



## Rekyleffekten

Är energieffektivisering effektiv miljöpolitik eller  
långdistans i ett ekorrhjul?

Thomas Broberg

**KONJUNKTURINSTITUTET** gör analyser och prognoser över den svenska ekonomin samt bedriver forskning i anslutning till detta. Konjunkturinstitutet är en statlig myndighet under Finansdepartementet och finansieras till största delen med statsanslag. I likhet med andra myndigheter har Konjunkturinstitutet en självständig ställning och svarar själv för bedömningar som redovisas.

**Konjunkturläget** innehåller analyser och prognoser över svensk och internationell ekonomi. **The Swedish Economy** sammanfattar rapporten på engelska.

**Lönebildningsrapporten** ger analyser av de samhällsekonomiska förutsättningarna för svensk lönebildning. Rapporten är årlig och sammanfattningen översätts till engelska.

I serien **Specialstudier** publiceras rapporter som härrör från utredningar eller andra uppdrag. I serien **Working Paper** publiceras forskningsresultat. Flertalet publikationer kan laddas ner från Konjunkturinstitutets hemsida, [www.konj.se](http://www.konj.se)

# Förord

Energieffektivisering har blivit ett ledord i klimat- och energipolitiken. Ofta används begreppet som om det vore synonymt med minskad energianvändning och förväntas därför leda till minskad miljöpåverkan och en förbättrad försörjningstrygghet i energisystemen. Av resurseffektivisering följer emellertid en ekonomisk dynamik som tenderar att stimulera resursefterfrågan. Det uppstår en rekyleffekt som motverkar effektiviseringens potential att minska resursanvändningen.

Rekyleffekten har länge varit känd och är vida omskriven. Trots det negligeras rekyleffekten ofta i den allmänna effektiviseringsdiskussionen och i utformningen av klimat- och energipolitiken. En möjlig orsak till negligeringen kan vara att det inte finns någon konvention kring vad rekyleffekten avser eller hur omfattningen av den bör mätas. Vissa experter hävdar att rekyleffekten är stor och viktig att analysera, andra att den är obetydlig.

I den här specialstudien sammanfattas kunskapsläget om rekyleffekten som följer av energieffektivisering. Förhoppningen är att studien på ett strukturerat sätt ska förklara skillnaden mellan olika definitioner, olika mätmetoder och rekyleffektens relevans för miljö- och energipolitiken.

Rapporten har författats av Thomas Broberg vid Konjunkturinstitutets miljöekonomiska enhet. Författaren är tacksam för synpunkter från Charlotte Berg, Eva Samakovlis, Linda Sahlén, Maria Vredin Johansson, och Tomas Forsfält.



# Innehåll

Sammanfattning .....	7
1. Inledning .....	10
1.1 Bakgrund .....	10
1.2 Övergripande syfte .....	11
1.3 Avgränsningar.....	12
1.4 Definitioner av centrala begrepp.....	12
2. Den direkta rekyleffekten.....	14
2.1 Definition och bestämningsfaktorer.....	14
2.2 Empiriska metoder och resultat .....	16
3. Den ekonomiövergripande rekyleffekten.....	22
3.1 Den indirekta rekyleffekten.....	23
3.2 Inkomst- och substitutionseffekter.....	25
3.3 Allmänjämviktseffekter.....	26
4. Slutdiskussion.....	33
4.1 Rekyleffektens policyrelevans .....	33
4.2 Rekyleffektens storlek - betydelsen av återverknings effekter .....	34
4.3 Den ekonomiövergripande rekyleffekten är svår att mäta fullständigt.....	36
Referenser .....	38



## Sammanfattning

Energieffektivisering har blivit ett ledord i klimat- och energipolitiken. Ofta används begreppet som om det vore synonymt med minskad energianvändning och förväntas därför leda till minskad miljöpåverkan och en förbättrad försörjningstrygghet i energisystemen. Av energieffektivisering följer emellertid en ekonomisk dynamik som tenderar att stimulera efterfrågan på energi. Att energieffektivisering föder ny energiefterfrågan som motverkar effektiviseringens energibesparande potential kallas i litteraturen för ”the rebound effect” eller rekyleffekten. Rekyleffekten utgör den procentuella skillnaden mellan potentiell och realiserad energibesparing.

Från ett strikt ekonomiskt perspektiv kan rekyleffekten ses som en oproblematiserad ekonomisk dynamik som följer av teknologisk utveckling. En ekonomiskt motiverad energieffektivisering leder till tillväxt och högre välfärd. Rekyleffekten blir ett problem först när det finns restriktioner för den ekonomiska tillväxten i form av energi- och miljömål. Frågan blir då om policyåtgärder som stimulerar energieffektivisering bidrar till att målen kan nås till lägsta möjliga kostnad för samhället. Om det är en energipolitisk målsättning att minska energianvändningen kommer energieffektivisering att verka kontraproduktivt om rekyleffekten överstiger 100 procent (dessa fall benämns ”backfire”). Om exempelvis energieffektivisering inom transportsektorn mynnar ut i en ökad användning av fossila bränslen och högre utsläpp verkar det kontraproduktivt inom klimatpolitiken. Även om backfire inte blir fallet, kan en hög rekyleffekt innebära att vissa åtgärder blir orimligt dyra, eftersom energibesparingen (utsläppsminskningen) eroderar till följd av ekonomiska och beteendemässiga anpassningar. Det förefaller därför angeläget att utreda hur stor rekyleffekten är för olika typer av energieffektiviseringar.

Trots att rekyleffekten är accepterad och av betydelse för utvärderingar av styrmedel i miljö- och energipolitiken negligeras den ofta i analyser. Det finns flera orsaker till det, bland annat att rekyleffekten till sin natur är abstrakt och dynamisk, och därför svår att mäta. Rekyleffekten har utvärderats med hjälp av olika metoder, på mikro- respektive makroekonomisk nivå och på kort respektive lång sikt. De många synsätten har bidragit till en stor spridning i de empiriska skattningarna, vilket i sin tur bidragit till vitt skilda slutsatser om rekyleffektens storlek och policyrelevans. I denna rapport sammanfattas kunskapsläget om rekyleffekten. Mer specifikt förklaras skillnaden mellan olika definitioner, olika mätmetoder och vilken betydelse rekyleffekten har för miljö- och energipolitiken. Analysen avgränsas till ekonomiskt motiverade tekniska åtgärder (energispåls bilar, maskiner och apparater, isolering av byggnader etc).

Beroende på vilka ramar som sätts upp för analysen kan den i grova drag definieras i termer av direkta och indirekta rekyleffekter som tillsammans utgör den totala rekyleffekten. När den totala rekyleffekten utvärderas för en hel ekonomi (ett land, en region eller globalt) kallas den för den ekonomiövergripande rekyleffekten. Den direkta rekyleffekten har snäva analysramar och avser endast enskilda energitjänster (till exempel belysning, transporter och värme). Energieffektivisering medför lägre kostnader för energitjänster och därför förväntas hushåll och företag öka konsumtionen av sådana på bekostnad av andra varor och tjänster, som blivit relativt dyrare. Dessutom ökar hushållens köpkraft när varor och tjänster blir billigare, det vill säga realinkomsten stiger. När exempelvis våra uppvärmningskostnader minskar förväntas vi höja inomhustemperaturen, öka den uppvärmda ytan eller värma husen under längre perioder. När driftskostnaderna för bilar och hushållsapparater minskar

förväntas vi använda dem mer, skaffa fler av dem och efterfråga en högre prestanda på dem.

Uppskattningar som gjorts internationellt av den direkta rekyleffekten i transportsektorn uppvisar värden som ligger i intervallet 10-70 procent. Variationen beror delvis på hur rekyleffekten skattats, men också på vilket land som studerats. Den direkta rekyleffekten för biltransporter i Sverige förväntas ligga i intervallets nedre halva. De skattningar som gjorts för uppvärmning av bostäder visar en direkt rekyleffekt i intervallet 0-65 procent. Även här förväntas rekyleffekten i Sverige ligga närmare intervallets nedre gräns. Förväntningarna kan i båda fallen motiveras med att Sverige är ett relativt rikt land med hög värmekomfort och hög alternativkostnad för användningen av tid, vilket håller tillbaka energieffektiviseringens inverkan på inomhustemperaturen och bilåkandet. För övriga energitjänster finns få aktuella skattningar. Rekyleffekterna förväntas vara nära noll för vitvaror, eftersom energikostnaderna är små i förhållande insatserna av kapital, yta och tid. Rekyleffekten förväntas vara högre för belysning och luftkonditionering.

Generellt ger direkta rekyleffekter en ofullständig bild av de effekter som energieffektiviseringsåtgärder får på den totala energianvändningen inom en sektor, en region, ett land eller den globala ekonomin. De direkta rekyleffekterna reflekterar bland annat inte hur inkomst- och substitutionseffekter påverkar konsumtionen av andra varor och tjänster som producerats med energi som insats. Ett talande exempel är familjen som effektiviserar sin bostadsuppvärmning för att spara pengar till en Thailandresa. Energibesparingen för hushållet av effektivare uppvärmning uppvägs då av en ökad energianvändning för flygresor. Direkta rekyleffekter reflekterar inte heller energieffektiviseringens effekter på konkurrenskraft, investeringar och branschstruktur. En omfattande energieffektivisering kan få betydande makroekonomiska effekter i form av en långsiktig strukturomvandling.

Ofta står de nationella målen inom energi- och miljöpolitiken i fokus för policydiskussioner och därför är det nödvändigt att analysera energieffektivisering i ett makroekonomiskt perspektiv, dvs. hur energieffektiviseringens effekter sprider sig i ekonomin och vilka återverkningseffekterna slutligen blir. Tillämpade allmänjämviktsmodeller har använts för att kvantifiera den långsiktiga ekonomiövergripande rekyleffekten av energieffektiviseringar i industrin. Bland annat har jämförbara studier gjorts för Skottland och Storbritannien, i vilka ett flertal känslighetsanalyser genomförts. Resultaten från dessa studier uppvisar en stor variation, från 14 till 175 procent. Den stora spridningen beror på skillnader mellan de ekonomier som studerats, olika modellegenskaper och hur energieffektiviseringen modellerats.

När den ekonomiövergripande rekyleffekten har skattats i allmänjämviktsmodeller har utgångspunkten som regel varit en kostnadsfri energieffektivisering. Många verkliga energieffektiviseringsåtgärder innebär emellertid applicering av redan befintlig teknik som kostar. Energieffektivisering som drivs fram av regleringar som till exempel byggnormer och standarder för bilar, maskiner och apparater förväntas medföra extra kostnader för energianvändarna som håller tillbaka den ekonomiövergripande rekyleffekten. Ju mindre lönsam en åtgärd är desto mindre blir rekyleffekten, allt annat lika. Eftersom subventioner till energieffektiviseringsåtgärder innebär lägre kapitalkostnader ger de upphov till en större rekyleffekt. Detta utgör ett argument för



att inom miljöpolitiken vara återhållsam med subventioner till åtgärder för energieffektivisering.

Baserat på den befintliga litteraturen görs bedömningen att den långsiktiga ekonomiövergripande rekyleffekten av energieffektivisering i de flesta fall är betydligt lägre än 100 procent och således bidrar till en minskad energianvändning. Risker för backfire är störst vid: (1) energieffektiviseringar i energiintensiv energiproduktion, till exempel produktion av kolkraft, vilket leder till billigare el; (2) energieffektivisering av industriella processer som är energiintensiva och för vilka möjligheterna att substituera energi mot andra insatsfaktorer är goda; och (3) energieffektivisering av generella tekniker, till exempel elmotorer, som har många användningsområden och därför får stora spridningseffekter.

I denna rapport fokuseras på skattningar av den ekonomiövergripande rekyleffekten som gjorts med allmänjämviktsmodeller. Sådana modeller har fördelar när det gäller långsiktiga analyser. I de flesta CGE-modeller antas samhällsekonomiskt optimala jämvikter där företag och hushåll antas agera ekonomiskt rationellt utifrån fullständig information. Detta har föranlett en viss kritik som menar att modellerna bortser ifrån befintliga marknadsimperfectioner, till exempel ofullständig information. För analyser av åtgärder som är inriktade på att avlägsna sådana marknadsimperfectioner kan ekonometriska modeller prestera bättre, i synnerhet för analyser på kort- och medelfristig sikt.

Utifrån den befintliga forskningen är det inte möjligt att med någon större exakthet dra generella slutsatser om storleken på den ekonomiövergripande rekyleffekten av enskilda åtgärder. Rekyleffektens storlek måste utvärderas i varje enskilt fall. Det finns i dag ett behov av att: (i) analysera flera alternativa scenarier för energieffektivisering, till exempel analysera aktuella policyåtgärder som sker med ökade insatser av kapital, arbetskraft, material och mark; (ii) genomföra känslighetsanalyser för olika antaganden och modellstrukturer; (iii) analysera fler länder och den globala ekonomin; och (iv) att testa olika modeller mot varandra.

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Att energianvändningen kontinuerligt effektiviseras som ett led i den tekniska utvecklingen förväntas bidra positivt till välfärdsutvecklingen i Sverige. Energieffektivisering förväntas också bidra till att klimatmål och andra miljömål uppnås till lägsta möjliga kostnad för samhället. I dagens miljöpolitik är energieffektivisering i det närmaste ett modeord. Ofta används begreppet utan någon närmare förklaring av vad som avses, inte sällan som om det vore synonymt med en minskad energianvändning. Energieffektivisering framställs som ett billigt sätt att både minska utsläppen av växthusgaser och öka marginalerna i energiförsörjningen, i synnerhet när den sker frivilligt som ett led i den tekniska utvecklingen eller till följd av informationskampanjer. Flera policyåtgärder har de senaste åren implementerats för att förbättra energieffektiviteten i Sverige, till exempel förbudet av glödlampor, reglering av stand-by teknik, programmet för energieffektivisering i industrin (PFE), investeringsstöd och informationsinsatser. Sedan 2009 har Sverige även ett sektorsövergripande energieffektiviseringsmål.

Det finns sedan länge forskning som pekar på att energieffektivisering inte nödvändigtvis minskar energianvändningen, i synnerhet inte den globala energianvändningen på lång sikt. Redan 1865 problematiserades energieffektivisering av den brittiska ekonomen Stanley Jevons i boken ”The Coal Question”, där bekymret är den sinande tillgången på kol (Alcott, 2005). Jevons menade att kolförbrukningen skulle öka i takt med att energieffektiviteten i industrin förbättrades (Jevons Paradox), helt enkelt på grund av att effektiviseringar leder till ökade användningsmöjligheter för det frigjorda kolet. Paradoxen upplevde en renässans runt 1990 i form av Khazzoom/Brookes-postulatet (Saunders, 1992).<sup>1</sup> I dag beskrivs paradoxen i termer av ”backfire”, vilket kan översättas till baktändning. Om energieffektiviseringsåtgärder baktänder verkar de kontraproduktivt inom energi- och miljöpolitiken, om de syftar till att minska energianvändningen och miljö- och hälsofarliga utsläpp. Det framstår därför som ytterst angeläget att utreda huruvida policyåtgärder för en förbättrad energieffektivitet baktänder eller inte.

I forskningslitteraturen är det allmänt accepterat att energianvändare efterfrågar fler varor och tjänster när en förbättrad energieffektivitet medför minskade kostnader för dem. Att energieffektivisering föder ny energiefterfrågan som motverkar effektiviseringens energibesparande potential kallas i litteraturen för ”the rebound effect” eller rekyleffekten. Backfire uppstår då rekyleffekten är större än 100 procent. Hur stor rekyleffekten är och hur sannolikt det är med backfire, är idag en omtvistad fråga i forskningslitteraturen (Greening m.fl., 2000, van den Bergh, 2011).

Trots att rekyleffekten är accepterad och av betydelse för utvärderingar av styrmedel i miljö- och energipolitiken negligeras den ofta i analyser där den borde beaktas, eller i

---

<sup>1</sup> Brookes (1990) och Khazzoom (1980) drar slutsatsen att energieffektivisering i allmänhet riskerar att öka energiefterfrågan. Medan Brookes diskuterade feedback-effekter på makronivå visade Khazzoom att paradoxen kan ske på mikronivå för en enskild energitjänst.

vart fall diskuteras.<sup>2</sup> Det finns flera orsaker till det, bland annat att rekyleffekten till sin natur är abstrakt och dynamisk, och därför svår att mäta. Rekyleffekten har utvärderats med hjälp av olika metoder, på mikro- respektive makroekonomisknivå och på kort respektive lång sikt. De många synsätten har bidragit till en stor spridning i de empiriska skattningarna, vilket i sin tur bidragit till vitt skilda slutsatser om rekyleffektens storlek och policyrelevans (Sorrell, 2007).

Beroende på vilka ramar som sätts upp för analysen kan den i grova drag definieras i termer av direkta och indirekta rekyleffekter som tillsammans utgör den totala rekyleffekten. När den totala rekyleffekten utvärderas för en hel ekonomi (ett land, en region eller globalt) kallas den för den ekonomiövergripande rekyleffekten (Sorrell, 2007).<sup>3</sup> Den direkta rekyleffekten har snäva analysramar och avser endast enskilda användningsområden för energi, till exempel biltransporter. Effektivare och därmed billigare bilresor riskerar emellertid att inte bara öka biltransporterna, utan även påverka konsumtionen av andra varor och tjänster. Ett talande exempel är familjen som effektiviserar sin bilåkning för att spara pengar till en Thailandresa. Energibesparingen för hushållet av effektivare bilresor uppvägs då av en ökad energianvändning för flygresor. En betydande energieffektiviseringens kan även få effekter på konkurrenskraft och investeringar, vilket i sin tur kan medföra betydande makroekonomiska effekter i form av en långsiktig strukturomvandling. Den indirekta rekyleffekten avser denna typ av sekundära effekter och kan utvärderas på olika nivåer. Den ekonomiövergripande definitionen har vida analysramar där alla energianvändare och energins alla användningsområden beaktas.

## 1.2 Övergripande syfte

Det övergripande syftet med den här rapporten är att sammanfatta kunskapsläget om rekyleffekten. I studien förklaras skillnaden mellan olika definitioner, olika mätmetoder och vilken betydelse rekyleffekten har för miljö- och energipolitiken. I möjligaste mån återkopplas till svenska förhållanden.

Det finns redan flera litteraturöversikter av rekyleffekten, bland annat Greening m. fl. (2000), Berkhout m.fl. (2000), Binswanger (2001), Madlener och Alcott (2010) och van den Bergh (2011). En omfattande sammanställning av litteraturen gjordes vid UK Energy Research Centre (Sorrell, 2007). Denna har i sin tur gett upphov till ett antal vetenskapliga artiklar (Dimitropoulos, 2007; Sorrell och Dimitropoulos, 2008 och Sorrell m.fl., 2009) samt en bok (Herring och Sorrell, 2009). Även på svenska finns rapporter som diskuterar rekyleffekten (SOU 2001:2; Ankarhem och Brännlund, 2006; Sanne, 2006; Kriström och Brännlund, 2010; Kågesson, 2011). Dessa översikter och diskussioner har på olika sätt bidragit till innehållet i denna rapport.

---

<sup>2</sup> Två exempel utgörs av den omfattande energieffektiviseringsutredningen från 2008 (SOU 2008:25 och SOU 2008:110) och Boverkets utredning från 2005 om styrmedel för energieffektivisering i byggnader. Rekyleffekten nämns inte i någon av rapporterna.

<sup>3</sup> Det förekommer även en kategorisering i termer av lokal och global rekyleffekt (Fölster och Nyström, 2009).

## 1.3 Avgränsningar

### **REKYLEFFEKTENS GENERELLA RELEVANS – FOKUS PÅ ENERGI OCH TEKNIK**

I denna rapport fokuseras på energianvändning. Det ska dock påpekas att rekyleffekter uppstår generellt vid effektivisering av resursanvändning. I litteraturen är det främst användningen av energi och tid som analyseras. Rekyleffekten som följer av tidseffektiviseringar är relevanta för analyser av infrastrukturprojekt eftersom de påverkar beräkningar av tidsvinster, utsläpp och trängsel. Om en väg dras om så att den högsta tillåtna hastigheten höjs, eller ressträckan förkortas, kan restiden minska. Detta ger ökade möjligheter för människor att bo längre från arbetsplatsen och delta i aktiviteter längre från hemmet. Sådana anpassningar gör att den sammanlagda restiden, utsläppen och trängseln inte minskar lika mycket som annars hade blivit fallet (Hymel m.fl., 2010).

Rekyleffekter är också intressanta för studier av arbetskraften, kanske mest som ett exempel på att rekyleffekten kan vara mycket stor. Det senaste halvsekle har arbetskraftens produktivitet ökat kraftigt, utan att det lett till massarbetslöshet, kontinuerliga förkortningar i arbetstiden eller till att pensionsåldern sänkts. Snarare har sysselsättningen ökat. Detta har varit möjligt då nya varor och tjänster utvecklats samtidigt som den totala efterfrågan och produktionen vuxit.

Energibesparingar kan potentiellt nås genom antingen tekniska eller beteendemässiga förändringar. I denna rapport är utgångspunkten ekonomiskt motiverade tekniska åtgärder. Det finns avgörande skillnader mellan tekniska och beteendemässiga förändringar. De senare ger inte upphov till någon egenpriseteffekt och därför inte till någon direkt rekyleffekt. Teknisk utveckling innebär att företag och hushåll kan producera och konsumera som tidigare, men till en lägre kostnad. Tekniska åtgärder som är ekonomiskt motiverade innebär att energi som insatsvara blir mer produktiv, vilket bidrar till ekonomisk tillväxt. Med tiden kan ny teknik appliceras på nya användningsområden och vidareutvecklas, vilket också bidrar till ekonomisk tillväxt. Rekyleffekten förväntas därför bli större för tekniska åtgärder (van den Bergh, 2011). Rekyleffekter av energibesparande åtgärder i allmänhet studeras bland annat av Druckman m.fl. (2011).

## 1.4 Definitioner av centrala begrepp

### **ENERGITJÄNSTER**

Oavsett vem som använder energi sker det i ett högre syfte, inte för användningens egen skull. Försättningsvis används begreppet energitjänster för de nyttiggörande tjänster som energin bidrar med för hushåll och företag. Företag använder energi för att förädla råmaterial till varor eller för att producera tjänster. Energin behövs bland annat för att värma byggnader, driva maskiner eller för att transportera gods och personer. Hushållen använder energi för att få nytta från till exempel värme, drift av hushållsapparater eller transporter. Energi efterfrågas implicit genom efterfrågan på energitjänster.

## ENERGINYTTA OCH ENERGIEFFEKTIVITET

Energieffektivitet avser förhållandet mellan produktion av energinytta (useful output) och energianvändning. Energinytten kan mätas i termodynamiska, fysiska eller monetära termer (Paterson, 1996). I denna rapport mäter vi energinytta i termer av energitjänster (fysiskt) eller i termer av förädlingsvärden (monetärt). Energinytta kan bland annat vara antal fordonskilometrar, värmekomfort per kvadratmeter eller antal varv visparna på en elvisp snurrar. Energieffektivisering innebär att mer energinytta kan produceras med oförändrad energianvändning. Alternativt kan en och samma mängd energinytta produceras med en mindre energianvändning.

Fysiska mått på energinytta är lätta att mäta, men går oftast inte att addera. Adderbarhet krävs för att kunna mäta energieffektiviteten i ett företag, i en bransch eller i en hel ekonomi som producerar flera varor och tjänster, till exempel pappersmassa, el och godstransporter. Genom att vikta produktionen av varor och tjänster med deras respektive marknadspris skapas en gemensam måttenhet (kronor) som möjliggör aggregering av energinytten över olika energitjänster. På makronivå brukar energieffektivitet avse inversen av energiintensiteten i den samlade produktionen (BNP/TWh).<sup>4</sup>

Varor och tjänster kan ses som sammansättningar av olika egenskaper som bestämmer deras värde för konsumenterna (Lancaster, 1966). På samma sätt som smak, färg och form är värdesättande egenskaper hos frukter är energieffektivitet, komfort och hastighet värdesättande egenskaper hos energitjänster som elvispning och persontransporter. De många dimensionerna gör det svårt att exakt definiera energinytta. Ofta utelämnas någon aspekt. Exempelvis kan fordonskilometrar dekomponeras i antal fordon och genomsnittlig färdsträcka per år, vilket inte säger något om transportens hastighet, säkerhet och komfort. Om man i stället mäter energinytten i termer av tonkilometrar (exkl. last) fångar man upp ytterligare en aspekt, den genomsnittliga vikten på fordonen. Om fordonens vikt är positivt korrelerad med transporterens säkerhet och komfort utgör tonkilometrar ett mer heltäckande mått på energinytta än fordonskilometrar. Inget av de nämnda definitionerna fångar emellertid hur många persontransporter som utförs. Ett tredje alternativ är alltså att mäta energinytta i termer av personkilometrar. Att energinytta kan mätas på många olika sätt är viktigt att hålla i minnet när vi senare jämför olika empiriska skattningar av rekyleffekten – jämförbarheten är inte alltid så bra som den verkar vid första anblicken. Sällan kontrolleras det för korrelationen mellan energieffektivisering och förändringar av egenskaper som inte reflekteras i definitionen av energinytten, till exempel antal medpassagerare per fordonskilometer eller fordonsstorlek.

Energieffektivisering, som den definieras ovan, är ett partiellt produktivetsmått som har liten ekonomisk betydelse. För att energitjänster ska kunna produceras krävs arbetskraft (tid), energi och teknisk utrustning (till exempel element, lampa, TV, bil och svarv). I regel kan olika kombinationer av arbetskraft, energi och teknisk utrustning användas för att producera samma energitjänst. I ekonomiska analyser är det därför totalfaktorproduktivitet (TFP) som är av intresse, dvs. hur mycket som potentiellt kan produceras av en given mängd insatsfaktorer. Om rätt mix av insatsfaktorer används på bästa möjliga sätt är en produktionsprocess kostnadseffektiv

---

<sup>4</sup> På makroekonomisk nivå är energieffektivitet inte ett oproblematiskt begrepp. Fler faktorer än termodynamisk effektivitet påverkar kvoten mellan BNP och energianvändning, till exempel preferenser och energipriser. BNP är inte heller ett heltäckande välfärdsmått, vilket betyder att energianvändningen kan ge upphov till nytta eller onytta som inte reflekteras i BNP. Se Patterson, 1996; Vikström, 2008 och Madlener och Alcott, 2010.

– största möjliga produktionsvolym produceras då till en given kostnad. Om energieffektivisering sker på bekostnad av produktiviteten hos andra insatsfaktorer, till exempel kapital och arbetskraft, kan det innebära att kostnadseffektiviteten försämras. För att energieffektivisering ska vara ekonomiskt motiverad krävs antingen att TFP ökar eller att resurser kan omfördelas med en ökad kostnadseffektivitet som följd.

## 2. Den direkta rekyleffekten

I det här avsnittet redogörs för den direkta rekyleffekten i hushållssektorn. Företagens energianvändning diskuteras i avsnittet om den ekonomiövergripande rekyleffekten. Uppdelningen mellan hushåll och företag kan motiveras med att de flesta studierna av den direkta rekyleffekten berör hushållens energianvändning och att dessa inte kan generaliseras till industrin, om än grundresonemanget är det samma.

### 2.1 Definition och bestämningsfaktorer

#### **DEFINITION AV DEN DIREKTA REKYLEFFEKTEN**

Den direkta rekyleffekten avser efterfrågan på enskilda energitjänster och kan definieras som den procentuella skillnaden mellan potentiell- och faktisk energibesparing av en förbättrad energieffektivitet.

$$\text{Direkt rekyleffekt} = \frac{\text{Potentiell energibesparing} - \text{Faktisk energibesparing}}{\text{Potentiell energibesparing}} \cdot 100 \quad (1)$$

Av energieffektivisering följer att en energitjänst kan tillhandahållas med en mindre energiinsats. Vid en oförändrad efterfrågan på den aktuella energitjänsten, kan den potentiella energibesparingen beräknas som en andel av den ursprungliga energianvändningen eller genom att multiplicera den minskade energiåtgången per enhet energinytta med produktionen av energinytta. En mindre energiinsats betyder att kostnaden för energitjänsten blir lägre, vilket stimulerar efterfrågan på den och implicit på energi. När exempelvis våra uppvärmningskostnader minskar förväntas vi höja inomhustemperaturen, öka den uppvärmda ytan eller värma husen under längre perioder. När driftskostnaderna för bilar och hushållsapparater minskar förväntas vi använda dem mer, skaffa fler av dem och efterfråga en högre prestanda på dem. I mer formella termer verkar den direkta rekyleffekten genom en substitutions- och en inkomsteffekt. När energitjänsten blir billigare ökar konsumtionen av den på bekostnad av andra varor och tjänster som blivit relativt dyrare. Dessutom ökar hushållens köpkraft när varor och tjänster blir billigare - realinkomsten stiger. Hushållen kan därför konsumera mer av alla varor och tjänster. En del av den ökade realinkomsten kommer att gå till en ökad konsumtion av den effektiviserade energitjänsten. Den energibesparing som energieffektiviseringsåtgärder faktiskt resulterar i blir därför mindre än den potentiella. Skillnaden utgörs av den direkta rekyleffekten.

Storleken på rekyleffekten skiljer sig åt mellan olika energitjänster. Av flera anledningar är det svårt att säga hur stor rekyleffekten är för enskilda energitjänster. Den främsta svårigheten ligger i att definiera och mäta energinytta på ett fullständigt och konsekvent sätt. Inom vissa områden finns det vedertagna mått på energinytta.

Inom transportområdet mäts energinytta som fordons-, person- eller tonkilometrar. För uppvärmning av bostäder mäts energinytten i termer av värmekomfort per kvadratmeter, som uppmätt genomsnittlig inomhustemperatur eller termostatinställningar. För att alla relevanta anpassningar i efterfrågan på energi ska beaktas krävs ett övergripande mått på energinytten, vilket är svårt att åstadkomma. Ofullständiga mått på energinytten leder till att rekyleffekten över- eller underskattas.

En annan generell svårighet med att mäta rekyleffekter är att de är dynamiska och verkar under lång tid. Det kan ta lång tid för människor att ändra sina konsumtionsbeteenden och för producenter att utifrån dessa förändringar utveckla nya produkter. Om rekyleffekten studeras under en för kort tidsperiod riskerar man att underskatta den. Det långa tidsperspektivet medför dessutom att många andra faktorer kommer att påverka efterfrågan på energitjänster, till exempel energipriser, inkomstnivåer, teknisk utveckling i andra dimensioner än energieffektivitet, trender etc. Dessa faktorer måste beaktas i en statistisk analys för att uppskattningar av rekyleffekten ska bli rättvisande.

#### **VAD BESTÄMMER OMFATTNINGEN AV DEN DIREKTA REKYLEFFEKTEN?**

Det finns några faktorer som generellt påverkar den direkta rekyleffektens storlek.

- (1) Rekyleffekten förväntas vara större för energitjänster som kräver mycket energi i förhållande till andra insatsfaktorer, till exempel tid, eftersom energieffektivisering får en större inverkan på kostnaden för sådana energitjänster jämfört med energitjänster som kräver mindre energi.
- (2) Den välfärd som ytterligare konsumtion av en energitjänst för med sig förväntas avta med konsumtionsnivån. För vissa energitjänster kan marginalnyttan till och med bli negativ, till exempel om inomhustemperaturen stiger över den som anses optimera värmekomforten – det blir för varmt - dvs. det finns mättnad i efterfrågan. Hushåll med höga inkomster förväntas att ha en mer mättad efterfrågan än hushåll med låga inkomster och därför förväntas rekyleffekten bli större bland de senare (Milne och Boardman, 2000; Hong, 2006).
- (3) Inkomstnivån bestämmer alternativkostnaden för vår tidsanvändning, ju högre arbetsinkomst desto dyrare blir vår tid. En högre inkomstnivå förväntas därför minska rekyleffekten för energitjänster som är relativt tidsintensiva, till exempel bilresor (Sorrell och Dimitropoulos, 2008; Small och Van Dender, 2007; Greening, 2010). Samma resonemang gäller också för yta. Energieffektivare kylskåp betyder inte nödvändigtvis att vi skaffar större eller fler kylskåp eftersom det även kräver en insats av yta.
- (4) Rekyleffekten förväntas vara relativt stor för energieffektiviseringar som skapar nya konsumenter, så kallade marginalkonsumenter, som innan effektiviseringen inte hade råd att köpa energitjänsten. Marginalkonsumenterna kan förväntas vara färre i ekonomiskt utvecklade länder jämfört med i utvecklingsländer, där många basbehov fortfarande är ouppfyllda (Roy, 2000; van den Bergh, 2011).
- (5) Om energieffektiva produkter är dyrare eller har andra indirekta kostnader, till exempel tidskostnader, kommer det att hålla tillbaka rekyleffekten eftersom kostnaden för energitjänsten då inte faller lika mycket som den annars skulle göra (Sorrell och Dimitropoulos, 2008). Även det omvända gäller – den direkta rekyleffekten blir större

då energieffektivisering innebär andra förbättringar, till exempel i design, komfort eller i tids- och kapitaleffektivitet (Binswanger, 2001).

## 2.2 Empiriska metoder och resultat

### SÄTT ATT EMPIRISKT UPSKATTA DEN DIREKTA REKYLEFFEKTEN

Det finns två sätt att uppskatta den direkta rekyleffekten empiriskt: (1) genom att studera primärdata från effektiviseringsexperiment; eller (2) genom att ekonometriskt analysera sekundärdata över efterfrågan på enskilda energitjänster eller energi. I den empiriska litteraturen om rekyleffekten är vetenskapliga experiment sällsynta. Oftast handlar det om pseudo-experiment i form av enklare ”före och efter”-analyser, främst av åtgärder som effektiviserar bostadsuppvärmningen (Sorrell m.fl., 2009).

Den vanligaste metoden för att skatta den direkta rekyleffekten är att tillämpa en ekonometrisk ansats som utnyttjar att energieffektivisering under vissa förutsättningar kan likställas med fallande energipriser. Genom att modellera energieffektivisering som en prisförändring kan elasticiteter för efterfrågan på energitjänster, eller energi, skattas och sedan användas som approximationer av den direkta rekyleffekten. Elasticiteterna besvarar frågan hur mycket energianvändningen ändras i procent då energieffektiviteten förbättras (eller då priset på energitjänsten faller) med en procent.<sup>5</sup>

Den ekonometrisk ansatsen utgår från en produktionsfunktion för hushållens produktion av energitjänster. Produktionen av energinyttan från en energitjänst (S) antas vara en funktion av energi (E), teknisk utrustning (C), tid (L) och andra varor och resurser (M):

$$S = f(E, C, L, M) \quad (2)$$

Energieffektiviteten (T) ges av kvoten mellan energinyttan och energiinsatsen:

$$T = S/E \quad (3)$$

Den direkta rekyleffekten kan identifieras med hjälp av två elasticiteter. Den första är elasticiteten för energiefterfrågan med avseende på energieffektivitet,  $\epsilon_T(E)$ , som säger hur mycket energiefterfrågan förändras då energieffektiviteten förbättras. Den andra är elasticiteten för efterfrågan på energinyttan med avseende på energieffektivitet,  $\epsilon_T(S)$ , som säger hur mycket efterfrågan på energitjänsten förändras då energieffektiviteten förbättras. Om den senare är noll finns ingen beteendeanpassning, efterfrågan är oförändrad, vilket medför att  $\epsilon_T(E) = -1$ , dvs. en procentuell förbättring av energieffektiviteten leder till en lika stor procentuell minskning i energiefterfrågan. Givet att energiefterfrågan förändras proportionerligt med efterfrågan på energitjänsten gäller;

$$\epsilon_T(E) = \epsilon_T(S) - 1 \quad (4)$$

---

<sup>5</sup> Fördelen med elasticiteter är att de baseras på procentuella förändringar och därmed är oberoende av underliggande storheter, till exempel antal kWh, antal arbetade timmar, kronor, antal fordonskilometrar etc.



där;  $\epsilon_T(S)$  är ett direkt mått på rekyleffekten.<sup>6, 7</sup>

Inte sällan ersätts  $\epsilon_T(S)$  med egenpriselasticiteten för efterfrågan på en enskild energitjänst  $\epsilon_{P_S}(S)$  eller efterfrågan på energi  $\epsilon_{P_E}(E)$  (Khazzoom, 1980; Binswanger, 2001).<sup>8</sup> Generellt sett är statistik för energipriser lättare att få tillgång till och håller bättre kvalitet än statistik för energieffektivitet, som dessutom är en relativt trögrörlig faktor vilket gör att den kan sakna tillräcklig variation för att kunna analyseras ekonometriskt (Sorrell och Dimitropoulos, 2008). Logiken med att använda egenpriselasticiteter för att skatta rekyleffekten för en enskild energitjänst är att det effektiva priset på den aktuella energitjänsten ( $P_S$ ) faller om antingen energipriset faller eller om energieffektiviteten förbättras:

$$P_S = P_E/T \quad (5)$$

Givet att energinyttan mäts fullständigt, är det endast under vissa villkor som egenpriselasticiteter utgör exakta mått på den direkta rekyleffekten. Elasticitetsmättet förutsätter att effekterna av prisförändringar är symmetriska, dvs. att en prisnedgång får lika starka effekter på energiefterfrågan som en prisuppgång. Antagandet om symmetri har ifrågasatts bland annat på grund av oåterkalleliga tekniska förändringar som drivs fram av höga priser eller teknikregleringar (Greene, 2010). Det har bland annat visat sig att bränsleefterfrågan var priskänsligare under 1970-talets prisuppgångar än under föregående och senare perioder då bränslepriserna var relativt låga (Dargay och Gately, 1997). Elasticitetsmättet förutsätter också proportionalitet mellan energianvändningen och energinyttan, dvs. energieffektiviteten förutsätts vara konstant över olika konsumtionsnivåer av enskilda energitjänster.

När det gäller egenpriselasticiteten för energiefterfrågan,  $\epsilon_{P_E}(E)$ , finns det en särskild problematik. Ett högre pris på energi ökar efterfrågan på energieffektiv teknisk utrustning, till exempel bränslesnåla bilar, vilket innebär att energieffektiviteten delvis bestäms endogen i sambandet mellan pris och kvantitet (Goodwin, 2004; Small och Van Dender, 2007). De bränslesnåla bilarna har en lägre driftskostnad och kommer därför att köras mer trots högre energipriser. Bränsleefterfrågan blir därför mer priselastisk när bilparken anpassar sig till ett högre bränslepris. Av den anledningen kommer egenpriselasticiteten för energiefterfrågan att överskatta rekyleffekten (Sorrell och Dimitropoulos, 2008). Det förutsätter emellertid att energitjänstens egenskaper inte förändras till följd av energieffektivisering, vilket kan vara ett starkt antagande. Vi återkommer till detta i nästa avsnitt när vi redogör för rekyleffekten inom transportområdet.

#### **HUR STOR ÄR DEN DIREKTA REKYLEFFEKTEN?**

De studier som explicit estimerar rekyleffekter är begränsade till antalet, men det finns en omfattande litteratur som estimerar egenpriselasticiteter för enskilda energitjänster eller energiefterfrågan. Här nedan följer en sammanfattning av den empiriska litteratur som berör persontransporter, fastighetsuppvärmning och övriga energitjänster.

<sup>6</sup> Uttryck (3) ger  $S = TE$ .

<sup>7</sup> Se Dimitropoulos och Sorrell (2008) för en fullständig härledning.

<sup>8</sup> Dessa elasticiteter är i regel negativa och multipliceras därför med -1 innan de används i uttryck (4).

### Transporter

Persontransporter med bil är den energitjänst som har analyserats mest i den empiriska litteratur som berör rekyleffekten. Biltransporter är relativt energi- och utsläppsintensiva och bränslekostnaden utgör en betydande del av den totala kostnaden för energitjänsten. Rekyleffekten förväntas därför vara relativt stor, vilket gör transportområdet särskilt intressant.

Den totala bränsleförbrukningen för biltransporter är en funktion av:

- i) Bilparkens storlek
- ii) Antal fordonskilometrar per bil
- iii) Bränsleförbrukning per kilometer

Rekyleffekten verkar genom alla dessa faktorer. Eftersom olika anpassningar till prisförändringar slår igenom på efterfrågan i olika takt gör man i litteraturen skillnad på kort- och långsiktig rekyleffekt. Den kortsiktiga rekyleffekten fångar effekter som, i grova drag, sker inom ett år, till exempel byte av transportmedel, mindre samåkning, ändrade destinationer och sämre resplanering. På lång sikt förändras bilparken, infrastrukturen och lokalisering av bostäder och arbetsplatser. Att döma av litteraturen som estimerar egenpriselasticiteter är den långsiktiga rekyleffekten i de flesta fallen mer än dubbelt så hög som den kortsiktiga (Goodwin, 2004).

Det finns ett flertal studier som sammanställt empiriska skattningar av egenpriselasticiteter för bensinefterfrågan (bland annat Dahl och Sterner, 1991; Goodwin, 1992; Graham och Glaister, 2004; och Goodwin m.fl., 2004). Dessa översikter ger en enhetlig bild över elasticitetsskattningarnas variation och medelvärde, i synnerhet då hänsyn tas till att skattningarna baseras på data för olika tidsperioder och olika empiriska metoder. Vi återger här endast resultaten från Goodwin m.fl. (2004), som är en relativt färsk översikt, som omfattar elasticitetsskattningar för både fordonskilometrar och bensinefterfrågan gjorda efter 1990. I Tabell 1 redovisas resultat från dynamiska modeller, som kan skilja på kort- och långsiktiga effekter. Genomsnittet för den långsiktiga egenpriselasticiteten för bränsle och fordonskilometrar är -0,64 respektive -0,29. Genomsnittet för den kortsiktiga egenpriselasticiteten för bränsle och fordonskilometrar är -0,25 respektive -0,10.

**Tabell 1:** Sammanställning av Goodwin m.fl. (2004) över egenpriselasticiteter gjorda efter 1990 (internationellt). Skattningarna har gjorts med dynamiska modeller som kan skilja på kort- och långsiktiga effekter.

Beroende variabel	Kortsiktig	Långsiktig
Bränsleförbrukning		
Genomsnitt	-0,25	-0,64
Spännvidd	-0,01 till -0,57	0 till -1,81
Antal observationer	46	51
Fordonskilometrar		
Genomsnitt	-0,10	-0,29
Spännvidd	-0,05 till -0,17	-0,1 till -0,63
Antal observationer	3	3

Storleken på rekyleffekten har visat sig vara känslig för vilken typ av egenpriselasticitet som används. I Tabell 1 är egenpriselasticiteter för bränsle högre än för fordonskilometrar, vilket är ett mönster som återkommer i litteraturen (Goodwin

m.fl., 2004; Sorrell, m.fl., 2009; Hymel, 2011). En förklaring till det är att högre bränslepriser inte bara leder till färre fordonskilometrar utan också till att bilister kör mer bränslesnålt, ändrar sina resvägar för att minska energiförbrukningen och till att hushåll med flera bilar utnyttjar relativt energieffektiva bilar mer (Rouwendal, 1996). Högre bränslepriser leder också till att hushållen skrotar gamla bränsleslukande bilar och köper nya energieffektiva bilar, vilket medför att bränsleförbrukningen sjunker ytterligare.

Att estimerar rekyleffekten i termer av bränsleförbrukning har sina svagheter. Som tidigare nämndes fångar egenpriselasticiteten för bränsle förändringar i bränsleförbrukningen som beror på förändringar i bilparkens tekniska energieffektivitet. Detta gör bränsleefterfrågan mer priskänslig på lång sikt och därmed överskattas den långsiktiga rekyleffekten.<sup>9</sup> Detta kan emellertid motverkas av att bilisterna ändrar sitt körsätt och efterfrågar mer av egenskaper som potentiellt är positivt korrelerade med bränsleförbrukningen per kilometer, till exempel prestanda, komfort och säkerhet (Mannering, 1986). Sådana förändringar bör räknas till rekyleffekten.

Att estimerar rekyleffekten i termer av fordonskilometrar har också sina svagheter. Ett problem är att beteendeanpassningar som leder till en högre bränsleförbrukning per fordonskilometer inte beaktas i definitionen av energinytta. Rekyleffekten underskattas därmed. Ett annat problem är att energieffektivitet är en funktion av förväntade resvanor. Man kan förvänta sig att bilar med hög energieffektivitet körs relativt mer, men också att personer som kör mycket är mer benägna att köra energieffektiva bilar. Om endogenitetsproblem inte beaktas kommer sannolikt egenpriselasticiteten för fordonskilometrar, och därmed rekyleffekten, att felskattas (Small och Van Dender, 2007).

För att estimerar egenpriselasticiteter används olika metoder som är tillämpliga på olika typer av data. I litteraturen kan fyra typer av data urskiljas; (1) tidsserier över energi- eller resdata som aggregerats till delstats- eller nationsnivå; (2) aggregerade paneldata för länder eller delstater i USA; (3) mikrodata från undersökningar om resvanor eller konsumtionsundersökningar som kan vara tvärsnitts- eller paneldata; och (4) aggregerade tidsserier över hushållens utgifter (nationalräkenskaper). Samtliga av dessa angreppssätt har sina styrkor och svagheter.

Mikrodata har den fördelen att det är möjligt att studera hur olika typer av hushåll reagerar på prisförändringar. Det är däremot ovanligt med långa dataserier som tillåter dynamiska skattningar. De flesta mikrostudierna baseras på tvärsnittsdata, som ofta uppvisar mycket liten variation i bränslepriser. Dessutom blir resultaten känsliga för faktorer som är specifika för en viss tidsperiod, till exempel en ekonomisk kris. Mikrobaserade studier förväntas därför uppvisa en större variation i storleken på de skattade elasticiteterna. Aggregerade tidsseriedata är relativt lättillgängliga och tillåter dynamiska modellskattningar om de är tillräckligt långa. Paneldata är en kombination

---

<sup>9</sup> I många studier står egenpriselasticiteten för bensin i fokus (till exempel Goodwin m.fl., 2004; Small och van Dender, 2007). Denna elasticitet fångar substitution från bensin till diesel och andra bränslen (till exempel etanol). Bensinefterfrågan kan därför vara mer priskänslig än efterfrågan på bränsle i allmänhet. Det innebär i så fall att egenpriselasticiteten för bensin överskattar rekyleffekten än mer än egenpriselasticiteten för bränsle. Detta är förmodligen ett problem som blivit allvarligare över tid. Historiskt har bensin varit det huvudsakliga drivmedlet för privata transporter, men under senare år har andelen privatägda dieseldrivna fordon ökat markant. År 2005 var 10 procent av de nyregistrerade bilarna i Sverige dieseldrivna, 2011 (jan-okt) var dieseldrivna vanligast och andelen uppgick då till 61 procent ([www.bilsweden.se](http://www.bilsweden.se), Länsstatistik oktober 2011).

av tvärsnitts- och tidsseriedata som innehåller mer information än endast en tidsserie eller ett tvärsnitt.

Small och van Dender (2007) har utpekats som en särskilt ekonometriskt sofistikerad studie (Sorrell m.fl., 2009 och Kågesson, 2011). Ett av studiens explicita syften är att estimeras den kort- och långsiktiga rekyleffekten av effektivare persontransporter. Empirin grundar sig på paneldata över årliga fordonskilometrar (normaliserat med antalet vuxna) i 50 delstater under perioden 1961-2001. I studien estimeras den kort- och långsiktiga rekyleffekten till 4,5 respektive 22 procent. Man finner vidare att rekyleffekten minskar med en stigande inkomst, vilket implicerar att rekyleffekten är lägre idag då inkomstnivån är högre.<sup>10</sup> Studien adresserar några av de ekonometriska problem som vanligtvis uppkommer vid skattningar av rekyleffekten, till exempel att energieffektivitet delvis bestäms endogen. Studien kritiserar emellertid i Sorrell m.fl. (2009), som menar att resultaten implicerar att rekyleffekten är negativ i delstater med relativt höga inkomster, vilket är ytterst osannolikt.

Frondel m.fl. (2008) analyserar paneldata på mikronivå i Tyskland. Studien grundar sig på uppgifter från en fortlöpande årlig enkätundersökning av hushållens persontransporter under perioden 1997-2005. Den långsiktiga rekyleffekten estimeras till 57-62 procent för fem (av sex) olika modellspecifikationer, vilket tyder på robusta resultat. Man finner också att efterfrågeelasticiteten för personkilometrar med avseende på energieffektivitet inte är signifikant skild från egenpriselasticiteten för fordonsbränsle. Resultaten gäller emellertid endast för hushåll med en bil. Priskänsligheten, och rekyleffekten, förväntas vara mindre för hushåll som har flera bilar. Dessa hushåll har svagare incitament att ändra bilåkandet när bränslepriserna stiger eftersom de då förväntas nyttja den bränslesnålare bilen mera.

Det skattade intervallet för rekyleffekten i Frondel m.fl (2009) är i paritet med genomsnittet av de 50 skattningarna av den långsiktiga egenpriselasticiteten för bränsleförbrukningen som redovisas i Tabell 1, men betydligt högre än genomsnittet för de tre estimerade värdena som baseras på fordonskilometrar. Vidare, resultatet är betydligt högre än de amerikanska studier som explicit studerat rekyleffekten. En del av förklaringen ligger i att förutsättningarna i USA och Europa skiljer sig åt. I USA är bränslepriserna lägre, den genomsnittliga energieffektiviteten i bilparken är lägre, befolkningstätheten är lägre, möjligheterna att resa kollektivt är sämre och antalet bilar per capita är högre, (Sorrell m.fl., 2009). Det kan dock finnas en betydande variation mellan europeiska länder. Sverige sticker till exempel ut med sin relativt låga befolkningstäthet, vilken implicerar relativt långa resvägar och dyra kollektiva lösningar.

Det finns få empiriska skattningar av egenpriselasticiteten för den svenska efterfrågan på fordonsbränsle och persontransporter. I de svenska studierna hänvisas direkt (eller indirekt) till någon av de internationella översiktsstudier som gjorts. Den långsiktiga egenpriselasticiteten för bensinefterfrågan antas oftast vara -0,7. Det finns emellertid några studier som faktiskt estimerar egenpriselasticiteter på svenska data. Flertalet av dessa grundar sig på dataserier för hushållens utgifter (till exempel Brännlund, 1997; Hansson-Brusewitz, 1997; Brännlund och Nordström, 2003; och Brännlund och Nordström, 2007). Dessa studier finner överlag att den långsiktiga egenpriselasticiteten för efterfrågan på biltransporter ligger mellan -0,10 och -0,15.

<sup>10</sup> Hymel m.fl. (2010) replikerar skattningarna, men på paneldata för perioden 1966-2004, och finner en långsiktig rekyleffek på 15 procent.

Dargay (2008) estimerar den långsiktiga egenpriselasticiteten till -0,49 för bensin och -0,32 för diesel. Estimaten grundar sig på en dynamisk tidsseriemodell som tillämpats på data över årlig bensin och dieselförbrukning i Sverige under perioden 1972-2006.

### *Uppvärmning*

Att mäta energieffektivitet och bedöma den direkta rekyleffekten är på flera sätt mer komplicerat för bostadsuppvärmning. För det första, fastigheter kan värmas upp med flera olika energislag. Fastigheter kan ha kakelugnar, vedkaminer eller el-element som kompletterande uppvärmningsutrustning, vilket gör bokföringen av energianvändningen för uppvärmning mindre exakt. För det andra, det är inte oproblemiskt att jämföra olika energislag med varandra. När energi konverteras från en form till en annan förloras en del värme. För el- och fjärrvärme sker konverteringen och värmeförlusterna utanför fastigheten (i el- eller fjärrvärmeverk), vilket måste beaktas för att en jämförelse ska bli rättvisande. Av den anledningen kan det vara lämpligt att dela upp analysen per energislag eller göra jämförelsen i termer av energikostnader eftersom värmeförlusterna rimligen reflekteras i marknadspriset på el- och fjärrvärme.<sup>11</sup>

Relativt till persontransporter är det svårt att exakt definiera och mäta den egentliga energitjänsten, värmekomfort. Den genomsnittliga inomhustemperaturen eller termostatinställningar används i litteraturen som proxy-variabler för värmekomfort. Inomhustemperaturen är emellertid bara en av flera faktorer som bestämmer värmekomforten. Andra relevanta faktorer är till exempel luftfuktighet, luftflöden och golvvärme. Värmekomforten är dessutom subjektiv och beror slutligen på hushållets preferenser och aktiviteter. Värmekomfortens komplexitet är en grund till överskattningar av rekyleffekten (Greening m.fl., 2000).<sup>12</sup>

Två typer av angreppssätt har använts för att skatta rekyleffekten från energieffektivisering av fastighetsuppvärmning. Dels finns det studier som estimerar egenpriselasticiteter, dels finns det studier som utvärderar effekter av energieffektiviseringsåtgärder med fokus på att analysera skillnaden mellan den beräknade potentiella energibesparingen och den energibesparing som faktiskt sker.<sup>13</sup> Rekyleffekten är endast en del av denna skillnad, andra felkällor kan till exempel vara dåliga modellberäkningar eller felaktiga installationer.

Dargay (2008) använder aggregerade tidsseriesdata och estimerar egenpriselasticiteterna för olje- och elanvändningen i småhus till -2,4 respektive -0,3. Brännlund m.fl. (2007) använder aggregerade tidsseriesdata över hushållens utgifter och estimerar egenpriselasticiteterna för olja, el och fjärrvärme till -0,79, -0,24 respektive -0,05. Egenpriselasticiteter för enskilda energislag ger liten information om rekyleffekten eftersom de utöver förändringar i efterfrågan på värmekomfort även fångar effekterna av energieffektivisering och konvertering till andra energislag. Från 1970 har

<sup>11</sup> En annan strategi är att tillsätta exogena vikter till enkilda energislag för att räkna om slutanvänd energi till primär energi (se till exempel SOU 2008:110).

<sup>12</sup> Om exempelvis installation av energieffektiva fönster medför en sämre luftkvalitet och hushållen löser problemet genom att öppna fönster sjunker temperaturen om inte termostatinställningarna justeras. Detta ger inte upphov till en rekyleffekt, utan är en trade-off mellan värmeförlust och luftkvalitet. Rekyleffekten kommer därför att överskattas i detta fall om värmekomfort approximeras med termostatinställning. Studier som kontrollerar för olika aspekter av värmekomforten tenderar att uppvisa lägre värden för rekyleffekten.

<sup>13</sup> De studier som baserar sig på pseudo-experiment i form av före och efter analyser av energieffektiviserande åtgärder har kritiserats för vetenskapliga brister, bland annat för små urval, urvalsbias, utelämnade variabler och otydliga definitioner av centrala begrepp (Sorrell m. fl., 2009).

oljeuppvärmningen i Sverige minskat kraftigt medan el- och fjärrvärme ökat (SOU 2008:25). Nässén m.fl. (2008) estimerar den långsiktiga egenpriselasticiteten för den specifika energianvändningen (slutanvända kWh/M<sup>2</sup>/år) i Sverige till -0,3 för småhus och -0,08 för flerfamiljshus.<sup>14</sup> En bättre approximation av rekyleffekten är egenpriselasticiteten för värmekomfort, som isolerar förändringar i bränsleefterfrågan som beror på ett aktivt val att höja temperaturen från andra faktorer. Någon sådan skattning för Sverige har vi inte funnit.

I de översiktsstudier som gjorts om rekyleffekten dras slutsatsen att båda typerna av studier av den långsiktiga rekyleffekten för bostadsuppvärmning uppvisar en stor spridning i sina estimat (0-60 procent), men att en bästa gissning är 10-30 procent (Greening m.fl., 2000 och Sorrell m.fl., 2009). Denna uppskattning grundar sig främst på studier som gjorts för den amerikanska energiefterfrågan, men bedöms rimlig även för Sverige. Vidare, den direkta rekyleffekten för uppvärmning förväntas vara större bland fattigare hushåll eftersom de antas ligga längre ifrån den önskade värmekomforten (Hong, 2006).

#### *Övriga energitjänster*

För andra energitjänster än persontransporter och fastighetsuppvärmning finns få studier av rekyleffekten. Av de få studier som finns på området är de flesta föråldrade. I ekonomiskt utvecklade länder som Sverige kan man generellt förvänta sig låga rekyleffekter för energitjänster vars energikostnader står för en liten del av totalkostnaden. Tidskostnaden dominerar oftast när det gäller hushållsaktiviteter som till exempel tvätt, disk och tv. Högre rekyleffekter väntas för energieffektivare belysning (van den Bergh, 2011) och luftkonditionering (Greening m.fl., 2000; Sorrell m.fl., 2009).

### 3. Den ekonomiövergripande rekyleffekten

En omfattande energieffektivisering kan få betydande makroekonomiska effekter. Energieffektivisering innebär (1) att hushåll och företag kan konsumera samma mängd energitjänster till en lägre kostnad och (2) att energitjänster blir relativt billigare än andra varor och tjänster. Med andra ord, energieffektivisering medför initialt en ekonomisk besparing, vilket möjliggör en ökad konsumtion, samtidigt som de ekonomiska incitamenten att konsumera fler energitjänster stärks. För företagen blir det relativt billigare att använda energi i produktionen, vilket innebär lägre styckkostnader. Detta möjliggör för lägre priser på energiintensiva varor och tjänster, vilket stimulerar konsumtionen av dem. Ekonomiska drivkrafter ser till att energieffektiviseringen verkar genom ekonomin i flera led, där produktion, konsumtion, faktorefterfrågan och investeringar påverkas. I slutändan medför energieffektivisering en strukturomvandling, en högre tillväxt och en förändrad energianvändning.

Den direkta rekyleffekten fångar bara en del av den dynamik som beskrivs ovan. I det här avsnittet utökas därför ramarna för analysen av rekyleffekten. Beroende på

---

<sup>14</sup> Skattningarna, som baseras på tidsseriedata för perioden 1970-2002, bör tolkas med försiktighet avseende rekyleffekten eftersom energianvändningen har normaliserats med den uppvärmda ytan, dvs. elasticiteten avser den specifika energianvändningen (kWh/M<sup>2</sup>). Under perioden har den uppvärmda ytan ökat markant. Resultaten är potentiellt skeva på grund av utelämnade variabler och multikollinearitetsproblem (mellan pris och inkomstutveckling).

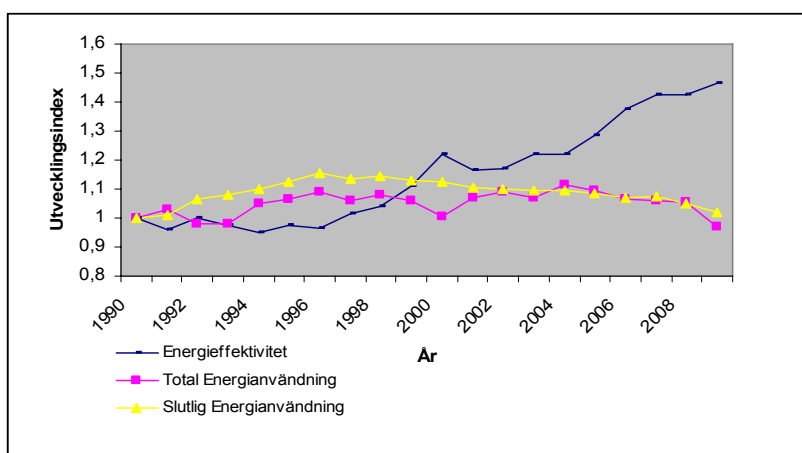
kontext utgörs de relevanta analysramarna av en sektor, en region eller en nationell ekonomi. I vissa fall måste perspektivet vidgas ytterligare till global nivå, till exempel i analyser av gränsöverskridande miljöproblem som utsläpp av växthusgaser (Barker m.fl., 2009; Fölster och Nyström, 2009; Wei, 2010). Vi kommer här att fokusera på energiefterfrågan och den nationella ekonomin.

### 3.1 Den indirekta rekyleffekten

Den ekonomiövergripande rekyleffekten utgörs av den direkta rekyleffekten och en rad indirekta effekter, som tillsammans utgör den indirekta rekyleffekten (Sorrell m.fl., 2009). Greening m.fl. (2000) delar upp de indirekta effekterna i: (i) sekundära rekyleffekter i form av inkomst- och substitutionseffekter; (ii) allmänjämviktseffekter i form av strukturomvandling som följer av relativprisförändringar och (iii) genomgripande förändringar i samhällsstrukturen, till exempel avseende teknisk utveckling, preferenser och institutioner. I van den Bergh (2011) identifieras 14 olika mekanismer genom vilka den ekonomiövergripande rekyleffekten verkar. Dessa återges i Faktaruta 1. Medan några av mekanismerna är självklara och identifierbara, till exempel summan av inkomst- och substitutionseffekter, är några abstrakta och svåra att isolera från konsumtionstrender och tillväxt i allmänhet, till exempel effekter på teknisk utveckling och preferenser.

I Figur 1 visas utvecklingen av energieffektivitet och energianvändning i Sverige från 1990 till 2009. Under perioden har energieffektiviteten (BNP/total energianvändning) stigit med nära 50 procent, medan energianvändningen minskat marginellt. Detta skulle kunna tyda på en omfattande makroekonomisk rekyleffekt. Det går emellertid inte att dra några slutsatser om rekyleffekten från Figur 1 eftersom många andra faktorer som påverkar energianvändningen också förändrats under perioden, bland annat energipriser, realinkomster, befolkningens tycke och smak och de tekniska förutsättningarna. För att kunna isolera rekyleffekten från andra faktorer som förändras över tid krävs raffinerade metoder. I huvudsak fokuseras här på två empiriska angreppssätt: (1) ekonometriska skattningar av efterfrågesystem; och (2) allmänjämviktsanalys.

**Figur 1:** Utveckling av energieffektivitet och energianvändning under perioden 1990-2009. Energieffektivitet är här BNP i 1995 års priser dividerat med total energianvändning.



Källa: Egen bearbetning av data från Eurostat

**Faktaruta 1: Kanaler för den ekonomiövergripande (totala) rekyleffekten enligt van den Bergh (2011).**

Energieffektivisering kan leda till:

1. En ökad efterfrågan på energitjänster eftersom de blir billigare.
2. En ökad efterfrågan på bättre prestanda och fler funktioner, till exempel klimatanläggningar i bilar, eftersom de blivit billigare.
3. Ökad konsumtion av andra energitjänster och varor- och tjänster i allmänhet (som möjliggörs av de besparingar som energieffektivisering bidrar med). Detta medför indirekt energianvändning.
4. Förändringar i sammansättningen av faktorefterfrågan (på kapital, arbetskraft, mark, råvaror och energi) som följer av att faktorer är utbytbara eller komplementära med varandra. Detta påverkar energianvändningen eftersom faktorer måste produceras och/eller transporteras.
5. En strukturomvandling i ekonomin som innebär ett skift från energiextensiv till energiintensiv konsumtion och produktion. De initialt lägre energikostnaderna får effekter på konsumtion och produktion, gods- och persontransporter och investeringar. Effekterna bestäms genom simultana anpassningar på interaktiva marknader för varor- och tjänster, produktionsfaktorer och finansiella tillgångar. Detta är en typisk allmänjämviktseffekt.
6. Lägre energipriser som styrker strukturomvandlingen. Om de initiala energibesparingarna är stora kan det leda till lägre energipriser och i slutändan till lägre priser på energiintensiva varor- och tjänster.
7. Ökad totalfaktorproduktivitet och totalproduktion i ekonomin (tillväxt), vilket skapar utrymme för ökad konsumtion, ökade investeringar och fler transporter.
8. Ökade investeringar och ökad kapitalackumulation, vilka får långsiktiga effekter på produktivitet och produktionsnivå.
9. Lärande och investeringar i forskning och utveckling som i sin tur stimulerar nya uppfinningar och teknikspridning. Detta påverkar i förlängningen de varor- och tjänster som kommer att konsumeras i framtiden och de processer som används vid deras tillverkning.
10. Förändringar av preferenser då energikostnader och teknik förändras. Detta påverkar vilka varor- och tjänster som efterfrågas.
11. Indirekt energianvändning vid förnyelse av teknisk utrustning. Produktion, transport och installation av all ny teknisk utrustning kräver energi.
12. Tidsbesparingar, till exempel genom byte från en gammal till en modern hushållsapparat, vilket gör att mer tid kan spenderas på energikrävande aktiviteter.
13. Materiella förändringar i ett led av en varus livscykel som får konsekvenser för energianvändningen i andra led.
14. Att ett lands komparativa fördelar påverkas och därför till förändringar i internationella handelsmönster och omlokalisering av produktion. Sådana förändringar leder till ändrade transportmönster. Gamla fabriker måste rivas och nya byggas. Allt detta påverkar energianvändningen.



## 3.2 Inkomst- och substitutionseffekter

Oavsett vilka systemgränser som definieras för analysen uppkommer det indirekta effekter i form av inkomst- och substitutionseffekter. Effekterna av ett en energitjänst görs energieffektivare kommer således att spilla över på andra varor och tjänster. Inkomsteffekten uppkommer eftersom energieffektivisering medför en ökad realinkomst. Detta möjliggör ökad konsumtion, vilket stimulerar energiefterfrågan eftersom alla varor och tjänster är förknippade med energianvändning i något led av sina livscyklar. Exempelvis medför en effektivare värmepump lägre uppvärmningskostnader för fastighetsägaren. Han eller hon kommer att använda det frigjorda kapitalet för att konsumera andra energitjänster, till exempel transporter, eller andra varor som består av plast, stål och pappersprodukter som tillverkas i energiintensiva industrier.

Energieffektivisering innebär att energitjänster blir billigare relativt andra varor och tjänster. Om varor är rena substitut till varandra kommer substitutions- och inkomsteffekten att verka i motsatta riktningar. Inkomsteffekten förväntas dock dominera substitutionseffekten, men huruvida det verkligen är så är slutligen en empirisk fråga. Om varor är komplement till varandra är substitutionseffekten positiv. Exempelvis kan man förvänta sig att konsumtionen av biltillbehör (till exempel reservdelar och spolarvätska) ökar då bilresorna blir fler och längre. Substitutionseffekten stärker i dessa fall den positiva inkomsteffekten.

Brännlund m.fl. (2007) har försökt att fånga dessa effekter genom att skatta en ekonometrisk modell för hushållens utgifter. Skattningarna görs på aggregerade kvartalsdata för åren 1980 till 1997. Modellresultaten används sedan för att simulera effekterna av en 20 procentig effektivisering av hushållens energianvändning för transporter och uppvärmning av fastigheter (inkl. hushållsel). Hushållens utgifter kategoriseras i 13 olika utgiftsgrupper för vilka utsläpp av koldioxid, kväveoxid och svaveldioxid beräknas i ett livscykelerspektiv.<sup>15</sup> Rekyleffekten definieras i termer av utsläpp. Resultaten visar på en rekyleffekt som överstiger 100 procent. Huvudslutsatsen är att kostnadsfria energieffektiviserande åtgärder verkar kontraproduktivt inom klimatpolitiken eftersom de leder till ökade koldioxidutsläpp. En annan slutsats är att åtgärder som stimulerar energieffektivisering måste kompletteras med en höjd koldioxidskatt för att utsläppen inte ska öka.

Nässén och Holmberg (2009) använder också aggregerade hushållsdata för Sverige (för 2003) för att beakta den indirekta rekyleffekten. Den totala rekyleffekten av en energieffektiviseringsåtgärd bland hushållen skattas som en parametrisk funktion av (1) egenpriselasticiteten för energitjänsten i fråga; (2) den potentiella energibesparingen; (3) åtgärdens lönsamhet och (4) marginalkonsumtionens energiintensitet. Resultaten visar på en total rekyleffekt i storleksordningen 5-15 procent för olika typer av energieffektiviseringsåtgärder, bland annat isolering av byggnader och energieffektivare biltransporter. I analysen illustreras hur åtgärdernas kostnader, eller ekonomiska lönsamhet, påverkar storleken på rekyleffekten. För privata biltransporter blir rekyleffekten mindre om effektiviseringen sker genom en olönsam investering i en miljöbil jämfört med om åtgärden utgörs av ett byte till en mindre och billigare bil. I det senare fallet frigörs mer kapital som kommer att

---

<sup>15</sup> Undantag görs för energi för uppvärmning och transporter där slutanvänd energi används i skattningarna.

användas till konsumtion av andra varor och tjänster. Att kapitalkostnader minskar rekyleffekten i form av inkomsteffekter har också visats i Mizobuchi (2008).

Nässén och Holmberg (2009) finner således betydligt lägre rekyleffekter än Brännlund m.fl. (2007). Det finns flera orsaker till det. För det första, energieffektiviseringen har inga kostnader i Brännlund m.fl. (2007), utan modelleras som ”manna från himlen”. För det andra används olika skattningsmetoder och data, vilket kan påverka resultaten.<sup>16</sup> För det tredje skiljer sig antaganden om energianvändningen för olika utgiftsgrupper i ett livscykelperspektiv. Nässén och Holmberg (2009) fokuserar genomgående på användningen av primär energi. Brännlund m.fl. tar endast hänsyn till utsläppen från slutanvänd energi för transporter och uppvärmning, det vill säga den potentiella energibesparingen reflekterar inte omvandlingsförluster i till exempel elsektorn.

Resultaten i Brännlund m.fl. (2007) framstår som orimligt höga. Den totala rekyleffekten skattas till 120 procent för transporter och 172 procent för uppvärmning.<sup>17</sup> Vid en närmare granskning framgår att resultaten drivs av direkta rekyleffekter som överstiger 100 procent för både transporter (113 procent) och uppvärmning (126 procent). De höga skattningarna av de direkta rekyleffekterna stämmer inte överens med den internationella litteraturen och med de egenpriselasticiteter som också skattas i Brännlund m.fl. (2007). Exempelvis, egenpriselasticiteten för biltransporter är -0,15. Från denna skattning kan man förvänta sig att den direkta rekyleffekten är mindre än 15 procent, eftersom även andra konkurrerande transportsätt effektiviseras och blir billigare i simuleringen.

Även inom industrin kommer energieffektivisering att ge upphov till sekundära rekyleffekter i form av substitutionseffekter och effekter på produktionsvolymen. En ekonomiskt motiverad energieffektivisering sänker företagens kostnader och gör dem konkurrenskraftigare. Störst effekt får energieffektivisering på energiintensiva företag. Företag vars produktion växer kommer att efterfråga mer insatsvaror från andra företag, samtidigt som de själva kan sälja insatsvaror billigare till andra företag, vilket leder till en högre produktion även i detta led. Inom industrin förväntas en omfattande energieffektivisering även få betydande makroekonomiska effekter, eller så kallade allmänjämviktseffekter, som kan vara av större betydelse. Förändringar i ekonomins relativpriser sätter ekonomiska krafter i rörelse som verkar och återverkar genom hela ekonomin i ett komplext samspel mellan olika marknader.

### 3.3 Allmänjämviktseffekter

För att belysa nödvändigheten av en allmänjämviktsanalys kan vi ta en generell förbättring av energieffektiviteten i industrin som ett exempel.<sup>18</sup> En sådan förbättring kommer initialt att leda till en minskad energiförfrågan. Kostnadsminimerande företag kommer emellertid att efterfråga fler energitjänster då dessa blir billigare. Då

<sup>16</sup> Nässén och Homberg (2009) skattar inget efterfrågesystem utan förenklar analysen avsevärt genom att använda ad hoc-mässigt valda egenpriselasticiteter för olika energitjänster och icke statistiskt verifierbara skattningsmetoder av inkomstelasticiteter för olika utgiftsgrupper. Antaganden om elasticiteter kan ifrågasättas och metoden beaktar inte att det kan finnas komplementära varor, utan behandlar alla utgiftsgrupper som substitut. Följden blir att substitutionseffekten modelleras som en negativ inkomsteffekt.

<sup>17</sup> Egna beräkningar enligt den definition som vanligtvis tillämpas. Se uttryck (1).

<sup>18</sup> De makroekonomiska effekterna av enskilda åtgärder blir förmodligen små, men effekten av många små åtgärder kan bli betydande.

billigare energitjänster ersätter relativt dyrare produktionsfaktorer minskar den genomsnittliga produktionskostnaden. De minskade kostnaderna för industrin kommer i viss utsträckning att föras över till slutkonsumenterna av industrivarorna, till exempel stål- och pappersprodukter. Den lägre kostnaden för energi och energiintensiva produkter innebär i sin tur en höjning av de reala inkomsterna, vilket gör att den privata konsumtionen ökar. Eftersom energieffektiviseringen gör energitjänsterna billigare relativt andra varor och tjänster kommer resurser att flyttas till aktiviteter som är mer energiintensiva, vars relativa lönsamhet ökat. Eftersom de energiintensiva sektorerna i Sverige verkar på en internationell marknad kommer exporten att öka. BNP blir högre då ekonomin som helhet blir mer produktiv. Dessa återverknings effekter leder till en förändrad industristruktur och en förändrad energianvändning i den totala ekonomin.

Denna process låter sig inte fångas i en enkel input-output analys eftersom vi inte vet hur ekonomin i slutändan ser ut. För att i en analys fånga alla relevanta återverknings effekter krävs avancerade modeller. Sådana modeller benämns AGE-modeller (Applied General Equilibrium) eller CGE-modeller (Computable General Equilibrium). I Faktaruta 2 beskrivs i korthet hur dessa modeller fungerar.

#### **DEN EKONOMIÖVERGRIPANDE REKYLEFFEKTEN I CGE-MODELLER**

Det har gjorts ett tiotal allmänjämviktsanalyser av rekyleffekten. Inga generella slutsatser kan emellertid dras från dessa studier. De tillämpade modellerna skiljer sig åt i fråga om struktur och antaganden, vilket begränsar jämförbarheten av dem (en jämförande översikt ges i Allan m.fl., 2009). Fyra studier rapporterar rekyleffekter som överstiger 100 procent, dvs. backfire. Två av dessa (Semboja, 1994; Glomsrød och Taoyuan, 2005) är applicerade på utvecklingsekonomier, som generellt förväntas ha högre rekyleffekter. Grepperud och Rasmussen (2004) använder en CGE-modell för Norge och analyserar effekterna av att fördubbla energieffektiviseringstakten i sex industrier jämfört med den takt som antas i ett basscenario. I studien analyseras energianvändningen i enskilda branscher, inte den totala energianvändningen. Resultaten visar att en ökad energieffektiviseringstakt leder till backfire i den mest energiintensiva sektorn (stål och metall). I de andra fem sektorerna är rekyleffekten mindre än 100 procent.<sup>19</sup> Hanley m.fl. (2009) använder en CGE-modell för Skottland och analyserar en energieffektivisering om 5 procent i samtliga produktionssektorer (inkl. fem energisektorer). Resultaten visar långsiktiga rekyleffekter på över 100 procent för el respektive övrig energi, dvs. energieffektiviseringen medför en ökad total energianvändning i Skottland.

Vikström (2008) analyserar en energieffektivisering i Sverige om 15 procent i tillverkningsindustrin och 12 procent i energisektorerna. Rekyleffekten av denna effektivisering uppskattas till 60 procent. Eftersom modellen kalibrerats till basåret 1957 och endast simuleras för fem år (till 1962) säger resultatet lite om Sveriges nuvarande ekonomi. Washida (2004) simulerar effekterna av en effektivisering om en procent av slutanvänd energi (både industri och hushåll) i Japan och finner en rekyleffekt på 53 procent.

---

<sup>19</sup> I studien finner man att en hög energiintensitet i sig självt inte orsakar backfire, utan att det även krävs goda substitutionsmöjligheter. I den energiintensiva pappers- och massaindustrin leder energieffektivisering till en betydande energibesparing.

**Faktaruta 2: Vad är en allmänjämviktsmodell?**

En CGE-modell är ett ekvationssystem som beskriver hur konsumenter och producenter agerar och som löses genom prisanpassningar så att simultan jämvikt uppnås på alla marknader. Sådana modeller kan användas för att studera hur exogena förändringar i en marknadsekonomi, till exempel styrmedelsförändringar, påverkar ekonomin via relativpriser. Genom prisanpassningarna förs ekonomin från ett jämviktsläge till ett annat med förändrad produktionsstruktur, resursanvändning, utsläpp, inkomster och konsumtion. CGE-modeller används främst för att studera frågor som är av långsiktig karaktär eftersom modellerna antar jämvikt på alla marknader, ett antagande som bara är rimligt på lång sikt.

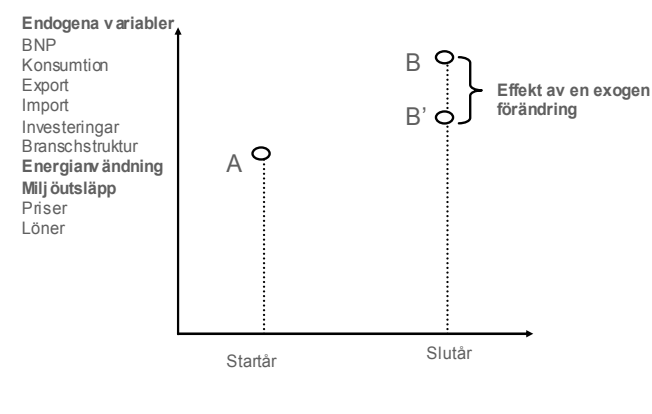
I en allmänjämviktsanalys tillåts ekonomins samtliga marknader att samspela och ekonomins aktörer anpassar sig fullt ut till de priser som råder på marknaderna. Priskänsligheter (elasticiteter) utgör grunden för de anpassningar som sker i modellerna och är ofta hämtade från andras ekonometriska studier. De är i många fall också bedömningar, s.k. "guesstimates", i syfte att generera realistiska modellresultat (Bergman, 2005). Detta medför att modellresultaten alltid måste tolkas med försiktighet och eftertänksamhet, i synnerhet när resultat från olika modeller jämförs med varandra.

Det kan finnas betydande skillnader mellan olika CGE-modeller, såsom olika produktions- och konsumtionsfunktioner och olika aggregeringsnivåer. För att den här typen av modeller skall kunna lösas behöver ekonomin slutas genom att införa någon form av makroekonomisk begränsning för ekonomins agenter och här tillämpas olika slutningsregler som exogent sparande, exogen kapitalstock eller exogen betalningsbalans. Modellerna har även olikheter när det gäller att avbilda förlopp över tiden och kan vara av antingen dynamisk, kvasidynamisk eller statisk karaktär. I en statisk modell jämförs ett framtida läge med utgångsläget. I en dynamisk modell fås en lösning i varje period, där kapitalstocken bestäms av tidigare perioders investeringar, fram till slutläget.

Representationen av teknisk utveckling kan också skilja mellan modellerna liksom andra modellsamband. Långsiktiga ekonomiska styrmedel inom miljöpolitiken medför relativprisförändringar som ökar drivkrafterna till att åstadkomma miljötekniska förbättringar (Jaffe m.fl., 2005). De flesta allmänjämviktsmodeller har emellertid exogen teknologisk utveckling, det vill säga den bestäms utanför modellen, och därför påverkas teknikutvecklingen inte direkt av den förda politiken (Bergman, 2005).

En stiliserad modellanalys visas i Figur 3 där ekonomin utan exogena förändringar, till exempel styrmedelsförändringar, antas röra sig från ett nuvarande jämviktsläge A till ett framtida tänkt jämviktsläge B. Värdet på modellens endogena, samt de exogena variabler som definierar det framtida jämviktsläget, förändras när ekonomin går från A till B. Detta kallas för ett bas- eller referensscenario. Genom att införa en styrmedelsförändring, exempelvis en höjning av koldioxidskatten, kommer modellen finna ett alternativt framtida jämviktsläge B', som skiljer sig från B. Värderna på de endogena variablerna i B' kommer då att skilja sig från motsvarande värden i B genom att producenter och konsumenter anpassar sig till den exogena förändring som sker i ekonomin. Skillnaderna i de endogena variabelvärdena mellan jämviktslägena B och B' tolkas som effekten av den genomförda policyförändringen.

**Figur 3:** Stiliserad modellanalys



Allan m.fl. (2007) använder en CGE-modell för Storbritannien och analyserar en energieffektivisering om 5 procent i samtliga produktionssektorer (inkl. fem energisektorer). De finner en långsiktig rekyleffekt om 27 procent för el och 31 procent för övrig energi.<sup>20</sup> De finner också något oväntat att de kortsiktiga rekyleffekterna är högre än de långsiktiga, 62 procent för el och 55 procent för övrig energi. En avgörande skillnad mellan kort och lång sikt är att vissa produktionsfaktorer, framförallt realkapital, vanligtvis antas vara orörliga på kort sikt. Det är därför inte möjligt för företagen att på kort sikt fullt ut anpassa sig till energieffektiviseringen. När realkapitalet tillåts omfördelas är en rimlig förväntan att rekyleffekten ökar, eftersom den relativa kapitalavkastningen ökat i energiintensiva sektorer (Wei, 2007 och Saunders, 2008). Resultatet i Allan m.fl. (2007) kan emellertid förklaras med en negativ investeringseffekt i elsektorn (Turner, 2009). Storbritannien har dåliga möjligheter att överföra el till övriga Europa, vilket får till följd att elpriset faller kraftigt på kort sikt vid energieffektivisering. Den relativa lönsamheten minskar för elsektorn och därför minskar nyinvesteringarna.<sup>21</sup> På lång sikt minskar därför den installerade kapaciteten. Den framtida jämvikten på elmarknaden kommer att etablera sig vid ett högre elpris på grund av investeringseffekten. Till följd av en lägre

<sup>20</sup> I Allan m.fl. (2009) uppkattas rekyleffekten av samma effektivisering till 14 procent för elanvändningen. I övrigt är resultaten i stort sett identiska med de i Allan m.fl. (2007).

<sup>21</sup> För energisektorerna innebär energieffektivisering lägre produktionskostnader, eftersom de använder mycket energi i sin produktion. Tillsammans med den minskade energiefterfrågan leder det till att energipriserna faller. Att myntet har en baksida innebär för energisektorerna att de inte tjänar lika mycket på energieffektivisering som andra energiintensiva sektorer, till exempel pappers- och stålindustrierna.

elproduktion minskar efterfrågan på gas och kol. Detta medför att rekyleffekten minskar på lång sikt.<sup>22</sup>

De studier som har gjorts för Skottland (Hanley m.fl., 2006, 2009; Anson och Turner, 2009; och Turner och Hanley, 2011) och Storbritannien som helhet (Allan m.fl., 2007, Allan m.fl., 2009 och Turner, 2009) utgör ett bra underlag för en diskussion om hur rekyleffekten modelleras i CGE-modeller och vilka faktorer som påverkar rekyleffektens storlek. Jämförbarheten gynnas av att: (i) De två tillämpade modellerna (AMOSENVI och UKENVI) liknar varandra i struktur och grundantaganden; (ii) några av författarna har arbetat med båda modellerna och (iii) samma effektiviseringsexperiment studeras, dvs. en 5 procentig energieffektivisering i alla produktionssektorer. I studierna genomförs ett flertal känslighetsanalyser med avseende på nyckelantaganden, till exempel om företagets möjligheter att substituera energi mot andra insatsfaktorer.

Medan modellerna delar många egenskaper, finns det i synnerhet en skillnad som bidrar till att rekyleffekten blir större i Skottlands fall, och det är antagandena om elsektorn. Energieffektivisering medför ett lägre elpris av två anledningar, dels därför att efterfrågan på el initialt minskar och dels därför att produktionskostnaderna i den energiintensiva elsektorn minskar. I den skotska modellen antas att den billiga elen kan exporteras till resten av Storbritannien, där elpriset är högre. I den skotska elsektorn stiger därför den relativa lönsamheten, kapital strömmar till och den installerade effekten ökar. När elsektorn växer efterfrågas mer kol och gas. Rekyleffekten blir därmed större på lång sikt (Anson och Turner, 2009). När energieffektiviseringen i Skottland endast sker i tillverkningsindustrin (exkl. energisektorerna) blir den långsiktiga rekyleffekten för el och övrig energi betydligt mindre, 41 respektive 35 procent (Hanley m.fl., 2009). Man kan alltså dra slutsatsen att modelleringen av elsektorn är av avgörande betydelse för resultatet att energieffektivisering i Skottland leder till backfire.

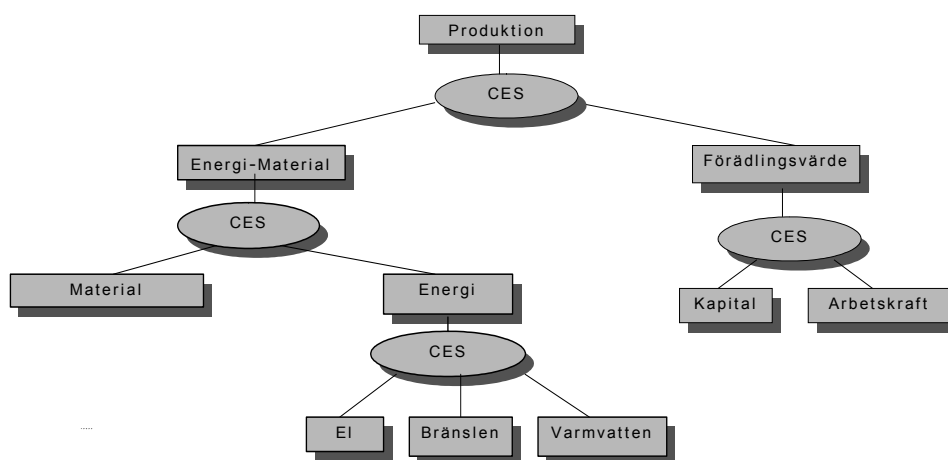
En av de känslighetsanalyser som genomförts berör möjligheterna att ersätta energi med kapital, arbetskraft och råvaror. Substitutionsmöjligheterna i CGE-modeller påverkas av två faktorer: (1) produktionsstrukturen och (2) storleken på substitutionselasticiteter mellan olika insatsfaktorer. I Figur 2 visas en stiliserad produktionsstruktur som i grova drag överensstämmer med den skotska och brittiska modellen. Arbetskraft, kapital, energi och material används för att producera varor och tjänster. Varje insatsfaktor kan i sin tur vara ett aggregat av flera olika insatsfaktorer, till exempel utgörs energi av el, bränslen och varmvatten. Insatsfaktorer nästlas samman för att modellen ska bli hanterbar och mer transparent. Detta sker på bekostnad av att substitutionsmöjligheterna i modellen begränsas. El kan substitueras

<sup>22</sup> Det ska här påpekas att rekyleffekten på makroekonomisk nivå har analyserats med andra typer av modeller. Bland annat har så kallade Post-Keynesianska (P-K) makroekonomiska modeller tillämpats. P-K modeller förutsätter inte jämvikt på marknader utan använder historiska data för att ekonometriskt skatta makroekonomiska parametrar (se Dimitropoulos, 2007 för utförligare beskrivning). Jämfört med CGE-modeller är P-K modeller sällsynta i den energi- och miljöekonomiska forskningslitteraturen. Anledningar till detta kan vara följande. P-K modeller har inga slutarvillkor, dvs. regler för när den ekonomiska anpassningen är klar. De lämpar sig därför bäst för analyser på kort och medelfristig sikt. En kritik som lyfts fram mot P-K modeller är att de är efterfrågeorienterade och att de inte i tillräcklig utsträckning beaktar utbudssidan i ekonomin (Faucheux och Levarlet, 2002). Barker m.fl. (2007) använder en P-K modell (MDM-E3) för att estimerar den ekonomiövergripande rekyleffekten av energieffektiviseringsåtgärder genomförda i Storbritannien mellan åren 2000 och 2010. De finner att den totala rekyleffekten år 2010 i genomsnitt är 26 procent. Barker m.fl. (2009) använder en liknande modell (E3MG) för att estimerar den totala rekyleffekten globalt för energieffektiviseringsåtgärder under perioden 2013-2030. Resultaten pekar på en global rekyleffekt i storleksordningen 50 procent år 2030 (och som ökar med tiden). Dessa modeller fångar inte den totala rekyleffekten direkt, utan måste förlita sig på exogena antaganden om direkta rekyleffekter (antas till 15 respektive 10 procent).

mot bränslen och fjärrvärme. Energi kan substitueras mot material. Energi och material bildar en intermediär vara som kan substitueras mot förädlingsvärde, som utgörs av kapital och arbetskraft. Ett exempel på en begränsning i denna nästlingsstruktur är att det inte är möjligt att direkt substituera energi mot kapital eller arbetskraft.

När insatsfaktorer aggregeras till intermediära faktorer och senare till produktion tillämpas oftast funktioner som antar konstant substitutionselasticitet (CES).<sup>23</sup> Dessa är branschspecifika och i den mån det är möjligt baserade på ekonometriska skattningar.

**Figur 2:** Stilerad insatsstruktur för en bransch i en CGE-modell



Strukturen i Figur 2 är inte given. Ett alternativ är till exempel att nästla energi med kapital och arbetskraft (Bergman, 1990).<sup>24</sup> Ingen har vetenskapligt testat vilken betydelse olika produktionsstrukturer har för rekyleffekten (Turner och Hanley, 2011). De känslighetsanalyser som gjorts avser antagandena om de långsiktiga substitutionselasticiteterna för energi och den sammansatta faktorn energi-material.

I både Allan m.fl. (2007) och Hanley m.fl. (2009) antas att substitutionselasticiteten är 0,3 för alla branscher i båda stegen i produktionsstrukturen. I känslighetsanalyser studeras för båda ekonomierna vad effekten blir av att anta andra värden på substitutionelasticiteterna. Resultaten från dessa känslighetsanalyser presenteras i Tabell 2. Ju högre substitutionselasticiteter som antas desto större blir rekyleffekten. Den brittiska ekonomin är känsligare för nivån på substitutionelasticiteterna, vilket beror på att större substitutionsmöjligheter minskar trycket på elpriset och mildrar därmed den negativa investeringseffekten i de brittiska energisektorerna. I Skottland leder energieffektivisering till backfire även vid mycket låga substitutionselasticiteter.

<sup>23</sup> Substitutionselasticiteter är mått på hur enkelt det är att ersätta en insatsfaktor med en annan. Mer specifikt säger substitutionselasticiteten hur mycket den relativa kvantiteten av två insatsfaktorer förändras i procent då den relativa marginalprodukten för dem förändras med en procent. Ju större förändringen blir desto bättre är substitutionsmöjligheterna. Cobb-Douglas (CD) teknologi är ett specialfall bland CES-funktioner som antar att substitutionselasticiteterna är lika med 1. CD-funktioner är vanliga i ekonomiska analyser, men har visat sig vara oflexibla i analyser av rekyleffekten (Saunders, 2008). Tillämpningen av CD-funktioner leder till höga rekyleffekter.

<sup>24</sup> Grepperud och Rasmusen (2004) nästlar energi med kapital. De tillämpade substitutionselasticiteterna blir därför inte jämförbara med de i till exempel UKENVI eller AMOSENVI.

I Turner och Hanley (2011) finner man backfire på både kort och lång sikt i Storbritannien då substitutionselasticiteterna för energi i UKENVI-modellen antagits vara 1,1.<sup>25</sup>

**Tabell 2:** Känslighetsanalyser för den ekonomiövergripande rekyleffekten i Skottland (Hanley m.fl., 2009) och Storbritannien (Allan m.fl., 2007) med avseende på substitutionselasticiteter. Två led i produktionsstrukturen behandlas enskilt: substitution mellan energi (E) och material (M) samt mellan energi-material och förädlingsvärde (FV). Rekyleffekten anges i procent.

Substitutions-elasticitet	Led i produktionsstrukturen	Skottland El (Övrig energi)	Storbritannien El (Övrig energi)
0,1	E och M	113 (114)	12* (13)
0,1	E-M och FV	128 (129)	14* (22)
0,3	<i>Båda leden</i>	132 (134)	27* (31)
0,7	E och M	169 (174)	58* (67)
0,7	E-M och FV	139 (144)	53* (49)

\*Motsvarande värden för el är i Allan m.fl. (2009): 0, 1, 14, 45, och 40.

I CGE-modeller görs flera andra antaganden som potentiellt är av betydelse för rekyleffektens storlek. Bland annat finns det alternativa sätt att modellera arbetsmarknadens funktionssätt. I AMOSENVI och UKENVI bestäms både arbetsutbudet och reallönen endogent. Reallönen är där en funktion av arbetarnas förhandlingsmakt, som försvagas då arbetslösheten stiger och vice versa. Ett alternativ, som är vanligt i CGE-modeller, är att anta att arbetskraften är exogent given. För att arbetsmarknaden ska hitta tillbaka till jämvikt efter en chock måste det då ske via förändringar i reallönen. En högre energieffektivitet betyder lägre kostnader för energitjänster och därför kommer kostnadsminimerande företag att efterfråga mer av dem. Fler energitjänster per arbetare leder till att arbetarnas marginalproduktivitet och reallön stiger. En högre kostnad för arbetskraften motverkar energieffektiviseringens inverkan på de totala produktionskostnaderna och BNP. Rekyleffekten blir därför mindre än vad som blir fallet då även arbetsutbudet är endogent (Allan m.fl., 2007 och Turner och Hanley, 2011). Ett annat alternativ är att anta att arbetskraften är fullständigt rörlig och att reallönen är konstant. Under dessa förutsättningar får energieffektivisering relativt stor positiv inverkan på den ekonomiska aktiviteten, vilket gör att rekyleffekten blir större (Allan m.fl., 2007).

Ett annat antagande avser vad som händer med de ökade skatteintäkter som följer då energieffektivisering skapar ekonomisk tillväxt. Huruvida skatteintäkterna går tillbaka via sänkta inkomstskatter eller ökade offentliga utgifter har en viss inverkan på rekyleffekten, men i jämförelse med de andra antagandena är inverkan liten. Rekyleffekten blir större i fallet då inkomstskatterna sänks (Allan m.fl., 2007).

<sup>25</sup> Det kan även vara värt att notera att Turner och Hanley (2011) antar 0,8 i sitt basfall och i känslighetsanalysen 0,4 respektive 1,1. Det är betydligt högre än i de tidigare studierna.



## 4. Slutdiskussion

I det här avsnittet behandlas några frågor som är grundläggande för rekyleffektens policyrelevans. Är rekyleffekten ett problem? Om den är det, vilken definition av rekyleffekten ska beslutsfattarna fokusera på? Är uppskattningarna av rekyleffekten tillförlitliga? Om inte, vilka är problemen? Avsnittet avslutas med en diskussion kring den befintliga forskningen och behovet av fortsatt forskning om den ekonomiövergripande rekyleffekten.

### 4.1 Rekyleffektens policyrelevans

Från ett strikt ekonomiskt perspektiv kan rekyleffekten ses som en oproblematiske ekonomisk dynamik som följer av teknologisk utveckling. En ekonomiskt motiverad energieffektivisering leder till tillväxt och högre välfärd. Rekyleffekten blir ett problem först när det finns restriktioner för den ekonomiska tillväxten i form av energi- och miljömål. Frågan blir då om policyåtgärder som stimulerar energieffektivisering bidrar till en kostnadseffektiv måluppfyllelse. Huruvida så är fallet beror dels på hur mycket det kostar att förbättra energieffektiviteten och dels på åtgärdernas faktiska effekter, som delvis bestäms av storleken på rekyleffekten.

I Sannes (2006) diskuteras rekyleffekter i allmänhet. Ett budskap i studien är att vi genom teknisk utveckling blir bättre på att förädla naturens tillgångar till varor och tjänster och att det finns en risk för att det på sikt kommer att utarma jordens resurser, dvs. vi går i en ”effektiviseringsfälla”. Ökad produktivitet leder till tillväxt, nya behov, ökad konsumtion, ökad produktion, ökad resursutvinning och ökade utsläpp. För att motverka detta måste det ekonomiska utrymme som skapas omsättas på ett annat sätt än vad som är fallet idag, till exempel i minskad arbetstid (dvs. mer fritid). På så vis hämmas den ekonomiska tillväxten, men nödvändigtvis inte välfärden. Huruvida välfärden påverkas positivt eller negativt beror på samhällets värderingar, vill vi ha mer fritid på bekostnad av mindre konsumtion?

På energiområdet kan ”effektiviseringsfällan” tolkas som vad vi tidigare benämnde backfire – en rekyleffekt på över 100 procent. Om det är en energipolitisk målsättning att minska energianvändningen kommer energieffektivisering att verka kontraproduktivt om den leder till backfire. Om energieffektivisering inom transportsektorn eller inom stål- och metallverk mynnar ut i en ökad användning av fossila bränslen verkar det kontraproduktivt inom klimatpolitiken. Det samma gäller för andra miljömål som direkt påverkas av energianvändning. Det är därför en absolut nödvändighet att fastställa om backfire är ett sannolikt utfall av enskilda energieffektiviseringsåtgärder som motiveras med energi- och miljöpolitiska mål. Även om backfire inte blir fallet, kan en hög rekyleffekt innebära att vissa åtgärder blir orimligt dyra, då energibesparingen eroderar till följd av ekonomiska och beteendemässiga anpassningar.

I denna rapport har vi fokuserat på energieffektivisering i form av teknisk utveckling, men energieffektivisering kan emellertid ses i ett vidare samhällsperspektiv - använder vi våra energiresurser på ett sådant sätt att det skapar största möjliga välfärd? Energianvändning möjliggör konsumtion av energitjänster, men har som regel en negativ inverkan på miljön. Om nyttan av att konsumera energitjänster är mindre än kostnaden för energitjänsten, inklusive kostnaderna för miljöförstöringen, är

energianvändningen samhällsekonomiskt ineffektiv. Det finns då anledning för politikerna att vidta åtgärder för att styra om energianvändningen, eller minska den. Även i detta perspektiv finns rekyleffekter. Exempelvis, om en stor ekonomi som USA skulle införa en koldioxidskatt skulle det pressa ned världsmarknadspriset på olja. Koldioxidutsläppen skulle sannolikt minska i USA, men öka i andra delar av världen. I en liten ekonomi som Sverige får koldioxidskatten ingen effekt på oljepriset. Däremot kommer varje skärpning av EU:s klimatmål att leda till internationella rekyleffekter, eftersom EU kan betraktas som en stor ekonomi.

Ett annat exempel på rekyleffektens relevans inom klimatpolitiken är följande. Införandet av det europeiska systemet för handel med utsläppsätter (EU ETS) begränsar den totala rekyleffekten av marknadsdriven energieffektivisering inom den handlande sektorn, eftersom det finns ett tak för de totala utsläppen inom sektorn. Däremot kommer rekyleffekten av policyåtgärder, till exempel teknikregleringar, att vara 100 procent inom den handlande sektorn, dvs. sådana styrmedel blir obsoleta för styrningen av utsläppen av växthusgaser. Det som påverkas är priset på utsläppsätter, men inte de totala utsläppen. Om energieffektivisering innebär minskade utsläpp frigörs utsläppsätter. Det ökade utbudet av utsläppsätter pressar ner priset på dem, vilket stimulerar efterfrågan. I slutändan omfördelas endast utsläppsätterna mellan olika aktörer inom systemet (Broberg m.fl., 2010).

Rekyleffekten kan således vara en relevant faktor att beakta vid utformningen av miljömål och vid valet av styrmedel. Rekyleffekten måste diskuteras och analyseras när nya energieffektiviseringsåtgärder planeras. Är den stor eller liten, kan den motverkas med kompletterande åtgärder?

## 4.2 Rekyleffektens storlek - betydelsen av återverknings effekter

Vi gjorde i tidigare avsnitt skillnad på direkta och indirekta rekyleffekter. Direkta rekyleffekter har snäva analysramar och avser endast efterfrågan på enskilda energitjänster. Om den direkta rekyleffekten är stor innebär det en stor total rekyleffekt.

Aktuella uppskattningar som gjorts, internationellt, av den direkta rekyleffekten i transportsektorn uppvisar värden som ligger i intervallet 10-70 procent (Frondele m.fl., 2008; Hymel m.fl., 2010). Variationen beror delvis på hur rekyleffekten skattats, men också på vilket land som studerats. Den direkta rekyleffekten för biltransporter i Sverige förväntas ligga i intervallets nedre halva. De skattningar som gjorts för uppvärmning av bostäder visar en direkt rekyleffekt i intervallet 0-65 procent (Greening m.fl., 2000; Sorrell m.fl., 2009). Även här förväntas rekyleffekten i Sverige ligga närmare intervallets nedre gräns. Förväntningarna kan i båda fallen motiveras med att Sverige är ett relativt rikt land där värmekomforten är hög och tidskostnaderna höga. För övriga energitjänster finns få aktuella skattningar. Rekyleffekterna förväntas vara nära noll för vitvaror, eftersom energikostnaderna är små i förhållande till insatserna av kapital, yta och tid (Greening m.fl., 2000; Sorrell m.fl., 2009).

Den direkta rekyleffekten är relativt ointressant för miljö- och energipolitiken. Generellt ger direkta rekyleffekter en ofullständig bild över vilka effekter

energieffektiviseringsåtgärder får på den totala energianvändningen inom en sektor, en region eller ett land. De direkta rekyleffekterna reflekterar bland annat inte hur inkomst- och substitutionseffekter påverkar konsumtionen av andra varor och tjänster som producerats med energi som insats. De reflekterar inte heller effekter på investeringar, konkurrenskraft och branschstruktur. I de allra flesta fallen är det slutligen de nationella målen inom energi- och miljöpolitiken som står i fokus för policydiskussioner. För dessa mål är det nödvändigt att diskutera den totala rekyleffekten i ett makroekonomiskt perspektiv, dvs. hur energieffektiviseringens effekter sprider sig i ekonomin och vilka återverknings effekterna slutligen blir.

Den ekonomiövergripande rekyleffekten förväntas vara högre för energieffektivisering inom industrin än den är för hushåll. Denna slutsats gäller främst industriprocesser. Effektivisering av stödfunktioner i industrin, till exempel isolering av byggnader och effektivisering av belysning, förväntas ha en relativt liten ekonomiövergripande rekyleffekt då det inte får någon nämnvärd effekt på företagets marginalkostnader.

De uppskattningar som gjorts i CGE-modeller visar rekyleffekter som spänner mellan 14 till 175 procent (Allan m.fl., 2007; Hanley m.fl., 2009). I en utvecklad ekonomi där energieffektiviseringen sker utanför elsektorn och inte har några kostnader kan man från tidigare studier förvänta sig att den ekonomiövergripande rekyleffekten ligger betydligt under 100 procent. Risker för backfire är störst vid: (1) energieffektiviseringar i energiintensiv energiproduktion, till exempel produktion av kolkraft, vilket leder till billigare el; (2) energieffektivisering av industriella processer som är energiintensiva och för vilka möjligheterna att substituera energi mot andra insatsfaktorer är goda; och (3) effektivisering av generella tekniker, till exempel elmotorer, som har många användningsområden och därför får stora spridningseffekter. Samtidigt får sådan effektivisering störst effekt på ekonomisk tillväxt (Grepperud och Rasmussen, 2004; Hanley m.fl., 2009; Sorrell, m.fl., 2009).

Många av de skattningar som gjorts av den ekonomiövergripande rekyleffekten analyserar en kostnadsfri energieffektivisering. Dessa simuleringar kan sägas approximera ett scenario där energieffektiviseringen sker över tid som en frukt av teknologisk utveckling. Ett alternativt scenario är att fråga sig hur stor rekyleffekten blir då energieffektivisering innebär högre kapitalkostnader eller högre drifts- och underhållskostnader, men är ekonomiskt lönsam? I dessa fall blir spridningseffekterna mindre, vilket gör att rekyleffekten blir mindre. Ett mer extremt fall utgörs av energieffektiviseringsåtgärder som inte är ekonomiskt lönsamma. Om sådana genomförs innebär det en ineffektiv fördelning av ekonomiska medel som hämmar tillväxten. I sådana fall kan den ekonomiövergripande rekyleffekten vara negativ.

En vanligt förekommande slutsats i studier som finner höga rekyleffekter är att åtgärder som stimulerar energieffektivisering måste kompletteras med ekonomiska styrmedel som håller uppe energikostnaderna (Brännlund m.fl., 2007; Hanley m.fl., 2009; van den Bergh, 2011). En kompletterande skatt kan ses som en extern kostnad för energieffektivisering. Om energieffektiviseringsåtgärderna redan från början är kostsamma mildras rekyleffekten och nödvändigheten av ett kompletterande styrmedel blir då mindre.

Rekyleffektens storlek beror på hur energieffektiviteten förbättras (Barker m.fl., 2007). Energieffektivisering som drivs fram av regleringar som till exempel byggnormer och standarder för bilar, maskiner och apparater förväntas medföra extra kostnader för

energianvändarna som håller tillbaka den ekonomiövergripande rekyleffekten. Ju mindre lönsam en åtgärd är desto mindre blir rekyleffekten, allt annat lika. Eftersom subventioner till energieffektiviseringsåtgärder innebär lägre kapitalkostnader ger de upphov till en större rekyleffekt. Detta utgör ett argument för att inom miljöpolitiken vara återhållsam med subventioner till energieffektiviseringsåtgärder.

Baserat på forskningslitteraturen görs bedömningen att backfire är ett osannolikt utfall då energieffektiviseringen sker utanför energisektorn och innebär ökade kostnader för andra insatsfaktorer. Det innebär att policyåtgärder för en förbättrad energieffektivitet i de allra flesta fallen kommer att resultera i en minskad energianvändning.

### 4.3 Den ekonomiövergripande rekyleffekten är svår att mäta fullständigt

I forskningslitteraturen om rekyleffekten är analyser av allmänjämviktseffekter det område som avancerat mest under det senaste årtiondet. Även om det genomförts ett antal studier finns det fortfarande många oklarheter om energieffektiviseringens ekonomiska dynamik och fortsatt ett stort forskningsbehov för att belysa olika aspekter av denna. Det ska här åter igen påpekas att den ekonomiövergripande rekyleffekten verkar under en lång tid i en komplex anpassningsprocess. Det är svårt, kanske omöjligt, att fånga alla relevanta effekter. Vissa menar därför att den ekonomiövergripande rekyleffekten snarare under- än överskattats (van den Bergh, 2011). Hur utvecklingen av attityder, institutioner och teknologier förändras i framtiden till följd av energieffektivisering är dock ytterst oklart. Det är inte uteslutet att sådana förändringar mildrar rekyleffekten.

De metoder som hittills använts för att skatta den ekonomiövergripande rekyleffekten är ofullständiga. Den totala rekyleffekten av energieffektivisering i hushållen har uppskattats genom ekonomiska metoder som beaktar inkomst- och substitutionseffekter, men inte allmänjämviktseffekter. I CGE-modeller har främst energieffektivisering inom industrin analyserats. CGE-modeller är den metod som idag fångar flest återverknings effekter, men modellerna är känsliga för antaganden som görs om bland annat produktionsfunktioner och prisbildningen på varor- och tjänster.

CGE-analyserna har fokuserat på energieffektiviseringar som sker gratis i en liten del av den globala ekonomin. En sådan effektivisering kommer att leda till ökad konkurrenskraft och till tillväxt i ekonomin. En utveckling av detta scenario skulle vara att studera vad som händer med både den nationella och globala energianvändningen när den tekniska utvecklingen sker globalt. Hur uttänjda analysramar påverkar resultaten kan möjligen skönjas i de CGE-analyser som modellerat den regionala ekonomin Skottland och den större ekonomin Storbritannien (Allan m.fl., 2007 och Hanley m.fl., 2009). Samma effektiviseringsexperiment får helt olika effekter i de två ekonomierna. Rekyleffekten blir större då energieffektiviseringen sker regionalt än då den sker nationellt. Hur energipriserna påverkas av energieffektivisering har i dessa studier visat sig vara av central betydelse.

CGE-modeller är endast ett av flera redskap som kan användas för att analysera den ekonomiövergripande rekyleffekten. I de flesta CGE-modeller antas samhällsekonomiskt optimala jämvikter där företag och hushåll agerar ekonomiskt

rationellt utifrån fullständig information. Detta har föranlett en viss kritik som menar att modellerna inte beaktar befintliga marknadsimperfektioner, till exempel ofullständig information, asymmetrisk information och trögheter på arbetsmarknaden (Sanstad, m.fl., 2006). Vissa menar att många policyrelevanta energieffektiviseringsåtgärderna är inriktade på att avlägsna marknadsimperfektioner, vilket innebär att CGE-modeller inte nödvändigtvis är lämpliga att använda för analyser av sådana åtgärder (Barker, 2009). Ekonometriska modeller kan i dessa sammanhang vara att föredra, i synnerhet för analyser på kort- och medelfristig sikt.

Den befintliga forskningen om rekyleffekten är inte tillräckligt robust för att med någon större exakthet kunna dra generella slutsatser om storleken på den ekonomiövergripande rekyleffekten av olika energieffektiviseringar. Rekyleffektens storlek måste utvärderas i varje enskilt fall. Det finns i dag ett behov av (i) en ökad variation i de scenarier för energieffektivisering som analyseras, till exempel analyser av aktuella policyåtgärder som sker med ökade insatser av kapital, arbetskraft, material och mark; (ii) känslighetsanalyser för olika antaganden och modellstrukturer; (iii) att analysera fler länder och den globala ekonomin; och (iv) att testa olika modeller mot varandra.

## Referenser

- Alcott, B. (2005) "Jevon's paradox". *Ecological Economics*, 54, 9-21.
- Allan, G., M. Gilmartin, P. McGregor, J. Kim Swales och K. Turner (2009) "Modelling the economy-wide rebound effect". *Energy efficiency and sustainable consumption* (Herring och Sorrell), kapitel 4, 67-98.
- Allan, G., N. Hanley, P. McGregor, K. Swales och K. Turner (2007) "The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: a Computable General Equilibrium analysis for the United Kingdom". *Energy Economics*, 29, 779-798.
- Ankarhem, M. och R. Brännlund (2006) "Samband mellan energieffektivisering och andra övergripande mål ur ett samhällsekonomiskt perspektiv". Energimyndigheten, ER 2006:26.
- Anson, S. och K. Turner (2009) "Rebound and disinvestment effects in refined oil consumption and supply resulting from an increase in energy efficiency in the Scottish commercial transport sector". *Energy Policy*, 37, 3608-3620.
- Barker, T., P. Ekins och T. Foxon (2007) "The macro-economic rebound effect and the UK economy". *Energy Policy*, 35, 4935-4946.
- Barker, T., A. Dagoumas och J. Rubin (2009) "The macroeconomic rebound effect and the world economy". *Energy Efficiency*, 2, 411-427.
- Bergman, L. (1990) "Energy and environmental constraints on growth: a CGE modelling approach". *Journal of policy modelling*, 12, 671-691.
- Bergman, L. (2003), "CGE modelling of environmental policy and resource management", K-G Mäler och J. R Vincent: *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 3, Kap. 24.
- Berkout, P. H. G., J. C. Muskens och J. W. Velthuisen (2000) "Defining the rebound effect". *Energy Policy*, 28, 425-432.
- Binswanger, M. (2001) "Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect". *Ecological Economics*, 36, 119-132.
- Boverket (2005) "Piska och morot: Boverkets utredning om styrmedel för energieffektivisering i byggnader". Boverket, oktober 2005.
- Broberg, T., T. Forsfält och G. Östblom (2010) "Målet för energieffektivisering fördyrar klimatpolitiken". Expertgruppen för miljöstudier, 2010:4, Finansdepartementet.
- Brookes, L. (1990) "The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution". *Energy Policy*, 18, 199-201.
- Brännlund, R. (1997) "Hushållens energifterfrågan". SOU 1997:11, underlagsrapport.
- Brännlund, R. och B. Kriström (2010) "En effektiv klimatpolitik". SNS förlag, Stockholm.
- Brännlund, R. och J. Nordström (2003) "Carbon Tax Simulations Using a Household Demand Model". *European Economic Review*, 48, 211-233.
- Brännlund, R., J. Nordström och T. Ghalwash (2007) "Increased energy efficiency and the rebound effect: Effects on consumption and emissions". *Energy Economics*, 29, 1-17.
- Dargay, J. (2007) "The effect of prices and income on car travel in the UK". *Transportation Research Part A*, 41, 949-960.
- Dargay, J. (2008) "Effects of taxation on energy efficiency". SOU 2008:25, Bilaga, 397-439.

- Dahl, C. A. och T. Sterner (1991) "Analyzing gasoline demand elasticities: a survey". *Energy Economics*, 13, 203-210.
- Dimitropoulos, J. (2007) "Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge". *Energy Policy*, 35, 6354-6363.
- Druckman, A., M. Chitnis, S. Sorrell and T. Jackson (2011). "Missing carbon reductions? Exploring rebound and backfire effects in UK households". *Energy Policy* 39, 3572–3581
- Faucheux, S. och Levarlet, F. (2002) "Energy-economy-environment models". *Handbook of Environmental and Resource Economics* (van den Bergh, J), kapitel 73, 1123-1145.
- Fölster, S. och J. Nyström (2009) "Climate policy to defeat the green paradox", *Svenskt Näringsliv*.
- Glomsrød, S. och W. Taojuan (2005) "Coal cleaning: a viable strategy for reduced carbon emissions and improved environment in China?". *Energy Policy*, 33, 525-542.
- Greening, L. A., D. L. Greene och C. Difiglio (2000) "Energy efficiency and consumption –the rebound effect – a survey". *Energy Policy*, 28, 389-401.
- Grepperud, S. och I. Rasmussen (2004) "A general equilibrium assessment of rebound effects". *Energy Economics*, 26, 261-282.
- Goodwin, P (1992) "A review of new demand elasticities with special reference to short- and long run effects of price changes". *Journal of transportation economics and policy*, 26, 155-170.
- Goodwin, P., J. Dargay och M. Hanly (2004) Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: A review". *Transport Reviews*, 14, 275-292.
- Graham, D. och Glaister, S. (2004) "Road traffic demand elasticity estimates: a review". *Transport Reviews*, 24, 261-274.
- Greene, D. (2010) "Rebound 2007: Analysis of U.S. light-duty vehicle travel statistics", *Energy Policy*, In press.
- Hanley, N., P. McGregor, J. Swales och K. Turner (2006) "The impact of a stimulus to energy efficiency on the economy and the environment: a regional computable general equilibrium analysis". *Renewable Energy*, 31, 161–171.
- Hanley, N.D., P. McGregor, J. Swales och K. Turner (2009) "Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability?". *Ecological Economics*, 68, 692–709.
- Hansson-Brusewitz, U., (1997) "Höjd koldioxidskatt och höjd skatt på elektrisk kraft: effekter på hushållens välfärd konsumtion". SOU 1997:11, underlagsrapport.
- Herring, H. och S. Sorrell (2009) "Energy efficiency and sustainable consumption", Palgrave Macmillan, UK.
- Hymel K. M., K. A. Small och K. van Dender (2010) "Induced demand and the rebound effect in road transport". *Transportation research Part B*, 44, 1220-1241.
- Jaffe, A. B., R. G. Newell och R. N. Stavins (2005) "A tale of two market failures: Technology and environmental policy", *Ecological Economics*, 54, 164-174.
- Khazzoom, D.J. (1980) "Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances". *Energy Journal*, 1, 21–39.
- Kågeson, P. (2011) "Med klimat i tankarna – styrmedel för energieffektiva bilar". *Expertgruppen för miljöstudier*, 2011:1, Finansdepartementet.

- Lancaster, K. (1966) "A New Approach to Consumer Theory". *Journal of Political Economy*, 74, 132-157.
- Madlener, R. och B. Alcott (2009) "Energy rebound and economic growth: A review of the main issues and research needs". *Energy*, 34, 370-376.
- Manning, F. (1986) "A note on endogenous variables in household vehicle utilization equations". *Transport Research Part B: Methodological*, 20, 1-6.
- Milne, G. och B. Boardman (2000) "Making cold homes warmer: the effect of energy efficiency improvements in low-income homes". *Energy Policy*, 28, 411-424.
- Mizobuchi, K. (2008) "An empirical study on the rebound effect considering capital costs". *Energy Economics*, 30, 2486-2516.
- Nässén, J. och J. Holmberg (2009) "Quantifying the rebound effect of energy efficiency improvements and energy conserving behaviour in Sweden". *Energy Efficiency*, 2, 221-231.
- Nässén, J., F. Sprei och J. Holmberg (2008) "Stagnating energy efficiency in the Swedish building sector – Economic and organisational explanations". *Energy Efficiency*, 36, 3814-3822.
- Patterson, M. G. (1996) "What is energy efficiency – Concepts, indicators and methodological issues". *Energy Policy*, 24, 377-390.
- Rouwendal, J. (1996) "An economic analysis of fuel use per kilometre by private cars". *Journal of Transport Economics and Policy*, 30, 3-14.
- Roy, J. (2000) "The rebound effect: some empirical evidence from India". *Energy Policy*, 28, 433-438.
- Sanne, S. (2006) "Rekyleffekten och effektiviseringsfällan". Naturvårdsverket, Rapport 5623.
- Sanstad, A. H., M. Hanemann och M. Auffhammer (2006) "End-use Energy Efficiency in a "Post-Carbon" California Economy: Policy Issues and Research Frontiers". *Managing greenhouse gas emissions in California* (M. Hanemann), kapitel 6, UC Berkeley.
- Saunders, H.D. (1992) "The Khazzoom-Brookes Postulate and neoclassical growth". *The Energy Journal*, 13, 131-148.
- Saunders, H.D. (2008) "Fuel conserving (and using) production functions". *Energy Economics*, 30, 2184-2235.
- Semboja, H. (1994) "The effects of an increase in energy efficiency on the Kenyan economy". *Energy Policy*, 22, 217-225.
- Small, K. A. och K. van Dender (2007) "Fuel efficiency and motor vehicle travel: The declining rebound effect". *The Energy Journal*, 28, 25-51.
- Sorrell, S., 2007. The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. Report produced by the UK Energy Research Centre. Download report at: <http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect>.
- Sorrell, S. och J. Dimitropoulos (2008) "The Rebound Effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions". *Ecological Economics*, 65, 636-649.
- Sorrell, S., J. Dimitropoulos och M. Sommerville (2009) "Empirical estimates of the direct rebound effect: A review". *Energy Policy*, 37, 1356-1371.
- SOU 2001:2, "Effektiv användning av naturresurser". Betänkande av Resurseffektiviseringsutredningen.
- SOU 2008:25, "Ett energieffektivare Sverige". Delbetänkande av energieffektiviseringsutredningen.



- SOU 2008:110, "Vägen till ett energieffektivare Sverige". Slutbetänkande av energieffektiviseringsutredningen.
- Turner, K. (2009) "Negative rebound and disinvestment effects in response to an improvement in energy efficiency in the UK economy". *Energy Economics*, 31, 648–666.
- Turner, K. och N. Hanley (2011) "Energy efficiency, rebound effects and the environmental Kuznets curve". *Energy Economics*, 33, 709-720.
- van den Bergh, J. C. J. M. (2011) "Energy conservation more effective with rebound policy". *Environmental and resource economics*, 48, 43-58
- Vikstrom, P., (2008) "Energy efficiency and energy demand: a historical CGE investigation on the rebound effect in the Swedish economy 1957". *Umeå Papers in Economic History*. Umeå Universitet.
- Washida, T. (2004) "Economy-wide Model of Rebound Effect for Environmental Efficiency". Sophia university Tokyo, 2004/2/22.
- Wei, T. (2010) "A general equilibrium view of global rebound effects". *Energy Economics*, 32, 661-672.

## Titlar i serien Specialstudier

Nr	Författare	Titel	År
1	Konjunkturinstitutet	Penningpolitiken	2002
2	Konjunkturinstitutet	Egnahemsposten i konsumentprisindex – En granskning av KPI-utredningens förslag	2002
3	Elofsson, Katarina och Ing-Marie Gren	Kostnadseffektivitet i svensk miljöpolitik för Östersjön – en utvärdering	2003
4	Gren, Ing-Marie and Lisa Svensson	Ecosystems, Sustainability and Growth for Sweden during 1991-2001	2004
5	Bergvall, Anders	Utvärdering av Konjunkturinstitutets prognoser	2005
6	Konjunkturinstitutet	Produktivitet och löner till 2015	2005
7	Öberg, Ann	Samhällsekonomiska effekter av skattelättnader för hushållsnära tjänster	2005
8	Söderholm, Patrik och Henrik Hammar	Kostnadseffektiva styrmedel i den svenska klimat- och energipolitiken	2005
9	Öberg, Ann och Joakim Hussénus	Marginell utbytesgrad – ett mått på drivkrafterna för arbete	2006
10	Hammar, Henrik	Konsekvenser för skogsindustrin vid ett eventuellt införande av en svensk kilometerskatt	2006
11	Lundborg, Per, Juhana Vartiainen och Göran Zettergren	Den svenska jämviktsarbetslösheten: En översikt av kunskapsläget	2007
12	Samakovlis, Eva and Maria Vredin Johansson	En utvärdering av kostnadseffektiviteten i klimatinvesteringsprogrammen	2007
13	Forslund, Johanna, Per-Olov Marklund and Eva Samakovlis	Samhällsekonomiska värderingar av luft- och bullerrelaterade hälsoproblem	2007
14	Sjöström, Magnus	Monetär värdering av biologisk mångfald. En sammanställning av metoder och erfarenheter	2007
15	Hammar, Henrik och Lars Drake	Kan ekonomiska styrmedel bidra till en giftfri miljö?	2007
16	Konjunkturinstitutet	Konjunkturinstitutets finanspolitiska tankeram	2008
17	Konjunkturinstitutet	Hours, Capital and Technology – What Matters Most? Analyzing Productivity Growth by the Means of Growth Accounting	2008
18	Broberg, Thomas, Samakovlis, Eva, Sjöström, Magnus och Göran Östblom	En samhällsekonomisk granskning av Klimatberedningens handlingsplan för svensk klimatpolitik	2008
19	Konjunkturinstitutet	Utvärdering av prognoser för offentliga finanser	2009
20	Vredin Johansson, Maria och Johanna Forslund	Klimatanpassning i Sverige Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter	2009
21	Andrén Thomas, Jenny von Greiff och Juhana Vartiainen	Ekonomiska drivkrafter för att arbeta	2009

22	Broberg, Thomas, Johanna Forslund och Eva Samakovlis	En utvärdering av kostnadseffektiviteten i stödet till energiinvesteringar i lokaler för offentlig verksamhet	2009
23	Vredin Johansson, Maria	En utvärdering av det ekonomiska stödet till åtgärder för att främja hållbara städer	2010
24	Andrén, Thomas	Kvinnors och mäns arbetsutbudspreferenser: analys med en strukturell diskret arbetsutbudsmodell	2011
25	Samakovlis, Eva	Klimatpolitikens utmaningar under mandatperioden	2011
26	Forsfält, Tomas	Samhällsekonomiska effekter av två styrmedel för minskade avfallsmängder	2011
27	Andrén, Thomas	Frånvaroeffekter på lönen för kvinnor och män	2011
28	Broberg, Thomas	Rekyleffekten Är energieffektivisering effektiv miljöpolitik eller långdistans i ett ekorrhjul?	2011