

Skattning av substitutionselasticiteten mellan drivmedel och drivlineåtgärder

1. INLEDNING

Detta PM beskriver en ansats för att inkorporera så kallad bottom-up-information om energieffektiviseringsåtgärder i Konjunkturinstitutets allmänjämviktsmodell EMEC.¹ I likhet med många andra numeriska allmänjämviktsmodeller använder EMEC så kallade substitutionselasticiteter för att beskriva med vilken lätthet företag kan byta olika insatsfaktorer mot varandra i sin produktion respektive hur hushållen kan byta olika varor/tjänster mot varandra när det gäller att generera nytta. Ofta kan dessa elasticiteter skattas utifrån marknadsdata. I andra fall kan detta vara svårt eller omöjligt, exempelvis då det handlar om nya valmöjligheter. Ett sätt kan då vara att skatta substitutionselasticiteter på basis av ingenjörskbedömningar eller så kallad bottom-up information om olika åtgärders effekter och kostnader. Nedan diskuteras ett sätt att göra så vad gäller energieffektivisering av personbilens drivlina. Ansatsen har tidigare använts av bland andra MIT i deras EPPA-modell när det gäller andra växthusgaser än koldioxid (Hyman et al, 2002) och energieffektivisering i personbilar och lätta lastbilar (Karplus, 2011).

Arbetet som redovisas här ingår i ett större utvecklingsarbete av EMEC, som finansierats av Energimyndigheten (projekt 40716-1).

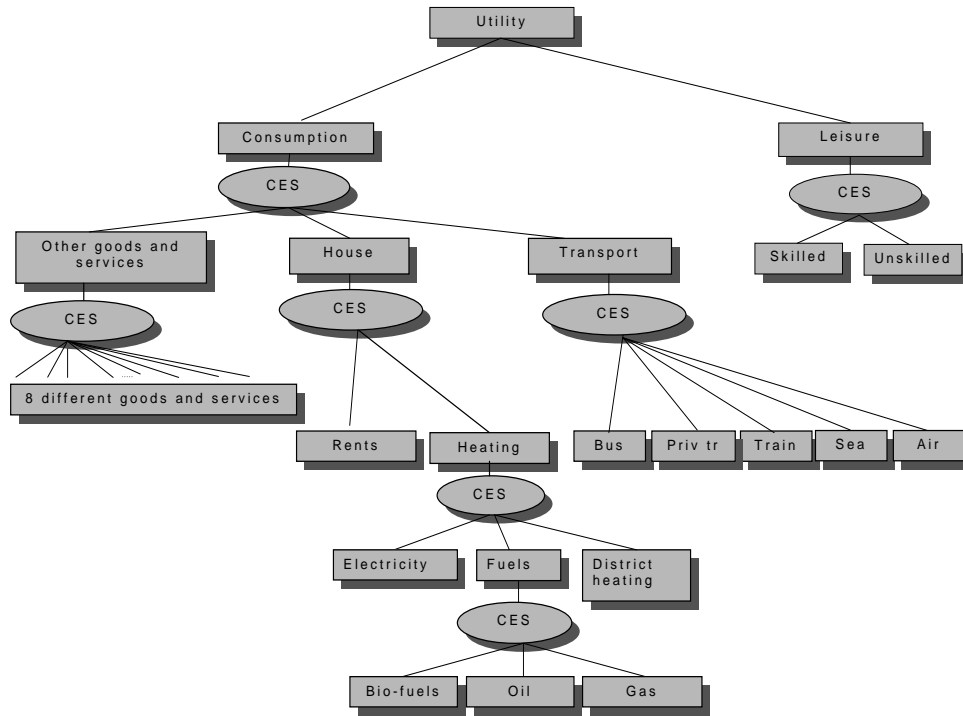
PM:et är upplagt som följer. Nästa avsnitt beskriver den beslutssituation för hushållet som är i fokus för analysen. Avsnitt 3 introducerar kostnadskurvor baserade på bottom-up information och visar deras relation till efterfrågan på drivmedel. Avsnitt 4 redogör för hur information om efterfrågans priskänslighet och hushållens utgiftsandelar kan användas för att skatta substitutionselasticiteten. Avsnitt 5 presenterar sådana skattningar på basis av olika kostnadskurvor framtagna för den svenska transportsektorn. Avsnitt 6 redovisar resultat från testkörningar av EMEC med respektive utan den möjlighet till endogen teknikval vi här fokuserar på. Avsnitt 7 ger några avslutande kommentarer.

2. HUSHÅLLETS NYTTOFUNKTION I EMEC

Figur 1 beskriver hushållets nyttofunktion i EMEC. I översta noden väljer hushållet mellan fritid å ena sidan och varu-/tjänstekonsumtion å andra sidan. Hushållet konsumerar här en varukorg som består av flera olika varor och tjänster, däribland transporter. Hur mycket transporter som efterfrågas beror bland annat på hur inkomster och priser utvecklas. Hushållen kan välja mellan olika transportsätt såsom buss-, tåg- och flygtransporter. Hushållen kan även själva producera personbilstransporter, *Private transport* i figur 1.

¹ EMEC står för Environmental Medium term Economic Model.

Figur 1 Hushållens nyttofunktion i EMEC



Analysen nedan utgår från en version av EMEC där nestningsstruktur vad gäller hushållens egenproduktion av personbiltransporter följer figur 2 nedan. Som där illustreras, kan hushållen producera transporter på olika sätt – med en Ottomotor driven bil, dieselmotor driven bil eller elbil. Oavsett teknikval behöver hushållet både fordon och energi för att kunna producera transporter. Eldrivna transporter antas kräva fordon och el i fasta proportioner, det vill säga för varje fordonskilometer krävs det en viss mängd fordon respektive el. När det gäller Otto- eller dieseldrivna personbiltransporter antas produktionen ske med teknologier som uppvisar fasta faktorproportioner mellan fordon och *energitjänst*. Med *energitjänst* avses den nytta insatt energi bidrar till att producera, här rörelseenergi vid hjul.² Detta öppnar för att hushållet genom köp av energieffektiviseringsåtgärder kan minska behovet av drivmedel för att producera en viss mängd transporter.

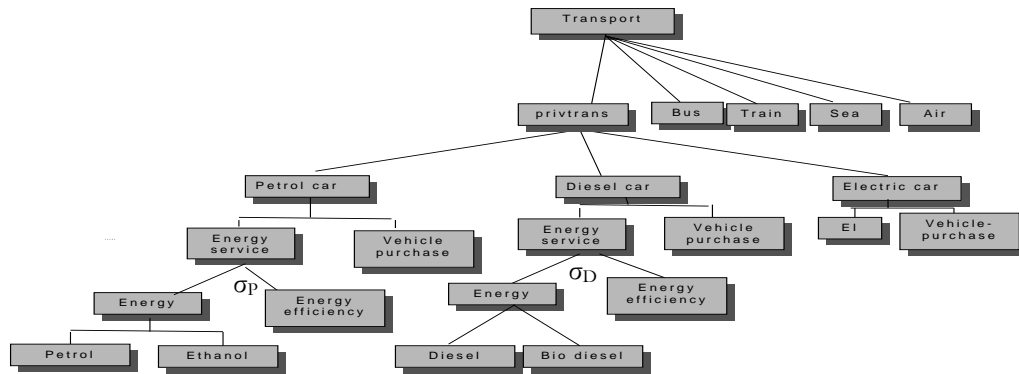
Valet mellan inköp av drivmedel och energieffektiviseringsåtgärder sker i de näst-nedersta klykorna till vänster i figur 2. Hur lätt hushållen kan ersätta drivmedel med energieffektivisering av fordonets drivlina i sin produktion av transporter är den fråga som är i fokus för analysen nedan.

Hushållets problem är att välja den kombination drivmedel och energieffektivisering som minimerar kostnaden för att tillhandahålla den mängd energitjänster som krävs för att producera en given mängd personbiltransporter. Substitutionselasticiteten σ anger med

² I just denna version av EMEC så modelleras biodrivmedelsanvändningen på så sätt att etanol lågiblandas i en fix proportion medan inblandning av biodiesel antas kunna variera. Denna modellering av biodrivmedelsanvändningen är inte huggen i sten. Andra delar av det utvecklingsprojekt av EMEC som detta PM utgör del av funderar på detta. För analysen nedan är detta emellertid av underordnad betydelse eftersom möjligheterna till energieffektivisering är likartade för alla explosionsmotorbaserade fordon.

vilken lätthet hushållet kan ersätta drivmedel med energieffektivisering i produktionen av energitjänsten ifråga. Hur mycket personbilstransporter som ska produceras bestäms högre upp i trädet. Gemensamt för alla beslut hushållet fattar är att de, givet priser och inkomster, syftar till att maximera dennes nytta.

Figur 2 Hushållets nyttofunktion i EMEC – transporter

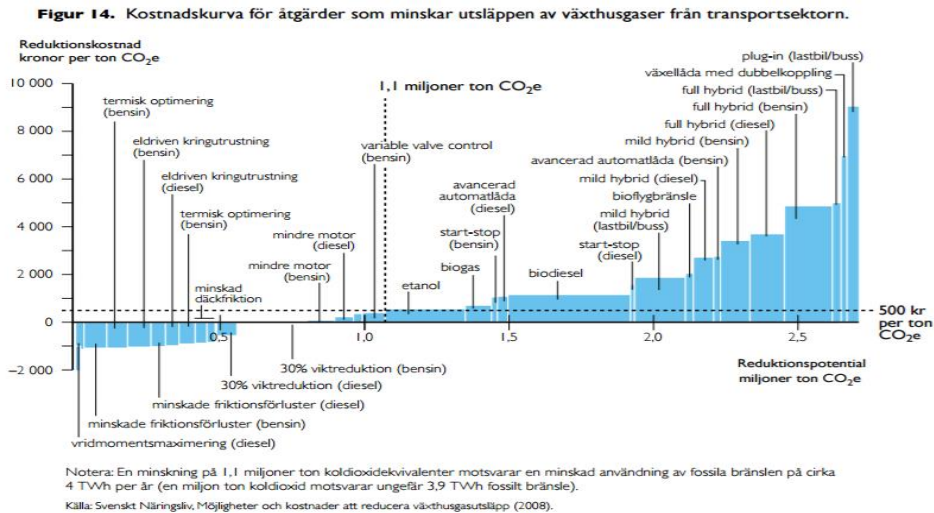


3. Något om kostnadskurvor

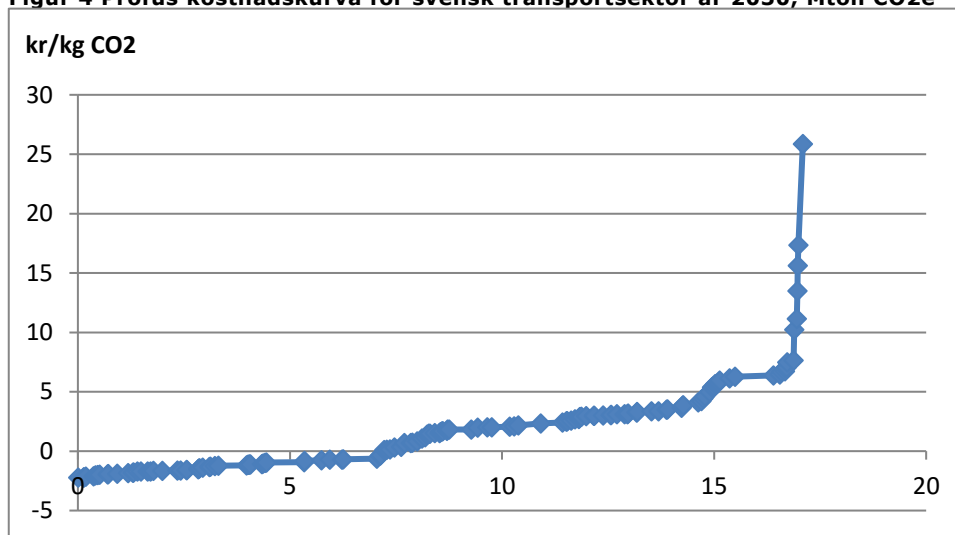
Som nämnts skattas substitutionselasticiteter vanligen utifrån marknadsdata. I en del fall låter sig detta inte göras, exempelvis då det gäller ännu inte existerande valmöjligheter eller då åtgärderna inte handlas separat. En alternativ ansats kan då vara att på basis av ingenjörsbedömningar av olika åtgärders kostnader och effekter (så kallad bottom-up-information) rangordna åtgärderna med avseende på deras styckkostnad. Härigenom erhålls en åtgärds-kostnadskurva för utsläppsminskningar.

Den typ av kostnadskurvor vi här fokuserar på bygger på detaljerad information om enskilda åtgärders bokföringsmässiga kostnader och effekter. Vanligen avgränsas de till att endast omfatta tekniska åtgärder. Mer precist så beräknas för respektive åtgärd nettot mellan kostnaden för åtgärden i fråga och värdet av den inbesparing av drivmedel som åtgärden bedöms medge. Därefter rangordnas åtgärderna med avseende på deras nettokostnad per utsläppsminskning. Det som erhålls är en viss typ av marginalkostnadskurva för utsläppsminskningar (*MMK*-kurva) givet att en viss mängd transporter ska utföras. Beräkningarna bakom kurvorna kräver en mängd antagande, bland annat om framtida priser och aktivitetsnivåer. Nedan presenteras två kända kostnadskurvor för åtgärder som minskar växthusgasutsläppen från svenska bilstransporter: Svenskt Näringsliv (2008) och Elforsk (2012). Den förra bygger på arbete utfört av McKinsey medan den senare har tagits fram av Profu.

Figur 3 McKinseys kostnadskurva för svensk transportsektor år 2020, Mton CO₂e



Figur 4 Profus kostnadskurva för svensk transportsektor år 2030, Mton CO₂e



Kurvorna i figur 3 och figur 4 uppvisar såväl likheter som olikheter. Bägge kurvorna indikerar att det skulle vara möjligt att minska utsläppen kraftigt till negativa kostnader. (Mer om detta nedan.) Vidare visar bägge kurvorna på snabbt stigande kostnader för ytterligare utsläppsminskningar när utsläppen redan minskats kraftigt. McKinseys kurva blir dock brant betydligt tidigare än Profus kurva – 2,5 Mton CO₂e mot 16 Mton CO₂e. En förklaring till detta kan vara att de två kurvorna tagits fram vid olika tidpunkter och avser olika år. McKinseys kurva som publicerades april 2008 och avser år 2020, togs fram under en period med relativt låga men stigande oljeprisförväntningar. Profus kurva avser år 2030 och togs fram under 2013. Under perioden 2009-2014 steg oljeprisförväntningarna till mycket höga nivåer.³ Högre oljepriser ökar lönsamheten i de studerade åtgärderna. Vidare

³ Statens energimyndighets långtidsprognos från 2006 (Stem, 2006) angav \$37 per fat för år 2020 och \$39 per fat för år 2030 medan motsvarande prognos från 2012 (Stem, 2014) angav ett oljepris om \$112 per fat år 2020 på och \$128 per fat år 2030 (2007 års penningvärde).

är det rimligt att tänka sig att en del nya åtgärder ”upptäckts” under tiden mellan tillblivelsen av McKinseys respektive Profus kurva.

Förhållandet att kostnadskurvorna uppvisar en stor mängd åtgärder med negativa kostnader behöver kommenteras. För kurvor som avser dagens eller en i tiden näraliggande situation är sådana utfall inte så underliga. Existerande kapitalstock kan ju till stora delar förmodats ha byggts upp på basis av prissförväntningar som visat sig ha kommit på skam. Det är dock svårsmält att en kurva som avser en punkt långt fram i tiden uppvisar negativa åtgärds-kostnader i en omfattning som motsvarar miljarder kronor i ökad avkastning eller besparing för företag respektive hushåll.⁴ Frågan är varför aktörerna skulle ignorera möjligheterna att genom energieffektiviseringar öka sin lönsamhet. Vanligen förklaras denna paradox med att det finns olika barriärer förhindrar att lönsamma åtgärderna genomförs.⁵ Det kan handla om bristande information (även om det är ett underligt argument nu när kurvan har informerat omvärlden om möjligheterna), delade incitament eller höga avkastningskrav med mera.

Som bevis för barriärernas existens och betydelse brukar anföras att hushållens och företagens implicita avkastningskrav är mycket höga. Med detta menas att givet kalkylerna bakom kostnadskurvan är korrekta, behöver aktörerna ha mycket höga avkastningskrav för att beslutet att inte genomföra investeringen ska vara rationellt.⁶ Flera av de angivna barriärerna reflekterar dock genuina kostnader som inte fångats i kalkylerna bakom kostnadskurvan. Som Söderholm (2010) noterar så innebär fokus på bokföringsmässiga kostnader att man bortser från vissa besluts- och transaktionskostnader samt hushållens egen tidsåtgång och uppoffring.

Även med ett fullödigt kostnadsbegrepp är det vanskligt att dra slutsatser kring förekomsten och storleken på den så kallade energiparadoxen (att hushåll inte vidtar de åtgärder som enligt den beräknade kostnadskurvan är privatekonomiskt lönsamma). Ett hushåll kan väntas genomföra energieffektiviseringsåtgärder så länge kostnaden för detta inte överstiger det diskonterade värdet av lägre framtida energiutgifter. Detta värde beror på i) hushållets diskonteringsränta (som kan men inte behöver ligga nära marknadsräntan), ii) framtida drivmedelspriset och iii) framtida aktivitetsnivå. Åtminstone de senare är osäkra variabler. Variabel ii) beror på framtida oljepriset och eventuella skatteförändringar. Variabel iii) beror på såväl inkomstens som drivmedelspriset utveckling. En riskavers beslutsfattare kan väntas vara försiktig med att vidta utgiftstunga åtgärder, även om en deterministisk analys visar att de är mycket lönsamma. Analyser av energiparadoxen som på ett adekvat vis beaktar hushållens riskaversion lyser ännu med sin frånvaro.

En alternativ och kanske mer näraliggande förklaring till förekomsten av negativa nettokostnader är alltså att man vid beräkningarna bakom kurvan använt sig av ett för snävt kostnadsbegrepp och/eller inte beaktar hushållens kostnad för att bära risk.

⁴ De negativa åtgärds-kostnaderna i figurerna motsvarar en årlig besparing år 2020 om 500 miljoner kr (McKinsey) och år 2030 om 8-9 miljarder kronor (Profu).

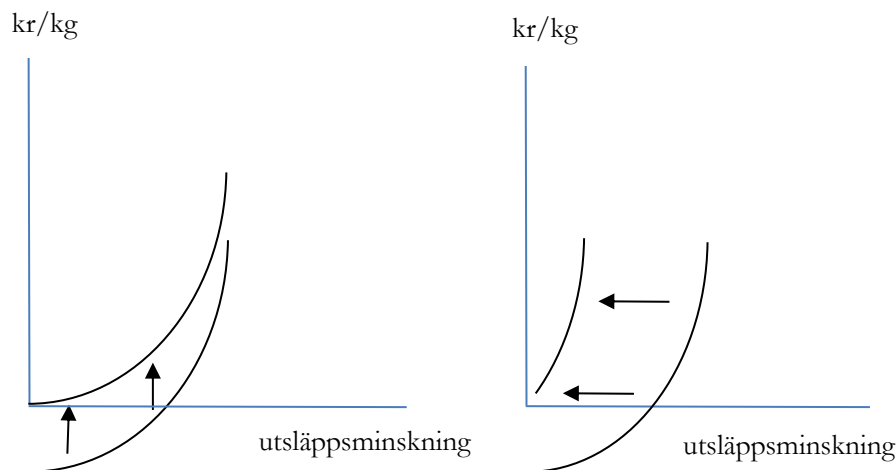
⁵ Även om samma resultat kan väntas vid studier av andra varor än energi så kallas fenomenet för ”the energy paradox” (se Jaffe och Stavins, 1994). Energiparadoxen avser hypotesen att hushåll inte investerar i energieffektiviseringar även när det är privatekonomiskt lönsamt att göra så.

⁶ Ett anslutande argument är att hushåll inte är kapabla att korrekt värdera framtida utgiftsbesparingar, se Bonusmalusutredningen (SOU 2016:33). Senare forskning ger dock inte stöd för tanken att hushållen skulle vara särskilt närstående när det gäller framtida energiutgiftsbesparingar, se Busse et al (2013) och Harjunen och Liski (2014).

Ytterligare en förklaring till att man vid konstruerandet av denna typ av kostnadskurvor finner negativa kostnader, är att man utgår från ett felaktigt jämförelsealternativ. Inte sällan beräknas åtgärdernas lönsamhet utifrån en referensutveckling där få eller inga åtgärder alls vidtas, vilket får ses som ett ganska grovt beteendeantagande. Som poängteras av Ekins, Kesicki och Smith (2011), när man matar energisystemmodeller eller andra modeller med beteendeoptymering med de kvantifierade åtgärdskostnaderna så kommer agenterna att i modellens referensscenario realisera de åtgärder som redan utan pris- eller regelförändringar är lönsamma. Detta betyder att de lönsamma åtgärder som kurvan anger är möjliga i framtiden utnyttjats av aktörerna i modellens referensbana och att utsläppen därmed är lägre än vad kostnadskurvan utgår från.

Det finns alltså skäl att justera kostnadskurvor som uppvisar betydande mängder åtgärder med negativa kostnader, något som kan ske på flera sätt. Den adekvata korrigeringsansatsen följer av vilket fenomen som förklarar förekomsten av negativa åtgärdskostnader. Tror man på att kurvans upphovsmakare använt ett för snävt kostnadsbegrepp så handlar det om att addera kostnader till kostnadskurvan. Om den missade kostnaden är ett fast belopp får vi en parallellförskjutning av kurvan uppåt, såsom illustreras i det vänstra diagrammet i figur 5. Exempel på en sådan kostnad kan vara missad overheadkostnad. Om kurvan fångar alla relevanta kostnader men i stället bygger på en icke-konsistent referensprognos så handlar det om att förskjuta kurvan åt vänster tills den skär origo, såsom görs i det högra diagrammet i figur 5. Medan den förra justeringen inte påverkar kurvans form gör den senare det. Man kan även tänka sig justeringar som kombinerar de två ansatserna.

Figur 5 Justering av kostnadskurvor: Proportionellt kostnadspålägg respektive justerad business-as-usual-nivå



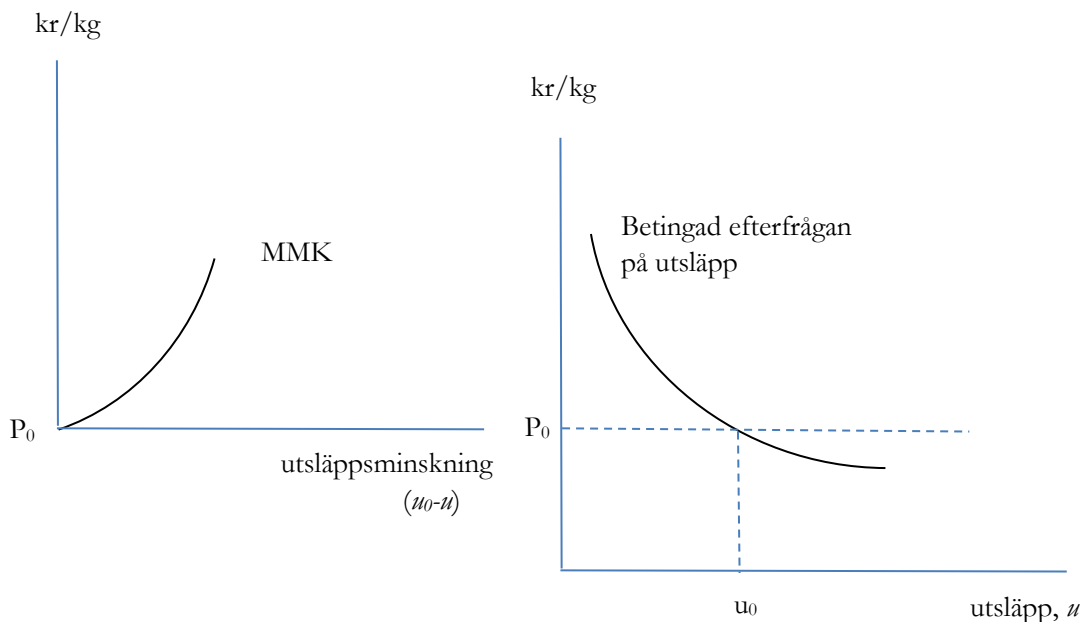
Ett problem med denna typ av kostnadskurvor är att de inte beaktar interdependenser mellan olika åtgärder. Exempelvis torde den utsläppsminskning som följer av en viss energieffektivisering av fordonen vara avhängig i vilken utsträckning fordonsparken gått över till biodrivmedel och *vice versa*. Som betonas av Ekins, Kesicki och Smith (2011) är detta ytterligare skäl till att använda resultaten från energisystemmodeller framför kostnadskurvor som beslutsunderlag. Denna problematik är allvarlig men har mindre bäring

på analysen nedan som fokuserar på en homogen grupp av åtgärder och låter dessa konkurrera med andra åtgärder i en allmän jämviktsmodell.

Det ska även noteras att kostnadskurvorna ovan inte omfattar alla möjliga åtgärder eller anpassningar. Vanligen inkluderas inte företagens och hushållens möjligheter att minska sitt transportbehov, exempelvis genom logistikförbättringar eller genom att avstå från transporter. Kurvorna anger således möjligheterna att minska utsläppen givet en viss trafikvolym. De utgör därmed del av den betingade efterfrågefunktionen för utsläpp, det vill säga den mängd drivmedel som efterfrågas vid olika prisnivåer givet att och samma transportvolym ska produceras. Detta illustreras i figur 6 nedan. I vänstra delen av figuren har vi en kostnadskurva efter justering med avseende på negativa kostnader och som därför startar i origo. Origo anger kostnaden för att ytterligare minska utsläppen något då priset på utsläpp hålls oförändrat vid referensnivån p_0 , en kostnad som vid konstruktionen av kostnadskurvan normeras till noll. I utsläppsrummet benämns denna punkt som utsläppens *business-as-usual* nivå, u_0 . Den del av den betingade efterfrågan på utsläpp (kurvan i det högra diagrammet) som ligger ovanför prislinjen p_0 utgör spegelbilden av kostnadskurvan i det vänstra diagrammet.

För att denna tolkning av kostnadskurvan ska vara giltig krävs att hushållen faktiskt erbjuder möjlighet att köpa åtgärderna. Det är dock rimligt att anta konkurrerande, vinstintresserade fordonstillverkare med tiden kommer att erbjuda bilar med sådana attribut, om de nu inte redan gör det.

Figur 6 Kostnadskurvor och betingad efterfrågan på utsläpp



Vi har härmed ett förståeligt samband mellan kostnadskurvor baserade på bottom-up-information och de efterfrågefunktioner som numeriska allmänjämviktsmodeller arbetar med. Formellt kan vi beskriva detta som relationen mellan kostnadskurvans elasticitet och den kompenserade efterfrågans priselasticitet.

Låt kurvan i det vänstra diagrammet i figur 6 ges av följande konstantelastiska funktion.

$$(1) \quad MMK = bX^\beta$$

där X betecknar utsläppsminskning. Denna funktion vars invers har elasticiteten $\varepsilon_{MMK} = \frac{1}{\beta}$ korresponderar till följande betingade marginalvärdering av utsläpp.

$$(2) \quad p = b(u_0 - u)^\beta$$

där p anger prispålägg relativt referensprisnivån p_0 . Den betingade efterfrågan på utsläpp har följande egenpriselasticitet

$$(3) \quad \varepsilon = -\frac{1}{\beta}$$

Priset på utsläpp påverkar även den mängd personbilstransporter hushållet önskar producera men denna påverkan går via beslut i en annan nod i figur 1. Sådana förändringar medför skift inåt eller utåt av den betingade efterfrågan vi studerar.

4. SUBSTITUTIONSELASTICITETEN OCH EFTERFRÅGANS PRISELASTICITET

Ovan visades att MMK -kurvan utgör spegelbilden av den del av den betingade efterfrågan på utsläpp/drivmedel som ligger ovanför det antagna referenspriset och att vi därmed kan få information om den betingade efterfrågekurvens priselasticitet genom att studera kostnadskurvans utseende. Nedan visas hur substitutionselasticiteten kan uttryckas som en funktion av varans egenpriselasticitet och dess utgiftsandel samt därmed hur informationen i kostnadskurvor kan fångas i den typ av substitutionselasticiteter som används i *EMEC*.

Den energitjänst hushållet är intresserade av kan produceras genom att kombinera energi-effektivisering i bilens drivlina (x) och drivmedel (y). Låt detta förhållande ges av följande så kallade CES-funktion⁷

$$(4) \quad E(x, y) = a(\theta x^\rho + (1 - \theta)y^\rho)^{\frac{1}{\rho}}$$

⁷ CES står för Constant elasticity of substitution.

Parametern θ anger faktorproduktiviteten för x . Parametern a anger totalfaktorproduktiviteten. Parametern ρ relaterar till den substitutionselasticitet vi här är intresserade av. Låt budgeten för att producera energitjänster ges av

$$(5) \quad M = px + qy$$

Där p anger priset på effektiviseringsåtgärder och q priset på drivmedel. Låter vi $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ kan hushållets Marshallianska efterfrågefunktioner skrivas som

$$(6) \quad x^* = \left(\frac{\theta}{p}\right)^\sigma \frac{M}{\theta^\sigma p^{1-\sigma} + (1-\theta)^\sigma q^{1-\sigma}}$$

$$(7) \quad y^* = \left(\frac{1-\theta}{q}\right)^\sigma \frac{M}{\theta^\sigma p^{1-\sigma} + (1-\theta)^\sigma q^{1-\sigma}}$$

Det är dock de betingade efterfrågefunktionerna som är relevanta här. Genom att sätta in (6) och (7) i (4) har vi efter lite förenkling följande utgiftsfunktion för hushållet.

$$(8) \quad M = \frac{\bar{E}}{a} (\theta^\sigma p^{1-\sigma} + (1-\theta)^\sigma q^{1-\sigma})^{\frac{1}{1-\sigma}}$$

Utgiftsfunktionen anger den lägsta utgiften för att producera mängden \bar{E} energitjänster. Genom att differentiera (8) med avseende på priserna får vi enligt Shepard's lemma de betingade efterfrågefunktionerna för x och y .

$$(9) \quad x^c = \left(\frac{\theta}{p}\right)^\sigma \left(\frac{\bar{E}}{a}\right)^{1-\sigma} M^\sigma$$

$$(10) \quad y^c = \left(\frac{1-\theta}{q}\right)^\sigma \left(\frac{\bar{E}}{a}\right)^{1-\sigma} M^\sigma$$

Ekvationerna (9) och (10) anger de mängder x och y som uppfyller produktionsbetinget till lägsta kostnad för hushållet. Vi ser att detta bestäms av priserna och att priskänsligheten beror på substitutionselasticiteten $\sigma = \frac{d(x/y)(q/p)}{d(q/p)(x/y)}$, som anger med vilken "teknisk"

lätthet hushållet kan minska sin drivmedelsanvändning genom att vidta energieffektiviseringsåtgärder. Ju större σ desto lättare är det för hushållet att byta drivmedel mot energieffektiviseringsåtgärder i produktionen av energitjänsten transport.

Differentiering av (9) med avseende på p ger

$$(11) \quad \frac{dx}{dp} = -\sigma \frac{x}{p} + \sigma \frac{x}{c} \frac{\partial c}{\partial p}$$

Multipliserar vi nu med p/x får vi den betingade egenpriselasticiteten för x . Denna kan vi uttrycka som

$$(12) \quad \varepsilon_x^c = -(1 - S)\sigma$$

där $S = \frac{px^*}{M} = \frac{\theta^\sigma p^{1-\sigma}}{p^{1-\sigma}\theta^\sigma + q^{1-\sigma}(1-\theta)^\sigma}$ anger utgiftsandelen. Med $\sigma = \infty$ utgör x och y perfekta substitut och vi har fullständig priskänslighet. Med σ nära noll utgör drivmedel och energieffektiviseringsåtgärder perfekta komplement, det vill säga noll i egenpriselasticitet. Med låg utgiftsandel har vi att $\sigma \sim -\varepsilon$. Från (12) har vi att

$$(13) \quad \sigma = -\frac{\varepsilon_x^c}{1-S}$$

Den kan noteras att vi på motsvarande vis får

$$(14) \quad \varepsilon_y^c = -S\sigma$$

$$(15) \quad \sigma = -\frac{\varepsilon_y^c}{S}$$

Vi har härmed ett samband mellan en insatsfaktors betingade egenpriselasticitet och substitutionselasticiteten. Ovan redogjorde vi för sambandet mellan kostnadskurvan och egenpriselasticiteten. Vi är därmed i position för att skatta substitutionselasticiteten på basis av kostnadskurvan.

5. SKATTNINGAR AV SUBSTITUTIONSELASTICITETEN

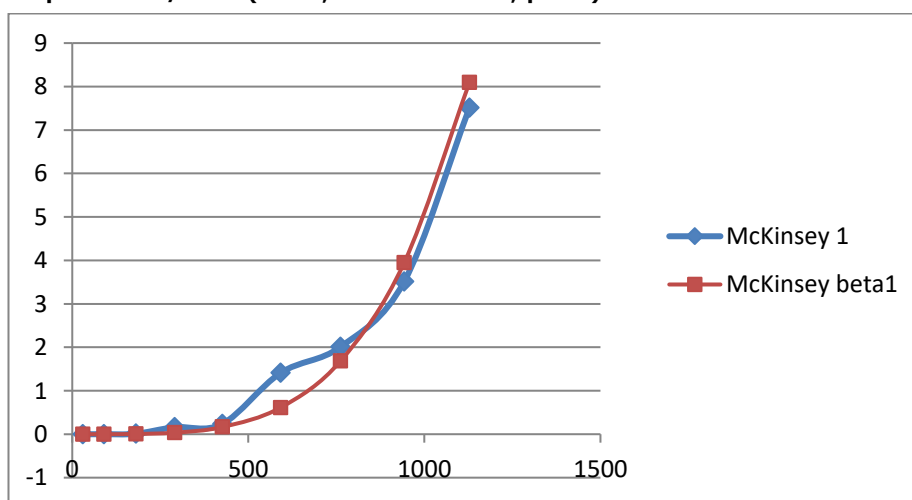
I detta avsnitt skattar vi substitutionselasticiteten mellan drivmedel och åtgärder som reducerar drivmedelsåtgången per km utan att nämnvärt påverka fordonets övriga prestanda. Flera skattningar presenteras, dels på basis av McKinseys kostnadskurva för svenska personbilstransporter (figur 3), dels på basis av Profus motsvarande kostnadskurva (figur 4).

Då vi här enbart är intresserade av energieffektiviseringar i bilens drivlina behöver vi sortera ut sådana åtgärder från de ovan redovisade kostnadskurvorna. Även efter en sådan utsortering erhåller vi kurvor som indikerar negativa kostnader, något vi behöver justera för. Som vi redogjorde för ovan så kan förekomsten av negativa åtgärds-kostnader förklaras på flera sätt. Här fokuserar vi på följande huvudförklaringar: (I) användandet av ett för snävt kostnadsbegrepp respektive (II) anläggandet av en felaktig nivå på *business-as-usual*-utsläppen. Beroende på vilken förklaring som anses giltig så kommer utseendet på den justerade kostnadskurvan att se olika ut. Skattningarna nedan kommer därmed att belysa hur valet av korrigeringsansats påverkar skattningen. Justering för (I) innebär en förskjutning av kurvan uppåt. Vi antar här att de missade kostnaderna är proportionella till kurvan. Grafens utseende påverkas således inte av denna åtgärd. Justering för (II) innebär att kurvan förskjuts åt vänster. Kort sagt, alla lönsamma åtgärder vid det antagna referenspriset antas bli genomförda. Denna manipulation påverkar kurvans utseende.

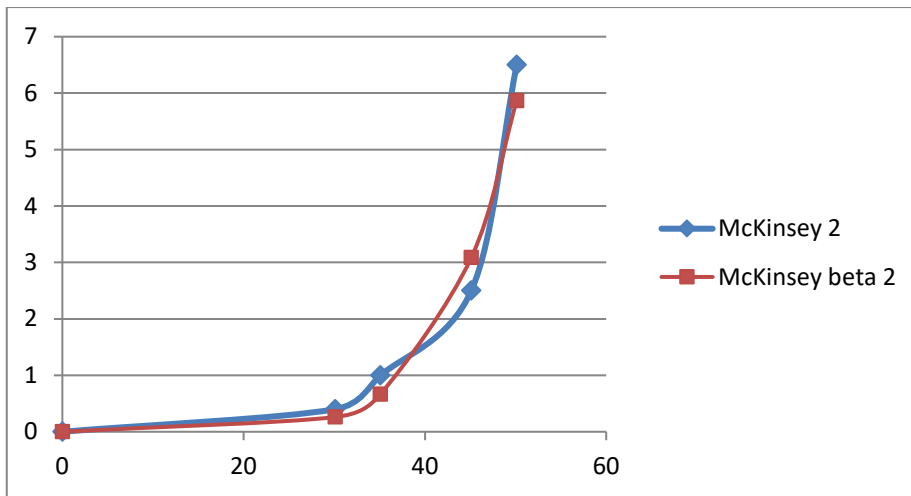
Resultatet av dessa manipulationer presenteras nedan. För varje konsultfirma har vi alltså två kurvor. En för varje korrigeringsmetod. Vi har även i varje diagram anpassat en konstantelastisk funktion enligt (1). Parametervärdena för dessa funktioner har valts så att den erhållna grafen utgör en god approximation av respektive kostnadskurva.

McKinseys och Profus kurvor avser koldioxid. I de kurvor som presenteras nedan har vi även räknat om koldioxidutsläpp till liter bensin.

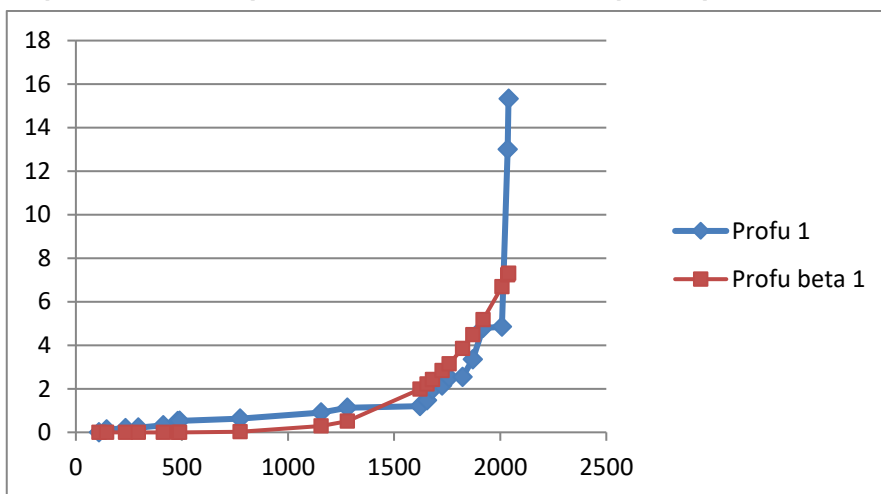
Figur 7 McKinsey I) drivlineåtgärder för bensindrivna personbilar, 1000 m3 bensin respektive kr/liter. ($b = 0,000000000005$, $\beta = 4$)



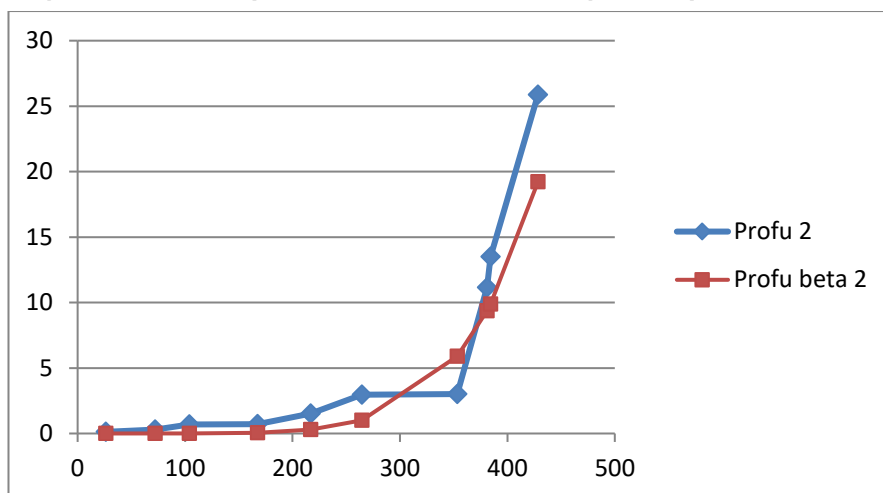
Figur 8 McKinsey II) drivlineåtgärder för bensindrivna personbilar, 1000 m3 bensin respektive kr/liter. ($b = 0,00000000025$, $\beta = 6,1$)



Figur 9 Profu I) drivlineåtgärder för fossildrivna personbilar, 1000 m3 bensin respektive kr/liter. ($b = 0,000000000000000001$, $\beta = 5,7$)



Figur 10 Profu II) drivlineåtgärder för fossildrivna personbilar, 1000 m3 bensin respektive kr/liter. ($b = 0,00000000000000015$, $\beta = 6,12$)



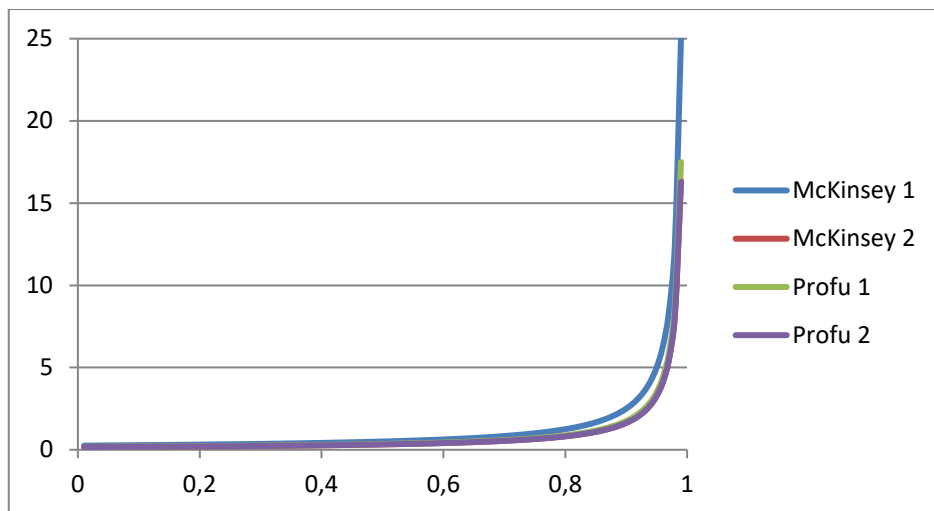
Sätter vi in de ovan angivna β -värdena i (3) får vi de skattningar av den betingade efterfrågefunktionens priselasticitet som presenteras i Tabell 1. Vi ser att McKinseys kurva är lika eller mer elastisk än Profus kurva oavsett korrigeringsansats. Noterbart är att de kurvor som erhålls med korrigeringsansats II (det vill säga BAU-förskjutning) ger samma priskänslighet oavsett vilken underliggande kostnadskurva vi utgår från.

Tabell 1 Skattningar av den betingade energieffektiviseringsefterfrågans priselasticitet

	Korrigeringsansats	
	I	II
McKinsey	-0,25	-0,164
Profu	-0,175	-0,163

Använder vi värdena ovan i (13), kan vi uttrycka σ som en funktion av utgiftsandelen. Nedan presenteras grafen av de erhållna funktionerna.

Figur 11 Skattad substitutionselasticitet som funktion av utgiftsandelen S – låg upplösning

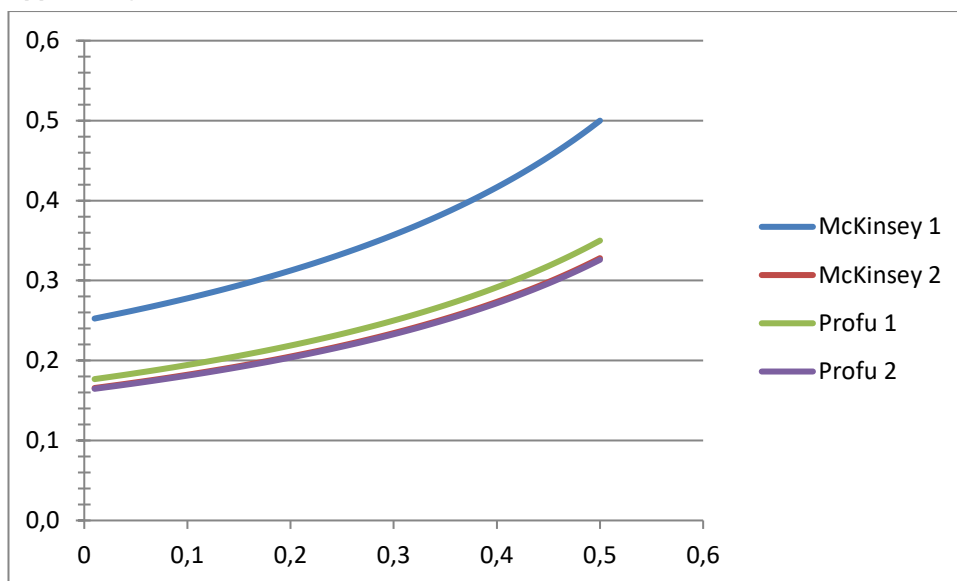


Presenterat så här så förefaller det inte spela någon större roll vilken underliggande kostnadskurva skattningen baseras på eller vilken ansats som väljs för att justera för förekomsten av negativa åtgärds kostnader. Oavsett vilken konsult och vilken korrigeringsansats vi använder oss av är den skattade substitutionselasticitet låg fram till dess att utgiftsandel överstiger 0,8 då den exploderar. Den låga upplösningen döljer dock en del skillnader mellan de olika skattningarna.

Vad kan vi då säga om den andel av hushållets utgifter i den nedersta klykan i personbilden av EMEC som går till inköp av energieffektivare drivlina. Vi har inga direkta uppgifter att tillgå här, men följande räkneexempel kan vara belysande. Givet ett bensinpris på 13 kr per liter, en årlig körsträcka om 1 500 mil och en specifik bränsleförbrukning på 0,7 liter per mil, lägger hushållet närmare 14 000 kr på drivmedel under ett år. Säg att en genomsnittlig ny bil kostar 250 000 kr. Antar vi vidare att den genomsnittliga bilen har extra drivlinjeåtgärder motsvarande 10 procent av bilpriset. Bortse från ränta och anta 10 års ekonomisk livlängd och vi har 2 500 kr per år som utgift på drivlineinvesteringar. Detta ger en sammanlagd utgift i vår klyka på drygt 16 000 och en utgiftsandel för drivlinje-köp om 0,16. Med en dubbelt så stor drivlineutgift, får vi en utgiftsandel om 0,27.

Fokuserar vi på utgiftsandelsintervallet 0-0,5 framträder en mer splittrad bild, se figur 12. Vi ser nu att såväl valet av underliggande kurva som valet av korrigeringsansats spelar roll för den skattade substitutionselasticiteten. En betydande skillnad framträder nu mellan skattningarna som utgår från korrigeringsansatts I. Med korrigeringsansats II ser vi ingen skillnad.

Figur 12 Skattad substitutionselasticitet som funktion av utgiftsandelen S – hög upplösning



Givet en utgiftsandel inom intervallet 0,15-0,30 så har vi med skattningarna ovan ringat in ett värde på substitutionselasticiteten som ligger inom intervallet 0,2 – 0,35. Utan mer detaljerad information kring beräkningarna bakom kostnadskurvorna är det svårt att ytterligare begränsa intervallet. Detta får därmed anses vara vår bästa gissning.

Som nämnts så har denna ansats använts tidigare. Ett av dessa tillfällen avser energieffektivisering av personbilar och lätta lastbilar i USA (Karplus 2010). Även om det föreligger stora skillnader mellan USA och Sverige kan det vara intressant att jämföra de resultat vi fått här med denna studie, vars resultat sammanfattas i tabell 2 nedan.

Tabell 2 Skattningar av substitutionselasticiteten på USA-data

	Karplus (2010)
σ	0,73
ε	-0,225
β	4,449
S	0,3

Karplus (2010) landar i en betydligt högre skattning av substitutionselasticiteten än vad vi gör. Delvis kan skillnaden i utfall förklaras av att Karplus (2010) inkluderar även hybridisering av fordon, vilket ger en något högre egenpriselasticitet än de vi får (med undantag för McKinsey I). Det ska också noteras att den amerikanska fordonsparken skiljer sig betydligt från den svenska. Med låg drivmedelsbeskattning har USA en förhållandevis tung och törstig bilpark utvecklats.

6 EMEC-KÖRNINGAR

För att illustrera hur EMEC:s koldioxidpriskänslighet påverkas av att på ovan beskrivna vis endogenisera en viss typ beslut om energieffektivisering (av personbilens drivlina) presenteras nedan resultat från några EMEC-körningar. Dessa körningar utgör ingen prognos eller utvärdering utan syftar enbart till att få en känsla för vad det betyder för utfallet att vi i EMEC inkluderar en strikt positiv substitutionselasticitet mellan drivmedel och energieffektiviseringsåtgärder. För att isolera denna effekt fixeras modellen i flera avseenden. Bland annat sätter vi alla fordonsvalselasticiteter till noll så att fördelningen mellan bensin-, diesel- och elbilar inte påverkas av förändrat drivmedelspris.

Införandet av en valmöjlighet mellan drivmedel och drivlineåtgärder i hushållets nyttofunktion kommer att påverka drivmedelsanvändningen även i referensscenariot. Tabell 3 redovisar personbilarnas samlade koldioxidutsläpp år 2035 i referensscenariot respektive politikscenariot. Politikscenariot omfattar en fördubbling av koldioxidskatten, vilket år 2035 resulterar i ett bensinpris som är knappt tjugofem procent högre än i referensscenariot.⁸ Eftersom vi endast har hittat på data kring uppdelningen av bilen i olika bilteknologier blir utgiftsandelen i noden energieffektivisering/energi inte exakt den som vi tidigare räknat på. Den blir även olika mellan bensin och diesel beroende på att konsumtion av diesel och bensin följer nationalräkenskaperna medan uppdelningen bensinbil och dieselbil är antagen.

Tabell 3 Effekter på hushållens CO₂-utsläpp år 2035 av endogent energieffektiviseringsval i hushållets nyttofunktion

	CO ₂ -utsläpp procentuell förändring jmf referens	Scenario- utsläpp hushållen kton	Utsläpp hushållen Referens kton	skillnad i kton
$\sigma = 0$	-4,53	14 677	15 373	696
$\sigma = 0,2$	-4,87	14 522	15 265	743
$\sigma = 0,5$	-5,51	14 261	15 092	831

Vi ser i tabell 3 att substitutionsmöjlighet mellan drivmedel och drivlineeffektiviseringar ger en lägre drivmedelsanvändning i referensscenariot. När vi ökar substitutionselasticiteten från 0 till 0,5 minskar utsläppen av koldioxid med 416 (= 14 677 – 14 261) kton. Vi ser även att den prisinducerade minskning av utsläppen ökar med substitutionselasticiteten, från 696 kton till 831 kton när substitutionselasticiteten ökas från noll till 0,5. Detta

⁸ Referensscenariots bensinpris år 2035 är 20 kr per liter. En dubbling av koldioxidskatten från 1,6 till 3,2 kr per kg, höjer bensinpriset (inkl moms) från 20 kr per liter till 24,6 kr per liter.

innebär att EMEC:s sammantagna bensinpriselasticitet för personbilstransporter gått från -0,2 till -0,24, dvs att dess absolutvärde ökat med 20 procent.

Man kan tycka att modellen är okänslig för koldioxidskatteförändringar. Det ska dock komma ihåg att vi här har låst annan anpassning i modellen än drivlineeffektiviseringar och förskjutningar i hushållets konsumtionskorg.

7 AVSLUTANDE KOMMENTARER

Vi har här pekat på en möjlighet att endogenisera viss form energieffektivisering i EMEC, nämligen åtgärder som gör bilens drivlina mer bränslesnål. På basis av publicerade bottom-up-baserade kostnadskurvor för utsläppsminskningar har vi skattat substitutionselasticiteten för valet mellan drivmedel och åtgärder som energieffektiviserar bilens drivlina. Metoden är enkel och medger därmed snabb uppdatering av substitutionselasticiteten när nya kostnadskurvor presenteras.

REFERENSER

- Busse, Knittel och Zettelmeyer (2013) Are Consumers Myopic? – Evidence from New and Used Car Purchase, *American Economic Review* vol 103 no 1
- Ekins, Kesicki och Smith (2011) Marginal Abatement Cost Curves: A Call for Caution, UCL Energy Institute
- Harjunen och Liski (2014) “Not So Myopic Consumers – Evidence on Capitalization of Energy technologies in a Housing Market”, CESifo Working Paper
- Hyman, R.C., Rielly, J.M, Babikier, M.H., DeMosiv, A., and Jacoby H.B. (2002) Modeling non-CO2 greenhousegases abatement, Cambridge, MA, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change
- Jaffe, A.B. och R.N. Stavins (1994), The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology, *Resource and Energy Economics* vol 16 no 2.
- Karplus, V.J. (2011) Climate and Energy Policy for U.S. Passenger Vehicles: A technology-rich Economic Modelling and Policy Analysis, Dissertation MIT
- Elforsk (2012) Roadmap för ett fossilbränsleoberoende transportsystem år 2030, Elforsk rapport 12:68
- Stem (2006) Långsiktsprogno 2006 – enligt det nationella systemet för klimatrapportering, ER 2007:02
- Stem (2013) Långsiktsprogno 2012 – en konsekvensanalys av gällande styrmedel inom energi- och klimatområdet, ER 2013:03
- Svenskt Näringsliv (2008) Möjligheter och kostnader att reducera växthusgasutsläpp