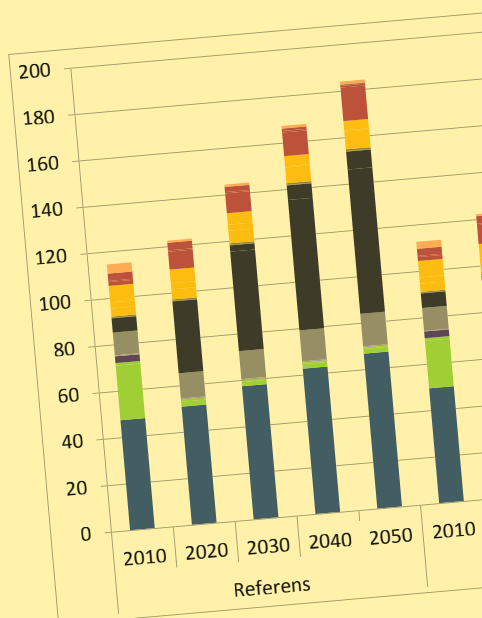


RAPPORT 2013:10

7.2.5 Energianvändningen inom industrin

Ovan har tillförseln av el och fjärrvärme presenterats. För att kunna bedöma om fjärrvärme presenterar vi också studera förändringen av slutlig energianvändning inom industrin. I figur 7.4. I referensscenariot kommer kol in som en följd av relativt låga koldioxidpriser. Trots att det är politiskt möjligt att göra skiftet från biomassa till kol, men modellantagandena baseras på vad som totalt sett är mest kostnadseffektivt under modellperioden. Detta kan vara intressant att studera som styrmedel som styr bort från oönskade effekter av den övriga styrmedelsportföljen. Den totala energianvändningen i referensscenariot (givet av EMEC-ML i stället för referensfallet EMEC-M) är energibärare som används i klimatscenariot ser ut som i figur 7.4. År 2020, innan koldioxidmålen respektive de höga koldioxidpriserna har nästan helt fasats ut i klimatscenariot. År 2050 har kol nästan helt använts inom järn- och stålindustrin som helt används inom järn- och stålindustrin.



Figur 7.4: Årlig slutlig energianvändning i industrin (TWh) 2050 (TWh).

²² I modellkörningarna har CCS tagits bort som ett tekniskt alternativ för att nå ett energisystem med låga koldioxidutsläpp. I Nordic ETP identifieras CCS som ett tekniskt alternativ för att nå ett energisystem med låga koldioxidutsläpp. I analysen av det svenska energisystemet år 2050 har CCS tagits bort som ett tekniskt alternativ för att nå ett energisystem med låga koldioxidutsläpp.

Fjärrvärmen och de långsiktiga klimatmålen

EN ANALYS AV OLIKA STYRMEDEL OCH
STYRMEDELSKOMBINATIONER

ANNA KROOK-RIEKKOLA PATRIK SÖDERHOLM

FÖRORD

Syftet har här varit att: (a) analysera den samhällsekonomiska effektiviteten för ett antal olika styrmedel och styrmedelskombinationer med direkt relevans för fjärrvärmens i Sverige; samt (b) med hjälp av en vidareutvecklad energisystemmodell analysera hur det svenska energisystemet i allmänhet och fjärrvärmens i synnerhet kan påverkas av ett antal klimatpolitiska scenarier för 2050.

Anna Krook-Riekkola samt Patrik Söderholm vid Luleå tekniska universitet har genomfört projektet. En referensgrupp, tillsatt av Svensk Fjärrvärme, har följt arbetet och lämnat synpunkter under projektiden. Referensgruppen har bestått av Per Callenberg, Vattenfall AB, Erik Dotzauer, Fortum, Klaus Hammes, Energimyndigheten, Stefan Hellmer, Höskolan i Kristianstad, Jenny Holgersson, Eskilstuna Energi & Miljö, Lars Holmquist, Göteborg Energi, Ingrid Nyström, Chalmers tekniska högskola samt Erik Thornström, Svensk Fjärrvärme.

Projektet *Fjärrvärmens och de långsiktiga klimatmålen* ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn, som finansieras av Svensk Fjärrvärme och Energimyndigheten. Forskningen inom Fjärrsyn ska stärka fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntra konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapa resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.

Christian Schwartz
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes omvärldsråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

En viktig utmaning för det svenska samhället är att åstadkomma en övergång till radikalt lägre utsläpp av växthusgaser. Denna rapport syftar till att: (a) analysera den samhällsekonomiska effektiviteten för ett antal olika klimatpolitiska styrmedel och styrmedelskombinationer med direkt relevans för fjärrvärmen i Sverige; samt (b) analysera hur energisystemet i allmänhet och fjärrvärmen i synnerhet kan påverkas av olika klimatpolitiska scenarier för år 2050. Analysen av enskilda styrmedel och styrmedelskombinationer är konceptuell men beaktar de speciella förutsättningar som kringgärdar fjärrvärmesektorn i Sverige. För att uppnå det andra syftet utnyttjas en utvecklad version av energisystemmodellen TIMES-Sweden.

Vi argumenterar för att etablerandet av ett pris på koldioxid bör utgöra ”motorn” i klimatpolitiken. I Europa är utsläppshandelssystemet EU ETS det kanske viktigaste styrmedlet för att åstadkomma en reduktion av koldioxidutsläppen. För de sektorer som inte ingår i EU ETS är koldioxidskatten ett viktigt klimatpolitiskt styrmedel. Ett problem med denna är att den inte har varit – och är – likformig över ekonomins olika sektorer. För fjärrvärmens del riskerar det att leda till suboptimeringar, t.ex. gällande energisamarbeten med industrin.

Olika styrmedel för energieffektivisering spelar en viktig roll för fjärrvärme-sektorn, och om dessa styrmedel är effektivt utformade kan de bidra till att sänka de samhällsekonomiska kostnaderna för att nå framtida klimatmål. I rapporten diskuteras olika typer av informationsmisslyckanden kopplade till incitamenten för att genomföra energieffektiviserande åtgärder, t.ex. (a) förekomsten av asymmetrisk information; samt (b) beteenderelaterade misslyckanden på grund av t.ex. begränsad rationalitet. De viktigaste policylärdomarna gällande energieffektivisering är att så långt som möjligt utnyttja (och effektivisera) marknadens prissignaler i kombination med olika informativa styrmedel som ger det stöd som aktörerna behöver för att ta rationella beslut. I de fall där människor agerar utifrån tumregler, vanor etc. kan det också vara effektivt för myndigheterna att reglera omständigheterna kring beslutet. Det kan t.ex. göras genom att det ”önskvärda” valet är default-alternativet. Det finns dock magert stöd i ekonomisk teori för att Boverkets nuvarande byggregler samt olika former av konverteringsstöd utgör samhällsekoniskt effektiva styrmedel.

Den styrmedelsanalys som presenteras i rapporten innehåller också två mer detaljerade undersökningar av styrmedel med direkt relevans för fjärrvärmesektorn, en om kvotplikt för energieffektivisering samt en om styrmedel för industriell spillvärme. En viktig komponent i det nya Energieffektiviseringsdirektivet är att alla medlemsländer uppmuntras till att inrätta ett kvotpliktsystem för energieffektivitet. Kostnadseffektiviteten i ett sådant system kan dock ifrågasättas av ett antal skäl. Ett första skäl är att det är mycket svårt för myndigheterna att i praktiken bestämma vilka åtgärder som är genuint additionella. Ett sätt för myndigheterna att hantera detta problem är att endast ge stöd till specifika (utpekade) åtgärder som med relativt stor säkerhet kan bedömas vara additionella. ”Garanterat additionella” åtgärder är dock typiskt sett är synonymt med relativt dyra åtgärder. Denna slutsats förstärks av att

grova schablonvärden ofta måste används för att mäta nivån på energibesparingen. Det mest grundläggande problemet med att använda ett kvotpliktssystem är dock svårigheterna att *ex ante* fastställa en ekonomiskt effektiv nivå på energibesparingen. Den mest effektiva styrningen är att därför så träffsäkert som möjligt internalisera de relevanta marknadsmisslyckandena snarare än att peka ut specifika åtgärder som kvotpliktsberättigade. Valet mellan att spara och använda energi är komplext, och utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv är det tveksamt med en policyansats som utgår från att en energianvändning över en viss nivå inte är önskvärd.

Möjligheten att tillvarata industriell spillvärme i fjärrvärmenäten bedöms av många som resurseffektivt då det kan spara primärenergi samt bidra till minskade utsläpp beroende på förekomsten av alternativa produktionsslag. I rapporten diskuteras ett antal faktorer och förhållanden som kan hindra (och har hindrat) etablerandet av framgångsrika spillvärmesamarbeten, och vi analyserar huruvida dessa hinder utgör skäl för staten att införa nya styrmedel. Analysen visar att en rad förhållanden har utgjort hinder för etablerandet av effektiva spillvärmesamarbeten, men få av dessa kan sägas snedvrida beslutsfattandet på ett sätt som motiverar kraftfulla styrmedel för att öka utnyttjandet av spillvärme. Om det är lönsamt att tillvarata spillvärme ligger det i båda parter intresse att avtala om ett samarbete, och såväl ekonomisk teori som empiri talar för att sådana avtal oftast kommer till stånd då det är effektivt. Den politiska styrningens roll består här främst i att: (a) generera värdefull information om den tekniska samt den ekonomiska potentialen för utnyttjande av spillvärme; samt att (b) reducera transaktionskostnaderna för de involverade parterna att ingå frivilliga, marknadsmässiga avtal. För att åstadkomma detta finns en rad möjligheter, bl.a. inom ramen för existerande styrmedel (t.ex. de kommunala energiplanerna) samt de krav på kartläggning och kostnadsnyttoanalyser som finns i Energieffektiviseringsdirektivet. Tredjepartstillträde till fjärrvärmenäten samt investeringsbidrag utgör dock med stor sannolikhet mindre samhällsekonomiskt effektiva styrmedel.

Den kvantitativa scenariobaserade analysen har genomförts med hjälp av energisystemmodellen TIMES-Sweden, och inom ramen för projektet har modellens beskrivning av fjärrvärmesektorn och värmemarknaden förbättrats. Den största förändringen är att fjärrvärmesystemet nu är beskrivet i termer av sex olika typnät i stället för ett nationellt fjärrvärmenät. Detta har gjorts för att bättre representera olika investeringsförhållanden. Modellens teknikdatabas samt dess beskrivning av fjärrvärmeprofilen har också förbättrats. TIMES-Sweden har sedan använts för att analysera skillnaden mellan olika klimatpolitiska scenarier där priset inom EU ETS höjs till samma nivå samt där en 80 procentig reduktion i de övriga sektorernas utsläpp åstadkoms på olika sätt. Inte minst görs en distinktion mellan teknikneutrala (koldioxidskatt) och tekniks specifika styrmedel (t.ex. kvotplikt för elbilar). Den enskilt största skillnaden mellan referensscenariot och det teknikneutrala klimatscenariot är den mängd biomassa som används, samt dess allokering mellan olika sektorer och ändamål. I referensscenariot används biomassan framförallt för el- och fjärrvärmeproduktion, medan biobränslet i klimatscenariot är fördelat mellan transportsektorn, industrin och el- och fjärrvärmesektorn. Inom industrin används biobränslet för processvärme i de industrier som inte omfattas av EU ETS, och som i

klimatscenariot har ett tufft klimatmål. Fjärrvärmes kommer i båda fallen framförallt från biomassa och avfall; mängden värme från avfall är likvärdig i båda scenarierna medan värme från biobränslen minskar i klimatscenariot när efterfrågan minskar.

Det finns emellertid en markant skillnad mellan de två scenarierna, användandet av kraftvärme. I referensscenariot kommer fjärrvärmes från en ökande andel kraftvärme, medan kraftvärmes nästan helt fasas ut i klimatscenariot. Elen kommer i stället från en kraftig expansion av vindkraften. Det bör dock påpekas att det finns osäkerheter i resultaten både vad gäller kostnaden för elnätet (som ej är fullt inkluderad i optimeringen och kan begränsa vindkraftsutbyggnaden) samt livslängden för existerande kraftvärmeanläggningar. Det senare motsvaras i modellen av den tekniska livslängden varefter en nyinvestering måste ske. I själva verket sker oftast uppgraderingar kontinuerligt varpå livslängden förlängs. Detta bör studeras närmare i framtida analyser. En annan faktor som bör inkluderas i framtida studier är anläggningar som kombinerar produktion av fjärrvärme och biodrivmedel. Detta är speciellt relevant eftersom resultaten visar på en stor expansion av biodrivmedel, samtidigt som vi ser att fjärrvärmes fortfarande utgör ett konkurrenskraftigt alternativ på värmemarknaden.

Därefter analyseras skillnaden mellan teknikneutrala och tekniks specifika policy-scenarier. Lika som i det teknikneutrala klimatscenariot antas det i de tekniks specifika klimatscenierna en 80-procentig koldioxidreduktion i icke-EU ETS sektorerna. Skillnaden är att nu kombineras en koldioxidskattehöjning med andra mer tekniks specifika styrmedel; i dessa fall blir (den endogena) koldioxidskattehöjningen således lägre än vad som är fallet i de teknikneutrala scenarierna. Vi analyserar fyra olika tekniks specifika scenarier, ett stärkt elcertifikatsscenario, ett scenario med stor andel elbilar, ett energieffektiviseringsscenario med lägre elanvändning samt ett scenario där alla nya bostäder är nära nollenergihus. Resultaten visar inte på några stora förändringar mellan dessa scenarier och det teknikneutrala. Det scenario som urskiljer sig mest är energieffektiviseringssceni, vilket bl.a. är det scenario som innebär lägst användning av biomassa. Energieffektiviseringssceni är även det scenario med störst fjärrvärmeanvändning år 2050. Resultaten tyder också på att fjärrvärme-sektorn – och de typer av fjärrvärmenät som vi har identifierat – har en stabil position i det svenska energisystemet och påverkas inte signifikant av hur den långsiktiga klimatpolitiken är utformad.

SUMMARY

A major challenge for Swedish society is how to achieve a transition towards radically lower greenhouse gas emissions. The objectives of this report are to analyze: (a) the economic efficiency of a number of climate policy instruments and mixes of direct relevance for the district heating sector in Sweden; and (b) how the energy system in general and district heating in particular can be affected by a number of climate policy scenarios for the year 2050. The analysis of separate policy instruments and policy mixes is largely conceptual, but takes into account the context surrounding the district heating sector. In order to accomplish the second objective of the report, we employ an extension of the energy system model TIMES-Sweden.

We argue that establishing a price on carbon dioxide emissions should represent “the engine” of climate policy. The European emissions trading scheme (EU ETS) represents the most significant policy instrument to achieve a reduction of carbon dioxide emissions in Europe. For those sectors of the Swedish economy that are not part of EU ETS, the carbon dioxide tax is instead an important policy instrument. A problem with this tax, however, is that it has not been – and is not – uniform across all sectors. In the district heating sector this can lead to sub-optimization, e.g., with respect to energy cooperation with the industrial sector.

Different policy instruments for increased energy efficiency play important roles in the district heating sector, and if these are efficiently designed they can assist in lower the economic costs of reaching future climate policy targets. In the report different types of information failures related to the incentives to undertake energy efficiency measures are discussed, viz. (a) the presence of asymmetric information; as well as (b) behavioral failures due to, for instance, bounded rationality. The most important policy implications with respect to energy efficiency are to make us of – and improve – price signals in the market in combination with different informational policy instruments that can help households and firms to take rational decisions. In those cases where people act based on rules of thumb, habits etc., it can also be worthwhile to regulate the circumstances surrounding the decision. For instance, this can be achieved by making the energy efficient alternative the default alternative. Economic theory, though, provides little support for the existing building norms provided by the Swedish National Board of Housing, Building and Planning as well as subsidies for the conversion from one energy form to another.

The analysis of policy instruments also comprises two in-depth investigations of policy instruments with direct relevance for the district heating sector, one on energy efficiency obligations and one on policies for industrial excess heat. A central component of the new EU Energy Efficiency Directive is that all Member States are encouraged to implement energy efficiency obligations. The cost-effectiveness of such systems can however be questioned for a number of reasons. A first reason is that it is difficult for the regulator to decide which measures can be considered additional. One way to deal with this is to only provide support to specific (well-defined) measures that can be considered additional by a wide margin. This is

however synonymous with relatively expensive measures. The most fundamental problem associated with introducing energy efficiency obligations is the difficulty in *ex ante* establishing an economically efficient energy savings level. The most efficient policy is to target the relevant market failures as closely as possible rather than to provide support for a selection of specific measures. The choice between using and conserving energy is complex, and from an economic efficiency perspective a policy approach which builds on the presumption that energy use above a certain level is bad can be questioned.

The potential to make use of industrial excess heat in district heating networks and in this way save primary energy and lower emissions, is by many considered significant. In the report we discuss a number of barriers to the establishment of successful excess heat cooperation, and we analyze whether these barriers represent valid motives for introducing new policy instruments. The analysis shows that a number of circumstances have hampered increased use of industrial excess heat, but few of these motivate the introduction of new policies to increase this use further. If such use is efficient it will be in the interest of both parties (the industry and the district heating company) to reach an agreement; economy theory and the empirical evidence suggest this to be a valid conclusion. The roles of policy instruments in this field are primarily to: (a) generate valuable information about the technical and the economic potential for the use of excess heat; and (b) reduce the transaction costs for the parties associated with reaching a voluntary agreement. In order to achieve this, a number of measures are available, not the least within the context of already existing policy instruments (e.g., the municipal energy plans) as well as the requirements for energy mapping and cost-benefit analysis in the Energy Efficiency Directive. Third party access (TPA) to the district heating networks and investment subsidies do not here, however, constitute economically efficient policy instruments.

The quantitative scenario-based analysis has been conducted using the energy system model TIMES-Sweden, and within the project this model has been developed to better address the specifics of district heating and the heat market in general. The most significant methodological development is that the district heating sector now is described by six different types of networks rather than one national network. This provides a more realistic view of investment opportunities and fuel choices. The data inputs and the description of the district heating profile (by hour and season) have also been improved. TIMES-Sweden has then been employed to analyze the main differences between different climate policy scenarios where the price in EU ETS is increased to the same level, but where an 80 percent reduction in carbon dioxide emissions in the remaining sectors are attained in different ways. Specifically, we make a distinction between technology-neutral (e.g., carbon dioxide tax) and technology-specific policy instruments (e.g., quota obligation for electric cars).

The most significant difference between the reference scenario and the technology-neutral climate policy scenario is the amount of biomass used, as well as its allocation between different sectors and end uses. In the reference scenario the biomass is primarily used for electric power and district heating generation, while the biomass in the climate policy scenario is also used in the transport sector and in the

industry. In the industry the biomass is used for process heat in those industrial sectors that do not form part of EU ETS. District heating generation will in both scenarios be based on biomass and waste, although in the climate policy scenario the heat generated from biomass will decline somewhat.

There is however another important difference between the two scenarios, the use of combined heat and power. In the reference scenario the district heating generation will come from an increasing share of combined heat and power, while this technology is more or less phased out entirely in the climate policy scenario. The electricity is instead supplied by a considerable expansion in wind power. Several uncertainties surround this result, though. These concern, for instance, the cost of access to the transmission network (which could provide a barrier to wind power) and lifetime of existing combined heat and power plants. In the model the latter is represented by the technical lifetime, and thereafter a new investment has to take place. In reality lifetime extensions, upgrades and incremental capacity additions, and such measures should be analyzed in more detail in future work. Another aspect which deserves further scrutiny includes facilities that combine production of district heating and biofuels. This is especially relevant since the results indicate an expansion of biofuels in the transport sector, while at the same time the district heating sector remains highly competitive in the heat market.

Thereafter we analyze the differences between the technology-neutral and the technology-specific climate policy scenarios. All these scenarios entail an 80 percent reduction in carbon dioxide emissions in 2050 in the non-EU ETS sectors. In the technology-specific scenarios the carbon tax is combined with policies targeting specific technologies, and the (endogenous) raise in the carbon tax will be lower than in the technology-neutral scenario. We analyze four different technology-specific scenarios, one green certificate scenario, one scenario with a quota for electric cars, one energy efficiency scenario and one in which all new houses are so-called “close-to-zero” houses. The results show few significant changes across these scenarios and the technology-neutral scenario. One exception is the energy efficiency scenario, which, for instance, involves the lowest use of biomass. In this scenario we also witness the highest generation of district heating in the year 2050. Overall the results show that the district heating sector – and the different types of networks that we have identified – has a stable position in the Swedish energy system and is not significantly affected by how the long-run climate policy is designed.

INNEHÅLL

1	INTRODUKTION	17
1.1	BAKGRUND	17
1.2	RAPPORTENS MÅLSÄTTNING OCH MERVÄRDE	17
1.3	ANGREPPSSÄTT OCH AVGRÄNSNINGAR	18
1.4	RAPPORTENS DISPOSITION	20
2	STYRMEDELSKOMBINATION FÖR LÅNGSIKTIGA KLIMATMÅL	21
2.1	INTRODUKTION	21
2.2	NÅGRA ENKLA TEORETISKA OCH KONCEPTUELLA UTGÅNGSPUNKTER	21
2.3	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EN SAMHÄLLSEKONOMISKT EFFEKTIV KLIMATPOLITISK STYRNING	23
2.4	EU ETS OCH KOLDIOXIDSKATTEN	26
2.5	STYRMEDEL FÖR ENERGIEFFEKTIVISERING	30
2.6	AVSLUTANDE KOMMENTARER	33
3	FALL 1: KVOTPLIKT FÖR ENERGIEFFEKTIVISERING	35
3.1	INTRODUKTION	35
3.2	EFFEKTERNA AV VITA CERTIFIKAT PÅ MARKNADEN FÖR ENERGIEFFEKTIVISERINGSÅTGÄRDER	37
3.3	SYSTEMETS SAMHÄLLSEKONOMISKA EFFEKTIVITET	40
4	FALL 2: STYRMEDEL FÖR INDUSTRIELL SPILLVÄRME	45
4.1	INTRODUKTION	45
4.2	SPILLVÄRME: VAD ÄR DET OCH HUR KAN DEN NYTTIGGÖRAS?	45
4.3	ICKE-TEKNISKA HINDER FÖR SPILLVÄRMESAMARBETEN	47
4.4	STYRMEDEL FÖR INDUSTRIELL SPILLVÄRME	57
4.5	AVSLUTANDE REFLEKTIONER	60
5	TIMES-SWEDEN: STRUKTUR OCH MODELLUTVECKLING	61
5.1	INTRODUKTION	61
5.2	EN INTRODUKTION TILL TIMES-SWEDEN	61
5.3	MODELLUTVECKLING FÖR FÖRBÄTTRAD ANALYS AV VÄRMEMARKNADEN	65
6	IMPLEMENTERING AV TIMES-SWEDEN: POLICYSCENARIER OCH MODELLANTAGANDEN	72
6.1	UTGÅNGSPUNKTER FÖR SCENARIOANALYSEN	72
6.2	UTFORMNING AV SCENARIERNA	73

6.3	TYP AV RESULTAT SOM GENERERAS I ANALYSEN	74
6.4	SPECIFIKA MODELLANTAGANDEN	75
7	MODELLRESULTAT	79
7.1	INTRODUKTION	79
7.2	KLIMATSCENARIOT I FRÅNVARO AV TEKNIKSPECIFIKA STYRMEDEL	79
7.3	KLIMATSCENARIOT I NÄRVARO AV TEKNIKSPECIFIKA STYRMEDEL	89
8	VIDARE MODELLUTVECKLING: ENERGISYSTEMANALYS AV KLIMATMÅL ÅR 2050	97
8.1	BESKRIVNING AV BIOBRÄNSLET	97
8.2	INDUSTRISEKTORN	98
8.3	FJÄRRVÄRMEN	99
8.4	ÖVRIGT DATABASEHOV OCH MODELLUPPDATERING	101
9	SLUTSATSER OCH LÄRDOMAR	102
10	REFERENSER	107
	Bilaga A	113

1 INTRODUKTION

1.1 Bakgrund

Vid vårtoppmötet 2007 enades EU:s stats- och regeringschefer om att minska EU:s utsläpp av växthusgaser med 30 procent till år 2020 under förutsättning att andra industriländer förbinder sig till jämförbara minskningar. I avvaktan på en global uppgörelse åtar sig EU att minska utsläppen av växthusgaser med minst 20 procent till 2020 jämfört med 1990 års nivåer (EU 27). Mötet antog också två bindande mål om förnybar energi: 20 procent av EU:s energianvändning ska komma från förnybara källor år 2020 och andelen biodrivmedel ska samma år vara minst 10 procent. Dessutom ska EU nå ett mål om 20 procents energieffektivisering till år 2020. Dessa mål är dock främst att betrakta som delmål, och en stabilisering av det globala klimatet kräver i praktiken ett nära fossilfritt Europa till år 2050.

I Sverige har fjärrvärmen varit viktig för att åstadkomma reducerade koldioxidutsläpp, inte minst genom en hög koldioxidskatt som fasat ut olja och kol från fjärrvärmesektorn. Fjärrvärmesektorn kommer mest troligt att spela en viktig roll i anpassningen mot ett resurseffektivt och klimatsnålt samhälle även i framtiden, och det finns ett behov av att analysera vilka styrmedel och styrmedelskombinationer som är mest effektiva för att stimulera till en framtida utveckling som är i linje med djupgående klimatmål. Fjärrvärmen knyter också an till andra politikområden – t.ex. avfallspolitiken – och den flora av styrmedel som berörs är därför omfattande. Framtagandet av nya styrmedel på värmemarknaden måste därför bygga på en gedigen analys av hur olika styrmedel samspelar med varandra. Frågan om under vilka förutsättningar ett styrmedel respektive en kombination av styrmedel är mest kostnadseffektivt och på samma sätt bidrar till måluppfyllelse har diskuterats i tidigare studier. Benneer och Stavins (2007) samt Fischer och Preonas (2010) analyserar t.ex. ändamålsenligheten i ett antal olika styrmedelskombinationer för att styra mot såväl klimatmål som en ökad andel förnybar energi. Dessa studier analyserar dock i första hand generella frågeställningar samt effekter på energi-systemet i stort (se också t.ex. IVA, 2008), medan den föreliggande rapporten fokuserar på den svenska fjärrvärmesektorn och dess roll för att möta de långsiktiga klimat- och energimålen.

För svensk del är det således viktigt att analysera ändamålsenligheten i olika styrmedel och styrmedelskombinationer för att nå de långsiktiga och djupgående klimatmålen fram till 2050, och i denna rapport fästs uppmärksamheten speciellt på sådana styrmedel som rör fjärrvärmen och värmemarknaden i Sverige. Det är också viktigt att empiriskt kvantifiera möjliga effekter på det svenska energisystemet (inklusive värmemarknaden) av olika utformningar av klimatpolitiken.

1.2 Rapportens målsättning och mervärde

Denna rapport syftar till att: (a) analysera den samhällsekonomiska effektiviteten för ett antal olika styrmedel och styrmedelskombinationer med direkt relevans för fjärrvärmesektorn i Sverige; samt (b) med hjälp av en vidareutvecklad energisystemmodell

analysera hur energisystemet i allmänhet och fjärrvärmens i synnerhet kan påverkas av ett antal klimatpolitiska scenarier för 2050.

Rapporten sammanfattar resultaten från ett forskningsprojekt som finansierats av forskningsprogrammet Fjärrsyn. Forskning om ”omvärld, systemanalyser och styrmedel” utgör en viktig del av Fjärrsyn; inte minst finns ett behov av att öka kunskapen bland fjärrvärmeföretagen om styrmedlen och dess effekter. I Fjärrsyns programbeskrivning framhålls bl.a. värdet av forskning om hur olika styrmedel samspelar ur ett systemperspektiv samt hur styrmedel ”fungerar i gränslandet mellan flera sektorer (industrisektorn, bostadssektorn, avfallssektorn, och transportsektorn).” Denna rapport ligger väl i linje med dessa intentioner, inte minst genom dess användning av energisystemmodellen TIMES (se avsnitt 1.3), som möjliggör en analys av hur olika styrmedel och styrmedelskombinationer påverkar värmemarknaden i dess samspel med andra delar av energisystemet. Rapporten bidrar således med kunskap för att förstå effekterna på fjärrvärmesektorn av olika långsiktiga utformningar av klimat- och energipolitiken, samt för att kunna förhålla sig till nya och/eller reviderade styrmedelsförslag. Den kunskap som tagits fram inom projektet – inte minst den kvantitativa scenariobaserade systemanalysen – kan också utgöra ett viktigt underlag för branschens långsiktiga strategiarbete samt för identifierandet av viktiga områden för fördjupad omvärldsanalys.

Eftersom tidigare studier av klimatpolitiska styrmedel i energisektorn inte fokuserat på fjärrvärmens finns få modellverktyg som beskriver fjärrvärmesektorn och dess interaktion med det övriga energisystemet på ett ändamålsenligt sätt. En betydande del av projektet har därför ägnats åt utveckling av den väl etablerade energisystemmodellen TIMES-Sweden (se vidare avsnitt 5.3). Detta innebär att även framtida projekt kan dra nytta av modellanalyser där den svenska fjärrvärmesektorn är representerad på ett ändamålsenligt sätt (t.ex. gällande de skillnader som finns i storleken och sammansättningen på fjärrvärmensnäten i landet).

1.3 Angreppssätt och avgränsningar

Analysen i rapporten bygger i hög grad på den miljöekonomiska teorin om marknadsmisslyckanden och styrmedels kostnadseffektivitet (se t.ex. Söderholm och Hammar, 2005), samt även den ekonomiska litteratur som explicit undersöker hur olika styrmedel samspelar eller neutraliserar varandra för att uppnå energi- och klimatpolitiska mål på ett ändamålsenligt sätt (se t.ex. Fischer och Preonas, 2010). Detta i huvudsak samhällsekonomiska perspektiv kompletteras dock med kompetens inom energisystemanalys, och en betoning av hur det (tekniska) energisystemets olika delar interagerar med varandra (och inte minst med fjärrvärmesektorn). Projektet består av två huvudsakliga delar.

Den första delen av projektet innehåller en analys av olika styrmedels och styrmedelskombinationers ändamålsenlighet för att styra mot djupgående klimatmål, detta givet de viktiga interaktioner som finns mellan olika styrmedel och sektorer i energisystemet. Större delen av denna analys är konceptuell men beaktar de speciella förutsättningar som kringgärdar fjärrvärmesektorn i Sverige, och de viktigaste

styrmedlen i detta hänseende. Vi analyserar bl.a. kort det europeiska utsläppshandels-systemet (EU ETS) samt olika styrmedel för energieffektivisering. En viktig komponent i analysen är dessutom att diskutera behovet – samt utformningen – av nya styrmedel och styrmedelskombinationer som kan styra mot EU:s övergripande mål. Detta inkluderar bl.a. de styrmedel som lyfts fram i det nya Energieffektiviseringsdirektivet (Europeiska Kommissionen, 2012) såsom t.ex. individuell mätning och debitering, men även kvotplikt för energieffektivisering samt styrmedel för industriell spillvärme.

I projektets *andra* del utnyttjas energisystemmodellen TIMES-Sweden. TIMES-Sweden är en teknikdetaljerad (bottom-up) systemoptimeringsmodell, som beskriver hela det svenska energisystemet inklusive en detaljerad representation av fjärrvärmesektorn och dess interaktion med andra delar av energisystemet (se även kapitel 5). I analysen kommer denna modell i ett första steg att användas för att ta fram ett referensscenario för energisystemet och den svenska fjärrvärmesektorn (användning, bränslemix etc.) för år 2050. Detta scenario kan sedan användas som utgångspunkt för att analysera alternativa policyscenarier, som alla strävar mot en sammansättning av fjärrvärmesektorn som är kompatibel med uppfyllandet av djupgående klimatmål. I denna del av analysen testas flera policyscenarier, som skiljer sig åt vad gäller hur tekniks specifika respektive teknikneutrala styrmedlen är (se vidare kapitel 6).

TIMES-modellen är väl lämpad för att analysera viktiga styrmedelseffekter på fjärrvärmesektorn. Modellen drivs av efterfrågan på nyttig energi (t.ex. 18 grader varmt i lokalen), och för att möta efterfrågan finns efterfrågeteknologier (t.ex. värmepump, värmepump, direktverkande el) med tillhörande sekundära energibärare (t.ex. el och fjärrvärme) vilka i sin tur har omformats i ett eller flera steg från primära (t.ex. sol-energi, biomassa) eller importerade (t.ex. el, olja och gas) energibärare. De olika efterfrågesegmenten är indelade i ca 50 sektorer. Den graddags-korrigerade energiefterfrågan för basåret är baserad på Eurostat, och uppdelningen inom sektorerna är baserad på data från Energimyndigheten, SCB, samt personlig kommunikation med bransch-organisationer. Industriell värme är separerad från fjärrvärme. I basåret beskrivs fjärrvärmeproduktionen med 16 kraftvärmeverk, 11 hetvattenpannor, en värmepump samt kopplingen mot industrisektorn. Modellens beskrivning av dagens värme- och kraftgenererande anläggningar är baserade på Eurostat, SCB (t.ex. SCB, 2007) och Nordel. Framtida tekniker har identifierats inom EU-projekten NEEDs och RES2020. Basårstekniker beskrivs med parametrar som installerad kapacitet, verkningsgrad, drifttimmar/år, fasta och variabla drift- och underhållskostnader. Vidare kan kraftvärmesektorn beskrivas med flexibel ”heat-to-power ratio” (med möjlighet att introducera en ”electricity loss per heat gain” parameter). TIMES-Sweden har dessutom en flexibel layout, vilket möjliggör jämförelser av indata/antaganden både sinsemellan och med externa data.

Inom ramen för projektarbetet har dock också ett omfattande arbete utförts för att ytterligare förbättra modellens ändamålsenlighet gällande analyser av fjärrvärmesektorn. Denna modellutveckling har inkluderat förbättringar av efterfrågesidan (uppdelning i olika bostadssegment), fjärrvärmeprofilens representation i modellen,

uppdatering av teknikdatabasen, samt en uppdelning av fjärrvärmesektorn i flera kategorier av nät.

1.4 Rapportens disposition

Analysens första del består av kapitel 2-4, som alla analyserar den samhälls-ekonomiska effektiviteten hos olika klimatpolitiska styrmedel och styrmedelskombinationer. Analysen i kapitel 2 är till stora delar konceptuell och analyserar behovet av styrmedelskombinationer för att nå långsiktiga klimatmål. Vi ägnar extra uppmärksamhet åt EU ETS samt rollen för olika styrmedel för energieffektivisering i klimatpolitiken. I kapitlen 3 och 4 diskuteras två områden i mer detalj; kapitel 3 analyserar den samhällsekonomiska effektiviteten i Energieffektiviseringsdirektivets förslag om ett kvotpliktssystem för energieffektivisering medan kapitel 4 analyserar olika hinder och styrmedel för en ökad användning av industriell spillvärme.

I kapitlen 5-7 redovisas utformningen av samt resultaten från den kvantitativa scenarioanalysen. Kapitel 5 beskriver energisystemmodellen TIMES-Sweden, och de utvecklingar av modellen som gjorts för att förbättra beskrivningen av fjärrvärmesektorn. I kapitel 6 beskrivs hur modellen har implementerats, och här definieras de policyscenarier som ligger till grund för analysen. Kapitel 7 redovisar och diskuterar simuleringsresultaten.

I kapitel 8 redogörs för hur TIMES-Sweden skulle kunna utvecklas än mer för att stödja framtida styrmedelsanalyser inom fjärrvärmesektorn och det svenska energisystemet i allmänhet. I kapitel 9 redovisas de viktigaste slutsatserna och lärdomarna från rapporten.

2 STYRMEDELSKOMBINATION FÖR LÅNGSIKTIGA KLIMATMÅL

2.1 Introduktion

I detta kapitel diskuteras hur de klimatpolitiska styrmedlen kan – och bör – utformas för att nå långsiktiga klimatmål på ett samhällsekonomiskt effektivt sätt. Vi argumenterar för att ett pris på koldioxid utgör klimatpolitikens ”motor”, men det krävs i regel en kombination av olika styrmedel. Detta beror på förekomsten av andra marknadsmisslyckanden med tydlig koppling till klimatfrågan samt på grund av att den mest effektiva politiken inte alltid kan genomföras på grund av andra skäl. Analysen är här konceptuell men vi belyser även ett antal viktiga implikationer för fjärrvärmesektorn. I kapitlen 3 och 4 fördjupar vi diskussionen om två specifika policyområden med direkt relevans för fjärrvärmen i Sverige, dvs. kvotplikt för energieffektivisering (vita certifikat) samt styrmedel för industriell spillvärme.

I nästa avsnitt presenteras kort några viktiga teoretiska utgångspunkter för analysen. Avsnitt 2.3 diskuterar behovet av styrmedelskombinationer i klimatpolitiken, och identifierar några områden som är speciellt relevanta för fjärrvärmesektorn och värmemarknaden. I resterande avsnitt diskuteras två av dessa i mer detalj, EU ETS och koldioxidskatten (avsnitt 2.4) samt styrmedel för energieffektivisering (avsnitt 2.5). En del aktuella förändringar i de svenska styrmedlens utformning och inriktning tas också upp och kommenteras.

2.2 Några enkla teoretiska och konceptuella utgångspunkter

Frågan om hur klimatpolitiska styrmedel bör utformas för att nå långsiktiga reduktionsmål är i grunden en normativ fråga, och i den politiska verkligheten kan det ofta vara svårt att avgöra på vilka normativa (etiska) grunder som olika beslut tas. I sin biografi över Olof Palme hänvisar författaren Henrik Berggren till en uppsats av Max Weber om politik som yrke (Berggren, 2010). Weber konstaterar att en ”riktig politiker” aldrig enbart kan vara reglemoralist eller konsekvensmoralist; politiker är tvungna att leva i ett ”moraliskt ingenmansland”, samt välja mellan flera problematiska hållningar. I praktiken finns det med andra ord inga givna normativa utgångspunkter för politikens utformning och genomförande.

I denna rapport anammar vi ett samhällsekonomiskt perspektiv på frågan om klimat-politiska styrmedels utformning. Detta innebär att vi utgår från att de styrmedel som införs ska främja *samhällsekonomisk effektivitet*. Med en samhällsekonomiskt effektiv klimatpolitik menas en politik som: (a) säkerställer att en given reduktion av utsläppen av växthusgaser kan ske till lägsta möjliga samhällsekonomiska kostnad (s.k. kostnadseffektivitet); samt att (b) reduktionen drivs till den punkt

där kostnaden för ytterligare reduktion är lika hög som värdet av den marginella skadan (Carlén m.fl., 2005). Annorlunda uttryckt, samhällsekonomisk effektivitet innebär att alla ömsesidigt fördelaktiga byten (transaktioner) är genomförda. Ett centralt resultat i den ekonomiska välfärdsteorin är att i en ekonomi där balansen mellan efterfrågan och utbud avgör vilka varor och tjänster som vinstmaximerande företag producerar (samt hur och i vilken omfattning dessa produceras), kommer utfallet, *givet att vissa villkor är uppfyllda* (t.ex. perfekt konkurrens, fullständig information etc.), att motsvara en resursfördelning som är samhällsekonomiskt effektiv.

En central uppgift för utformandet av en effektiv politik är med andra ord att identifiera situationer som gör att samhällsekonomiskt effektiva åtgärder inte realiseras spontant av marknadens aktörer (eller att samhällsekonomiskt ineffektiva åtgärder genomförs). I en marknadsekonomi avgörs utfallet i ekonomin av de miljontals beslut som enskilda aktörer (hushåll och företag) gör i vardagen, och en central fråga blir därför om dessa aktörer möter de incitament som säkerställer effektiva val. Om så inte är fallet kan det vara resultatet av ett s.k. marknadsmisslyckande¹, och politikens roll blir att korrigera för detta misslyckande. I rapporten kommenteras olika typer av marknadsmisslyckanden varav det viktigaste i detta sammanhang är de negativa externa effekter som följer av utsläppen av växthusgaser.² De aktörer i ekonomin som orsakar dessa utsläpp har (normalt) sett inga incitament att reducera utsläppen såvida inte politiken inför sådana incitament, t.ex. genom en skatt.

En annan viktig utgångspunkt är att politikerna och de relevanta myndigheterna endast har ofullständig information om de nuvarande och framtida kostnaderna för att reducera utsläppen. Även om politikerna har en hyfsat rimlig bild av vilka teknologier som kan bli aktuella är det svårt att veta hur kostnaderna för dessa kommer att utvecklas i framtiden relativt andra alternativ. I allmänhet är det rimligt att anta att de enskilda hushållen och företagen vet mer om sina anpassningskostnader än vad myndigheterna gör (dvs. informationen är asymmetriskt fördelad).³ Detta innebär att en kostnadseffektiv klimatpolitik i stor utsträckning bör vila på decentraliserade lösningar. Detta talar i sin tur för att det är värdefullt med styrmedel som i allt väsentligt är teknikneutrala, och således inte diskriminerar mellan olika åtgärder för att reducera utsläppen. Det är med andra ord minst lika viktigt att identifiera den ”vinnande politiken” som den ”vinnande tekniken”.

¹ I vissa situationer kan ineffektiviteter också uppstå på grund av politiska ingripanden, t.ex. som ett resultat av påtryckningar från starka lobbygrupper. Beslut om infrastrukturinvesteringar samt kommuners planering för olika trafiklösningar som inte tar tillräcklig hänsyn till klimatmål kan vara ett exempel.

² I Stern-rapporten (Stern, 2007) benämns klimatförändringen ”historiens största marknadsmisslyckande”.

³ Detta förstärks av att begreppet samhällsekonomisk kostnad definieras som värdet av de produktiva resursernas alternativa användning, och detta värde är normalt sett kontextspecifikt (t.ex. individberoende). Även om vi kan göra generiska bedömningar av t.ex. kostnaden för industriell spillvärme kommer den faktiska kostnaden att skilja mycket åt beroende på t.ex. geografisk lokalisering, process etc., och alla kostnader (förlorade nyttor) är inte nödvändigtvis prissatta på någon existerande marknad.

Detta innebär samtidigt inte att myndigheterna är omedvetna om framtida tekniska möjligheter och dessas kostnader; i många fall kan det t.o.m. vara avgörande för politikens effektivitet att politikerna aktivt inför teknikspecifika styrmedel (t.ex. gällande offentlig infrastruktur) eller allokera offentliga forskningsmedel till nyckelteknologier (se vidare avsnitt 2.3). Det är också viktigt att uppmärksamma att även en teknikneutral klimatpolitik kan aktualisera offentliga beslut som kan betraktas som teknikspecifika, t.ex. lagändringar som möjliggör för ny effektiv teknik att komma till praktisk användning. I rapporten diskuteras återkommande valet mellan teknikneutrala kontra teknikspecifika styrmedel;⁴ bland annat utgör denna distinktion en viktig utgångspunkt då de olika policyscenarierna utformas (se vidare kapitel 6).

2.3 Förutsättningar för en samhällsekonomiskt effektiv klimatpolitisk styrning

Figur 2.1 sammanfattar på ett kondenserat sätt förutsättningarna för en samhällsekonomiskt effektiv klimatpolitik. Denna visar först och främst att etablerandet av ett pris på koldioxid utgör – och bör utgöra – ”motorn” i klimatpolitiken. Detta styrmedel – antingen i form av en skatt eller i form av handel med utsläppsätter – adresserar direkt det marknadsmisslyckande som är kopplat till utsläppen av koldioxid; det är detta pris som i grunden genererar en efterfrågan på koldioxidreducerade åtgärder av olika slag samt gör det mer lönsamt att investera i forskning och utveckling (FoU) och infrastruktur som syftar till att utveckla ny eller bättre klimatsnål teknik.

Den traditionella miljöpolitiken i Sverige och andra länder har till stor del byggt på (och bygger fortfarande på) individuellt bestämda gränsvärden för utsläpp från enskilda anläggningar. Det finns flera skäl varför ekonomiska styrmedel bedöms vara mer effektiva än alternativet med anläggningsspecifika gränsvärden. Ett viktigt skäl är att olika anläggningar normalt sett har olika kostnader för att reducera utsläppen samtidigt som politikerna och de reglerande myndigheterna har ett väsentligt kunskapsunderläge gällande vilka anläggningar som har lägst kostnader. Ägarna av anläggningarna har heller inget incitament att avslöja de sanna kostnaderna för myndigheterna. På grund av denna informationsasymmetri är det i praktiken helt omöjligt för myndigheterna att fördela reduktionsåtagandena (dvs. fastställa individuella gränsvärden) på ett kostnadseffektivt sätt. Genom att i stället t.ex. införa en skatt på utsläppen överbryggas kunskapsunderläget och anläggningarna har ett incitament att genomföra de reduktionsåtgärder som är billigare än nivån på skatten. Om alla aktörer möter samma utsläppspris reduceras de totala utsläppen på ett kostnadseffektivt sätt. Detta visar därmed också på behovet av ett uniformt pris på koldioxid; om prisnivån differentieras t.ex. mellan olika sektorer undergrävs kostnadseffektiviteten och beslut om t.ex. energinvesteringar snedvrids. I avsnitt 2.4 fördjupas diskussionen om behovet av ett pris på koldioxid.

⁴ Se också Azar och Sandén (2011) för en kritisk diskussion om valet mellan teknikneutrala respektive teknikspecifika styrmedel.



Figur 2.1: Klimatpolitik och motiv för styrmedelskombinationer

Det finns två huvudsakliga motiv för att klimatpolitiken kan behöva beröras av flera kompletterande styrmedel (se också Bennear och Stavins, 2007; Lehmann, 2011; Hood, 2011; Söderholm, 2012). Det *första motivet* har att göra med förekomsten av andra marknadsmisslyckanden än den negativa externa effekt som följer av växthusgasutsläppen, t.ex. kunskapsläckage från investeringar i FoU, andra hinder för etablerandet av ny teknik och infrastruktur samt olika typer av informationsmisslyckanden. Det bör noteras att flera av de styrmedel som behövs för att korrigera för dessa misslyckanden kan i regel motiveras ur effektivitetssynpunkt även i frånvaro av något utsläppsmål, men ibland går det att argumentera för att de klimatpolitiska målen eventuellt bör påverka utformningen samt dimensioneringen av dessa styrmedel. Ett bra exempel är olika styrmedel för energieffektivisering, som ofta syftar till att hantera olika typer av informationsmisslyckanden (se vidare avsnitt 2.5). Den klimatpolitiska relevansen härrör framförallt från det faktum att en effektiv internalisering av de marknadsmisslyckanden som snedvrider energianvändningen kan sänka kostnaderna för att nå klimatpolitiska mål (Ryan m.fl., 2011). Ett annat marknadsmisslyckande rör klimatpolitiken på ett mer direkt sätt, och det gäller skogens och jordbruksmarkens roll som s.k. kolsänkor. Ökade skogstillgångar (via t.ex. minskad avverkning, plantering, gödsling etc.) innebär en positiv extern effekt genom ökat koldioxidupptag, och precis som koldioxidutsläppen från förbränningen av fossila

bränslen uppbär ett pris borde skogsbruket ersättas för sitt upptag av koldioxid. Det finns dock många problem med att implementera en sådan politik i praktiken.

Det kan slutligen noteras att klimatpolitikens effektivitet ibland kan undergrävas eftersom den existerande politiken misslyckats med att internalisera marknadsmisslyckanden även på andra områden och/eller undvikit att införa lagändringar som t.ex. möjliggör introduktionen av ny och billigare teknik. Ny teknik kan aktualisera olika former av offentliga beslut såsom införandet av nya regler och riktlinjer, eller en reformering av tillståndprocesser eller t.o.m. delar av myndighetsväsendet. Ett relevant exempel är att den tekniska utvecklingen kring avancerade IT-system har inneburit att kostnaden för att mäta hushållens användning av värme har reducerats kraftigt, och detta gör det möjligt att i framtiden generera frekvent information om den faktiska förbrukningen. Denna fråga uppmärksammas också i det nya Energieffektiviseringsdirektivet, som bl.a. innebär att slutförbrukare av fjärrvärme förses med individuella mätare som ger information om såväl den faktiska förbrukningen samt tidpunkten. Tidigare forskning (se t.ex. Fischer, 2008) visar att ett sådant krav kan ge signifikanta effekter på förbrukningsmönstren, men för att denna potential ska kunna realiseras krävs offentliga beslut (t.ex. krav på individuell mätning, standardisering). I vår fördjupade analys av styrmedel för industriell spillvärme (se kapitel 4) diskuteras också vikten av att se över – och eventuellt revidera – existerande regelverk.

Detta visar sammanfattningsvis att medan ett pris på koldioxid utgör ”motorn” i klimatpolitiken kan styrmedel som på ett träffsäkert sätt internaliserar närliggande misslyckanden ”göra denna motor mer effektiv”. Detta fungerar dock endast om ”motorn redan är i gång”, dvs. då det existerar ett positivt pris på koldioxid som gör det ekonomiskt lönsamt att införa klimatsnål teknik. Styrmedel för energieffektivisering – effektivt utformade – är därmed ett komplement och inte ett substitut till ett pris på koldioxid (se vidare avsnitten 2.4 och 2.5).

Det *andra motivet* för en styrmedelskombination är att det ibland finns faktorer som begränsar (eller omöjliggör) implementeringen av en effektiv politik. Detta kan t.ex. innebära att i stället för att införa ett träffsäkert styrmedel kan den näst-bästa lösning-en vara att införa *två trubbiga* styrmedel. En anledning till att politikerna ”tvingas” till detta är att den effektiva politiken inte bedöms politiskt genomförbar, t.ex. på grund av negativt upplevda fördelningseffekter gällande bl.a. låginkomst-hushåll eller konkurrensutsatt industri (se t.ex. Goulder, 2000). I bedömningen av klimatpolitikens roll för att åstadkomma en effektiv och samtidigt legitim övergång mot ett mer eller mindre koldioxidfritt samhälle är det därför viktigt att analysera effekterna – och ändamålsenligheten i – olika näst-bästa åtgärder (Söderholm m.fl., 2011). Problemet med kolläckage där utsläppen av koldioxid ”flyttar utomlands” som ett resultat av en unilateral (nationell) klimatpolitik bör också analyseras i detta sammanhang. Politiska restriktioner kan t.ex. göra det svårt att införa ett koldioxidpris på en nivå som säker-ställer att långsiktiga klimatmål uppnås, och i praktiken kan därför politiken bestå av ett något lägre pris på koldioxid samt en rad olika subventioner till ny klimatsnål teknik. I denna rapport utnyttjar vi energisystemmodellen TIMES-Sweden för att belysa de möjliga effekterna av sådana olika näst-bästa lösningar inom klimatpolitiken (se kapitel 6 och 7). Bland annat belyses hur

fjärrvärmemarknaden påverkas av om långtgående klimatmål möts av en kombination av koldioxidpris och riktat stöd till elbilar respektive användning av biobränsle i transportsektorn.

I andra fall omöjliggörs den träffsäkra politiken inte av politisk hänsyn utan snarare av praktiska svårigheter och höga transaktionskostnader för att införa den. Generellt finns tre situationer som kan motivera styrmedelkombinationer i miljöpolitiken: (a) förekomsten av heterogena miljöskador (t.ex. skador som är beroende av geografiskt läge); (b) förekomsten av beteenden som är för svåra (dyra) att följa upp och/eller mäta; samt (c) osäkerhet om de marginella reduktionskostnaderna (Benneer och Stavins, 2007). Den första punkten är inte viktig i klimatpolitiken eftersom effekterna på klimatet av ett ton utsläpp är oberoende av geografisk plats. Den andra punkten rör bl.a. begränsningen av växthusgaser från jordbruket där det normalt är svårt att t.ex. beskatta utsläppen av lustgas och metan. Dessa utsläpp beror på naturliga processer och är svåra att mäta eftersom de varierar med lokala förutsättningar samt mellan år (Berglund m.fl., 2010).

Den tredje punkten rör förekomsten av osäkerhet om de marginella reduktionskostnaderna. En sådan osäkerhet gör det svårt att implementera en samhälls-ekonomiskt effektiv reduktion av koldioxidutsläppen. Med en skatt på utsläppen är utfallet på utsläppsnivåerna osäkert och om politikerna t.ex. underskattar de marginella reduktionskostnaderna kan skatten sättas på en för låg nivå (och utsläppen blir för höga). Med utsläppshandel fixeras taket för de totala utsläppen, men denna utsläppsnivå är effektiv endast om de marginella reduktionskostnaderna blir som förväntat. Ett sätt att utnyttja de bästa egenskaperna hos skatter respektive utsläppshandel är därför att kombinera ett utsläppshandelssystem med ett pristak och ett prisgolv. Detta är en form av styrmedelskombination som diskuterats flitigt i den miljöekonomiska litteraturen (se t.ex. Pizer, 2002) men som inte alls fått något betydande genomslag i den praktiska politiken. Frågan om att styra med pris och kvantitet är även relevant för styrmedel för energieffektivisering; i kapitel 3 diskuteras Energieffektiviseringsdirektivets förslag om en kvotplikt för energieffektivisering och här kritiserar idén om att införa bindande mål för energibesparingar.

Om ett pris på koldioxid är ”motorn” i klimatpolitiken, och hanterandet av andra marknadsmisslyckanden gör att denna ”motor” fungerar effektivare, kan de policy-kompromisser och implementeringssvårigheter som diskuteras ovan ibland vara nödvändiga för att undvika ”ett klimatpolitiskt motorstopp”.

2.4 EU ETS och koldioxidskatten

I Sverige påverkas fjärrvärmesektorn av två pris på koldioxid, dels det europeiska utsläppshandelssystemet EU ETS som infördes 2005 samt koldioxidskatten. Koldioxidskatten infördes redan 1991, och är en starkt bidragande orsak till den substitution bort från olja och kol till biobränsle som skett i sektorn sedan dess. EU ETS omfattar alla medlemsländer, nästan 50 procents av EU:s koldioxidutsläpp och inbegriper ca 12 000 anläggningar inom EU. Detta innebär dock inte att detta

styrmedel har fungerat perfekt; sedan starten 2005 har systemet dock gradvis förbättrats och det finns goda skäl att värna om systemets framtid.

En svaghet med EU ETS så här långt har varit det magra inslaget av auktionering av utsläppsrätter. Under den s.k. försöksperioden (2005-2007) auktionerades mindre än 5 procent av utsläppsrätterna, och motsvarande siffra för systemets andra fas (2008-2012) var knappt 10 procent. Dessutom fick även nya energianläggningar gratis tilldelning, och i flera medlemsländer kunde denna tilldelning motsvara värden i nivå med det totala värdet på investeringen (Åhman och Holmgren, 2006). Frånvaron av auktionering försvårade möjligheterna till en teknikförnyelse i en koldioxidsnål riktning, men i den tredje handelsperioden är inslaget av auktionering betydligt större (se nedan). Inom EU ETS finns dessutom en regel om att dra in det existerande inne-havet av utsläppsrätter för de anläggningar som läggs ned. Detta innebär en implicit subvention för att driva äldre verksamheter vidare och därmed också ett hinder för introduktionen av nyare och effektivare anläggningar (Ellerman, 2008; Åhman m.fl., 2007).

En annan svaghet med den nuvarande utformningen av EU ETS är också att systemet inte kan hantera tillämpandet av CCS för biomassa (t.ex. på biokraft-värmeverk), s.k. BECCS. Det som gör BECCS unikt som klimatåtgärd är att netto-effekten av tillämp-ningen kan resultera i negativa koldioxidutsläpp. Detta sker genom att koldioxid som bundits från atmosfären i biomassa lagras djupt ner i berggrunden. På så sätt kombinerar BECCS fördelarna med träden och växternas bindning av koldioxid, med fördelarna med geologisk koldioxidlagring (Biorecro, 2010). Det principiella problemet är dock att idag erbjuder EU ETS inga möjligheter för att hantera negativa utsläpp (t.ex. genom en kredit för infångade utsläpp). Ascui (2010) diskuterar olika institutionella lösningar för att hantera denna problematik, t.ex. införandet av speciella BECCS-krediter, nettoavräkning på anläggningsnivå, men konstaterar att alla dessa lösningar är behäftade med problem. Ricci (2012) å sin sida förordar en stycksubvention baserad på den infångade mängden koldioxid. Gough och Upham (2010) noterar också de praktiska problem som försvårar en effektiv implementering; utsläppen av växthusgaser är relativt enkla att verifiera men att hantera negativa utsläpp är betydligt mer utmanande givet behovet av att undvika t.ex. läckage från lagringsanläggningar.

EU ETS förbättras dock kontinuerligt och från och med januari 2013 har en rad förändringar införts. Bl.a. centraliseras allokeringsprocessen vilket gör det svårare för medlemsländerna att agera strategiskt gentemot andra länder. Dessutom ökar inslaget av auktionering betydligt, t.ex. genom att inga elproducenter längre får någon fri allokering.⁵ Från och med 2012 inkluderas dessutom flyget i EU ETS och från 2013 ingår också aluminiumindustrin samt delar av kemiindustrin. Utvidgningen 2013 omfattar också en del andra växthusgaser såsom perfluorkolväten (PFC) och dikväve-oxid. Långsiktigheten i systemet har dessutom förstärkts. Det totala antalet

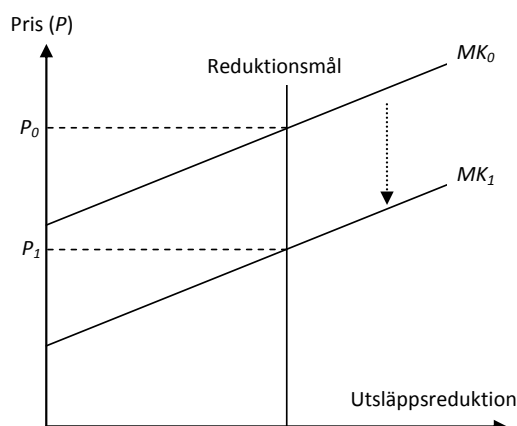
⁵ För de sektorer där det finns en tydlig risk för kolläckage kommer gratis tilldelning fortfarande att spela en viktig roll. Det finns dock potentiellt andra medel att tillgå för att inte äventyra den energiintensiva industrins konkurrenskraft (t.ex. gränsskattejusteringar).

utsläpps-rätter reduceras successivt med 1,74 procent per år från och med 2013 och fram till 2020. Detta innebär att utsläppstaket sänks med motsvarande nivåer.

Idag framhålls de låga priserna inom EU ETS som ett problem; priset har t.ex. sedan årsskiftet 2013 ibland varit nere i 2-3 Euro per ton, vilket kan jämföras med prisnivåer på 20-30 Euro under 2008. Dagens låga prisnivåer betyder dock inte att systemet fungerar dåligt utan snarare tvärtom; låga priser indikerar att det utsläppstak som EU beslutat om är relativt billigt att nå (givet rådande marknadsförhållanden och styrmedel). Detta beror bl.a. på den djupa ekonomiska kris som bröt ut under 2008. Kanske lika viktigt är att flertalet länder (t.ex. Storbritannien, Norge, Holland etc.) infört nationella koldioxidskatter (och andra klimatpolitiska styrmedel) i de sektorer av ekonomin som ingår i EU ETS (Filipsson, 2013). Detta innebär att priset inom EU ETS sjunker. Det oroväckande med denna utveckling är att dagens låga priser riskerar att uppmuntra medlemsländerna att inför än fler och skarpare styrmedel på klimatområdet. Detta leder till ännu lägre prisnivåer och på så sätt undermineras systemet ytterligare. Denna unilaterala politik sker på bekostnad av en kostnadseffektiv reduktion inom EU.

Figur 2.2 visar en enkel modell som illustrerar denna effekt. Efterfrågan på utsläpps-rätter bestäms av marginalkostnadskurvan för att reducera utsläppen, MK , och denna motsvarar kostnaden för att gå över till en mindre koldioxidintensiv produktion. Marginalkostnaden för att reducera utsläppen av koldioxid genom att t.ex. utnyttja mer biokraftvärme är således inte lika med den totala kostnaden för ett biokraftvärmeverk över dess ekonomiska livslängd utan motsvarar i stället mer-kostnaden för värmen (och elen) jämfört med det billigaste alternativet för att generera samma energimängd (Fankhauser m.fl., 2011). Priset på en utsläppsrätt är lika med marginalkostnaden för att uppnå det totala reduktionsmålet (motsvarande de totala utsläppen i baseline minus den totala allokeringen av utsläppsrätter). Initialt antar vi i Figur 2.2 att marginalkostnadskurvan MK_0 gäller, och då blir priset P_0 på utsläppsrättsmarknaden.

Om staten nu inför en skatt på koldioxid eller en subvention till koldioxidreducerande åtgärder (t.ex. till förnybar energi) inom den handlande sektorn, skiftar marginalkostnadskurvan nedåt eftersom merkostnaden för t.ex. biokraftvärme blir lägre (i vårt exempel får vi ett skift från MK_0 till MK_1). Eftersom den totala reduktionen är given blir den ”enda” effekten på marknaden att priset sjunker, från P_0 till P_1 . Samma effekt uppnås även då olika styrmedel för energieffektivisering införs; merkostnaden för koldioxidreducerande åtgärder sjunker och så gör även priset på utsläppsrätter. Detta teoretiska resultat bekräftas också av en rad empiriska studier (se t.ex. Rathmann, 2007). Det kompletterande styrmedel som här syftar till att stärka klimatpolitiken får i själva verket inga effekter på utsläppen; det för främst med sig ökade kostnader för utsläppsreduktion eftersom det snedvrider reduktionsåtagandena mellan länder.



Figur 2.2: Utsläppshandel och effekten av kompletterande klimatpolitiska styrmedel

Detta ska dock inte tolkas som att statliga subventioner överlag inte behövs i klimatpolitiken eller att styrmedel för t.ex. energieffektivisering inte är nödvändiga. Poängen så här långt är snarare att i egenskap av *utsläppsreducerande* policyinstrument är dessa mindre kostnadseffektiva än ett pris på koldioxid. I andra studier diskuteras t.ex. hur en innovationspolitik behövs för att komplettera skatter och utsläppshandel (se t.ex. Söderholm, 2012), inte sällan med hjälp av subventioner, och i avsnitt 2.5 beskrivs i vilka situationer olika styrmedel för energieffektivisering kan vara samhällsekonomiskt motiverade. I båda dessa fall syftar dock inte de kompletterande styrmedlen till att direkt åstadkomma utsläppsreduktioner utan snarare till att effektivisera de långsiktiga val som ekonomins aktörer gör. Om den kompletterande politiken på ett träffsäkert sätt kan hantera de relevanta innovations- och informationsrelaterade marknadsmisslyckandena, kan också framtida reduktionsmål nås till en lägre kostnad.

I Sverige har fjärrvärmesektorn påverkats av såväl EU ETS som koldioxidskatten, och som visas ovan är detta en form av dubbelstyrning som inte är kostnadseffektiv utifrån ett europeiskt perspektiv. Koldioxidbeskattningen av fossil kraftvärme togs dock bort helt 2013; hädanefter kommer endast fjärrvärmeverk som enbart producerar varmvatten att omfattas av både koldioxidskatt och EU ETS. Dessa kraftverk utgör dock en allt mindre andel av fjärrvärmeförsörjningen. Detta är en viktig förändring eftersom en mer likformig beskattning skapar förutsättningar för mer samhällsekonomiskt effektiva beslut (Konjunkturinstitutet, 2012). Inte minst är detta viktigt för fjärrvärmesektorn; fjärrvärmesektorn interagerar på ett nära sätt med andra sektorer (industrin, avfallssektorn etc.), och en differentierad beskattning skapar typiskt sett inga bra förutsättningar för effektiva samarbeten. Ett exempel är att den 1 januari 2011 togs koldioxidskatten för bränsle in i industrianläggningar som omfattas av EU ETS bort; vid den tidpunkten gällde dock inte skattelättnaden för fjärrvärmesektorn. Detta resulterade i svagare ekonomiska incitament till samarbetsprojekt mellan industriföretag och

fjärrvärmebolag (se t.ex. Jardfeldt m.fl., 2012). En differentierad beskattning snedvrider på detta sätt industrins val mellan externt och internt utnyttjande av t.ex. spillvärme. Samma kostnader för energi i alla sektorer av ekonomin ökar tendensen till att olika former av effektivisering och koldioxidreduktion bedöms lika i olika delar av samhället.

2.5 Styrmedel för energieffektivisering

Styrmedel för energieffektivisering utgör också en central fråga för fjärrvärmerna i Sverige, och det är viktigt att analysera hur sådana styrmedel bör utformas på ett samhällsekonomiskt effektivt sätt. Eftersom de flesta energiprodukter säljs och köps på ekonomiska marknader har de som använder energi normalt ett intresse av att hushålla med energin. Då exempelvis värmepriset stiger, ger detta ett incitament för värmeförbrukare att investera i energieffektiviserande åtgärder. Utifrån ett ekonomiskt perspektiv är därför styrmedel riktade mot energieffektivisering främst motiverade om denna ”marknadsdrivna” effektivisering på något sätt är samhällsekonomiskt ineffektiv (och för låg). En viktig uppgift för energipolitiken är att säkerställa att priserna på olika energibärare fullt ut reflekterar de samhällsekonomiska kostnaderna för energiproduktionen t.ex. genom att införa skatter på utsläpp etc. Detta är en aspekt på energieffektiviseringspolitiken som i all väsentlighet lyser med sin frånvaro i Energieffektiviseringsdirektivet. I stället betonas att ett ökat politiskt fokus på energieffektivisering leder till lägre energipriser för hushållen, och att det därför för med sig en rad önskvärda effekter såsom ökad sysselsättning och reducerad ”energifattigdom”. Detta resonemang tenderar dock att bortse från de alternativkostnader som energieffektiviseringspolitiken medför. Andra politiska mål – t.ex. försörjningstrygghet, inkomstfördelning etc. – kan dessutom nås med andra medel varav många kan vara effektivare än styrmedel för energieffektivisering per se.

Styrmedel för energieffektivisering är dock inte endast en fråga om korrekt prissättning. Sijm (2005) samt Goulder och Parry (2008) argumenterar för att det finns olika informationsmisslyckanden på energimarknaden som leder till underinvesteringar i energieffektiviserande åtgärder såvida dessa inte hanteras med hjälp av ändamålsenliga styrmedel. I detta avsnitt diskuterar vi två olika typer av informationsrelaterade marknadsmisslyckanden: (a) förekomsten av asymmetrisk information; samt (b) beteenderelaterade misslyckanden på grund av t.ex. begränsad rationalitet.

Informationen är asymmetriskt fördelad då en aktör har ett informationsövertag gentemot en annan. Sådana informationsövertag kan ge upphov till marknadsmisslyckanden på åtminstone två olika sätt, före respektive efter genomförandet av en ekonomisk transaktion. Den första situationen är relaterad till det faktum att en köpare av en produkt inte kan bedöma t.ex. dess energiförbrukande egenskaper förrän efter inköpet. Det kan dessutom vara svårt för säljaren att på ett effektivt sätt förmedla denna information. Akerlof (1970) visar att i en sådan situation kommer endast produkter med sämre kvalitet – i vårt fall sådana med relativt hög energiförbrukning – att bjudas ut på marknaden (ett s.k. ’negativt urval’). Köparna är

visserligen villiga att betala en positiv premie för produkter med låg energianvändning, men eftersom de inte enkelt kan observera vilka produkter som har dessa egenskaper kommer inte dessa preferenser att resultera i realiserade transaktioner på marknaden.⁶

Medan ovanstående situation beskriver en typ av ineffektivitet som uppstår innan ett kontrakt mellan två parter tecknats, beskriver det s.k. 'principal/agent'-problemet en situation där förekomsten av asymmetrisk information snedvrider beslut efter det att ett avtal ingåtts. Det existerar t.ex. ofta en rolluppdelning mellan den som ansvarar för energianvändningen och således också för energieffektiviseringsåtgärderna (t.ex. hyresvärden i ett hyreshus, the agent), och den som betalar energiräkningen (t.ex. hyresgästen, the principal). Även om hyresvärden har tillgång till bra information om möjliga energibesparingsåtgärder kommer dessa åtgärder endast att genomföras om denne kan tillgodogöra sig hela värdet av investeringen, och detta kräver att hyresvärden på ett trovärdigt sätt kan övertyga hyresgästerna om åtgärdens ekonomiska värde och på så sätt motivera en hyreshöjning. Principal-agent problem kan också existera inom ett företag (t.o.m. i ett hushåll); de ingenjörer som vet mest om vilka åtgärder som på ett billigt sätt skulle kunna reducera energianvändningen kan ha svårt att kommunicera detta till företagsledningen (Mansikkasalo, 2013). De företag som organiserar sin verksamhet på ett sätt som underlättar identifieringen av lönsamma energieffektiviseringsåtgärder kommer att kunna reducera sina energikostnader mer än de företag där betydande informationsproblem kvarstår.

Denna typ av situation kan dessutom förstärkas av förekomsten av s.k. delade incitament ('split incentives'). Hyresgästerna kan vara ovilliga att genomföra energieffektiviserande åtgärder om det finns en hög sannolikhet att de vill flytta ut innan de löpande energibesparingarna har betalat tillbaka den initiala investeringen. På samma sätt kan en fastighetsutvecklare (the agent) som uppför ett nytt bostadshus för försäljning antas minimera investeringskostnaden på bekostnad av byggnadens energieffektivitet, eftersom det är svårt att övertyga husköparen (the principal) om att den högre initiala kostnaden lönar sig i längden. Inom ett företag kanske det inte heller finns tillräckliga belöningssystem, som uppmuntrar de anställda att identifiera energieffektiviserande åtgärder.

Diskussionen ovan om informationsmisslyckanden bygger på ett underliggande antagande att hushåll och företag är fullt ut rationella i sitt beslutsfattande. Den vetenskapliga litteraturen (inom t.ex. kognitiv psykologi och beteendekonomi) visar dock på förekomsten av olika former av systematiska snedvridningar i individers beslutsfattande, som med andra ord innebär avvikelser från perfekt rationalitet. Dessa inkluderar bl.a. begränsad rationalitet, som beskriver en situation där t.ex. hushållen visserligen är rationella beslutsfattare, men begränsas av sin kognitiva förmåga att hantera information kring ett investeringsalternativ. Detta innebär t.ex. att företag och hushåll tillämpar olika tumregler i sitt beslutsfattande snarare än att fullt ut bedöma

⁶ Denna typ av problem kan även förekomma på t.ex. marknaden för privathus. Ägarna är inte villiga att investera i energieffektiviserande utrustning då dessa investeringar har en lång livslängd (t.ex. isolering) och det kan vara svårt för framtida köpare att observera och bedöma denna egenskap hos bostaden (Sorrell m.fl., 2004).

konsekvenserna av alla beslutsalternativ. Heuristiskt beslutsfattande beskriver t.ex. en situation där aktörerna frångår perfekt rationalitet för att minska den kognitiva bördan av beslutsfattande genom att stegvis utesluta vissa alternativ och t.ex. endast välja mellan produkter i en viss prisklass. Att kognitiva begränsningar påverkar beslut kring investeringar i energiteknologier har visats i ett antal empiriska studier (Gillingham m.fl., 2009).

Ovan nämnda informations- och beteendemisslyckanden omnämns på olika ställen i det underlag till nytt energieffektiviseringsdirektiv som Kommissionen presenterade år 2011 (se t.ex. Europeiska Kommissionen, 2011a, s. 28), men överlag finns en ganska svag koppling till dessa misslyckanden i de flesta av de förslag till politiska styrmedel som lyfts fram. Resonemanget i detta avsnitt visar att det finns en betydande skillnad mellan ökad energieffektivisering å den ena sidan och en mer effektiv användning av energi å den andra; i det förstnämnda fallet ligger det närmare till hands att fastställa politiska mål för energibesparingar medan den sistnämnda ansatsen snarare indikerar att energianvändningen inte ska snedvridas men samtidigt bör vara endogen bestämd. Vår analys av styrmedel för industriell spillvärme adresserar förekomsten av beteende- och informationsmisslyckanden, och argumenterar för att mycket finns att vinna på aktiva informationsinsatser (krav på kartläggning, utvärdering etc.) men att det finns lite som talar för att mer direkta styrmedel (t.ex. investeringssubventioner, tredjepartstillträde etc.) eller på förhand givna mål ska behövas på detta område.

En nackdel med att sätta upp mål för energianvändningen såsom EU gör är att dessa mål löper en stor risk att bygga på en felaktig bedömning om vilken ambitionsnivå som är rimlig (såväl ekonomiskt som miljömässigt). Det uppstår lätt målkonflikter; genom att övertyga hushållen om att de ska köpa nya vitvaror mer frekvent kan vi öka energieffektiviteten men detta sker i så fall på bekostnad av en ökad materialomsättning och (möjligen) ökade nettoutsläpp av olika miljöfarliga ämnen. Detta kan bli speciellt aktuellt i ett land som Sverige där vi har en ganska lång historia av olika styrmedel för energieffektivisering (t.ex. investeringsstöd, byggnormer, frivilliga avtal, rådgivning, energideklarationer etc.). Visserligen kan en ökad ambitionsnivå leda till ytterligare energieffektiviseringar men inom vissa sektorer (t.ex. energintensiv industri) men det är osäkert hur stor potential det finns för billiga åtgärder, och dessa åtgärder kan dessutom ibland endast genomföras på bekostnad av andra miljömål.

Överlag ger analysen i detta avsnitt i första hand stöd för införandet av informativa styrmedel, såsom märkningar och informationskampanjer som komplement till de incitament som marknadspriserna redan tillhandahåller. De viktigaste policylärdomarna är därför att så långt som möjligt utnyttja (och effektivisera) marknadens pris-signaler i kombination med olika informativa styrmedel som ger det stöd som aktörerna behöver för att ta rationella beslut. Det är samtidigt viktigt hur denna information utformas, samt hur den förmedlas. Tidigare forskning visar bl.a. att vem som tillhandahåller informationen kan ha en avgörande betydelse för hur trovärdig den uppfattas samt i vilken omfattning den leder till förändrat beteende (se t.ex. Sorrell m.fl., 2004). Information från bekanta och vänner har i regel störst betydelse

(se t.ex. Stern, 1984), medan den information som förmedlas av t.ex. olika myndigheter i regel är mest effektiv då den görs så individanpassad som möjligt. I de fall där människor agerar utifrån tumregler, vanor etc. kan det också vara effektivt för myndigheterna att reglera omständigheterna kring beslutet. Det kan t.ex. göras genom att det ”önskvärda” valet är default-alternativet. Hoel och Greaker (2009) nämner t.ex. en isoleringsstandard för nybyggen som bostadsbolagen aktivt måste ansöka om undantag från.

Betydelsen av olika typer av informationsmisslyckanden kommer med stor sannolikhet att variera mellan sektorer etc. Sorrell och Sijm (2003) argumenterar för att information som styrmedel är mest relevant för hushåll och mindre företag där kanske kunskapen är som lägst om möjliga åtgärder på energieffektiviseringsområdet och dess ekonomiska konsekvenser. Detta utesluter dock inte att även större företag kan ha problem av principal-agent natur, vilket kan motivera t.ex. krav på införande av energiledningssystem och/eller frivilliga avtal av den typ som PFE⁷ representerar (Gabel och Sinclair-Desgagné, 1998).

Analysen ger dock magert stöd för införandet av en del andra styrmedel, såsom t.ex. de byggregler som Boverket infört för nybyggda hus. Boverket mäter energieffektivisering utifrån den mängd energi som köps till fastigheten, utan hänsyn till hur den producerats eller hur energieffektiv själva byggnaden är. Detta resulterar i ett för trubbigt styrmedel, som tenderar att snedvrider teknikvalen till fördel för vissa energibärare; det enklaste sättet att leva upp till reglerna är att sätta in eldrivna värmepumpar. Även om värmepumpar också tillvaratar energi som annars inte skulle använts finns det lite som (ex ante) talar för att detta förutsättningslöst bör prioriteras som den mest resurseffektiva lösningen, t.ex. eftersom det bortser från fjärrvärmens utnyttjande av avfall och restvärme. Byggreglerna gynnar också individuella lösningar framför kollektiva. Exempelvis gynnas installerandet av en egen värmepump inuti byggnaden (eftersom detta reducerar mängden inköpt energi). Men om en husägare delar värmepumpen med sin granne kan detta inte räknas som energieffektivisering på grund av att en sådan lösning inte minskar mängden köpt energi. Återigen blir styrmedlet icke-flexibelt och snedvrider valet mellan olika alternativ på oklara grunder. På motsvarande sätt kan investerings- och konverteringsstöd till utvalda tekniker leda till en kostnadsineffektiv klimat- och energipolitik (se också avsnitt 4.4.2).

2.6 Avslutande kommentarer

Debatten präglas inte sällan av ett teknokratiskt synsätt på de klimatpolitiska utmaningarna. Enligt detta synsätt består samhällets uppgift består enkelt uttryckt i att först bestämma vad som ska göras, dvs. vilka tekniker som ska in samt i vilka sektorer, vilka regler som ska ändras etc., och sedan se till att detta blir gjort. Samhället ska

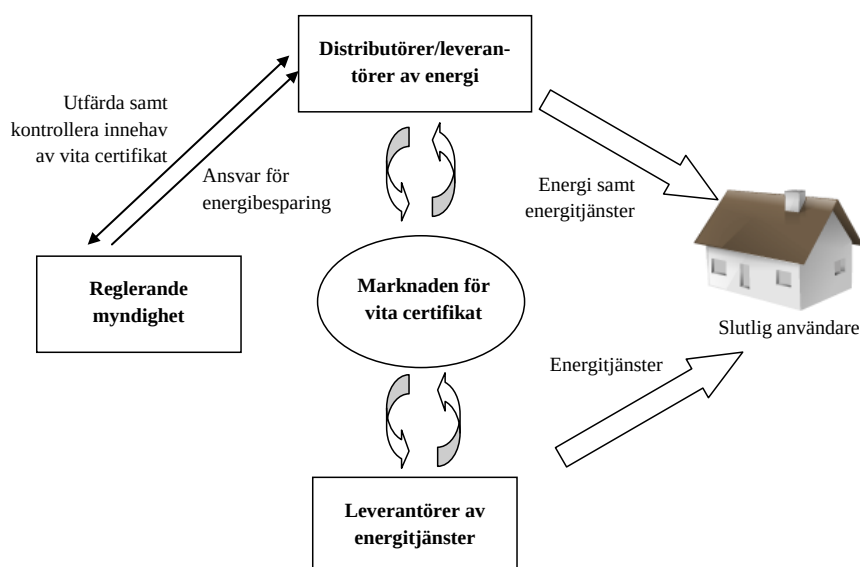
⁷ Programmet för energieffektivisering (PFE) riktar sig till svenska energiintensiva industriföretag. Det ska bidra till att öka energieffektiviteten i företagen, och skapar möjlighet för företag att få skattebefrielse på el som används i tillverkningsprocesser. Förutsättningen är att de deltagande företagen arbetar strukturerat med energifrågor och genomför effektiviserande åtgärder

med andra ord optimeras genom kända tekniska lösningar, och hur styrmedlen sedan är utformade är närmast en bisak. Problemet med denna syn är att den bortser från (eller åtminstone grovt underskattar) det faktum att de globala utsläppen av växthusgaser är resultatet av miljarder små och stora beslut som tas varje dag världen över. Det finns i gengäld en uppsjö av konkreta åtgärder som kan bidra till lägre utsläpp, allt från radikala teknikförändringar till små beteendeförändringar på individnivå. Men dessa kommer inte att realiseras såvida inte politiken tillhandahåller tydliga incitament för att genomföra dessa åtgärder. Det finns gott om exempel på åtgärder som vi vet att vi borde göra men som trots det inte blir gjorda, och en klimatpolitik som inte klarar av att adressera det grundläggande incitamentsproblemet riskerar att åstadkomma litet. En prisbaserad klimatpolitik och energieffektiviseringspolitik motiveras av att den ger hushållen och företagen en flexibilitet att själva välja de åtgärder som ger så stora reduktioner som möjligt till så låg kostnad som möjligt. Denna politik behöver dock kompletteras med information för att underlätta för energibolag och förbrukare att göra effektiva val.

3 FALL 1: KVOTPLIKT FÖR ENERGIEFFEKTIVISERING

3.1 Introduktion

En viktig komponent i EU:s Energieffektiviseringsdirektiv (artikel 7) är att alla medlemsländer ska inrätta ett kvotpliktsystem för energieffektivitet (Europeiska Kommissionen, 2012). Systemet ska säkerställa att antingen alla energidistributörer eller alla företag som säljer energi i detaljistledet ska uppnå årliga energibesparingar motsvarande 1,5 procent av sin försäljning fram till år 2020. Den energi som säljs och används i transporter får helt eller delvis undantas. För Sveriges del skulle detta innebära en årlig energieffektivisering motsvarande drygt 3 TWh (Energimyndigheten, 2012). Enligt direktivet kan energibesparingarna uttryckas i antingen slutanvänd energi eller primärenergi, givet att på förhand specificerade viktningsfaktorer utnyttjas. En central fråga vid införandet av ett kvotpliktsystem är huruvida kvotplikten ska läggas på leverantörerna eller distributörerna, och i Energimyndigheten (2012) diskuteras några fördelar och nackdelar med respektive alternativ. Energibesparingarna ska uppnås av de förpliktade parterna bland slutförbrukarna. Denna typ av styrmedel kan ibland benämnas vita certifikat, och finns redan i ett antal länder (Storbritannien, Italien, Frankrike etc.) (se t.ex. Mundaca och Neij, 2009). Principen för vita certifikat illustreras schematiskt i Figur 3.1, och beskrivs i mer detalj nedan.



Figur 3.1: Principerna för en marknad för vita certifikat.
Källa: Baserad på Oikonomou m.fl. (2007)

Kvotpliktsystemet innebär att myndigheterna beslutar om att t.ex. återförsäljarna av energi ges ett energieffektiviseringsansvar. De kan då välja att genomföra energieffektiviseringsåtgärder för att uppfylla detta ansvar eller köpa s.k. vita certifikat (Oikonomou m.fl., 2007). Valet mellan dessa alternativ beror på marginalkostnaderna för dessa åtgärder kontra priset på vita certifikat. Vita certifikat genereras då energibesparingar realiserats och certifieras (ofta baserat på standardiserade beräkningar för att hålla nere de administrativa kostnaderna), och deklarerar för myndigheterna att ansvaret är uppfyllt. Möjligheterna att handla med vita certifikat gör att ett givet energieffektiviseringsmål kan nås till en lägre kostnad eftersom de återförsäljare som har höga marginalkostnader för energieffektiviseringsåtgärder i stället kan köpa certifikat från de aktörer som har lägre kostnader. Dessa aktörer kan vara andra återförsäljare men även leverantörer av olika energitjänster som inte bär något eget energieffektiviseringsansvar. Det övergripande energibesparingsmålet kan uttryckas i absoluta (t.ex. kWh) eller relativa termer (procentuell reduktion) varav det sistnämnda är vanligast i de system som finns i bruk idag.

Det bör samtidigt betonas att i Energieffektiviseringsdirektivet är inslaget av handel med certifikat nedtonat utan diskussionen rör främst förekomsten av individuella kvotplikter för enskilda återförsäljare. I de länder som idag har system för vita certifikat sker en ganska begränsad handel med certifikat mellan olika kvotpliktiga aktörer (Energimyndigheten, 2012). Detta begränsar flexibiliteten i systemet, och innebär att det är svårt för myndigheterna att ex ante fördela energieffektiviseringsansvaret på ett kostnadseffektivt sätt. Detta kan motiveras av att de administrativa kostnaderna för att upprätta ett sådant handelssystem inte bedöms vara tillräckligt låga. Den analys av vita certifikat som görs i detta kapitel är dock fortfarande central för att förstå även effekterna av ett mindre flexibelt kvotpliktssystem.

Energieffektiviseringsdirektivet erbjuder en utväg för de länder som själv vill identifiera styrmedel som leder till en årlig energibesparing på 1,5 procent. Som ett alternativ till att inrätta ett kvotpliktsystem för energieffektivitet får medlemsstaterna välja att vidta andra policyåtgärder för att uppnå energibesparingar hos slutanvändarna, förutsatt att sådana styrmedel (t.ex. energi- och koldioxidskatter, normer, frivilliga avtal etc.) uppfyller de kriterier som anges i direktivet. Energimyndigheten har föreslagit att Sverige bör utnyttja denna möjlighet, och har därför utrett hur artikel 7 i direktivet kan genomföras i Sverige (Energimyndigheten, 2013a). En viktig slutsats från Energimyndighetens analys är att befintliga styrmedel täcker upp för halva betinget, och att nya eller stärkta styrmedel därför är nödvändiga för att leva upp till målet i direktivet. I rapporten argumenterar Energimyndigheten för att resterande del av betinget i först hand bör utgå från existerande styrmedel eftersom det bedöms vara mest kostnadseffektivt.

I detta kapitel analyseras först några viktiga effekter på marknaden för energieffektiviseringsåtgärder vid införandet av ett system med vita certifikat (avsnitt 3.2). Vi använder en enkel ekonomisk-teoretisk modell för att belysa några viktiga effekter och utmaningar. Denna modell kan också användas för att belysa viktiga trade-offs. I avsnitt 3.3 används samma modell för att mer explicit analysera den samhälls-ekonomiska effektiviteten för ett system med vita certifikat. Vår analys ger stöd åt

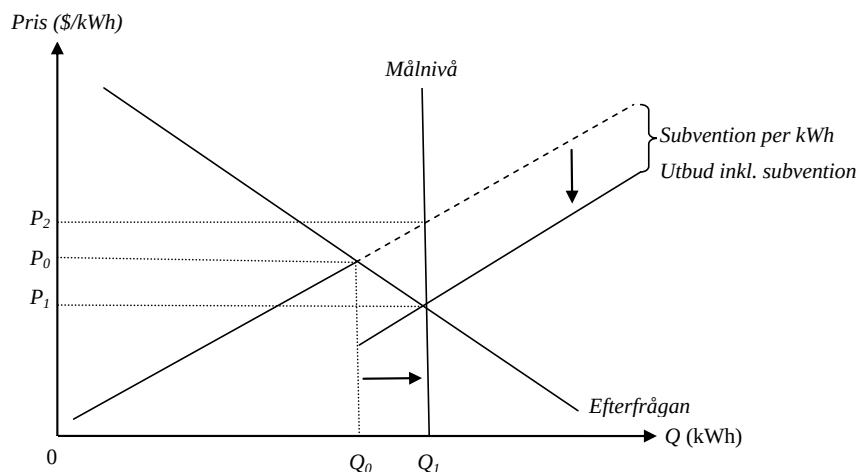
Energimyndighetens bedömning att Sverige bör prioritera andra styrmedel än ett kvotpliktssystem i sin strävan att uppfylla Energieffektiviseringsdirektivets mål. Systemet är överlag svårt att argumentera för på samhällsekonomiska grunder.

3.2 Effekterna av vita certifikat på marknaden för energieffektiviseringsåtgärder

I detta avsnitt presenterar vi en enkel partiell jämviktsmodell av effekterna av ett system med vita certifikat. Analysen bygger på – och utvecklar – den modell som presenteras i Sorrell m.fl. (2009). Vi utgår från en nationell marknad som fungerar under antagande om perfekt konkurrens, och antar att de kvotpliktiga aktörerna (t.ex. återförsäljare av el) bär ansvaret för att deras kunder (som kollektiv) åstadkommer en given energibesparing. Detta sker genom att återförsäljarna kompenserar de kunder som genomför energieffektiviseringsåtgärder; kostnaden för dessa ”subventioner” finansieras genom ökade energipriser för alla kunder (Energimyndigheten, 2012).

Vi antar vidare att det finns en marknad för energieffektiviseringsåtgärder (EEÅ), och principerna för en sådan illustreras i Figur 3.2. Här mäts energibesparingar i termer av kWh per år som sparas relativt den energianvändning som behövs för att möta samma behov med en mindre energieffektiv teknik och/eller produkt. Efterfrågekurvan på denna marknad representerar den marginella betalningsviljan för EEÅ. Det bör betonas att i praktiken är efterfrågan på EEÅ komplex. Hushåll och företag efterfrågar sällan energieffektiviseringsåtgärder explicit utan efterfrågan på sådana åtgärder är typiskt sett en härledd efterfrågan utifrån efterfrågan på olika tjänster (t.ex. belysning, uppvärmning, kyla). I praktiken köper med andra ord kunderna produkter (t.ex. kylskåp) som har multipla attribut varav energianvändningen endast är ett. I andra sammanhang kan dock kunder också mer direkt efterfråga energieffektivisering per se, t.ex. vid investeringar i en ny värmepanna eller isolering.

Utbudskurvan i Figur 3.2 representerar marginalkostnaden för att tillhandahålla EEÅ, och dessa kostnader utgörs av nuvärdet av investerings-, drift- och underhållskostnader för en extra enhet energi som sparas. I fallet med investeringar där energieffektivisering endast utgör ett av flera attribut, t.ex. kylskåp, utgör den relevanta kostnaden den extra kostnad som valet av ett energieffektivt alternativ för med sig. I frånvaro av ett system för vita certifikat kommer priset på marknaden för EEÅ att vara P_0 och till detta pris efterfrågas Q_0 enheter EEÅ.



Figur 3.2: Effekterna av ett system för vita certifikat på marknaden för energieffektiviseringsåtgärder

I vår enkla modell innebär införandet av vita certifikat att ett mål om en given energibesparing införs; i Figur 3.2 motsvaras det av nivån Q_1 (där $Q_1 > Q_0$). Detta mål ställer med andra ord krav på genomförandet av ytterligare EEÅ, som leder till en given besparing utifrån en väl definierad baselinebedömning av energianvändningen. Dessa energibesparingar ska således vara additionella, dvs. de ska inte bedömas vara lönsamma i frånvaro av systemet med vita certifikat. För att åstadkomma den stipulerade ökningen i EEÅ (från Q_0 till Q_1) ges en subvention till de kunder som genomför (additionella) EEÅ; resultatet blir en ”bruten” utbudskurva där endast de EEÅ som ligger ovanför Q_0 subventioneras.⁸ Varje (additionell) EEÅ genererar ett vitt certifikat och detta kan användas av energiåterförsäljarna för att leva upp till sitt ansvar för att nå det övergripande målet Q_1 ; på detta sätt etableras en marknad för certifikaten. Priset på certifikaten är med andra ord endogent bestämt, och påverkas bl.a. av målnivån, den nuvarande konsumtionen av EEÅ, samt egenpriselastiteterna för utbud och efterfrågan på marknaden för EEÅ.

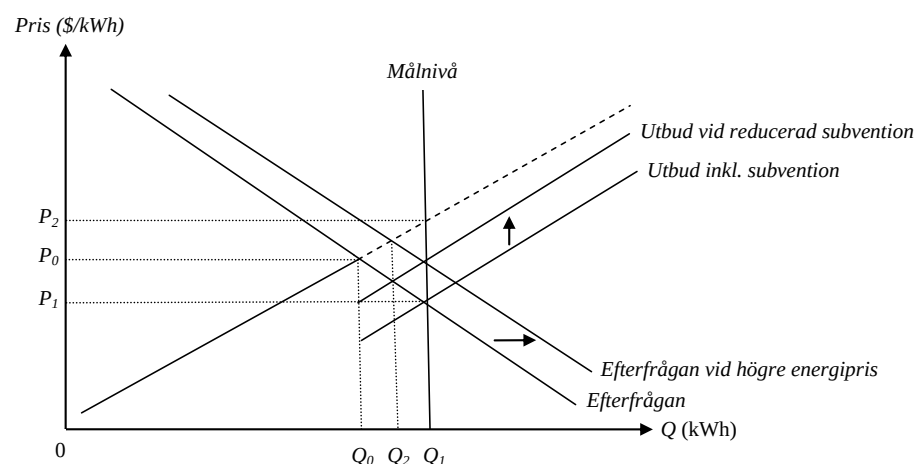
De återförsäljare som finner det svårt att identifiera billiga EEÅ kan i stället köpa certifikat från andra aktörer (inklusive tredjepartsaktörer såsom leverantörer av olika energitjänster). Detta innebär att de aktörer som genomför EEÅ får en extra intäkt samtidigt som konkurrensen mellan olika aktörer innebär att målet kan nås till lägsta kostnad (se dock nedan). Det pris som producenterna av EEÅ får stiger till P_2 medan konsumenterna av EEÅ möter priset P_1 . Priset på de vita certifikaten kommer att bestämmas av storleken på subventionen till EEÅ per kWh.

En viktig fördel med vita certifikat som ofta framhålls är att dessa möjliggör en kostnadseffektiv uppfyllelse av ett på förhand bestämt energieffektiviseringsmål.

⁸ Det kan noteras att såväl pris och omsatt kvantitet som subventionens effekter är oberoende av vem subventionen tillfaller (köparna eller säljarna) (se t.ex. Axelsson m.fl., 1998). Om vi i stället antar att endast kunderna får subventionen får vi ett skift utåt av efterfrågekurvan i Figur 3.1 men effekterna på pris och kvantitet förblir desamma.

Anledningen är – såsom antyds ovan – att de aktörer (återförsäljare) som har relativt dyra EEÅ kan köpa certifikat från de aktörer som valt att genomföra billigare EEÅ. I denna mening erbjuder systemet en flexibilitet på samma sätt som utsläppshandel eller handel med elcertifikat. Såsom påpekas ovan är dock detta en egenskap som inte betonas i Energieffektiviseringsdirektivet (Europeiska Kommissionen, 2012). Oavsett detta kan samtidigt kostnadseffektiviteten i ett system med vita certifikat ifrågasättas av ett antal skäl. Ett första skäl är att det är mycket svårt för myndigheterna att i praktiken bestämma vilka EEÅ som är genuint additionella; i Figur 3.2 antas implicit att myndigheterna kan bedöma detta på ett perfekt sätt (och således endast stödja de EEÅ som inte redan är ekonomiskt lönsamma).

Additionalitetsproblematiken illustreras i mer detalj i Figur 3.3. Efterfrågan på EEÅ kommer att vara beroende av nivån på energipriserna. Om priset på energi stiger blir det lönsamt för hushåll och företag att genomföra dyrare EEÅ. I Figur 3.3 visas detta genom att efterfrågekurvan på EEÅ-marknaden skiftar åt höger. Detta innebär i sin tur att den stycksubvention (det pris på vita certifikat) som krävs för att nå målnivån Q_1 reduceras, dvs. utbudskurvan skiftar uppåt till den nivå som innebär att den efterfrågade kvantiteten EEÅ når Q_1 . I frånvaro av subventionen skulle den efterfrågade kvantiteten EEÅ vara Q_2 , och energiprishöjningen leder då till att en rad subventions-berättigade åtgärder motsvarande kvantiteten $Q_2 - Q_0$ nu är lönsamma även i frånvaro av denna subvention. Detta försämrar styrmedlets kostnadseffektivitet.



Figur 3.3: Effekterna på marknaden för energieffektiviseringsåtgärder då energipriserna stiger

Om priset på energi i stället skulle sjunka (och efterfrågekurvan skifta åt vänster) kommer ett antal additionella åtgärder som behövs för att nå målnivån på ett kostnadseffektivt sätt att inte bli lönsamma. I stället kommer den subventionsnivå (det

pris på vita certifikat) som tillfaller mindre lönsamma åtgärder att öka upp till den nivå som krävs för att målnivån Q_I ska uppnås. Problemen med att särskilja icke-additionella från additionella åtgärder försvåras givetvis av att det (utöver energipriset) finns en rad andra faktorer som kan påverka marknaden för EEÅ, och dessa förändras i sin tur ständigt över tid. Detta är naturligtvis ett problem som inte är unikt för just vita certifikat utan något som komplicerar införandet av alla typer av subventioner.

Så här långt har vi antagit att alla *additionella* EEÅ är certifikatberättigade oavsett typ, teknisk lösning etc. Ett sätt för myndigheterna att hantera additionalitetsproblemet är att endast ge stöd till specifika (utpekade) åtgärder som med relativt stor säkerhet kan bedömas vara additionella. I Danmark har t.ex. Teknologisk Institut tagit fram en detaljerad lista på åtgärder som främst räknar upp olika typer av apparatur, samt andra tekniska lösningar (Energimyndigheten, 2012). Det ursprungliga förslaget till energi-effektiviseringsdirektiv pekar lite i denna riktning utan att det uttalas explicit (se t.ex. Bilaga V i Europeiska Kommissionen, 2011a).⁹ Ett problem med denna ansats är dock att ”garanterat additionella” åtgärder typiskt sett är synonymt med relativt dyra åtgärder. På samma sätt som i fallet med en energiprissänkning – vars effekter diskuteras ovan – finns det en risk att ett antal billiga additionella åtgärder inte genomförs. På den danska listan finns t.ex. inte vissa åtgärder såsom lågenergilampor med. Detta hämmar också styrmedlets kostnadseffektivitet.

Denna slutsats förstärks av att schablonvärden används för att mäta nivån på energi-besparingen, dvs. att en given EEÅ förknippas med en på förhand definierad nivå (t.ex. åtgärden x antas alltid ge en besparing på y kWh). Detta kan dock vara svårt att motivera i praktiken eftersom nivån på flertalet energibesparingar blir starkt kontext-specifika. Att byta fönster i en byggnad ger t.ex. mest troligt olika effekt beroende på husets energiprestanda i övrigt, och även i industrin kan användandet av olika processer göra det svårt att använda enkla schabloner. Det finns också en stor risk att dessa schablonvärden kommer att skilja sig åt mellan länder. Energi-myndigheten (2012) påpekar att redan i dagens europeiska system finns betydande skillnader i beräkningsmetoderna; en identisk besparing kan t.ex. resultera i en tiofaldig skillnad mellan Danmark och Storbritannien. Detta beror framförallt på att länderna räknar olika på hur länge effekten av åtgärderna varar.

3.3 Systemets samhällsekonomiska effektivitet

Vi har så här långt endast diskuterat konsekvenserna av att införa ett energieffektiviseringsansvar (energy efficiency obligation), i vårt fall på återförsäljarna av energi, men inte vad som kan motivera detta ansvar och det mål (den kvotplikt) som följer med ansvaret. Utifrån vårt tidigare teoretiska resonemang (se kapitel 2) skulle det kunna finnas två samhällsekonomiska skäl till denna ökade ambitionsnivå i

⁹ I ett Annex till konsekvensbedömningen uttrycks dock detta mer explicit: "the realm of eligible savings will probably need to be limited to avoid "cherry picking" in the first phase of a saving obligation system, that is the achievement of the quota through low cost but largely ineffective measures like distributing energy saving light bulbs [...]" (Europeiska Kommissionen, 2011c, s. 34).

att ett kvotpliktssystem endast bygger på väl identifierade EEÅ medan rena beteendeförändringar (t.ex. tvätta mer effektivt, sänka värmen etc.) normalt inte är certifikatberättigade åtgärder (Giraudet m.fl., 2012). Den mest effektiva styrningen är i stället att så träffsäkert som möjligt internalisera de relevanta informations- och beteendemisslyckandena snarare än att peka ut specifika åtgärder som kvotpliktsberättigade. Här kan informationsinsatser och krav på produktdesign t.ex. spela en viktig roll.

Det *andra* problemet är att den subvention av EEÅ som ett system vita certifikat inne-bär också för med sig en prissänkning på EEÅ och i slutändan energi (Sorrell m.fl., 2009). Det lägre priset på EEÅ (P_1) stimulerar visserligen till en substitution bort från energiintensiva produkter till mindre energiintensiva produkter men det leder också till en högre konsumtion av EEÅ totalt sett. Detta är inte nödvändigtvis bra ur miljö-synpunkt eftersom kapitalomsättningen i t.ex. hushållen kan öka; i stället för att t.ex. köpa nytt kylskåp var tionde år köper hushållen i stället ett nytt var femte år (eftersom nya kylskåp typiskt sett är mer energieffektiva än äldre). Detta ökar materialomsättningen. Prissänkningen ger upphov till en s.k. rekyleffekt, t.ex. en ökad konsumtion av andra – mer eller mindre energiintensiva – varor. Detta gör att subventionen till EEÅ måste öka för att kompensera för denna effekt. Således innebär kvotplikts-systemet att vi får en positiv substitutionseffekt men en icke-önskvärd outputeffekt; visserligen kommer t.ex. hushållen att investera mer i EEÅ men å andra sidan riskerar vi att få en för stor total konsumtion av såväl EEÅ som energi.¹⁰

Det mest grundläggande problemet med att använda vita certifikat som ett styrmedel för att åstadkomma en mer effektiv energianvändning är svårigheterna att ex ante fastställa en ekonomiskt effektiv nivå på EEÅ samt energianvändningen. Utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv är den politiska styrningens viktigaste roll att ge hushåll och företag incitament att göra effektiva val, men utfallet på marknaden bör förbli endogen och inte exogen bestämt av myndigheterna. Valet mellan att spara och använda energi innehåller komplexa trade-offs, och utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv är det troligtvis inte rimligt med en policyansats som utgår från att en energianvändning över en viss nivå inte är önskvärd.¹¹

Detta innebär således att Energieffektiviseringsdirektivets fastställande av ett bind-ande mål för energieffektiviseringen kan kritiseras utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv. Det kan även fördyra genomförandet av klimatpolitiken (Broberg m.fl., 2010). När det gäller förnybar energi har Kommissionen genom åren gett betydligt större flexibilitet åt medlemsstaterna att själva identifiera lämpliga åtgärder. Detta har gett upphov till en rik flora av olika former av styrning inom EU, vilket i sin tur genererat viktiga lärdomar om olika stödsystem (t.ex. elcertifikatsystem kontra inmatningstariffer). Det är oklart varför Kommissionen inte vill följa en liknande

¹⁰ Ett motiv till att subventionera ny energieffektiv teknik kan vara innovationsrelaterad. Om introduktionen av den nya tekniken t.ex. för med sig betydande läreffekter som sedan spiller över på andra aktörer; om så är fallet är introduktionen förknippad med positiva externa effekter (s.k. kunskapsläckage) (Söderholm, 2012). I dessa fall bör dock politiken differentieras tydligare och endast rikta in sig på den teknik som är icke-kommersiell men där det bedöms finnas en betydande potential för gynnsam teknisk utveckling.

¹¹ Brennan och Palmer (2012) noterar t.ex. att ett absolut energibesparingsmål för el innebär att introduktionen av elbilar kan försvåras.

linje i fallet med energieffektivisering, inte minst eftersom erfarenheterna av kvotplikts-system för energieffektivisering så här långt är ganska begränsade.

3.3.2 Energieffektivisering som en second-best åtgärd för att nå ett eller flera andra mål

I förslaget till ett nytt energieffektiviseringsdirektiv kommenteras visserligen olika typer av informationsmisslyckanden på energieffektiviseringsområdet, såsom asymmetrisk information och problem av principal-agent natur. Men såsom påpekats ovan är den mest rimliga tolkningen av EU:s mål för energieffektivisering att detta ska ses som ett medel för att uppnå en kombination av andra mer grundläggande mål. Dessa inkluderar klimatmål, andra miljömål, försörjningstrygghet, sysselsättning, konkurrenskraft etc. I kapitel 2 kommenterade vi kort hur väl styrmedel för energieffektivisering generellt sett kan bidra till att uppfylla dessa mål. Vi noterade där att ofta finns andra styrmedel som på ett mer träffsäkert sätt kan styra mot vart och ett av dessa mål. I detta avsnitt diskuterar vi i stället kort hur ändamålsenligt ett system med vita certifikat är för att åstadkomma en viss energieffektivisering i jämförelse med andra styrmedel, t.ex. energiskatter.

Den kanske viktigaste frågan här är i vilka situationer det är önskvärt med ett givet kvantitetsbaserat styrmedel såsom vita certifikat jämfört med prisbaserade styrmedel såsom skatter och/eller subventioner. Om marginalkostnaderna för att uppnå det på förhand bestämda målet är fullt ut kända spelar valet mellan ett kvantitetsbaserat och prisbaserat styrmedel ingen roll; nivåerna på respektive styrmedel kan lätt bestämmas för att det givna målet ska nås. Analysen i Weitzman (1974) indikerar dock att om marginalkostnaderna är osäkra finns viktiga skillnader i samhällsekonomisk effektivitet mellan dessa två kategorier av styrmedel. Lite förenklat kan sägas att om den marginella skadan av att inte uppfylla målet är väldigt hög är kvantitetsbaserade styrmedel att föredra eftersom de säkerställer måluppfyllelse även om kostnaderna för att nå målet är relativt sett höga (se även Brennan och Palmer, 2012). Detta innebär t.ex. att vita certifikat kan utgöra ett ändamålsenligt styrmedel för att t.ex. öka försörjningstryggheten om den energibesparing som kvotplikten implicerar ej nås och detta i sin tur för med sig en väsentligt ökad marginalkostnad för försämrade försörjningstrygghet. Det är dock svårt att se vilka skäl som skulle kunna tala för att så är fallet. Det rimliga är att den marginella ”skadan” av inte spara energi är relativt konstant oavsett nivån på energianvändningen. Detta talar i stället för prisbaserade styrmedel, och inte minst energiskatter, som också ger incitament till såväl en substitutions- som en outputeffekt.¹²

¹² Det bör betonas att resonemanget ovan handlar inte om valet mellan att styra via prissignalen eller inte styra via prissignalen utan om myndigheterna inom ramen för ett marknadsbaserat styrmedel ska fixera den totala kvantiteten energibesparingar och låta priset på certifikat bestämmas endogent eller om de i stället ska fixera nivån på subventionen och sedan låta utfallet i termer av total energibesparing förbli endogent bestämt. Weitzmans (1974) teoretiska poäng är att valet mellan dessa två alternativ beror på hur stor (marginell) skada som uppstår om målet inte nås relativt hur svårt det är att bedöma effekterna på beteendet av ett på förhand bestämt pris.

En viktig fördel med vita certifikat är dock att systemet är frikopplat från statsbudgeten (förutom de kostnader myndigheterna har för att administrera systemet), vilket kan erbjuda en större stabilitet över tiden eftersom det blir mindre känsligt för politiska nyckar. Om staten i stället subventionerar energieffektiv teknik via statsbudgeten kommer dessa medel att varje år konkurrera om utrymme under utgiftstaket med andra budgetposter (vilka med kort varsel kan ges prioritet). Även energiskatter kan vara känsligare för politiska förändringar än ett system som lyfts ut ur statsbudgeten. Ett kvotpliktsystem skulle därför kunna bidra med stabila förutsättningar för framväxten av en större marknad för energitjänster. Energimyndigheten (2012) ifrågasätter dock om kvotpliktsystemet i Danmark bidragit till att en marknad för utpräglade energitjänsteföretag uppstått. Det finns dessutom inga principiella hinder mot att subventionera EEÅ med hjälp av en premie på elpriset (såsom idag sker med inmatningstariffer för förnybar el i ett flertal länder).

4 FALL 2: STYRMEDEL FÖR INDUSTRIELL SPILLVÄRME

4.1 Introduktion

Möjligheten att tillvarata industriell spillvärme i fjärrvärmenäten bedöms av många som resurseffektivt då det kan spara primärenergi samt bidra till minskade utsläpp av koldioxid och svaveloxid beroende på förekomsten av alternativa produktionsslag (se t.ex. Grönkvist och Sandberg, 2006). 2010 utgjorde industriell spillvärme ca 6 procent av den totala mängden tillförd energi i fjärrvärmesektorn. I dagsläget finns omkring sjuttio spillvärmesamarbeten mellan industrier och fjärrvärmebolag i Sverige (SOU 2011:44).

TPA-utredningen om tredjepartstillträde till fjärrvärmenäten (SOU 2011:44) bedömer samtidigt att det finns en potential att utnyttja mer industriell spillvärme än vad som görs idag. Detta väcker frågan om det finns samhällsekonomiska skäl till att införa styrmedel som ger incitament till ett ökat utnyttjande av industriell spillvärme. En viktig förutsättning för detta är att det finns marknads- eller beteendemisslyckanden som innebär att samhällsekonomiskt lönsamma energisamverkansprojekt inte realiserar, och/eller att det finns existerande styrmedel som på motsvarande sätt leder till en ineffektiv resursallokering.

I detta kapitel sammanfattar vi resultaten från tidigare studier om olika faktorer och förhållanden som kan hindra (och har hindrat) etablerandet av framgångsrika spillvärmesamarbeten, samt diskuterar huruvida dessa hinder utgör skäl för staten att införa styrmedel (avsnitt 4.3). I vissa fall kan existerande styrmedel (med helt andra syften) och dessas utformning utgöra ett hinder för sådana samarbeten. En viktig svårighet i sammanhanget är att de investeringar som krävs är relationsspecifika. Vi analyserar ändamålsenligheten i ett antal olika föreslagna styrmedel för ökat spillvärmeutnyttjande (avsnitt 4.4). Kapitlet inleds dock med en kort introduktion till hur industriell spillvärme kan definieras, och ger några exempel på hur den kan nyttiggöras.

4.2 Spillvärme: vad är det och hur kan den nyttiggöras?

Energimyndigheten (2008a) menar att det är problematiskt att tillämpa en enhetlig definition på begreppet ”spillvärme”. Konsultföretaget ÅF har analyserat möjligheterna att bestämma en sådan definition i syfte att kunna användas i styrmedels-hänseende (Energimyndigheten, 2008b), men kom fram till att eftersom det är svårt att avgöra när en industriell process är optimerad och eventuell restvärme kan karaktäriseras som ”spill” måste frågan om vad som är att betrakta som industriell spillvärme bedömas i varje enskilt fall. I detta kapitel görs ingen ansats att definiera spillvärme utan begreppet återges såsom det används i tidigare studier. Olika definitioner kan därför förekomma i de studier som refereras. I litteraturen

förekommer dessutom olika benämningar på det vi här kallar industriell ”spillvärme”. TPA-utredningen (SOU 2011:44) använder till exempel genomgående begreppet ”restvärme” eftersom de menar att en tillvaratagen resurs inte kan kategoriseras som ”spill”. Andra benämningar som förekommer är ”överskottsvärme” och i vissa sammanhang också ”externt producerad värme” eller ”externvärme”. I detta kapitel använder vi främst begreppet ”spillvärme” och i de fall andra begrepp används avser vi samma sak. Dessutom görs ibland också en åtskillnad mellan ”värme” och ”prima värme”, där prima värme avser värme som håller sådan temperatur att den uppfyller temperaturbehoven i fjärrvärmenäten. Om spillvärmen inte håller sådan temperatur kan den matas in i ett värmeverk där den ”primagörs” (Rydén m.fl., 2011).

Jönsson m.fl. (2007) beskriver möjliga användningsområden för spillvärme, och noterar att användbarheten skiljer sig åt beroende på energibärare. För vatten och ånga beror energikvaliteten och användbarheten på tryck och temperatur. En möjlighet är att nyttiggöra spillvärmen för elproduktion för vilket högtrycksånga ger den bästa verkningsgraden. Energimyndigheten (2008a) beskriver översiktligt några teknologier för elproduktion från spillvärme (t.ex. ORC) och bedömer dem som intressanta. Det finns ett antal andra möjligheter att nyttiggöra spillvärme, både internt inom industrin eller externt genom spillvärmesamarbeten med till exempel fjärrvärmebolag.

Internt spillvärmeutnyttjande kan likställas med energieffektivisering eftersom följden blir att bränslen sparas. Beroende på typ av industri existerar det ett antal tekniskt möjliga alternativ för att återanvända spillvärme inom den egna processen. För kemiska massabruk inkluderar några av dessa t.ex. processintegrerad koldioxid-avskiljning, lågtemperaturtorkning av biobränslen, elproduktion, samt lågtemperatur-uppvärmning av lokaler (Jönsson m.fl., 2007). Inom stålindustrin är det viktigaste interna användningsområdet förvärmning av förbränningsluft i valsverksugnar, men också uppvärmning av lokaler. Det finns också inom stålindustrin möjligheter att nyttiggöra överskottsvärme genom elproduktion (Asp m.fl., 2008). Fler exempel på internt utnyttjande av spillvärme går att finna och möjligheterna varierar naturligtvis beroende på industriell process.

Det som är av störst intresse här är dock möjligheterna att nyttiggöra spillvärmen i tillförseln av fjärrvärme. Industriell spillvärme är i första hand kostnadsmotiverad som baslast i ett fjärrvärmesystem, men spillvärmen konkurrerar om värmeunderlaget med andra produktionsslag (Ganslandt, 2011). Andra varianter av extern användning av spillvärme kan vara att överskottsvärme i form av ånga säljs till en annan industri, eller om spillvärmen används för elproduktion av en extern aktör (Jönsson m.fl., 2007). Processen från idé till faktiska spillvärmeleveranser från en industri till ett fjärrvärmebolag kan ta lång tid – ofta 5-10 år - och omfattar en mängd komplicerade aspekter (Energimyndigheten, 2008b). För att nå fram till ett avtal måste parterna enas om: (a) hur kostnaderna för investeringen ska fördelas mellan industrin och fjärrvärmebolaget; samt (b) hur spillvärmen ska värderas.

Fors (2004) genomförde intervjuer kring spillvärmesamarbeten på fem orter och ger baserat på detta fyra exempel på hur avtal om spillvärmesamarbeten kan se ut, dock utan att nämna principerna för värdering:

- Fjärrvärmebolaget gör alla investeringar och erhåller spillvärmén utan kostnad eller till en låg ersättning.
- Industrin gör investeringarna. Fjärrvärmebolaget hyr anläggningarna på lång tid och betalar förskottshyra motsvarande investeringsbeloppet. All spillvärme säljs till fjärrvärmebolaget och värme för egen förbrukning köps tillbaka till ett något högre pris.
- Fjärrvärmebolaget och industrin delar lika på investeringar och vinst på spillvärmén.
- Fjärrvärmebolaget gör alla investeringar och erhåller spillvärme upp till en viss effekt utan ersättning; dock skall alltid minst 20 procent av den levererade energin betraktas som prima värme. Med prima värme avses här ånga som används för att ”spetsa” spillvärmén.

Konsultföretaget ÅF uppger att en vanlig avtalsmodell för spillvärmesamarbeten är vinstdelning där båda parterna står för varsin del av investeringen och får del av vinsten i proportion till sin investering. Det förekommer dock också att värmebolaget tar hela investeringen och också hela avkastningen under återbetalningstiden (Energimyndigheten, 2008b). Dessa fördelningsprinciper motsvarar exemplen ett och tre ovan. I avsnitt 4.3 analyserar vi närmare hur avtalens utformning kan påverka förutsättningarna för spillvärmesamarbeten.

4.3 Icke-tekniska hinder för spillvärmesamarbeten

I detta avsnitt diskuteras några viktiga icke-tekniska hinder för spillvärmesamarbeten, såsom (a) stora och relationsspecifika investeringar; (b) informations- och beteendemislyckanden kopplade till att åstadkomma ett samarbete; (c) oenighet om värderingen av spillvärmén; samt (d) existerande styrmedel som tränger undan spillvärme på värmemarknaden. Det bör noteras att dessa faktorer är till viss del överlappande. En viktig del av analysen är att skilja på barriärer och marknadsmisslyckanden där endast det senare innebär att utnyttjandet av spillvärme är mindre än vad som är samhällsekonomiskt motiverat (Ganslandt, 2011).

4.3.1 Omfattande och relationsspecifika investeringar

Spillvärmesamarbeten medför typiskt sett betydande investeringar och således ett risktagande från aktörernas sida. De kostnader som är förknippade med att använda industriell spillvärme är bl.a.: (a) anpassning av anläggningen där spillvärmén alstras; (b) transmissionskostnader beroende på avståndet till avsättningsmarknaden; (c) förstärkning/ombyggnad av fjärrvärménät beroende på volym och anslutningspunkt; (d) kostnader för att höja spillvärmens temperatur i förekommande fall; (e) kostnader för att säkerställa reservkapacitet vid uppehåll i spillvärmeleveranser; samt (f) transak-

tionskostnader, särskilt för småskaliga eller tekniskt komplicerade spillvärmekällor (Ganslandt, 2011).

Transaktionskostnader uppstår i samband med informationssökning, utvärdering av information, kontraktsförhandlingar etc. Det saknas kvantifieringar av transaktionskostnader i samband med spillvärmesamarbeten, men några studier hänvisar till dessa som åtminstone ett möjligt hinder. Fors (2004) genomförde t.ex. intervjuer kring spillvärmesamarbeten på fem orter och fann bland annat att processen från idé till spillvärmeleveranser kan vara tämligen lång. Parterna i ett samarbete framhöll att det tar tid och resurser att organisera en projektgrupp som ska genomföra spillvärmesamarbetet. Detta är ett av flera uttryck för transaktionskostnader. Thollander m.fl. (2010) undersöker även konsultkostnader och annan ”overhead” som ”dolda” kostnader i sina intervjuer kring samarbeten mellan industrier och fjärrvärmebolag, men finner att dessa kostnader inte har upplevts som något viktigt hinder för samarbeten utan i stället setts som nödvändiga satsningar för att stärka affärsrelationerna. Samarbeten är dock normalt sett lättare att få till stånd om de initieras i samband med andra förändringar, såsom byten av uttjänt utrustning eller processförändringar.

Den ekonomiska bedömningen är dessutom naturligtvis också avhängigt de avkastningskrav som företagen har, och höga avkastningskrav (t.ex. inom industrin) framhålls ibland som ett viktigt hinder för energisamverkan. Konsultföretaget ÅF menar att en kommun och troligtvis även ett privatägt fjärrvärmebolag kan acceptera en lägre kalkylränta än industrin. Även de intervjuer som genomfördes av Profu (se SOU 2005:33, bilaga 3) pekar på att industrier genomgående har högre krav på återbetalningstid.

I en rapport från Länsstyrelserna i Östergötland och Örebro län (2011) redovisas resultaten från en enkätundersökning bland företag i regionen. På frågan om deras avkastningskrav för investeringar i energirelaterade åtgärder svarade majoriteten att de hade ett krav på högst 3 år. I samband med undersökningen gjordes också djupare intervjuer kring spillvärmesamarbeten, och dessa intervjuer pekade på att ett av de stora hindren för användning av restvärme var höga investeringskostnader kontra låg initial avkastning/besparing. Intressant är att ett flertal samarbeten uppgavs ha tillkommit tack vare statlig och/eller kommunal medfinansiering, t.ex. i form av bidrag inom klimatinvesteringsprogrammet (KLIMP). Även Jönsson m.fl. (2007) framhåller att investeringsstöd som LIP (lokala investeringsprogram) och KLIMP har fungerat som viktiga drivkrafter för spillvärmesamarbeten. I en utvärdering av spillvärmeprojekt som genomförts inom ramen för LIP rapporterar Naturvårdsverket (2005) att de spillvärmeprojekt som studerats (tillsammans motsvarande 370 GWh per år) inte skulle ha genomförts i frånvaro av LIP-stödet.

Energimyndigheten (2008a) gör dock en annan bedömning och menar att för en del projekt som genomförts med stöd av LIP och KLIMP har bidragen i första hand åstadkommit en tidigareläggning av investeringarna. Administrationen och sökproceduren för LIP och KLIMP framhålls dessutom som relativt betungande, vilket implicerar att transaktionskostnaderna kan ha varit omfattande. Samtidigt framhåller även Energimyndigheten att investeringsbidrag kan fungera som en

drivkraft för spillvärmesamarbeten, eftersom sådana långsiktiga investeringar kan göras med en säkrare kostnadsbild jämfört med skatteincitament som kan förändras under anläggningens livslängd och därmed skapar osäkerhet om framtida intäkter och kostnader.

De kostnader som är förknippade med att etablera spillvärmesamarbeten (inklusive transaktionskostnader) representerar dock inte något marknadsmisslyckande, som i sig motiverar införandet av styrmedel. Det är en trivial slutsats att om staten (t.ex. via KLIMP) subventionerar sådana samarbeten blir fler av dessa lönsamma, men detta betyder inte att subventionerna är motiverade utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv. Bara i de fall då nettovärdet för samhället av att ta tillvara spillvärmens är positivt bör värmen återvinnas, och styrmedel är endast motiverat om de enskilda aktörerna inte kan realisera samarbeten där detta villkor är uppfyllt. Ej heller förekomsten av höga avkastningskrav utgör i sig ett marknadsmisslyckande utan speglar endast alternativkostnaden av kapital; industrier som överväger att investera i spillvärmeprojekt måste väga nyttan av investeringen gentemot andra möjliga investeringar (Grönkvist och Sandberg, 2006). I sådana lägen är det vanligt – och inte heller orimligt – att den egna kärnverksamheten prioriteras. Avkastningskravet reflekterar den risk och osäkerhet som är förenat med investeringen.

De privata aktörernas beslut kan dock snedvridas om dessa tillämpar avkastningskrav som inte kan motiveras samhällsekonomiskt. Detta är dock svårt att visa empiriskt. Ganslandt (2011) noterar dock att icke-kommersiellt ägda fjärrvärmebolag kan agera på ett sätt som inte är marknadsmässigt, t.ex. genom att avstå från affärsmöjligheter på grund av för lågt vinstintresse. Han menar att framförallt kommunalt ägda fjärrvärmebolag tillämpar avkastningskrav som ligger under marknadsmässig nivå. För låga krav på räntabilitet på eget kapital kan bidra till att spillvärme trängs undan på värmemarknaden eftersom fjärrvärmebolagen underskattar kostnaden för investeringar i egna produktionsanläggningar jämfört med inköp av spillvärme. Han presenterar en jämförelse av avkastningskrav för 14 olika kommunägda fjärrvärmebolag, och denna visar att dessa generellt har betydligt lägre avkastningskrav än det marknadsmässiga krav svenska staten har satt för Vattenfall. En nedkortad version av jämförelsen återges i Tabell 4.1.

Tabell 4.1: Exempel på avkastningskrav i ett urval svenska energibolag

Bolag	Ägare	Långsiktigt avkastningskrav
Arboga Energi AB	Arboga kommun	5 % avkastning på eget kapital
Degerfors Energi AB	Degerfors kommun	3 % vinstmarginal på omsättningen
Gislaved EnergiRing AB	Gislaveds kommun	Statsskuldväxlar + 2.5 % på eget kapital
Härnösand Energi & Miljö AB	Härnösands kommun	7 % avkastning på eget kapital
SEVAB Strängnäs Energi AB	Strängnäs/Eskilstuna	10-årig statsobligation + 2 % på totalt kapital
Stenungsund Energi & Miljö	Stenungsunds kommun	8 % avkastning på eget kapital
Vimmerby Energi AB	Vimmerby kommun	2 % avkastning på totalt kapital
Vattenfall AB	Svenska staten	15 % avkastning på eget kapital

Källa: Ganslandt (2011).

En förutsättning för att kunna genomföra investeringar i lönsamma spillvärmeprojekt är också att de kan finansieras. Om den egna likviditeten inte är tillräcklig måste kapitalmarknaderna tillhandahålla finansiering i form av lån. De flesta undersökningar som berör denna fråga pekar på att brist på kapital i sig inte utgör ett viktigt hinder (se t.ex. Thollander m.fl., 2010). Naturvårdsverket (2005) menar dock att det kan vara svårt för kommunägda fjärrvärmebolag att hitta finansiärer även om projekten visar god lönsamhet, och pekar på de långa återbetalningstiderna som spillvärmeprojekt ofta innebär. Givet de icke-marknadsmässiga avkastningskrav som enligt Ganslandt (2011) tillämpas av ett flertal kommunägda fjärrvärmebolag kan dessa utestängas från kapitalmarknaderna. Ganslandt (2011) menar också att fjärrvärmebolagens intäkter i dagsläget inte är tillräckliga för att på lång sikt kunna behålla dagens kapacitet genom finansiering med kapital som erhålls i konkurrens med andra alternativa placeringar på kapitalmarknaderna.

En aspekt av spillvärmesamarbeten som på många sätt överlappar med det som diskuteras är att den investering som krävs för att möjliggöra spillvärmeleveranser från en industri till ett fjärrvärmebolag är relationsspecifik, dvs. den avkastning som genereras är beroende av att relationen mellan de båda aktörerna upprätthålls över tid (Crawford, 1990). Ett alternativt sätt att uttrycka det är att investeringarna är transaktionsspecifika. Williamson (1983) identifierar tre typer av transaktionsspecifika investeringar med direkt relevans för spillvärmesamarbeten:

- Site specificity: köparen och säljaren har en nära relation där stationära anläggningar har lokaliserats nära varandra för att minimera t.ex. lager, transporter eller värmeförluster.
- Physical asset specificity: säljaren eller köparen investerar i produktivt kapital vars konstruktion/design är specifik för transaktionen i fråga.
- Dedicated assets: investeringar – t.ex. i produktionskapacitet – som görs i syfte att uppfylla ett särskilt avtal om leveranser och som resulterar i överskottskapacitet om avtalet avbryts i förtid. Det kan vara både svårt och

kostsamt för en producent som är beroende av en insatsvara från en enskild leverantör att ersätta dessa leveranser i händelse att de upphör i förtid (dvs. innan avtalet går ut) (Joskow, 1987).

Samtliga dessa typer av transaktionsspecifika investeringar kan förväntas förekomma i samband med ett spillvärmesamarbete, dock i varierad utsträckning. Parter i transaktioner där sådana investeringar görs förhandlar i större utsträckning fram långtidskontrakt som specificerar villkoren för återkommande transaktioner ex ante snarare än att förlita sig till upprepade förhandlingar på kort sikt. Detta innebär att om någon av parterna är relativt sett ovillig att ingå långsiktiga avtal om leveranser av värme finns stor risk att ingen överenskommelse kan nås.

Ett avtal om spillvärmeutnyttjande bör som minimum gälla under investeringens återbetalningstid (Fors, 2004; Energimyndigheten, 2008b). Spillvärmeinvesteringens relationsspecifika och irreversibla egenskaper innebär att när investeringen väl har genomförts utgör den en s.k. *sunk cost* (bunden kostnad) med ett begränsat värde utanför samarbetet. Vilken aktör som en gång genomförde investeringen har alltså litet värde i framtida förhandlingar (Crawford, 1990), vilket motiverar att investeraren eftersträvar långtidskontrakt (eller en hög avkastning på kort sikt). Vår granskning av litteraturen kring spillvärmesamarbeten indikerar att medan fjärrvärmebolagen ofta kan tänka sig långsiktiga avtal, är industrins incitament till långsiktiga kontrakt i stället begränsat av t.ex. behovet av flexibilitet på längre sikt kring den egna kärnverksamheten. Långsiktiga avtal kan begränsa industrins flexibilitet att anpassa sig till förändrade omvärldsförutsättningar. Industrin har således ett visst optionsvärde i att inte binda upp sig i långsiktiga kontrakt kring spillvärmeleveranser (Onofri, 2008). Parterna i långtidskontrakt hanterar normalt minskad flexibilitet ex ante genom kontraktsvillkor som medger vissa förändringar över tiden.

Grönkvist och Sandberg (2006) genomför fallstudier av åtta spillvärmesamarbeten och finner att industrin ofta inte kan gå med på så långsiktiga kontrakt som fjärrvärmebolagen behöver. Här är naturligtvis avtalets utformning en viktig faktor och särskilt vem som tar investeringen. Fors (2004) genomför intervjuer kring spillvärmesamarbeten på fem orter och fann t.ex. att parterna i ett spillvärmesamarbete i Göteborg, där parterna delat lika på både investering och vinst, såg det som viktigt att avtalen är stabila och långsiktiga. I det specifika fallet var den första avtalsperioden 5 år och sedan 10 år vid en förlängning.

De empiriska studier som gjorts visar också att det kan finnas meningsskiljaktigheter om vem som bör stå för investeringen. I SOU 2005:33 redovisas intervjuer som genomförts av Profu med företrädare för industrier och fjärrvärmebolag kring spillvärmesamarbeten. Dessa ger en blandad syn på vem som bör stå för den relationsspecifika investeringen. En åsikt var att:

”Fjärrvärmeföretaget bör göra investeringarna. Då behöver industriföretagets verkställande ledning inte gå till styrelsen för att begära medel till investeringen. Dessutom har industriföretagen genomgående större krav på kort payoff-tid för investeringar av den typ som spillvärmeutnyttjande representerar.”

En annan respondent menade att industriföretaget bör göra investeringarna; ”man vill inte släppa in någon annan i sin industriella process. Eftersom fokus ligger på tillverkningsprocessen vill man ha full kontroll över denna.” Fjärrvärmebolagen å andra sidan, menade bl.a. att de måste beakta risken att industrin upphör och därmed också spillvärmeleveranserna.¹³ Grönkvist och Sandberg (2006) fann att om industrin var villig att ta en del av investeringen tolkade fjärrvärmebolagen det som en försäkring om att industrin inte hade planer på att lägga ner verksamheten inom den nära framtiden. Intervjuerna som genomfördes av Fors (2004) pekar också på att det är viktigt att ingen av parterna i ett spillvärmesamarbete försöker göra ”ekonomiska klipp”. Villkoren för samarbeten regleras i avtal, och opportunistiskt beteende i förhandlingsprocessen är ett effektivt sätt att radera förtroendet mellan parterna (Makholm, 2006).

Förekomsten av relationsspecifika investeringar utgör heller inget marknadsmisslyckande, som i sig motiverar införandet av styrmedel. Industriell spillvärme är ingen fri resurs och om det är lönsamt att tillvarata spillvärme ligger det i båda parterns intresse att avtala om ett samarbete. Såväl ekonomisk teori som empiri talar för att sådana avtal faktiskt kommer till stånd. I ett första steg bör man besvara frågan om huruvida det faktiskt används för lite industriell spillvärme i Sverige ur ett samhälls-ekonomiskt perspektiv. Vidare, om svaret är ja, vad är i så fall orsaken till detta suboptimala utnyttjande och vilka åtgärder är då lämpliga att vidta för att komma till rätta med problemet?

4.3.2 Informationsmisslyckanden och organisatoriska och kulturella hinder

Medan föregående avsnitt betonar de ekonomiska uppoffringarna av ett etablera spillvärmesamarbeten är det också viktigt att framhålla att ibland kan sådana samarbeten förhindras av t.ex. kulturskillnader mellan kommuner och industri, prestige, viljan att ha en egen fjärrvärmeanläggning och viljan att vara oberoende, kommunikations-svårigheter samt avsaknad av social legitimitet för parterna (Jönsson m.fl., 2007). Ofta kan dessa hinder kopplas till olika typer av informationsmisslyckanden; beslut som grundas på imperfekt information löper under vissa förutsättningar (t.ex. förekomsten av asymmetrisk information) risken att leda till ineffektiva utfall. Thollander m.fl. (2010) pekar på att *imperfekt information* kan ha betydelse för värmesamarbeten mellan industri och energibolag, t.ex. lyfte en respondent från industrin fram brist på kompetens och kunskap inom koncernen som ett problem. Grönkvist och Sandberg (2006) lyfter fram vikten av att tillhandahålla information till relevanta aktörer som ett sätt att öka utnyttjandet av industriell spillvärme. Ytterligare en intressant lärdom

¹³ Det bör noteras att i vissa fall kan det finnas andra incitament från industrins sida att gå in i spillvärme-samarbeten än att tjäna pengar på värmeproduktion. Grönkvist och Sandberg (2006) menar att pappers- och massabruk kan initiera samarbeten kring spillvärmeleveranser till fjärrvärmeproducenter i syfte att eliminera lokal konkurrens om biomassa, som annars har varit det naturliga valet av bränsle för nya fjärrvärmeanläggningar under lång tid. Detta rapporteras ha varit en uttalad drivkraft för ett av de åtta spillvärmesamarbeten som undersöktes i studien.

från Thollander m.fl. (2010) var att man i flera fall fann att en katalytisk effekt för samarbeten hade uppstått när ett universitet hade tagit fram optimeringsmodeller som kunde kvantifiera den monetära nyttan av ett samarbete. En oberoende part kan på detta sätt bidra till att överbrygga informationsproblem.

Investeringsbeslut påverkas av riskavvägningar, som i sin tur påverkas av tillgången till information. Fjärrvärmesystemet sägs stå för ett relativt förutsägbart behov över tiden, vilket gör att industrin som ska leverera spillvärmens i det avseendet tar en relativt låg risk. En enskild industris utsikter på en viss ort kan dock vara betydligt mer osäkra. Antagligen har industriföretaget som skall leverera spillvärme bättre kännedom om sina framtidsutsikter och sin sårbarhet för konjunkturvariationer, vilket innebär att informationen kan vara asymmetriskt fördelad mellan parterna i ett spillvärmesamarbete. Den ekonomiska relevansen av detta är att mindre spillvärme bjuds ut på marknaden än vad som är samhällsekonomiskt motiverat (Akerlof, 1970). Informationen kring industriprocessernas driftsäkerhet kan också vara asymmetriskt fördelad.

I Jönsson m.fl. (2007) redovisas intervjuer med företrädare från kemiska massabruk samt energibolag, och här betonas risken för driftsstörningar och behovet av öppenhet och god kommunikation mellan parterna. Samma studie drar också slutsatsen att den främsta drivkraften för externt utnyttjande av spillvärme är att parterna har en tydlig och gemensam målbild och en god fortvarig kommunikation. Även i Profus förstudie (SOU 2005:33) efterlyser man en bättre ”driftdialog” mellan parter, t.ex. kring driftsstörningar men också information kring tillfällen då spillvärmens är extra lönsam, t.ex. på grund av revision av andra fjärrvärmeproduktionsanläggningar. I Profus förstudie menade också vissa industriföreträdare att fjärrvärmeföretagen inte varit tillräckligt öppna med sina kalkyler och att det därför varit svårt att förstå deras argumentation kring spillvärmeverdering, vilket också kan tolkas som en form av informationsmisslyckande (se också avsnitt 4.3.3). Personliga relationer kan utgöra en viktig faktor för att överbrygga informationsproblem mellan parter eftersom sådana relationer gör att man får information som man annars inte skulle ha fått (Länsstyrelserna i Östergötland och Örebro län, 2011).

Olika informationsmisslyckanden hanteras bäst genom styrmedel som sprider information. Energimyndigheten (2008b) diskuterar t.ex. möjligheten att ett oberoende kompetenscentrum etableras i syfte att ge riktad information och stöd i samband med spillvärmesamarbeten.¹⁴ En sådan organisation skulle kunna integreras inom Energimyndigheten och fungera som en oberoende part som arbetar med riktade informationsinsatser och samordnande insatser vid spillvärmesamarbeten (Energimyndigheten, 2008a). Man ska samtidigt inte underskatta parternas egen

¹⁴ I Energimyndigheten (2008b) föreslås också att staten skulle kunna gå in med garantier för att säkra värmeleveranser om industrin skulle läggas ner. Detta förslag har sitt ursprung i vissa avtalsmodeller där man från industrins sida på koncernnivå förbundit sig att leverera en viss kvantitet värme under fjärrvärmebolagets återbetalningsperiod (8-10 år). Detta är dock knappast ett samhällsekonomiskt effektivt styrmedel; riskhantering bör främst ske vid förhandling och kontraktsskrivning. Den potentiella snedvridningen i besluten är inte kopplad till hur riskerna fördelas utan kring hur informationen om projektets ekonomiska effekter fördelas på parterna.

förmåga att överbrygga informationsproblem, och behovet av en tredje part kan därför vara marginellt.

Förekomsten av betydande risker och bristande information kan innebära att personliga relationer och eldsjälar får en stor betydelse för spillvärmesamarbeten, inte minst i organisationer där man annars kanske inte ifrågasätter den rådande ordningen (Trygg m.fl., 2009). Fors (2004) noterar att personkemin uppgavs vara en viktig faktor, både för att driva igenom samarbeten internt och i kontakter med samarbetspartnern (se även Thollander m.fl., 2010). Fors (2004) fann också att det var en stor fördel om företagsledningen var beställare av t.ex. energiutredningar inför ett samarbete, eftersom det signalerade att arbetet var prioriterat. Han lyfter också fram vikten av att erfarna personer engageras; dessa kan lotsa ett spillvärmeprojekt från ide till faktiska värmeleveranser. De bör ha goda kontakter med företagsledningen och ”hitta i organisationen” för att kunna övervinna invändningar och hinder, vilket ger ytterligare stöd för tesen att tröghet i organisationen kan utgöra ett viktigt hinder. Andra studier har också pekat på att drivande nyckelpersoner – eldsjälar – inom organisationen kan vara avgörande för att spillvärmesamarbeten ska komma till stånd (se t.ex. Naturvårdsverket, 2005; Energimyndigheten, 2008a; Thollander m.fl., 2010).

Svårigheter att nå överenskommelser om spillvärmesamarbeten kan också vara ett resultat av organisationskultur och strategier. Medan spillvärmefrågan är starkt kopplad till kärnverksamheten för fjärrvärmebolagen är det oftast en perifer fråga för industrin (Fors, 2004). Grönkvist och Sandberg (2006) fann tydliga skillnader i attityder till sådana samarbeten bland respondenter från ledande positioner inom industriföretagen. I vissa fall var kulturskillnaderna stora mellan privatägda industrier och kommunalt ägda fjärrvärmebolag, inte minst gällande synen på beslutsprocesserna. Naturvårdsverket (2005) menar att den långdragna demokratiska beslutsgången i en kommun kan tolkas som ointresse från industrins sida där beslut och handling ofta följer tätt in på en lönsamhetsanalys.

Industrins prioritering av miljöfrågor kan också vara viktigt. Thollander m.fl. (2010) rapporterar om en representant från ett fjärrvärmebolag som menade att man efter tidigare motgångar lyckats etablera ett väl fungerande samarbete med en industri efter att industriföretagets styrelse genomgått en generationsväxling och nu bestod av mer miljömedvetna ledamöter.

4.3.3 Oenighet kring den ekonomiska värderingen av spillvärmesamarbeten

Tidigare intervjuundersökningar visar att parter i ett spillvärmesamarbete kan ha svårt att enas kring värderingen av spillvärmesamarbeten. I de fall där motsättningarna har varit störst är det i första hand värderingsprincipen (eller bristen på en objektiv sådan) som orsakade problemen (SOU 2005:33). Ett fjärrvärmeföretag kan t.ex. framhålla att parterna bör dela lika på nyttan med spillvärme, medan en industri anser att värderingen bör ligga strax under alternativkostnaden för fjärrvärmeföretaget. Vissa av representanterna för industriföretagen tycker också att fjärrvärmeföretagen inte har varit tillräckligt öppna med sina kalkyler och att det därför har varit svårt att förstå

deras argumentation kring värderingen. Ett viktigt argument för en låg värdering utifrån fjärrvärmebolagens perspektiv är att industrierna saknar alternativ avsättning för spillvärmen.

En kartläggning av principerna för värdering av spillvärme presenteras av Svensk Fjärrvärme (2005). Den bygger på enkäter till medlemsföretagen inom Svensk Fjärrvärme med spillvärme och har kompletterats med ett fåtal intervjuer med industriföreträdare. I rapporten konstaterar man att det inte finns någon självklar modell för värdering av spillvärme eftersom det inte finns någon entydig logik i ett spillvärmesamarbete. En viktig faktor är var gränsen för fjärrvärmeföretagets ansvar går och särskilt om företaget har medverkat i investeringar hos spillvärmeleverantören, vilket ökar risken för fjärrvärmeföretaget. Undersökningen visar att de mest frekvent använda värderingsprinciperna är:

- Värdering i förhållande till kostnaden för den fjärrvärme som i stället skulle ha producerats om spillvärmen inte utnyttjats (40 procent av fallen);
- Utan uttalad princip för värderingen (30 procent);
- Värdering efter marginalkostnaden för produktionen (drygt 10 procent);
- Värdering i förhållande till fjärrvärmepriset (ca 6 procent)

Undersökningen visar dock att förutsättningarna för spillvärmeavtal är mycket olika och aktörerna är inte entydigt mer nöjda med någon enskild värderingsmetod. Författarna konstaterar därför att de inte har underlag att rekommendera någon enskild värderingsprincip utan att valet av sådana i stället måste ta hänsyn till de lokala förutsättningarna.

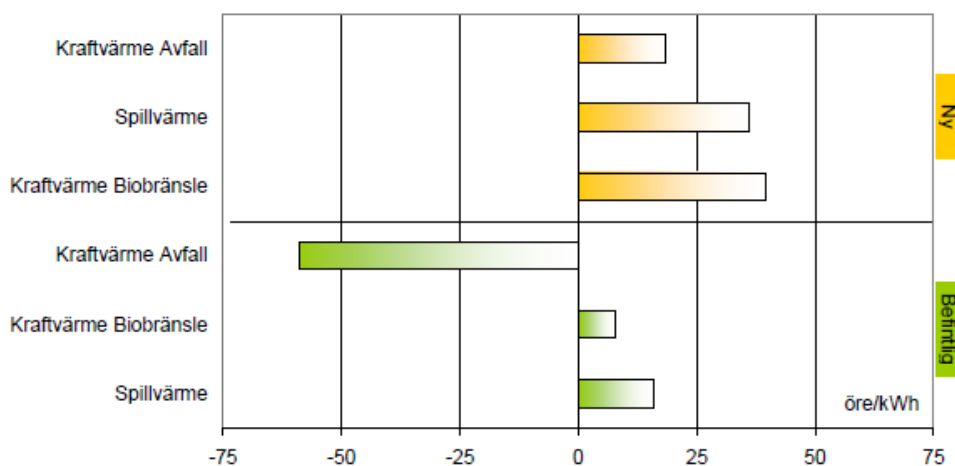
Rydén m.fl. (2011) har tagit del av spillvärmepriser och beräknar marginalkostnader för fjärrvärmeproduktion. De rapporterar att betalningen för spillvärme vid studiens genomförande motsvarade mellan 0 och 80 procent av marginalkostnaden för fjärrvärmeproduktion (med ett genomsnitt om ca 60 procent). Detta pekar på att de externa värmeproducenterna får lite mer än den 50/50-delning som ofta förutsätts, men författarna noterar också att spridningen är stor vilket hänger samman med kvaliteten på den externa värmen som produceras samt att fjärrvärmeföretag kan bidra med olika kompletterande tjänster som ligger inbyggda i spillvärmepriserna. Rydén m.fl. (2011) påpekar också att fortsatt utbyggnad av fjärrvärmeproduktion – oftast genom investeringar i avfalls- och biobränslekraftvärme – sänker de rörliga produktionskostnaderna. Detta kan komma att minska värdet av spillvärme framöver eftersom den värderas baserat på den fjärrvärmeproduktion som ersätts (se vidare avsnitt 4.3.4).

Oenigheter kring värderingen av spillvärme utgör heller inget marknadsmisslyckande, som i sig motiverar införandet av styrmedel. Det är mycket vanligt att köpare och säljare har olika synpunkter om en varas värde; i en bilateral situation bestäms priset visserligen delvis av parternas förhandlingsstyrka men detta ändrar inte på den principiella ståndpunkten att en transaktion endast är samhällsekonomiskt lönsam om båda parterna accepterar villkoren.

4.3.4 Existerande styrmedel tränger undan spillvärme på värmemarknaden

Användningen av spillvärme kan också snedvridas av förekomsten av andra styrmedel (Ganslandt, 2011; Energimyndigheten, 2008a). Detta kan ske på (åtminstone) två sätt. För det första trängs spillvärme undan av biobränsleeldad kraftvärmeproduktion, vars konkurrenskraft gynnas av tilldelning av elcertifikat samt den höga beskattningen av fossila bränslen. För det andra har förbudet mot deponi av brännbart avfall som infördes 2002 inneburit att mängden avfall som förbränns har ökat kraftigt. I praktiken betalar kommunerna mottagningsavgifter till fjärrvärmebolagen i samband med avfallsförbränning (Ganslandt, 2011). Anläggningar som förbränner avfall har alltså mycket låga och t.o.m. negativa rörliga kostnader, vilket bidrar till att tränga undan spillvärme på värmemarknaden (Rydstrand, 2005; Jönsson m.fl., 2007; Energimyndigheten, 2008b).

En illustrativ jämförelse av de rörliga kostnaderna för värmeproduktion med biokraftvärme, avfallsförbränning samt spillvärme har tidigare presenterats av Rydstrand (2005). Figur 4.1 återger de beräknade rörliga kostnaderna för ny (inklusive kapitalkostnader) och befintlig produktion. Ganslandt (2011) menar att även om det är diskutabelt om dagens politiska styrning mot ökad kraftvärmeproduktion samt avfallsförbränning är samhällsekonomiskt motiverad är investeringar i dessa anläggningar kommersiellt motiverade. Man kan därför inte heller säga att undanträngningen av spillvärme på värmemarknaden i dessa fall utgör ett marknadsmisslyckande. Problemet är inte att det finns existerande styrmedel utan snarare om dessa är utformade på ett samhällsekonomiskt ineffektivt sätt. Det ligger utanför denna rapportens syfte att göra en bedömning om så är fallet. Det kan dock rent allmänt konstateras att politiken ofta bygger på kompromisser mellan ekonomisk effektivitet och andra hänsynstaganden (t.ex. inkomstfördelning, EU-direktiv, acceptans etc.). Detta kan innebära att styrmedel kan utgöra en ändamålsenlig näst-bästa politik för att korrigera existerande snedvridningar. Fördjupade studier behövs dock för att bedöma om så är fallet när det gäller dagens utnyttjande av spillvärme.



Figur 3.1: Rörliga kostnader för ny (inklusive kapitalkostnader) och befintlig värmeproduktion. Källa: Rydstrand (2005).

4.4 Styrmedel för industriell spillvärme

Genom åren har en rad förslag på nya styrmedel för ökat spillvärmeutnyttjande föreslagits, och i detta avsnitt analyseras några sådana förslag. En viktig slutsats från föregående avsnitt är att styrmedel för spillvärme främst kan motiveras utifrån förekomsten av informationsmisslyckanden samt (eventuellt) som en näst-bästa policy för att korrigera för andra snedvridande styrmedel. Många av de styrmedel som föreslagits i andra studier är dock – som visas nedan – svåra att motivera utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv. Vi fokuserar här främst på tredjepartstillträde samt investeringsbidrag, och i avsnitt 4.5 ges några reflektioner kring en effektiv styrmedelsutformning.

4.4.1 Tredjepartstillträde

Tredjepartstillträde (TPA) innebär att en tredje part, utöver fjärrvärmeleverantören och kunden, får tillträde till fjärrvärmenätet och på ett eller annat sätt får avsättning för sin värme. De senaste åren har röster höjts för att TPA borde genomföras på fjärrvärmemarknaden, inte minst från företrädare för industriverksamheter med betydande potential för spillvärmeleveranser (Ydstedt, 2007; Ahnland, 2008). Regeringen tillsatte år 2009 en utredning för att analysera förutsättningarna för ett lagstadgat tredjepartstillträde till fjärrvärmenäten, och dess betänkande överlämnades till regeringen 2011 (se SOU 2011:44). TPA-utredningens förslag har implikationer för spillvärmeutnyttjandet i fjärrvärmenäten.

Idag hanteras produktion, distribution och försäljning normalt integrerat inom samma fjärrvärmeföretag. Det finns ingen tillträdesrätt till fjärrvärmenäten för någon annan än ägaren, och den enda möjligheten att t.ex. få avsättning för industriell spillvärme i fjärrvärmenäten är att inleda ett samarbete med nätägaren. Genom TPA-utredningens förslag vill man ge intresserade värmeproducenter en lagstadgad tillträdesrätt till fjärrvärmenäten och därmed öppna upp för konkurrens. Detta ställer också krav på åtgärder för att säkerställa fjärrvärmesystemens tillförlitlighet. För att säkerställa ett skäligt pris på distribution föreslår utredningen att ett krav på åtskillnad mellan distribution, produktion och handel införs och att distributionen prisregleras. Förslaget tar dock hänsyn till att konkurrens inte kan förväntas uppstå i alla nät, särskilt inte de mindre. På sådana fjärrvärmemarknader har ofta mindre, kommunala energibolag också ett naturligt monopol på produktionen. För att inte påföra sådana företag en onödig administrativ kostnad som i slutändan belastar kunderna föreslås åtskillnadskravet bli gällande först när en konkurrenssituation uppstår.

I Näringsdepartementets (2012) ställningstagande till TPA-utredningen görs bedömningen att förutsättningarna för en effektivt fungerande konkurrens på fjärrvärmemarknaden är begränsade. Inträdesbarriärerna är för betydande för att konkurrens ska kunna uppstå på såväl kort som lång sikt. Därför redovisas förslag på åtgärder som syftar till att förstärka kundernas ställning på fjärrvärmemarknaden och samtidigt säkerställa att spillvärmeleverantörer får avsättning för sin värme. Bl.a. görs bedömningen att spillvärme bör användas till uppvärmning på de orter där det är samhällsekonomiskt motiverat. Därför föreslås ett reglerat tillträde till

fjärrvärmenäten för spillvärmeleverantörer och för andra fjärrvärmeproducenter. Det föreslås också att redovisning av spillvärmepotentialen ska vara obligatorisk i miljökonsekvensbeskrivningen vid projektering av ny fjärrvärmeproduktion.

Frågan om TPA och spillvärmeutnyttjande är tvådelad; för det första handlar det om TPA gynnar spillvärmen, och för det andra, om svaret är ja, om TPA utgör ett effektivt styrmedel för att öka detta utnyttjande. Svaret på den första frågan är inte givet. Pwc (2011) analyserar konsekvenserna av TPA-utredningens förslag. I korthet finner man att det finns hämmande faktorer för att TPA skall kunna skapa effektiv konkurrens i producentledet på grund av att inträdesbarriärerna är höga, marknaderna är för små och har för få aktörer för att undvika marknadsdominans. Förutsättningar för varaktig konkurrens bedöms finnas i de tre storstadsregionerna, dvs. Stockholm, Göteborg och delar av Malmöregionen, men det noteras också att det inte finns någon större outnyttjad spillvärmepotential på dessa fjärrvärmemarknader. På vissa av monopolmarknaderna kan det finnas möjlighet att ersätta dyra produktionslag med t.ex. spillvärme. En utmanare måste dock ha tillgång till konkurrenskraftig värme året om utifrån kundernas förbrukningsprofiler; detta är en utmaning för många spillvärmeleverantörer som oftast inte kan erbjuda en flexibel värmeleverans. Spillvärmeleverantörer bedöms dock få en förbättrad förhandlingsposition i vissa nät.

Rydén m.fl. (2011) genomför en analys av TPA-förslagets konsekvenser. Ett antal fallstudier redovisas, och resultaten pekar på att spillvärmeleveranserna inte kommer att öka nämnvärt om TPA genomförs. Många fjärrvärmesystem med spillvärme uppges idag ha annan produktion med låga marginalkostnader. Dessutom påpekas att det idag ofta är fjärrvärmeföretagen som tar initiativ till spillvärmeköp. Om TPA införs skulle nuvarande fjärrvärmeföretag få ett svagare incitament att bidra till att ny spillvärme tillförs. Argumentet för detta är att investeringskostnaderna i högre utsträckning faller på spillvärmeföretaget (industrin), som ofta tillämpar betydligt högre avkastningskrav och kortare återbetalningstider än fjärrvärmeföretag (se avsnitt 4.3.1). Rydén m.fl. (2011) gör också bedömningen att fjärrvärmeföretagen överlag utnyttjar all den spillvärme som är ekonomisk idag och att det inte finns skäl att tro att TPA innebär ökad användning av spillvärme. Om däremot spillvärmeleverantörerna själva tar ansvar för primagörandet av sin värme kan leveranserna öka.

Ganslandt (2011) riktar en liknande kritik mot TPA-utredningen. Han finner att spillvärmeanvändningen idag är omfattande och menar att i princip hela den ekonomiskt relevanta potentialen för användning av spillvärme tycks realiserad under nuvarande energipolitik och med nuvarande styrmedel. Ganslandt menar att de kvantifieringar av realiserad potential för spillvärme som redovisas i TPA-utredningen saknar empirisk och ekonomisk relevans, inte minst eftersom spillvärmeutnyttjandets ekonomi begränsas av ledningskostnader, begränsad avsättningsmarknad och kostnader för värmeväxling etc. Spillvärmens värde beror ofta på om synergier i produktionsledet samt på systemnivå kan realiseras. Spillvärmebolagens leveransförhållande blir stabilare, enklare och mer långsiktiga med en industriell motpart (fjärrvärmeproducenten) vilket gör att spillvärmeleverantören kan behålla fokus på sin kärnverksamhet och fortsätta betrakta spillvärmen som en rest- eller

biprodukt. Med TPA menar Ganslandt att dessa förutsättningar riskerar att försämras snarare än förbättras (se också Söderholm och Wårell, 2011).

Svaret på frågan om TPA är ett samhällsekonomiskt effektivt medel för att främja ökad användning av spillvärme är med stor sannolikhet nej. En central lärdom från den ekonomiska litteraturen är att inte försöka lösa flera problem med ett styrmedel eller en typ av politisk åtgärd (se t.ex. Tinbergen, 1952); det är generellt sett svårt och inte heller önskvärt att ”skjuta flera kråkor med ett skott”. Detta innebär att det i fjärrvärmesammanhang är viktigt att särskilja på miljöpolitikens och konkurrenspolitikens olika målsättningar, samt (vid behov) utforma separata styrmedel för vart och ett av dessa mål. TPA bör t.ex. i första hand ses som ett möjligt verktyg för att hantera problemet med ofullständig konkurrens, och inte som ett explicit medel för att t.ex. introducera mer industriell spillvärme av miljö- och energieffektiviseringsskäl. Det är inte en eventuell TPA-reforms uppgift att säkerställa en bra bränslemix i fjärrvärme-systemet. Ett viktigt skäl till denna slutsats är att TPA är ett för trubbigt styrmedel för att åstadkomma detta; TPA kan t.o.m. medföra att det blir svårare för fjärrvärme-företagen att åstadkomma en ekonomisk och miljömässig optimering av fjärrvärme-systemet. I det fall myndigheterna vill främja industriell spillvärme eller andra typer av leverantörer av t.ex. miljöskäl är det typiskt sett mest effektivt att utforma styrmedel som mer direkt adresserar dessa fördelar och de marknadsmisslyckanden som kan kopplas till dessa. I konkurrenspolitiken är det främsta målet att säkerställa en skälig prissättning, och inte att explicit stödja vissa teknologier.

4.4.2 Investeringsstöd

Såsom påpekats ovan har investeringsbidrag som LIP och Klimp ökat intresset för spillvärmeprojekt och har fungerat som en drivkraft för sådana samarbeten. Detta betyder dock inte att sådana stöd är samhällsekonomiskt motiverade. Ett skäl till att subventionera nya teknologier är att detta leder till tekniskt lärande med betydande kollektiva egenskaper, dvs. ny kunskap spillover till andra aktörer utan att dessa behöver betala för detta. Precis som FoU kan leda till betydande kunskapsläckage kan detta även gälla tekniskt lärande (s.k. learning-by-doing) (se kapitel 2). Det finns dock få empiriska bevis för att detta skulle vara fallet för spillvärmeleveranser; den kunskap som genereras vid etableringar av spillvärmesamarbeten är troligtvis till stor del situationsspecifik. De marknadsmisslyckanden som är kopplade till spillvärmesamarbeten är i första hand informationsrelaterade, t.ex. kopplat till asymmetrisk information om potentialer, ekonomiska förhållanden samt risker och osäkerheter (se avsnitt 4.3.2).

Ett möjligt argument för att utnyttja subventioner är att andra styrmedel, t.ex. koldioxid- och energiskatter, är svåra att införa av politiska skäl. Den eventuella snedvridning som sker via existerande styrmedel (se avsnitt 4.3.4) kan också motivera införandet av kompletterande styrmedel. Subventioner skulle i sådana situationer kunna betraktas som ett näst-bästa alternativ i policylådan. Detta är dock inget övertygande resonemang, bl.a. eftersom det i Sverige redan finns en förhållandevis stark styrning via skatter. Även om ytterligare styrmedel bedöms nödvändiga betyder

inte detta att subventioner är det bästa (näst-bästa) alternativet. Merkostnaden av näst-bästa styrmedel kan variera mycket beroende på valet av styrmedel, och subventioner via statsbudgeten har ett antal viktiga nackdelar. En sådan är att även om de stimulerar fram en ökad andel spillvärme skapar de ett artificiellt och för lågt pris på värmen, vilket motverkar en effektiv resursanvändning överlag. Ett annat problem är att det är svårt att från statens sida identifiera de projekt som behöver stöd (se också avsnitt 4.3.1). Tidigare forskning visar att tekniskspecifika subventioner generellt sett inte är ett effektivt sätt att åstadkomma utsläppsreduktioner på (se t.ex. Söderholm, 2012).

Det finns också andra nackdelar med investeringssubventioner. Ett bidrag för levererad värmemängd favoriserar externt utnyttjande av spillvärme gentemot internt utnyttjande, vilket kan leda till suboptimering. Dessutom involverar subventionerna ett ansökningsförfarande, som kan leda till den sökande, med bäst kunskap om projektet, har incitament att visa att stödet behövs för att realisera investeringen.

4.5 Avslutande reflektioner

Detta kapitel har visat att en rad förhållanden kan utgöra ett hinder för etablerandet av effektiva spillvärmesamarbeten, men få av dessa kan sägas snedvrida beslutsfattandet på ett sätt som motiverar kraftfulla styrmedel för att öka utnyttjandet av spillvärme. Om det är lönsamt att tillvarata spillvärme ligger det i båda parter intresse att avtala om ett samarbete, och såväl ekonomisk teori som empiri talar för att sådana avtal oftast kommer till stånd då det är effektivt.

Den politiska styrningens roll består här främst i att: (a) generera värdefull information om den tekniska samt ekonomiska potentialen för utnyttjande av spillvärme; samt att (b) reducera transaktionskostnaderna för de involverade parterna att ingå frivilliga, marknadsmässiga avtal. För att åstadkomma detta finns en rad möjligheter, bl.a. inom ramen för existerande styrmedel. De kommunala energiplanerna – och dess fokus på kartläggning av energiflöden – erbjuder t.ex. en möjlighet att identifiera spillvärmekällor. Miljöbalkens s.k. kunskapskrav kan utnyttjas (och utnyttjas ibland) för att förmå företagen att i samband med tillståndsprövningen utvärdera potentialen för olika spillvärmesamarbeten.

Liknande krav finns i Energieffektiviseringsdirektivet där det bl.a. anges (artikel 14.5) att en kostnadsnyttoanalys ska göras och redovisas för att t.ex. beakta möjligheten att få avsättning för spillvärme innan en ny industrianläggning uppförs (eller innan en sådan anläggning ska genomgå en omfattande uppgradering) (Energimyndigheten, 2013b). Insatser där staten stödjer spridning av information om lyckade spillvärmesamarbeten kan också vara motiverade, och påverka beslutsfattare i andra kommuner (Energimyndigheten, 2008b). Ett annat möjligt styrmedel är ett kompetenscentrum för hjälp i olika skeden av en samarbetsprocess.

5 TIMES-SWEDEN: STRUKTUR OCH MODELLUTVECKLING

5.1 Introduktion

I detta kapitel ges en kort introduktion till energisystemmodellen TIMES-Sweden (avsnitt 5.2), som sedan används i analysen av olika styrmedelsscenarioer. Sedan ges en beskrivning av den utveckling av modellen som gjorts inom ramen för projektet (avsnitt 5.3). Denna modellutveckling inkluderar: (a) förbättringar av efterfrågesidan (uppdelning i olika bostadssegment); (b) förändringar rörande hur fjärrvärmeprofilen är representerad (i form av tidsupplösning); (c) uppdatering av teknikdatabasen (el- och värmeproducerande teknologier); och (d) en uppdelning av fjärrvärmesektorn i flera kategorier av nät. Inte minst den sista punkten har inneburit ett omfattande modellutvecklingsarbete.

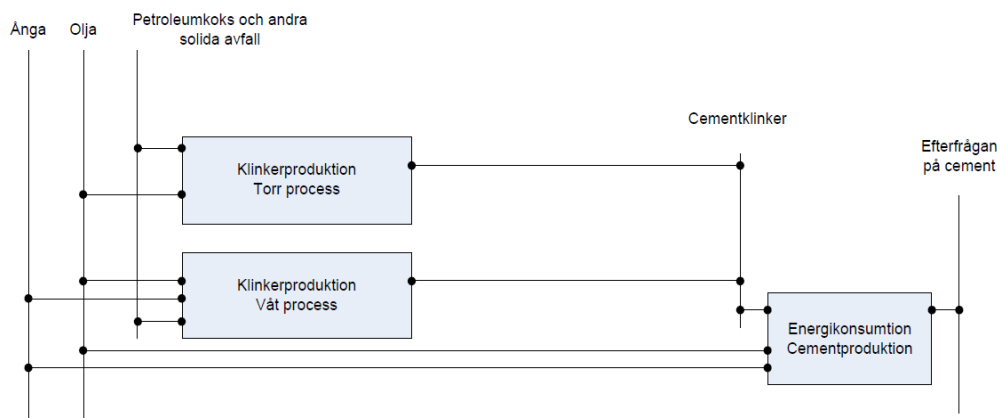
5.2 En introduktion till TIMES-Sweden

TIMES-Sweden är en TIMES baserad modell som delar struktur med Pan European TIMES-modellen (PET-modellen). PET-modellen utvecklades inom två olika EU-finansierade projekt, NEEDS och RES2020, och finns dokumenterad på RES2020 hemsida.¹⁵ TIMES är ett modellverktyg utvecklad av den energisystemanalytiska forskarmiljön kring ETSAP¹⁶, och inbegriper teknikdetaljerade optimeringsmodeller som minimerar kostnaden för att möta en given efterfrågan under definierade randvillkor. Efterfrågan är definierad som energitjänster, ”energy services”, och kan inkludera allt från nyttiggjord energi för uppvärmning i ett rum (i PJ), personkilo-meter i lokaltrafiken samt miljoner ton aluminium. Randvillkoren kan t.ex. utgöras av en begränsad tillgång på biobränsle eller en koldioxidrestriktion. I en TIMES-modell beräknas en partiell jämvikt på energimarknaden. Vid denna jämvikt produceras exakt så mycket som konsumenterna är villiga att köpa och konsument- plus producent-överskott är maximerat. Detta jämviktsvillkor är närvarande vid varje del av energisystemet och beräknas med hjälp av linjärprogrammering (LP). TIMES-modeller utgår från att det råder fullständig konkurrens och perfekt information på energimarknaden. Detta innebär att aktörerna har fullständig kunskap om den rådande och den framtida utvecklingen av olika parametrar och därmed kan TIMES-modellen beräkna den optimala (kostnadsminimerande) lösningen för samtliga tidsperioder.

¹⁵ RES2020 hemsida uppdateras av Centre for Renewable Energy Sources and Saving (CRES), Grekland, och återfinns på: <http://www.cres.gr/res2020/>

¹⁶ ETSAP är en förkortning för ”The Energy Technology Systems Analysis Program” och är ett av the International Energy Agency (IEA) s.k. ”Implementing Agreement”. Hemsidan återfinns på: www.iea-etsap.org

TIMES-modeller inkluderar både teknikrelaterade variabler och flödesrelaterade variabler, vilket innebär att det är lättare att skapa mer flexibla processer och begränsningar. Tekniker och processer är beskrivna med hjälp av ett antal tekniska och ekonomiska parametrar. Varje teknik är explicit identifierad och särskild från alla andra tekniker i modellen. Detta underlättar beskrivningen av användarsidan vilken ofta är mer ”flödesintensiv”, dvs. består av flera processteg med olika inputs och outputs. Den totala energianvändningen kan förändras både till kvantitet och till energimix om en process byts ut mot en annan även om den slutliga mängden vara/tjänst är densamma. Figur 5.1 illustrerar t.ex. hur cementindustrin, en energiintensiv användarsektor, kan modelleras i TIMES. Efterfrågan på cement (miljoner ton) här är exogent given. Valet av olika energibärare för att möta efterfrågan av cement beräknas endogent i modellen utifrån antagna tekno-ekonomiska variabler för de definierade processerna (som representerar dagens tekniker liksom framtida alternativa tekniker).



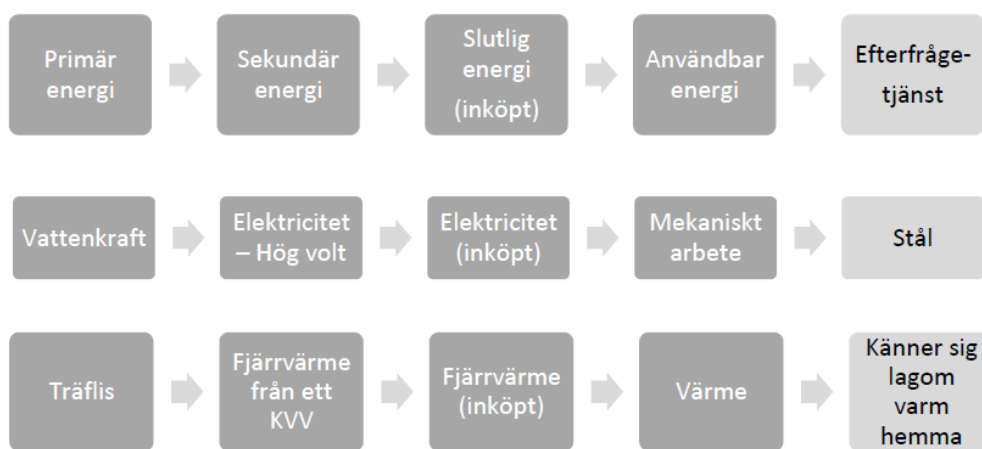
Figur 5.1: Representationen av cementindustrin i TIMES-Sweden

Andra energiintensiva industrier, såsom järn- och stålindustrin samt papper- och massaindustrin, har en liknande (men betydligt mer komplex) uppbyggnad i TIMES-Sweden (liksom i PET-modellen). Övriga användarsektorer – bostad, service, transport och jordbruk – modelleras också utifrån likartade principer. Utgångspunkten är efterfrågan på olika energitjänster, t.ex. varma rum (m²), kollektivtrafik (antal passa-gerare). De efterfrågetjänster som är representerade i den nuvarande versionen av TIMES-Sweden finns angivna i bilaga A. Utifrån dessa, och givet de olika produktionsteknologierna, kan sedan efterfrågan på olika energibärare modelleras (Loulou m.fl., 2005).

TIMES-modellen är konstruerad på ett sådant sätt att antalet teknologier och deras relativa struktur förändras helt och hållet av den datamängd som ges till modellen (utan att ändra modellekvationer). Med andra ord är modellen i stor utsträckning datadriven vilket implicerar att olika delar av energisystemet kan modelleras i än större detalj genom att bygga ut databasen för önskvärda sektorer. Modelleringen av energianvändningen i processer är en fördel då olika styrmedel för energieffektivise-

ring ska studeras genom att efterfrågan på energi bestäms endogen och modellen explicit kan beskriva hur investeringar i olika energieffektiviserande åtgärder påverkas av förändrade incitament och/eller regleringar av olika slag.

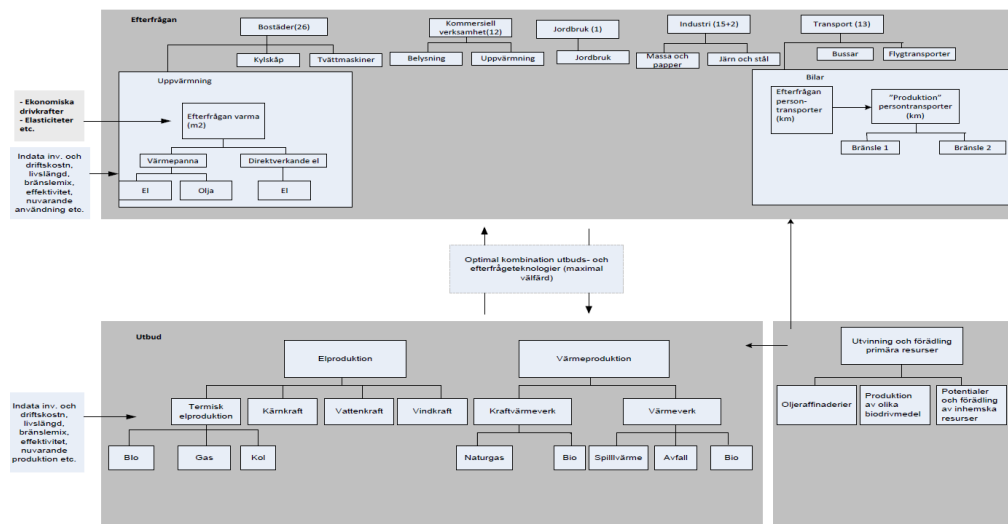
Energisystemmodeller som TIMES utgår från referensenergisystemet och modellerna inkluderar ofta hela energisystemet från primär energi till efterfrågetjänsten (se Figur 5.2). Detta skiljer sig från många andra modeller, som ofta slutar vid slutlig energi-användning, det vill säga den energi som köps av slutkonsumenten. Denna är i regel enkel att mäta och motsvarar de rörliga kostnaderna konsumenterna har för sin energianvändning. Energisystemmodeller går ofta längre och inkluderar omvandlingen av slutlig energi till användbar energi, t.ex. konverteringen av biopellets till värme i bostadshus. För vissa segment fångar beskrivningen även upp omvandlingen till slutlig produkt, till exempel stål. Energisystemmodeller fångar därmed även in alternativa metoder att omvandla den köpta energin. Detta är en viktig egenskap även utifrån ett styrmedelsperspektiv, vilket bl.a. illustreras av diskussionen om Boverkets byggregler i avsnitt 2.5.



Figur 5.2: Centrala energibegrepp inom energisystemanalys

TIMES-Sweden inkluderar hela Sveriges energisystem strukturerade som 7 sektorer och mer än 80 olika efterfrågesegment. Sektorena är Jordbruk (AGR), Hushåll och bostäder (RSD), Service och tjänstesektorn (COM), Transport (TRA), Industri (IND), Energiomvandlingssektorn (SUP) och El- och fjärrvärmesektorn (ELC). I sektorn jordbruk ingår även skog och fiske. Service och tjänstesektorn är fokuserad på lokaler och innefattar även all offentlig verksamhet såsom sjukhus och idrottsanläggningar. Valet av energibärare och industrisektorn är baserad på Eurostat och har därefter anpassats för att beskriva nödvändiga interaktioner.

Figur 5.3 illustrerar översiktligt TIMES-modelleringen av hela energisystemet, såsom det ser ut inom ramen för TIMES-Sweden, men inkluderar inte explicit de modellutvecklingar som gjorts inom ramen för projektet (se avsnitt 5.3). I Figur 5.3 är samtliga användargrupper specificerade; bostäder, kommersiell/offentlig verksamhet, jordbruk, industri och transport. Varje användargrupp är indelad i olika undergrupper (segment) varav figuren endast belyser ett fåtal. Det totala antalet undergrupper anges inom parantes, och dessa presenteras i sin helhet i Berg m.fl. (2012). Bostadssegmentet innehåller t.ex. totalt 26 olika undergrupper inom en rad olika kategorier såsom matlagning, belysning, torkskåp, diskmaskiner, tvättmaskiner, varmvatten och uppvärmning i olika typer av bostäder.



Figur 5.3: TIMES-Sweden: modellering av hela energisystemet

Alla modeller är förenklingar av verkligheten, och har därför såväl styrkor som svagheter. Några av de viktigaste styrkorna med TIMES-Sweden är att den: (a) kan fånga upp resursbegränsningar, t.ex. konkurrensen om biobränsle mellan el-, värme- och transportsektorn; samt att (b) tekniskdetaljerna i modellen möjliggör en analys av vilka teknikförändringar och teknikval som måste till för att nå ett visst mål (t.ex. en given reduktion i koldioxidutsläppen) under givna förutsättningar. Resultaten är dessutom "spårbara" vilket bygger både på hur modellen är strukturerad och på mjukvaran. Några av modellens svagheter är att: (a) det finns ingen återkoppling till den övriga ekonomin (utanför energisektorn);¹⁷ (b) den antar oändlig tillgång till kapital (dvs.

¹⁷ I ett forskningsprojekt som avslutades i december 2012 åstadkoms en mjuklänkning mellan TIMES-Sweden och den allmänna jämviktsmodellen EMEC. Denna utveckling innebär att interaktionen med den övriga samhällekonomin kan beskrivas på ett mer konsistent sätt (se Berg m.fl., 2012).

stora investeringar kan ske under en kort tidsperiod); samt (c) det finns ingen återkoppling mellan efterfrågetjänsten och prisnivå.¹⁸

5.3 Modellutveckling för förbättrad analys av värmemarknaden

TIMES-Sweden har utvecklats för att fjärrvärmesektorn ska vara bättre representerad, och att därför olika styrmedels effekter ska kunna beskrivas och beräknas på ett mer ändamålsenligt sätt. TIMES-Sweden hade från början samma grundstruktur som PET-modellen. För att bättre fånga fjärrvärmens utveckling har förändringar i modellen gjorts inte bara med avseende på fjärrvärme utan även i hur värmeefterfrågan är beskriven. Förändringar har skett i hela kedjan från fjärrvärmeförsörjningen, via olika uppvärmningstekniker i byggnaderna till uppdelningen av värmebehovet. Fjärrvärmens heterogena sammansättning är också representerad i den utvecklade modellen. De viktigaste förändringarna rör tillförselsidan av fjärrvärmesektorn, och dessa beskrivs i detalj nedan. På efterfrågesidan är den viktigaste modellutvecklingen att modellen nu gör en uppdelning mellan existerande, renoverade samt nybyggda bostäder.

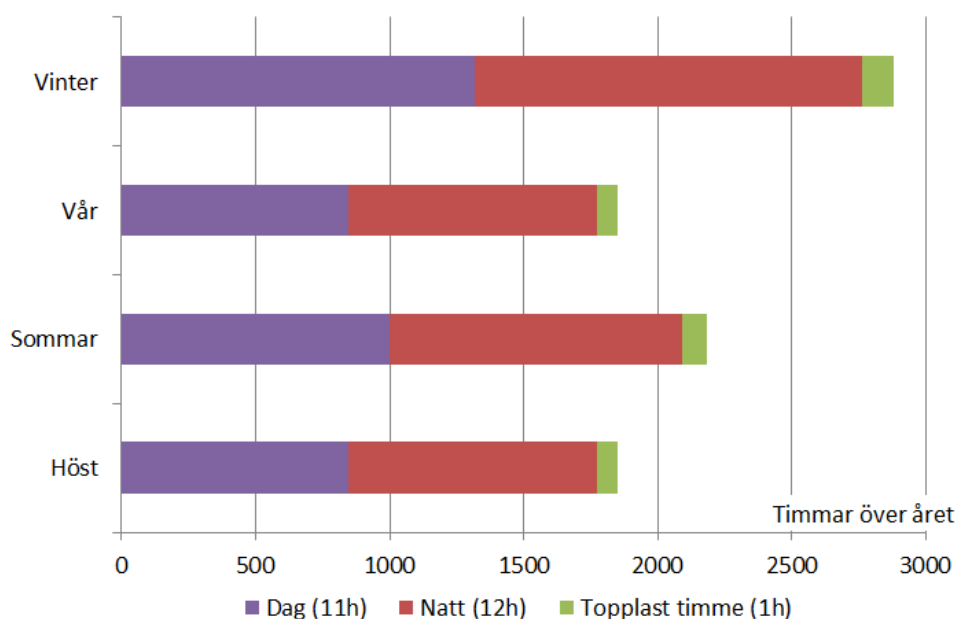
5.3.1 Fjärrvärmeprofilen

En viktig utveckling av modellen är att beskriva fjärrvärmen med tolv olika tidssteg under året (säsonger samt dag/natt/topplastimme) i stället för de tidigare fyra tidsstegen (endast säsonger). Detta har gjorts inte minst för att bättre beskriva sektorn interaktion med elmarknaden. I stora energisystemmodeller är det vanligt att värme endast beskrivs med säsonger eftersom variationen över dygnet är små. Detta är inget stort problem när värmebehovet är fristående från elbehovet, t.ex. i system där en stor del av uppvärmningen sker via naturgas och där fjärrvärme bara har en marginell roll. I Sverige samverkar emellertid el- och fjärrvärmemarknaderna både vid fjärrvärmeproduktionen samt i slutledet (uppvärmning av byggnader). Vid produktion av fjärrvärme påverkar elpriset både lönsamheten i kraftvärmeanläggningar (samproduktion av el och värme), samt lönsamheten i att använda värmepumpar respektive elpannor (dvs. använda el för att få värme). I slutledet är el och fjärrvärme direkta konkurrenter vid val av uppvärmningsform i fastigheter.

I PET-modellen beskrivs värmeproduktionen i fjärrvärmensäten med fyra olika tidsperioder under året, dvs. säsongerna vinter, vår, sommar och höst. I och med den genomförda utvecklingen av TIMES-Sweden beskrivs nu fjärrvärmeanvändning och produktion i TIMES-Sweden med samma tidsindelning som elektricitet, dvs. med

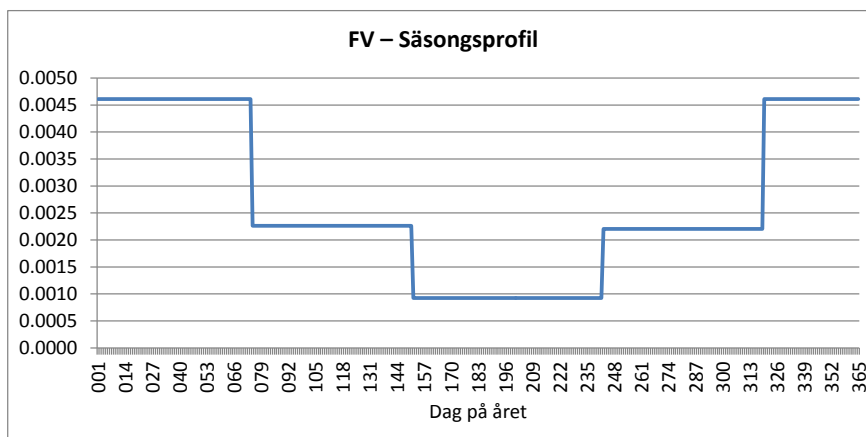
¹⁸ För hushållen innebär detta att t.ex. uppvärmd yta antas vara konstant oavsett vad som händer med priset på energin (uppvärmd yta beräknas om till en energienhet). Om priset går upp kan vissa välja att dra ner temperaturen och/eller att bo i mindre bostäder, men dessa faktorer har ej tagits hänsyn till i modellen. På samma sätt ges till modellen antalet personkilometer som körs med bil och tar inte hänsyn att bilåkandet kan bytas ut mot kollektivtrafik om priset på drivmedel skulle öka. Däremot finns det en prisåterkoppling mellan inköpt mängd energi. Eftersom slutlig energianvändning beräknas endogent, dvs. om konsumenten byter från direktverkande el till värmepump minskar mängden inköpt el. På samma sätt blir bränslesnåla bilar i modellen mer ekonomiskt attraktiva om priset på drivmedel ökar.

tolv tidsperioder över året. Mer specifikt innebär detta att varje år är indelat i fyra säsonger (vinter, vår, sommar och höst) respektive i dag, natt och en så kallad ”topplasttimme”. Figur 5.4 beskriver respektive periods tidsindelning över året i modellen. Fjärrvärmeefterfrågans variation mellan dygnet i respektive säsong illustreras i figur 5.5, medan figur 5.6 visar hur fjärrvärmeprofilen är fördelad över dygnet för respektive säsong.¹⁹

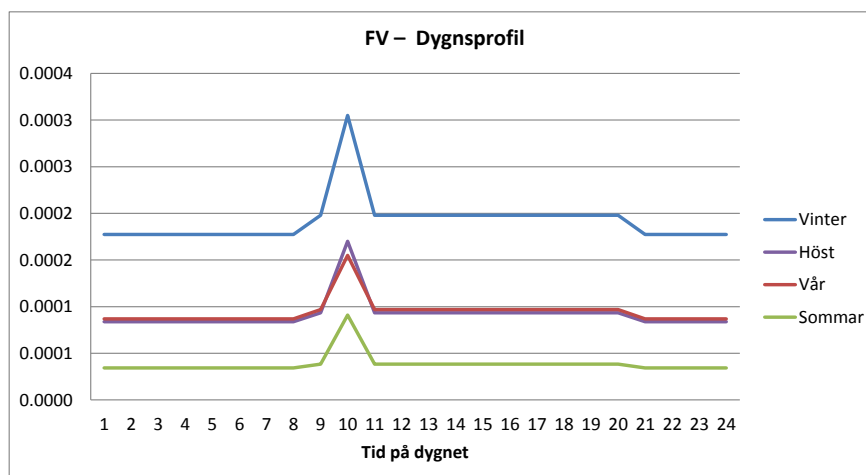


Figur 5.4: TIMES-Sweden: Beskrivning av tidsindelning

¹⁹ Fjärrvärmeprofilen är baserad på information om värmelast i Stockholms fjärrvärmenät, från Erik Dotzauer, Fortum (2012).



Figur 5.5: Variationen över året i fjärrvärmeefterfrågan mellan olika säsonger i elprisområde 3



Figur 5.6: Variationen i fjärrvärmeefterfrågan över dygnet för respektive säsong i elprisområde 3. Vår och höst dygnsprofilen överlappar delvis varandra

5.3.2 Uppdatering av teknikdatabasen

En viktig egenskap hos en energisystemmodell är att kunna beskriva de teknikval som är möjliga att investera i. I den utveckling av modellen som gjorts inom ramen för detta projekt har teknikdatabasen uppdaterats med avseende på vilka tekniker som är aktuella i olika fjärrvärmenät (se också avsnitt 5.3.3). Teknikdatabasen är också uppdaterad i form av att nya kraftvärmeverk är definierade som ”uppgraderade kraftverk” (dvs. kostnads- och teknikdata är harmoniserade). Ett kraftvärmeverk är i själva verket ett vanligt kondenskraftverk som har anpassats för att återvinna spillvärmes.

Vi har också inkluderat värmepump och elpanna för fjärrvärmeproduktion (tidigare var detta löst genom att förlänga livstiden på existerande anläggningar).

Utöver detta har vi gjort en genomgång/harmonisering av vilka tekniker som levererar el till vilket elnät (stamnät, regionalnät respektive stadsnät). Storskalig vatten-kraft, kärnkraft och storskaliga kondenskraftverk antas leverera el till stamnät, vind-kraft och kraftvärmeverk antas leverera el till regionalnäten, medan småskalig kraft-produktion antas leverera el till stadsnätet eller direkt till byggnaden.

En fortsatt uppdatering av databasen är nödvändig även framöver, t.ex. vad gäller inkludering av nya tekniker samt mer detaljerade kostnadssteg för existerande såväl som ny teknik. Modellen har i sig inga begränsningar gällande vilka eller hur många tekniker som kan inkluderas; den enda begränsande faktorn är tillgången på relevant och tillförlitlig data.

5.3.3 Uppdelning i flera fjärrvärmenät

Många energisystemmodeller, inklusive TIMES-Sweden, har haft en relativt enkel beskrivning av fjärrvärmesystemet. Fjärrvärmen var tidigare representerad som ett nationellt fjärrvärmenät där alla kraftvärmeverk och alla pannor kunde leverera fjärrvärme och varifrån alla fjärrvärmekunder kunde ta sin värme. I ett stort fjärrvärmenät kan alla tekniker samverka, vilket inte är fallet i mindre nät eller i mellanstora nät där majoriteten av värme hämtas från en energikälla med låg rörlig kostnad (t ex spillvärme eller avfall). Den tidigare modellrepresentationen beskrev med andra ord fjärrvärmesektorn i Sverige som mer flexibel än den egentligen är. Mixen av energikällor i ett nät påverkar även fjärrvärmepriset, vilket i sin tur påverkar fjärrvärmens konkurrenskraft gentemot andra uppvärmningsalternativ. Ett mindre nät är även begränsat till mindre enheter, vilket kan innebära högre investeringskostnad per installerad kW. Detta gäller speciellt för anläggningar med en initial hög initial kostnad – till exempel avfallsförbränning som ställer höga krav på rökgasrening – vilket gör att investeringskostnaden per kW blir betydligt högre för små enheter jämfört med stora enheter. Motivet till uppdelningen i flera olika fjärrvärmenät är således både att bättre fånga upp vilka anläggningar som används och att fånga upp vilka investeringsalternativ som är mest lönsamma i framtiden.

Den uppdelning av fjärrvärmenäten som gjorts i modellen har resulterat i fyra olika kategorier utefter storleken på näten. Indelningen av fjärrvärmenät utifrån storlek är baserad på vilken typ av kraft- och värmeproduktion som är aktuell, och kraftvärme-verken är uppdelade i respektive kategori av nät. På samma sätt är databasen med nya anläggningar definierad efter fjärrvärmenät. Tabell 5.1 visar den resulterande indelningen av fjärrvärmenäten i kategorier, medan Tabell 5.2 visar hur Sveriges fjärrvärmenät kan fördelas på respektive kategori. Den styrmedelsanalys som görs i kapitel 7 kan därför belysa hur olika styrmedel kan påverka olika nät på olika sätt. Nedan diskuteras i mer detalj hur den indelning av näten som gjorts kan motiveras utifrån den existerande strukturen på de svenska fjärrvärmenäten.

Tabell 5.1: Indelning av fjärrvärmenät i TIMES-Sweden

	Stora FV nät	Mellanstora FV nät	Mellansmå FV nät	Små FV nät
Årlig levererad mängd värme	>1000 GWh	300-1000 GWh	100-300 GWh	< 100 GWh
Kraftvärme (Eleffekt*)	Alla	<50 MW	<20 MW	Små/Mikro
Avfallsförbränning (både panna och kraftvärme)	Ja	Ja	Nej*	Nej

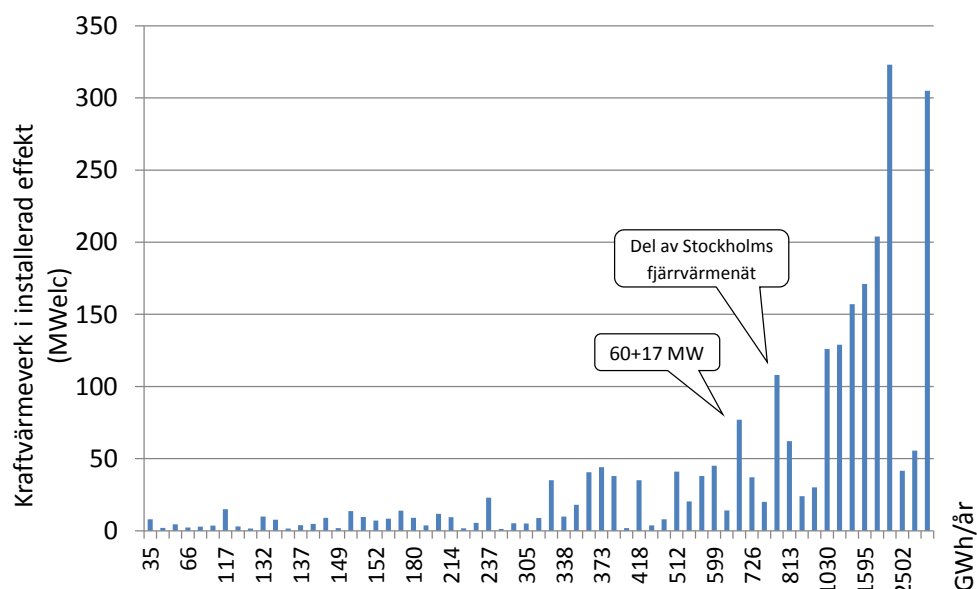
**Eleffekt står för att det är eluttaget som mäts till skillnad mot totaleffekten vilket beskriver mängden värme och el som momentant kan tas ut från kraftvärmeverket.*

Tabell 5.2: Fördelningen av fjärrvärmenät inom respektive fjärrvärmekategori

	Antal fjärrvärmenät		Årlig levererad mängd värme		Medel värme per FV nät
	Antal	%	TWh	%	GWh
Stora (>1000 GWh)	*18	4,0	32,2	52,9	1789
Mellanstora (300-1000 GWh)	26	5,8	14,2	23,4	548
Mellansmå (100-300 GWh)	54	12,1	8,3	13,6	154
Små (< 100 GWh)	348	78,0	6,2	10,1	22
Alla	446		60.9		137

**Alla nät levererar inte nödvändigtvis över 1000 GWh värme per år då kategorin stora nät även inkluderar ihopkopplade nät som tillsammans agerar som ett stort nät.*

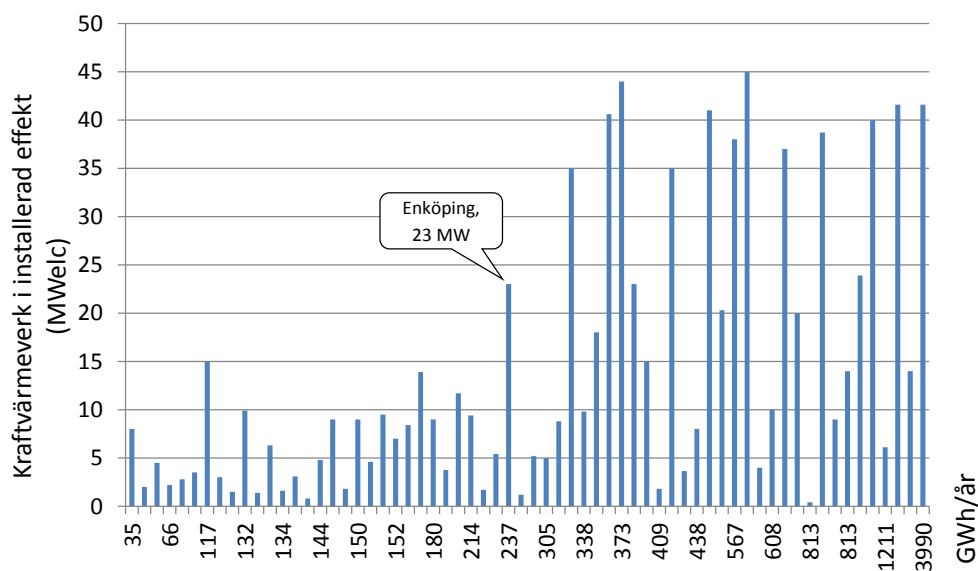
En första viktig utgångspunkt för indelningen är att stora kraftvärmeverk har fått definiera gränsen mellan stora och mellanstora fjärrvärmenät. Med ett undantag finns alla kraftvärmeverk över 50 MW i fjärrvärmenät med en levererad årlig värme över 1000 GWh (år 2010). Detta illustreras i Figur 5.7. Undantaget är Sundsvall som levererade 645 GWh fjärrvärme år 2010. Det största kraftvärmeverket som specificeras i Elforsks (2011) kartläggning är på 150 MW_{el}, vilket med tanke på dagens teknik troligen endast är relevant i fjärrvärmenät med en årlig efterfrågan på över 1000 GWh värme. Vid en närmare analys av de enskilda fjärrvärmenäten framgår också att i fjärrvärmenät med över 1000 GWh levererad värme finns i allmänhet har en större mix av olika energikällor. Därmed verkar dessa nät också vara mer flexibla när det gäller investeringsalternativ. 1000 GWh bedöms därför vara ett lämpligt val för gränsdragningen mellan ”medelstora” och ”stora” fjärrvärmesystem i Sverige.



Figur 5.7: Analys av installerade kraftvärmeverk och storleken på fjärrvärmenät. *Installerad elektrisk effekt i MW (y-axeln), samt fjärrvärmenätstorlek mätt i levererad mängd fjärrvärme i GWh/år (x-axeln)*

Avfallspannor definierar gränsdragningen mellan ”mellanstora” och ”mellansmå” fjärrvärmenät. Anledningen till att avfallsförbränning inte är aktuell i mindre nät är bl.a. att det finns en initialkostnad för rökgasrening oavsett storlek. Detta motsäger dock inte att det kan existera avfallsförbränning även i de mindre näten; detta antagande gäller främst lönsamheten i framtida investeringar. Det minsta fjärrvärmenätet med ett avfallseldat kraftvärmeverk är Boden. Boden levererade 305 GWh fjärrvärme (år 2010), och kraftvärmeverket har en installerad eleffekt på 5 MW. Vidare visar analysen av spridningen av kraftvärmeverk i olika fjärrvärmenät att bara ett kraftvärmeverk över 20 MW är lokaliserade i fjärrvärmenät med en levererad fjärrvärme understigandes 300 GWh (se Figur 5.8).

Slutligen bygger indelningen på att kraftvärme får definiera gränsdragningen mellan ”mellansmå” och ”små” fjärrvärmenät (Tabell 5.1). Vår analys av kraftvärmeverkens fördelning visar att kraftvärmeverken framförallt är fördelade bland fjärrvärmenät över 100 GWh levererad värme. Undantagen är Storuman, Munkfors, Lomma, Tida-holm och Malå; för samtliga dessa ligger installerad eleffekt under 10 MW.



Figur 5.8: Analys av installerade kraftvärmeverk och storlek på fjärrvärmenät med fokus på kraftvärmeverk under 50 MW. *Installerad elektrisk effekt i MW (y-axeln), samt fjärrvärmenätstorlek mätt i levererad mängd fjärrvärme i GWh/år (x-axeln)*

6 IMPLEMENTERING AV TIMES- SWEDEN: POLICYSCENARIER OCH MODELLANTAGANDEN

6.1 Utgångspunkter för scenarioanalysen

En viktig utgångspunkt för modellanalysen i denna rapport är uppfyllandet av långsiktiga klimatmål, det vill säga en anpassning mot betydligt lägre koldioxidutsläppsnivåer fram till år 2050. Med nuvarande utsläppstrend är världen på väg mot mer än fyra graders ökning av den globala medeltemperaturen, räknat från förindustriell tid till slutet av det här seklet. Kostnaderna för skador och för anpassning av samhället till ett förändrat klimat får framtida generationer bära. För att inte skjuta problem och kostnader på framtiden har världens länder enats om att begränsa temperaturökningen till högst två grader. Det betyder att de globala utsläppen av växthusgaser i genomsnitt måste minska till högst två ton koldioxidekvivalenter per världsborgare år 2050. För den industrialiserade delen av världen handlar det om att minska utsläppen drastiskt, från dagens nivåer på mellan 6 och 25 ton koldioxidekvivalenter per invånare, vilket motsvarar minskade utsläpp med 70–95 procent (Naturvårdsverket, 2012).

För Sveriges del är det viktigt att notera att en stor del av utsläppen sker i den sektor av ekonomin som omfattas av EU ETS, och utsläppsnivåerna här påverkas i hög grad av priset på utsläppsrätter inom detta system. I modellen är detta pris exogent givet. IEA har presenterat beräkningar på vilka EU ETS-priser som är konsistenta med en fyra graders ökning av den globala medeltemperaturen respektive tvågradersmålet (se avsnitt 6.4). Det förstnämnda priset används i vårt referensscenario medan det sist-nämnda används i alla policyscenarier. De sektorer av ekonomin som inte ingår i EU ETS – den s.k. övrigsektorn – inkluderar inte minst transportsektorn. Det nu gällande svenska klimatmålet är formulerat som en 40 procents reduktion i utsläppen i övrig-sektorn till 2020 jämfört med 1990. Flertalet analyser visar att med existerande styr-medel är det sannolikt att Sverige når detta mål för 2020 (se t.ex. Konjunkturinstitut-et, 2012). De klimatpolitiska policyscenarier som formuleras nedan bygger alla på att Sverige ska bidra till tvågradersmålet. Utöver ett högre pris inom EU ETS antas des-sutom att utsläppen i de delar av det svenska energisystemet som inte omfattas av EU ETS behöver reduceras med 80 procent till 2050 jämfört med 1990 års nivå.

De scenarier som presenteras i mer detalj nedan är att betrakta som explorativa scen- arier, dvs. de definierar *möjliga* utformningar av styrmedelskombinationer snarare än regelrätta prognoser av hur vi tror att den framtida politiken kan utformas. De resultat ska inte heller tolkas som prognoser över en sannolik utveckling av energisystemet, utan i första hand som möjliga utvecklingar av systemet.²⁰ De

²⁰ Se också Mansikkasalo m.fl. (2010) för en diskussion om hur energisystemmodeller kan användas för långsiktiga scenarier av energisystemet.

viktigaste resultaten rör främst *effekternas riktning* samt *skillnaderna mellan olika scenarier* snarare än de absoluta värden som presenteras.

6.2 Utformning av scenarierna

Tabell 6.1 specificerar de scenarier som analyseras. Referensscenariot bygger dels på det EU ETS pris som är konsistent med en global uppvärmning på fyra grader, samt existerande nivåer på koldioxidskatten. Det enda skillnaden gentemot dagens situation är att vi i referensscenariot antar att den kvotplikt som gäller för elcertifikatsystemet år 2020 förlängs till 2050. Antagen efterfrågan bygger på mjuklänkning med EMEC från ett tidigare projekt, presenterat i Berg m.fl. (2012). Fördelen med att använda dessa resultat är att de tar hänsyn till återverkningar på energibehovet från den övriga ekonomin. Resultaten omfattar två olika efterfrågescenarier, ett referensscenario och ett klimatscenario där efterfrågan på energiintensiva varor (såsom stål) är lägre i klimatscenariot. Vårt klimatscenario är inte identiskt med klimatscenariot i mjuklänkingsstudien, men är ändå motiverat att använda då skillnaden är betydligt större mellan referensscenariot och klimatscenariot än mellan denna studie och mjuklänkingsstudien.

Tabell 6.1: Centrala styrmedelsantaganden år 2050 för respektive scenario

Scenario	Teknikneutrala styrmedel		Teknikspecifika styrmedel			Efterfrågan
	EU ETS-pris	CO2-skatt	Elcertifikatsystemet	Miljöfordon	Byggregler	
Referens	4DS	Dagens	2020-kvot löper till 2050			Referens (EMEC ML)
Klimat: CO2-pris	2DS	80% reduktion i övrig sektor				Klimat (EMEC ML)
Klimat: Elcertifikat	2DS	Enligt ovan, men lägre skattesats	Skarpare kvotplikt			Klimat (EMEC ML)
Klimat: Elbilar	2DS	Enligt ovan men lägre skattesats	Enligt Ref	55% av fordon är elbilar (NETP: 2DS 85% scenario)		Klimat (EMEC ML)
Klimat: Biofuel	2DS	Enligt ovan men lägre skattesats	Enligt Ref	Andel biodrivmedel (NETP: 2DS 85%BB scenario)		Klimat (EMEC ML)
Klimat+Energi: Byggregler	2DS	Enligt ovan	Enligt Ref		Nära noll byggnader	Klimat (EMEC ML)
Klimat+Energi: Kvotplikt enligt EU-direktiv	2DS	Enligt ovan	Enligt Ref			Energianv. baserat på Eff.Direktiv

En anpassning av det svenska energisystemet som är konsistent med tvågradersmålet kan åstadkommas på många sätt, men resultaten visar entydigt att det behövs skärpta eller nya styrmedel för att nå dit. I alla policyscenarier antas att priset på utsläppsätter inom EU ETS höjs till en nivå som IEA bedömer behövs för att nå

tvågradersmålet, samt att utsläppen i den svenska övrigsektorn reduceras med 80 procent jämfört med 1990 års nivå. I TIMES-Sweden representeras övrigsektorn främst av transport-sektorn samt av energiproducerande anläggningar som inte är tillräckligt stora för att ingå i handelssystemet.

I kapitel 2 diskuterades valet mellan teknikneutrala och tekniks specifika styrmedel; det finns såväl ekonomiska som politiska argument för att en långsiktig klimatpolitik sannolikt kommer att bygga på en kombination av dessa kategorier av styrmedel. I de policyscenarier som definieras i Tabell 6.1 utgörs det första scenariot, ”Klimat: CO2-pris”, ett teknik neutralt scenario. Här åstadkoms den 80-procentiga reduktionen i övrigsektorn enbart med hjälp av en högre koldioxidskatt, och inga andra styrmedel införs. Nivån på den koldioxidskattehöjning som krävs bestäms endogen i modellen utifrån skuggpriset för att uppfylla klimatmålet.

I alla övriga scenarier kombineras en koldioxidskattehöjning med andra mer teknik-specifika styrmedel; i dessa fall blir (den endogena) koldioxidskattehöjningen således lägre än vad som är fallet i det teknikneutrala scenariot. I ett scenario antas att elcertifikatsystemet skärps; främst antar vi att alla elanvändare blir elcertifikatberättigade. Transportsektorn är central för att uppnå en betydande reduktion av koldioxidutsläppen till 2050, och i två scenarier definieras en klimatpolitik som bygger på att specifika tekniklösningar uppmuntras i transportsektorn. I det första fallet ”tvingar” modellen in en given andel (55 procent) elbilar, och i det andra fallet en motsvarande andel biodrivmedel. Modelltekniskt sker detta genom en kvotplikt på användningen av dessa energikällor i transportsektorn. Det finns därför ett implicit antagande om att de andelar som anges ovan för elbilar respektive biodrivmedel förverkligas på ett kostnadseffektivt sätt. På motsvarande sätt formuleras ett policyscenario där det finns krav på s.k. nära-noll byggnader samt ett scenario som bygger på Energieffektiveringsdirektivets förslag om en kvotplikt för energieffektivisering motsvarande 1,5 procent per år (se kapitel 3).

6.3 Typ av resultat som genereras i analysen

De frågor som scenarioanalysen kommer att kunna besvara gällande den framtida värmemarknaden är till exempel: (a) hur kan värmemarknaden, t.ex. i valet mellan olika uppvärmningsalternativ, påverkas av de olika styrmedelskombinationerna; samt (b) hur teknikvalen i de olika typerna av fjärrvärmenät påverkas. Dessa frågor analyseras med utgångspunkt från de resultat som modellen genererar gällande fjärrvärme- och elmixens sammansättning, slutlig energianvändning, koldioxidutsläpp, samt systemkostnader.

TIMES-Sweden är på många sätt en användbar modell för att analysera hur effekterna av olika styrmedel påverkar interaktionen mellan olika sektorer samt effekterna av olika begränsningar som politiken innebär för investeringsval etc. Vi kan illustrera detta med exemplet kvotplikt för energieffektivisering. Här kan modellen till exempel användas för att analysera effekterna av olika krav på energieffektiviserande åtgärder. Såsom antyds ovan i kapitel 3 rör de energibesparingar som kommer att omfattas av ett kvotpliktssystem en mer begränsad del av

energianvändningen, och ett troligt scenario är att endast vissa utpekade energieffektiviseringsåtgärder kommer att kunna åberopas för att uppfylla kvotplikten. Då TIMES-Sweden minimerar kostnaderna för energitillförseln för att tillgodose givna ”energitjänster” kommer såväl primärenergi som slutligt använd energi att variera mellan olika scenarier. Primärenergianvändningen kan i modellen antingen reduceras genom byte till en mer energieffektiv teknik i slutanvändningen (t.ex. energisnålare vitvaror), genom rena energieffektiviseringsåtgärder såsom isolering av väggar eller genom en effektivare energiomvandling och utnyttjande av sekundära energibärare (el, fjärrvärme, biobränslen etc.) genom till exempel kraftvärme. Det är lätt att till modellen addera ytterligare specifika energieffektiviseringsåtgärder givet att det går att identifiera bra data för dessa.

För de energipriser som beräknas endogen i TIMES-Sweden (t.ex. priset på fjärrvärme) kommer modellen också att generera förändringar i dessa på grund av den lägre efterfrågan på energi som blir konsekvensen av genomförda energieffektiviseringsåtgärder. Detta erbjuder också en möjlighet att analysera eventuella (partiella) rekyl-effekter. Om ett kvotpliktsystem exempelvis driver fram specifika energieffektiviseringsåtgärder som reducerar efterfrågan på fjärrvärme sänker detta priset på fjärrvärme, och andra åtgärder som reducerar fjärrvärmeanvändningen men som inte kan (får) utnyttjas för att uppfylla kvotplikten blir mindre lönsamma. Resultaten från TIMES-Sweden kan användas för att bedöma betydelsen av sådana sidoeffekter. TIMES-Sweden kan naturligtvis också användas för att analysera hur en given årlig energibesparing kan påverka energitillförseln (produktionsmixen) i energisystemet. Detta gäller såväl den totala produktionsmixen som den sektorsspecifika produktionsmixen. Ett lägre pris som en följd av energieffektiviserande åtgärder i en sektor kan t.ex. göra elbilar mer attraktiva, vilket i sin tur kan frigöra biobränsle från transport-sektorn för andra ändamål.

Medan ovanstående diskussion kan utgöra en relevant utgångspunkt för framtida styrmedelsanalyser bygger vårt energieffektiviseringsscenario i denna rapport på ett antagande om att energianvändningen bestäms exogen, och är därför heller inte förknippad med någon alternativkostnad. Detta scenario ska därför tolkas med stor försiktighet eftersom det inte bygger på en explicit modellering av styrmedel.

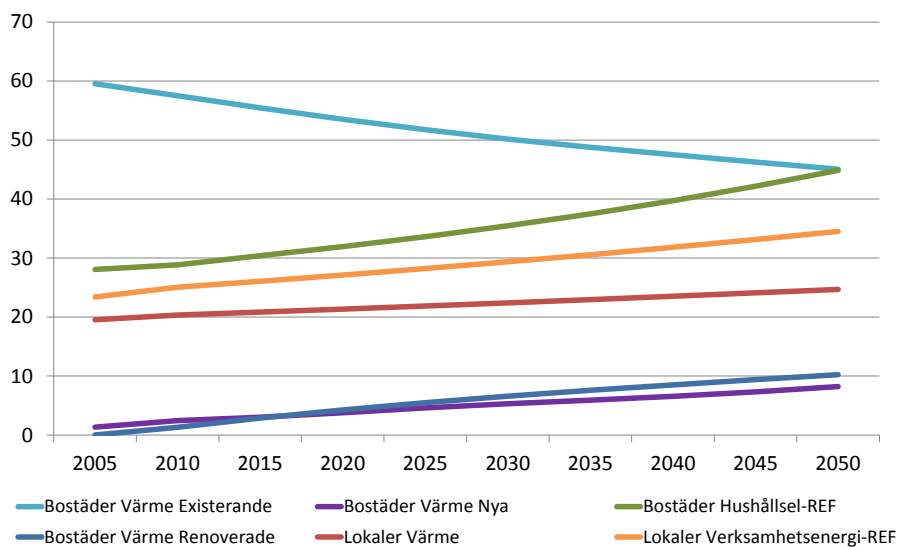
6.4 Specifika modellantaganden

TIMES-Sweden fokuserar på energi-, material-, emissions- och certifikatflöden. För energibärare med exogena priser (t.ex. olja, naturgas etc.) anges ett pris för varje tidsperiod. Basåret kalibreras med avseende på att få en korrekt energibalans (de främsta källorna är Eurostat, SCB och Energimyndigheten). Basåret är 2000 med kalibrering för 2005. TIMES-Sweden är en dynamisk modell där antaganden även definieras för efterföljande år. Efterfrågeutvecklingen och utvecklingen av energiprodukter som handlas på globala marknader (t.ex. kol, naturgas och olja) är exogena parametrar, liksom styrmedel, energi- och miljömål. Den valuta som används är Euro i 2005 års priser. De energipriser som används för fossila bränslen är IEA:s World Energy Outlook (2011). De skattesatser som används direkt i modellen, växelkurser samt KPI

från 2005 har hämtats från SCB och Eurostat. Elcertifikat finns representerat i modellen och priset beräknas endogen; information kring kvotpliktens utveckling har hämtats från Energimyndigheten.

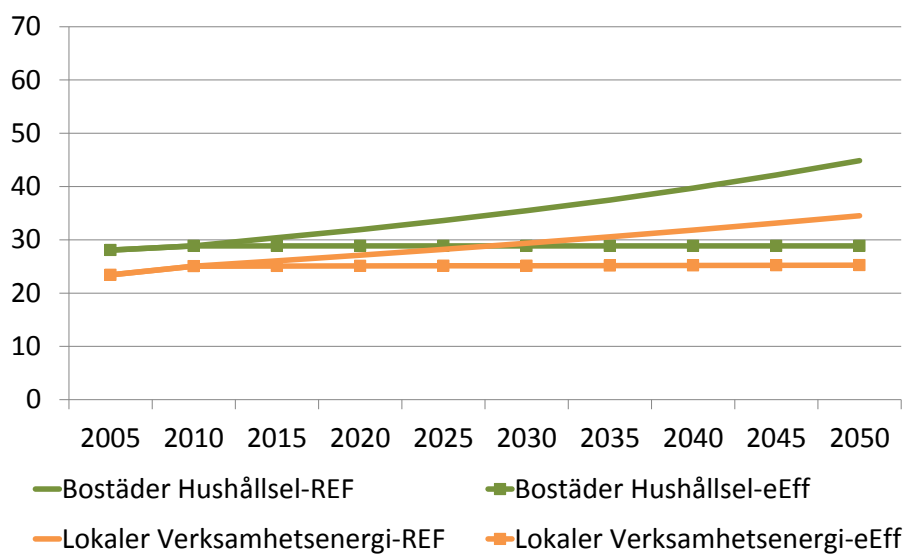
För att underlätta förståelsen av modellresultaten presenteras nedan några centrala antaganden som ligger till grund för modellkörningarna. Antaganden som hålls konstanta i alla grundscenarier benämns referensantaganden. Dessa antaganden kan komma att varieras i känslighetsanalysen. Det enskilt viktigaste antagandet i modellen är efterfrågeutvecklingen. Figur 6.1 visar den aggregerade efterfrågan av hushållsel, verksamhetsenergi och värme i bostäder och lokaler. Hushållselen är i modellen uppdelad i olika typer av aktiviteter såsom matlagning, belysning och tvätt. På samma sätt är bostäder uppdelade både efter bostadstyp och när de är byggda (befintliga, renoverade respektive nya). Efterfrågan baseras på antaganden om framtida befolkningsutveckling, personer per hushåll och förväntad bostadsareal. *Existerande byggnader* inkluderas i kategorin *renoverade byggnader* allteftersom de förväntas förnyas. Dessutom antas det kontinuerligt byggas nya bostäder, samt ett antagande om att några hus rivs. Värmebehovet för nya byggnader antas vara lägre per m² jämfört med renoverade byggnader, som i sin tur antas ha ett lägre värmebehov jämfört med existerande byggnader. Den minskade värmeefterfrågan i existerande bostäder beror således på att kategorin omfattar ett minskande antal bostäder och inte på att själva uppvärmningsbehovet minskar. Den aggregerade värmeefterfrågan (existerande, renoverade samt nya bostäder) antas öka med 3.6 procent mellan år 2010 och 2050 som en följd av antaganden om ökad folkmängd och färre personer per hushåll vilket leder till ett ökat antal bostäder. Gällande efterfrågan på hushållsel i bostäder och verksamhetsenergi i lokaler är modellen baserad på antagandet att efterfrågan ökar med cirka 50 procent mellan åren 2010-2050.²¹ Lokaler inkluderar både existerande och nybyggda lokaler. Gruppen lokaler omfattar många olika typer av lokaler, allt från skolor, sjukhus, restauranger och hotell till kontor. Det finns ingen distinktion mellan existerande och nybyggda lokaler så skillnaden i energibehov inom gruppen är större än variationen mellan existerande och nybyggda.

²¹ Antagandet om en 50 procentig ökning av hushållselen är baserat på personlig kommunikation med specialister inom hushållens energianvändning på WSP.



Figur 6.1: Efterfrågan på hushållsel, verksamhetsenergi och värme för bostäder och lokaler (TWh)

I energieffektiviseringsscenariot antas en lägre användning av hushållsel och verksamhetsenergi, se figur 6.2. Minskningen antas framförallt ske via mer effektiva apparater.



Figur 6.2: Skillnad i efterfrågan av hushållsel och verksamhetsenergi mellan referensantagandena och energieffektivitetsantagandena (TWh).

Tabell 6.2 presenterar de antaganden som är gjorda gällande energipriser, pris för utsläppsrätter (EU ETS-priser) samt import och export av el. Tabell 6.2 redovisar alla priser med samma enhet. Anledningen är att det är viktigare att prisskillnaden mellan olika energibärare representerar de faktiska förhållandena än att de absoluta nivåerna på priserna är de rätta.

Tabell 6.2: Antaganden gällande energi- och ETS-priser (SEK₂₀₁₀)* och elhandel

	2010	2020	2030
Naturgas (SEK/MWh)	184	255	287
Oljepris (råolja) (SEK/MWh)	350	487	525
Biomassa – flis (SEK/MWh)	127	127	127
Biomassa – träavfall (SEK/MWh)	173	173	173
Biomassa – övrigt (SEK/MWh)	373	373	373
Biomassa import från Europa (SEK/MWh)	135	162	193
Biomassa import från Övriga världen (SEK/MWh)	162	194	232
ETS-pris 4DS mål (SEK/ton CO ₂)	114	242	323
ETS-pris 2DS mål (SEK/ton CO ₂)	114	323	725
Elhandel – export (TWh)	18,0	18,0	18,0
Elhandel – import (TWh)	14,7	14,7	14,7

*Baserat på 1 SEK₂₀₁₀ = 0,096 Euro₂₀₀₅.

Ytterligare ett viktigt antagande är diskonteringsräntan. Vi har valt en låg samt rak diskonteringsränta för alla berörda sektorer, vilket baseras på att vi primärt analyserar de samhällsekonomiska effekterna av olika styrmedels utformning på värmemarknaden. En sektorspecifik diskonteringsränta är mer lämpad för analyser som har för avsikt att analysera möjliga framtida investeringar. Transportsektorn liksom energisektorn ses som stora infrastruktursystem och eftersom det primära syftet med studien är att analysera de samhällsekonomiska effekterna använder vi en så kallad samhällsekonomisk diskonteringsränta på 3,5 procent, detta i enlighet med ASEK 5 (Trafikverket, 2012).

7 MODELLRESULTAT

7.1 Introduktion

I detta kapitel presenteras och analyseras resultaten från modellsimuleringarna. Vi börjar med att i avsnitt 7.2 relativt djupgående presentera skillnaderna mellan referensscenariot och det ”rena” klimatscenariot där koldioxidreduktionen endast sker med hjälp av prissättning av koldioxid. I båda scenarierna har de sektorer som är inkluderade i EU ETS ett pris för alla koldioxidutsläpp, medan de övriga sektorerna möter en skatt på koldioxid. I klimatscenariot är EU ETS-priset högre jämfört med referensscenariot (se Tabell 6.2), och de övriga sektorerna måste tillsammans reducera sina utsläpp med 80 procent jämfört med 1990 års nivå. Därefter, i avsnitt 7.3, kommer vi att analysera alternativa vägar för att nå samma koldioxidmål genom en kombination av ett koldioxidpris och olika tekniskspecifika styrmedel.

I denna studie representeras år 2050 av modellåret 2045. Anledningen är att alla data i modellen i dagsläget är definierade till år 2050 och att det i LP modeller ofta sker ”suboptimering” i slutet av modellperioden vilket gör att sista året inte alltid är tillförlitligt. I modellen tas hänsyn till restvärdet för anläggningar med livslängd kvar, men i sista året sker ändå snabba och svårförklarade tekniksiften. Då vi blickar över 30 år framåt i tiden överskrider osäkerheterna i efterfrågan skillnaderna mellan 2045 och 2050, vilket gör att modellåret 2045 kan representera år 2050 i vår analys utan att slutsatserna påverkas nämnvärt.

TIMES-Sweden betraktas som ett experimentlabb där en avskalad verklighet analyseras. Resultaten visar således inte hur det kommer att bli utan de visar hur energisystemet kan utvecklas utifrån givna antaganden om energipris, skatter etc. Vi har valt att inte begränsa modellen mer än nödvändigt, vilket kan resultera i vad som först kan tyckas utgöra ”osannolika” investeringar i energisystemet. Ibland beror det på att inte alla kostnader har fångats upp av modellen, medan det andra gånger kan bero på att förhållandena skiljer sig från dagens situation och resultaten därmed landar långt från det scenario vi idag anser vara ”sannolikt”. Det är därför viktigt att inte använda resultaten rakt av (som prognoser) utan att i stället utnyttja dem som utgångspunkt för att resonera kring alternativa lösningar och begränsningar.

7.2 Klimatscenariot i frånvaro av tekniskspecifika styrmedel

I detta avsnitt jämförs referensscenariot med det ”rena” klimatscenariot, dvs. det scenario i vilket det långsiktiga klimatmålet om en 80 procents reduktion i koldioxidutsläppen (jämfört med 1990 års nivå) endast sker med hjälp av ett pris på koldioxid.

7.2.1 Koldioxidutsläpp

Tabell 7.1 visar att koldioxidutsläppen i det svenska energisystemet fortsätter att öka varje år i referensscenariot. Denna trend bryts i klimatscenariot där utsläppen i stället minskar för varje år i de sektorer av ekonomin som inte ingår i EU ETS. Även i de sektorer som omfattas av EU ETS sker det initialt en koldioxidreduktion, medan det i slutet av perioden sker en viss ökning och därmed en ökning av antalet inköpta utsläppsrätter. Anledningen är att icke-ETS sektorerna använder en betydande andel biomassa för att nå det tuffa koldioxidmålet för år 2050 (se också avsnitt 7.2.2). Biomassan används framförallt som transportbränsle men även till processvärme i de industrisektorer som inte ingår i EU ETS. Detta skapar med andra ord en konkurrens om biomassan, som blir mindre lönsam i EU ETS sektorn där i stället kol används mer frekvent. Det bör dock understrykas att även i EU ETS sektorn är utsläppen hela tiden lägre i det rena klimatscenariot jämfört med referensscenariot, som en direkt följd av det högre EU ETS-priset. Detta leder bland annat till en lägre efterfrågan på energiintensiva varor (exogent givet till modellen) samt ett byte från kol till el inom industrin (endogent resultat från optimeringen).

Tabell 7.1: Koldioxidutsläppen från det svenska energisystemet i referens- respektive klimatscenariot (Mton)

År	Referensscenariot			Klimatscenariot		
	EU ETS	Övriga	Totalt	EU ETS	Övriga	Totalt
2020	15.5	30.7	46.2	15.1	28.2	43.3
2030	16.9	33.5	50.4	12.9	21.1	34.0
2040	18.1	39.7	57.8	13.0	14.1	27.1
2050	18.4	43.4	61.9	14.9	10.6	25.4

7.2.2 Allokering av biomassan

Den enskilt största förändringen mellan referens- och klimatscenariot är hur biomassan används samt i vilken omfattning, se tabell 7.2. Biomassanvändningen är totalt sett betydligt större i klimatscenariot jämfört med referensscenariot, och detta gäller hela perioden. År 2030 används den ökade mängden biomassan inom industrin och för kraftproduktion. Inom industrin används biomassan framförallt till processvärme i de industrisektorer som inte omfattas av EU ETS. Under 2040 och 2050 fortsätter biomassanvändningen att öka inom industrin i klimatscenariot medan biomassa för kraftproduktion minskar. Dessutom sker en betydande ökning av biodrivmedel inom transportsektorn. Den ökade användningen av biomassa inom industrin och transport-sektorn är en direkt effekt av de högt uppsatta koldioxidmålen för de sektorer som inte är med i EU ETS.

Tabell 7.2: Årlig användning av biobränsle inom respektive sektor (TWh).

Sektor	Bränsle	2030	2030	2040	2040	2050	2050
		Referens	Klimat	Referens	Klimat	Referens	Klimat
Jordbruk	Biodrivmedel	0,88	0,98	0,94	1,11	0,97	1,17
Jordbruk	Biobränslen	4,97	5,53	5,30	6,22	5,47	6,60
Service mm	Biobränslen	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00
Hushåll	Biobränslen	14,50	15,61	16,00	14,53	16,02	14,50
Transporter	RME	9,67	9,67	9,67	9,67	9,67	9,67
Transporter	DME	0,00	0,50	0,20	25,04	0,20	34,38
Transporter	Etanol	7,73	8,26	5,62	9,00	5,74	12,64
Transporter	Biodiesel	2,82	2,64	2,77	1,23	2,85	0,75
Transporter	Metanol	0,00	0,63	0,83	0,63	1,97	0,32
Industri	Biogas	0,00	0,12	0,00	0,27	0,00	0,24
Industri	Biobränslen	0,00	17,63	0,47	38,32	0,64	34,12
Industri	Ind. avfall	0,47	0,19	0,47	0,25	0,47	0,47
El och FV	Biogas	1,27	1,14	1,26	1,00	1,26	1,03
El och FV	Hushållsavfall	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39
El och FV	Biobränslen	35,92	49,32	56,81	39,41	60,14	26,93
Totalt:		123	159	143	239	151	259

7.2.3 Eltillförsel och användning

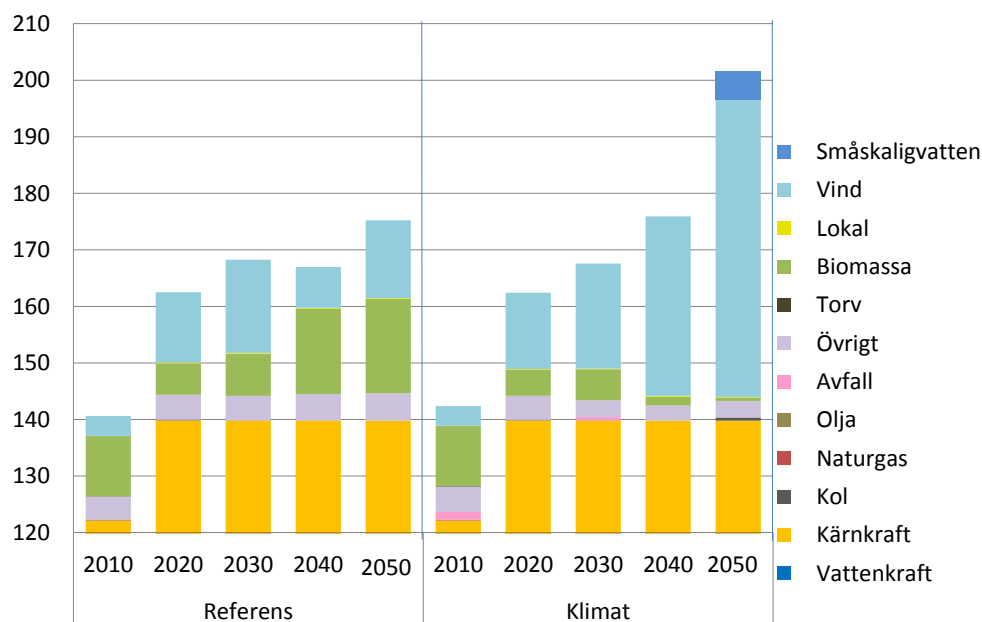
Eltillförseln från respektive anläggningstyp redovisas i figur 7.1. I referensscenariot möts den ökade efterfrågan till en början av vindkraftsel medan el från biomassa-baserad kraftvärme ökar i slutet av perioden. Klimatsscenariot har en liknande utveckling fram till år 2030, lite mer vind och avfall samt lite mindre biomassa, torv och masugns gas jämfört med referensscenariot. Från och med 2040 märks däremot en stor skillnad. Efterfrågan är betydligt större i klimatscenariot jämfört med referensscenariot, och detsamma gäller konkurrensen om biomassan. Detta tillsammans med elcertifikatsystemet och de högre EU ETS-priserna leder till att vindkraften används maximalt i slutet av perioden samt att det kommer in en del dyr småskalig vattenkraft samt en del torv sameldat med kol.

Den stora ökningen av vindkraft i kombination med en utfasning av kraftvärmens kan ifrågasättas. Mängden vindkraft är i linje med officiella antaganden vad gäller möjlig vinkraftspotential, men i dessa antaganden ligger troligen att det finns reglerbar kraftproduktion på plats, både i form av dagens vattenkraft samt i form av kraftvärme eller kondenskraft. Däremot är inte investeringar i nödvändiga elnätsförstärkningar vid en kraftig vindkraftsexpansion inkluderade i modellen. Det går även att ifrågasätta kärnkraftens andel i ett scenario med en så stor andel oreglerad vindkraft. Årlig kärnkraftsel är i modellen ett exogent antagande. Troligen behövs en större andel reglerbar termisk kraftproduktion än vad resultaten visar. För vidare diskussion kring kraftvärme, se avsnitt 7.2.4.

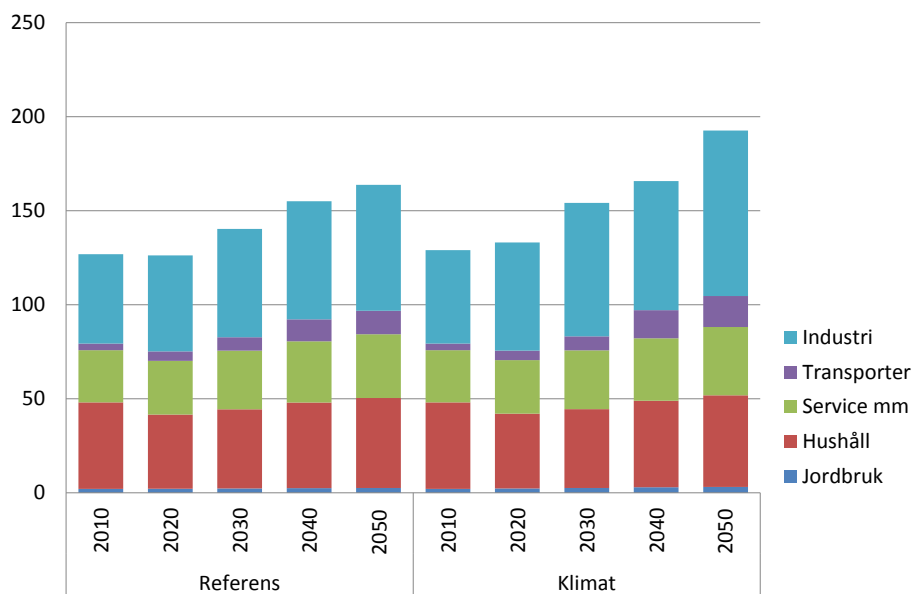
Det finns även andra omvärldsfaktorer som kan förändra sammansättningen av eltillförseln, aktorer som vi i modellen har antagit varit konstanta. En sådan parameter är den årliga importen/exporten av el från/till angränsande länder. Anledningen till att vi låtit den vara konstant är för att fokusera analysen på vad som händer inom Sverige i stället för att simulera interaktionen med andra länder. För att tillåta elhandeln vara ett endogent resultat, dvs. att den bestäms av modellen, bör TIMES-Sweden mjuk- eller hårdlänkas med liknande modeller i de kringliggande länderna. Det räcker inte med att ha en exogen uppsättning elpriser i kringliggande länder, då elpriset i Norge, Danmark och Finland påverkas av det svenska elpriset.

Ett annat modellresultat som kan ifrågasättas är om existerande anläggningar kommer att fasas ut i den takt som antagits i modellen. I TIMES-Sweden finns ett antagande om livslängd motsvarande den tekniska livslängden. Verkligheten ser dock annorlunda ut. Kraftvärmens har relativt höga kapitalkostnaderna, vilket skapar incitament att förlänga livslängden (snarare än att bygga nytt); ofta är denna livstidsförlängning även förknippad med en modernisering av anläggningen och en förbättrad verkningsgrad (precis som skett för kärnkraften) (Söderholm, 1999). Detta kan i modellen hanteras på olika sätt. Ett sätt är att lägga in en högre årlig underhållskostnad och förlänga antagna livslängder. Ett annat sätt är att inkludera uppgraderingstekniker i teknikdatabasen. Vilken metod som är lämpligast och val av parametrar (t.ex. kostnader, verkningsgrader, livslängd etc.) bör studeras närmare i framtida projekt.

Figur 7.2 visar elanvändningen sektorsvis mellan åren 2010 och 2050. När vi tittar på utvecklingen över tid i referensscenariot ser vi att elanvändningen ökar mest inom industri- och transportsektorn. Denna trend förstärks ytterligare i klimatscenarioet. Detta beror på att den starkare klimatpolitiska styrningen uppmuntrar till en substitution från fossila bränslen i dessa sektorer.



Figur 7.1: Eltillförsel från respektive anläggningstyp, 2010-2050 (TWh). Den större delen av kärnkraften och vattenkraften ligger under grafen (och antas vara konstant).



Figur 7.2: Årlig elanvändningen inom respektive sektor, 2010-2050 (TWh)

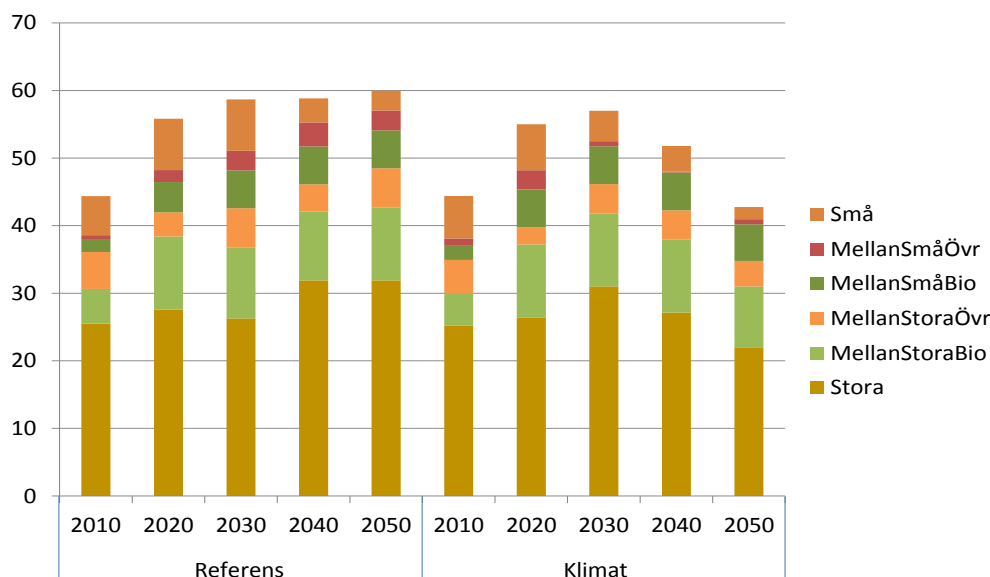
7.2.4 Fjärrvärmemixen

I slutet av perioden är fjärrvärmeanvändningen lägre i klimatscenariot jämfört med referensscenariot. Fjärrvärmen kommer i båda fallen framförallt från biomassa och avfall. Mängden värme från avfall är likvärdig i båda scenarierna medan värme från biobränslen minskar i klimatscenariot när efterfrågan minskar. Det finns emellertid en markant skillnad mellan de två scenarierna, och det gäller användandet av kraftvärme. I referensscenariot kommer fjärrvärmen från en ökande andel kraftvärme, medan kraftvärmen nästan helt fasas ut i klimatscenariot. De två scenarierna har således liknande energisammansättning för fjärrvärmeförsörjningen, men använder sig av olika typer av anläggningar.

Det bör betonas att klimatscenariot år 2050 har högt uppsatta koldioxidmål för de sektorer som inte omfattas av EU-ETS. Åtagandena är på inget sett realistiska, men kräver en betydande förändring av dagens energisystem. Nästan allt fossilt bränsle har fasats ut från transportsektorn, och ersatts med el och biomassa. Under sådana förhållanden visar resultaten för klimatscenariot att majoriteten av biobränslet och avfallet inom kraft- och värmesektorn används i hetvattenpannor. I stället för att en tredjedel används till el via kraftvärme blir all biobränsle i sektorn till fjärrvärme. Detta är således resultatet av en resursoptimering, dvs. där biobränslet används där det är mest lönsamt utifrån att minimera den totala systemkostnaden. Det finns en tredje möjlighet som i dagsläget inte är inkluderad i TIMES-Sweden, nämligen att kombinera produktion av biodrivmedel, värme och/eller el. Detta är speciellt aktuellt då resultaten visar på en stor efterfrågeökning på biodrivmedel. I framtida studier är det därför både viktigt att komplettera med olika typer av biobränsleaggregat och att göra det möjligt att investera i ”modernisering” av existerande anläggningar (se vårt resonemang kring existerande kraftvärme i avsnitt 7.2.3).

Vi har inte analyserat resultaten med avseende på en ökad tillgång på biobränsle. Detta skulle kunna förändra lönsamheten för biobränslebaserade kraftvärmeanläggningar, speciellt då dessa även kan nyttja biobränslen av lägre kvalitet vilka inte har så många andra användningsområden. Ökad tillgång på biobränsle kan utgöras av ett mer effektivt utnyttjande av existerande biobränslen, ökad produktion av snabbväxande energigrödor samt ökad import.

I figur 7.3 visas den totala fjärrvärmeproduktionen uppdelat per ”typnät”. Fjärrvärme-produktionen ökar för varje år i referensscenariot, och initialt sker den största ökningen i de fjärrvärmenäten som har tillgång till billigare biomassa. Även i klimatscenariot sker det till en början en ökning av fjärrvärmen och precis som i referensscenariot sker denna framförallt i fjärrvärmenäten med tillgång till billigare biomassa. I slutet av perioden minskar dock fjärrvärmeproduktionen i alla nät utom i de mellansmå och de mellanstora näten med tillgång till relativt billig biomassa.



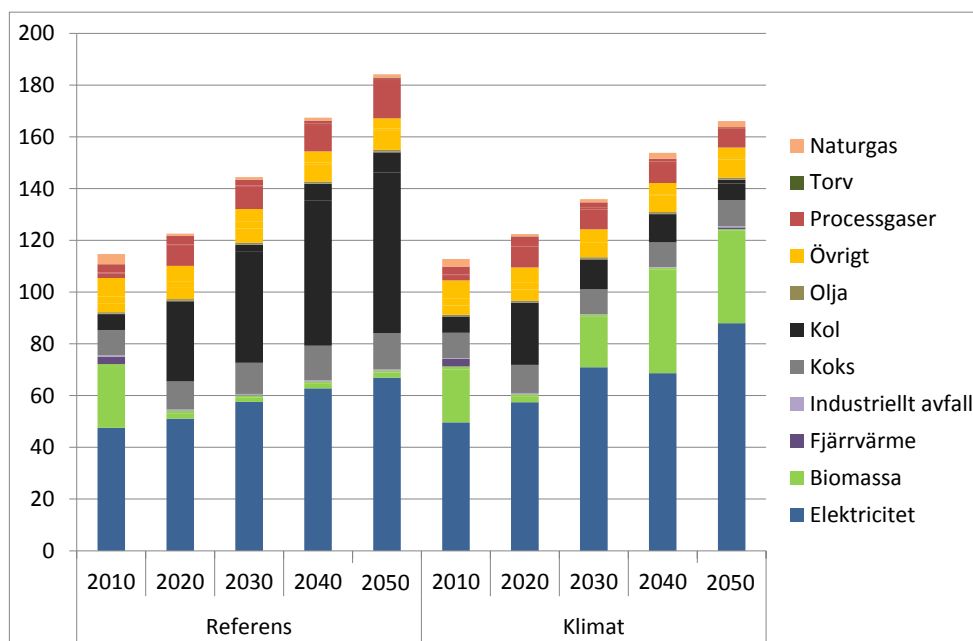
Figur 7.3: Årlig fjärrvärmeproduktion per fjärrvärmenät, 2010-2050 (TWh)

Resultaten är inte helt stabila vad gäller utvecklingen inom respektive fjärrvärmenät. Till exempel fluktuerar fjärrvärmeproduktionen mellan olika år för fjärrvärmenäten ”Stora” och ”MellanStoraÖvr”; den totala fjärrvärmeproduktionen följer dock en jämnare utveckling. Detta har sin förklaring i att själva värmeefterfrågan fortfarande är modellerad som ett stort nationellt fjärrvärmenät, och därför kan hämta värme från ett fjärrvärmenät det ena året och ett annat fjärrvärmenät året därpå. Situationer där fjärrvärmen byter mellan olika fjärrvärmenät mellan olika år kan uppstå om de olika fjärrvärmenäten möter precis samma kostnader. Modellen letar efter en lösning – en kombination av variablerna – som uppfyller alla villkor till lägsta möjliga totala systemkostnaden och båda alternativen har då en identisk kostnad. För att få en bättre representation bör även fjärrvärmeefterfrågan delas in i motsvarande kategorier som fjärrvärmenäten. Detta har emellertid inte varit möjligt inom ramen för detta projekt.

Det bör också påpekas att modellen är uppbyggd så att respektive fjärrvärmenät måste leverera fjärrvärme enligt fjärrvärmeprofilerna beskrivna i figurerna 5.5 och 5.6; det går således inte att byta fjärrvärmenät inom året bara mellan åren. Detta innebär att modellen är strukturerad så att både topplast och baslast måste hämtas från samma fjärrvärmenät.

7.2.5 Energianvändningen inom industrisektorn

Ovan har tillförseln av el och fjärrvärme presenterats. För att bättre förstå resultaten behöver vi också studera förändringen av slutlig energianvändning inom industrin, se figur 7.4. I referensscenariot kommer kol in som energikälla inom industrin, detta som en följd av relativt låga koldioxidpriser. Troligen kommer det inte att vara politiskt möjligt att göra skiftet från biomassa till kol i det svenska energisystemet, men modellantagandena baseras på vad som totalt sett är mest ekonomiskt under hela modellperioden. Detta kan vara intressant att studera för att tidigt kunna identifiera styrmedel som styr bort från oönskade effekter och se till att dessa är anpassade till den övriga styrmedelsportföljen. Den totala energiefterfrågan är lägre i klimatscenariot jämfört med referensscenariot (givet antaganden enligt klimatscenariot EMEC-ML i stället för referensfallet EMEC-ML). När vi analyserar vilken energibärare som används i klimatscenariot ser vi att kol används i klimatscenariot år 2020, innan koldioxidmålen respektive de högre koldioxidpriserna har fått full kraft. År 2050 har kol nästan helt fasats ut i klimatscenariot; kvar finns 18 TWh kol och koks som helt används inom järn- och stålindustrin.²²

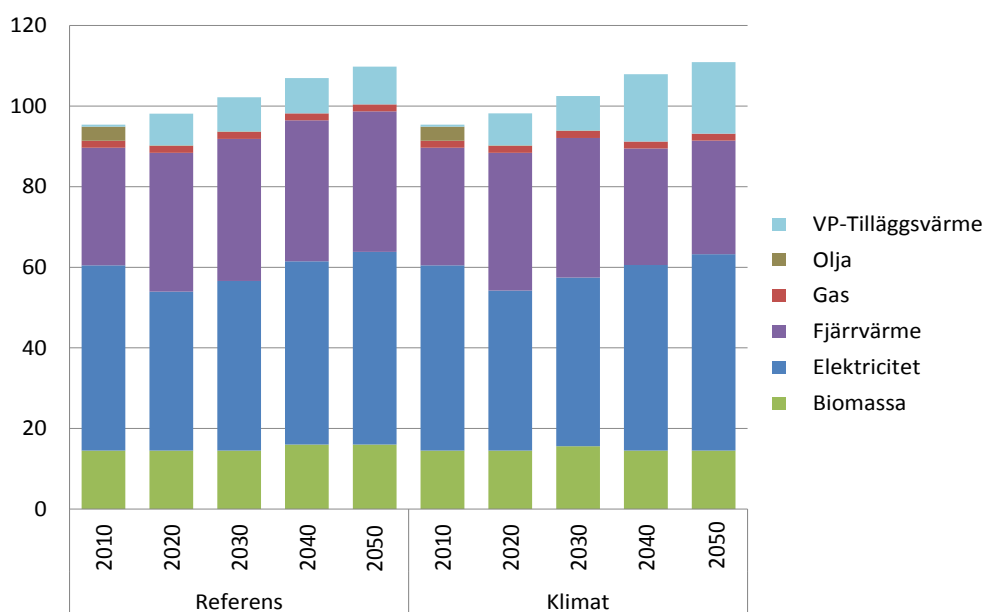


Figur 7.4: Årlig slutlig energianvändning per energibärare inom industrisektorn, 2010-2050 (TWh).

²² I modellkörningarna har CCS tagits bort som teknikalternativ på grund av den stora osäkerheten vad gäller framtida kostnader. I Nordic ETP identifierades CCS inom järn- och stålindustrin som ett centralt teknikalternativ för att nå ett energisystem med minimala koldioxidutsläpp. CCS bör ingå i framtida analyser av det svenska energisystemet år 2050 och därefter.

7.2.6 Energianvändningen i hushållssektorn

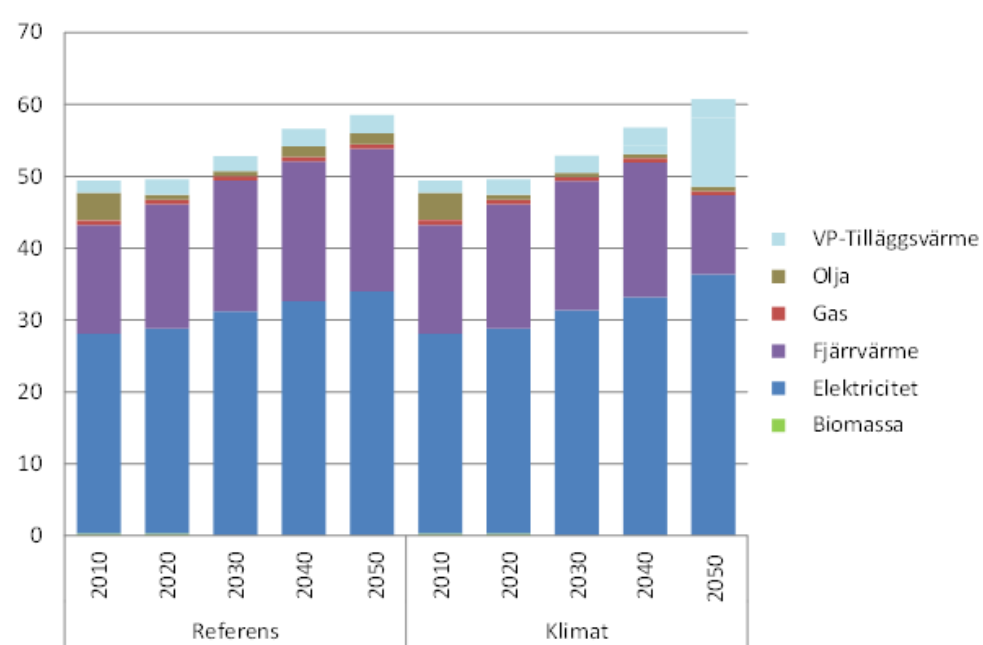
Det sker inte så stora förändringar vad gäller energisammansättning i slutlig energianvändning för hushållssektorn, varken över tid eller mellan de två scenarierna (se figur 7.5). Det bör påpekas att den största delen av elanvändningen är hushållselen som ökar för varje år; kring år 2050 är denna över 40 TWh (se också figur 6.2). Fjärrvärmeanvändningen växer initialt i båda scenarierna, men minskar sin andel mot slutet av perioden i klimatscenarioet. Även om fjärrvärmeefterfrågan är lägre i klimatscenarioet jämfört med referensscenariot fortsätter dock fjärrvärmens att ha en central roll för uppvärmning av bostäder.



Figur 7.5: Slutlig energianvändning per energibärare för hushållssektorn, 2010-2050 (TWh)

7.2.7 Energianvändningen i tjänste- och offentlig sektor

Fjärrvärmens dominerar nästan helt som uppvärmningskälla för lokaler till skillnad från uppvärmning av bostäder där även el och biomassa har en betydande andel. Större delen av elanvändningen som visas i figur 7.6 är i stället el till belysning, datorer, luft- och kylsystem. El för dessa ändamål bedöms öka för varje år och uppskattas år 2050 vara 35 TWh. I referensscenariot fortsätter fjärrvärmens att vara den dominerande uppvärmningskällan medan fjärrvärmens minskar till förmån för värmepumpar i slutet av perioden. Detta är en effekt av en ökad konkurrensen om biobränslen vilket gör biobränslebaserad kraftvärmeproduktion mindre lönsam än vindkraft i ett system med gröna certifikat.



Figur 7.6: Slutlig energianvändning per energibärare för tjänste- och offentligsektorn, 2010-2050 (TWh)

7.2.8 Total systemkostnad

Ett scenario med EU ETS-priser enligt IEA:s 2D-scenario och ett 80-procentigt koldioxidreduktionsmål för de sektorer som inte omfattas av EU ETS resulterar i en årlig 0,3-procentig ökning av systemkostnaden jämfört med referensscenariot. Ökningen gäller den totala systemkostnaden över hela perioden, och motsvarar utslagen på alla år en årlig extrakostnad på 3,1 miljarder SEK. Skillnaderna är små i början och det är först år 2020 som någon betydande skillnad kan skönjas, se Tabell 7.3. I slutet av perioden är skillnaderna stora, vilket indikerar att det även kan komma in lösningar som i dagsläget inte är inkluderade i modellen. Till exempel kan de högre energipriserna resultera i ytterligare energieffektivisering.

Tabell 7.3: Årlig skillnad i systemkostnad mellan klimatscenariot och referensscenariot.

	2015	2020	2030	2040	2050
Skillnad i miljarder SEK	0,0	1,2	8,7	25,4	26,8

7.3 Klimatscenariot i närvaro av tekniskspecifika styrmedel

I detta avsnitt jämförs det rena klimatscenariot – enbart teknikneutrala styrmedel – med respektive klimatscenario där olika tekniskspecifika styrmedel har inkluderats. Klimatscenariot som styr mot en ökad andel fordon med biodrivmedel kommer inte att presenteras nedan, då detta mål redan är uppfyllt i det rena klimatscenariot och därmed inte längre är bindande.

7.3.1 Koldioxidutsläpp

Tabell 7.4 visar reduktionen i koldioxidutsläpp för respektive tekniskspecifikt scenario. Utsläppen i de sektorer som inte omfattas av EU ETS är desamma för alla klimatscenarier, vilket betyder att koldioxidsreduktionsmålet är bindande under alla år i alla scenarier. Däremot varierar utsläppen från de sektorerna som omfattas av EU ETS. Initialt är utsläppsreduktionen störst i elcertifikatscenariot. År 2050 är koldioxidutsläppen i stället minst i energieffektiviseringsscenariot följt av nollenergihus-scenariot.

Tabell 7.4: Skillnad mellan det rena klimatscenariot i koldioxidutsläppen från sektorerna som omfattas av EU ETS respektive övriga sektorer, fyra olika klimatscenarier med olika tekniskspecifika styrmedel (Mton)

Scenario	År	EU ETS	ÖVRIGA	Totalt
Elbilar	2020	0,01	0	0,01
	2030	-0,12	0	-0,12
	2040	-0,03	0	-0,03
	2050	-0,09	0	-0,09
Elcert	2020	-0,48	0	-0,48
	2030	-0,09	0	-0,09
	2040	0,00	0	0,00
	2050	0,08	0	0,08
EnergiEff	2020	-0,01	0	-0,01
	2030	-0,07	0	-0,07
	2040	0,00	0	0,00
	2050	-1,45	0	-1,45
Nollenergihus	2020	0,01	0	0,01
	2030	-0,09	0	-0,09
	2040	0,00	0	0,00
	2050	-0,40	0	-0,40

7.3.2 Allokering av biomassan

Resultaten visar på relativt små skillnader i biomassaanvändning mellan de olika tekniks specifika klimatscenerierna. De enda signifikanta skillnaderna är i användningen av biomassa för industriändamål respektive i el- och fjärrvärmesektorn, samt användning av DME och etanol för transportändamål. Skillnaderna från det teknikneutrala klimatsceneriet visas i tabell 7.5. De största skillnaderna återfinns i elcertifikat- och i energieffektiviseringssceneriet. I elcertifikatssceneriet ökar elanvändningen som en direkt följd av elcertifikatsystemet (se vidare i avsnitt 7.3.3). I energieffektiviseringssceneriet frigörs elektricitet som kommer till användning inom industrin, vilket i sin tur frigör biomassa som kan användas inom transportsektorn.

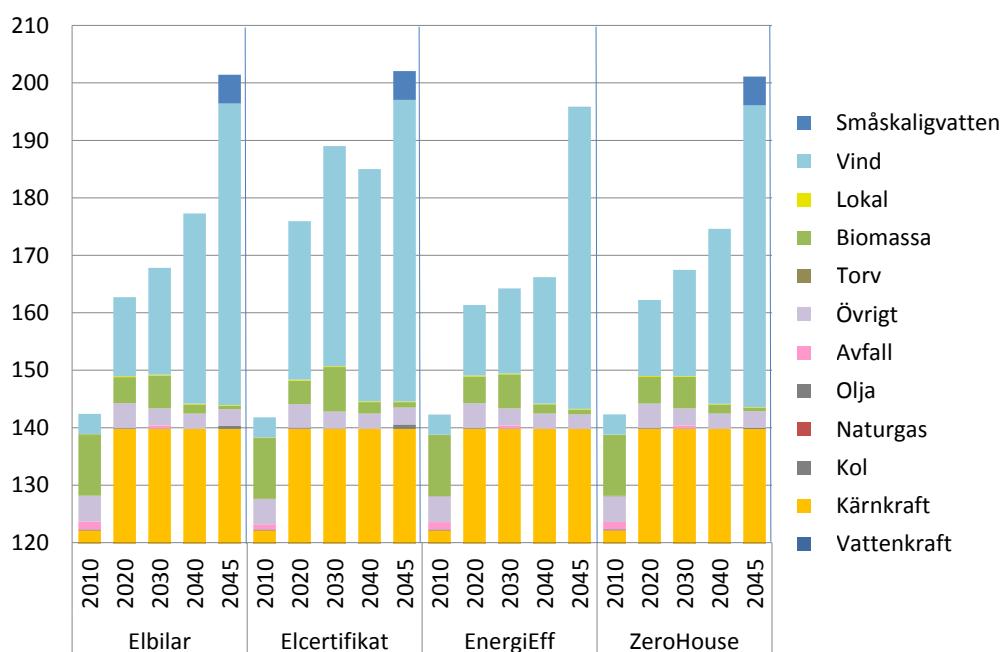
Tabell 7.5: Skillnad i biobränsleanvändning från det rena klimatsceneriet, fyra olika klimatscenerier med olika tekniks specifika styrmedel (TWh)

	Sektor	Transporter	Transporter	Industri	El och FV
Scenarier	Bränsle	DME	Etanol	Biobränslen	Biobränslen
Elbilar	2030	0,1	0,0	-0,7	0,9
	2040	1,3	-0,7	-1,6	0,0
	2050	0,1	0,0	0,2	0,1
Elcert	2030	0,0	0,0	-4,9	-11,5
	2040	0,1	0,0	-9,1	0,7
	2050	0,2	0,0	-1,1	0,8
EnergiEff	2030	1,8	0,0	-2,1	-3,0
	2040	4,5	0,2	-9,2	0,0
	2050	5,2	-3,5	-13,2	2,2
Nollenergihus	2030	0,0	0,0	0,6	-4,5
	2040	0,0	0,0	0,4	-0,5
	2050	0,0	0,0	-0,2	0,2

7.3.3 Eltillförsel och användning

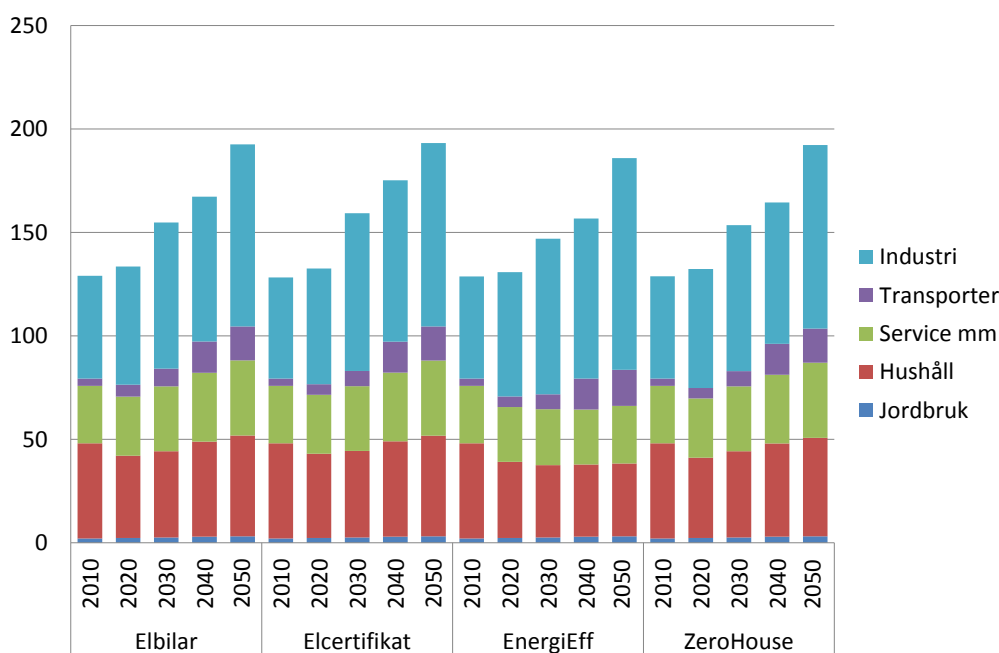
När skillnaden i kraftproduktion mellan de olika klimatscenerierna analyseras (se figur 7.7), ser vi att skillnaderna mellan scenerierna är små. Vad gäller den totala elefterfrågan (och därigenom kraftproduktionen) är skillnaden gentemot det rena klimatsceneriet störst i elcertifikatssceneriet och i energieffektiviseringssceneriet. I elcertifikatssceneriet sker en snabbare ökning av elefterfrågan jämfört med klimatsceneriet, medan energieffektiviseringssceneriet har en lägre efterfrågan under hela perioden. I båda fallen minskar skillnaderna i slutet av modellperioden. I energieffektiviseringssceneriet antas en lägre efterfråga på hushållsel och driftsenergi. Denna antagna minskning i elanvändningen är emellertid större än reduktionen i kraftproduktionen (inkluderat elnätsförluster), vilket indikerar att den minskade efterfrågan av hushållsel och driftsel frigör el för andra ändamål. Detta gör även att de dyrare förnyelsebara energikällorna (småskalig vattenkraft) inte behöver tas i bruk.

Elcertifikatsscenariot har av naturliga skäl en betydligt större mängd el från förnyelsebar energi jämfört med övriga scenarier mellan åren 2020 till 2040. Detta indikerar att det finns en möjlighet att ytterligare öka andelen el från förnyelsebar energi till rimliga kostnader under denna period. Skillnaderna planar ut i slutet av modelleringshorisonten, vilket i sin tur indikerar att en stor andel av förnyelsebar el till ett rimligt pris även nyttjas i de övriga klimatsceniorna.



Figur 7.7: Eltillförsel från respektive anläggningstyp för fyra olika klimatscenarion med tekniskspecifika styrmedel, 2010-2050 (TWh). Den större delen av kärnkraften och vattenkraften ligger under grafen (och antas vara konstanta under perioden).

När vi analyserar den sektorsvisa elanvändningen (se figur 7.8), ser vi även här framförallt små skillnader vad gäller elanvändning mellan de olika klimatscenerierna. Störst är skillnaden år 2040. Styrningen mot fler elbilar leder till 15 procent mer el inom transportsektorn år 2030 och 2040; år 2050 har även det rena klimatsceneriet en betydande del elbilar och skillnaderna mellan de olika scenarierna minskar betydligt. Som diskuterats ovan leder ett stärkt elcertifikatsystem till en ökad elanvändning. I både energieffektiviserings- och nollenergihus-scenariot minskar dock elanvändningen.



Figur 7.8: Årlig elanvändningen inom respektive sektor för fyra olika klimatscenerier med tekniskspecifika styrmedel, 2010-2050 (TWh).

7.3.4 Fjärrvärmemixen

Det finns inga markanta skillnader i fjärrvärmeanvändningen mellan scenarierna. Det enda scenariot som skiljer sig lite från de andra är energieffektiviseringssceneriet, som har 2,9 TWh högre fjärrvärmeproduktion år 2050 jämfört med det rena klimatsceneriet.

Det finns inte heller några signifikanta skillnader vad gäller hur fjärrvärmeproduktionen fördelar sig mellan de olika typerna av fjärrvärmenät. De produktionsmixer för fjärrvärmen som redan presenterats i Figur 7.3 replikeras med andra ord i huvudsak i de tekniskspecifika scenarierna. Detta tyder med andra ord på att fjärrvärmesektorn – och de typnät som vi har identifierat – har en stabil position i det svenska energisystemet, och påverkas inte signifikant av hur den långsiktiga klimatpolitiken är utformad.

7.3.5 Energianvändningen inom industrisektorn

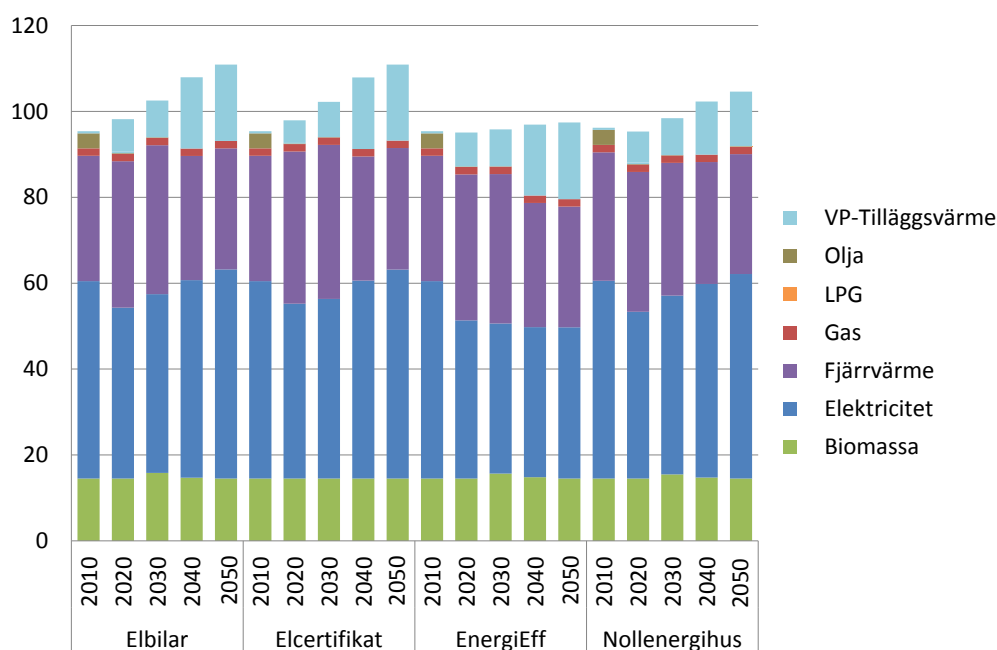
Det är mestadels små skillnader i slutlig energianvändning i industrin mellan de olika klimat-scenarierna. Därför visas inte resultaten som helhet för de tekniskspecifika klimatsscenarierna utan bara avvikelser från det teknikneutrala klimatscenariot (se Tabell 7.6). Industrins energianvändning för det senare scenariot visas i sin helhet i avsnitt 7.2.5. Skillnaderna mellan klimatscenarierna ligger framförallt i användningen av elektricitet och biomassa, samt till viss del mängden kol och koks. Störst är skillnaden i elcertifikatsscenarioet och i energieffektiviseringsscenarioet. I elcertifikatsscenarioet måste all elanvändning kompenseras med inköp av elcertifikat; då det redan finns en stor andel icke-certifikatberättigad kraftproduktion med låg rörlig kostnad (vattenkraft och kärnkraft) står valet mellan att inte använda all denna kraftproduktion eller att öka elanvändningen så mycket att den nya kraftproduktionen motsvarar elcertifikatkvoten. Det senare anses mest lönsamt i optimeringen, därav den ökade elanvändningen inom industrin. Elanvändningen frigör i sin tur biomassa till andra ändamål.

Tabell 7.6: Skillnad i slutlig energianvändning inom industrin mellan respektive tekniskspecifikt klimatscenario och det teknikneutrala klimatscenariot (TWh). Ett positivt värde innebär att användningen är högre i det tekniskspecifika scenariot.

		Elektricitet	Biomassa	Kol&Koks
Elbilar	2030	-0,3	-0,8	1,1
	2040	1,4	-1,6	0,0
	2050	0,0	0,2	-0,4
Elcertifikat	2030	5,3	-4,9	-0,3
	2040	9,3	-9,1	0,0
	2050	0,7	-1,1	0,6
EnergiEff	2030	4,3	-2,2	-1,9
	2040	8,7	-9,2	0,7
	2050	14,4	-13,3	-2,4
ZeroHouse	2030	-0,4	0,5	-0,1
	2040	-0,4	0,4	0,0
	2050	0,7	-0,2	-1,0

7.3.6 Energianvändningen i hushållssektorn

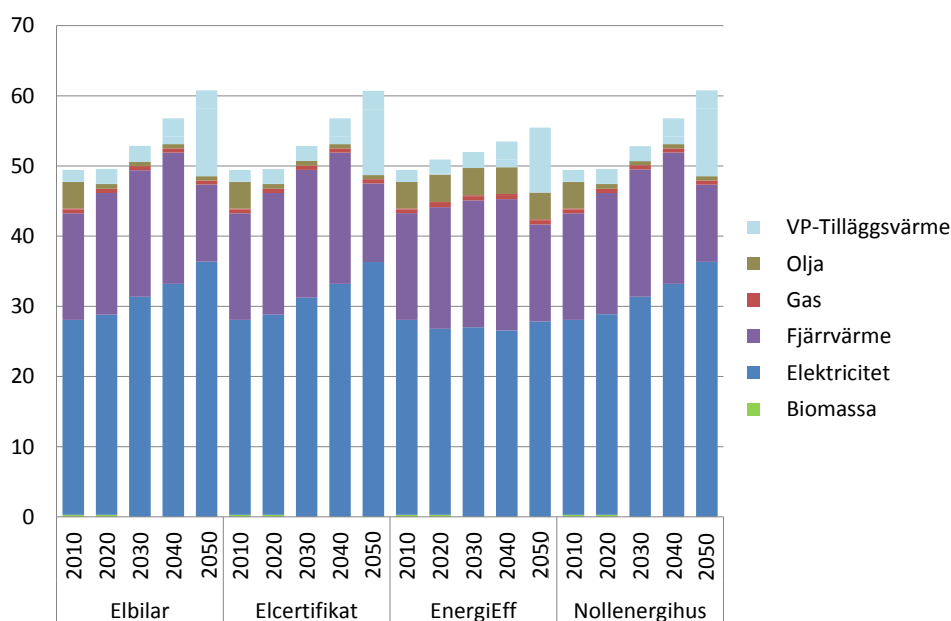
Energianvändningen inom hushållssektorn visas i figur 7.9. Det är bara klimatscenerierna *energieffektivisering* och *nollenergihus* som skiljer sig i väsentlig mening från det teknikneutrala klimatsceneriet. Energieffektiviseringssceneriet skiljer sig från det teknikneutrala klimatsceneriet genom en minskning i antagen användning av hushållsel, dvs. ingen förändring har skett vad gäller uppvärmning. År 2030 har nollenergihus-sceneriet, med ett antaget uppvärmningsbehov i nya hus nära noll, 3,7 TWh mindre fjärrvärme jämfört med det teknikneutrala klimatsceneriet. År 2050 är fjärrvärmeanvändningen densamma mellan de två scenerierna, medan andelen värmepumpar i existerande bostäder är lägre i nollenergihus-sceneriet jämfört med det teknikneutrala klimatsceneriet (ca 8 TWh mindre).



Figur 7.9: Slutlig energianvändning per energibärare i hushållssektorn för fyra olika klimatscenerier med tekniskspecifika styrmedel, 2010-2050 (TWh)

7.3.7 Energianvändningen i tjänstesektorn och offentlig sektor

Energianvändningen inom tjänstesektorn och offentlig sektor visas i figur 7.10. Liksom för hushållssektorn är det bara scenarierna energieffektivisering som skiljer sig från det teknikneutrala klimatscenariot. Den lägre efterfrågan på lokalernas driftenergi i energieffektiviseringsscenariot leder till en minskad elefterfrågan, dock är minskningen i resulterande elanvändning inom sektorn mindre än minskningen i efterfrågan (input till modellen). Anledningen är att en större andel direktverkande el används, samtidigt som mängden värme från värmepumpar minskar med 5,3 TWh år 2050. En annan konsekvens av den minskade elefterfrågan i energieffektiviserings-scenariot är att fjärrvärmeanvändningen år 2050 är 2,9 TWh högre jämfört med det klimatneutrala scenariot.



Figur 7.10: Slutlig energianvändning per energibärare i tjänste- och offentligsektor för fyra olika klimatscenarion med tekniks specifika styrmedel, 2010-2050 (TWh)

7.3.8 Total systemkostnad

Skillnaden i systemkostnad mellan de olika klimatscenarierna redovisas som ett årligt genomsnittligt värde i tabell 7.7. Resultaten visar att teknikfokuserade styrmedel riktade mot vilken typ av energi som används har en högre systemkostnad jämfört med en koldioxidskatt i de sektorer som idag inte omfattas av EU ETS. Energieffektiviseringsscenariot leder i vårt fall till en lägre systemkostnad jämfört med en koldioxidskatt. Den totala systemkostnaden för detta scenario ligger även betydligt under referensscenariots systemkostnad till trots för att koldioxidutsläppen är

betydligt lägre samt ETS-priset högre i klimatscenariot. Detta belyser hur viktigt det kan vara att identifiera styrmedel för att minska energianvändningen.

Tabell 7.7: Från det teknikneutrala klimatscenariot skillnad i genomsnittlig årlig systemkostnad i respektive tekniks specifikt scenario

	Elcertifikat	EnergiEff	Elbilar	ZeroHouse
Miljarder SEK	0.4	-22.6	0.5	-1.0
Andel	0%	-2%	0%	0%

Det bör samtidigt noteras att modellen inte fullt ut täcker in alla de alternativkostnader som är förknippade med introduktionen av ny teknik, t.ex. allmän jämviktskostnader som påverkar andra sektorer av ekonomin. Än viktigare är att i vår modellanalys har Energieffektiviseringsdirektivets mål implementerats exogent, vilket innebär att energieffektiviseringsåtgärder kan ske utan alternativkostnad. Detta görs även i Kommissionens egen konsekvensanalys. En viktig uppgift för framtida analyser är därför att modellera energieffektiviseringsåtgärder endogent, och kopplat till explicita alternativkostnader.

I TIMES-Sweden kan en kvotplikt på slutanvändarsidan införas något som i sin tur genererar ett skuggpris på energieffektiviseringsåtgärder, det vill säga en bedömning av vilken subventionsnivå som krävs för att nå energieffektiviseringsmålet. En fördel med att utnyttja modellen på detta sätt är att analysen kan klargöra hur olika restriktioner för certifikatberättigade teknikval påverkar detta skuggpris samt fördelningen av åtgärder mellan olika delar av energisystemet. För att en sådan analys ska ge sakliga resultat bör först teknikdatabasen kompletteras med aktuella teknik- och kostnadsdata för aktuella energieffektiviseringsalternativ (från byte av kylskåp till isolering av existerande byggnader) (se också kapitel 8).

8 VIDARE MODELLUTVECKLING: ENERGISYSTEMANALYS AV KLIMATMÅL ÅR 2050

I detta kapitel beskrivs olika förslag till modellutveckling som kan förbättra framtida analyser av det svenska energisystemet. Förslagen omfattar både små och stora förändringar. Vilka modellförbättringar som bör prioriteras beror framförallt på vilken fråga som ska besvaras, dock går det att urskilja två områden som i denna studie och i andra studier med TIMES-Sweden har visat sig speciellt känsliga för olika klimatpolitiska antaganden och därför bör prioriteras. Den tydligaste skillnaden mellan olika policyantaganden är allokeringen av biobränsle, det vill säga hur och i vilken sektor biobränslet används, något som ställer krav på modellen att biobränslet är bra beskrivet. Den energitjänst som har störst variation i input av energitillförseln är industriell processvärme i industrier ej inkluderade i EU ETS.

Förutom förslag på hur modellen kan förbättra sin beskrivning av biobränslet och industrin, diskuteras även i detta kapitel på vilket sätt beskrivningen av fjärrvärmens roll kan förbättras ännu mer. Slutligen beskrivs på vilket sätt modellen generellt kan förbättras för att analysera Sveriges energisystem år 2050.

8.1 Beskrivning av biobränslet

8.1.1 Bättre beskrivning av biodrivmedel – mjuklänkning

Vi har identifierat att biomassaanvändningen varierar mellan olika policyscenarier. Biodrivmedel är detaljerat beskrivet i modellen med flera olika typer av drivmedel (DME, RME etc.), och biodrivmedel kan i modellen antingen importeras eller produceras inom landet från olika typer av energigrödor och energiprodukter. I modellen finns begränsningar vad gäller odlingsbar areal, medan modellen beräknar vilken gröda som i respektive scenario är mest lönsam att odla (lönsam utifrån den totala systemkostnaden över alla perioder och sektorer). Det finns med andra ord en bra struktur i modellen, men modellen kan behöva kompletteras vad gäller vilka olika typer av produktionssystem för att producera biodrivmedel som står till buds. Speciellt gäller detta kombinationsanläggningar där biodrivmedel produceras tillsammans med elektricitet och/eller värme. Kostnaden för denna typ av anläggningar beror till stor del på geografisk lokalisering, både vad gäller distans till billig biomassa och distans till värmeunderlag (dit fjärrvärmesystem kan levereras). Den geografiska uppdelningen som denna kräver bör inte inkluderas i den befintliga energisystemmodellen, utan sker lämpligen med mjuklänkning med en GIS baserad optimeringsmodell såsom exempelvis BeWhere.²³

²³ BeWhere-modellen finns utförligt beskriven på IIASA:s webbsida, se <http://www.iiasa.ac.at/bewhere>.

Arbetsinsats: Stor. Själva modellimplementeringen är inte arbetskrävande. Det krävande är i stället att identifiera vilken typ av information som bör flyttas mellan modellerna. Liknande arbete har genomförts i samband med mjuklänkningen mellan TIMES-Sweden och EMEC (se Berg m.fl., 2012).

8.1.2 Bättre beskrivning av fasta biobränslen

Fasta biobränslen är beskrivet i flera olika prissteg för att representera olika typer av biobränsle, allt från sågspån från sågverk, skogsrester från avverkning, till biopellets. Dessa blir i modellen en och samma vara, vilket kan vara en tillräcklig beskrivning när användarförhållandet speglar dagens användning (sågspånen kommer då till kraftvärmeverken och pelletsen till uppvärmning i bostäder). Om däremot villkoren förändras som i klimatscenariot och en stor del av biomassan flyttas till uppvärmning av lokaler och processvärme långt från sågverken blir kostnaden och möjligheterna att ta tillvara sågspån och skogsavfall en annan. Det kan därför vara aktuellt att dela upp de fasta biobränslena efter ändamål, samt även att ta in ytterligare prissteg.

Arbetsinsats: Liten, men kräver visst arbete med data. Kan även vara del i mjuklänkning med biobränslemodell.

8.2 Industrisektorn

Resultaten för industrisektorn är lite instabila, instabila i betydelsen att de kan variera mycket mellan olika år och mellan olika scenarioantaganden. Industrin är detaljerat beskriven i TIMES-Sweden och de stora dragen är historiskt kalibrerade, däremot så finns det ett behov att i mer detalj titta på de individuella industrisektorerna.

8.2.1 Tillförsel av processvärme – mindre industrier

Vad gäller de mindre industrierna finns det ett behov av att identifiera varifrån processvärmerna kommer, både i bränsleval och i typ av anläggning. Mer specifik innebär detta att för varje industri bör aktuella teknikalternativ identifieras och definieras med hänsyn till tekniska och ekonomiska parametrar. Det finns olika tekniker definierade redan idag, men dessa är generiska och till viss del samma tekniker är tillgängliga för alla industrier. Då valet av bränsle varierar så mycket mellan olika scenarier finns det fog för att få en ordentlig genomlysning av antagandena.

Arbetsinsats: Mellan. Liten modellinsats, men arbete för att identifiera data för ovan nämnda parametrar för respektive industri (exklusive energiintensiv industri).

8.2.2 Energiintensiva industrisektorer

TIMES-Sweden har redan idag en detaljerad beskrivning av respektive energiintensiv industri. Det har gjorts en fördjupad studie kring järn- och stålindustrin och

motsvarande bör även göras för de andra energiintensiva industrierna. Förutom att identifiera de olika processalternativen i respektive industri bör fokus ligga på att identifiera existerande och potentiell leverans av energitjänster, såsom fjärrvärme, svartlut och masugnsgas. Detta finns delvis inkluderat, men här finns förbättringspotential.

Arbetsinsats: Stor. Allt behöver inte göras på en gång, utan kan delas upp i flera separata delar. Industrisektorns framtida energibehov bör ske i samarbete med Energimyndigheten och i ett format som kan användas av fler modeller än TIMES-Sweden.

8.2.3 Bättre beskrivning av spillvärme

Spillvärmens är mycket schablonmässigt beskriven i modellen. Det behövs en bättre kartläggning över hur stor mängd spillvärme som finns tillgänglig, och till vilken kostnad.

Arbetsinsats-Existerande Spillvärme: Liten.

Arbetsinsats-Framtida Spillvärme: Liten modellinsats, men krävs hjälp med data/information. Mellanstor om potentiell spillvärme i respektive industri ska inkluderas. Sker lämpligtvis i samarbete med Svensk Fjärrvärme.

8.3 Fjärrvärmens

I denna studie har fjärrvärmedistributionen delats upp i sex olika "fjärrvärmesystem" baserat på storlek och närhet till billigt biobränsle. Däremot är användarsidan fortfarande endast beskriven med hänsyn till bostadstyp och ej till vilken typ av fjärrvärmesystem den kan hämta sin värme. Dagens beskrivning är tillräcklig så länge bostadsbeståndet och fjärrvärmeuttaget inte genomgår någon större förändring. Om man vill få en fördjupad analys av fjärrvärmens konkurrens med andra teknikalternativ bör emellertid modellen uppdateras på tre punkter: (a) dela upp modellen i olika "värmeområden" där respektive område är kopplat till ett av de olika fjärrvärmesystemen; (b) uppdatera teknikdatabasen med nya typer av uppvärmningsalternativ; och (c) inkludera kylbehovet som ett eget segment. Observera att detta är vad som krävs för en fördjupad analys, de grova dragen fångas redan idag upp av modellen. Avsnitten nedan fördjupar diskussionen om respektive punkt.

8.3.1 Uppdelning av värmebehovet i olika "värmeområden"

För att ännu bättre fånga upp fjärrvärmens konkurrens med andra alternativ kan användarsidan delas upp i olika "värmeområden". Varje värmeområde representerar en typ av fjärrvärmesystem (definierad baserat på storlek och närhet till biobränsle), dvs. det krävs att den totala värmefterfrågan per fjärrvärmesystem identifieras. Det senare kan ske antingen genom schablonvärden eller genom en detaljerad studie. På detta sätt kan modellen adressera konkurrenskraften mellan fjärrvärme och andra

teknikalternativ i respektive fjärrvärmesystem. Förändringen innebär en omstrukturering av användarsektorn till olika områden, vilket lämpligen bör bygga på samma principer som regionaliseringen av den italienska TIMES modellen.²⁴ För att få mest ut av modellförbättringen bör även teknikdatabasen uppdateras vad gäller uppvärmningsalternativ (se avsnitt 8.3.2).

Arbetsinsats: Mellan till stor. Modellmässigt krävs det en betydande men hanterbar insats. Kräver tillgång till data kring värmebehov i olika områden.

8.3.2 Uppdatera teknikdatabasen – Uppvärmningsalternativ

Förutom att nya bostäder ofta har ett lägre uppvärmningsbehov per kvadratmeter jämfört med traditionella hus, har nya bostäder ofta bättre förutsättningar att implementera fler former av uppvärmningsalternativ. Dels är det billigare att bygga in solfångare när huset byggs än att ersätta ett befintligt tak, och dels så förändrar vattenburen golvvärme lönsamheten mellan olika teknikval. I dagens TIMES-Sweden är enfamiljshus uppdelade i existerande, renoverade och nya bostäder, medan flerfamiljshus bara har en kategori. Det är oklart om även flerfamiljshus behöver indelas i existerande, renoverade respektive nya. Det senare är bara aktuellt om man ser att teknikvalen skiljer sig betydande mellan existerande, renoverade och nya flerfamiljshus. Detta innebär att en uppdatering av teknikdatabasen inte är nödvändig om det bara är uppvärmningsbehovet per kvadratmeter som förväntas förändras.

Arbetsinsats: Mellan. Liten modellinsats, däremot behöver kostnads- och teknikdata för alternativa uppvärmningslösningar kartläggas.

8.3.3 Inkludera kylbehovet som eget segment

Idag finns energianvändningen för kyla dold i den aggregerade elanvändningen i TIMES-Sweden. I takt med att kopplingen mellan fjärrvärme och fjärrkyla blir större, kan det finnas fog för att beskriva kylbehovet som ett eget efterfrågesegment samt att beskriva olika ”energikedjor” att möta kylefterfrågan. Energikedjorna är framförallt via fjärrkyla eller via elnätet, men skulle även kunna vara via fjärrvärmenätet. TIMES-Sweden är förberedd för kylbehov (då strukturen bygger på samma plattform som PET-modellen och kylbehovet är betydande i många Europeiska länder), men framtida svenska kylbehov behöver estimeras. Dessutom bör teknikdatabasen kompletteras med fjärrkyla och andra nationella lösningar.

Arbetsinsats: Mellan. Liten modellinsats. Databehov är uppdelat på framtida efterfrågan på kyla i lika typer av byggnader, samt uppdatering av olika alternativ att leverera kyla.

²⁴ Anna Krook Riekkola byggde en förenklad europeisk TIMES modell under sin tid på JRC-IER inspirerad av den italienska TIMES modellen.

8.4 Övrigt databehov och modelluppdatering

8.4.1 Framtida efterfrågan

Vilket energibehov vi kommer få i framtiden bestäms i slutändan av efterfrågan på olika varor och tjänster. I nära framtid kan det vara realistiskt att anta en svag växande efterfrågan då befolkningen växer. Däremot är frågan om vi kan fortsätta anta samma efterfråga i ett Sverige med låga växthusutsläpp år 2050. Om vi ska nå stora koldioxidreduktioner och ett energisystem med minimala koldioxidutsläpp kan inte efterfrågan öka i samma utsträckning som nu antas i modellen.

Arbetsinsats: Inga modellförändringar nödvändiga. Däremot bör flera olika efterfrågescenarier tas fram baserat på olika policyantaganden. Detta bör ske i samarbete mellan t.ex. Energimyndigheten och Konjunkturinstitutet.

8.4.2 Korrigera TIMES-Sweden slutår till 2070/2100

I slutet av modellperioden sker ibland orealistiska val i modellen. Problematiken kan kringgås genom att köra modellen längre än analysperioden. TIMES är flexibel vad gäller vilka år som används, val av år kan varieras från en körning till en annan. Just nu är de flesta indata definierade till år 2050, speciellt gäller detta efterfrågan. Förutom att ange en efterfrågan även efter 2050, krävs det att alla filer granskas och uppdateras till nytt slutår för att säkerställa att alla valmöjligheter görs möjliga till det uppdaterade slutåret (t.ex. 2070 eller 2100). Det är värt att påpeka att även om slutåret uppdateras kan modellen även fortsättningsvis köras med ett tidigare slutår.

Arbetsinsats: Liten.

8.4.3 Uppdatera basåret

Arbetet med att korrigera slutåret kan lämpligen kombineras med att uppdatera basåret till år 2010 (eller annat lämpligt valt år). Detta kräver en ytterligare arbetsinsats vad gäller att analysera energibalansen, men man undviker dubbelarbetet i att granska alla filer.

Arbetsinsats: Mellanstor.

9 SLUTSATSER OCH LÄRDOMAR

En viktig utmaning för det svenska samhället är att åstadkomma en övergång till radikalt lägre utsläpp av växthusgaser. Denna rapport syftar till att: (a) analysera den samhällsekonomiska effektiviteten för ett antal olika klimatpolitiska styrmedel och styrmedelskombinationer med direkt relevans för fjärrvärmen i Sverige; samt att (b) med hjälp av en vidareutvecklad energisystemmodell analysera hur energisystemet i allmänhet och fjärrvärmen i synnerhet kan påverkas av ett antal klimatpolitiska scenarier för 2050. Analysen av enskilda styrmedel och styrmedelskombinationer är konceptuell men beaktar de speciella förutsättningar som kringgärdar fjärrvärmesektorn i Sverige. För att uppnå det andra syftet utnyttjas energisystemmodellen TIMES-Sweden. TIMES-Sweden är en teknikrik systemoptimeringsmodell, som beskriver hela det svenska energisystemet inklusive en detaljerad representation av fjärrvärmesektorn och dess interaktion med andra delar av energisystemet. Inom ramen för projekt som ligger till grund för denna rapport har dessutom ett omfattande arbete utförts för att ytterligare förbättra modellens ändamålsenlighet gällande analyser av fjärrvärmesektorn.

Vi argumenterar för att etablerandet av ett pris på koldioxid bör utgöra ”motorn” i klimatpolitiken. Detta styrmedel adresserar direkt det marknadsmisslyckande som är kopplat till utsläppen av växthusgaser. I Europa är utsläppshandelssystemet EU ETS det kanske viktigaste styrmedlet för att åstadkomma en reduktion av koldioxidutsläppen. Detta innebär dock inte att detta styrmedel fungerar perfekt, och i rapporten identifieras några viktiga svagheter i det rådande systemet. En viktig slutsats är dock att systemet har förbättrats kontinuerligt, och stor möda bör läggas på att ytterligare förstärka den europeiska utsläppshandeln. Idag är inte problemet att EU ETS fungerar dåligt, utan att många av EU:s medlemsländer inför unilaterala styrmedel som undergräver systemets effektivitet. För de sektorer som inte ingår i EU ETS är koldioxidskatten ett viktigt klimatpolitiskt styrmedel. Ett problem med denna är att den inte har varit – och är – likformig över ekonomins olika sektorer. För fjärrvärmens del riskerar det att leda till suboptimeringar, t.ex. gällande energisamarbeten med industrin.

Rapporten argumenterar för att det finns två huvudsakliga skäl för att klimatpolitiken behöver kompletterande styrmedel vid sidan om en effektiv prissättning av koldioxid: (a) förekomsten av andra typer av marknadsmisslyckanden; samt (b) faktorer som begränsar möjligheterna att implementera en effektiv klimatpolitik. Gällande den första punkten spelar olika styrmedel för energieffektivisering en viktig roll för fjärrvärmesektorn, och om dessa styrmedel är effektivt utformade kan de hjälpa till att sänka de samhällsekonomiska kostnaderna för att nå långsiktiga klimatmål. I rapporten diskuteras olika typer av informationsmisslyckanden, främst kopplade till incitamenten för att genomföra energieffektiviserande åtgärder. Vi diskuterar främst två olika typer av informationsrelaterade marknadsmisslyckanden:

(a) förekomsten av asymmetrisk (snedfördelad) information; samt (b) beteendebaserade misslyckanden på grund av t.ex. begränsad rationalitet. Överlag ger analysen i första hand stöd för införandet av informativa styrmedel, såsom märkningar och informationskampanjer som komplement till de incitament som marknadspriserna redan tillhandahåller. De viktigaste policylärdomarna är därför att så långt som möjligt utnyttja (och effektivisera) marknadens prissignaler i kombination med olika informativa styrmedel som ger det stöd som aktörerna behöver för att ta rationella beslut. I de fall där människor agerar utifrån tumregler, vanor etc. kan det också vara effektivt för myndigheterna att reglera omständigheterna kring beslutet. Det kan t.ex. göras genom att det ”önskvärda” valet är default-alternativet. Det finns dock magert stöd för att Boverkets nuvarande byggregler samt olika konverteringsstöd utgör samhällsekoniskt effektiva styrmedel.

Den styrmedelsanalys som presenteras i rapporten innehåller också två fördjupade analyser av styrmedel med direkt relevans för fjärrvärmesektorn. En viktig komponent i det nya Energieffektiviseringsdirektivet är att alla medlemsländer uppmuntras till att inrätta ett kvotpliktsystem för energieffektivitet. Systemet ska säkerställa att antingen alla energidistributörer eller alla företag som säljer energi i detaljistledet är ansvariga för att uppnå årliga energibesparingar motsvarande 1,5 procent av sin försäljning (transportsektorn exkluderad). I rapporten används en enkel ekonomisk-teoretisk modell för att belysa några viktiga effekter på marknaden för energieffektiviseringsåtgärder vid införandet av ett system med vita certifikat. Vi använder också denna modell som en utgångspunkt för att analysera den samhällsekonomiska effektiviteten av ett sådant system.

En viktig teoretisk fördel med vita certifikat är att dessa kan möjliggöra en kostnads-effektiv uppfyllelse av ett på förhand bestämt energieffektiviseringsmål. Anledningen är att de aktörer (återförsäljare) som har relativt dyra energieffektiviseringsåtgärder kan köpa certifikat från de aktörer som valt att genomföra billigare åtgärder. Denna egenskap kan dock ifrågasättas av ett antal skäl. Ett första skäl är att det är mycket svårt för myndigheterna att i praktiken bestämma vilka åtgärder som är genuint additionella. Ett sätt för myndigheterna att hantera additionalitetsproblemet är att endast ge stöd till specifika (utpekade) åtgärder som med relativt stor säkerhet kan bedömas vara additionella. Ett problem med denna ansats är dock att ”garanterat additionella” åtgärder typiskt sett är synonymt med relativt dyra åtgärder. Denna slutsats förstärks av att schablonvärden används för att mäta nivån på energibesparingen, dvs. att en given åtgärd förknippas med en på förhand definierad nivå (t.ex. åtgärden x antas alltid ge en besparing på y kWh). Detta kan dock vara svårt att motivera i praktiken eftersom nivån på flertalet energibesparingar är starkt kontextspecifika.

Det mest grundläggande problemet med att använda ett kvotpliktsystem som ett styrmedel för att åstadkomma en mer effektiv energianvändning är svårigheterna att *ex ante* fastställa en ekonomiskt effektiv nivå på energieffektiviseringsåtgärder samt energianvändningen. Utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv är den politiska styrningens viktigaste roll att ge hushåll och företag incitament att göra effektiva val, men utfallet på marknaden bör förbli endogen och inte exogen bestämt av myndig-

heterna. Den mest effektiva styrningen är att så träffsäkert som möjligt internalisera de relevanta marknadsmisslyckandena snarare än att peka ut specifika åtgärder som kvotpliktsberättigade. Valet mellan att spara och använda energi innehåller komplexa trade-offs, och utifrån ett samhällsekoniskt perspektiv är det tveksamt med en policyansats som utgår från att en energianvändning över en viss nivå inte är önskvärd.

Möjligheten att tillvarata industriell spillvärme i fjärrvärmenäten bedöms av många som resurseffektivt då det kan spara primärenergi samt bidra till minskade utsläpp av koldioxid och svaveloxid beroende på förekomsten av alternativa produktionsslag. I rapporten sammanfattas resultaten från tidigare studier om olika faktorer och förhållanden som kan hindra (och har hindrat) etablerandet av framgångsrika spillvärme-samarbeten, och vi diskuterar huruvida dessa hinder utgör skäl för staten att införa styrmedel. Analysen visar att en rad förhållanden har utgjort ett hinder för etablerandet av effektiva spillvärmesamarbeten, men få av dessa kan sägas snedvrída beslutsfattandet på ett sätt som motiverar kraftfulla styrmedel för att öka utnyttjandet av spillvärme. Om det är lönsamt att tillvarata spillvärme ligger det i båda parter intresse att avtala om ett samarbete, och såväl ekonomisk teori som empiri talar för att sådana avtal oftast kommer till stånd då det är effektivt.

Den politiska styrningens roll består här främst i att: (a) generera värdefull information om den tekniska samt den ekonomiska potentialen för utnyttjande av spillvärme; samt att (b) reducera transaktionskostnaderna för de involverade parterna att ingå frivilliga, marknadsmässiga avtal. För att åstadkomma detta finns en rad möjligheter, bl.a. inom ramen för existerande styrmedel. De kommunala energiplanerna – och dess fokus på kartläggning av energiflöden – erbjuder t.ex. en möjlighet att identifiera spillvärmekällor. Miljöbalkens s.k. kunskapskrav kan utnyttjas (och utnyttjas ibland) för att förmå företagen att i samband med tillståndsprövningen utvärdera potentialen för olika spillvärmesamarbeten. Liknande krav finns i Energieffektiviseringsdirektivet där det bl.a. anges (artikel 14.5) att en kostnadsnyttoanalys ska göras och redovisas för att t.ex. beakta möjligheten att få avsättning för spillvärme innan en ny industrianläggning uppförs (eller innan en sådan anläggning ska genomgå en omfattande uppgradering). Tredjepartstillträde samt investeringsbidrag utgör dock med stor sannolikhet mindre samhällsekoniskt effektiva styrmedel.

Inom ramen för projektet har en större förändring genomförts i energisystemmodellen TIMES-Sweden. För att bättre beskriva investeringsförhållanden för olika fjärrvärmenät har fjärrvärmenätet delas upp i sex olika kategorier baserat på värmeunderlag och tillgången till biobränsle. Värmeunderlaget definierar vilken typ av anläggning som är aktuell, dess storlek och typ. Till exempel finns det en brytpunkt där kostnaden per installerad kW ökar, samt att anläggningar med stora krav på rening, såsom avfallsförbränning, har en initialt hög investeringskostnad vilket gör att en rak investeringskostnad per kW inte kan appliceras på alla fjärrvärmenät. Av denna anledning har även teknikdatabasen uppdaterats och anläggningar har definierats till vart och ett av de olika kategorierna av nät. Resultaten visar på en större variation i fjärrvärmemixen med den nya uppdelningen jämfört med när

modellen bara hade ett ”nationellt fjärrvärmenät”. Det bör dock påpekas att detta arbete bör kompletteras med fler tekniker för att fullt ut utnyttja den nya modellstrukturen. I dagsläget är det inte så många tekniker som skiljer mellan de olika fjärrvärmekategorierna, och skillnaderna mellan de olika näten blir därför relativt små.

Först används den utvecklade modellen för att analysera skillnaden mellan ett referensscenario och ett klimatscenario med teknikneutrala styrmedel, dvs. där ett långsiktigt klimatmål endast nås med hjälp av ett pris på koldioxid (EU ETS-pris samt koldioxidskatt). I referensscenariot antas dagens skattenivåer och EU ETS-pris baserat på IEA:s så kallade fyragradersmål. I klimatscenariot har ett högre ETS-pris implementerats i linje med IEA:s tvågradersmål, samt en 80-procentig reduktion av koldioxid i de sektorer som inte omfattas av EU ETS (jämfört med 1990 års nivå).

Den enskilt största skillnaden mellan referensscenariot och klimatscenariot är den mängd biomassa som används, samt dess allokering mellan olika sektorer och ändamål. I referensscenariot används biomassan framförallt för el- och fjärrvärmeproduktion, medan biobränslet i klimatscenariot är fördelat mellan transportsektorn, industrin samt el- och fjärrvärmesektorn. Inom industrin används biobränslet för processvärme i de industrier som inte omfattas av EU ETS och som i klimatscenariot har ett hårt uppsatt klimatmål. I slutet av perioden är fjärrvärmeanvändningen lägre i klimatscenariot jämfört med referensscenariot.

Fjärrvärmekommer i båda fallen framförallt från biomassa och avfall; mängden värme från avfall är likvärdig i båda scenarierna medan värme från biobränslen minskar i klimatscenariot när efterfrågan minskar. Det finns emellertid en markant skillnad mellan de två scenarierna, nämligen användandet av kraftvärme. I referensscenariot kommer fjärrvärmekommer från en ökande andel kraftvärme, medan kraftvärmen nästan helt fasas ut i klimatscenariot. Elen kommer i stället från en kraftig expansion av vindkraft. Det bör dock påpekas att det finns en betydande osäkerhet i resultaten både vad gäller kostnaden för elnätet (som ej är fullt inkluderad i optimeringen) samt vad gäller livslängden för existerande kraftvärmeanläggningar. Den senare har i modellen en antagen livslängd motsvarande den tekniska livslängden, varefter en nyinvestering måste ske. I själva verket sker oftast uppgraderingar kontinuerligt varpå livslängden förlängs. Detta bör studeras närmare i framtida analyser. En annan faktor som bör inkluderas i framtida studier är anläggningar som kombinerar produktion av fjärrvärme och biodrivmedel. Detta är speciellt relevant eftersom resultaten visar på en stor expansion av biodrivmedel, samtidigt som vi ser att fjärrvärmekommer fortfarande är konkurrenskraftig.

Därefter analyseras skillnaden mellan teknikneutrala och tekniks specifika styrmedel. Liksom i det teknikneutrala klimatscenario antas det i de tekniks specifika klimatscenarioerna en 80-procentig koldioxidreduktion i icke-EU ETS sektorerna. Skillnaden är att nu kombineras en koldioxidskattehöjning med andra mer tekniks specifika styrmedel; i dessa fall blir (den endogena) koldioxidskattehöjningen således lägre än vad som är fallet i det teknikneutrala scenario. Vi analyserar fyra olika tekniks specifika klimatscenario, vars resultat sedan jämförs med det ”rena” klimatscenario. I ett scenario antas att elcertifikatsystemet skärps. I ett annat tvingar

modellen in en given andel (55 procent) elbilar. Det tredje scenariot representerar ett scenario i linje med energieffektiviseringsdirektivets mål om 1,5 procents årlig besparing. I det sista antas att alla nya bostäder från och med år 2015 är så kallade nollenergihus.

Resultaten visar inte på några stora förändringar mellan scenarierna, inklusive det teknikneutrala klimatscenariot. Det scenario som urskiljer sig mest är energieffektiviseringsscenario. Även om scenariot per definition har en lägre elefterfrågan jämfört med övriga scenarion, märks det inte så stor reduktion av den totala elanvändningen. Däremot har detta scenario den lägsta resulterande biomassaanvändningen (t.ex. 9 TWh lägre än det klimatneutrala scenariot år 2050). Resultaten tyder också på att fjärrvärmesektorn – och de typer av fjärrvärmenät som vi har identifierat – har en stabil position i det svenska energisystemet och påverkas inte signifikant av hur den långsiktiga klimatpolitiken är utformad.

10 REFERENSER

- Ahnland, R. (2008). "Mer spillvärme om fjärrvärme utsätts för konkurrens," *Energi-magasinet*, Vol. 29, Nr. 6, s. 24-27.
- Akerlof, G. (1970). "The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84, s. 488-500.
- Asp, B., M. Wiklund, och J. Dahl (2008). *Användning av stålenergins restenergier för elproduktion: Ett effektivt resursutnyttjande för elproduktion*. Rapport D 826, Jernkontorets Forskning.
- Axelsson, R., B. Holmlund, R. Jacobsson, K-G. Löfgren, och T. Puu (1998). *Mikroekonomi*, Studentlitteratur, Lund.
- Azar, C., och B. Sandén (2011). "The Elusive Quest for Technology-neutral Policies," *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 1, No. 1, pp. 135-139.
- Benneer, L. S., och R. N. Stavins (2007). "Second-best Theory and the Use of Multiple Policy Instruments," *Environmental & Resource Economics*, Vol. 37, pp. 111-129.
- Berg, C. A. Krook-Riekkola, E. Ahlgren, och P. Söderholm (2012). *Mjuklänkning mellan EMEC och TIMES-Sweden – en metod för att förbättra energipolitiska beslutsunderlag*, Specialstudie nr 32, Konjunkturinstitutet, Stockholm.
- Berggren, C. (2010). *Underbara dagar framför oss: en biografi över Olof Palme*, Norstedts förlag, Stockholm.
- Berglund, M., S. Höjgård, E. Kaspersson, E. Rabinowicz, A. Wall, och F. Wilhelms-son (2010). *Jordbruket, växthusgaserna och effektiva styrmedel*, Rapport 2010:3, Agrifood Economics Centre, Lund.
- Biorecro (2010). *BECCS som klimatåtgärd. En rapport om koldioxidlagring från biomassa i ett svensk-norskt perspektiv*, Stockholm.
- Brennan, T. J., och K. Palmer (2012). *Energy Efficiency Resource Standards: Economics and Policy*, Discussion Paper 12-10, Resources for the Future, Washington, DC.
- Broberg, S., S. Backlund, M. Karlsson, och P. Thollander (2012). "Industrial Excess Heat Deliveries to Swedish District Heating Networks: Drop it Like it's Hot," *Energy Policy*, Vol. 51, s. 332-339.
- Broberg, T., T. Forsfält, och G. Östblom (2010). *Målet för energieffektivisering fördyrar klimatpolitiken*, Rapport till Expertgruppen för miljöstudier 2010:4, Finansdepartementet, Stockholm.
- Carlén, B., S. Mandell, och A. Carling (2005). *Svensk klimatpolitik under nationellt respektive avräkningsmål*, ER 2005:29, Energimyndigheten, Eskilstuna.

- Crawford, V-P. (1990). "Relationship-Specific Investment," *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 105, Ne. 2, s. 561-574.
- Cronholm, L-Å., S. Grönkvist, och M. Saxe (2009). *Spillvärme från industrier och lokaler*. Rapport 2009:12, Svensk Fjärrvärme, Stockholm.
- Ellerman, A. D. (2008). "New Entrant and Closure Provisions: How Do They Distort?," *The Energy Journal*, Vol. 29, Special Issue, s. 63-76.
- Energimyndigheten (2008a). *Styrmedel för industriell spillvärme*, ER 2008:15, Eskilstuna.
- Energimyndigheten (2008b). *Analys av metoder för att öka incitament för spillvärmesamarbeten*, ER 2008:16, Eskilstuna.
- Energimyndigheten (2011). *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2010*, ES 2011:11, Eskilstuna.
- Energimyndigheten (2012). *Konsekvenser av kvotplikt för energieffektivisering*, ER 2012:07, Eskilstuna.
- Energimyndigheten (2013a). *Implementering av artikel 7 i energieffektiviseringsdirektivet – Energimyndighetens beräkningar och förslag*, ER 2013:04, Eskilstuna.
- Energimyndigheten (2013b). *Princip för redovisning av restvärmepotential vid projektering av ny fjärrvärmeproduktion*, ER 2013:09, Eskilstuna.
- Europeiska Kommissionen (2011a). *Förslag till Europaparlamentets och Rådets direktiv om energieffektivitet och om upphävande av direktiven 2004/8/EG och 2006/32/EG*, KOM(2011) 370 slutlig, Bryssel.
- Europeiska Kommissionen (2011b). *Impact Assessment Accompanying the Document Directive of the European Parliament and of the Council on Energy Efficiency and Amending and Subsequently Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC*, SEC(2011) 779 final, Bryssel.
- Europeiska Kommissionen (2011c). *Annexes to the Impact Assessment Accompanying the Document Directive of the European Parliament and of the Council on Energy Efficiency and Amending and Subsequently Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC*, SEC(2011) 779 final, Bryssel.
- Europeiska Kommissionen (2012). *Direktiv om energieffektivitet, om ändring av direktiven 2009/125/EG och 2010/30/EU och om upphävande av direktiven 2004/8/EG och 2006/32/EG*, 2012/27/EU, Luxembourg.
- Fankhauser, S., C. Hepburn, och J. Park (2011). "Combining Multiple Climate Policy Instruments: How Not to Do it," *Climate Change Economics*, Vol. 1, No. 3, pp. 209-225.
- Filipsson, E. (2013). *Behöver utsläppshandeln reformeras? Vattenfalls syn på EU ETS långsiktiga utveckling*, presentation vid Svensk Fjärrvärmes strategidagar, 6-7 februari.

- Fischer, C. (2008). "Feedback on Household Electricity Consumption: A Tool for Saving Energy?" *Energy Efficiency*, Vol. 1, s. 79-104.
- Fischer, C., och L. Preonas (2010). *Combining Policies for Renewable Energy: Is the Whole Less than the Sum of Its Parts?* Discussion Paper 10-19, Resources for the Future, Washington, DC.
- Fors, J. (2004). *Spillvärme från industri till fjärrvärmenät. Sammanfattning av intervjuer gjorda på 5 orter*. EnerGia Konsulterande Ingenjörer, Rapport för Svensk Fjärrvärme och Jernkontoret, Rapport 2004:5.
- Gabel, H. L., och B. Sinclair-Desgagné (1998). "The Firm, Its Routine and the Environment," I T. H. Tietenberg och H. Folmer (Red.), *International Yearbook of Environmental and Resource Economics 1998-1999*, Edward Elgar, Cheltenham, s. 89-118.
- Ganslandt, M. (2011). *Ekonomiska konsekvenser av TPA-utredningens förslag*. Bilaga till Svensk Fjärrvärmes remissvar till SOU 2011:44.
- Gargiulo, M. (2008). *The Modeling Approach in RES2020 and the Data Used for the Potential of Renewable Energy Sources in EU27*, RES2020, Prag.
- Gillingham, K., R. G. Newell, och K. Palmer (2009). *Energy Efficiency Economics and Policy*, Discussion Paper 09-13, Resources for the Future, Washington, DC.
- Giraudet, L-G., L. Bodineau, och D. Finon (2012). "The Costs and Benefits of White Certificate Schemes," *Energy Efficiency*, Vol. 5, Nr. 2, s. 179-199.
- Gough, C., och P. Upham (2010). *Biomass Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS): A Review*, Working Paper 147, Tyndall Centre for Climate Change Research.
- Goulder, L. H. (2000). *Confronting the Adverse Industry Impacts of CO2 Abatement Policies: What Does it Cost?* Climate Issues Brief No. 23, Resources for the Future, Washington, DC.
- Goulder, L. H., och I. W. H. Parry (2008). "Instrument Choice in Environmental Policy," *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 2, Nr. 2, s. 152-174.
- Grönkvist, S., och P. Sandberg (2006). "Driving Forces and Obstacles with Regard to Co-operation between Municipal Energy Companies and Process Industries in Sweden," *Energy Policy*, Vol. 34, s. 1508-1519.
- Hoel, M., och M. Greaker (2009). "Internationellt samarbete, teknisk utveckling och klimat," I P. Braunerhjelm (Red.), *Entreprenörskap och innovationer för hållbar utveckling*, Swedish Economic Forum Report 2009, Entreprenörskapsforum, Stockholm, s. 47-60.

- Hood, C. (2011). *Summing up the Parts. Combining Policy Instruments for Least-Cost Mitigation Strategies*, Information Paper, International Energy Agency, Paris.
- Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) (2008). *En svensk nollvision för växthusgasutsläpp*, Rapport inom projektet Vägval Energi, Stockholm.
- Jardfelt, U., m.fl. (2012). ”Regeringens passivitet stoppar effektivt energisamarbete, debattartikel i *Dagens Samhälle*, 22 februari.
- Joskow, P-L. (1987). ”Contract Duration and Relationship-Specific Investments: Empirical Evidence from Coal Markets,” *American Economic Review*, Vol. 77, Nr. 1, s. 168-185.
- Jönsson, J., M. Ottosson, och I-L. Svensson (2007). *Överskottsvärme från kemiska massabruk – En socioteknisk analys av interna och externa användningspotentialer*, Arbetsnotat Nr. 38, Program Energisystem, Linköpings Universitet.
- Konjunkturinstitutet (2012). *Miljö, ekonomi och politik*, Stockholm.
- Lehmann, P. (2011). ”Justifying a Policy Mix for Pollution Control: A Review of Economic Literature,” accepterad för publicering i *Journal of Economic Surveys*.
- Loulou, R., U. Remne, A. Kanudia, A. Lehtila, och G. Goldstein (2005) *Documentation for the TIMES Model Part I*, Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP).
- Länsstyrelserna i Östergötland och Örebro (2011). *Restvärme som resurs – Potential för tillvaratagande av restvärme i Östergötlands och Örebro län*.
- Makholm, J-D. (2006). *The Theory of Relationship-Specific Investments, Long-Term Contracts and Gas Pipeline Development in the United States*, Working Paper, National Economic Research Associates, Inc., Boston, USA.
- Mansikkasalo, A. (2013). *Greening Industry. Essays on Industrial Energy Use and Forest Raw Materials Markets*, Doktorsavhandling i nationalekonomi, Luleå tekniska universitet.
- Mansikkasalo, A., G. Michanek, och P. Söderholm (2011). *Industrins energieffektivisering: Styrmedlens effekter och interaktion*, Rapport till Naturvårdsverket, Stockholm.
- Mundaca, L., och L. Neij (2009). ”A Multi-criteria Evaluation Framework for Tradable White Certificate Schemes,” *Energy Policy*, Vol. 37, s. 4557-4573.
- Naturvårdsverket (2005). *Goda möjligheter med spillvärme – en utvärdering av LIP-finansierade spillvärmeprojekt*, Rapport nr 5373, Stockholm.
- Oikonomou, V., M. Rietbergen, och M. Patel (2007). ”An Ex-ante Evaluation of a White Certificate Scheme in The Netherlands: A Case Study for the Household Sector,” *Energy Policy*, Vol. 15, pp. 1147-1163.

- Onifri, L. (2008). "Testing Williamson's Theory On Transaction-Specific Governance Structures: Evidence From Electricity Markets," *Journal of Applied Economics*, Vol. 11, Ne. 2, s. 355-372.
- Pizer, W. A. (2002). "Combining Price and Quantity Controls to Mitigate Global Climate Change," *Journal of Public Economics*, Vol. 85, Nr. 3, s. 409-434.
- PwC (2011). *Utmaningar och möjligheter i fjärrvärmesektorn. En analys av förslaget till TPA-reglering av fjärrvärmemarknaden*. PricewaterhouseCoopers Sverige AB, Energy, Utilities & Mining.
- Ricci, O. (2012). "Providing Adequate Economic Incentives for Bioenergies with CO2 Capture and Geological Storage," accepterad för publicering i *Energy Policy*.
- Ryan, L. S. Moarif, E. Levina, och. R. Baron (2011). *Energy Efficiency Policy and Carbon Pricing*, IEA Information Paper, International Energy Agency, Paris.
- Rydén, B., Sköldberg, H., Stridsman, D., Damsgaard, N. och Fritz, P. (2011). *Konsekvensanalys av TPA – baserat på studier av verkliga fjärrvärmesystem*. Profu och Sweco, Bilaga till Svensk Fjärrvärmes remissvar till SOU 2011:44.
- Rydstrand, C. (2005). *Fjärrvärme på tre starka ben*. ÅF-Energi och Miljö AB, Rapport till Svensk Fjärrvärme.
- Sorrell, S., D. Harrison, D. Radov, P. Klevnas, and A. Foss (2009). "White Certificate Schemes: Economic Analysis and Interactions with the EU ETS," *Energy Policy*, Vol. 37, Nr. 1, s. 29-42.
- SOU 2005:33. *Fjärrvärme och kraftvärme i framtiden*. Fritzes, Stockholm.
- SOU 2011:44. *Fjärrvärme i konkurrens*. Fritzes, Stockholm.
- Sorrell, S., E. O'Malley, J. Schleich, och S. Scott (2004). *The Economics of Energy Efficiency – Barriers to Cost-effective Investment*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Sorrell, S., och J. Sijm (2003). "Carbon Trading in the Policy Mix," *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 19, Nr. 3, s. 420-437.
- Statistiska Centralbyrån (SCB) (2007). *Electric Supply, District Heating and Supply of Natural and Gasworks Gas 2005*, Statistical report EN11SM0701, Stockholm.
- Stern, P. C. (1984). *Energy Use: The Human Dimension*, W.H. Freeman, New York.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change – The Stern Review*, Cabinet Office, HM Treasury, London.
- Svensk Fjärrvärme (2005). *Principer för värdering av spillvärme – kartläggning och diskussion*. Rapport 2005:3, Stockholm.
- Söderholm, P. (1999). "Power Generation in a Deregulated Market: Implications for Fuel Choice Behaviour in Europe," In R. Jameson (Red.), *The New Power Markets: Corporate Strategies for Risk and Reward*, Risk Books, London, s. 185-201.

- Söderholm, P. (2012). *Ett mål flera medel? Styrmedelskombinationer i klimatpolitiken*, Rapport 6491, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Söderholm, P., och H. Hammar (2005). *Kostnadseffektiva styrmedel i den svenska klimat- och energipolitiken? Metodologiska frågeställningar och empiriska tillämpningar*, Rapport ER 2005:30, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Söderholm, P., R. Hildingsson, B. Johansson, J. Khan, och F. Wilhelmsson (2011). "Governing the Transition to Low-Carbon Futures: A Critical Survey of Energy Scenarios for 2050," *Futures*, Vol. 43, No. 10, pp. 1105-1116.
- Söderholm, P., och L. Wårell (2011). "Market Opening and Third Party Access in District Heating Networks," *Energy Policy*, Vol. 39, No. 2, pp. 742-752.
- Thollander, P. Svensson, I-L. och Trygg, L. (2010). "Analyzing Variables for District Heating Collaborations between Energy Utilities and Industries," *Energy Policy*, Vol. 35, s. 3649-3656.
- Tinbergen, J. (1952). *On the Theory of Economic Policy*, North Holland, Amsterdam.
- Trygg, L., Difs, K., Wetterlund, E., Thollander, P. och Svensson, I-L. (2009). *Optimala fjärrvärmesystem i symbios med industri och samhälle*. Fjärrsyn, Rapport 1990:13, Svensk Fjärrvärme, Stockholm.
- Weitzman, M. L. (1974). "Prices vs. Quantities," *Review of Economic Studies*, Vol. 41, pp. 447-491.
- Williamson, O-E. (1983). "Credible Commitments: Using Hostages to Support Exchange," *American Economic Review*, Vol. 73, Nr. 4, s. 519-540.
- Ydstedt, A. (2007). "Hur öppnar vi upp fjärrvärmenätet? Industrins syn på morgondagens fjärrvärmenät," Industrigruppen Återvunnen Energi, Presentation vid Skånes energiting, 19 juni.
- Åhman, M., och K. Holmgren (2006). "New Entrant Allocation in the Nordic Energy Sectors: Incentives and Options in the EU ETS," *Climate Policy*, Vol. 6, s. 423-440.
- Åhman, M., D. Burtraw, J. Kruger, och L. Zetterberg (2007). "A Ten-year Rule to Guide the Allocation of EU Emission Allowances," *Energy Policy*, Vol. 35, s. 1718-1730.

Bilaga A – TIMES-Sweden

Tabell A1: Industrisektorer i TIMES-Sweden

Industrisektorn		
Aluminium Demand	IAL	Mton
Copper Demand	ICU	Mton
Iron and Steel Demand	IIS	Mton
Other Non Ferrous Metals Demand	INF	PJ
Ammonia Demand	IAM	Mton
Chlorine Demand	ICL	Mton
Other Chemicals Demand	ICH	PJ
Cement Demand	ICM	Mton
Lime Demand	ILM	Mton
Glass Flat Demand	IGF	Mton
Glass Hollow Demand	IGH	Mton
High Quality Paper Demand	IPH	Mton
Low Quality Paper Demand	IPL	Mton
Other Non Metallic Minerals Demand	INM	PJ
Other Industries	IOI	PJ
Non Energy Consumption - Chemicals	NEC	PJ
Non Energy Consumption - Others	NEO	PJ

Tabell A2: Transportsektorn i TIMES-Sweden

Transportsektorn		
Aviation International	TAI	PJ
Aviation Generic	TAV	PJ
Navigation.Generic	TNA	PJ
Navigation.Generic.Bunker	TNB	PJ
Rail.Freight	TTF	Million Tkm
Road.Freight	TFR	Million Tkm
Rail.Passengers.Heavy	TTP	Million Pkm
Rail.Passengers.Light	TTL	Million Pkm
Road.Bus.Intercity	TBI	Million Pkm
Road.Bus.Urban	TBU	Million Pkm
Road.Car.Long Distance	TCL	Million Pkm
Road.Car.Short Distance	TCS	Million Pkm
Road.Motorcycle	TMO	Million Pkm

Tabell A3: Övriga sektorer i TIMES-Sweden

Jord-, fiske och skogsbruk		
Jord-, fiske och skogsbruk	AGR	PJ

Tabell A4: Kontor och offentliga byggnader i TIMES-Sweden*

Kontor och offentliga byggnader		
Com.Space Cooling.Large.Existing	CCLE	PJ
Com.Space Heating.Large.Existing	CHLE	PJ
Com.Water Heat.Large.Existing	CWLE	PJ
Com.Space Cooling.Small.Existing	CCSE	PJ
Com.Space Heating.Small.Existing	CHSE	PJ
Com.Water Heat.Small.Existing	CWSE	PJ
Com.Cooking.Existing	CCOK	PJ
Com.Lighting.Existing	CLIG	PJ
Com.Public Lighting.Existing	CPLI	PJ
Com.Refrigeration.Existing	CREF	PJ
Com.Other Electric.Existing	COEL	PJ
Com.Other Energy.Existing	COEN	PJ
Com.Other Sector	ONE	PJ

*För alla segment med "existing" finns där även ett segment som kallas "new".

Tabell A5: Bostadssektorn i TIMES-Sweden

Bostadssektorn		
Rsd.Space Cooling – Flerfamiljshus.Existing	RCME	PJ
Rsd.Space Heating – Flerfamiljshus.Existing	RHME	PJ
Rsd.Water Heat – Flerfamiljshus.Existing	RWME	PJ
Rsd.Space Cooling – Enfamiljshus.Rural.Existing	RCRE	PJ
Rsd.Space Heating – Enfamiljshus.Rural.Existing	RHRE	PJ
Rsd.Water Heat – Enfamiljshus.Rural.Existing	RWRE	PJ
Rsd.Space Cooling – Enfamiljshus.Urban.Existing	RCUE	PJ
Rsd.Space Heating – Enfamiljshus.Urban.Existing	RHUE	PJ
Rsd.Water Heat – Enfamiljshus.Urban.Existing	RWUE	PJ
Rsd.Cloth Drying.Existing	RCDR	PJ
Rsd.Cloth Washing.Existing	RCWA	PJ
Rsd.Cooking.Existing	RCOK	PJ
Rsd.Dish Washing.Existing	RDWA	PJ
Rsd.Lighting.Existing	RLIG	PJ
Rsd.Refrigeration.Existing	RREF	PJ
Rsd.Other Electric.Existing	ROEL	PJ
Rsd.Other Energy.Existing	ROEN	PJ

*För alla segment med "existing" finns även ett segment för ”renoverade” respektive ”nya”.

Tabell A6: Exempel på energibärare i TIMES-Sweden

Energibärare	Namn
Hard Coal	COAHAR
Biogas	BIOGAS
Biofuels	BIOLIQ
Municipal Waste	BIOMUN
Industrial Waste-Sludge	BIOSLU
Wood Products	BIOWOO
Brown Coal	COABRO
Coke	COACOK
Lignite/Peat	COALIG
Electricity from large power plants (before grid)	ELCHIG
Electricity High Voltage	ELCHIGG
Electricity Medium Voltage	ELCMED
Electricity Low Voltage	ELCLOW
Blast-Furnace Gas	GASBFG
Coke-Oven Gas	GASCOG
Gasworks Gas	GASGWG
Natural Gas	GASNAT
District heating	HETLOW
Crude Oil	OILCRD
Diesel	OILDST
Feedstocks	OILFDS
Motor Spirit	OILGSL
Residual Fuel Oil	OILHFO
Kerosenes - Jet Fuels	OILKER
Liquified Petroleum Gas	OILLPG
Naphtha	OILNAP
Non Energy	OILNEU
Other Petroleum Products	OILOTH
Refinery Gas	OILRFG
Geothermal	RENGEO
Hydro	RENHYD
Solar	RENSOL
Wind	RENWIN

FJÄRRVÄRMEN OCH DE LÅNGSIKTIGA KLIMATMÅLEN

Här kommer forskarna fram till att ett pris på koldioxid bör vara motorn i klimatpolitiken. I Europa är utsläppshandelssystemet ett betydelsefullt styrmedel för att minska koldioxidutsläppen, och för de sektorer som inte ingår i systemet är koldioxidskatten ett viktigt klimatpolitiskt styrmedel. Men ett problem är att koldioxidskatten inte är likadan inom olika sektorer av samhällsekonomin. För fjärrvärme riskerar det att leda till suboptimeringar, till exempel när det gäller energisamarbeten med industrin.

Olika styrmedel för energieffektivisering spelar en viktig roll för fjärrvärme-sektorn, och om dessa styrmedel är effektivt utformade kan de bidra till att sänka de samhällsekonomiska kostnaderna för att nå klimatmålen.

De viktigaste erfarenheterna kring policyer för energieffektivisering är att så långt som möjligt utnyttja marknadens prissignaler i kombination med olika informativa styrmedel som ger stöd för marknadens aktörer att fatta rationella beslut enligt forskarna i studien. När människor agerar med hänsyn till vanor eller tumregler kan det också vara effektivt att till exempel göra det val man från myndigheten önskar till standardalternativ.

Studien visar också att det finns ett dåligt stöd i ekonomisk teori för att utformningen av Boverkets nuvarande byggregler och olika former av konverteringsstöd innebär samhällsekonomiskt effektiva styrmedel.