

REFERAT

Utvärdering av effektstyrningssystemet EnergiDirigent® ur ett miljöperspektiv

Pernilla Lönn

EnergiDirigent är ett styr- och mätsystem som ingår i E.ON:s produktsortiment för effektivare energianvändning. I dagsläget har systemet en styrparameter, uttagen effekt, och syftet med detta arbete har varit att undersöka om ytterligare styrparametrar kan infogas. Fokus för arbetet har varit att undersöka vilken potential EnergiDirigent har att bli miljövänlig. Styrparameter som tjänat som exempel för utredning har varit koldioxid.

Marginalen, det svenska elutbytet samt beräkning av koldioxidekvivalenter har behandlats parallellt med arbetet med EnergiDirigent. Arbetsgången har varit teoretisk med litteraturstudier, studiebesök och intervjuer. Resultat visar att vid en miljövärdering av el är det befogat att utgå ifrån marginalen vid besparingar, dock under vissa villkor, och att beräkningarna av besparingarna bör modifieras genom att verkningsgraden för kolkraftverk revideras. Sverige bedriver mycket handel med Norden samt Polen och Tyskland varför de har inkluderats i handelssystemet. Import och export är viktiga faktorer i behandling av marginalen men resurser saknas idag för att implementera faktorerna på ett adekvat sätt i besparingsuträkningar.

Utvecklingen av EnergiDirigent bör följa en modell som inkluderar det totala utsläppet av koldioxid vid varje installation. Bidrag till det totala utsläppet kommer ifrån lokala källor hos installationen, som hela tiden mäts, samt från den mängd energi som införskaffas, där motsvarande mängd koldioxid uppskattas teoretiskt. En styrgräns sätts på de totala utsläppen och följs sedan genom styrning på den inkommande energin.

Nyckelord: EnergiDirigent, energieffektivisering, marginal elproduktion, koldioxid, utsläppsrätt, koldioxidekvivalent

ABSTRACT

Evaluation of Energy Director® from an environmental point of view

Pernilla Lönn

Energy Director is a control and measuring system for energy consumption and is part of the product portfolio of E.ON AG for more efficient use of energy, offered to business customers. As of today, the system has only one parameter of control, namely power, and the objective of this essay has been to investigate whether other ones could be added. The emphasis is on the environmental perspective, which is why carbon dioxide has served as an example for this parameter in question.

Parallel with the study of Energy Director electricity on the margin, calculations of carbon dioxide equivalents and also the Swedish trade of electricity have all been highlighted. Results indicate that when reductions in energy are made it is endorsed to omit from electricity on the margin rather than some mean distributed electricity, under certain conditions, and in addition the calculations of the reductions should be modified regarding the efficiency of the power stations fuelled by lignite and bituminous coal. Sweden practices trade with the Nordic countries as well as Poland and Germany. Import and export represents essential factors in the discussion of electricity on the margin but they can nonetheless today be included in calculations concerning savings in emission of carbon dioxide.

The development of Energy Director is suggested to follow a model that includes the total emissions of carbon dioxide at each installation. Contributions are descended from local sources at the site, which are continuously measured, and from the energy that is obtained, where the equivalent amount of carbon dioxide has to be theoretically estimated. The total carbon dioxide limit control is then accomplished by means of controlling the obtained energy.

Key words: Energy Director, energy efficiency, marginal electricity production, carbon dioxide, EU Allowances, carbon dioxide equivalents

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 20 poäng och är en del av Miljö- och vattenteknikprogrammet vid Uppsala universitet. Examensarbetet har utförts hos och i samarbete med energirådgivningsavdelningen på E.ON Försäljning Sverige AB, där jag även haft min placering under perioden.Handledare under denna tid har varit Christer Åkerblom, produktchef på energirådgivningen och ämnesgranskare har varit Bengt Carlsson, professor i reglerteknik vid institutionen för informationsteknologi.

Jag vill rikta ett varmt tack till Christer, för hans insats som handledare och förmåga att entusiasmera kring det område som mitt examensarbete berört. Ett lika varmt tack till Bengt, för hans stöd och den hjälp han gett mig att komma framåt. Jag vill också tacka Louise Sarbäcken för det stöd jag känt och intresset för mitt arbete som hon hela tiden visat. Även Peter Chudi har hjälpt mig med nyttiga reflektioner och infallsvinklar under arbetets gång. Ett tack också till min examinator, Allan Rodhe, som tålmodigt svarat på mina frågor.

Ett stort tack till samtliga på kontoret på Vasagatan i Stockholm och Scheelevägen i Lund för det mycket varma mottagandet och den vänlighet och hjälpsamhet som ni alla visat mig. Till sist vill jag även tacka mina vänner och min familj som oförtrutet ställer upp med stöd och uppmuntran när jag behöver det.

Stockholm, mars 2007

Pernilla Lönn

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

REFERAT

ABSTRACT

FÖRORD

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND E.ON OCH ENERGI DIRIGENT.	1
1.2 SYFTE	2
1.3 AVGRÄNSNING	2
1.4 METOD	3
1.5 DISPOSITION	3
2. BAKGRUND	4
2.1 DEN SVENSKA ELMARKNADEN	4
2.2 ENERGI DIRIGENT	6
2.2.1 Funktionsbeskrivning av EnergiDirigent	7
2.3 EN GLOBAL ANSATS TILL UTVECKLING AV ENERGI DIRIGENT	10
2.3.1 Kyotoprotokollet	10
2.3.2 Koldioxidekvivalenter	11
2.3.3 Tilldelning av utsläppsrätter	13
2.3.4 Prissättning på utsläppsrätter	14
3. METOD	17
4. RESULTAT	18
4.1 STUDIEBESÖK	18
4.1.1 AB M Lundgrens gjuteri, Halmstad	18
4.1.2 Johns Manville AB, Oskarström	19
4.1.3 Bodycote, Anderstorp	20
4.2 MARGINALEL OCH DANSK ELPRODUKTION	20

4.3	BERÄKNING AV BESPARADE KOLDIOXIDUTSLÄPP	25
4.4	MODELLBESKRIVNING AV KOLDIOXID SOM STYRPARAMETER	26
4.4.1	Förslag på förbättring	26
4.4.2	Modellbeskrivning	27
	Princip för hur styrningen sker.	32
	Algoritmer för överflöd/underskott av koldioxid	34
4.4.3	Redovisning av koldioxid i EnergiDirigent	37
4.5	INCITAMENT	39
5.	ANALYS OCH DISKUSSION	41
5.1	MARGINALEL SOM NORM?	41
5.2	UTVIDGADE MARKNADER	43
5.3	BERÄKNING AV BESPARADE KOLDIOXIDUTSLÄPP	48
5.4	ANALYS AV MODELLEN	50
6.	SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FÖRSATT ARBETE	52
REFERENSER		54
TRYCKTA REFERENSER		54
INTERNETREFERENSER		55
PERSONLIGA REFERENSER		56
BILAGOR		
BILAGA A	Underlag till resonemanget om effekt- respektive säkringskunder	
BILAGA B	Underlag till diagrammen 11-14	

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND E.ON OCH ENERGI DIRIGENT

E.ON AG är världens största privatägda energikoncern och förser närmare 35 miljoner kunder med el, gas och värme. I Sverige har E.ON drygt 5200 anställda och kontor finns spridda över hela landet. (Åkerblom, 2006)

Ett så stort verksamhetsområde, både geografiskt och marknadsmässigt, ökar synligheten bland media och allmänhet och därför ökar även incitamenten för en klimatmedveten företagskultur. Ett allmänt känt och debatterat problem är utsläpp i atmosfären, främst av koldioxid. E.ON har som värdegrund att aktivt bidra till en bättre miljö och att främja utvecklingen för ett hållbart samhälle vilket har bidragit till att företaget satsat stort på att minska koldioxidutsläppen. Några exempel är fokusering på biobränslen såsom biogas, utbyggnationer av fjärrvärmenät samt framtagandet av tjänster och produkter som gör det möjligt för kunder att själva påverka sin förbrukning. En effektiv och optimerad energiförbrukning motsvarar ett minskat utsläpp av koldioxid.

En av dessa tjänster för optimering av energiförbrukningen är EnergiDirigent, en produkt som riktar sig till E.ON:s företagskunder. EnergiDirigent är ett helautomatiskt styr-, mät- och övervakningssystem som gör det möjligt att sänka topparna i effektuttaget. Systemet har inga begränsningar gällande antalet objekt som kan anslutas och fungerar så att en given maximalgräns anges som input (gräns för styrparameter) och utifrån denna gräns styr programmet. Syftet med EnergiDirigent är att minska på elanvändningen och omfördela den el som används. I dagsläget används effektuttaget (kW) som styrparameter och ambitionen i examensarbetet är att undersöka om det är möjligt att använda andra parametrar, till exempel sådana som har effekt på miljön och klimatet, på ett styrande sätt.

1.2. SYFTE

Begränsning av utsläpp av koldioxid är en av de viktigaste parametrarna för ett företags förmåga att profilera sig som ett miljövänligt och klimatmedvetet företag. Som EnergiDirigent ser ut idag finns ingen möjlighet att använda just utsläpp av koldioxid som styrparameter. Syftet med detta examensarbete är dels att undersöka, dels att utvärdera hur EnergiDirigent används idag och dels att studera vilka vidareutvecklingar som är möjliga att göra. Mot denna bakgrund formuleras sedan en hypotes om hur det skulle vara möjligt att implementera till exempel koldioxid som styrparameter i systemet. Metodiken innebär ett förutsättningslöst undersökningssätt av utvecklingsmöjligheterna hos EnergiDirigent.

Relevant också för genomförandet av detta arbete är E.ON:s policy rörande beräkningar av besparingar av koldioxid samt även hur synen på marginal elproduktion ter sig, varför båda dessa områden kommer att utforskas och behandlas parallellt med arbetet med EnergiDirigent.

1.3 AVGRÄNSNING

Detta arbete syftar till att ge en bakgrundsbild till fortsatt utveckling av EnergiDirigent och har inte för avsikt att reda ut hur och på vilket sätt utvecklingen ska ske. Eventuella implementeringar rent programmeringstekniskt ligger utanför ramen för denna rapport. I diskussionen om marginalet och produktionen av denna har ingen hänsyn tagits till de ekonomiska aspekterna utan enbart till de produktionstekniska.

Bakgrundsmaterial har samlats in och bearbetats och förslag till förbättringar av EnergiDirigent ska ses som inspirerande snarare än vägledande.

1.4 METOD

Metoden består i litteraturstudier, studiebesök, en modellbeskrivning av utvecklingen samt intervjuer och samtal med berörda parter.

1.5 DISPOSITION

I kapitel ett redovisas syfte, bakgrund samt avgränsningar och metod. På det följer kapitel två som till huvudsak består av relevanta bakgrundsbeskrivningar. Den svenska elmarknaden, EnergiDirigent och utsläppshandel belyses, liksom prissättningen av utsläppsrätter och beräkning av koldioxidekvivalenter.

Kapitel tre beskriver mer utförligt metoden samt en presentation av studiebesök. Kapitel fyra består till stor del av resultat från arbetet, inklusive en beskrivning av de studiebesök som gjordes samt en modellbeskrivning av utvecklingspotentialen av EnergiDirigent. Vidare diskuteras olika synsätt på elproduktion och elhandel. Här behandlas också uträkningen av besparad koldioxid via besparad energi samt dess koppling till utvecklingen av EnergiDirigent. I kapitel fem analyseras resultaten och en diskussion förs kring dessa som avslutas med en sammanfattning i kapitel sex.

2. BAKGRUND

I detta kapitel ges en översiktsbild av den svenska elmarknaden och beskrivningar av hela bakgrunden till handeln med utsläppsrätter. Kapitlet tar också upp en funktionsbeskrivning av EnergiDirigent.

2.1 DEN SVENSKA ELMARKNADEN

För en fortsatt förståelse definieras här de båda begreppen energi och effekt med hjälp av deras enheter enligt SI-systemet. De sista enheterna [kWh] respektive [kWh/h] har tillfogats för att illustrera hur de båda begreppen oftast används inom elbranschen.

Energi: $[J] = [Js/s] = [Ws] \quad \Leftrightarrow \quad [kWh]$

Effekt: $[W] = [J/s] = [Ws/s] \quad \Leftrightarrow \quad [kWh/h]$

Som framgår är det energimängden man talar om när enheten kWh benämns och effektuttaget motsvarar energi per tidsenhet, med dimensionen kW.

1 kWh räcker för att titta på TV i tio timmar eller hålla en 40 W lampa lysande i 25 timmar. I ett hushåll används i genomsnittsnitt ca 60 % av energin till uppvärmning, 20 % till varmvatten, disk och dusch med mera samt resterande 20 % till hushållselen, det vill säga elektroniska apparater (E.ON, www, 2006a). Om dessa siffror tillämpas på en genomsnittlig villa eller radhus ser årsförbrukningen ut som följer:

- ca 15000 kWh till uppvärmning
- ca 5000 kWh till varmvatten
- ca 5000 kWh till hushållsel

Om det i denna villa bor två vuxna och två barn förbrukar varje person i snitt dryga 6000 kWh per år. Om den industriella förbrukningen inkluderas blir siffran närmare

17000 kWh per person och år (STEM, 2005a). Detta betyder att 1 TWh el räcker för att försörja 58 824 personers årsförbrukning, inklusive industriell förbrukning.

Produktionen på den svenska elmarknaden domineras av vattenkraft och kärnkraft. År 2004 genererades mer än 90 % av landets totala elproduktion från dessa två källor (STEM, 2005b). Sammantaget under hela året producerades 148,2 TWh och förbrukningen uppgick till 146,1 TWh. Mellanskillnaden bestod i att Sverige hade en nettoexport på 2 TWh. Samma år producerade dåvarande Sydkraft AB (numera E.ON) 34 TWh el i Norden och hade en marknadsandel i Sverige på nära 23 %. (STEM, 2005b).

De tre största aktörerna på den svenska elmarknaden är Vattenfall, E.ON och Fortum. Alla tre företagen karaktäriseras av vertikal integration, vilket innebär att företaget kontrollerar verksamhet inom både produktion och distribution såväl som handel av el. 1996 avreglerades elmarknaden vilket betydde att kunden själv kunde välja leverantör av sin el. För att bli kund tecknas två avtal, det ena är ett nätavtal med det lokala nätföretaget för distributionen av el, och det andra är ett elavtal och gäller handeln av el. Med avregleringen blev det fritt att själv välja vem man vill teckna elavtal med medan nätavtalen fortfarande inte kan väljas fritt då detta är ett så kallat naturligt monopol.

Förenklat kan man säga att nätföretag generellt sett tillämpar en tariff med en fast och en rörlig del. Den fasta delen varierar med den abonnerade effekten, alltså säkringens storlek och den rörliga varierar med förbrukningen (STEM, 2005b). Hos E.ON delas kunderna in i två huvudtyper¹; säkringskunder och effektkunder, baserat på föregående resonemang. Säkringskunder utgörs av privatpersoner och mindre företag. Dessa betalar en säkringstariff; avgiften för abonnemanget beror på huvudsäkringens storlek, som mäts i Ampere. Ju mer el som förbrukas desto större effekt används. En större effektförbrukning kräver en större huvudsäkring vilket medför ett dyrare abonnemang.

¹ Se bilaga A

Den andra typen av kunder är effektkunder och de omfattas av industrier och andra storförbrukande företag. Dessa kunder har ett effektabonnemang och priset beror av hur stor maxeffekt som förbrukas. Kravet är att en timregistrerande mätare installeras som registrerar de högsta timvärdena på uttagen aktiv effekt och priset blir beroende av det högsta effektuttaget. (E.ON, www, 2006b)

2.2 ENERGIDIRIGENT

EnergiDirigent är ett helautomatiskt styr-, mät- och övervakningssystem som gör det möjligt att minska topparna i effektuttaget. Systemet har inga begränsningar av antalet objekt som kan kopplas in och fungerar så att en given maximalgräns på effektuttaget anges som indata och utifrån denna gräns styr programmet. Systemet består av två enheter. Dels består den av en fysisk centralenhet, hårdvaran. Denna kan ingå i ett så kallat buss-system, vilket går ut på att man till denna centralenhet kopplar andra mindre enheter och det är detta som gör det möjligt att koppla ett godtyckligt antal objekt till programmet. Hur den fysiska delen ser ut framgår av figur 1 nedan. Den andra delen består av själva operatörsprogrammet EnergiDirigent, mjukvaran, som installeras tillsammans med kundens energimätare och centralenheten. Detta tillsammans bildar systemet för EnergiDirigent.



Figur 1. EnergiDirigents centralenhet ED3000.

Ett sätt att sänka sina elkostnader är att sänka det maximala effektuttaget. Detta går att genomföra genom att sätta ett tak på hur mycket effekt som används. Detta tak är i praktiken detsamma som medeleffekt per timme, vilket innebär att det går bra att överskrida taket under en kortare period, förutsatt att medelvärdet för den timmen totalt inte går över maximala medelvärdet.

Medeleffekten för den tidsperiod som är intressant, vanligtvis en timme, kan naturligtvis inte beräknas förrän efter tidsperiodens slut. EnergiDirigent predikterar därför kontinuerligt under tidsperioden vad värdet kommer att vara vid tidsperiodens slut, och utifrån dessa prediktioner begränsas det momentana uttaget av effekt för att garantera att maxuttaget inte överskrids.

2.2.1 Funktionsbeskrivning av EnergiDirigent

Tidsperioden i fråga är som norm en timme och vid varje timmes början nollställs mätningen av effektuttaget. Därefter sker sampling en gång per minut och utifrån denna sampling, det vill säga det nya mätvärdet samt det närmast föregående mätvärdet, beräknas förändringen i effektuttag. Förändringen antas sedan vara konstant över den resterande timmen och om förändringen inte medför att taket i slutet av timmen överskrids händer inget i systemet. Däremot, om det skulle visa sig att taket överskrids, går EnergiDirigent in och styr ned objekt för att förhindra överskridning av maximala effektuttaget. Intentionen är att förbrukningen vid varje timmes slut ska hamna på eller precis under maxgränsen. Det är inte önskvärt att överskrida gränsen, eftersom det medför straffavgifter (om man till exempel har E.ON som nätleverantör), men samtidigt ska kapaciteten utnyttjas maximalt.

Nedstyrning innebär att EnergiDirigent stänger av ett eller flera objekt som är kopplade till systemet som inte behövs just för tillfället. Typiska objekt för nedstyrning är värmetröga laster, det vill säga sådana som inte påverkas märkbart av en strypt energitillgång under kortare perioder. Exempel på sådana värmetröga objekt kan vara elpannor, smältugnar i gjuterier samt stora torkfläktar på sågverk. Inget av dessa tappar speciellt mycket i värme om tillgången på energi stoppas för ett tag. På samma sätt

fungerar det bra med kyl- och frysrums, som också har tröga laster. Nedstyrning kan bero på många olika faktorer, till exempel produktionstakt och –krav, säsong och så vidare. Ofta finns villkor för hur länge man kan styra ett objekt och även hur länge det måste vara på innan man kan stänga av det nästa gång (blockeringsvillkor).

En central frågeställning är varför objekt som inte behövs inte är avstängda eller nedstyrda konstant för att på så sätt spara energi? Ett svar på den frågan är att ofta är företaget inte medvetet om sin förbrukningsbild. En första anledning till att installera EnergiDirigent är många gånger för att få en överblick om hur stor andel energi olika enheter förbrukar. Många kunder använder EnergiDirigent just på det sättet, bara som ett mätsystem. Dessutom måste hänsyn tas till att det inte är en fråga om ett enkelt system. Ofta finns det utrustning som inte direkt ingår i produktionskedjan som klarar av att köras på lägre fart eller stängas av några minuter, men som ändå inte kan vara avstängda hela tiden eftersom de fortfarande fyller en viktig funktion. Objekt som körs på denna behovsbas kan vara svåra att identifiera och styra själv.

Ett diagram för effektuttaget samt beräkningen av förändringen för varje minut visas i figur 2. Figuren visar vad kunder ser vid användning av programmet. Längst upp till vänster rapporteras den ackumulerade energiförbrukningen för föregående samt innevarande timme. Det karaktäristiska sågtandsmönstret kommer sig av att programmet nollställer mätningen av förbrukad energi vid början av varje timme. Den gröna linjen som är konstant över tiden är effekttaket, eller styrgränsen.

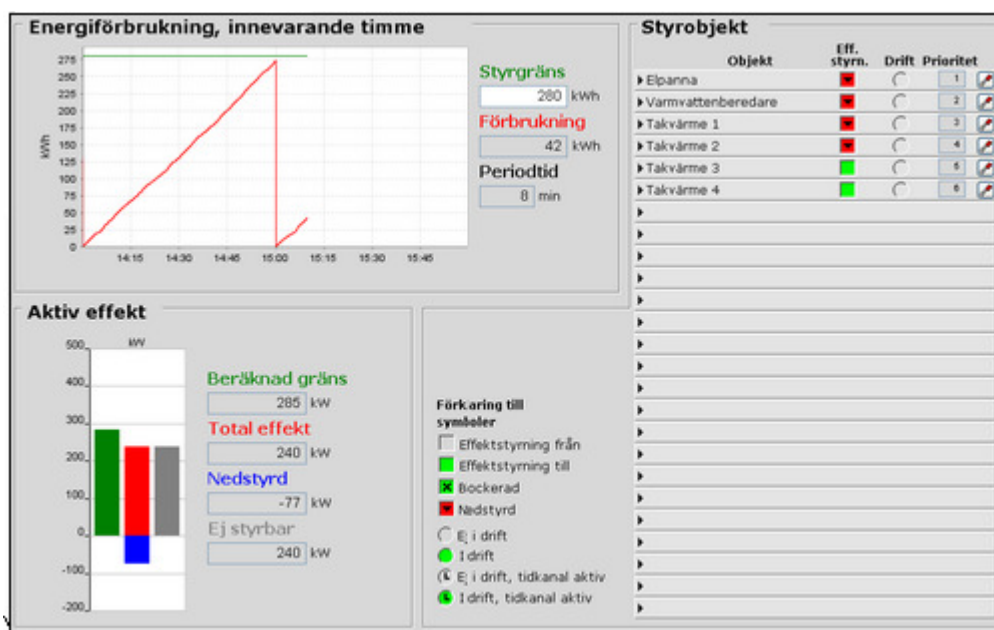
Energiförbrukningsdiagrammet visar den aktiva effekten indirekt via lutningen på kurvan.

Under diagrammet finns ett stapeldiagram som illustrerar den aktiva² effekten. Styrgränsen finns längst till vänster och har ett konstant värde. Mittenstapeln visar den totala effekten (röd) samt den nedstyrda effekten (blå). Stapeln för den nedstyrda effekten växer nedåt för att illustrera att det är en effekt som systemet reducerat från

² Den del av totala effekten som ger upphov till energiutbyte mellan energikällan och mottagaren.

den totala effekten för att den totala effekten ska bli lägre än styrgränsen. Den högra stapeln beräknas utifrån kunskap om de andra två och visar den icke styrbara effekten.

Längst till höger finns en lista över alla styrbara objekt inkopplade till programmet. Till varje objekt finns en informationsruta som meddelar status för effektstyrning, driftstatus samt ett par andra inställningar. Status för effektstyrning kan anta fyra olika lägen; effektstyrning från – effektstyrning för det här objektet är inaktiverad, effektstyrning till – styrojektet är tillgängligt för nedstyrning men det finns för tillfället inget behov av det, blockerad – styrojektet är aktiverat för nedstyrning men inte tillgängligt på grund av ett blockeringsvillkor, samt nedstyrd – effektstyrningen är aktiverad och objektet är nedstyrt (E.ON, 2005c). Det kan vara helt eller delvis nedstyrt, beroende på objekt och behov.



Figur 2. Användarinterface från EnergiDirigent.

Hittills idag finns ungefär 400 installationer, det vill säga kunder som använder sig av EnergiDirigent, i Sverige. Öppningar finns även på internationella marknader. Tyskland är ett land som historiskt sett alltid har haft höga elkostnader, varför effektstyrning funnits som idé och produkt en längre tid. En förutsättning dock för att

kunna bryta nya marknader för EnergiDirigent är att nät- och elkostnader debiteras separat, det vill säga att marknaden är avreglerad precis som i Sverige. Utan det blir det svårt att skilja ut elkostnaden och motivera införandet av systemet, då en eventuell prissänkning inte blir lika uppenbar. (Davidsson, 2006).

2.3 EN GLOBAL ANSATS TILL UTVECKLING AV ENERGI DIRIGENT

2.3.1 Kyotoprotokollet

1992 samlades drygt 150 av världens länder i Rio de Janeiro under FN:s regi för att gemensamt diskutera jordens klimat och dess förändringar. Länderna enades om att halten växthusgaser i atmosfären måste minska, och därmed utsläppstakten från industrier och andra källor, för att inte klimatet ska påverkas på ett negativt sätt. Länderna undertecknade FN:s ramkonvention om klimatförändringar, United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC. Då denna konvention är en ramkonvention sattes inga konkreta gränser för utsläppen och inte heller någon tidsplan för när dessa mål skulle vara uppnådda. De undertecknande länderna formade COP, Conference of the Parties, det högsta beslutande organet för klimatkonventionen där alla berörda parter finns representerade. Konventionen trädde i kraft 1994, men på det första partsmötet i Berlin 1995 konstaterades att konventionen i sig inte drev fram de förändringar man hade hoppats på. (STEM, 2005a)

1997, på det tredje partsmötet i Kyoto enades man om ett protokoll som reglerar utsläppen av koldioxid samt fem andra växthusgaser³ och som även fastslår kvantitativa minskningar för perioden 2008-2012, det är detta som blivit känt under namnet Kyotoprotokollet. Det är det juridiskt bindande dokumentet som kompletterar klimatkonventionen. I det fastslogs bland annat att industriländerna ska minska sina sammanlagda utsläpp med minst 5 % räknat på 1990 års nivå under den första åtagandeperioden 2008 – 2012 (Kyotoprotokollet, 1998). Dock kvarstod tolkningsproblem av denna text varför man 2001 i Marocko på det sjunde partsmötet

³ De övriga fem är metan, dikväveoxid, svavelhexafluorid samt grupperna fluorkolväten och perfluorkolväten (Kyotoprotokollet, 1998).

antog den så kallade Marrakech-överenskommelsen, där riktlinjer och detaljerade regler för implementeringen av Kyotoprotokollet finns. Tack vare Marrakech-överenskommelsen blev det möjligt för länderna att bedöma vad en ratificering av Kyotoprotokollet skulle innebära. Den 16 feb 2005 trädde så protokollet i kraft, efter det att villkoren för att protokollet skulle vara giltigt blev uppfyllda.

EU-länderna, då 15 st., åtog sig att minska sina utsläpp med 8 % fram till år 2012 jämfört med 1990 års nivå (Kyotoprotokollet, 1998). Den 1 januari 2005 infördes ett system för handel med utsläppsrätter, med målsättning att hjälpa unionen att nå sitt åtagande att minska utsläppen av växthusgaser. EU har en intern bördefördelning där Sverige har ett åtagande att inte öka utsläppen med mer än 4 % under perioden 2008 – 2012 men enligt ett riksdagsbeslut är målet att Sveriges nivå av utsläpp ska underskrida 1990 års nivå med 4 % fram till år 2012 (STEM, 2005a). Enligt bördefördelningen har vissa länder rätt att utöka sina utsläpp något medan andra måste minska dem. Denna fördelning är legalt bindande till skillnad från riksdagsbeslutet, som är ett nationellt klimatmål och en ambition från Sveriges sida.

Handel med utsläppsrätter är en av de tre så kallade flexibla mekanismerna som innefattas i Kyotoprotokollet. Tack vare dessa mekanismer kan ett land dra nytta av de utsläppsminskningar som sker i andra länder genom att köpa överlåtbara utsläppsrätter. Ett land kan också via sina egna effektiviseringar bidra till minskningar i andra länder. Ett exempel på sådant är om Sverige minskar sin elförbrukning. Koldioxidutsläppen i Sverige minskar då inte nämnvärt eftersom den mesta av elen kommer från kärnkraft eller vattenkraft. Däremot sjunker importen från koleldade kraftverk i till exempel Tyskland eller Polen, och bidrar på så sätt till en global minskning.

2.3.2 Koldioxidekvivalenter

Definitionen på en koldioxidekvivalent uttrycks:

”Koldioxidekvivalent = mängd av en växthusgas uttryckt som den mängd koldioxid som ger samma klimatpåverkan; 1 kg metan motsvarar till exempel 21 kg koldioxid.”

(Regeringen, [www](#)). Koldioxidekvivalenten för metan är alltså 21 och i tabell 1 finns värdena för Kyotoprotokollets sex växthusgaser.

Tabell 1. Koldioxidekvivalenter för Kyotoprotokollets sex växthusgaser.

Växthusgas	Koldioxidekvivalent, GWP
Koldioxid CO ₂	1
Metan CH ₄	21
Dikväveoxid N ₂ O	310
Svavelhexafluorid SF ₆	23 900
Fluorkolväten (HFCs)	140 – 11 700
Fluorkarboner (PFCs)	6 500 – 7 500

Källa: Keenan, 2006

En utsläppsrätt definieras som rätten att släppa ut ett ton koldioxid. Ett ton koldioxid motsvarar att köra en bensindriven normalstor bil 500 mil (Naturvårdsverket, 2005). Jämfört med jordens omkrets skulle det krävas runt åtta ton koldioxid för att köra ett varv runt jorden. FN:s klimatpanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tillhandahåller generellt accepterade värden på så kallade GWP:s, Global Warming Potentials (koldioxidekvivalenter). IPCC etablerades 1998 som ett samarbete mellan två av FN:s organisationer, WMO (World Meteorological Organization) och UNEP (United Nations Environmental Programme) och bedriver forskning inom området antropogen klimatpåverkan. (Wikipedia, [www](#)). I Kyotoprotokollet användes värden för GWP:s från IPCC:s andra rapport från 1995. Tekniskt sett är koldioxid en av de gaser som har minst påverkan på växthuseffekten, men då den volymmässigt är vida större än någon annan gas som emitteras är den ändå normgivande.

E.ON tillämpar en metod för beräkning av koldioxidekvivalenter som baseras på energiförbrukningen:

Sparad elenergi ⇒ marginalet ⇒ minskade koldioxidutsläpp

Den sparade energin utgör grund till en uppskattning av hur mycket koldioxidutsläpp som besparats. Grundidéen är att varje sparad kWh utgör en viss mängd sparad koldioxid som uppskattas utifrån en beräkningsmodell i E.ON:s miljöhandbok (E.ON, www, 2006c). Ett utdrag ur modellen visar på hur det numeriska värdet på minskningen av koldioxidutsläpp kalkyleras vid en minskad energiförbrukning:

Vid investeringar och effektiviseringar i ny respektive befintlig elproduktion ska beräkningen ske utifrån att det är dansk kolkraft som ersätts. Ett genomsnittligt värde på koldioxidutsläppen ifrån kolkondensproduktion har beräknats till 880 g CO₂/kWh.

Denna siffra på 880 g CO₂ / kWh är baserad på att det är el på marginalen som minskar då en reduktion i det nordiska systemet sker. Detta är en allmänt erkänd norm och grundar sig bland annat på rapporten *Marginal elproduktion och CO₂-utsläpp i Sverige* (STEM, 2002). Enligt denna rapport är den el som förbrukas på marginalen i det nordiska systemet producerad i danska kolkondensverk⁴. Dessa producerar el via förbränning av kol och räknas därför som en koldioxidintensiv industri på grund av de relativt sett höga utsläppen vid förbränningen. Marginalen som begrepp behandlas vidare i kapitel 4.2.

2.3.3 Tildelning av utsläppsrätter

Den första handelsperioden pågår mellan 2005-2007 och omfattar endast EU-länderna (EU25) samt de tre som ingår i EEA-avtalet (Norge, Island och Liechtenstein), vilka kan ansluta sig frivilligt. Systemet ses som en inledande fas till den globala utsläppshandeln som enligt Kyotoprotokollet påbörjas år 2008. Inför denna inledande fas har en utdelning av utsläppsrätter (EUAs, European Union Allowances) till berörda industrier skett enligt grundprincipen historiska utsläpp. Avsikten är att EU ska skaffa sig erfarenhet inför den internationella handeln och under denna försöksperiod är det bara koldioxid som omfattas av de växthusgaser som finns med i Kyotoprotokollet. För att sätta ett tak på utsläppen tillämpas en Nationell allokeringssplan. Det är en

⁴ Ett kondenskraftverk producerar enbart el, genom förbränning av i första hand kol, olja eller naturgas, men även avfall, torv med mera. Likaså kärnkraftverk är definitionsmässigt ett kondenskraftverk.

fördelningsplan som granskas av EU och som varje land som berörs av handeln är skyldigt att upprätta.

För att alls vara aktuell som aktör på marknaden för utsläppsrätter måste först ett tillstånd sökas och erhållas enligt lagen om utsläpp av koldioxid. Därefter ansöker man om att få utsläppsrätter tilldelat sig via Naturvårdsverket. Om ansökan går igenom blir man tilldelad utsläppsrätter från staten. Varje anläggning är sedan skyldig att lämna in lika många utsläppsrätter som faktiskt utsläpp och detta sker varje kalenderår.

Utsläppsrätterna inlämnas till SUS, Svenskt utsläppsrättssystem, som är det nationella registret över alla handlande anläggningar i Sverige. Naturvårdsverket är den myndighet som ser till att handelns regler efterlevs. Om en anläggning inte har utsläppsrätter motsvarande utsläppen skall en avgift på 40 euro per motsvarande ton koldioxid betalas. Denna avgift är densamma i hela EU och från och med 2008 höjs den till 100 euro per ton (Naturvårdsverket, [www](http://www.naturvardsverket.se)). Dessutom är anläggningen fortsatt skyldig att lämna in rätt antal utsläppsrätter. De anläggningar som berörs under handelns första fas, det vill säga 2005 – 2007, är de med en tillförd effekt på mer än 20 MW, eller som är anslutna till ett fjärrvärmeverk med en totalt tillförd effekt på 20 MW eller mer.

2.3.4 Prissättning på utsläppsrätter

Grundtanken är att handeln med utsläppsrätter på ett kostnadseffektivt sätt ska driva fram utsläppsreducerande produktionstekniker och gynna producenter som satsar på förnyelsebara energikällor.

Ekonomiska incitament är oftast den starkaste drivkraften för att genomföra förändringar och förbättringar. Handeln med utsläppsrätter är på detta plan en kombination av miljömässiga och ekonomiska besparingar. En efterfrågan på utsläppsrätter skapas i och med att företagen får de tilldelade till sig och sedan är skyldiga att inte släppa ut mer koldioxid än vad de har rättigheter till. Skulle det hända

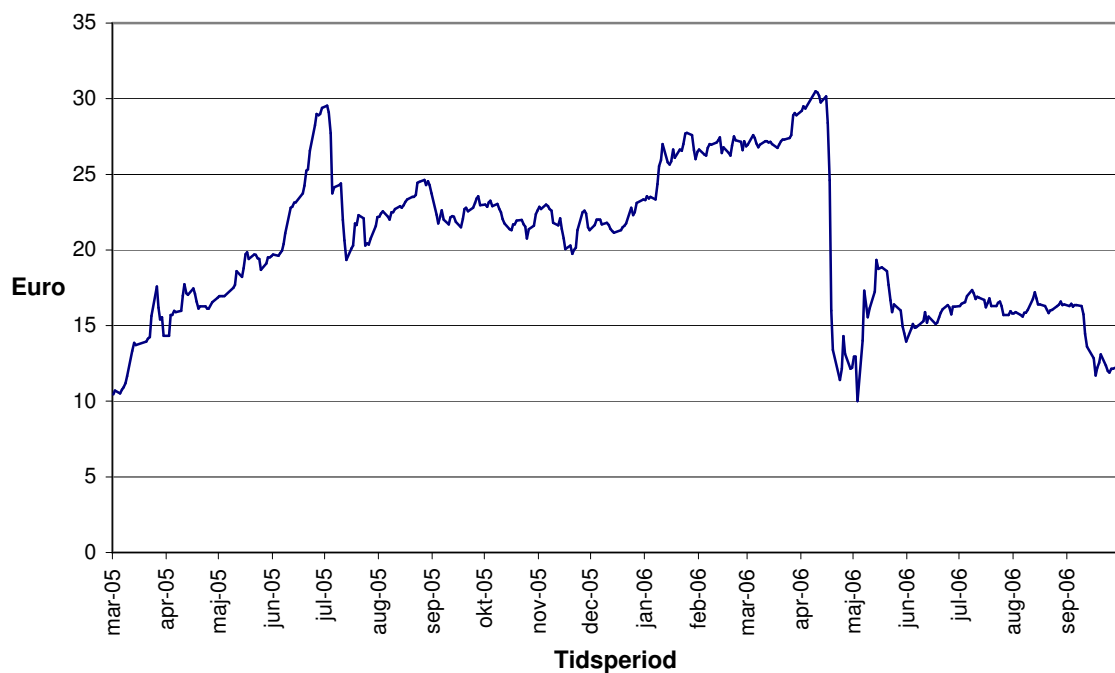
måste företagen antingen köpa fler utsläppsrätter eller själva utveckla mer klimatvänliga metoder för sin verksamhet.

Priset på en utsläppsrätt bestäms av marknadskrafterna, alltså utbud och efterfrågan. Utbud och efterfrågan bestäms i sin tur av en rad olika faktorer och förhållandet dem emellan bestäms av handelns regler, som bland annat finns i handelsdirektivet. Något förenklat är efterfrågan lika med de förväntade utsläppen minus tilldelningen av utsläppsrätter, men återigen finns det många faktorer som är avgörande för prisbildningen. En indelning av dessa faktorer återfinns i energimyndighetens rapport *Prisutveckling på el och utsläppsrätter samt de internationella bränslemarknaderna* (STEM, 2005c). Där användes indelningen utsläppsfaktorer, institutionella faktorer samt marknadsfaktorer. Utsläppsfaktorer är de faktorer som faktiskt påverkar utsläppen, till exempel marginalkostnad för utsläppsreduktioner och relativa bränslepriser. Under de institutionella faktorerna finns fördelningsplanerna och länkdirektivet⁵ för att nämna några. Slutligen, till marknadsfaktorerna hör bland annat spekulation, initial osäkerhet och marknadsmakt. På sikt är det troligt att de institutionella faktorerna försvagas och att marknadsfaktorerna mer och mer tar över, allteftersom handeln fortskrider och marknaden stabiliseras.

En viktig faktor för priset på utsläppsrätter är relativpriset mellan kol och naturgas. Om naturgas är dyrare än kol betyder det att kol kommer att användas i större utsträckning och därmed öka utsläppen varpå priserna för utsläppsrätter drivs upp. Relativpriset mellan kol och naturgas påverkar inte bara priset på utsläppsrätter direkt utan har även betydelse för kostnaden för en övergång från kol till naturgas. Den största potentialen för att minska koldioxidutsläpp finns just i övergången från kol till naturgas och för att en sådan övergång ska vara motiverad krävs det att skillnaden i pris mellan de båda bränsleformerna uppvägs av kostnaden för utsläppsrätter. Relativpriset mellan kol och gas har också betydelse för vilken typ av produktion som står för elkraft.

⁵ Länkdirektivet ger länderna möjlighet att tillgodogöra sig utsläppsminskningar via Kyotoprotokollets projektbaserade mekanismer, det vill säga som sker i projektform i ett annat land.

När handeln introducerades den 1 jan 2005 låg priset på 6 Euro per ton koldioxid, det vill säga per utsläppsrätt. Den första avräkningen påbörjades i maj 2006 och då hade priset fluktuerat mellan 6 Euro och dryga 30 Euro per ton, se figur 3, vilket indikerar att marknaden är starkt spekulativ. Det största prisraset var i maj 2006, då det visade sig att de inrapporterade utsläppen låg, i vissa fall, långt under de förväntade värdena och tillika tilldelade utsläppsrätterna. Detta syns mycket tydligt i figuren. Under den första våren efter introduktionen steg priserna kraftigt, med en toppnotering på nästan 30 Euro per utsläppsrätt under juni månad. En förklaring till detta kan vara att många länder fortfarande inte hade upprättat sina nationella register över sina tilldelade utsläppsrätter, vilket ökade på osäkerheten och drev upp priset.



Figur 3. Pris på utsläppsrätter sedan 10 mars 2005. (Falk-Olsson, 2006)

3. METOD

Metoden för examensarbetet bestod i huvudsak av litteraturstudier. Mycket information har hämtats från Statens energimyndighet, STEM, men också från E.ON via intranätet och medarbetare. En del kortare intervjuer har genomförts och i examensarbetet ingår även studiebesök på tre anläggningar som har EnergiDirigent installerat. Dessa representerar kunder från tre olika branscher; gjuteri, väveri och värmebehandling. Eget efterforskningsarbete samt idéer om den vidare utvecklingen av EnergiDirigent har tillkommit.

Som första steg lästes mycket litteratur för att ge en adekvat bakgrund och förståelse för hur elmarknaden ser ut och fungerar samt hur EnergiDirigent fungerar. Kontinuerlig kontroll skedde mot projektplanen för att hela tiden hålla tidsdispositionen. Arbetet följde sedan faser där de olika delarna av rapporten utreddes steg för steg; resultaten delades in efter de huvudspår som rapporten följer och varje färdigt resultat bearbetades i analys- och diskussionsdelen innan nästa del av rapporten behandlades.

Parallellt under arbetets gång har en diskussion hela tiden förts med anställda på E.ON för att få hjälp med att klarlägga begrepp, förklara innebörden av olika delmoment (rapporter, statistik och liknande) samt för referenser och infallsvinklar på arbetet. Här har handledaren Christer Åkerblom spelat en mycket viktig roll som bollplank och stöd.

4. RESULTAT

Kapitlet inleds med en presentation av de tre studiebesöken. Vidare tas begreppet om marginalel upp med en undersökning av den danska elproduktionen i fokus. Utrymme ges även åt beräkningssätt för koldioxidekvivalenter, hur redovisningen av sparade utsläpp i EnergiDirigent ska utformas samt incitament till varför det skulle vara motiverat med en vidareutveckling av EnergiDirigent.

4.1 STUDIEBESÖK

4.1.1 AB M Lundgrens gjuteri, Halmstad

Mitt i centrala Halmstad ligger Lundgrens gjuteri som tillverkar gjutjärnsartiklar (såsom brunnslock, galler med mera) samt pumpar och gjutgods för VVS-branschen. Verksamheten startade 1917 och har för närvarande 60 anställda (Lundgrens gjuteri, [www](http://www.lundgrensgjuteri.se)).

1992 installerades två stycken smältugnar, vardera om 1500 kW och 1999 införskaffades även en avgjutningsugn med effekten 250 kW.

Sedan 1994 har gjuteriet haft EnergiDirigent installerat med avsikt att utnyttja programmets effektstyrning för dessa tre ugnar. Tre objekt kan vid första anblick verka blygsamt, men storleken på smältugnarna motiverar investeringen.

Styrgränsen har under en längre tidsperiod varit 3200 kWh/h men har nu sänkts till 2500 kWh/h på grund av att viss äldre utrustning har kasserats.

Under studiebesöket framgick hur EnergiDirigent används i praktiken och på denna anläggning var effektstyrning dess huvudsakliga uppgift. I programmet loggas och sparas alla mätvärden, vilket gör det möjligt att gå in flera år bakåt i tiden och undersöka energiförbrukning, timme för timme. Data kan observeras på godtycklig

tidsenhet; timme, dag, vecka, månad eller år. Alla dessa data kan även visas i diagram för respektive önskad tidsperiod.

Tillsammans med EnergiDirigent använder kunden även ett program kallat Goyen som mäter stoft i utsläppen och redovisar det i diagramform.

4.1.2 Johns Manville AB, Oskarström

Johns Manville AB (JM) är ett företag som är verksamt inom textilindustrin och innehar en världsledande position inom tillverkning av glasväv. I Oskarström produceras glasfibertapeter. Företaget hette Tasso AB innan uppköpet från JM och idag jobbar här 80 personer (Bermhed, 2006).

JM har sedan 1996 EnergiDirigent installerat och använder alla dess funktioner; mätning, styrning, övervakning, larm samt reglering. Här finns exempel på effektstyrning, tidstyrning, mätning av materialförbrukning, temperaturmätning, larmfunktion och så vidare. Användningsområdena är många och uppkopplingen i detta fall visade sig mer komplicerad än i fallet med Lundgrens gjuteri.

Relevanta mätvärden loggas för möjlighet till inspektion och kontroll vid senare tillfällen. Larmfunktionen är aktiverad och ett larm går om till exempel luftfuktighet i produktionsledet avviker från givna gränsvärden eller om temperaturen i ett annat led understiger minimum.

I nära anslutning till anläggningen finns ett lokalt mindre kraftverk. Vid önskan kan det som alternativ till nedstyrning kopplas in till verksamheten under kritiska skeden. Dock användes kraftverket inte på det sättet i denna installation.

Hans – Jörgen Bermhed är underhållschef i Oskarström och enligt honom har EnergiDirigent sparat företaget mycket kostnader då man lyckats sänka effekttopparna. Uppskattningsvis hade företaget varit tvunget att gå från en effektgräns på 2100 kWh/h

till 2400 kWh/h om inte installationen hade skett. Nu har man istället lyckats sänka taket till 1700 kWh/h.

4.1.3 Bodycote, Anderstorp

Bodycote är världsledande inom materialtekniska servicetjänster såsom värmebehandlig, ytbehandling och härdning (Bodycote, [www](http://www.bodycote.com)). I Anderstorp är bandugns härdning den huvudsakliga verksamheten.

Här finns inget enskilt objekt som drar speciellt mycket mer effekt än något annat, utan här styr EnergiDirigent istället på närmare 40 stycken objekt. Effekt- samt tidstyrning är det man i första hand använder EnergiDirigent till, och de funktionerna har utnyttjats sedan den installerades 2003.

Någon signifikant besparing av energi har inte gjorts, utan det handlar snarare om en omfördelning så att effektabonnemanget har kunnat sänkas. Innan installationen var abonnemanget på ungefär 1800 kWh/h och en styrgräns på 1650 kWh/h. Efter installationen sänktes abonnemanget till 1400 kWh/h och styrgränsen till 1350 kWh/h (Jansson, 2006).

Loggade värden på förbrukning sparas på samma sätt som hos de övriga två kunderna och tidstyrningen är aktiverad för ett antal objekt.

Sammanfattningsvis har EnergiDirigent sparat många hundra kW hos de kunder som studiebesöken inkluderade. Bodycote sänkte sitt abonnemang med 400 kW och Johns Manvilles sänkning motsvarade 700 kW.

4.2 MARGINALEL OCH DANSK ELPRODUKTION

Sedan 1996 är den svenska elmarknaden avreglerad. Avregleringen innebar ett öppnande för fri konkurrens mellan elbolagen och idag är Norden en integrerad och öppen marknad för handel med el, efter det att avreglering skedde i Finland 1995 och

Danmark 1999 (Norge var först och avreglerade sin marknad 1991). Syftet med reformen var att förbättra resursutnyttjandet, att skapa bättre förutsättningar för konkurrens samt att öka transparensen.

Eftersom en integrerad marknad medför att el inte enbart kommer från inhemska producenter talas det om ett nordiskt system, där resursförbrukning och förändrad produktion påverkar inte bara det land i vilket de utförs utan får konsekvenser även utanför landets gränser. I det nordiska systemet bidrar varje land med elproduktion och hur denna är sammansatt, hur den så kallade elmixen ser ut, beror av vilket land som åsyftas. I tabell 2 redovisas den svenska elmixen per 2004.

Tabell 2. Den svenska elmixen 2004.

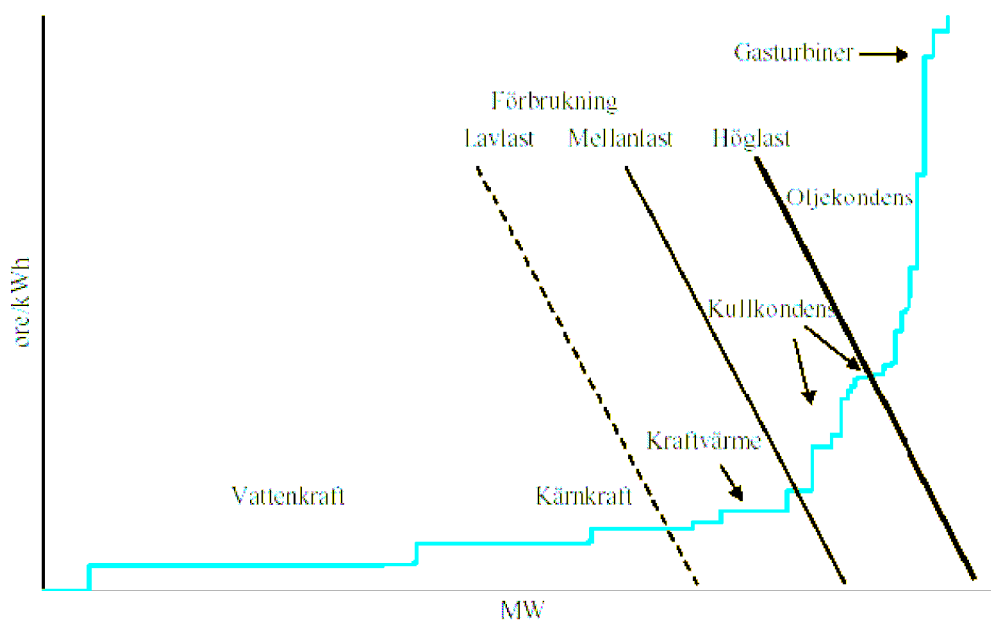
Elmix Sverige	TWh	Andel %
Vattenkraft	59,5	40
Kärnkraft	75	51
Vindkraft	0,8	0,5
Värmekraft, varav:	12,9	8,7
Biobränsle	7,48	5,0
Kol	2,84	1,9
Olja	2,06	1,4
Gas	0,52	0,4
Summa	148,2	100,2

Källa: STEM, 2005a

Som framgår av tabellen härstammar alltså mer än 90 % av den el som tillverkas i Sverige från källor fria från koldioxidutsläpp. Som jämförelse kan E.ON:s svenska elmix för 2005 nämnas; den bestod till 43 % av vattenkraft, 55 % kärnkraft, 1 % värmekraft samt 1 % från förnybara källor (E.ON, 2005a).

Innan den nordiska elmarknadsreformen genomfördes var Sverige ett land vars bidrag till koldioxidutsläpp var mycket marginella, sett ur ett globalt perspektiv men också ur ett regionalt perspektiv med fokus på Norden. En besparing av elförbrukningen gav alltså små besparingar i koldioxidutsläpp eftersom den mesta av elen inte kom från koldioxidgenererande källor. Idag är situationen annorlunda.

Idag är det marginalet som är rådande norm och den definieras som den sista utnyttjade elproduktionen, producerad till den högsta rörliga kostnaden, som i varje ögonblick konsumeras (Sköldbberg, 2006). Detta innebär att om man reducerar elanvändningen så reduceras i första hand marginalet. På den nordiska kraftmarknaden behöver det inte vara en produktionsenhet i Sverige som producerar på marginalen. Likaså behöver en reduktion i elkonsumtion inte leda till att produktionsenheter i Sverige minskar sin drift. Det är detta som är konsekvenserna av en nordisk systemgräns.



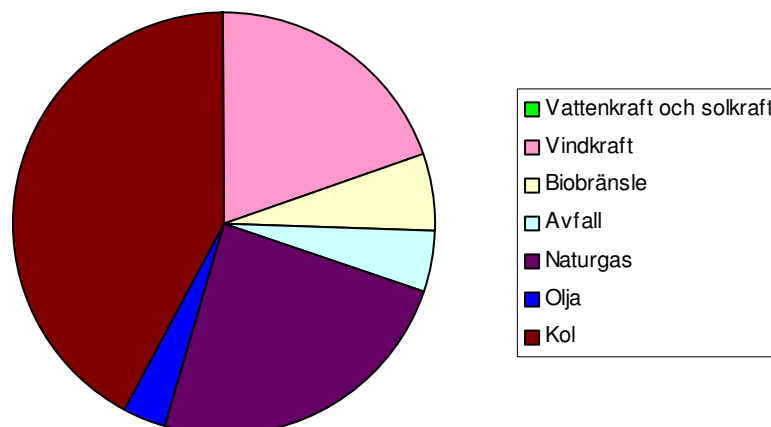
Källa: STEM 2002

Figur 4. Meritorderkurvan i det nordiska systemet.

Figur 4 illustrerar meritorderkurvan i det nordiska systemet när produktionskapacitet är inordnad efter installerad effektkapacitet (STEM, 2002). Bilden visar, förenklat, att vattenkraft är billigast att producera och att den klarar en ganska stor last. Som framgår är vattenkraft främst försörjande för baslasten. Efter vattenkraften är kärnkraft den billigaste produktionen och den står också för baslasten i systemet. Allteftersom efterfrågan ökar kommer produktionen att förskjutas längs kurvan, normalt under höglast hamnar man då på kolkondens som är dyrare än de tidigare nämnda men mycket mer anpassningsbar på kort sikt. Den mest anpassningsbara produktionen kommer från gasturbiner, som klarar en efterfrågan som varierar från timme till timme, men det är också den absolut dyraste teknologin. När efterfrågan minskar förskjuts gränsen åt vänster och illustrerar på så sätt att det är kolkondens som minskar.

I Sverige har det på kort sikt varit vattenkraft som stått för el på marginalen och då har det varit inhemsk produktion som minskat vid minskad användning. En energienhet vattenkraft producerad idag tränger undan en energienhet producerad vid ett senare tillfälle, eftersom det finns en begränsad tillgång på vatten sett över en viss period. Denna framtida kilowattimme måste då täckas av en annan produktion och det är precis detta som sker på lite längre sikt. Marginalproduktion sett över längre tid, ett år till exempel, har bestått och består fortfarande av kondenskraft (STEM, 2002). Kondenskraften i sin tur är traditionellt hämtad från de danska kolkraftverken. När importen ökar, på grund av lägre vattenmagasinsfyllnad eller högre förbrukning, ökar således också utsläppen av koldioxid till följd av ökad kolkondensproduktion. Det är detta som är anledningen till att situationen i Sverige idag är annorlunda, jämfört med innan avregleringen, med avseende på utsläpp av koldioxid och andra föroreningar i atmosfären.

För många är konceptet marginalel synonymt med kolkondens varför det blir intressant att undersöka hur den danska elmixen ser ut. Den norska elmixen består till 99 % av vattenkraft, så begreppet mix känns i detta fall överflödigt. Den danska elmixen skiljer sig avsevärt från den svenska och baseras, liksom den finska, till största delen på värmekraft, se figur 5.



Figur 5. Elproduktion i Danmark 2005. (Behnke, 2006)

Kolkraft är den dominerande källan (42 % av all elproduktion) och till skillnad från Sverige är vattenkraften obefintlig medan vindkraften är väl utbyggd. En betydande del av produktionen står också naturgasen för. Kol och naturgas bidrar båda till den förstärkta växthuseffekten i och med att vid förbränning av dessa bränslen frigörs koldioxid (liksom det gör vid förbränning av alla fossila bränslen). Östra och västra delen av Danmark skiljer sig även dem och detta framgår av tabell 3.

Tabell 3. Dansk elproduktion 2005.

Elmix Danmark	GWh Västdanmark	GWh Östdanmark	Totalt
Vattenkraft och solkraft	24	0,06	24,06
Vindkraft	5 073	1 592	6 665
Biobränsle	833	1 117	1 950
Avfall	954	641	1 595
Naturgas	5 358	2 816	8 174
Olja	155	961	1 116
Kol	8 918	5 317	14 235
Summa	21 315	12 444,06	33 759,06

Källa: Behnke, 2006

Gemensamt för både den östra och västra produktionen är den höga andelen kol som används. Det som skiljer dem åt är att vindkraften svarar för en mycket större andel av produktionen i västra Danmark, likaså produktion baserad på naturgas.

Marginalbegreppet är vida debatterat och huruvida det är ett entydigt och klart sätt att pålysa konsumtion av el finns inget enkelt svar på. För ytterligare diskussion kring detta hänvisas läsaren till kapitel 5.1.

4.3 BERÄKNING AV BESPARADE KOLDIOXIDUTSLÄPP

Vid en besparing av elförbrukning är den rådande normen att det är el på marginalen som reduceras. Och eftersom el producerad på marginalen består av kolkondens, företrädesvis dansk sådan (STEM, 2002), innebär det att en reduktion av elanvändning svarar mot en reduktion av koldioxidutsläpp. Minskningen går att beräkna med hjälp av mängden kilowattimmar som sparats.

Det finns ett antal sätt att beskriva den mängd kol som förbrukats, och ett av dem är energiinnehållet uttryckt i Joule, speciellt energiinnehåll i Joule per varje Wh. En lämplig storlek för denna typ av beräkningar är GJ / MWh. En dimensionsanalys visar på att denna enhet svarar exakt mot en faktor 3,6. Om denna faktor divideras med verkningsgraden hos det kolkondensverk som är intressant att undersökas ger resultatet bränsleförbrukningen uttryckt i GJ / MWh. Koldioxidinnehållet i det bränsle som undersöks leder sedan till motsvarande mängd koldioxid per enhet kilowattimme. E.ON använder sig av ett referensvärde på 880 g CO₂ / kWh för kolkondens⁶, vilket svarar mot en verkningsgrad på 0,3886 hos kolkondensverken. Koldioxidinnehållet i kol motsvarar 95 kg /GJ bränsle. Räkneexemplet nedan illustrerar:

$$\frac{3,6}{0,3886} = 9,264 \text{ GJ / MWh} \quad (i)$$

⁶ Stöd för detta referensvärde ges i Energimyndighetens och Naturvårdsverkets underlag till kontrollstation 2004, *Utvärdering av styrmedel i klimatpolitiken*.

$$95 \text{ kg CO}_2 / \text{GJ} \cdot 9,264 \text{ GJ} / \text{MWh} = 880 \text{ g CO}_2 / \text{kWh} \quad (\text{ii})$$

Alltså minskar koldioxidutsläppen med 880 g för varje besparad kWh.

4.4 MODELLBESKRIVNING AV KOLDIOXID SOM STYRPARAMETER

4.4.1 Förslag på utveckling

Ett första steg på vägen till en förbättring av EnergiDirigent är en implementering av mätsensorer som kan tillhandahålla information över hur olika objekt eventuellt bidrar till utsläpp. Varje installation ser olika ut och det är inte säkert att det blir aktuellt med utsläpps begränsning för alla kunder, men i de fall det är önskvärt måste en grund först finnas innan det går att säga om en förändring kan genomföras. Sammanhanget mellan olika produktionssteg och utsläpp i atmosfären måste göras tydligt så att ett adekvat beslutsunderlag finns för kunden. För en sådan implementering av fler sensorer kommer sannolikt bussystemet att behöva anpassas. Att mäta koldioxiden är ett relativt enkelt problem att lösa, det finns givare av olika typer som kan kopplas in, beroende på om direkt eller indirekt mätning är aktuell. Direkt mätning är till exempel om en givare mäter koldioxiden i rökgaser och exempel på indirekt mätning är bränsleförbrukningen till någon enhet, varpå mängden koldioxid får uppskattas teoretiskt.

Det slutliga målet är att installera koldioxidutsläpp som styrparameter i EnergiDirigent, parallellt med effekten, och detta bör helst ske utan att produktionen påverkas negativt. Funktioner som är önskvärda för koldioxid är i princip desamma som för effekt, det vill säga att nedstyrning, larm och så vidare bör kunna tillämpas på objekten. Många kunder kommer förmodligen att vilja utnyttja endast mätfunktionen, det vill säga att de vill vara insatta i sina utsläpp utan att försöka styra dem. I de fallen är det viktigt att redovisningen av utsläppen görs så tydlig som möjligt.

En viktig aspekt vid beräkningar av besparingar är förstås hur energiförbrukningen tedde sig innan installationen av EnergiDirigent, det utgör ett första steg för att urskilja hur mycket energi och följaktligen koldioxid som sparats tack vare installationen.

4.4.2 Modellbeskrivning

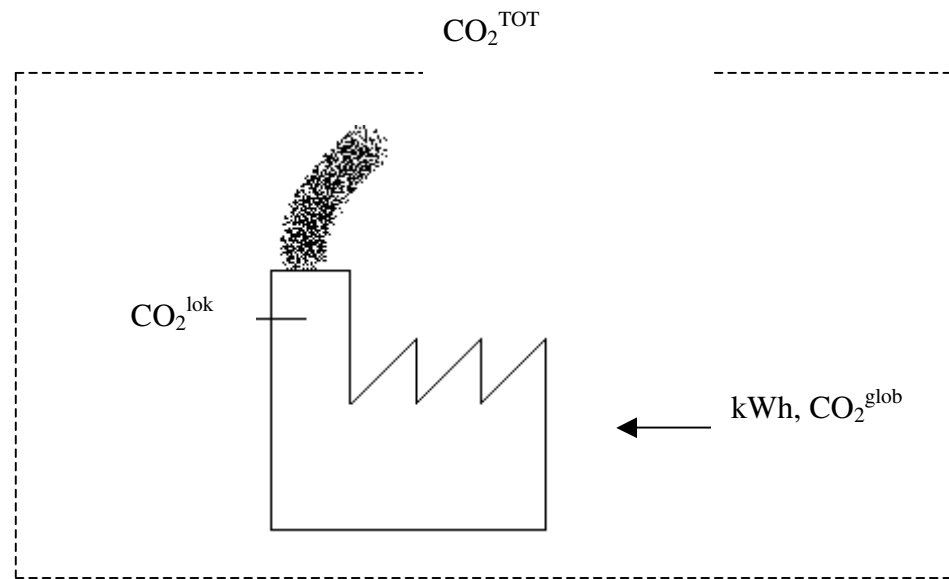
Vid en eventuell implementerad styrning av utsläppen uppstår i viss omfattning komplikationer. Det blir med största sannolikhet besvärligt att styra ned godtyckliga objekt och samtidigt undvika att produktionen påverkas negativt. En modell för hur styrningen skulle kunna ske är önskvärd.

Utgångspunkten är att de totala koldioxidutsläppen dels består av de lokala utsläppen som genereras av kunden som installerar EnergiDirigent, dels av de globala⁷, som genereras vid själva produktionen av den energi som kunden köper.

$$\text{CO}_2^{\text{TOT}} = \text{CO}_2^{\text{lok}} + \text{CO}_2^{\text{glob}}$$

Enbart de globala utsläppen bör inte användas som styrgräns eftersom de egentligen inte representerar något annat än ett alternativt sätt att visa förbrukningen. Istället sätts styrgränsen på totala koldioxiden, CO_2^{TOT} , som består av de lokala och globala utsläppen. De lokala utsläppen utgörs av mätvärden på plats och de globala utsläppen av den beräknade motsvarigheten på koldioxid som uppkommer vid produktionen av el. Viktigt att inse är alltså att det bara finns *en* styrgräns, nämligen den på det *totala* koldioxidutsläppet, men att det är de lokala och globala som tillsammans bidrar till den.

⁷ Här används ordet global men det avser både regional påverkan och mer omfattande, upp till global nivå.



Figur 6. Modellens utgångspunkt, med en systemgräns runt hela anläggningen inklusive köpt energi och totala koldioxiden som summan av de lokala utsläppen tillsammans med de globala.

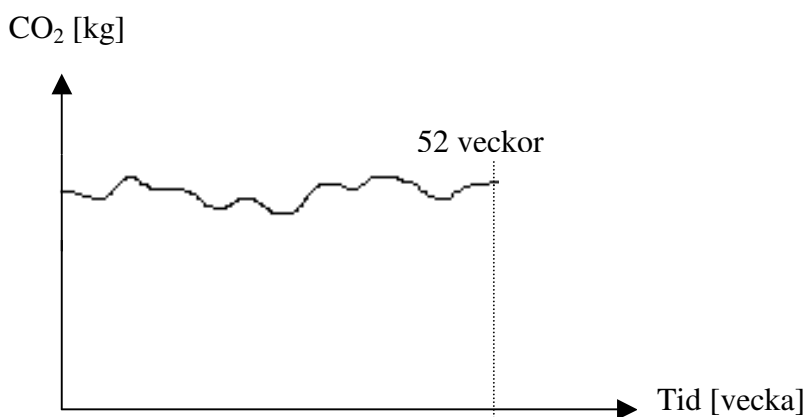
I modellen tittar man på det hela systemet, lokala och globala bidrag tillsammans, precis som ramen i figur 6 antyder. Systemgränsen sätts runt hela anläggningen och inkluderar inköpt energi och dess bidrag till koldioxidemissioner. EnergiDirigent styr uttagen effekt precis som vanligt, men styrgränsen som den här modellen beskriver är på de totala koldioxidutsläppen. Bidragen från de globala utsläppen ges indirekt, via teoretisk beräkning av vad energin motsvarar i koldioxid, och bidragen från lokala objekt mäts, antingen direkt eller indirekt.

Tabell 4. Uppskattade värden på koldioxid. De lokala bidragen mäts direkt eller indirekt, de globala bidragen fås indirekt.

	År 1, ärvärden	År 2, börvärden	År 3, börvärden
CO ₂ ^{lok} , lokala bidrag	CO ₂ ¹	CO ₂ ¹ ± x %	CO ₂ ¹ ± x %
	CO ₂ ²	CO ₂ ² ± x %	CO ₂ ² ± x %
	CO ₂ ³	CO ₂ ³ ± x %	CO ₂ ³ ± x %
	CO ₂ ⁴	CO ₂ ⁴ ± x %	CO ₂ ⁴ ± x %
CO ₂ ^{glob} , globala bidrag	CO ₂ ⁵	CO ₂ ⁵ ± x %	CO ₂ ⁵ ± x %
∑ koldioxid = CO ₂ ^{TOT}	CO ₂ ^{TOT1}	Styrgräns CO ₂ ^{TOT2} = CO ₂ ^{TOT1} - X	Styrgräns CO ₂ ^{TOT3} = CO ₂ ^{TOT2} - Y

Tabell 4 illustrerar från år till år hur modellen skulle fungera. Till grund för styrgränsen ligger en uppskattning av de totala utsläppen från året innan, detta är CO₂^{TOT1}. Dessa värden från År 1 är en uppskattning via teoretiska beräkningar. De skulle också kunna utgöras av faktiska mätningar men i normalfallet kommer det inte att vara så. Det är viktigt att inse att den totala koldioxiden alltid blir ett uppskattat värde, oavsett om det kommande år ingår direkta mätningar på lokala koldioxidkällor. De totala uppskattade utsläppen av koldioxid subtraherat med en viss andel blir börvärden för År 2; tillsammans med börvärdena inkluderas en produktionsplan, varför det i År 2 finns med en variabel ± x % och utifrån detta sätts en gräns på den koldioxid man maximalt vill släppa ut. Den styrgränsen blir således CO₂^{TOT1} - X. Observera att det inte finns separata styrgränser för lokala eller globala koldioxidemissioner, utan endast för summan av de båda. Styrgränsen för År 3 baseras på samma sätt som för År 2, och blir CO₂^{TOT2} - Y, där variabeln Y visar på att den andel man vill styra ned inte nödvändigtvis blir lika stor som föregående år.

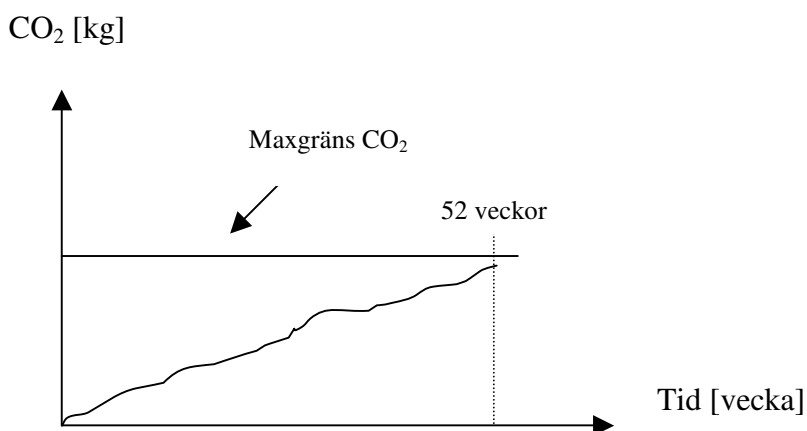
Eftersom energiförbrukningen fluktuerar mycket, beroende på tid på dygnet och även tid på året, är det lämpligt att dela in året i en lite större tidsenhet än vid effektstyrning, förslagsvis i veckor, och ha en variabel styrgräns på koldioxiden.



Figur 7. Utsläpp av koldioxid under ett år. Dessa blir börvärden på koldioxidutsläpp för nästkommande år.

Figur 7 illustrerar hur utsläppen av den totala koldioxiden skulle kunna se ut vecka för vecka. Då ett år passerat har en bild av utsläppen och deras variation producerats och det blir då möjligt att hänföra variationer från en vecka till en annan till olika faktorer såsom säsong, produktionstakt och produktionsmål. Figuren illustrerar År 1 och dessa värden blir börvärden för År 2. Dessutom adderas de kumulativt och visas i figur 8.

Den ackumulerade mängden total koldioxid, som visas i figur 8, är den som på årsbasis blir intressant i redovisningssammanhang; den ger svar på frågan om huruvida utsläpp sparats eller inte jämfört med föregående år. Under året ges en total summa utsläpp som ej ska överskrida gränsen som satts på koldioxidutsläppen. Den totala summan utgör grund till gränsen som sätts för kommande år. Om utsläppen hamnar nära förra årets gräns behövs ingen justering av styrgränsen men om de hamnar långt över/under bör gränsen ses över.



Figur 8. Ackumulerad mängd koldioxid. Vid årets slut har man gjort en utsläppsbesparing.

Styrningen sker utifrån de totala utsläppen koldioxid. Modellen innefattar mätning av de lokala källorna till koldioxid men skulle styrgränsen vara i fara att överskridas blir nedstyrningen på den globala koldioxiden. Det är önskvärt att kunna styra på de lokala objekten också men det går med största sannolikhet inte att åstadkomma utan att produktionen skulle komma att påverkas. Med andra ord betyder det att ju mer de lokala källorna släpper ut desto hårdare kommer styrningen av den globala koldioxiden att bli.

I praktiken blir koldioxidstyrningens utformning likvärdig med effektstyrningen, men med två viktiga undantag; styrningen på koldioxid kommer att ha ett minne samt att perioden är längre än en timme. Med andra ord innebär det att om gränsen överskrids, för mycket koldioxid släpps ut, så kommer det att påverka kvarvarande perioder då deras utsläpp måste minska för att kompensera. Om det släpps ut mindre koldioxid än vad som är planerat finns istället en buffert tillgodo.

Princip för hur styrningen sker

1. Sätt en gräns på maximala utsläpp per år, dvs. mängd koldioxid i kg. Gränsen sätts som en uppskattning ifrån börvärdet, som beräknas och/eller mäts, minus en viss andel som ska sparas.
2. Gränsen på de globala utsläppen motsvarar en viss energimängd (beräkning sker med medelel⁸).
3. Styr sedan så att maxgränsen inte överskrids, genom att styra på den inkommande energin utifrån hur mycket koldioxid som får släppas ut.
4. En kontinuerlig summering av koldioxidutsläppen behövs, dels för redovisning från period till period men också för den ackumulerade mängden. I denna ingår dessutom summering av energin man förbrukar.
5. Bevakning och larm för när gränsen är nådd.
 - i. Nedstyrningen fungerar precis som effektstyrningen. Trendberäkningar på utsläppen talar om när det är dags att styra ned.
 - ii. En form av summering och övervakning med utgångspunkt från årsvärdet behövs också, inte bara från vecka till vecka.
 - iii. Om periodgränserna hela tiden överskrids är gränsen satt på ett felaktigt sätt och något bör göras, lämplig åtgärd blir att höja gränsen. Samma sak om utsläppen konstant hamnar under gränsvärdena, då är gränsen för hög och bör justeras.
6. Alla värden ska loggas och sparas i filer för möjlighet till senare bearbetning, uppföljning osv.

Styrningen ska ske så att de totala koldioxidutsläppen blir så små som möjligt. Bidrag kommer ifrån att de globala minskar vilket kan ske på flera sätt. Det finns dock två stycken outnyttjade möjligheter till stora energibesparingar. Dels är det väldigt många installationer som inte använder tidstyrning på många objekt där det skulle vara befogat. Tidstyrning kan installeras på exempelvis ventilationssystem som står på över

⁸ Medelel är ett uttryck för att varje kWh el fördelar sig enligt den sammansättning som systemet som avses har. Mer om detta i kapitel 5.1.

natten, eller på elmotorer i maskiner som står på standby då dessa bara används ett par timmar om dagen. I sådana fall medför det en ren energibesparing och det innebär även en besparing av koldioxid.

Objekt som drar bränsle är den andra stora energibesparingspotentialen, till exempel panncentraler. Det är inget som styrs av EnergiDirigent i nuläget, men de skulle kunna angripas enbart med syftet att minska objektets aktivitet och således förbrukning av bränsle. Detta skulle spara bränsle (olja till exempel) och då kan en besparing av koldioxid räknas ut via det sättet. Utöver dessa två förslag går det förmodligen att hitta en mängd andra som skulle ge en likvärdig minskning av koldioxidutsläppen.

Hur ska styrningen genomföras? Ett kvalitativt svar blir så mycket som möjligt, så länge ingenting påverkas negativt (produktion till exempel). Ett kvantitativt svar blir mycket svårare att ge, men principen för styrningen blir densamma som för effektstyrning. Värdet på totala koldioxiden predikteras från period till period och är gränsen på väg att överskridas styr EnergiDirigent ned. Styrningen baseras på trendberäkning och detta är en funktion som redan finns färdig i EnergiDirigent.

Vilka objekt ska styras? Antingen bestäms i förväg ett begränsat antal objekt som med säkerhet bidrar till utsläppen eller så används EnergiDirigent till mätningar och genom dessa identifieras koldioxidkällorna. Det senare kan vara svårare att genomföra och i detta arbete kommer utgångspunkten att vara ifrån det förra, det vill säga att det i förväg är bestämt vilka objekt som lokalt bidrar till utsläppen.

Slutligen bör det också finnas randvillkor som talar om hur mycket ett objekt kan styras ned och även hur länge det får vara nedstört, liknande de randvillkor och blockeringsvillkor som sedan tidigare existerar. Förslagsvis skulle ett larm kunna installeras som går av när produktionen är på väg att hotas.

Generellt sett är energibesparingen runt 3 – 5 % av den totala styrbara effekten då effektstyrningen används (Davidsson, 2007). Med denna modell är intentionen att få upp den siffran ytterligare.

Algoritmer för överflöd/underskott av koldioxid

Tabell 5. Algoritmer för hur överskott respektive underskott av koldioxid ska hanteras.

Algoritm	Överskott av koldioxid – utsläppen går under periodens styrgräns	Underskott av koldioxid – utsläppen går över periodens styrgräns
1	Allt sparas utan utdelning, hela överskottet hamnar i en buffert som redovisas som besparing när året är slut	Alla perioder måste minska en lika stor andel
2	Allt sparas tills behov uppstår att använda det, det vill säga när utsläppen är för höga och måste kompenseras	Styr inget alls på perioderna förrän årsvärdet hamnar i farozonen
3	Säsonganpassad fördelning: Vintertid	Kommande perioders gräns minskas efter ett viss mönster; vintertid
4	Säsonganpassad fördelning: Sommartid	Kommande perioders gräns minskas efter ett viss mönster; sommartid
5	Allt delas ut enligt vissa mönster; exponentiell utdelning, utdelning på ett visst antal påföljande perioder eller utdelning på alla resterande perioder	

Överskott av koldioxid

Algoritm 1 består i att allt sparas i en buffert som i slutet av året redovisas som total besparing av koldioxid. Den ackumulerade koldioxiden blir mindre ju mer som sparas. Ingen flexibilitet ges till eventuella justeringar av gränserna för kommande perioder och detta alternativ innebär att besparingen blir maximal, därmed inte sagt att den är optimal.

Algoritm 2 innebär att man använder ovannämnda buffert då behovet uppstår. Med andra ord tas sparad koldioxid från bufferten och kompenserar i det fall att en period kommer att överskrida sin gräns.

Algoritm 3 innebär en säsongsanpassning. Skulle det vara vinter och koldioxid har sparats från en period skulle ett utdelningsmönster som avtar kunna vara ett alternativ. Alltså att påföljande period ges en större andel, exempelvis hälften eller en tredjedel, och sedan minskas påslagen successivt för de efterkommande perioderna. Vintertid krävs normalt sett mer energi och utsläppen är högre än vad de är sommartid. Exempelvis om period 3 hamnade under gränsen ser fördelningen av det sparade ut som följer:

Period 4 får 50 %

Period 5 får 25 %

Period 6 får 15 %

Period 7 får 10 %

Algoritm 4 är också säsongsanpassad, men här till sommaren. Under sommaren kan det vara mer befogat att dela ut sparade mängder från föregående period likvärdigt på ett antal påföljande perioder, eftersom energibelastningen inte är lika variabel eller lika hård som vintertid. Exempelvis att de kommande fem perioderna, efter att besparingen gjorts, vardera tilldelas en femtedel. Om besparingen skulle ske i period 25 delas den ut enligt följande mönster:

Period 26 får 20 %

Period 27 får 20 %

Period 28 får 20 %

Period 29 får 20 %

Period 30 får 20 %

Ett alternativ till detta är att hälften sparas (antingen enligt algoritm 1 eller 2) medan den andra hälften delas ut enligt ovanstående mönster.

Algoritm 5 innebär slutligen att ingenting sparas i någon buffert och inte heller någon säsongsanpassning görs utan innebär att så fort en besparing har skett så delas den ut.

Alternativen för hur det skulle kunna se ut är många. Utdelningen skulle kunna vara exponentiellt utformad, ungefär som algoritm 3, den skulle kunna delas ut likvärdigt på ett begränsat antal följande perioder eller på alla resterande perioder. Huvudidéen här är alltså att med besparingarnas hjälp ska det aldrig blir något underskott av koldioxid och resultatet i slutet av året helt enkelt får utvisa om en besparing har lyckats uppnåtts.

Underskott av koldioxid

Algoritm 1 beskriver ett enkelt scenario där varje periods gräns minskas med lika stor andel för att kompensera den mängd över styrgränsen som släpptes ut. Det vill säga att alla påföljande perioder får samma ansvar att se till att årsgränsen inte överskrids.

Algoritm 2 medför att styrning inte sker förrän årsvärdet av vad som maximalt får släppas ut börjar hamna i farozonen. Detta alternativ lämnar utrymme för stora variationer i början av året men kräver å andra sidan att slutet av året mer exakt följer produktionsplanen.

Algoritm 3 behandlar de för stora utsläppen utifrån att det är vintertid. Som påpekats tidigare är belastningen större vintertid varför en likvärdig minskning av kommande perioder kan vara berättigad, för att minska belastningen så lite som möjligt. Om period 5 skulle gå över gränsen för vad som får emitteras ser minskningen på de följande perioder ut som:

Period 6 minskar 10 %

Period 7 minskar 10 %

Period 8 minskar 10 %

Period 9 minskar 10 % osv. ända tills 100 % har uppnåtts

Algoritm 4 är en liknande säsonganpassning fast till sommartid. Då det generellt sett släpps ut mindre koldioxid och energiåtgången är mindre kan lite hårdare besparingskrav ställas om gränsen för en period uppnåtts och passerats. Låt oss säga att period 30 släppte ut för mycket, då kan minskningen av gränsen på de följande perioderna vara:

Period 31 minskar 40 %

Period 32 minskar 30 %

Period 33 minskar 20 %

Period 34 minskar 10 %

Frågan är vilken av alla olika valmöjligheter som är det optimala. För att få svar på det krävs förmodligen antingen en simulering utifrån den här modellbeskrivningen eller att en testanläggning används.

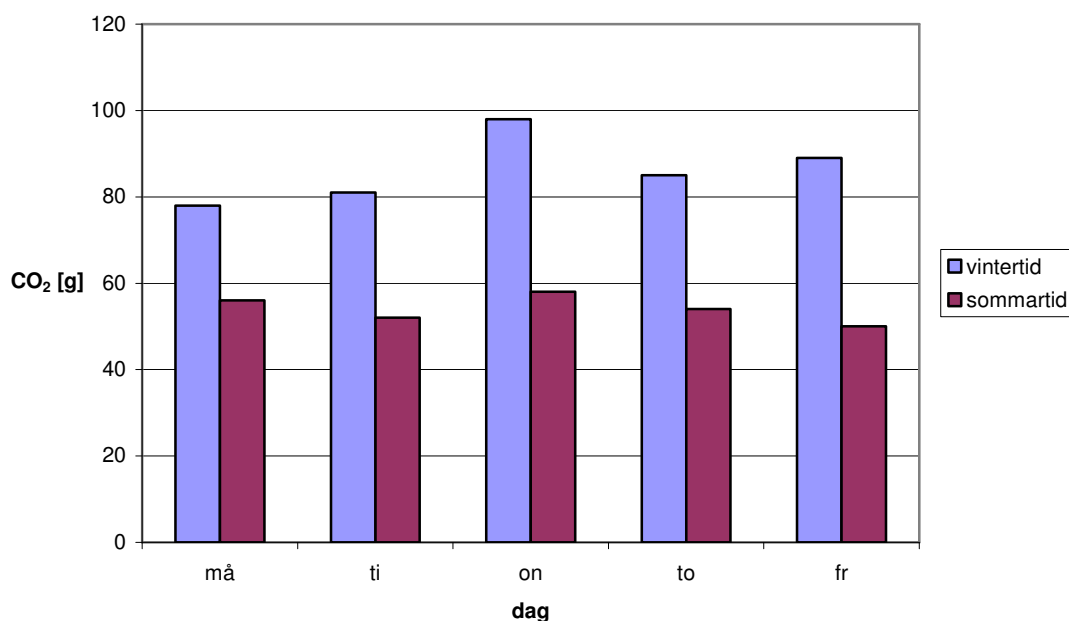
4.4.3 Redovisning av koldioxid i EnergiDirigent

Som nämnts tidigare är en klar bild av hur utsläppen ser ut önskvärd. Detta inkluderar när de sker (för att till exempel kunna urskilja utsläppstoppar som skulle kunna minskas), vilka objekt som bidrar samt hur mycket de bidrar. Precis såsom många installationer idag används till mätning av energiförbrukning ska EnergiDirigent i framtiden också kunna mäta koldioxidutsläpp och förhoppningsvis även andra utsläpp i atmosfären. Om en styrning av koldioxiden är aktuell ska värden på både globala utsläpp och minskningar samt lokala utsläpp och minskningar redovisas. Oavsett styrning eller ej ska alla värden kunna loggas så att de finns tillgängliga för kontroll, uppföljning och bearbetning vid senare tillfällen.

Vilket sätt redovisningen blir klarast och tydligast på är inte helt klart. Om bara det totala utsläppet ska redovisas, det som orsakas av både energiförbrukning och lokala utsläpp, saknar kunden i slutändan en överblick av sina egna bidrag, å andra sidan förloras en del av överskådligheten om de globala och lokala redovisas separat. Därför är ett tänkvärt alternativ att redovisa alla tre, simultant. Tillval ska kunna göras att redovisa utsläppen i realtid. Dessutom ska redovisning ske av de eventuella besparingar, både i energi och i koldioxid, som görs och även detta leder fram till ett antal olika valmöjligheter.

En variant är att betrakta besparingar i energi omvandlat till koldioxid, som i sin tur kan redovisas i kg eller till exempel kg per objekt. Besparingarna som görs lokalt kan

också redovisas i olika former. Önskvärda redovisningar kan vara mängd utsläpp per enskilt objekt, per tid (kg / timme), per producerad enhet (se exempel figur 9 nedan) eller varför inte per anställd. Det finns en uppsjö av varianter och det kan tänkas att respektive kund har individuella önskemål, avgörande är att valmöjligheten för detta finns. Om den sedan ska inprogrammeras i mjukvaran eller om det ska vara något som kunden själv ska kunna inrätta lämnas till vidare diskussion. Dock står det klart att en beräkningsalgoritm behövs i en framtida EnergiDirigent för att kunna konvertera förbrukad mängd energi till motsvarande koldioxidutsläpp samt besparad mängd energi till motsvarande koldioxidbesparing. Vilka parametervärden som ska användas till detta är en del av denna rapport. Liknande beräkningsalgoritmer för konvertering av bränsle till motsvarande koldioxidutsläpp behövs också.



Figur 9. Exempel på utsläpp redovisade per producerad enhet en vintervecka och en sommarvecka.

Redovisningen kan vara grafisk, det vill säga att en graf plottas med utsläpp mot en tidsenhet av godtycklig storlek (för exempel på detta, se figur 7). En visuell redovisning är ofta fördelaktig då det ger en snabb överblick och känsla för vad

mätsiffrorna säger. Inspiration till detta kan hämtas till exempel från EnergiDialog® som är ett webbaserat mät- och uppföljningsverktyg. Utöver den grafiska redovisningen kan det också vara fördelaktigt att kunna erhålla siffrorna presenterade i en form som gör dem lätta att själv bearbeta. Exempelvis ett ark med mätvärdena i färdiga rader och kolumner eller möjlighet att välja ut specifika mätvärden, till exempel för bara en dag eller bara ett objekt, och få dem redovisade i diskret indelning.

En aspekt som kan vara värd att ha i åtanke vid en redovisning av koldioxid är referensvärden. Kunden kommer efter ett tag att få en god känsla för sina egna utsläpp och storleken av dessa. Däremot kan det vara svårt att sätta in sin egen förbrukning i det större perspektivet; en siffra säger inte så mycket om en referensram till den saknas. Tidigare i rapporten jämfördes en utsläppsrätt med hur lång sträcka man tar sig med vanlig bensindriven bil på motsvarande utsläpp. Det skulle kunna finnas med här, dock tror jag att det i redovisningen i EnergiDirigent kan vara motiverat med en mer relevant och påtaglig referens, gärna sammankopplad med kostnad; utsläppsrätt, koldioxidskatt, miljöavgifter eller liknande.

Ett annat förslag är att referenser till medelel och marginalet finns inkluderat, för att kunden själv ska kunna avgöra vilken metod som känns mest trovärdig för just sin verksamhet.

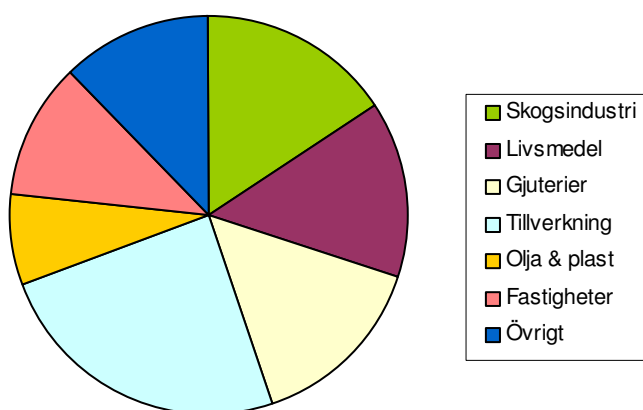
4.5 INCITAMENT

Förutom den bakgrund som givits i kapitel 2 finns flera skäl till varför en vidareutveckling av EnergiDirigent till en miljöanpassad produkt är önskvärd. För det första handlar det om den exploderande medvetenheten om hur koldioxid bidrar till den förstärkta växthuseffekten och hur utsläppen kan minskas på ett sätt som är ekonomiskt försvarbart. Globala samarbeten som till exempel Kyotoprotokollet motiverar en miljödriven utveckling av kommersiella produkter och en anpassning av EnergiDirigent ligger helt i linje med detta. Miljömål, såväl svenska som internationella, bidrar också till varför det skulle kunna vara gynnsamt att göra EnergiDirigent mer miljöanpassad.

Det skänker goodwill till företaget när uttalade och genuina miljöåtaganden genomförs. Produkter som denna är essentiella i företagets förmåga att marknadsföra sig och positionera sig gentemot konkurrenter. Det förstärker varumärket och ett starkare varumärke leder till ökat förtroende, konkurrensfördelar, större trovärdighet och i slutändan även ekonomiska fördelar. Med andra ord framkallas en positiv feedback.

En tredje aspekt är olika ekonomiska styrmedel såsom statliga stöd som ges till energieffektiviserande företag, koldioxidskatter och liknande. PFE (program för energieffektivisering) och KLIMP är ett fåtal exempel på sådana statliga initiativ som syftar till att främja effektiviserad användning av energi.

Incitamenten visar inte bara på fördelarna för kunderna med EnergiDirigent som en slags MiljöDirigent utan förser också E.ON med anledningar att föra utvecklingen av EnergiDirigent vidare. Figur 10 illustrerar inom vilka områden det finns kunder som använder sig av EnergiDirigent och inom alla dessa områden finns potential för att minska miljöpåverkan.



Figur 10. Fördelning av sålda EnergiDirigenter fram till år 2005. (E.ON, www.2006d)

En spännande tanke är en EnergiDirigent speciellt avpassad för varje sektor, med specifika egenskaper beroende på vilket behov som finns hos respektive sektor.

5. ANALYS OCH DISKUSSION

I detta kapitel diskuteras begreppen medelel och marginalet utifrån perspektivet vilket som är mest tillämpligt för EnergiDirigent. En diskussion förs också över beräkningen av koldioxid och synen på hur mycket koldioxid man besparar atmosfären utifrån hur mycket energi man sparar. Sveriges elutbyte med kringliggande aktörer belyses och avslutningsvis diskuteras modellbeskrivningen.

5.1 MARGINALET SOM NORM?

Begreppet marginalet kan trots att det utretts ett antal gånger fortfarande användas svepande och definieras utifrån i vilket syfte det ska användas medan medelel i kontrast till detta är mer påtagligt. Medelel är ett uttryck för att varje kWh el fördelar sig enligt den sammansättning som systemet som avses har. Marginalet har också en benägenhet att bli ett allt luddigare begrepp desto djupare in på hur systemet fungerar man går. Om en minskad användning av el förespråkas är tendensen att el på marginalen definieras som kolkondens medan el på marginalen hellre definieras via ett medelbegrepp om en ökad användning av el förordas. Marginalet kan dessutom vara svår att entydigt bestämma, vilket kan ses som ett argument för att använda medelel istället, då det finns en adekvat uppfattning om den tack vare officiell statistik. Dessutom ger medelel rätt utsläpp för summan av all elanvändning, vilket marginalet inte gör just på grund av svårigheten att avgöra exakt vilken typ av produktion som ligger på marginalen. (Sköldberg, 2006).

Det som är viktigt att ha i åtanke vid användandet av medelel är att tydligt definiera vad som utgör systemgränsen. Till exempel skulle medelel innebära väldigt små utsläpp om systemgränsen skulle vara Sverige och en miljövärdering av minskad elförbrukning ska göras. I ett sådant fall skulle E.ON:s beräknade siffra på 7,20 g CO₂ / kWh (E.ON, 2005a) kunna tillämpas vilket avsevärt skulle förändra synen på hur mycket koldioxid som har besparats (jämför med värdet på 880 g CO₂ / kWh).

Användes istället en vidare gräns bör hänsyn tas till de enskilda elmixerna, alternativt hur medelelen ser ut för det avsedda området. Medelelproduktionen i nordnorden utgörs till stor del av vattenkraft och detta skulle kunna påverka och förändra synen på beräkningar av sparad koldioxid.

Frågan är om det är passande att använda sig av den kortsiktiga effekten (marginalel som kolkondens) när det handlar om en förändring med lång varaktighet? En installation av EnergiDirigent medför en permanent förändring av energiförbrukning och kan inte ses som en tillfällig omställning. Beräkningar av besparingarna av energi och följaktligen koldioxid bör härstamma ur ett alternativ till det befintliga i sådana fall. I rapporten *Marginaler och miljövärdering av el* (Sköldbäck, 2006) används begreppet utvidgad marginalbetraktelse, vilket skulle kunna ersätta den konventionella synen på marginalel. Samtidigt kan det vara komplicerat att definiera vad som åsyftas när det talas om en långvarig förändring. Är därutöver förändringen signifikant nog i storlek för att motivera ett betvivlande av marginalel-begreppet? Jag tror inte att den är det för de flesta installationer.

När en miljöbesparing behandlas tack vare den minskade energiförbrukningen som följer på en installation av EnergiDirigent är det förmodligen mer motiverat att använda marginaleldata som grund till uträkningar av besparingar. Framst för att de besparingar som görs verkligen är marginella och inte kan härledas till någon baslast. Besparingarna av energi sett ur ett nationellt perspektiv är mycket små och därför kan de anses ligga på marginalen. Det är också en allmänt erkänd norm att utgå ifrån marginalel. Å andra sidan, eftersom energiåtgången är så pass liten jämfört med landet som stort, kan användning av medelel motiveras då den energi som används vid de flesta installationer är just nationell. Det vill säga att energin kommer från vatten- och kärnkraft i huvudsak varför en minskning inte skulle motivera att dansk kolkraft står som utgångsgrund för beräkningar på besparingar av utsläpp. Men, sedan är frågan förstås vad man definierar som marginalel och vilka parametervärden som skall användas.

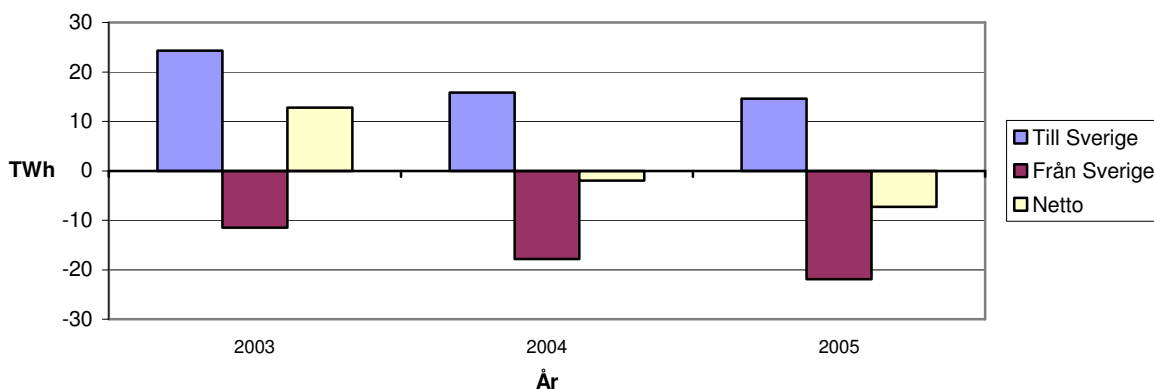
I praktiken blir det väldigt svårt att avgöra exakt vilken anläggning som ligger på marginalen och vilken som inte gör det. Dessutom är avräkningen och framförallt när den görs avgörande för om det är marginalet som försörjer den tilltänkta timmen eller inte. Här kommer faktorer som tid på dygnet in, tid på året, storlek på anläggningen, om det är importerad el eller svensk el som används. Om det är svensk el är det i så fall enbart vattenkraft eller kärnkraft som elen kommer ifrån eller finns det värmekraft inräknat i det? Alla dessa osäkerheter är allmän kändedom, men marginalet används ändå som norm för beräkningar på besparingar.

Att ta reda på alla dessa osäkerhetsfaktorer inför varje enskild timme är förstas ett enormt och resurskrävande arbete varför det inte är motiverat att genomföra, det blir nödvändigt att använda sig av en modell, en uppskattning. Samtidigt är det intressant att se hur de andra aktörernas elproduktion ser ut och på vilket sätt Sverige som marknad agerar med dessa.

5.2 UTVIDGADE MARKNADER

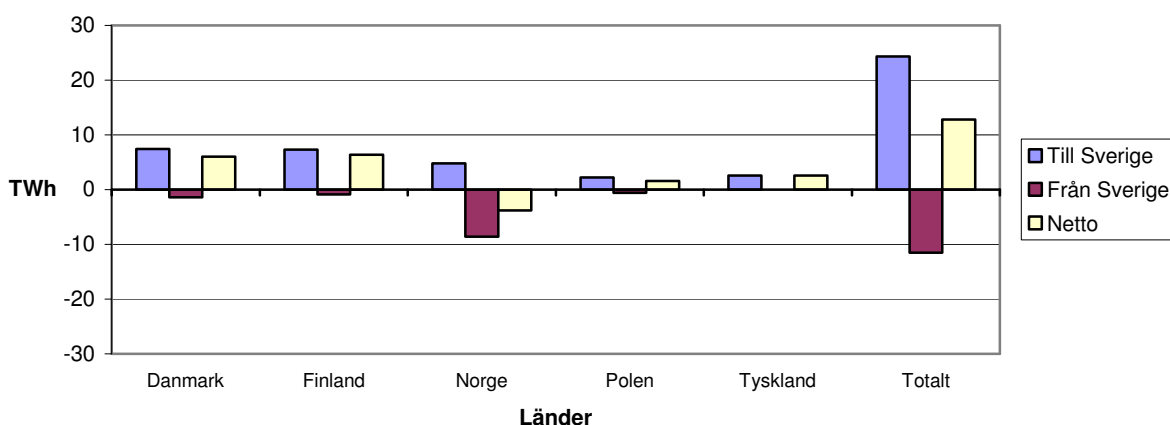
En större marknad med fler aktörer från andra områden än Norden är ett plausibelt framtidsscenario. Faktum är att Norden som system redan bedriver elhandel med till exempel Tyskland och Polen och marknaden söker ständigt utvecklas. De länder som i första hand ägnar sig åt elhandel med Sverige, samt hur mycket handel som bedrivits under de föregående tre åren återges i figurerna 11-14 nedan⁹.

⁹ Underlag och referenser till diagrammen redovisas i bilaga C.



Figur 11. Sveriges totala elutbyte under 2003, 2004 och 2005. (Svensk energi)

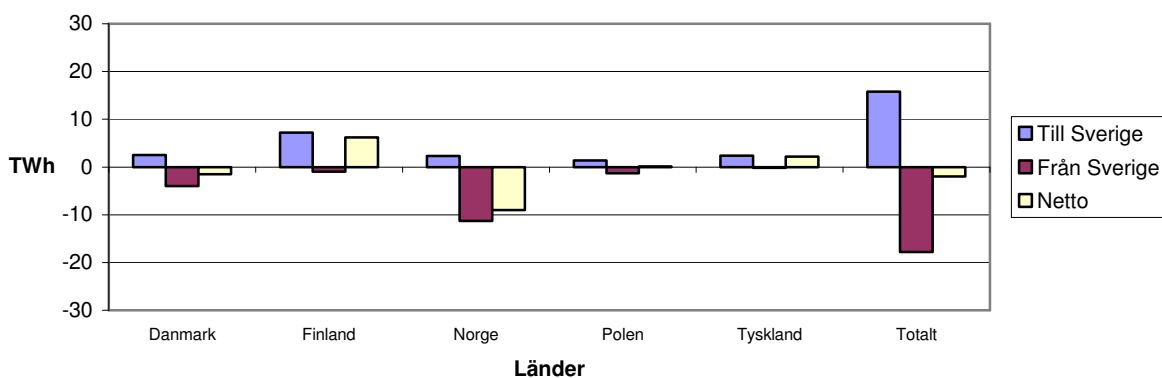
I figur 11 framträder variationerna i import och export till och från den svenska marknaden under en treårsperiod. År 2003 importerades mer än vad som exporterades. Dock under de nästkommande två åren importerades mindre än vad som exporterades och totalt sett hade Sverige under 2004 och 2005 en nettoexport om sammanlagt runt 10 TWh elkraft.



Figur 12. Sveriges elutbyte 2003. (Svensk energi, 2003)

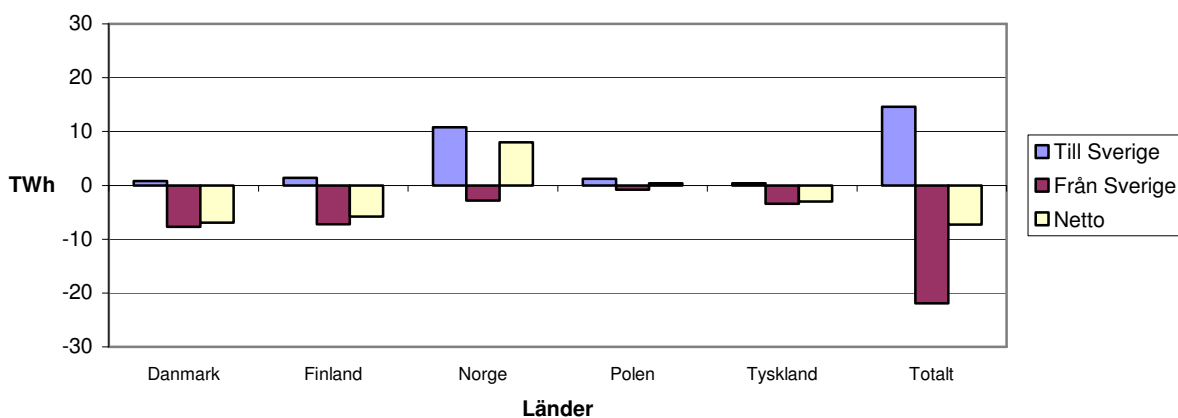
År 2003 hade prägel av ett torrår, vilket förklarar varför Sverige köpte mer el än vad som såldes. Digrammet visar visserligen på en import från Danmark men att importen

från Finland är ännu större. Det som skulle vara väldigt intressant att veta i sammanhanget är förstås vilken typ av produktion som stod för de TWh Sverige importerade, men svaret på den frågan skulle bli oerhört svårt att ta reda på. Värt att beakta är även importen från Norge, där fossilt eldade kraftverk i princip inte existerar.



Figur 13. Sveriges elutbyte 2004. (Svensk energi, 2004)

Under hela treårsperioden vände sig Sverige till den tyska och polska marknaden för elhandel. Till Tyskland skedde nästan ingen export under 2004 men bortsett från det både importerades och exporterades el till de båda länderna under dessa år.



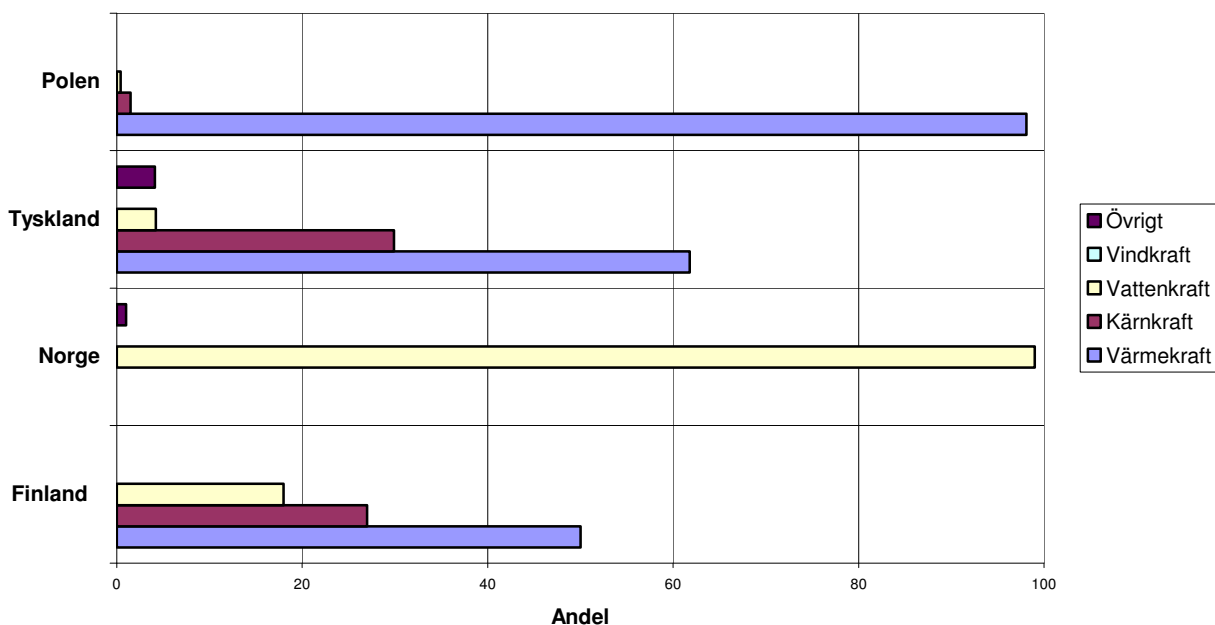
Figur 14. Sveriges elutbyte 2005. (Svensk energi, 2005)

Under 2005 var importen från Danmark (och övriga länder) mycket liten, medan Sverige importerade drygt 10 TWh från Norge, som i sin elproduktion knappt släpper ut någon koldioxid alls. Kan man då hävda att besparingar i koldioxid blir mycket mindre då kraften som importerades inte kan hänföras till kolkondens? Enligt normen kan man inte det. Den förlorade importen till Danmark från Norge till exempel (som istället gick till Sverige) måste då ersättas med kolkondens och då har systemet som helhet inte uppnått några emissionsbesparingar, förutsatt att Danmark inte minskar sin förbrukning i helhet, vilket inte heller går att säga helt enkelt. Men i Sverige däremot skulle man kunna se det på det sättet. Anledningen till att det inte säkert går att hävda beror på att det inte finns tillgänglig information från timme till timme exakt varifrån elen kommer och till vilken anläggning den går.

Diagrammen visar att trots att handeln med Tyskland och Polen är mindre än med de övriga nordiska länderna, är den ändå av storleksordningen TWh varför det kan vara befogat att inkludera dem i en eventuell systemgräns när man talar om medelel.

En rimlig fråga är hur elproduktionen i de olika länderna ser ut. Figur 15 ger en kvalitativ¹⁰ bild av svaret på denna fråga. Om systemgräns Norden väljs är vattenkraft dominerande, men om Polen och Tyskland inkluderas (Bartleby, www) syns tydligt att fossilbaserade kraftverk tar överhanden. Även om hänsyn till medelel tas istället för till marginalet kommer kolkondens (och övriga fossilbaserade energikällor) fortfarande att spela en avgörande roll. Detta kan betyda att även om man förespråkar att angripa problemet utifrån medelel och samtidigt tar hänsyn till handel med länder utanför Norden så blir effekten snarare liknande den om utgångspunkten är marginalet.

¹⁰ Data över elmix härrör sig från 2001 för Tyskland och Polen, samt 2005 för de övriga.



Figur 15. Polens, Tysklands, Norges och Finlands elmixer.
(Bartleby, *www*, STEM2005a)

Import och export av el till och från Sverige har inte någon större betydelse för marginalet betraktelserna enligt den rådande normen. Den generella uppfattningen är att trots att det som helhet exporteras el från Sverige är det fortfarande kolkondens som ligger på marginalen, detta eftersom om exporten minskar så måste kolkraft ersätta den minskningen. Endast om exporten är konstant kan man tala om att den ersätter kolkraft (STEM 2002).

Dock är denna diskussion viktig för att belysa dagsläget, föra debatten framåt och befästa de normer som gäller så länge det inte finns ett bättre anpassat alternativ som tar mer detaljerad hänsyn till elförsörjningen och var den kommer ifrån. Import och export spelar en väldigt viktig roll om man skulle föra ned diskussionen om varje förbrukad energienhet till en timnivå, som diskuterats tidigare.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att frågan om huruvida man ska utgå ifrån marginalet eller ej är ett väldigt svårt ämne som involverar många olika faktorer och det här arbetet ger endast en kort inblick i några av alla de argument som florerar.

5.3 BERÄKNING AV BESPARADE KOLDIOXIDUTSLÄPP

Detta område lämnar mycket att betänka. Hela kedjan med uträkningen baseras på verkningsgraden hos kolkraftverken som är den avgörande faktorn då de övriga parametrarna i beräkningsförfarandet inte är variabla. E.ON använder sig som policy av siffran 0,3886 som verkningsgrad på kolkondensverken och den siffran är något låg enligt min mening. Det finns många indikationer på att en mer representativ siffra ligger högre än så, vilket skulle leda till mindre redovisade besparingar av koldioxidutsläpp men ge en mer rättvis bild.

En relativt stor andel av kolkapaciteten i Danmark har i själva verket en verkningsgrad på ungefär 0,42 (STEM, 2002) och enligt Charlotte Søndergren (2006) på Dansk Energi ligger verkningsgraden på danska kolkraftverk i allmänhet på 0,4. I skriften *Uppvärmning i Sverige 2006* (STEM, 2006a) används en verkningsgrad på 0,44. Den siffran utgör exempel på de nyaste verken med den modernaste teknologin varför den kan anses aningen för hög för att vara representativ för kolkraftverk i helhet. Åtminstone såsom elproduktionen ser ut idag. Däremot ligger den förmodligen högst i pris avseende drift och produktion av el och borde därmed kunna anses ligga på marginalen lika mycket som ett mindre effektivt kolkraftverk.

Exemplet nedan illustrerar en modifierad siffra på hur mycket koldioxid som skulle kunna sparas för varje kWh som inte förbrukas (jämför med tidigare siffra på 880 g CO₂ / kWh). Verkningsgraden på 0,41 är godtycklig och naturligtvis bör en noggrann undersökning ske innan man ändrar normen från nuvarande. Detta ligger dock utanför syftet med denna rapport.

$$\frac{3,6}{0,41} = 8,78 \text{ GJ / MWh} \quad (\text{iii})$$

$$95 \text{ kg CO}_2 / \text{GJ} \cdot 8,78 \text{ GJ / MWh} = 834 \text{ g CO}_2 / \text{kWh} \quad (\text{iv})$$

En absolut siffra för verkningsgrad som ett sammanvägt medel för alla kolkraftverk existerar inte, och inte heller skulle det vara möjligt inom tidsramen för detta arbete att räkna ut en sådan. En svårighet med dansk redovisning av elproduktion är att redovisning av värmeproduktionen respektive elproduktionen i värmekraftverk inte är åtskiljda och detta skulle avsevärt försvåra arbetet med att hitta en medelverkningsgrad för elproduktionen i kolkraftverk (Hammes, 2006).

I E.ON:s *Klimatbokslut 2005* finns det uträknade värden på E.ON Sveriges elmix på 7,20 g CO₂ / kWh. Om en besparing görs i Sverige användes ändå marginalet som beräkningsunderlag. I de fall där EnergiDirigent är installerad och inget aktivt val av elmix har gjorts levereras som norm el producerad av vattenkraft och i det fallet är frågan om det inte vore rimligare att använda 7,20 g istället för 880 g CO₂ per varje kilowattimme när emissionsbesparingar ska kalkyleras. Detta skulle visserligen kräva mycket mer resurser än vad som ges idag då det aktivt måste undersökas för varje enskild installation var elen kommer ifrån. Eftersom detta inte är ett hållbart angreppssätt idag blir det dock svårt att föra denna argumentation vidare som ett alternativ till marginalet.

En annan infallsvinkel i uträkningar av besparingar av utsläpp utgår ifrån elcertifikat och dess påverkan. En viss kvot av den el som produceras ska komma ifrån förnyelsebara energikällor och skyldigheten varje kraftbolag har att uppfylla den kvoten kallas för kvotplikt. Eftersom det finns en kvotplikt på elcertifikat innebär det att vid marginaletbedömningar borde den del av besparing av energi som utgörs av el producerad med elcertifikat inte tas med i beräkningarna. Elcertifikatet ligger på marginalen (STEM 2006b) och om till exempel kvoten ligger på 15,1 % (aktuell kvot för år 2007, STEM 2006c) bör endast 84,9 % av besparade kWh ingå i beräkningarna. Detta är inte något som E.ON Sverige tagit hänsyn till; resonemanget är ganska snårigt eftersom elcertifikatet i det nordiska systemet främst är en del av baslasten och därför per definition inte kan variera efter efterfrågan på den sista kilowattimmen. Dock om priset stiger till en sådan nivå att biobränslekondens skulle vara mer lönsamt än kolkondens kan det sägas att elcertifikatet ligger på marginalen men generellt sett slår kvotplikten inte igenom i den praktiska effekten. (Örtenvik, 2007).

I diskussionen om elcertifikat och kvotpliktens effekt råder alltså delade meningar från E.ON:s respektive STEM:s perspektiv. Jag skulle rekommendera att en utredning kring kvotpliktens effekt görs i samband med en revision av verkningsgraden på kolkraftverk.

5.4 ANALYS AV MODELLEN

Modellen bygger på att de lokala koldioxidkällorna enbart används som bidrag till utsläppen och inte som möjliga ställen att styra på. Invändningar mot detta skulle kunna vara att modellen då inte blir hållbar eftersom det bara handlar om styrning på energin man köper in och ingen praktisk styrning på de lokala utsläppen. Ju mer som släpps ut lokalt desto mindre får köpas in vilket innebär att man hela tiden får uppskatta koldioxiden snarare än att styra på den. Argumentet är i sak korrekt men det som måste hållas i åtanke är att detta är ett förslag på hur arbetet skulle kunna påbörjas. Det ligger utanför denna rapport att ta reda på hur en styrning lokalt kan genomföras samtidigt som produktionen inte kommer att påverkas. Det är just detta som är dilemmat inför en styrning av de lokala utsläppen. Koldioxidutsläpp är långt ifrån lika påtagligt mätbar som effekten, varför det blir svårt att förutsäga hur utsläppen hänger ihop med enskilda objekt. Och om den informationen saknas blir det ännu svårare att sedan koppla ihop objekten med produktionen och hur de påverkar denna vid en eventuell avstängning. Tanken av en styrning av de lokala källorna är inte främmande men det är inte något som kommer att tas upp i detta arbete.

I grunden är jag övertygad om att metoden är realiserbar. Anpassningen av EnergiDirigent innebär inte våld på dess funktion utan ligger snarare i linje med den. Att installera koldioxidgivare bör inte orsaka några större problem. Ett troligare problem blir att veta vilka objekt som ska mätas på, varför det är motiverat att utgå ifrån självklara objekt där det inte råder någon tvekan om att de bidrar till utsläpp. En fortsatt utveckling blir senare att på verkligt detaljerad och exakt nivå kunna avgöra varje objekts bidrag.

En speciell fördel är att de lokala utsläppen inkluderas i modellen. Det innebär att vid ett senare skede behöver modellen inte modifieras för att implementera en styrning om parametern för detta (som nu utgörs av mätningen) redan finns där. En annan fördel är att de totala utsläppen ger ett tydligt sammanhang mellan energiförbrukningen, den roll kunden själv spelar i det större sammanhanget och vilka konsekvenser det får för klimatet.

En aspekt som kanske inte är självklar men som ändå inkluderades i algoritmen för hur styrningen sker är den om att justera styrgränsen om utsläppen konstant hamnar (långt) under den eller för varje period överskrider den. Effektstyrningen som den ser ut idag anpassas inte efter detta i speciellt stor utsträckning, en gräns sätts och sedan följs den utan regelbunden uppföljning och utvärdering. Jag ser gärna att en uppföljning sker på årlig basis. Det vill säga att gränsen utvärderas för varje år och vid behov justeras. Det finns flera skäl till det, men det främsta är att ju närmre under gränsen utsläppen hamnar, desto säkrare är det att man optimerar sina utsläpp. Produktionen är en faktor som trots allt inte får glömmas bort, den nya EnergiDirigent ska fortsätta att vara en attraktiv produkt för kunden.

I algoritmen för hur styrning sker beskrivs i punkt 2 att koldioxidgränsen motsvarar en viss energimängd och att den ska beräknas med medelel. Jag vill återigen belysa att vid en förbrukning av energi och då motsvarande mängd koldioxid ska beräknas kan utgångspunkten aldrig vara marginalel, det skulle ge en väldigt sned bild av koldioxidutsläppen. Det är endast då en besparing av den sista förbrukade energin är aktuell som marginalel är relevant för diskussionen.

6. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Det finns stor potential för att utveckla EnergiDirigent till att ta mer hänsyn till miljön och klimatförändringar. Modellbeskrivningen är ett första steg i den riktningen och den skulle förhoppningsvis kunna åstadkomma en minskning av de totala koldioxidutsläppen från varje anläggning som installerar den. Modellen i sig bedöms vara genomförbar och jag tror att den kommer att vara gynnsam som underlag till fortsatt arbete. Resurser krävs till mer detaljerade utredningar och en testanläggning är önskvärd för att bedöma resultatet och möjligheten att på stor skala verkligen genomföra en miljöanpassning av EnergiDirigent.

Under mitten av december 2006 kom Statens energimyndighet ut med en rekommendation om miljövärdering av el (STEM, 2006b). Energimyndigheten rekommenderar att vid alla sammanhang av energibesparingar och beräkningar av minskade koldioxidutsläpp ska marginalel användas som utgångspunkt, men att medel el kan vara befogat att använda till exempel när ett företag vill upprätta en miljöredovisning. Syftet med medel el blir då att belysa förbrukningen och vilka emissioner den orsakar men att den inte ska användas som beslutsunderlag för utveckling av verksamheten.

Det är en komplicerad fråga att ta ställning till huruvida man borde ändra utgångspunkt från marginalel till något annat, till exempel medel el, när det gäller just installationer av EnergiDirigent och de besparingar som görs tack vare det. Det skulle krävas stora resurser för att i detalj kunna räkna ut besparingar om hänsyn skulle tas till enskilda installationers elmix och exakt varifrån den levereras, men samtidigt tror jag att bilden av besparingarna av emissioner av koldioxid skulle bli mer rättvis. Dock som nuläget ser ut är snarare en korrektion för uträkningarna av besparade koldioxidutsläpp mer aktuell än ett skifte av synsätt på miljövärdering av elförbrukning.

Slutsats för själva koldioxidutsläppen blir att en undersökning borde genomföras om en justering av verkningsgraden hos de kolkraftverk som anses ligga på marginalen

behöver göras. Detta leder till att beräkningsförfarandet behöver uppdateras om man kommer fram till att en uppdatering blir aktuell. Värt att beakta är också påverkan från användningen av elcertifikat. Kan vara motiverat att ta hänsyn till kvotplikten vid beräkningar av emissionsminskningar, i exempelvis kommande klimatbokslut och liknande.

Till sist, som vidare arbete och utredning kan det vara intressant att undersöka hur mycket en framtida EnergiDirigent kan kopplas ihop med EnergiDialog. Detta speciellt eftersom EnergiDialog är en tjänst som inte genererar några större intäkter och som har stor potential att utvecklas tillsammans med EnergiDirigent. Som nämns tidigare kan den grafiska redovisningen av emissioner redovisas på liknande sätt som redan används i EnergiDialog och många av EnergiDialogs tjänster är redan idag tätt sammankopplade med EnergiDirigents.

REFERENSER

TRYCKTA REFERENSER

Behnke, Kim, 2006: *Miljødeklarationer 2005 for el leverert i Øst- og Vestdanmark*, Energinet.dk, Danmark

E.ON Sverige, 2005a: *Klimatbokslut 2005*, Malmö

E.ON Sverige, 2005b: *Årsredovisning 2005*

E.ON Försäljning Sverige AB, 2005c : *E.ON EnergiDirigent v1.1 – Operatörsmanual*

FN, 1998: *Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change*

Keenan, Olek, 2006: *All you ever wanted to know about carbon trading*, JPMorgan Chase & Co.

Sköldberg, Håkan m.fl., 2006: *Marginaler och miljövärdering av el*, Stockholm, Elforsk – Svenska elföretagens forsknings- och utveckling AB

Statens energimyndighet, 2006a: *Uppvärmning i Sverige 2006 – en analys av priser, konkurrens och miljö*, ER2006:31

Statens energimyndighet, 2006b: *Miljövärdering av el – marginaler och medel*

Statens energimyndighet, 2006c: *Energimyndigheten informerar om elcertifikatsystemet - kvotpliktiga*

Statens energimyndighet, 2005a: *Energiläget 2005*, ET2005:23

Statens energimyndighet, 2005b: *Energimarknad 2005*, ET2005:21

Statens energimyndighet, 2005c: *Prisutveckling på el och utsläppsrätter samt de internationella bränslemarknaderna*, ER2005:35

Statens energimyndighet och Naturvårdsverket, 2005: *Handel med utsläppsrätter – för lägre utsläpp av koldioxid*, ET 2005:30

Statens energimyndighet och Naturvårdsverket, 2004: *Utvärdering av styrmedel i klimatpolitiken*, Delrapport 2, ER21:2004

Statens energimyndighet, 2002: *Marginal elproduktion och CO₂-utsläpp i Sverige*, ER 14:2002

Svensk Energi, 2003: *Elåret 2003*

Svensk Energi, 2004: *Elåret 2004*

Svensk Energi, 2005: *Elåret 2005*

INTERNETREFERENSER

Bartleby, 2006 *World fact book 2003*
<http://www.bartleby.com/151/fields/77.html> (2006-11-23)

Bodycote, 2006
<http://www.bodycote.se/> (2006-11-27)

E.ON Sverige, 2006a *Så länge räcker 1 kW*
<http://www.eon.se/templates/InformationPage.aspx?id=15526> (2006-10-30)

- E.ON Sverige, 2006b *Nätavgift – olika typer av nättariffer*
<http://www.eon.se/templates/InformationPage.aspx?id=11850> (2006-10-31)
- E.ON Sverige, 2006c *MH3.6.B19 Beräkning av klimatförbättrande projekt*
<http://intra.se.sipon.com/templates/informationpage.aspx?id=4182> (2006-10-31)
- E.ON Sverige, 2006d *EnergiDirigent® presentationsmaterial*
<http://intra.se.sipon.com/templates/informationpage.aspx?id=16013> (2006-11-27)
- Lundgrens gjuteri, 2006 *Företagsinfo*
http://www.lundgrens-gjuteri.se/sve_index.htm (2006-11-27)
- Naturvårdsverket, 2006 *Tillsyn/sanktioner*
<http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/hallbar/klimat/utslappshand/utslappshand/tillsyn.htm> (2006-10-17)
- Regeringen, 2006
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/06/04/42/30227257.gif> (2006-10-14)
- Wikipedia, 2006 *Intergovernmental Panel on Climate Change*
<http://en.wikipedia.org/wiki/IPCC> (2006-10-16)

PERSONLIGA REFERENSER

- Bermhed, Hans – Jörgen, Johns Manville AB (2006-11-29)
- Davidsson, Peter, E.ON Försäljning Sverige AB (2006-10-02, 2007-02-07)
- Falk-Olsson, Désirée, E.ON Försäljning Sverige AB (2006-10-10)
- Hammes, Klaus, Statens energimyndighet (2006-11-08)
- Jansson, Joakim, Bodycote (2006-11-20)
- Søndergren, Charlotte, Dansk Energi (2006-11-07)
- Åkerblom, Christer, E.ON Försäljning AB (2006-09-25)

Örtenvik Mattias, E.ON Sverige AB (2007-02-21)

BILAGA A Underlag till resonemanget om effekt- respektive säkringskunder (texten hämtad direkt från E.ON, www)

Säkringstariff

De allra flesta privatkunder har en säkringstariff, vilket betyder att den fasta avgiften för ditt elabonnemang beror på huvudsäkringens storlek (ampere). Allmänt sett gäller att ju mer energi du förbrukar desto större huvudsäkring måste du ha, och desto högre blir avgiften för ditt elabonnemang.

När det gäller säkringstariffer finns det tre vanliga typer av elabonnemang (vissa variationer kan förekomma beroende på prisområde):

1. Normaltariff

Den vanligaste typen för företag med elabonnemang från 20A och mindre förbrukning. I jämförelse med mellantariffen är den fasta avgiften lägre medan den rörliga är högre.

2. Småförbrukartariff

Tariff för dig med elabonnemang 16A och årsförbrukning < 16000 kWh/år.

3. Mellantariff (från 16 A)

Finns för närvarande inte i alla nätområden och är lämplig för dig med en större förbrukning. Högre fast avgift och en lägre rörlig avgift.

Effekttariff

Effektabonnemang används i huvudsak av industrier och liknande storförbrukare. Effekttariffens krav är att du har en timregistrerande mätare. Med denna registreras de högsta timvärdena av uttagen aktiv effekt under respektive månad och fördelningen av energiuttaget på lågpristid och övrig tid. Alla kunder över 200 A eller 135 kW ska enligt ellagen ha timregistrerande mätare.

Elabonnemanget består av tre delar:

- Fast årlig avgift.
- Avgiften för ditt elabonnemang beror på hur stor effekt du behöver och när du behöver den. Avgiften är uppdelad på helår samt tilläggsavgift för vinter.
- Överföringsavgiften är rörlig och räknas i öre per kilowattimme (öre/kWh). Avgiften består av ett lågpris och ett pris för övrig tid.

BILAGA B Underlag till diagrammen 11-14. Värdena hämtade från Svensk Energis årliga rapport Elåret. Alla siffror anges i TWh.

Siffror från Elåret 2003

	<u>Till Sverige</u>	<u>Från Sverige</u>	<u>Netto</u>
Danmark	7,4	-1,4	6
Finland	7,3	-0,9	6,4
Norge	4,8	-8,6	-3,8
Polen	2,2	-0,6	1,6
Tyskland	2,6	0	2,6
Totalt	24,3	-11,5	12,8

Siffror från Elåret 2004

	<u>Till Sverige</u>	<u>Från Sverige</u>	<u>Netto</u>
Danmark	2,5	-4	-1,5
Finland	7,2	-1	6,2
Norge	2,3	-11,3	-9
Polen	1,4	-1,3	0,1
Tyskland	2,4	-0,2	2,2
Totalt	15,8	-17,8	-2

Siffror från Elåret 2005

	<u>Till Sverige</u>	<u>Från Sverige</u>	<u>Netto</u>
Danmark	0,8	-7,7	-6,9
Finland	1,4	-7,2	-5,8
Norge	10,8	-2,8	8
Polen	1,2	-0,8	0,4
Tyskland	0,4	-3,4	-3
Totalt	14,6	-21,9	-7,3