en representation som kan sätta val och anpassningar *inom* transportsektorn (såsom val av olika fordon och drivmedel) i relation till anpassningar i ekonomin som helhet (såsom ändrade konsumtionsmönster). Givet vikten av transportsektorn skulle en "hybridmodell" – det vill säga, en allmänjämviktsmodell med tydlig teknikrepresentation i kraft- och transportsektorn – ha särskilt stort värde i svenska sammanhang.

Modeller behöver också kompletteras med andra analyser, bland annat av sidonyttor/-kostnader och av kraven för en omställning

Även med nya scenarier och modeller är en viktig slutsats av vår analys att modeller alltid förblir en begränsad del av beslutsunderlaget för samhällsekonomiska konsekvenser.

Kompletterande analyser som bygger på andra analysmetoder behövs för en bättre bild, och vi identifierar ett antal områden som vore av särskilt värde för svenska klimatmål:

- Sidonyttor, såsom minskade luftföroreningar, eller eventuella sidokostnader
- Omställningsbanor. EMEC är en statisk modell, och säger således inte mycket om tidsaspekten på förändringar – vilka åtgärder krävs vid vilken tidpunkt?
- Omställningskostnader – kostnader som kan uppstå på kort sikt om stora strukturförändringar sker
- Trögheter, barriärer, och beteenden – särskilt inom transportsektorn
- Investerings- och affärsmodeller för nya energilösningar

Kapitel 1

1 Indelning: Sveriges klimatåtaganden medför stora förändringar i flera sektorer

Detta första kapitel redovisar möjliga klimatmål för Sverige, vilka utsläppsminskningar dessa kan komma att kräva till 2030, och resultaten – på hög nivå – av olika ansatser som gjorts att analysera de samhällsekonomiska konsekvenserna av att nå målen. I sammanfattning:

- Sverige har åtagit sig att minska utsläppen av växthusgaser till mycket låga nivåer. De närmaste 15 åren kommer större delen av dessa minskningar behöva ske i transportsektorn.
- Analyser av samhällsekonomiska kostnader fokuserar på den icke-handlande sektorn, som inte omfattas av EU:s utsläppshandelssystem. Dessa behöver minska med mellan 6 och 12 MtCO₂e år 2030 för att nå föreslagna klimatmål.
- En omställning till en ekonomi med minimala utsläpp av växthusgaser ger samhällsekonomiska konsekvenser. Försök att uppskatta dessa konsekvenser görs bland annat med hjälp av olika modellansatser, och resultaten utgör en pusselbit för förståelsen av vilka konsekvenser klimatpolitiken får på längre sikt.
- Beslutsfattare som vill använda resultaten står dock inför ett dilemma, då befintliga analyser av kostnader till 2030 varierar kraftigt i antaganden men framförallt i resultat: kostnader varierar mellan mindre än 1 procent av BNP, till mer än 8 procent av BNP.

Denna rapport syftar till att kartlägga resultaten från några av de modelleringsansatser som gjort på senare år, och förklara varför skillnader uppstår och hur resultaten bör tolkas. Vi föreslår också hur olika modeller kan komplettera varandra. Slutligen görs en utblick mot det klimatpolitiska arbetet i Storbritannien, och vi drar slutsatsen att Sverige kan lära av detta arbete genom att använda fler, och mer överlappande modeller.

Sverige har långtgående mål att nära nog eliminera nettoutsläpp av växthusgaser på tre decennier

Sverige har internationellt åtagit sig att minska utsläppen av växthusgaser, tidigare genom Kyotoprotokollet, och nu enligt Parisavtalet och EU:s gemensamma klimatpolitik (se Box 1 för en översiktlig beskrivning). Baserat på de tidigare avtalen antog regeringen 2008 en klimatpolitisk vision om att eliminera nettoutsläpp av växthusgaser ("netto-nollutsläpp"), inom Sveriges gränser år 2050. "Netto" betyder i sammanhanget att återstående utsläpp av växthusgaser inte får vara högre än de mängder som kan tas upp i biologiska processer³. Miljömålsberedningen har nu föreslagit en skärpning av målet, med

³ Regeringen (prop. 2008/2009:162)

bland annat tidigareläggning av målet om netto-noll-utsläpp till 2045, och etappmål för utsläppsminskningar på vägen⁴.

Box 1 Internationella avtal relevanta för Sveriges klimatpolitik: Parisavtalet och EU:s gemensamma klimatpolitik

EU:s gemensamma klimatpolitik är på olika sätt integrerad i den svenska motsvarigheten. Bland annat täcker det europeiska systemet för handel med utsläppsrätter runt 40 procent av svenska utsläpp av koldioxid, och andra regelverk sätter gränser för de nationella utsläpp som inte omfattas av handelssystemet. EU:s nuvarande mål är att de samlade utsläppen av växthusgaser ska minska med minst 40 procent till 2030 respektive 80–95 procent till 2050, relativt 1990 års nivåer. Det EU-gemensamma klimat- och energiramverket till 2030 är under utveckling.

Parisavtalet innebär att världens alla länder behöver skärpa sina klimatambitioner. Enligt avtalet ska en målsättning om att väl underskrida två graders temperaturökning, och högst 1,5 grader eftersträvas, vilket innebär en skärpning av klimatkraven både i Sverige och i övriga länder. Enligt globala så kallade 1,5-gradersbanor skulle målet i Parisavtalet kunna nås om de globala utsläppen av växthusgaser når netto-noll runt 2050, för att därefter vara negativa under resten av århundradet.

Källa: Miljömålsberedningen (2016).

Utsläppen av växthusgaser i Sverige är i dag nästan 60 miljoner ton koldioxidekvivalenter (MtCO₂e)⁵. Baserat på Miljömålsberedningens beräkningar motsvarar förslaget om netto-noll-utsläpp runt 11 MtCO₂e nationellt år 2045. Som jämförelse är detta 37 Mt lägre (77 procent) än den prognosticerade mängden för detta år, 80 procent lägre än 2013 års utsläpp, och 85 procent lägre än 1990-års nivå.

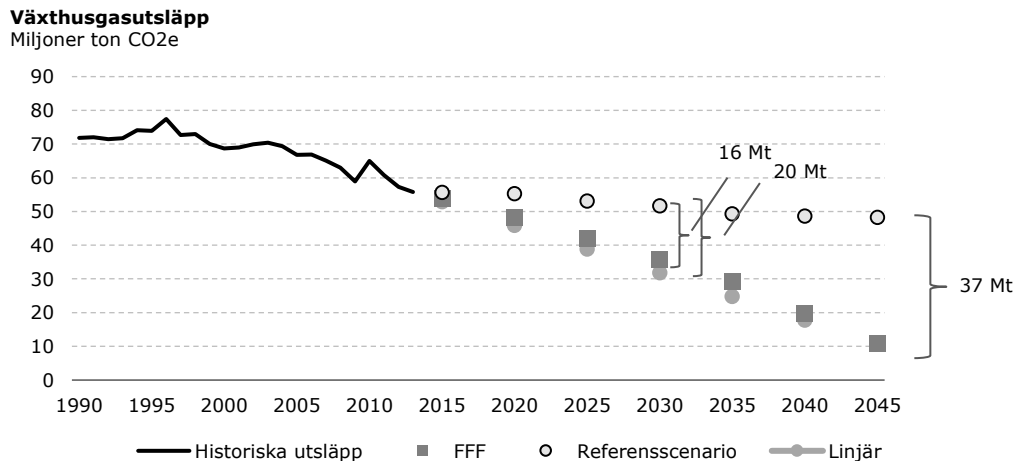
Utsläppsbanan till 2045 kan i sin tur se ut på olika sätt. Miljömålsberedningens kansli har tagit fram illustrativa två varianter som vi använder här. Den första ("FFF") är baserad på 2013 års utredning om fossilfrihet på väg⁶, och når utsläpp på drygt 35 MtCO₂e till 2030. Den andra ("Linjär") är en linjär minskning från prognoser för utsläpp 2020 ned till målet 2045, och ger utsläpp på 32 MtCO₂e 2030. I avsaknad av konkreta etappmål använder vi här illustrativa utsläppsbanor som tagits fram av Miljömålsberedningen. Dessa ligger således 16 till 20 MtCO₂e lägre än den prognosticerade referensnivån för 2030 på 52 MtCO₂ (Figur 1).

⁴ Miljömålsberedningen (2016)

⁵ "Koldioxidekvivalenter" är en måttstock för klimatpåverkan av olika växthusgaser. Till exempel bidrar utsläpp av ett ton metan till klimateffekter motsvarande dem från 25 ton koldioxid. 1 ton metan utgör därför utsläpp av 1 MtCO₂e.

⁶ Regeringen (SOU 2013:84)

Figur 1 Utsläppsminskningar med 85 procent av 1990-års nivå har föreslagits av Miljömålsberedningen



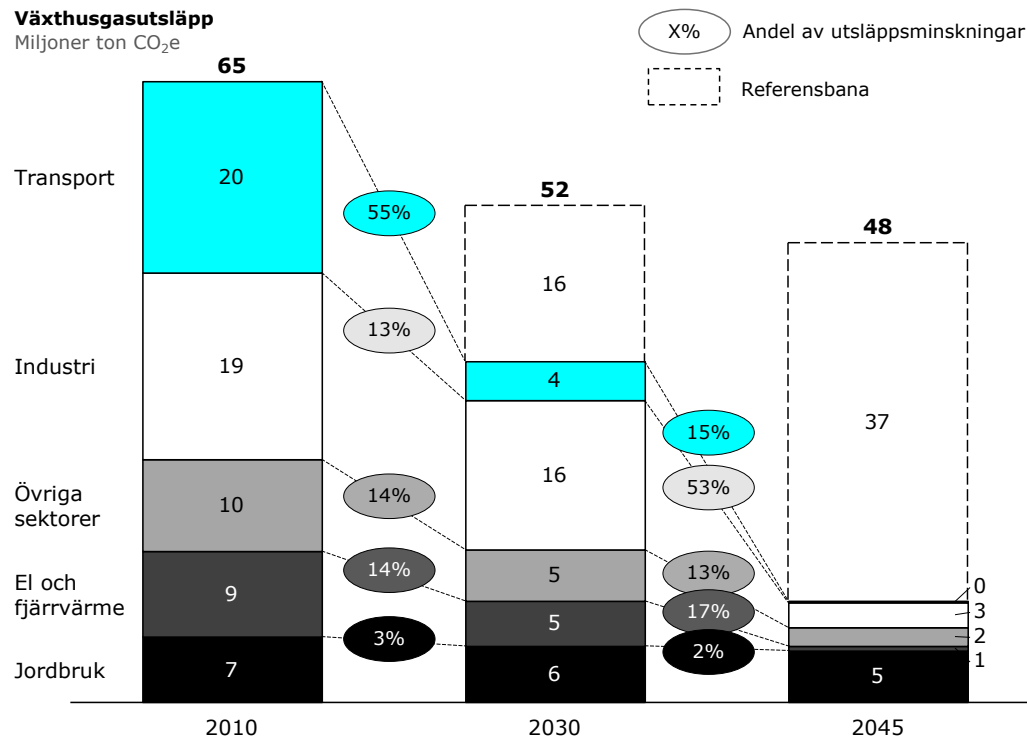
Not: Figuren visar historiska utsläpp av växthusgaser inom Sveriges gränser angivet i koldioxidekvivalenter, prognosticerad utsläppsbana om inga ytterligare insatser sätts in (referensscenario), och den minskning som behöver ske baserat på målsценарier från Miljömålsberedningen.

Källa: Naturvårdsverket (2012); Miljömålsberedningen (2016).

Transportsektorn central för analyser av styrmedel och konsekvenser för att minska utsläppen till 2030.

Transporter står idag för drygt 30 procent av utsläppen, men i uppskattade målbanor genomförs en långt högre del av utsläppsminskningar inom transportsektorn. FFF-banan visas i Figur 2. 55 procent av utsläppsminskningarna behöver ske i transportsektorn till 2030. Utsläppen inom industrin, som i nuläget är nästan lika stora, förväntas minska långt mindre till 2030, med merparten av utsläppsminskningar istället i perioden 2030-45. Utsläpp i vissa andra sektorer, som jordbruk, är svåråtgärdade och väntas därmed inte minska i samma utsträckning.

Figur 2 Utsläppsminskningar för att nå klimatmålen behöver främst ske i transportsektorn och industri



Not: Figuren visar de utsläppsminskningar som krävs för att nå Miljömålsberedningens föreslagna klimatmål om netto-noll-utsläpp år 2045, baserat på FFF-scenariot. Den icke-handlande sektorn beräknas ha utsläpp på 8 Mt 2045, och den handlande nästan 3 år 2045 för att nå målet.

Källa: Uppskattningar från Miljömålsberedning.

Transporter blir särskilt viktiga också givet att Sverige ingår i EU:s övergripande klimatpolitiska ramverk. Ungefär 40 procent av dagens växthusgasutsläpp återfinns i den "handlande sektorn" (HS): branscher som omfattas av EUs system för handelsrätter (EU ETS). Detta innebär att dessa inte påverkas av inhemska åtgärder utan regleras på EU-nivå. Likaledes är de ekonomiska konsekvenserna inte nödvändigtvis beroende av svenska beslut, utan uppstår till följd av det koldioxidpris (pris på utsläppsrätter) som avgörs på EU-nivå.

Scenarier som analyserar de ekonomiska konsekvenserna av svenska utsläppsmål koncentreras därför på övriga sektorer (IHS). Dessa beräknas år 2030 uppnå till drygt 29 MtCO₂e. För att nå nivån i FFF-banan krävs en reduktion till 17,2 MtCO₂e i IHS, medan Linjär-banan har utsläpp på 22,6 MtCO₂e, därmed motsvarande en minskning mellan 6,5 och 12 MtCO₂e. Som jämförelse minskade utsläppen i IHS med 13 MtCO₂e i Sverige mellan 1990 och 2015; en period på 25 år. Ungefär samma minskning behöver alltså ske över en femtonårsperiod för att nå klimatmålen.

Sammantaget är transporter helt avgörande för utsläppen inom IHS, och därmed för klimatmålen. I FFF-banan står de för 80 procent av de utsläppsminskningar som uppskattas

behövas till 2030. I resten av denna rapport koncentrerar vi därför diskussionen på IHS, och särskilt på transportsektorn.

Däremot är de ekonomiska konsekvenserna av dessa minskningar inte begränsade till transportaktivitet. Tvärtom är många aktiviteter beroende av kostnaden och förutsättningar för transporter. Även om Sverige överlätit kontrollen över mycket av industrins fysiska utsläpp till EU ETS, så påverkar denna ändå också valen i inhemsk klimatpolitik.

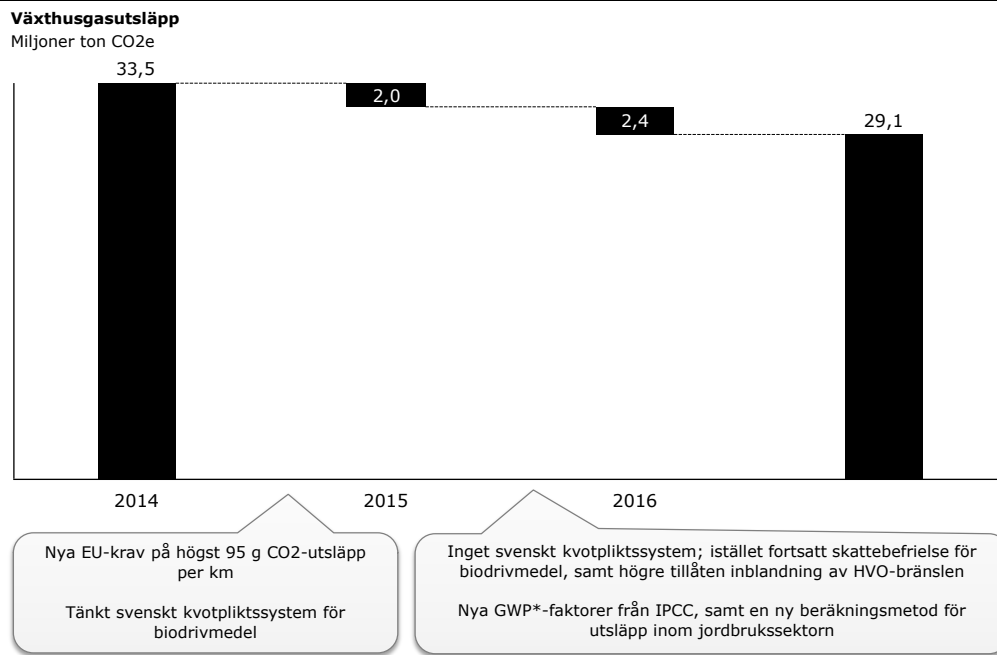
Mål kräver att utsläppen i den icke-handlande sektorn minskar med 6,5-16 MtCO₂e till 2030, eller 18-50 procent av prognosticerade nivåer.

Utsläppsminskningar definieras alltid relativt en *referensbana*: en prognos av vilka utsläppsnivåer som förväntas uppstå om inga ytterligare åtgärder genomförs. Referensbanor för svenska utsläpps utarbetas i ett samarbete mellan Konjunkturinstitutet, Energimyndigheten och Naturvårdsverket.

Prognoser för referensutsläpp år 2030 inom IHS är dock osäkra, och har reviderats kraftigt de senaste tre åren: från 33,5 MtCO₂e (2014), till 31,5 MtCO₂e (2015), och senast till 29,1 MtCO₂e (2016). Beräkningar baserat på 2016 års referensbana visar alltså att hela 4,4 Mt mindre utsläppsminskningar krävs till 2030 jämfört med referensbanan från 2014, för att uppnå en viss absolut nivå på utsläppsminskningar. Minskningen mellan 2014 och 2015 kan delvis förklaras med nya EU-krav på koldioxidutsläpp från personbilar och ett tänkt kvotpliktsystem för biodrivmedel. Minskningen mellan 2015 och 2016 förklaras bland annat av fortsatt skattebefrielse för biodrivmedel, och en ny beräkningsmetod för utsläpp inom jordbrukssektorn (Figur 3).

Nuvarande referensbana beräknar utsläpp i 2030 på 29,1 MtCO₂e inom IHS. "Gapet" till nivån i FFF-banan är således knappt 12 MtCO₂e, medan det till Linjär-banan är 6,4 MtCO₂e. Revisionerna visar dock att storleken på gapet är osäker. Relativt 2014 års referensbana skulle FFF-banan istället kräva utsläppsminskningar på 16,5 MtCO₂e. Detta betyder att de ytterligare insatser som krävs att må ett absolut delmål är osäkra: 4,4 MtCO₂e är mycket jämfört med nivån på utsläppsminskningar. Det visar också att referensbanan redan inkluderar vissa styrmedel.

Figur 3 Förändringar i referensprognoser för utsläpp i den handlande sektorn, 2014-2016



Not: *) Global Warming Potential.

Källa: Underlag från Miljömålsberedningen.

Resultaten från kostnadsanalyser av klimatmål till 2030 varierar kraftigt

Underliggande de utsläppsminskningar som illustreras i olika utsläppsbanor ligger en rad förändringar, framförallt i hur energi framställs och används. Det har i sin tur inverkan på en rad aktiviteter som är socialt och ekonomiskt viktiga: transporter, uppvärmning av byggnader, kraft- och värmeproduktion, industriell produktion, mm. Hur dessa bedrivs förmedlar i sin tur en rad olika effekter i ekonomin, som påverkar en mängd olika aktörer. Analyser av följderna – de samhällsekonomiska konsekvenserna – är därför en viktig del av beslutsunderlaget bland annat hur klimatmål utformas och administreras, hur delmål sätts, och vilka styrmedel som används.

Den här rapporten har som fokus att utifrån förutvarande modell-baserade analyser uttöka vad de samhällsekonomiska konsekvenserna skulle kunna bli av olika delmål för växthusgaser år 2030. Uppgiften är avgränsad på ett flertal sätt. Vi analyserar enbart modell-baserade analyser. Detta är dock bara en liten del av en full samhällsekonomisk analys. Ett av målen med rapporten är just att belysa vilka slutsatser som kan dras från modeller, och vilka ytterligare eller alternativa analyser som behövs för att ge en mer fullständig bild. En viktig slutsats är att modeller lämpar sig bättre för att kvalitativt förstå inverkan av olika osäkerheter, än för att förstå absoluta kostnader.

Vi fokuserar på två kategorier av analyser som gjorts av konsekvenserna av att nå svenska utsläppsmål. Den mest omfattande är analyser utförda av Konjunkturinstitutet med hjälp av den makroekonomiska allmänjämviktsmodellen EMEC (*Environmental Medium term Economic model*). Utöver detta har Miljömålsberedningen låtit ta fram analyser med en energisystemmodell, TIMES-Sweden, vars svenska implementering tagits vid Luleå Tekniska Universitet. Det finns ett flertal andra analyser, från en del äldre uppskattningar med allmänjämviktsmodeller, och även ytterligare detaljerade analyser inom specifika sektorer och nationella "åtgärdstrappor". Vårt uppdrag har dock varit att fokusera på analyser från de senaste tre åren. Slutligen rör vår analys enbart analyser till 2030. Tabell 1 ger en överblick över några av de scenarier vi behandlar, och bilaga B innehåller en fullständig översikt. Scenarierna sträcker sig från 2013-2016, och spänner över olika utsläppsnivåer och modellantaganden.

Slutligen ger studien inte en rekommendation av huruvida vissa resultat är "bättre" eller mer tillförlitliga än andra. Målet är istället skulle vara att i möjligaste mån klargöra huvudfaktorer som ligger bakom olika resultat, för att göra mer konkret var osäkerheterna ligger, varför olika resultat kan uppstå, och vilka ytterligare analyser som kan användas för att komplettera modellerna.

Tabell 1 Analyserade scenarier

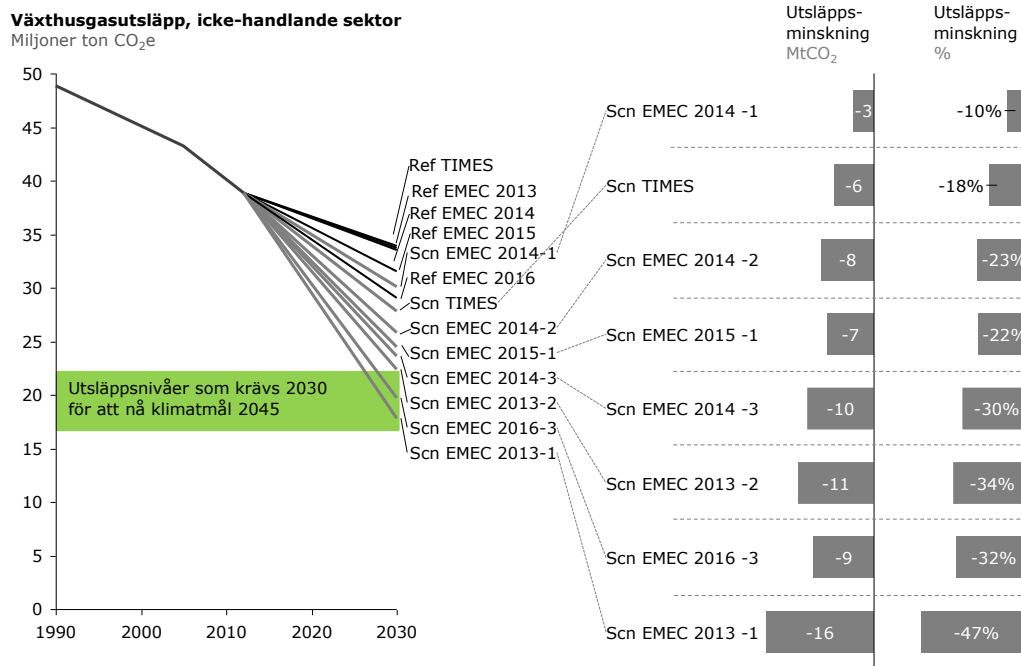
Nr	Scenario	Modell	År	Beskrivning
1	Scn EMEC 2013-1	EMEC	2013	Scenariot beskriver en 64% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Utsläppsbanan är förenlig med regeringens prioritering inom transportsektorn (en fossiloberoende fordonsflotta år 2030) som antas nås genom teknisk utveckling inom transportsektorn och en generell utvecklig mot ett transportsnålt samhälle (till exempel antas en fördubbling av kollektivtrafiken till år 2030). Scenariot innehåller även mindre utsläppsminskningar för de andra delsektorerna i den icke-handlande sektorn.
2	Scn EMEC 2013-2	EMEC	2013	Scenariot beskriver en 54% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Samma antagande om teknisk utveckling inom transportsektorn som i scenario 1 ovan, men utan effekterna av utvecklingen mot ett transportsnålt samhälle.
3	Scn EMEC 2014-1	EMEC	2014	Scenariot beskriver en 30% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "Konvergens av utsläpp per capita".
4	Scn EMEC 2014-2	EMEC	2014	Scenariot beskriver en 40% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "BNP per capita".
5	Scn EMEC 2014-3	EMEC	2014	Scenariot beskriver en 45% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas gå före med ett mer ambitiöst klimatmål än vad som krävs enligt EU:s ansvarsfördelning.
6	Scn EMEC 2015-1	EMEC	2015	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, utan att påverka införandet av ny teknologi.
11	Scn EMEC 2016-3	EMEC	2016	Scenariot beskriver en utsläppsbanan som grundar sig på Miljömålsberedningens antaganden.
12	Scn TIMES	TIMES-Sweden	2016	Scenariot beskriver en 50% minskning av CO ₂ -utsläpp från energisektorn till 2030 relativt 2005 (motsvarar runt 85 procent av växthusgasutsläpp). För att jämkna med resultat från EMEC har utsläpp från jordbruk och avfall lagts till.

Not: Se bilaga B för en fullständig översikt.

Källa: Scenarier från Konjunkturinstitutet (2013), Konjunkturinstitutet (2014), Konjunkturinstitutet (2015), samt opublicerade körningar med EMEC från 2016. TIMES-körningar från "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden - Resultat från en första scenariostudie" (2016).

Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar

Figur 3 sammanfattar historiska nivåer, referensbanor, samt scenarier och målnivåer för utsläpp. Utsläppen rör enbart icke-handlande sektorer. Utsläppsminskningarna utöver respektive referensbana 2030 varierar mellan 3 och 16 MtCO₂, eller 10–47 procent av referensutsläppen. Vad gäller utsläppen i målscenarierna kan man dra slutsatsen att endast ett fåtal scenarier finns i intervallet 17,2 till 22,6 MtCO₂ som ges av målbana FFF och Linjär. Däremot omfattar många av scenarierna *absoluta* utsläppsminskningar år 2030 mellan 6,5-16 MtCO₂e – den utsläppsminskning som krävs för att nå dessa klimatmål, beroende på referensscenario. Givet en lägre referensbana enligt diskussion ovan kan vissa av de beräknade minskningarna vara nog för att nå både FFF- och Linjär-banorna till 2045 års mål.

Figur 4 Modellanalyser räknar på olika utsläppsminskningar

Not: Figuren visar de olika referensbanor för utsläpp av koldioxidekvivalenter som använts i respektive modellkörning, samt de utsläppsminskningar som beräknas. Kolumnen med utsläppsminskningar angivet i MtCO₂ visar den absoluta minskning som har modellerats i respektive scenario, och kolumnen med procentsatser visar den minskning som har modellerats gentemot respektive referensscenario.

Källa: Scenarier från Konjunkturinstitutet (2013), Konjunkturinstitutet (2014), Konjunkturinstitutet (2015), samt opublicerade körningar med EMEC från 2016. TIMES-körningar från "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden – Resultat från en första scenariostudie" (2016).

Uppskattningar av de ekonomiska konsekvenserna av utsläppsminskningar varierar kraftigt

Modellernas resultat kan sammanfattas på hög nivå i de kostnader och CO₂-skatter som uppstår eller krävs för att nå utsläppsmålen (Figur 5). Dessa varierar kraftigt. I en del scenarier ser utsläpp ut att kunna minskas avsevärt till blygsamma kostnader (motsvarande mindre än 0,5 procent av 2030 års bruttonationalprodukt, BNP), i andra ger minskningarna stora samhällsekonomiska konsekvenser, med upp till 9 procent BNP-bortfall. Det är uppenbart centralt att förstå varför denna skillnad uppstår.

Scenarier med högre kostnad som andel av BNP har också högre CO₂-skatt, som förmedlar mycket av den samhällsekonomiska påverkan. Dessa når i vissa scenarier mycket höga nivåer på 22 till 30 gånger dagens nivå. Det är därför också mycket viktigt att förstå varför vissa modellscenarier finner att så höga nivåer är nödvändiga, och att utvärdera om det finns andra sätt att minska utsläppen än så kraftiga styrmedel.

Slutligen visar resultaten inte heller något entydigt samband mellan storleken på utsläppsminskningen och vilken kostnad det leder till. Kraftigare utsläppsminskningar leder visserligen till högre kostnader inom ramen för modellerna, allt annat lika. Men skill-

naden mellan olika antaganden är långt större, vilket belyser att modeller ofta är mer användbara för att visa hur olika antaganden ger olika resultat, än de är för att uppskatta absoluta nivåer på kostnader eller andra effekter.

De återstående kapitlen i rapporten utforskar dessa frågor närmre. Kapitel 2 fokuserar på hur förutsättningarna för att minska utsläppen påverkar kostnaden: vilka möjligheter antas finnas, och hur påverkar detta modellernas resultat? Nästföljande kapitel tar upp frågan om hur tröghet och barriärer, och i vilken grad dessa påverkar vilka utsläppsminskningar som kan uppnås vid en viss tidpunkt. Kapitel 4 belyser sedan hur ”kostnader” bör förstås: vilka effekter som faktiskt fångas upp av modellerna, och vilka som istället behöver analyseras med kompletterande analyser.

Figur 5 Utsläppsminskningar och kostnader

Scenario	Referensutsläpp 2030 MtCO ₂	Utsläpps- minskning MtCO ₂	”Kostnad” % av BNP	CO ₂ -skatt Öre/kg CO ₂
Scn EMEC 2014-1	33,5	-3	-0,9%	448
Scn TIMES	33,9	-6	-0,3%	225
Scn EMEC 2014-2	33,5	-8	-4,7%	2 053
Scn EMEC 2015-1	31,5	-7	-1,8%	140
Scn EMEC 2014-3	33,5	-10	-8,5%	3 528
Scn EMEC 2013-2	33,7	-11	-8,6%	>3000
Scn EMEC 2016-3	29,0	-9	-1,3%	380
Scn EMEC 2013-1	33,7	-16	-6,5%	>3000

Källa: Scenarier från Konjunkturinstitutet (2013), Konjunkturinstitutet (2014), Konjunkturinstitutet (2015), samt opublicerade körningar med EMEC från 2016. TIMES-körningar från ”Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden – Resultat från en första scenariostudie” (2016).

Kapitel 2

2 Förutsättningar för att minska utsläppen

Analysen av samhällsekonomiska konsekvenser av klimatmål bygger i grunden på en bedömning av vilka förutsättningar som finns för att minska utsläpp. Både tekniska lösningar (effektivisering, kolsnål energi) och anpassningar i ekonomin är viktiga delar av en kostnadseffektiv omställning till låga utsläpp.

Antaganden om hur förutsättningarna för utsläppsminskningar ser ut visar sig avgörande för att förstå vilka kostnader som kan uppstå, och driver därför också till stor del de skillnader i kostnadsestimat som återfinns i befintliga modellresultat. Specifikt:

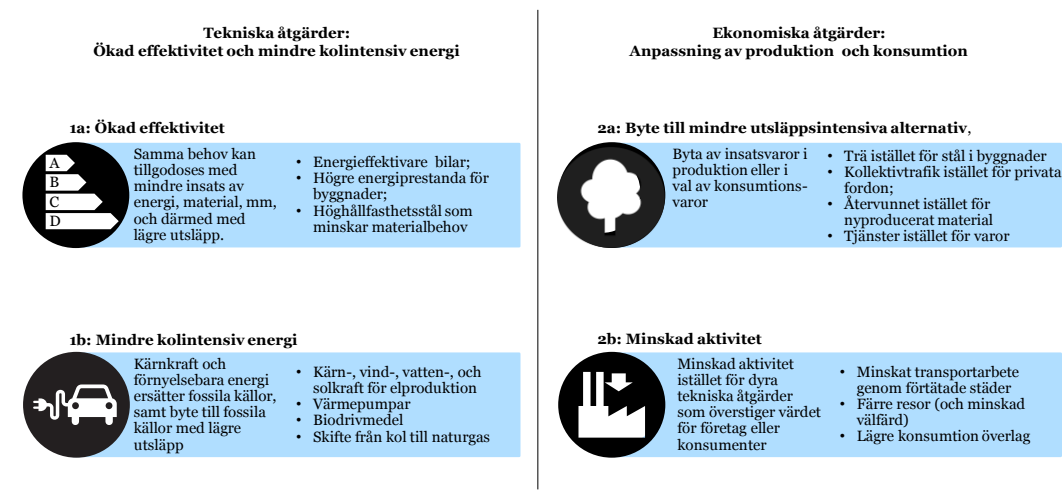
- TIMES-Sweden bygger på en detaljerad teknikrepresentation, men anpassningar av konsumtion och produktion modelleras inte. EMEC har istället mycket begränsad representation av tekniska åtgärder i transportsektorn; ytterligare utsläppsminskningar åstadkoms främst genom minskat transportarbete.
- Stora kostnader (5 till 9 procent av BNP) uppstår i scenarier där tekniska lösningar i transportsektorn antas helt utebli (utöver vad som finns i referensscenariot), även med mycket höga koldioxidskatter. Utsläppsminskningar måste under sådana antaganden istället åstadkommas till stor del genom minskad ekonomisk aktivitet. Sådana scenarier är också väldigt känsliga för nivån på utsläppsminskningar som krävs, och därmed för referensbanan.
- Låga kostnader (ofta mindre än 1 procent av BNP) uppstår när tekniska lösningar istället antingen antas genomföras i referensbanan, eller modelleras direkt, *bottom-up*. De leder istället till frågor om hur snabbt sådana lösningar kan genomföras, om alla relevanta kostnaderna verkligen är representerade, och vilka ytterligare ekonomiska effekter som uppstår – frågor vi behandlar i nästföljande kapitel.

Vi finner att dessa skillnader i bedömningen av potentialen för utsläppsminskningar är den huvudsakliga källan till de stora skillnader i uppskattade kostnader som finns mellan olika scenarier – och därför den fråga som främst måste bedömas för att avgöra vilka konsekvenserna av svenska klimatmål kan tänkas bli.

Analysen av samhällsekonomiska konsekvenser bygger på en bedömning av förutsättningarna för att minska utsläpp

Konsekvenserna av att nå ett visst utsläppsmål beror i hög grad på vilka åtgärder som finns tillgängliga. I breda drag faller dessa i två kategorier, vilka sammanfattas i Figur 6.

Figur 6 Två kategorier av åtgärder för att minska växthusgasutsläpp



1. Tekniska åtgärder:⁷

- Ökad effektivitet**, särskilt inom energianvändning: högre energieffektivitet betyder att samma energibehov kan tillgodoses med mindre energiinsats, och därmed med lägre utsläpp. Exempel: mer energieffektiva bilar; bättre energiprestanda för byggnader; effektivare industriella processer; höghållfasthetsstål som möjliggör minskat stålmängd för samma prestanda.
- Kolsnålare energikällor**: kärnkraft och förnyelsebara energilag har lägre utsläpp än fossila, och vissa fossila källor har också lägre utsläpp än andra. Exempel: kärn-, vind-, vatten-, och solkraft för elproduktion; värmepumpar; biodrivmedel.
- Avskiljning och lagring av koldioxid**: en mycket viktig komponent av långsiktiga scenarier för låga utsläpp, men teknik som är i demonstrationsstadiet (och inte relevant för de analyser till 2030 som diskuteras här).

2) Anpassning av produktions- och konsumtionsmönster:

- Byte till mindre utsläppsintensiva alternativ**, antingen för insatsvaror i produktion eller i konsumtion. Exempel: användning av trä i stället för stål i konstruktion; skifte till kollektivtrafik istället för privata fordon; användning av återvunnet istället för nyproducerat material; konsumtion av tjänster i stället för varor.
- Minskad aktivitet**. Även när det finns få alternativ kan det dock vara mindre kostsamt att minska aktiviteten, än att genomföra tekniska åtgärder som överstiger vad det är värt för företag eller konsumenter att fortsätta att använda en produkt. Exempel: minskat transportarbete genom förtätade städer, eller genom att konsumenter väljer att resa mindre (och därmed få minskad välfärd).

⁷ Utöver dessa finns det andra sorters åtgärder i sektorer där utsläpp av växthusgaser uppstår på annat sätt än genom förbränning av bränslen. Detta innefattar bland annat landanvändande och kolsänkor; processutsläpp från framställning av cement, konstgödsel, aluminium, och diverse kemikalier; och utsläpp av lustgas och metan från jordbruk. Dessa är dock av begränsad betydelse för diskussionen om kostnaden av svenska klimatmål till 2030.

Ett kostnadseffektivt sätt att minska utsläppen innefattar i allmänhet såväl tekniska lösningar som anpassning av konsumtion och produktion

Två viktiga insikter kommer från denna observation:

- 1. Det är i allmänhet *mindre kostsamt* att kombinera tekniska åtgärder med anpassning av produktion och konsumtion.** Ett perspektiv med enbart tekniska åtgärder missar viktiga möjligheter att minska utsläppen, och riskerar att kräva dyra tekniska åtgärder. Det missar också viktiga effekter som tekniska förändringar och styrmedel kan ha (se nästa kapitel). Detta är ett viktigt skäl till att styrmedel som bygger på priser ofta är kostnadseffektiva, jämfört med till exempel tekniska krav eller subventioner (Box 2).
- 2. Om det å andra sidan saknas tekniska möjligheter blir anpassning av produktions- och konsumtionsmönster det *enda* sättet att minska utsläppen.** I värsta fall betyder detta att ett mål för utsläppsminskningar måste uppnås genom minskad stora minskningar i ekonomisk aktivitet ("lägre BNP"). Ett exempel på detta vore ett utsläppsmål från en sektor med processutsläpp som inte går att minska, så att enda sättet att eliminera dessa vore att eliminera produktionen.

Vi kan också vända på detta för att dra två viktiga slutsatser om kraven på ett underlag för beslut inom klimatpolitiken:

- **Ekonomisk analys bör inte utföras utan en bedömning av tekniska förutsättningar.** Det är en mycket viktig del av beslutsunderlaget för klimatpolitiken att få en grundlig analys av vilka förutsättningar för lägre utsläpp som finns i olika delar av ekonomin, och hur möjliga de är att genomföra. Går det, rent tekniskt, att minska utsläppen? Om det är tekniskt möjligt, vad vet vi om kostnaderna? Om tekniska lösningar finns men underskattas, eller deras kostnader överskattas, så överskattas lätt också de ekonomiska konsekvenserna – och vice versa.
- **En strikt teknisk analys missar viktiga ekonomiska och beteendemässiga perspektiv.** Det finns en rad andra frågeställningar som också måste tas i beaktande. Olika trögheter kan göra det svårt att realisera teoretiskt möjliga tekniska lösningar. Åtgärder kan ha indirekta kostnader eller sidonyttor/-kostnader bortom rena energi- eller klimathänsyn. Styrmedel för att uppnå åtgärderna kan ha spridningseffekter i ekonomin, implementeringskostnader, och infrastrukturbehov. Förändringarna kan också leda till temporära omställningskostnader. Vi diskuterar en del av dessa i nästa kapitel.

Box 2 Olika styrmedel driver på olika utsläppsminskningar

Ett skäl till att prissättning (skatter eller utsläppshandel) ofta är ett effektivt styrmedel är att det möjliggör avväganden mellan alla tillgängliga sätt att minska utsläpp. Som ett exempel ger en koldioxidskatt på drivmedel incitament att byta till effektivare fordon (1a), byta till fordon med andra drivmedel (el eller biodrivmedel) (1b), välja andra transportsätt om de har lägre utsläpp (2a), och minska antalet kilometer som personer eller varor transporteras (2c).

Som kontrast ger en standard för energieffektiva fordon enbart incitament till (1a), ger inga incitament till (1b), och genom att effektivare bilar har billigare driftskostnad kan de ge incitament att öka bilanvändningen (2a) såväl som det totala transportarbetet (2b) – så kallade rekyleffekter.

Det kan trots detta finnas skäl att använda styrmedel utöver prissignaler – till exempel fördelningseffekter, eller specifika förhållanden som förhindrar att konsumenter svarar på prissignaler. Det kan också motiveras om de syftar till att stimulera innovation, ett skäl som ofta anförs just vad gäller standarder.

Modellerna skiljer sig avsevärt åt i sin representation av möjligheterna och förutsättningarna för att minska utsläppen

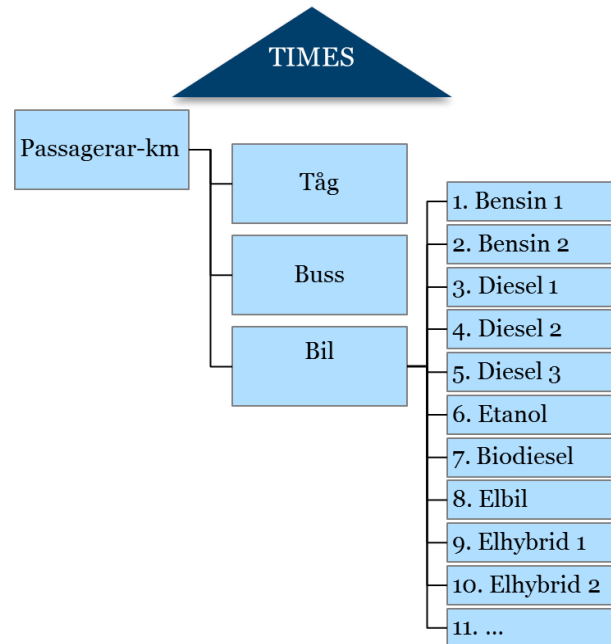
Vår bedömning är att *tekniska substitutionsmöjligheter* – mindre utsläppskrävande tekniska alternativ för att uppnå liknande produktion eller nytta för konsumenter – är kärnfrågan för att förstå de vitt skilda resultat som finns i analyser av svenska klimatmål. Den stora spännvidden i kostnadsuppskattningar bygger till stor del på olika bedömningar av hur svårt det är att genomföra tekniska lösningar. Som vi redovisade i kapitel 1 är transportsektorn central, och bedömningen av just transportsektorn blir till den enskilt viktigaste frågan. Vi fokuserar därför på denna sektor i nedanstående diskussion.

TIMES-Sweden bygger på en detaljerad teknikrepresentation utan anpassning av konsumtion och produktion

TIMES-Sweden malar upp olika teknikmöjligheter i stor detalj. I transportsektorn kan hushållen exempelvis välja mellan en rad olika biltyper för persontransport: flera typer av bensin- och dieslbilar, biobränsle- och elbilar, samt olika hybridbilar (Figur 7). För varje alternativ uppskattar modellen totalkostnaden: inköpspris, livslängd, användning, bränslekostnader, reparationskostnader, mm. Olika transportval ställs sedan jämsides liknande val i hela energisystemet, och de billigaste lösningarna modelleras fram.

Elektrifiering av transportsektorn och ökad biobränsleanvändning kan alltså ske inuti modellen. Däremot är transportbehovet fastlagt utanför modellen. Det finns ingen möjlighet att undvika dyra tekniska lösningar, när det i själva verket vore mindre kostsamt att minska mängden transporter i stället.

Figur 7 TIMES-Sweden: Val mellan stort antal olika ”teknologier” som möjliggör en given aktivitet till minsta kostnad



Not: Figuren visar ett exempel på teknologier i transportsektorn i TIMES-Sweden.

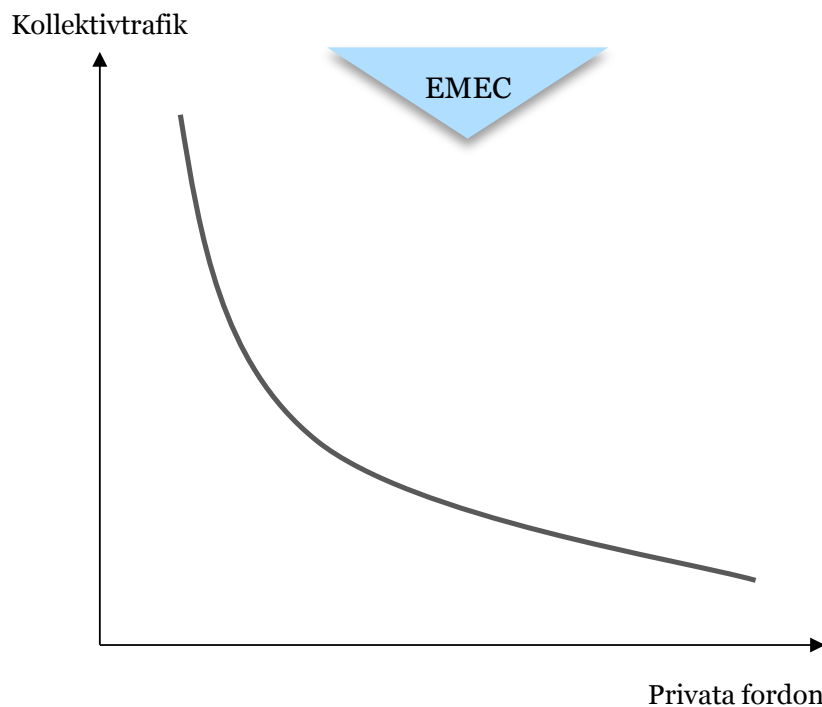
Källa: Underlag för Miljömålsberedningen. "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden – Resultat från en första scenariostudie".

EMEC innefattar såväl tekniska åtgärder som anpassning av konsumtion, men saknar representation av viktiga åtgärder inom transport och kraft

I EMEC finns inte teknologier direkt representerade, utan i stället sker gradvisa förändringar i hushållens konsumtionsmönster, och i hur olika insatsvaror kombineras i produktionen (Figur 8).

I många fall fångar detta upp även det vi ovan kallar ”tekniska” lösningar. Förutsättningarna för produktionen kan till exempel ändras genom att göra investeringar som minskar energibehovet för produktionen (1a), eller byta från ett bränsle till ett annat (1b). Benägenheten att göra sådana skiften när priset ändras bestäms av parametrar i modellen (s.k. *elasticiteter*), som i möjligast mån är uppskattade från historiska data. Utöver detta representeras även anpassning av konsumtion och produktion direkt i modellen (2a och 2b): hushåll skiftar sin konsumtion från en vara till en annan när deras priser ändras olika mycket (till exempel, om skatten på koldioxid höjs vilket påverkar varor olika mycket beroende på deras koldioxidinnehåll).

Figur 8 EMEC: gradvis ökande effektivitet, byte av bränsle, och minskning av aktivitet enligt historiska samband



Not: I det här exemplet byter hushåll transportmedel, och ökar gradvis användningen av kollektivtrafik istället för privata transporter allteftersom priserna på de två transportslagen skiljer sig åt.

EMEC has dock viktiga begränsningar som i hög grad påverkar just de sektorer som i mångt och mycket är viktigast för utsläppsminskningar i närtid, och framförallt inom transportsektorn.

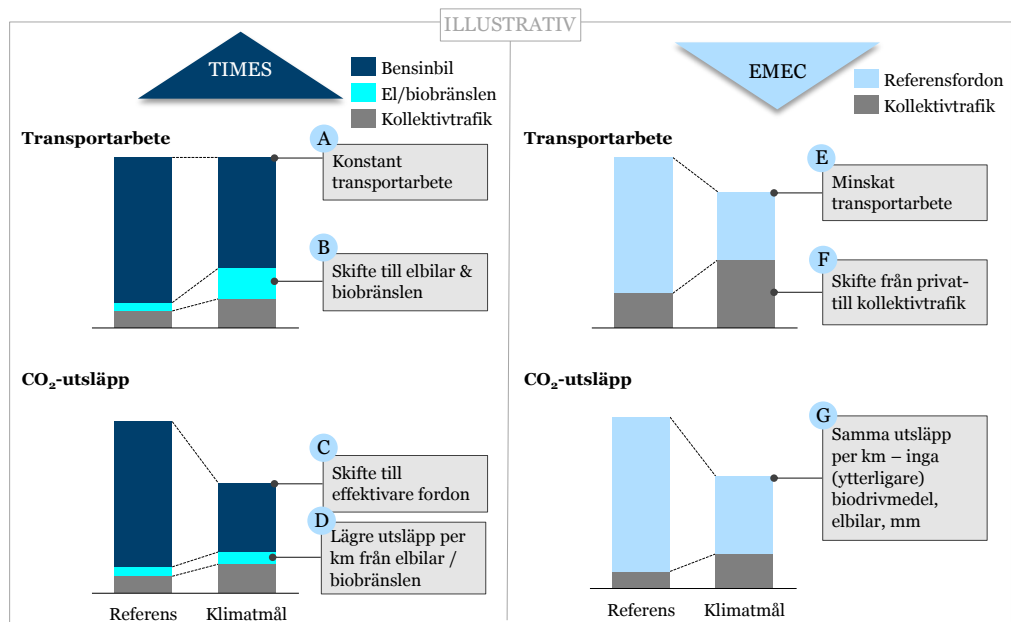
Konkret finns inga tekniska åtgärder representerade i transportsektorn. Till skillnad från till exempel industriproduktion finns större delen av transportarbete inte återgivet i de nationalräkenskaper som EMEC grundas på. Transportarbete är därför inte heller representerat som produktion i EMEC. Det är därför inte möjligt att ändra insatsfaktorerna: producenter och konsumenter som representeras i EMEC kan inte välja mer energieffektiva fordon, alternativa bränslen, eller elbilar. Det betyder att minskningar av utsläpp från transportsektorn väsentligen måste ske genom minskade transporter.⁸ Vi illustrerar detta schematiskt i en jämförelse med TIMES-Sweden i Figur 9:

- I TIMES-Sweden antas transportarbetet (mätt i person-kilometer, eller ton-kilometer) vara konstant (A). Däremot kan det tillgodoses av olika alternativa transportslag, såsom ett skifte till elbilar och biobränslen (B). Detta påverkar koldioxidutsläppen. Ett skifte till effektivare fordon kan minska utsläppen från återstående fossila fordon (C), medan utsläppen per km från el eller biobränslen är avsevärt mindre (D).

⁸ Undantaget är att konsumenter kan välja kollektivtrafik istället för privata resor.

- I EMEC anpassas mängden transportarbete när kostnaden på transporter förändras, till exempel genom en koldioxidskatt (E). Modellen har också möjlighet att modellera ett skifte till kollektivtrafik (F). Däremot är utsläppen per fordon oförändrade från referensscenariot: inga ytterligare biodrivmedel, elbilar, effektivare fordon, mm antas finnas tillgängliga (G).

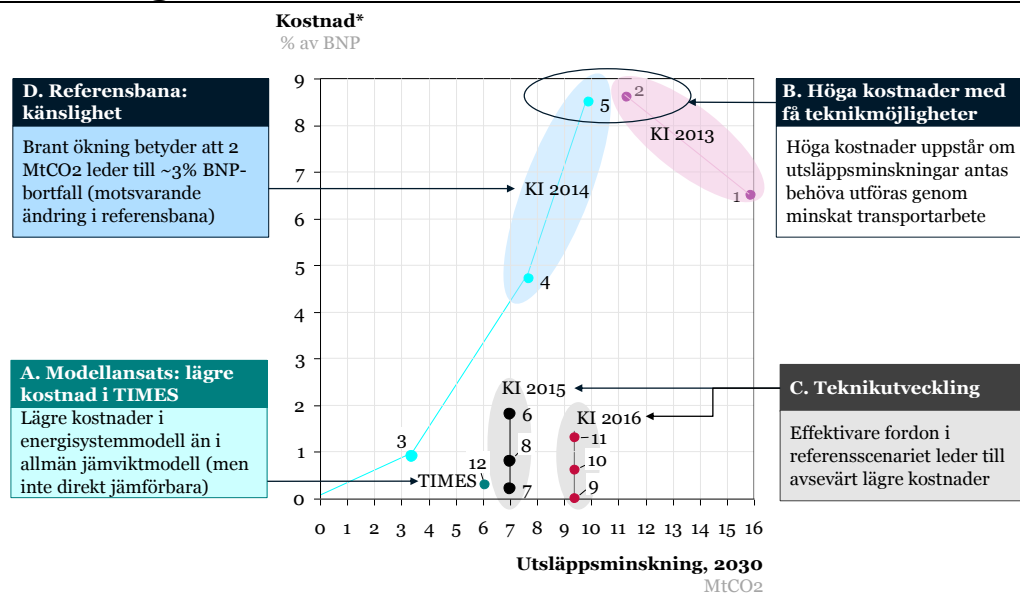
Figur 9 Exempel: Modeller fångar upp mycket olika aspekter av tänkbar framtida utveckling i transportsektorn



Skillnader i bedömningar av möjligheterna till utsläppsminskningar får stort utslag i kostnadsuppskattningar

Effekterna av de olika modellansatserna syns tydligt i en jämförelse mellan olika modellresultat. Dessa sammanfattas i Figur 10, som visar hur kostnadsestimat varierar med de *absoluta* utsläppsminskningarna i den icke-handlande sektorn i 2030.

Figur 10 Variation i modellresultat för givna absoluta utsläppsminskningar



Not: Scenarierna är numrerade enligt samma schema som i Tabell 1.

Källa: Se Tabell 1.

Flera olika slutsatser står fram från dessa resultat:

A. Energisystemmodeller visar på blygsamma kostnader, men dessa bör uttolkas med ytterligare analys av förändringstakt och ekonomiska konsekvenser

Uppskattningen av kostnaden för att nå klimatmålen i TIMES-Sweden är låg, mindre än 0,5 procent av BNP för en utsläppsminskning på 6 MtCO₂ i 2030. Vi har inte tagit del av detaljerad information om hur känsligt detta resultat är för olika antaganden. Strukturen på modellen betyder dock att även om antagandena ändras markant – säg, en fördubbling av kostnaden mellan fossilbaserade och teknologier och alternativ – så skulle resultaten inte bli kvalitativt mycket annorlunda.

Det finns dock flera aspekter på resultaten som behöver kompletteras:

För det första är utsläppsminskningen i 2030 mindre än de 7 Mt som är en sannolik nedre gräns för en utsläppsbana som följer Miljömålbereidningens ambitionsnivå. En högre referensbana eller mer ambitiöst etappmål för utsläppen 2030 skulle kräva större minskningar. Ytterligare 3-4 MtCO₂ skulle krävas för att jämföra fullt ut med några av de ambitiösare scenarierna som utförts med EMEC. Vi saknar dock analyser på hur kostnaden stiger med ytterligare utsläppsminskningar, något som vore mycket värdefullt att undersöka.

För de andra är de modellerade åtgärderna och uppskattade kostnaderna också en ren teknikanalys, och behöver sättas i bredare samhällsanalytiskt perspektiv. Som vi diskuterar i följande kapitel, är det viktigt att analysera vilka begränsningar som uppstår i hur snabbt åtgärderna kan drivas igenom (se kapitel 3), och även vad den kostnaden för sådana åtgärder verkligen är och hur de påverkar ekonomin som helhet (se kapitel 4).

B. EMEC:s höga kostnader (8–9 procent av BNP) resulterar från antagandet att tekniska möjligheter att ytterligare minska utsläppen i transportsektorn helt saknas

I stark kontrast till TIMES-Sweden visar vissa scenarier (#5, #2, även #4) analyserade med EMEC på mycket höga kostnader, med ett bortfall av nästan 9 procent av BNP.

Medan TIMES-Sweden har fullt fokus på tekniska möjligheter till utsläppsminskningar, har dessa analyser helt motsatt antagande. Modellen representerar inga möjligheter finnas att driva fram ytterligare energieffektivisering, biodrivmedel eller elbilar, utöver vad som redan antas ske i referensbanan. Ytterligare utsläppsminskningar kräver därför istället att CO₂-skatten höjs till en nivå där totala mängden transporter kraftigt minskar, då andra sektorer är begränsade i vad de kan bidra till utsläppsminskningar.⁹ Med utsläppsminskningar runt 10-12 MtCO₂, kräver detta i sin tur väldigt höga CO₂-skatter på mer än 30 kr/kgCO₂, eller motsvarande 70 kr per liter bensin.

Detta scenario kan tyckas osannolikt: en femdubbling av priset på drivmedel skulle med all sannolikhet leda till stora förändringar i val av såväl fordon och drivmedel, men modellen utesluter detta. Scenarierna ses kanske därför bäst hypotetiska: i ett extremfall där inga ytterligare tekniska möjligheter till utsläppsminskningar stod att finna in transportsektorn, men utsläppsmålet likväl inte gick att ändra på, vad skulle de ekonomiska konsekvenserna bli? Lärdomen är att riskerna för negativa ekonomiska konsekvenser av ett utsläppsmål starkt beror på vilka tekniska möjligheter som står till buds.

Detta är därför ett exempel på att bättre insikt ges av en kombination av både ekonomiska och tekniska modeller. Analysen i TIMES-Sweden, såväl som andra analyser av transportsektorns förutsättningar för utsläppsminskningar, tyder på att det finns avsevärda tekniska möjligheter till att minska utsläppen till långt lägre kostnader än de 30 kr/kgCO₂ som de här scenariorresultaten bygger på. Återigen kvarstår dock frågorna som behandlas i följande kapitel, om hur stor del av dessa som kan realiseras fram till 2030, och om det finns några indirekta kostnader förbundna med att driva igenom den i högre takt. Det finns dock inte något skäl att tro att referensbanan utgör någon absolut, övre gräns, som är fallet i dessa scenarier.

⁹ Vi har inte haft tillgång till detaljerade data på utsläppen. Det är troligt att andra aktiviteter i den IHS också bidrar med vissa utsläppsminskningar, men som diskuterades i 2 är dessa utsläpp är antingen små, eller annars inte inkluderade i modellanalyserna (metan och lustgasutsläpp från jordbruk). Utsläppsminskningar på 10-12 MtCO₂ som återfinns i scenarierna #5 och #2 kräver därför oundvikligen minskade utsläpp från transporter.

C:1. Med ytterligare energieffektivisering, biodrivmedel, och eldrivna fordon som möjlighet sjunker kostnaderna avsevärt, till mindre än 1 procent av BNP.

Det är klart från ovanstående att antaganden om tekniska lösningar i transportsektorn är avgörande för resultaten av modellansatser. Frågan om transportsektorns utveckling har därför undersöks av KI i ett antal analyser (Scenario #7, #8, #9, #10, #11). I dessa antas ytterligare betydande energieffektivisering, biobränslen, och elbilar bli tillgängliga, utöver vad som finns i en standard referensbana. När sådana tekniska lösningar förs in utanför själva modellstrukturen, i de flesta fall utan ytterligare kostnad, blir resultatet långt mindre BNP-påverkan, som regel under 1 procent. Dessa resultat är inte långt från de uppskattningar som görs inom TIMES-Sweden (scenario #12).

Förfarandet kan visa på viktiga samband – till exempel vilken nivå på skatt som kan tänkas behövas för att dämpa en rekyleffekt (ökade transporter) om fordon blir mer effektiva, och konsumenter därför ökar användning av transporter. Dock drivs resultaten i dessa scenarier till överväldigande del inte av insikter från den ekonomiska modellen *per se*, utan istället av startantaganden (till exempel, vad EU sätter för standard för fordon). Dessa kan i sin tur inte hänföras till handlingar och styrmedel som svenska beslut kan påverka. Sådana scenarier har därför sannolikt även mindre värde som underlag för svenska politiska beslut.

C:2. Resultaten är mycket känsliga för tekniska antaganden

Ytterligare en konsekvens av att tekniska lösningar inte finns tillgängliga är att kostnaden för *ytterligare* utsläppsminskningar ökar mycket snabbt. Varje ytterligare ton minskade utsläpp är mycket dyrt. Detta gör resultaten mycket känsliga för antaganden.

Detta märks till exempel i en jämförelse av scenario #9 med #11. Scenario #11 visar vad som händer om mängden tillgängligt biodrivmedel minskar med 10 TWh. Effekten uppskattas till ett BNP-bortfall på 1 procent år 2030, motsvarande ca 55 miljarder kr. För att sätta detta i sammanhang betyder det att värdet för den svenska ekonomin av att få tillgång till dessa 10 TWh (motsvarande ca 110 miljoner liter bensin) skulle motsvara i genomsnitt 500 kr per liter, eller över 200 kr per kg CO₂. Detta är återigen långt över de kostnader för tekniska åtgärder, inklusive uppskattningar av eventuella framtida kostnader för ytterligare biodrivmedel, som antas i energisystemmodeller eller sektorsanalyser.

Resultatet kan tolkas på olika sätt. Å ena sidan visar det att en modell som inte representerar tekniska lösningar blir högst känslig. Stora, kanske orimligt stora, effekter uppstår när kostsam ekonomisk anpassning (lägre konsumtion) inte kan ställas emot tekniska lösningar. Å andra sidan visar det, precis som scenarierna #5 och #2, att om det *skulle* visa sig svårt att få till stånd tekniska förändringar, så är konsekvensen av en för optimistisk bedömning ett väldigt stort utslag för kostnaden.

D: I scenarier där tekniska möjligheter till minskade transportutsläpp helt antas saknas blir resultaten också särskilt känsliga för val av referensbana

Denna känslighet betyder också att referensbanan blir väldigt viktig, och särskilt när utsläppsminskningar på marginalen drivs fram genom minskat transportarbete. Ett exempel är den stora ökningen i ekonomisk påverkan mellan scenarierna #4 och #5. Här leder

ytterligare 2 ton minskade utsläpp (från 8 Mt till 10 Mt) till ett BNP-bortfall på nästan fyra procentenheter. Denna skillnad är dock mindre än de förändringar som årligen gjorts i referensbanan de senaste åren. Ovanstående resonemang visar dock att det är vanskligt att analysera vikten av detta utan att ha en tydligare analys av vilka tekniska alternativ som finns att tillgå istället.

Sammanfattning: referensscenariot och möjligheterna till tekniska utsläppsminskningar är de viktigaste faktorerna

Det finns mer att lära av modellerna avseende hur kostnader varierar med olika antaganden och analysmetoder. Viktiga frågor är till exempel hur teknikkostnader antas förändra sig över tid, och hur framtidens bränslepriser kan tänkas förändras. Sådana analyser, som varierar olika antaganden och visar på deras betydelse givet vissa andra förutsättningar, är ett

Det är svårt att sätta tilltro till de mycket höga kostnader som uppgår till 8-9 procent av BNP 2030. De drivs av mycket speciella omständigheter, där referensbanans användning av effektivare fordon, biodrivmedel, och eldrivna fordon antas utgöra en övre gräns. Lärdomen dessa scenarier förmedlar är nyttig: **svenska klimatmål är starkt beroende av tekniska lösningar i transportsektorn, annars kan kostnaden öka snabbt.** Däremot är de absoluta uppskattningar av de CO₂-skatter som skulle krävas i en sådan situation, och därmed de ekonomiska konsekvenser som följer, sannolikt extremvärden för vad kostnader kan tänkas bli.

Denna slutsats stöds till stor del på att tekniska analyser har identifierat avsevärd potential för ytterligare tekniska åtgärder. Även om dessa är begränsade på olika sätt (genomförande, verklig kostnad, mm) är det svårt att tro att de inte blir av någon betydelse om svenska klimatmål och styrmedel skärps. Vad som framförallt saknas i nuläget är en metod för att ställa anpassningar av konsumtionsmönster, som resultaten från EMEC visar kan bli mycket kostsamma om stora förändringar krävs, mot en realistisk bedömning av tekniska åtgärder. Med de resultat som finns tillgängliga kan vi enbart göra enkla jämförelser, *back of the envelope*, enligt ovan. Vi finner en (mycket) stor diskrepans: CO₂-priserna i vissa analyser är långt högre än tekniska lösningar som, enligt sektorsanalyser, skulle kunna stå att tillgå. Ett alternativ för att göra detta är modellmetoder – s.k. hybridmodeller – som modellerar kraft- och transportsektorerna i mer teknisk detalj, men resten av ekonomin i ett jämviktsramverk liknande det som används i EMEC.

Ett antal utmaningar är dock oundvikliga: hur snabbt förändringar kan drivas igenom, vilka ytterligare kostnader som kan tänkas uppstå på vägen utöver direkta tekniska åtgärds-kostnader, hur snabbt de rent tekniska kostnaderna öka med mer ambitiösa mål för utsläppen 2030, samt relativt vilken referensbana de bör definieras. Vi fokuserar därför de följande två kapitlen på just tröghet och barriärer till utsläppsminskningar, och olika kategorier och kostnader. Modeller ger en startpunkt för att förstå dessa, men måste kompletteras med en bedömning görs av dessa underliggande faktorer.

Kapitel 3

3 Tröghet och barriärer för utsläppsminskningar

I verkligheten begränsas utsläppsminskningar inte bara av vad som är tekniskt möjligt, utan också av vad som är realistiskt att genomföra. Hur snabbt är det realistiskt att vänta att vissa tekniska lösningar eller förändrade beteenden omsätts i verkligheten?

Modeller gör implicita bedömningar av detta, och fångar upp källor till tröghet i olika drag. Detta är också ett skäl till att resultaten skiljer sig åt. Generellt är energisystemmodeller mer optimistiska än jämviktsmodeller om hur snabbt nya tekniska åtgärder kan drivas igenom:

- TIMES-Sweden visar vissa trögheter inom energisystemet, men inte andra viktiga källor till tröghet, såsom indirekta kostnader eller beteenden
- EMEC specificerar en benägenhet till förändring som uppskattas från historiska samband, och som därmed innefattar många av faktorer som påverkat det beteende som kan observeras
- Analys baserad på historiska samband kan dock bli begränsande på längre sikt, om teknologier, priser, eller preferenser förändras, och även om de förändringar som undersöks är stora jämfört med vad som iakttagits historiskt.
- I tillägg påverkar valet av styrmedel i hög grad vilka åtgärder som faktiskt genomförs.

Den övergripande slutsatsen är att modellanalyser behöver kompletteras med en utvärdering av hur trolig den resulterande utvecklingen ter sig. Ett modellresultat som inte jämförs med sådana måttstockar kan annars implicit bygga på tvivelaktiga antaganden om hur snabbt förändring kan ske.

Energisystemmodeller representerar den tröghet som skapas av ersättningstakten i energisystemet

Energisystemmodeller som TIMES-Sweden definierar ramar för vad som är tekniskt möjligt. De avspeglar ett antal processer och konverteringsteknologier för att omvandla insatsvaror till konsumtionsvaror (industri, transport, hushåll, kommers). Vilka av dessa som sedan används bestäms av hur kostnaderna för att tillgodose samtliga energibehov kan minimeras.

Detta är en relativt enkel beslutsram. En koldioxidskatt i TIMES-Sweden gör att den eller de insatsvaror, processer eller teknologier som blir dyrare används mindre. Samma mängd *energitjänster* behöver dock fortfarande produceras, vilket innebär att modellen ger utslag i att andra insatsvaror, processer eller teknologier används mer, till lägst möjliga totalkostnad. Modellen tar till exempel inte hänsyn till vilka aktörer som kan tänkas genomföra åtgärder, och vilka incitament och andra förutsättningar dessa har. Hur realistiskt är det att nå dit? Det gör det svårt att avgöra om det är realistiskt att uppnå den

grad och takt av förändring som modellen representerar. Det kräver noggranna bedömningar av resultaten för att avgöra om det tar 'för kort tid' att ställa om till ny teknologi.

Detta betyder inte att energisystemmodeller som TIMES-Sweden inte fångar upp några trögheter överhuvudtaget – till exempel, att hela bilparken, hela byggnadsbeståndet, eller alla fabriker antas kunna bytas ut omgående. Modellen innehåller förutvarande utrustning, och den takt den kan ersättas. När det gäller bilar betyder detta att modeller har data på nuvarande bilar, skrotningstakt, och nybilsköp. Då bilar ofta finns på vägarna i 15 år efter att de köpts, skapar denna dynamik en stark inneboende tröghet. Trögheten är ännu högre i andra sektorer med än mer långlivad utrustning, som industri och byggnader. Modellen målar således upp en stegvis bana till varje år som modelleras.

Energisystemmodeller kan också införa andra begränsningar, till exempel av hur snabbt en teknologi växer per år, hur stor del av det totala beståndet den uppnår, eller hur stora resurser som finns tillgängliga för vissa energislag, eller hur stor andel variabel förnyelsebar energi som finns i kraftsystemet.

EMEC inkluderar andra orsaker till tröghet i omställningen

I kontrast till detta bygger EMEC på antaganden om ekonomiska aktörers benägenhet att förändra sina val när priser förändras (*elasticiteter*). En koldioxidskatt fördyrar varor som får högre koldioxidskatt, till exempel energi som går in i produktion, bensin som används för transport etc., vilket innebär att konsumtion av denna vara minskas. I en allmänjämviktsmodell antas denna förändring kunna uppskattas baserat på vad aktörer *tidigare har gjort* vid en prisförändring. Till exempel kan konsumenter välja att köpa mindre av varan och istället välja en annan, eller fortsätta köpa samma mängd samtidigt som de skär ner konsumtionen av något annat. De beteendeförändringar som tidigare observerats antas alltså gälla i de uppskattningar om framtiden som görs i en allmänjämviktsmodell.

I princip bäddar detta för en mer fullständig representation av kostnader. Till exempel är det möjligt att aktörer (hushåll, företag) utsätts för indirekta kostnader av åtgärder (se nästa kapitel). De kan också styras av förutvarande beteenden, normer, eller preferenser. Det kan ta tid för nya tekniker att accepteras eller spridas, även när de vid första anblick ter sig kostnadseffektiva (inom tekniklitteraturen talas ofta om en S-formad kurva). I den mån dessa faktorer påverkar historiska samband finns de även (indirekt) representerade i EMEC:s bedömning av hur starka styrmedel som krävs för att åstadkomma en given förändring. Dessutom betyder aktörsperspektivet att dessa betraktas som *kostnader*: om höga skatter krävs för att påverka beteende, bedöms detta vara för att aktörer har starka skäl att hålla fast vid förutvarande konsumtionsmönster. Policy som syftar till att påverka medför därför också större kostnader.

Simuleringar baserade på historiska data kan ha begränsad användning på längre sikt

Historiska data har mest att säga på kortare sikt. Att utgå från historiskt beteende på längre sikt kan däremot vara problematiskt, särskilt om framtida scenarier innefattar stora teknikförändringar, eller om de prisförändringar som modelleras är stora.

Det finns många exempel på förändringar i energisystemet som påverkat aktörers benägenhet att ändra bränsleslag eller öka effektiviteten. Som ett exempel: när tillförlitliga och allt effektivare värmepumpar blev tillgängliga blev också eluppvärmning långt mer aktuellt i svenska byggnader, och det historiska data på konsumenters benägenhet att använda el genom direktuppvärmning (med långt högre kostnader) var av mindre nytta i detta nya läge. Samma sak gäller sannolikt för introduktionen av elbilar: teknikens förmåga att uppfylla konsumenters krav förändras snabbt, och mängden tillgängliga historiska data är också väldigt liten.

Likaledes är det potentiellt problematiskt att använda data på relativt små prisförändringar för att uppskatta framtida beteenden i en situation där priserna ändras drastiskt. Detta gäller i hög grad de modelluppskattningar som bygger på mycket höga koldioxidpriser. De skatter på mer än 30 kr/kgCO₂ som simuleras i en del scenarier (#2, #5, även #4) skulle leda till ökade bränslepriser bortom de nivåer som finns i historiska data. Det är därför också fullt möjligt att konsumenters benägenhet att ändra sina val ändras när energipriser stiger till så höga nivåer. Mer allmänt skulle priser på sådana nivåer sannolikt också leda till starka incitament för strukturomvandling, teknikutveckling, och förändringar av beteende. Dessa är anpassningar som inte fångas upp av nuvarande modellverktyg, och som behöver undersökas med kompletterande analyser.

Styrmedel och implementeringsaspekter kan avsevärt påverka kostnaden

Vilka åtgärder som är möjliga att genomföra beror också i hög grad på vilka styrmedel som används. Gemensamt för scenarierna som analyseras här är att de – inom ramarna för de åtgärder som finns representerade och tillgängliga i modellen – tenderar att välja de billigast tillgängliga åtgärder som finns att tillgå. I TIMES-Sweden görs inga antaganden om vilka styrmedel som kan tänkas bli aktuella, utan den åtgärds-kostnaden minimeras direkt. I de scenarier med EMEC som redovisas här antas en koldioxidskatt i den icke-handlande sektorn, vilket leder till den minsta teoretiskt möjliga kostnaden enligt modellens förutsättningar.

Faktisk klimatpolitik är långt mer komplicerad, och tar en rad övriga hänsyn i beaktande – från målsättningar att bistå vissa teknisklag, till energisäkerhet, till fördelningsaspekter och industrihänsyn. I den mån bilden i modellerna är för idealiserad är det möjligt att de underskattar kostnaden av de styrmedel som faktiskt skulle införas för att nå ned till de utsläppsnivåer som avses i scenarierna.

Ytterligare trögheter kan vara relevanta men inte fångas upp av modeller

Utöver dessa finns även andra källor till tröghet som kan bromsa om omställning till lägre utsläpp. Detta kan röra sig om faktorer såsom institutionella brister, koordineringsbehov (till exempel av infrastruktur), eller marknadsmisslyckanden. Social acceptans för teknologier kan förändras snabbt, såsom skett med kärnkraft i ett antal länder. Det kan också röra sig om den tid det tar att utveckla och sjösätta nya affärsmodeller, eller skapa nya finansieringsmodeller. Regleringar kan också stå i vägen på oväntade sätt. Dessa har gemensamt att de inte är lätta att representera i modeller.

Utvärdering av modellresultat kräver en bedömning av vilken förändringstakt som är realistisk

Hur kan ovanstående frågeställningar tas i beaktande i uttolkningen av modellresultat av klimatmål? Vi gör här ingen bedömning av vilken modellansats som är mest realistisk. Istället beskriver vi ett förfarande som skulle kunna komplettera modellanalyser för att göra en sådan avvägning.

I fallet TIMES-Sweden är den stora frågan om de förändringar i konsumentval, tillgängliga produkter, mobilisering av resurser, mm som krävs för en given utvecklingsbana är möjliga att realisera. Ett sätt att bedöma detta vore att studera modellresultaten, och avgöra om specifika implikationer anses rimliga. Exempel kunde vara:

- Vad är marknadsandelen av elbilar i varje år mellan 2016-30?
- Vad är tillväxttakten i biobränsleproduktion/-konsumtion?
- Vilken mängd kapital investeras i energieffektivisering av byggnader?
- Hur många hushåll renoverar energiprestandan i småhus?
- Vilken mängd vindkraftverk byggs per år, och vilken tillväxt inom industrin krävs för att uppnå detta?
- Vad är den övergripande förändringstakten i energiintensitet för ekonomin som helhet?
- Osv.

Sådana frågeställningar kan sedan jämföras med till exempel historiska samband eller andra måttstockar för att avgöra om specifika scenarier är realistiska. De kan också utvecklas till riktmärken som kan spåras över tid för att se om en omställning fortgår som antas behövas för att nå framtida mål.

I fallet EMEC finns ingen motsvarande möjlighet att studera "åtgärder" i detalj, då modellens struktur betyder att individuella åtgärder inte representeras. Däremot kan modellresultat på högre nivå jämföras, såsom:

- Vilken minskning av transportarbetet sker?
- Hur stor del av persontransporter sker med kollektivtrafik?
- Vilken årlig tillväxttakt av biobränsle krävs för att nå de andelar som modelleras inom industri?

- Vilken årlig förbättring av energiintensitet krävs för att uppnå utfallet i olika branscher?
- Är elpriset som antas liknande det som ses från specifika elmarknadsmodeller?
- Vilka branscher minskar eller ökar i förädlingsvärde?
- Osv.

Överlag är det klart att modellresultat måste kompletteras med ytterligare bedömningar för att avgöra om modellens antaganden och simulerade utfall är i samklang med andra källor till insikt. Likaledes kan det ha stort värde att göra särskilda studier av barriärer för olika utveckling som modellerna visar på som viktiga. Detta är särskilt viktigt om modellresultaten ger överraskande resultat – såsom särskilt låga eller höga kostnader för åtgärder.

Kapitel 4

4 Kategorier av kostnader och konsekvenser

En sista pusselbit i skillnaden mellan olika modellresultat är att förstå vilka kostnader som redovisas, och i vilken utsträckning effekter på ekonomin som helhet finns med. Detta rör sig inte bara om kostnader, utan även om att förstå olika mönster – fördelnings-effekter, strukturomvandling, mm – som kan tänkas uppstå med omställningen till lägre utsläpp. I sammanfattning:

- Modeller använder olika mått på kostnader som inte är direkt jämförbara. I TIMES-Sweden begränsas kostnader till bokföringsmässiga kostnader inom energisystemet. I EMEC representeras hela ekonomin, och kostnader mäts i termer av minskad BNP.
- Kostnaderna blir högre om åtgärder för att minska utsläpp medför stora indirekta kostnader för konsumenter och företag. Det är en omstridd fråga om sådana kostnader är betydande eller inte, och vad de i så fall har för betydelse.
- En förståelse för jämviktseffekter i ekonomin som helhet ger viktiga insikter om vilka konsekvenser som uppstår i en omställning till lägre utsläpp. Det är dock inte givet att nettoeffekten av sådana effekter alltid att kostnaderna blir högre, jämfört med de kostnader som uppstår enbart inom energisystemet.
- BNP och systemkostnader är informativa men inkompleta mått på välfärd. De kan kompletteras med andra analyser, inklusive av sidokostnader och sidonyttor som uppstår till följd av utsläppsminskningar – såsom förbättrad luftkvalitet. Sådana kostnader finns inte återgivna i befintliga modellresultat.
- Likaledes kan stora förändringar leda till omställningskostnader, som inte heller finns representerade i nuvarande modeller. Även om dessa är övergående kan de vara betydande på kort sikt, och särskilt viktiga ur fördelningspolitiskt perspektiv. De utgör därför ytterligare en grund till att modellresultat bör kompletteras med andra analyser.

Det centrala budskapet är att jämviktseffekter är viktiga: de bör inkluderas i samhällsekonomiska analyser. Utöver detta finns en rad andra analyser som kan ge ytterligare insikt för att ge en mer fullständig bild.

Modeller använder olika mått på kostnader som inte är direkt jämförbara

TIMES-Sweden beräknar de totala direkta kostnaderna som uppstår i energisystemet

Systemkostnaden som beräknas i modellen innefattar samtliga kostnader i energisystemet, inklusive energiutvinning, -omvandling och -användning. Samtliga investeringar,

underhållskostnader, bränsle- och andra insatskostnader, tas i beaktande. Kostnadsestimaten är dock begränsade till energisystemet: modellen redogör inte för effekter i andra delar av ekonomin.

En möjlig underskattning av dessa kostnader är att finansieringskostnader inte ingår. När finansieringen sker med privat kapital uppstår en kostnad i form av avkastning till ägare och räntebetalningar till långivare. Detta är en reell kostnad för energiprojekt. För vindkraft kan till exempel denna kostnad uppgå till så mycket som en tredjedel av den totala energikostnaden, men inkluderas inte i systemkostnader beräknade med TIMES-Sweden.¹⁰

Ett vanligt missförstånd är att subventioner och skatter skulle påverka kostnadsberäkningarna i energisystemmodeller (så att kostnader till exempel underskattas därför att vissa tekniker är subventionerade). Subventioner kan användas i modellen, och påverka vilka teknologier som används i ett kostnadsminimerande scenario. De inkluderas dock inte i den rapporterade systemkostnaden. Det samma gäller skatter, som annars skulle leda till en överskattning av kostnaden (och som i realiteten är mycket högre än subventioner i det svenska energisystemet).

EMEC beräknar bruttonationalprodukten (BNP): summan av värdet på samtliga varor och tjänster som produceras och konsumeras i ekonomin

BNP inkluderar all privat och offentlig konsumtion, statliga utgifter, investeringar, samt exporter minus importen som sker inom landets gränser. En fördel med BNP är att eventuell dubbelberäkning undviks: värden allokeras endast en gång.

Kostnader inom referensscenariot redovisas inte i resultaten

De referensscenarier som redovisas i Kapitel 1 inkluderar effekterna av klimatpolitiska styrmedel som redan är genomförda eller beslutade. De modellansatser som redovisas här uppskattar i sin tur kostnaden av ytterligare åtgärder utöver detta. I den meningen uppskattar de inte den totala kostnaden av att uppnå ett klimatmål. Sverige har dock haft betydande åtgärder för att minska växthusgaser i åtminstone 30 år, och det vore en högst teoretiskt att försöka konstruera ett scenario för ekonomin som är "fritt" från dessa åtgärder. Det är inte heller klart vilket värde sådana beräkningar skulle ha för de ytterligare besluten.

Direkta och indirekta åtgärds-kostnader

De direkta åtgärds-kostnaderna för att nå ett klimatmål är de extrakostnader som uppstår när de energitjänster som efterfrågas i ekonomin ska levereras på ett mindre utsläppsinintensivt sätt.

Att fånga de direkta åtgärds-kostnaderna är precis vad en modell som TIMES-Sweden har till uppgift. Modellen visar den lägsta möjliga kostnaden för att tillhandahålla en uppsätt-

¹⁰ I TIMES-Sweden diskonteras kapitalinvesteringar med en relativt låg sats på 3,5%, för att möjliggöra jämförelser mellan olika investeringar; men varken denna kostnad eller den sannolikt högre kostnaden för finansiering ingår i den beräknade systemkostnaden.

ning energitjänster med och utan klimatmål, och skillnaden mellan de två totalkostnaderna är ett mått på klimatmålets direkta åtgärds kostnad. Kostnaderna representeras i detalj i olika komponenter.

Även i EMEC finns representation av vissa direkta kostnader – till exempel, kostnaden för bioenergi. Likaledes finns kostnaden för energieffektivisering implicit representerad, genom benägenheten att öka insatsen av kapital och arbete istället för att använda energi i produktion. Modellens fokus ligger dock inte på simulering av åtgärder och kostnadsminimering, utan på att nå klimatmålen och samtidigt uppnå högsta möjliga nytta för samhället. Modellen fångar till exempel hur konsumenter väljer mellan olika varor, där deras val påverkas av de direkta kostnaderna för olika alternativ, men även *indirekta kostnader* och andra källor till trögheter (se nedan).

Teknikutveckling och -antaganden påverkar kostnader i hög grad

All modellering av framtida kostnader för klimatåtgärder kräver att framtida kostnader för teknik specificeras i någon grad. Detta har också identifierats som en avgörande faktor för hur kostsamt det är att uppnå klimatmål.

Att bilda en uppfattning om framtida teknikkostnader (och -tillgänglighet) är mycket vanskligt, särskilt på längre sikt. Den senaste tidens snabba teknikutveckling inom förnyelsebar energi såväl som energiteknik som LED-belysning och energilager har betytt att många modeller i det förflutna överskattat framtida kostnader. Det är dock svårt att dra generella slutsatser utifrån detta, då det inte per automatik betyder att framtida kostnader kommer att fortsätta falla.

Det material vi sammanställt för den här rapporten ger inte möjlighet att jämföra hur olika antaganden om framtida teknikutveckling påverkar resultaten: scenarierna undersöker inte denna faktor. Det närmaste som finns tillgängligt är den teknikutveckling (som effektivare fordon) som undersöks i en del scenarier; dessa har som diskuteras ovan en väldigt stor inverkan på resultaten.

Det är också möjligt att klimatåtgärder och -styrmedel blir bidragande till teknikutveckling. Ingen av modellerna inkluderar en representation där styrmedel eller utsläppsmål blir pådrivande för teknikutveckling.

Indirekta åtgärds kostnader tas i viss mån i beaktande i EMEC

Åtgärder för att minska utsläpp kan också föra med sig så kallade *indirekta kostnader*, det vill säga kostnader som inte dyker upp som en räkning som måste betalas i pengar, men som ändå påverkar aktörers beteende och som upplevs negativt. När ett hushåll väljer bil är det till exempel inte enbart priset och driftskostnaden som spelar roll, utan många andra aspekter (säkerhet, bekvämlighet, accelerationsförmåga, maximal körsträcka på full tank, mm). Liknande faktorer finns även för många andra energianvändande teknologier.

Kostnaden av den här sorten är mycket svåra att identifiera och värdesätta och uppskatta i termer av pengar, även om ett antal ansatser har gjorts. De finns därför sällan represen-

terade i teknikbaserade modeller, och inte i de scenarier med TIMES-Sweden som redovisas här. Av samma skäl är det också svårt att avgöra hur viktiga dessa faktorer faktiskt är. En del undersökningar av bilmarknader har dock dragit slutsatsen att faktorer som de som omnämns ovan kan förklara en stor del av varför energieffektiva bilar inte används i den omfattning som annars skulle förväntas¹¹. Även detta resultat är dock ifrågasatt av andra studier¹².

En modell som EMEC har fördelen att den inte behöver specificera dessa faktorer individuellt. Istället tas alla dessa, såväl som direkta kostnader för åtgärder, i beaktande *top down* genom uppskattningar av aktörers benägenhet att ändra sina val när priser förändras. Trögheter som observeras i dessa uppskattningar förmodas spegla den fulla *alternativkostnaden*, inklusive indirekta kostnader som är svåra att direkt observera.

Frågan om ”negativa kostnader” är omstridd, men påverkar sannolikt inte svenska modellresultat i stor utsträckning

En frågeställning som dyker upp i samband med åtgärds-kostnader är huruvida det finns åtgärder som har ”negativa kostnader”: det vill säga, som leder till minskade utsläpp av växthusgaser och samtidigt sparar pengar.

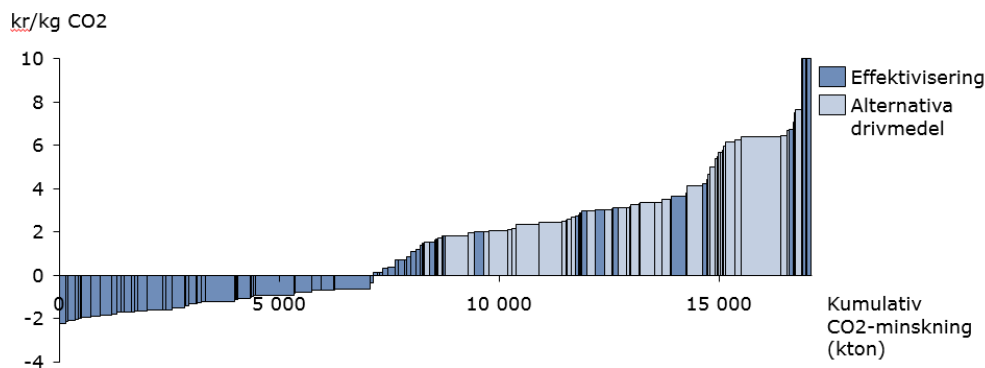
Denna möjlighet har lyfts fram framför allt inom energieffektivisering. En rad ingenjörstudier av effektiviseringsmöjligheter och -kostnader identifierar stor potential inte bara att använda energi mer effektivt med befintlig teknik, utan också att göra det på sådant sätt att de ytterligare investeringar som krävs mer än betalas av lägre framtida bränsleomkostnader. Det faktum att sådana åtgärder kan identifieras men inte genomförs kallas ofta för ett ”energieffektiviseringsgap”.

Ett exempel från Sverige är en kostnadstrappa som tagits fram av Profu för åtgärder som minskar utsläpp i transportsektorn, och som återges i Figur 11. Denna analys visar på ”negativa kostnader” för växthusgasutsläpp som motsvarar ca. 7 Mt ton koldioxid för 2030. Om den analysen stämmer, och åtgärderna kan genomföras inom tiden till 2030 och utan att andra kostnader uppstår än de som inkluderats, skulle det finnas teoretisk potential att nå svenska klimatmål till mycket låga kostnader.

¹¹ Sallee, West och Fan (2015)

¹² US Environmental Protection Agency (2010)

Figur 11 Kostnadstrappa för åtgärder inom transportsektorn som reducerar växthusgasutsläpp (år 2030)



Not: Åtgärder som kostar över 10 kr/kg CO₂ har slagits ihop. Sista "trappsteget" innehåller därför åtgärder som kostar upp till 26 kr/kg CO₂.

Källa: Copenhagen Economics baserat på underliggande data från Profu (2014).

Nationalekonomiska analyser har traditionellt varit skeptiska till att sådana möjligheter verkligen står att finna. De resonerar att om konsumenter inte väljer ett "billigare" alternativ måste det finnas skäl till detta: antingen att de teknologiska bedömningarna är för optimistiska, att åtgärderna medför indirekta kostnader som inte inkluderas i beräkningarna, eller att de inte tar i beaktande andra relevanta faktorer såsom att beslut måste fattas under osäkerhet¹³. Utöver detta finns det också skepsis till att den teoretiska potentialen, även om den vore reell, är möjlig att genomföra utan att det leder till andra välfärdsluster. Om det inte går att förlita sig på individuella val blir alternativet lätt att tvinga fram åtgärder genom regleringar, men det för i sin tur med sig risken att begränsningar medför kostnader som inte är lätta att förutse.

Det alternativa perspektivet är att det finns både institutionella och beteendevetenskapliga faktorer som stöder tesen om ett energieffektiviseringsgap. En rad "barriärer" till energieffektivisering har identifierats. En del av dessa, såsom transaktionskostnader, asymmetrisk information, agentproblem, mm, har karaktär av *marknadsmisslyckanden*: det vill säga, de kan i princip leda till att individuella beslut inte speglar vad som är bra för samhället¹⁴. Andra uppstår på grund av andra regleringar som motarbetar energieffektivisering¹⁵. Beteendeekonomi har också identifierat en rad fenomen som i princip kan leda till systematisk undervärdering av energieffektivisering¹⁶. De som för fram dessa synpunkter pekar inte bara på stor energibesparingspotential, utan även på en möjlighet till produktivitetsökningar som kan gynna ekonomin. Till exempel har OECD och IEA uppskattat stora BNP-vinster om vissa energieffektiviseringsåtgärder kan genomföras¹⁷ (International Energy Agency, 2012).

¹³ Allcott och Greenstone (2012); Gillingham och Palmer (Gillingham & Palmer, 2013)

¹⁴ Jaffe, o.a. (2005)

¹⁵ Copenhagen Economics (2012)

¹⁶ Grubb, o.a. (2015)

¹⁷ International Energy Agency (2014)

Hur relevant är detta för uppskattningar av svenska klimatmål? I EMEC utesluts möjligheten att en del åtgärder utöver referensscenariot är vinstinbringande. Hushåll och företag antas redan i referensscenariot ha gjort de val som gynnar dem. Detta inkluderar investeringar som minskar energianvändande. Ändringar av dessa val medför därför automatiskt en välfärdsförlust, enligt modellen. Om ”energieffektiviseringsgapet” är reellt överskattat en modell som EMEC kostnaderna.

I TIMES-Sweden är ”negativa kostnader” teoretiskt möjliga (till exempel leder scenarier med högre oljepriser till att biobränslen blir lönsamma). I de resultat som ligger för handen är det dock inte troligt att åtgärder som är vinstinbringande är en stor bidragande faktor till de lägre kostnadsestimat som uppnås av TIMES-Sweden, särskilt som energieffektivisering inte en stor del av utsläppsminskningarna. Däremot är modeller som TIMES-Sweden öppna för samma kritik som gjorts mot studier av effektiviseringspotential, att kostnader lätt underskattas, teknikprestanda överskattas, och indirekta kostnader utesluts. Sådan kritik är dock oftast produktiv om den kan beläggas genom faktisk empiri.

Det material som finns tillgängligt medger inte en djupare undersökning av dessa frågor. Det kvarstår dock att tilltron till resultaten från framförallt energisystemmodeller i hög grad är beroende på att de underliggande parametrarna anses pålitliga. Mer allmänt är frågan om konsumenters förutsättningar att fullständigt vidta åtgärder som gynnar dem viktig för uppskattningar av vad utsläppsminskningar får för konsekvenser, men också för val och design av styrmedel.

En förståelse för jämviktseffekter ger ytterligare insikt om vilken ekonomisk påverkan som kan väntas av klimatpolitiken

Åtgärder och styrmedel för att minska klimatutsläpp påverkar ekonomin som helhet, genom så kallade *jämviktseffekter*. Dessa tar flera olika former. Kostnader av styrmedel kan spridas i ekonomin genom att förändrade kostnader som resulterar från klimatpolitiken (till exempel, en koldioxidskatt) övervältras till priser på varor – vilka i sin tur används som insatser i annan produktion, osv. Kopplingar mellan marknader kan betyda att effekter uppstår även utanför energisystemet: till exempel, om ökad användning av träråvara för biodrivmedel ökar kostnaden för att producera inte bara andra energiprodukter såsom värme och el, utan även också råvaror för pappers- och massaindustrin. Förändrade priser kan också förväntas ändra andra beslut, såsom arbetskraftsutbud, och påverka internationell konkurrenskraft. I förlängningen leder dessa och andra effekter som fortplantar sig i ekonomin till en strukturomvandling, det vill säga att vissa sektorer växer medan andra minskar i betydelse (allt inom ramen för de resurser som finns tillgängliga). Alla dessa effekter kan i sin tur påverka skatteuttag.

En förståelse för denna uppsjö av indirekta effekter kan vara mycket viktigt för att få ett korrekt beslutsunderlag. En viktig aspekt är fördelningspolitiska konsekvenser, till exempel mellan olika inkomstgrupper, eller mellan stad och landsbygd. Likaledes kan en indikation om strukturomvandling i näringslivet ge viktig information om hur klimatpolitiken påverkar andra prioriteringar och målsättningar. EMEC är särskilt utformad för att un-

dersöka just denna sorts effekter, och har förhållandevis stor detaljrikedom i representationen av antalet branscher, kategorier av hushåll, och offentlig verksamhet. Dessa effekter finns däremot inte alls med i TIMES-Sweden – men det är inte heller syftet med en energisystemmodell.

Nettoeffekten av jämviktseffekter för kostnader av klimatmål är inte given

Hur påverkar modellens olika representation av jämviktseffekter kostnadsestimaten? Det är inte så enkelt som att EMEC inkluderar ”fler” kostnader, och därför ger högre kostnader än TIMES-Sweden. Som vi diskuterade i Kapitel 2 kan möjligheter till ytterligare anpassningar genom förändrad konsumtion och produktion i själva verket medföra att dyra, tekniska lösningar kan undvikas.

Med de resultat som finns tillgängliga kan vi enbart göra enkla och rätt grova jämförelser. Till exempel är ökningen i BNP bortfall mellan scenario #5 och scenario #4 sådan att den genomsnittliga ekonomiska förlusten per kg CO₂ är runt 100 kr. Detta är tre gånger högre än det pris på koldioxid som ekonomin utsätts för, som ligger runt 35 kr per kg CO₂. I det här fallet – med extremt höga koldioxidprisnivåer – verkar det därför som att jämviktseffekterna är stora och negativa.

Det är inte överraskande att stora och negativa jämviktseffekter tillkommer vid CO₂-prisnivåer som är så stora att transportarbetet kraftigt minskar. I många industrier kan minskat transportarbete endast ske genom produktionsbortfall – annars kan varan inte nå kunden (och det i vilket fall så EMEC modellerar transporter av varor). Likaledes tyder de beteendedata som EMEC bygger på, att hushåll enbart flyttar konsumtion till andra varor eller tjänster i stor volym om kostnaden för transporter blir mycket hög. BNP-bortfallet sker därefter i många olika sektorer som är beroende av varor och tjänster som påverkas av de höga CO₂-skatterna, och genom minskad konsumtion när hushållens disponibla inkomst sjunker.

I andra scenarier med lägre skattesatser är jämviktseffekterna proportionerligt mycket mindre (till exempel en faktor två på koldioxidpriset mellan scenario #3 och #4, även om detta också har väldigt höga CO₂-priser på hela 25 kr/kg). Enligt diskussion i kapitel 2 är dock dessa scenarier att betrakta som extremfall, snarare än som representativa för vilka jämviktseffekter som kan tänkas uppstå med CO₂-priser närmre nuvarande nivå.

Skatteväxling kan ha stor betydelse för nettokostnaden

Höjda CO₂-skatter leder till högre skatteintäkter, vilket in princip öppnar för sänkta skatter på andra områden. Detta kallas ofta för ”*double dividend*”: det vill säga, att styrmedel för klimatpolitik har inte bara uppnår nytta i form av minskade växthusgasutsläpp, utan även skapar förutsättningar för att sänka andra skatter och därmed minska förutvarande snedvridningar i ekonomin. Detta antas i ett flertal analyser på EU-nivå av kostnaden av klimatmål¹⁸. Det är också en del av Konjunkturinstitutets analyser. I ett utkast från 25 april 2016¹⁹ blir BNP-minskningen av att klara utsläppsmål runt 2 procentenheter högre utan skatteväxling, än med skatteväxling.

¹⁸ Se exempelvis Copenhagen Economics (2010)

¹⁹ ”En samhällsekonomisk analys av klimatmål till 2030”

Antaganden om hur skatteintäkter används visar sig ha stor betydelse för hur stora kostnaderna blir av klimatpolitiken. I vissa scenarier som analyserats med EMEC antas intäkter från koldioxidbeskattning användas för att sänka skatten på arbete, vilket minskar snedvridningar på arbetsmarknaden. I scenarier där skatteintäkter istället återbördas som en ”klumpsumma” (det vill säga, utan att påverka hushålls eller företags incitament), blir däremot BNP-påverkan högre.

Det är dock tveksamt hur stora vinster som verkligen finns att tillgå från en *double dividend*. Skatter sätts med en rad olika målsättningar, och scenarier som bygger på att miljöpolitik medför stora omfördelningseffekter eller strukturella förändringar i arbetsutbud riskerar att underskatta vikten av andra målsättningar²⁰.

Sidokostnader och sidonyttor påverkar välfärdseffekterna ytterligare

En vanlig kritik av BNP är att det är ett inkomplett mått på välfärd. Välfärdseffekter utöver de som fångas upp av BNP behöver därför uppskattas på annat sätt, utanför de resultat som beräknas av EMEC eller liknande.

Ett konkret exempel är att utsläppsminskningar för med sig en rad sidoeffekter, utöver den direkta klimateffekten. Till exempel resulterar förbränning av fossila bränslen inte bara i utsläpp av koldioxid, utan även andra typer av luftföroreningar såsom svaveldioxid, kväveoxider, marknära ozon och partiklar, som bland annat påverkar människors hälsa och även har effekter på jordbruksproduktivitet. En rad studier har visat att de positiva effekterna av att minska dessa utsläpp kan vara betydande. Till exempel uppskattade en studie av EU:s klimatpolitik som helhet att värdet av bättre luftkvalitet i genomsnitt motsvarade 21 EUR för varje minskat ton utsläpp av CO₂²¹. Även andra sidonyttor kan vara betydande. En studie drog till exempel slutsatsen att sidonyttorna från energieffektivisering kan vara så stora som 19-43 procent av värdet på energibesparingar²².

Även sidokostnader kan uppstå. Ökat uttag av biomassa från skogen kan till exempel ha negativa effekter på biologisk mångfald; ökad användning av vattenkraft kan stå i konflikt med lokal vattenmiljö; fler vindkraftverk kan ses som en ovälkommen påverkan på landskapet; osv.

Sidokostnader och -nyttor finns inte med i TIMES-Sweden. Vad gäller EMEC har modellen använts för att analysera den här typen av frågor, exempelvis i Forslund, Marklund och Samakovlis (2007). I existerande modellkörningar som ligger till grund för analyser av klimatmål finns dessa sidoeffekter emellertid inte med.

Omställningskostnader kan uppstå på kort sikt

I stycket om jämviktseffekter ovan diskuterades att förändrade relativpriser på varor och tjänster i ekonomin leder till en strukturuomvandling: vissa verksamheter växer, medan

²⁰ Nordiska Ministerrådet (2015)

²¹ Holland, o.a. (2011)

²² Ürge-Vorsatz, o.a. (2009)

andra krymper. En mängd trögheter betyder att sådan omvandling inte sker över en natt, utan tar tid. Exempel kan vara att arbetskraften som arbetar i en energiintensiv sektor kan behöva lära sig nya tekniker och arbetssätt för att sysselsättas i de växande sektorerna; att nya verksamheter måste skapas och växa, och med dem eventuellt också nya affärsmodeller och finansieringslösningar; att nya institutionella arrangemang och regleringar kan krävas; och att vissa förlopp kan vara beroende av samtidig utveckling av relaterad infrastruktur. Under det att resurser omfördelas kan sådana strukturomvandlingar leda till att resurser inte utnyttjas till fullo, till exempel genom (temporärt) ökad arbetslöshet eller endast gradvis omfördelning av kapital.

För att fånga denna typ av förlopp krävs en *dynamisk* modell, det vill säga en modell med en direkt representation av tidsförlopp. Som diskuterades ovan har TIMES-Sweden viss förmåga att göra detta, specifikt genom att hålla reda på vilket kapital som finns och ersätts inom energisystemet. Modellen är dock inte avsedd att fånga upp bredare ekonomiska effekter. EMEC är å sin sida en statisk modell, som modellerar ett enstaka år snarare än ett förlopp. I realiteten fångas därför omställningskostnader inte upp i något av de scenarier som diskuteras här, utan måste bedömas genom ytterligare analyser.

Kapitel 5

5 Sammanfattande slutsatser och rekommendationer

Vår övergripande slutsats är att enskilda modellresultat som nu finns tillgängliga inte medger entydiga slutsatser om vad det kostar att nå svenska klimatmål. De bör kompletteras med andra analyser och perspektiv. Vi har fem rekommendationer för detta:

1. Undvik att använda enskilda scenarier som grund till ett beslutsunderlag.

Scenarier med mycket höga kostnader (5-9 procent av BNP) bygger på mycket pessimistiska antaganden om möjligheterna att minska utsläppen från transporter. Scenarierna som visar på mycket låga kostnader (mindre än 0,5 procent av BNP) bortser å andra sidan i hög grad från trögheter och effekter i ekonomin som helhet. Det är frestande att istället dra slutsatsen att resultaten som ligger däremellan därför är mer rimliga, men det är vanskligt givet att dessa resultat också utarbetats under samma modellbegränsningar.

2. Använd modeller för viktiga kvalitativa insikter

Däremot ger modellresultaten insikt i vilka faktorer som påverkar vad som krävs, och vilka konsekvenserna kan bli med olika utveckling

- EMEC ger till exempel viktig kvalitativ insikt om vad som skulle hända om tekniska förändringar av någon anledning är svåra att genomföra, medan målet för utsläpp ändå ligger fast: resultatet skulle bli behov för mycket kraftiga styrmedel och snabbt skenande kostnader. Det går däremot inte att från modellresultaten sluta sig till att sådana styrmedel och kostnader troligen kommer att uppstå.
- TIMES-Sweden ger viktig insikt om de tekniska förutsättningarna för utsläppsminskningar, och visar att merkostnaden av koldioxidfria tekniker för att tillgodose energibehov, om de kan genomföras och kostnadsantagandena stämmer, kan bli relativt liten i förhållande till ekonomin som helhet. Däremot visar modellen inte att det är realistiskt att på 15 år få till stånd det teknikskifte som behövs, eller vilka de ytterligare konsekvenserna för ekonomin skulle bli.

3. Utför analyser som möjliggör en bedömning av modellresultat

Med hjälp av andra analyser är det möjligt att skapa måttstockar med vars hjälp modellscenarier kan utvärderas. Dessa kan röra sig om investeringstakt, marknadsandelar för ny teknik, kvalitativa analyser av barriärer till det som antas i modellscenarier, mm.

4. Utför ytterligare känslighetsanalyser för att förstå vikten av antaganden

Även om modeller har begränsningar finns det utrymme för ytterligare insikt genom att variera antaganden och utföra ytterligare känslighetsanalyser. Frågor som vi identifierar som viktiga att undersöka vidare är bl. a.:

- **Styrmedel:** Antagandet om att utsläpp minskas genom CO₂-prissättning speglar inte hur politiken nu bedrivs på transportområdet, och det är viktigt att andra, mer verklighetsnära möjligheter undersöks (som bygger vidare på de scenarier som redan finns med EMEC).

- **Referensbana:** De senaste åren har sett stora revisioner av prognoser för 2030 års utsläpp med mer än 4 MtCO₂e. Det visar att mycket ovisst hur stora ytterligare utsläppsminskningar som krävs för ett givet mål. Analyser bör därför undersöka olika referensscenarier.
- **Bränslepriser:** Merkostnaden för alternativ till fossila bränslen beror i hög grad på bränslepriser, och prognoser har förändrats avsevärt och förblir högst osäkra.
- **Teknikutveckling:** Både EMEC och TIMES-Sweden gör antaganden om kostnaden för framtida tekniker, men antaganden är alltid osäkra och bör varieras i olika scenarier.

5. Överväg andra modellansatser

Analysen kunde också kompletteras med andra modellansatser, i två huvudkategorier. För det första vore det värdefullt att modellera individuella sektorer – och framförallt kraft- och transportsektorn – i mer detalj, för att se hur resultaten ser ut i jämförelse med det som mer heltäckande ekonomiska eller tekniska modeller representerar.

Det är dock mycket viktigt att behålla möjligheten att undersöka allmänjämviktseffekter i ekonomin som helhet. Det som nu saknas är framförallt en representation som kan sätta val och anpassningar inom transportsektorn i relation till anpassningar (såsom ändrade konsumtionsmönster) i ekonomin som helhet. Givet vikten av transportsektorn skulle en "hybridmodell" – det vill säga, en allmänjämviktsmodell med tydlig teknikrepresentation i kraft- och transportsektorn – ha särskilt stort värde i svenska sammanhang.

6. Komplettera beslutsunderlag med andra analyser

Slutligen betonar vi vikten av att inte förvänta för mycket av modeller. Även med nya scenarier och modellansatser kommer kompletterande analyser alltid att behövas för att förstå samhällsekonomiska konsekvenser. Områden som vore av särskilt värde för svenska klimatmål är bland annat:

- Trögheter, barriärer, och beteenden – särskilt inom transportsektorn
- Sidonyttor – faktorer som minskade luftföroreningar, eller eventuella sidokostnader, och deras relevans för svenska klimatmål till 2030
- Omställningsbanor – EMEC är en statisk modell, och säger således inte mycket om tidsaspekten på förändringar, inklusive vilka åtgärder som krävs vid vilken tidpunkt
- Omställningskostnader – kostnader som kan uppstå på kort sikt givet strukturförändringar i ekonomin
- Förutsättningar för genomföring – inklusive de nya investerings- och affärsmodeller för nya energilösningar som driver igenom förändringar

Bilaga A

Utblick: Vad kan vi lära av Storbritannien?

Ambitiösa modelleringsansatser där resultaten är snarlika för olika modeller

Storbritannien införde en klimatlag 2008. Denna satte bindande mål för utsläpp av växthusgaser i form av "utsläppsbudgetar" för 5-årsperioder, och skapade även ramverk för redovisning, transparens, styrning, och uppföljning. En oberoende kommitté, *Committee on Climate Change, CCC*, inrättades med en rådgivande funktion. Lagen specificerade bl. a. att råden ska bygga på vetenskaplig grund och samhällsekonomisk effektivitet.

I samband med CCC:s bildande genomfördes ett antal analyser av bland annat kostnaderna för att nå olika klimatmål. Målet som undersöktes var en minskning av utsläppen med 30 procent till 2020, jämfört med 1990 års nivå. Denna tidshorisont på 12 år är således i breda drag jämförbar med de analyser som nu görs av svenska klimatmål till 2030.

Tabell A.1. sammanfattar ett urval av de analyser som CCC lät genomföra, med fokus på modellanalyser som är jämförbara med dem som behandlas i denna rapport.

Tabell A.1 Uppskattningar av kostnader för att nå klimatmål i Storbritannien (procent av BNP)

Modell	Kostnad år 2020 (30% utsläppsminskning från 1990)
CCC teknikbaserad modell	0,28%
MARKAL-MACRO energisystemmodell	0,5%
CCC allmänjämviktsmodell (HRMC)	0,25%
Cambridge Econometrics makroekonometrisk modell (MDM-E3)	0,82%
Oxford Economics dynamisk allmänjämviktsmodell (OEIM)	1-1,5%

Not: Resultaten är hämtade från en överblick av olika modelleringsansatser i Storbritannien för att uppskatta kostnaderna för att nå olika klimatmål. Överblicken har gjorts av Committee on Climate Change (CCC), en oberoende myndighet med uppdrag att agera rådgivare till den brittiska regeringen i frågor om utsläppsmål för växthusgaser. CCC:s egen analys bygger dels på en teknikbaserad modell, och dels på en allmänjämviktsmodell som utvecklats vid brittiska skattemyndigheten (Her Majesty's Revenue and Customs, HRMC).

Källa: CCC (2008), CCC (2010)

Följande är några observationer kring dessa resultat som är relevanta för att sätta svenska motsvarande analyser i sammanhang:

1. Kostnaderna är i de flesta fall långt lägre (mindre än 1 procent av BNP) än de stora kostnader som finns i en del svenska analyser

En rad olika modellansatser gemensamt kommer till slutsatsen om relativt små kostnader. Modellberäkningarna visar samhällsekonomiska effekter mellan 0,25–0,8 procent av BNP. De stiger till 1–1,5 procent av BNP om omställningskostnaderna blir större (se nedan).

Av dessa är två ansatser jämförbara med den analys som utförs med TIMES-Sweden. CCC utvecklade en sektorsvis metod med ett antal *bottom-up* studier, vilka tillsammans visade på åtgärds kostnader ("resource costs") på 0,25 procent av BNP. Dessutom utfördes en analys med en teknikmodell "mjuklänkad" till en enkel makroekonomisk modell, MARKAL-MACRO²³. MARKAL är föregångaren till TIMES, och snarlik i sin representation av hela energisystemet. Kostnaden uppskattades till 0,5 procent av BNP. Dessa kan jämföras med de kostnader på 0,3 procent av BNP som redovisas med TIMES-Sweden i svenska scenarier.

Av detta kan vi sluta oss till att målet om en reduktion på 30 procent relativt 1990 är åtminstone i grova drag jämförbart med det svenska: *bottom-up* modeller visar på liknande merkostnader för åtgärder som uppstår i TIMES-Sweden. (År 2007 hade Storbritannien redan minskat utsläppen med 16 procent relativt 1990, men detta berodde till stor del på en engångsföreteelse i form av ett skifte från kolkraft till gaskraftverk.)

Likväl finns det viktiga skillnader. Till skillnad från svenska scenarier är energieffektivisering en mycket viktig del av flertalet sektorsstudier som CCC låtit utföra, inklusive potential för minskade utsläpp som leder till vinster ("negativa kostnader"). Detta är som vi noterar ovan omstritt, men belyser det mer generella faktum att Storbritannien börjar med mycket högre energiintensitet i bland annat byggnadsbeståndet, och mer generellt ett mer fossilberoende energisystem.

Detta leder å andra sidan till utmaningar som Sverige inte har, framförallt i kraftsektorn. Storbritannien har en till överväldigande delen fossilberoende kraftsektor, och CCC:s analys var att en snabb omställning av denna skulle vara nödvändig för att nå de mål som satts upp. Detta skapade behov av en snabb ersättningstakt (vilket är kostsamt) och högre elpriser. Modeller visar ofta stort ekonomiskt genomslag just av högre pris på el.

2. Allmänjämviktmodeller ger inte nödvändigtvis högre kostnader än teknikcentrerade modeller

En annan viktig slutsats är att allmänjämviktmodeller liknande EMEC inte nödvändigtvis visar på högre kostnader än teknikbaserade uppskattningar. Jämviktseffekter är inte alltid kostnader som uppstår "utöver" direkta åtgärds kostnader; tvärtom kan de i viss mån ersätta dyra, tekniska lösningar som annars blir nödvändiga. CCC drog den mer allmänna slutsatsen att *bottom-up* och *top-down* estimat, åtminstone i Storbritannien, kan förväntas vara av ungefär samma storlek.

Detta är förenligt med analysen ovan att de stora skillnader mellan *bottom-up* och *top-down* som finns i svenska resultat till stor del inte bygger på olika modellstruktur, utan på olika antaganden om hur görligt det är att få till stånd ett teknikskifte i transportsektorn.

²³ Loulou, o.a. (2004)

3. Flera typer av modeller har använts, som antar olika saker om ekonomins funktionssätt

De brittiska resultaten skiljer sig också från de som finns tillgängliga för Sverige på så sätt att de bygger på fler typer av modeller, inklusive modeller som bygger på annan representation av hur ekonomin fungerar. Man har framför allt använt flera olika dynamiska modeller, det vill säga modeller som inte bara jämför olika tillstånd för ekonomin som helhet vid en viss tidpunkt, utan även förloppet över tid och de anpassningar som uppstår.

Detta har gjorts med modeller från Cambridge Econometrics respektive Oxford Economics²⁴. Båda är dynamiska modeller som på olika sätt fångar omställningskostnader av att nå klimatmål. Modellen från Oxford Economics, OEIM, är däremot en traditionell allmänjämviktsmodell, men en dynamisk sådan. Ett exempel på omställningskostnader som fångas i den här typen av modell är de som uppstår vid en strukturomvandling: fysiskt kapital måste byggas upp i växande sektorer, medan kapital i krympande sektorer blir mindre användbart, och på sikt avvecklas. I detta förlopp kan resurser förbli oanvända, vilket leder till tillfälliga omställningskostnader.

Även Cambridge Econometrics modell MDM-E3 fångar upp sådana förlopp. Utöver detta är det inte en jämviktsmodell, utan bygger på Keynesiansk nationalekonomi, där arbetslöshet är vanligt förekommande. Med dessa antaganden kan åtgärder för att nå klimatmål innebära makroekonomisk stimulans, vilket leder till lägre arbetslöshet, och därmed lägre total kostnad än vad som annars skulle varit fallet. Relevansen av sådana resultat begränsas dock av att MDM-E3 inte representerar någon egentlig arbetsmarknad, och att ytterligare investeringar därför tenderar att så gott som alltid ses som välgörande för ekonomin. De skulle också behöva kompletteras av en utvärdering av varför just klimatåtgärder vore ett bra sätt att åtgärda de antagna underliggande ekonomiska problemen.

Det är möjligt att de något högre kostnader som uppstår i MDM-E3 och OEIM (mellan 0,8-1,5 procent av BNP) jämfört med teknikcentrerade och statiska modeller uppstår på grund av just omställningskostnader, men det kan också bero på helt andra faktorer som inte kan identifieras utan en mer noggrann undersökning.

4. Detaljerade analyser av enskilda sektorer har utförts och integrerats för att bedöma förutsättningarna för utsläppsminskningar

CCC har sedan de första ekonomiska analyserna genomfördes fokuserat till stor del på att bygga upp detaljerade sektorstudier, inom bland annat kraftsektorn, transporter, förnyelsebar energi inom byggnader, energieffektivisering av byggnader, och jordbruk. I flera fall har olika analyser sammanställts och jämförts. Avvägandet har varit att det inte är möjligt att bedöma vad som är möjligt, vilka styrmedel som krävs, eller vilka konsekvenser som uppstår, utan att först bygga en avsevärd evidensbas kring vilka förutsättningar som finns för att minska utsläppen.

Det har å andra sidan lett till att fokus på jämviktseffekter något sjunkit in i bakgrunden; få nationalekonomiska analyser har genomförts sedan ovanstående scenarier skapades 2008.

²⁴ De båda modellerna beskrivs närmare och jämförs i Pissarides (2008).

5. CCC har skapat riktmärken och kontinuerligt utvärderat om utvecklingen i olika sektorer är förenlig med klimatmål

CCC har även använt modellresultat för att skapa måttstockar på utvecklingen i olika sektorer. Till exempel har dessa visat att byggnadssektorn släpar efter det som hade förväntats i modellresultatet: barriärerna är större, eller styrmedlen otillräckliga, jämfört med de scenarier för utsläppsminskningar som tidigare analyser hade antagit.

6. Mycket av analysen har sedan fokuserat på genomförbarhet, genom analyser av barriärer och trögheter

Hand i hand med analyser av potential och kostnader för utsläppsminskningar har CCC – i samarbete med energi- och klimatdepartementet, DECC – därför också genomfört ett antal analyser av vilka trögheter och barriärer som finns till att uppnå lägre utsläpp. Till exempel finns det separata studier om hur hushållens beteende påverkar hur mycket energieffektivisering som kan realiseras, eller hur stort skifte till värmepumpar och andra lågkol-källor till uppvärmning som kan genomföras vid en viss tidpunkt. Ofta har dessa analyser legat till grund inte bara för bedömningen av hur stor utmaningen att minska utsläpp är, utan även för förslag till modifikationer av styrmedel.

Dessa analyser har kompletterat modellansatser, och även använts för att utvärdera om resultaten från olika modeller är troliga (till exempel om de bygger på en för hög eller för låg ersättnings- eller investeringstakt inom enskilda sektorer).

7. CCC har sammanfört analyser för att möjliggöra jämförelser och skapa en helhetsbild

Slutligen visar erfarenheten från Storbritannien vikten av en koordinerande roll. Uttolkning av modellresultat från olika källor och med olika metoder kräver avsevärd koordinering för att skapa jämförbara resultat. CCC har harmoniserat inte bara antaganden som BNP-tillväxt eller bränslepriser, utan även metodantaganden (till exempel principer för kostnadseffektivitetsanalys, diskonteringsräntor, mm). En mångfald av olika analyser kräver också en koordinerande roll som översätter och syntetiserar dessa till ett övergripande underlag för beslut.

Bilaga B

Analyserade scenarier

Tabell 2 Analyserade scenarier

Nr	Scenario	Modell	År	Scenarioutsläpp 2030 (minskning)	Kostnad	Koldioxidpris (öre/kg)	Beskrivning
1	Scn EMEC 2013-1	EMEC	2013	18 Mt (16 Mt)	-7%	>3000	Scenariot beskriver en 64% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Utsläppsbanan är förenlig med regeringens prioritering inom transportsektorn (en fossiloberoende fordonsflotta år 2030) som antas nås genom teknisk utveckling inom transportsektorn och en generell utveckling mot ett transportsnålt samhälle (till exempel antas en fördubbling av kollektivtrafiken till år 2030). Scenariot innehåller även mindre utsläppsminskningar för de andra delsektorerna i den icke-handlande sektorn.
2	Scn EMEC 2013-2	EMEC	2013	22 Mt (11 Mt)	-9%	>3000	Scenariot beskriver en 54% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Samma antagande om teknisk utveckling inom transportsektorn som i scenario 1 ovan, men utan effekterna av utvecklingen mot ett transportsnålt samhälle.
3	Scn EMEC 2014-1	EMEC	2014	30 Mt (3 Mt)	-1%	448	Scenariot beskriver en 30% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "Konvergens av utsläpp per capita".
4	Scn EMEC 2014-2	EMEC	2014	24 Mt (10 Mt)	-5%	2053	Scenariot beskriver en 40% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas bidra till det föreslagna klimatmålet på EU-nivå enligt fördelningsprincipen "BNP per capita".
5	Scn EMEC 2014-3	EMEC	2014	26 Mt (8 Mt)	-9%	3528	Scenariot beskriver en 45% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 2005, vilket är målnivån om Sverige antas gå före med ett mer ambitiöst klimatmål än vad som krävs enligt EU:s ansvarsfördelning.
6	Scn EMEC 2015-1	EMEC	2015	25 Mt (7 Mt)	-2%	1002	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, utan att påverka införandet av ny teknologi.
7	Scn EMEC 2015-2	EMEC	2015	25 Mt (7 Mt)	0%	372	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, vilket driver på införandet av ny teknologi i vägtransportsektorn utan någon extra kostnad.
8	Scn EMEC 2015-3	EMEC	2015	25 Mt (7 Mt)	-1%	252	Scenariot beskriver en 50% minskning av växthusgasutsläppen i den icke-handlande sektorn till 2030 relativt 1990. Koldioxidskatten ökar för att nå klimatmålet, vilket driver på införandet av ny teknologi i vägtransportsektorn. Kostnaden för den ytterligare effektiviseringen är precis så att

9	Scn EMEC 2016-1	EMEC	2016	20 Mt (9 Mt)	0%	380	investeringen blir lönsam givet prisbilden i scenario 2 ovan. Scenariot beskriver en utsläppsbana som grundar sig på Miljömålsberedningens antaganden.
10	Scn EMEC 2016-2	EMEC	2016	20 Mt (9 Mt)	-1%	210	Scenariot beskriver utsläppsbanan givet en fördubbling av biodrivmedelpriset.
11	Scn EMEC 2016-3	EMEC	2016	20 Mt (9 Mt)	-1%	1230	Scenariot beskriver utsläppsbanan givet lägre energieffektivisering för lastbilar och bussar.
12	Scn TIMES	TIMES-Sweden	2016	27 Mt (6 Mt)	0%	209	Scenariot beskriver en 50% minskning av CO2-utsläpp från energisektorn till 2030 relativt 2005 (motsvarar runt 85 procent av växthusgasutsläpp). För att jämka med resultat från EMEC har utsläpp från jordbruk och avfall lagts till.

Litteraturlista

- Allcott, H., & Greenstone, M. (2012). Is There an Energy Efficiency Gap? *Journal of Economics Perspectives*, 26(1), 3-28.
- Committe on Climate Change. (2010). *The Fourth Carbon Budget - Reducing emissions through the 2020s*. London: TSO.
- Committee on Climate Change. (2008). *Building a low-carbon economy: the Uk's contribution to tackling climate change*. London: TSO.
- Copenhagen Economics. (2010). *Innovation of energy technologies: The role of taxes. Report for DG Taxation and Customs Union*.
- Copenhagen Economics. (2012). "Multiple benefits of investing in energy efficient renovation of buildings." *Report for Renovate Europe*.
- Environmental Protection Agency. (2010). *How Consumers Value Fuel Economy: A Literature Review*.
- Forslund, J., Marklund, P.-O., & Samakovlis, E. (2007). *Samhällsekonomiska värderingar av luft- och bullerrelaterade hälsoproblem – en sammanställning av underlag för konsekvensanalyser*. Konjunkturinstitutet.
- Gillingham, K., & Palmer, K. (2013). *Bridging the Energy Efficiency Gap. Insights for Policy from Economic Theory and Empirical Analysis*. Resources for the Future.
- Grubb, M. (2013). *Planetary Economics. Energy, climate change and the three domains of sustainable development*. London and New York: Routledge.
- Grubb, M., Hourcade, J.-C., & Neuhoff, K. (2015). The Three Domains structure of energy-climate transitions. *Technological Forecasting and Social Change*, 98, 290-302.
- Holland, M., Amann, M., Heyes, C., Rafaj, P., Schöpp, W., Hunt, A., & Watkiss, P. (2011). *The Reduction in Air Quality Impacts and Associated Economic Benefits of Mitigation Policy. Summary of Results from the EC RTD ClimateCost Project*.
- International Energy Agency. (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2005). A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy. *Ecological Economics*, 54(2-3), 164-174.
- Konjunkturinstitutet. (2013). *Miljö, ekonomi och politik 2013*.
- Konjunkturinstitutet. (2014). *Samhällsekonomiska konsekvenser av olika bärdefördelning av ett europeiskt klimatmål*.
- Konjunkturinstitutet. (2015). *EMEC – en populärvetenskaplig beskrivning*.
- Konjunkturinstitutet. (2015). *Miljö, ekonomi och politik 2015*.
- Loulou, R., Goldstein, G., & Noble, K. (2004). *Documentation for the MARKAL Family of Models*. Energy Technology Systems Analysis Programme .
- Miljömålsberedningen. (2016). *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. SOU 2016:21*.
- Miljömålsberedningen. (2016). *Underlag för Miljömålsberedningen. "Klimatmål 2050 med TIMES-Sweden - Resultat från en första scenariostudie"*.
- Naturvårdsverket. (2012). *Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050*.
- Nordiska Ministerrådet. (2015). *Environmental policy analysis – Dealing with economic distortions*.

- Pissarides, C. (2008). *Assessment of macro economic transmission mechanisms of carbon constraints through the UK economy*. Committee on Climate Change.
- Profu. (2014). *Kostnadstrappa för CO₂-reduktionsåtgärder inom transportsektorn*. Regeringen. (prop. 2008/2009:162). *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat*.
- Regeringen. (SOU 2013:84). *Fossilfrihet på väg. Betänkande av Utredningen om fossilfri fordonstrafik*.
- Sallee, J. M., West, S., & Fan, W. (2015). *Do Consumers Recognize the Value of Fuel Economy? Evidence from Used Car Prices and Gasoline Price Fluctuations*. NBER.
- Ürge-Vorsatz, D., Novikova, A., & Sharmina, M. (2009). Counting good: quantifying the co-benefits of improved efficiency in buildings. *ECEEE summer study*, 185-195.
- Östblom, G., & Berg, C. (2006). *The EMEC model: Version 2.0*. Konjunkturinstitutet.