



Dokument

Sida

1 (11)

Företag

ONE Nordic AB

Datum

2012-10-05

Vår beteckning

Utvärdering
spotprisstyrning

Författare

Peter Davidsson, Christer Åkerblom

Godkänt

Rubrik

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris



Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		
Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris		

1. Inledning

Elpriset på Nordpool varierar under dygnet beroende på utbud och efterfrågan. Även om ett flertal företag köper el till spotpris, så saknas det lösningar för att utnyttja prisvariationerna för att styra efterfrågan. Vi har tagit fram en lösning som fördelar om drifttiden för anslutna laster från perioder med hög energikostnad till perioder med låg energikostnad.

2. Syfte

Målet med projektet har varit att testa en ny teknisk lösning, och genomföra en pilotinstallation, där styrutrustning hos kunden reglerar ned laster då spotpriset är högt. När priset sedan sjunker tillåts lasterna att gå igång igen.

Genom att reglera energiförbrukningen efter spotpris så uppnås ett antal mål:

- Kunden sänker sina energikostnader.
- Efterfrågan styrs om från timmar med hög last till timmar med låg last, vilket minskar behovet av marginaler från spetskraft och importerad el.
- Om en större mängd kunder med betydande last hade använt det föreslagna systemet, så hade miljöbelastningen från spetskraftverk och importerad el kunnat minskas markant.

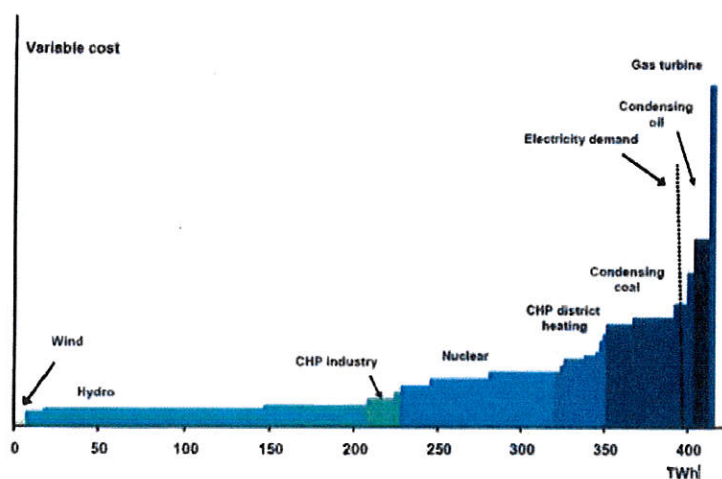
Genom att visa att det både finns ekonomisk som miljömässig vinning av att reglera laster utifrån spotpriset ökar incitamentet för kunderna att investera i utrustning som minskar negativ påverkan på miljön.

2.1. Miljövinster med spotprisstyrning

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

Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris



Figuren illustrerar "merit order" kurvan i det nordiska systemet när produktionskapacitet är inordnad efter installerad effektkapacitet. 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.

Energi producerad på marginalen består av kolkondens. Koldioxidutsläppen för den produktionen är betydligt högre än vid tex kärnkraft och vattenkraft. En förskjutning av gränsen innebär alltså att betydande miljövinster kan uppnås i form av minskade koldioxidutsläpp.

Spotpriset på elenergi beror på efterfrågan på marknaden, högre efterfrågan medför högre spotpris. Samtidigt innebär en högre efterfrågan större användning av marginalen. En omfördelning av energianvändning från timmar med hög kostnad till timmar med låg kostnad innebär således en minskad produktion av marginalen.

Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

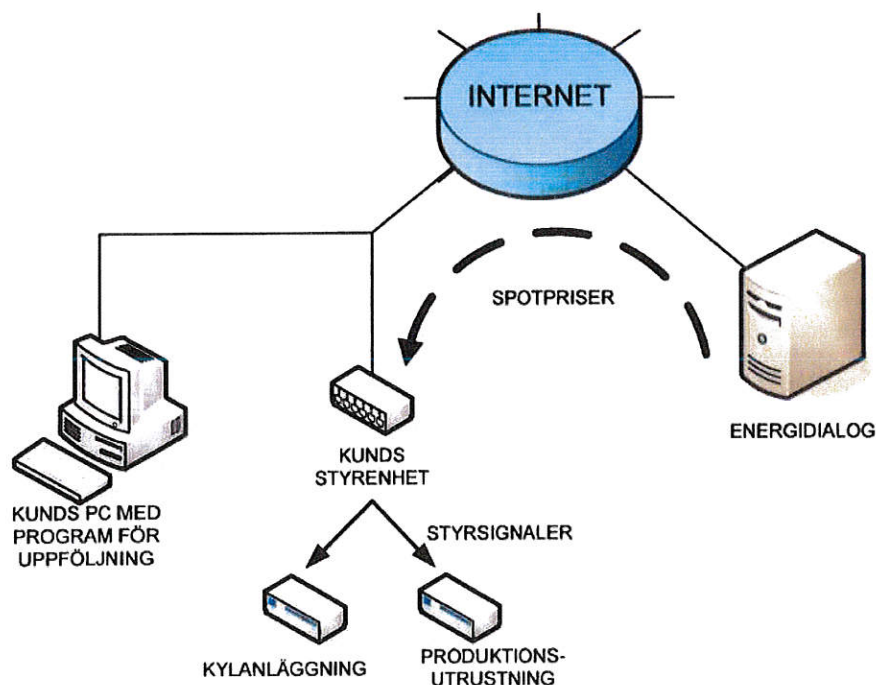
Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

3. Projektets genomförande

I Projektet har vi dels använt oss av befintliga tjänster och produkter, och dels utvecklat nya funktioner. Vi har även utfört en pilotinstallation av lösningen hos en av våra befintliga kunder.

3.1. Teknisk lösning

Den tekniska lösningen består av två system. Dels ett centralt system, som hämtar prisinformation ifrån Nordpool, och dels ett lokalt styrsystem, som tar emot prisinformation och justerar styrningen av lokalt anslutna elektriska laster.



3.1.1. Centralt system – Energidialog

Den centrala delen av systemet hämtar spotprisinformation för det kommande dygnet ifrån Nordpool varje natt. Informationen sparas i en databas och är sedan tillgänglig via Internet. Eftersom databasen hör till E.ONs webblösning Energidialog, kan kunden även se spotpris, förbrukning och kostnad timme för timme online.

Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

Webblösningen har funnits med i E.ONs produktsortiment sedan länge. Men för att förmedla spotprisinformation till det lokala systemet har vi tagit fram programfunktioner som hämtar timpriser från databasen och levererar dem till det lokala styrsystemet.

3.1.2. Lokalt system – EnergiDirigent

Regleringen av elektrisk last hos kunden görs med hjälp av E.ONs energistyrssystem EnergiDirigent. Systemet har befintliga funktioner för att begränsa maxeffekt genom bortkoppling av laster, som t.ex. kylaggregat och värmeaggregat. Den här funktionen har utnyttjats, men istället för att bevaka en konstant maxnivå, justeras maximalt tillåten last beroende på spotpriset. Den maximala tillåtna lasten kallar vi för styrgräns. Styrgränsen definieras som en funktion av spotpriset där en ny maxnivå beräknas inför varje ny timme.

Exempel på funktion som fungerade bra vid pilotinstallationen:

Spotpris, öre/kWh	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Styrgräns, kWh/h	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300

Vid priser över 100 öre/kWh eller under 10 öre/kWh görs ingen ytterligare justering av styrgränsen.

För att styrningen av de anslutna lasterna ska ske kontrollerat används den möjlighet för styrvillkor som finns inbyggt i EnergiDirigent.

De styrvillkor som finns definierade i systemet är:

- Prioritetsordning för nedreglering av laster. De laster som är mest lämpliga att stänga av påverkas först. Om ytterligare laster behöver stängas av görs det enligt prioritetsordningen.
- Tidsvillkor för nedreglering av laster. Detta innebär att laster inte stängs ner för länge, eller vid vissa känsliga tidpunkter.
- Analoga villkor. Det kan t.ex. var temperatur-, tryck- eller CO₂-nivåer som inte får över- eller underskridas.

3.2. Pilotkund – Marka Pac



För att testa lösningen som har tagits fram i projektet, så har pilotkunden Marka Pac valts ut. Anläggning ligger i Markaryd och verksamheten innefattar design och tillverkning av plastförpackningar för konsumentmarknaden. Tillverkningen är elintensiv, med formsprutor och

Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

kylaggregat som största elförbrukare. Årsförbrukningen är ca 3 GWh el och den högsta timförbrukningen per månad varierar mellan 450 kWh/h och 500 kWh/h.

Marka Pac valdes ut som lämplig pilotkund eftersom de redan hade styrsystemet EnergiDirigent installerat samt att de handlar sin el via spotpris.

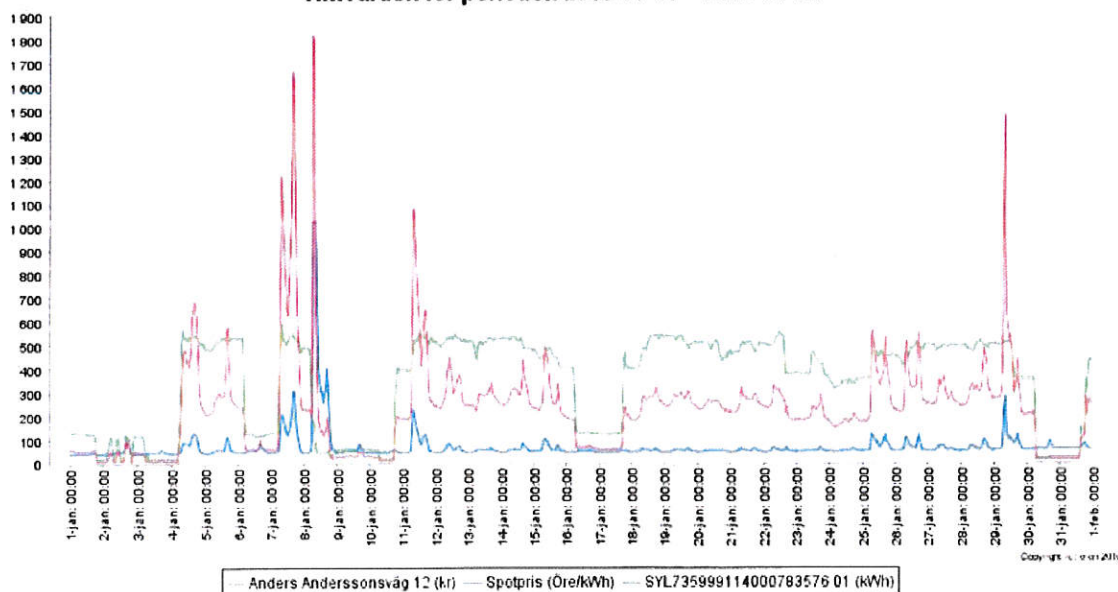
De laster som har använts för att genomföra projektet är två st. formsprutor (plastextruder) på 32 respektive 28 kW. Lasterna har varit möjliga att styra eftersom de inte behöver användas för produktion dygnet runt. De har alltså inte varit kritiska när det gäller Marka Pacs leverans till sina kunder.

En förlängning av projektet skulle kunna utmytna i att även kompressorer för processkyla och tryckluft ansluts till systemet.

4. Förväntat resultat av pilotinstallationen

Nedanstående diagram visar Marka Pacs elförbrukning (kWh, grön kurva), Nordpools spotpris (Öre/kWh, blå kurva) och debiterad elkostnad exklusive elcertifikatsavgift, skatt, nätavgift och moms (SEK, röd kurva) per timme. Alla mätvärden är från januari 2010.

Timvärden för perioden 2010-01-01 - 2010-01-31



- Förbrukningen är relativt jämn, då det handlar om en processindustri, med enstaka timmar som ligger ca 50 kWh över genomsnittet. Det är främst timmar då uppstart sker eller produktionen är extra intensiv.
- Spotpriset varierade under den här månaden vanligen mellan 40 och 100 Öre/kWh, med ett fåtal extrema timmar över 1000 Öre/kWh.

Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

- Den debiterade kostnaden ligger ofta mellan 200 och 300 kr per timme, men med flera timmar i intervallet 300 till 600 kr och enstaka värden i intervallet 600 till 1800 kr.

Januari månad var ovanlig ur spotprissynpunkt, men det är sannolikt att liknande situationer kommer att uppstå igen. Därför är det intressant att räkna på detta exempel för att se vilken potential styrning av den här typen har.

4.1. Teoretisk modell

Som exempel används följande förenklade modell. När spotpriset är över 80 Öre/kWh så reduceras förbrukningen den timmen till 90 % av vad den annars skulle ha varit. Den insparade energi under höglast förmodas till 90 % tas igen jämnt fördelat över låglasttimmarna. 10 % av energin förmodas sparas in helt. Månadens förbrukning antas därmed minska med 1 % av den förbrukning som hänförs till timmar med spotpris över 80 Öre/kWh.

4.2. Förväntat direkt resultat

- Resultatet av denna modell blir att ca **3900 kWh** skulle ha omfördelats från timmar med högt spotpris till övriga timmar, vilket hade gett en besparing på ca **3 200 kr** för januari månad.
- Motsvarande beräkning för februari månad ger en omfördelning av ca **6100 kWh**, vilket hade gett en besparing på ca **5 000 kr**.
- Extrapoleras detta resultat till året, så kan vi förvänta oss en omfördelning av totalt ca **40 000 kWh** från timmar med hög efterfrågan till timmar med låg efterfrågan. Kundens besparing uppskattas till ca **30 000 kr/år**. Energiförbrukning minskar totalt med **400 kWh**.

Detta är de förväntade effekterna vad gäller omfördelad förbrukning och sänkt kostnad. För månader med lägre spotpris måste en lägre gräns väljas för att uppnå besparingar. Det ingår i projektets uppgift att ta fram en lämplig styrmodell för att omfördela last från timmar med högt spotpris till timmar med lågt spotpris.

4.3. Förväntat indirekt resultat

Olika modeller och beräkningar kan användas för att analysera vad omfördelning av last från timmar med hög efterfrågan till timmar med låg efterfrågan ger för resultat. Helst skulle man veta exakt hur mycket som omfördelas, från vilken timme och till vilken timme. Som förenkling görs följande antagande. Timmar med hög efterfrågan antas elförbrukningen motsvara marginalel, medan förbrukningen under timmar med låg efterfrågan antas motsvara nordisk elmix. Koldioxidbelastningen för Nordisk elmix anses allmänt vara 100 gram CO₂/kWh. När det gäller marginaelen varierar uppfattningen. Energimyndigheten antar ett värde på 1000 gram CO₂/kWh, vilket motsvarar kolkondenskraft, medan andra förespråkar jämförelsetalet för gaskombikraft, 360 gram CO₂/kWh. Omfördelning av last från timmar med hög efterfrågan till timmar med låg efterfrågan ger alltså en förändring som ligger i intervallet 260 till 900 gram CO₂/kWh. Antar vi det lägsta värdet, en minskning om 260 gram CO₂/kWh, så ger det föreslagna projektet ett minskat utsläpp av CO₂ om 40 000 kWh x 260 gram CO₂/kWh = **10,4 ton CO₂**. Även andra miljöbelastande utsläpp minskar, t.ex. svaveloxider och kväveoxider. Enligt IVL 2008 kan skillnaden mellan hög och låg last uppskattas till ca 0,1 gram kväveoxider och 0,65 gram svaveloxider per kWh. Detta ger en minskad miljöbelastning om **4 kg kväveoxider och 26 kg svaveloxider**.

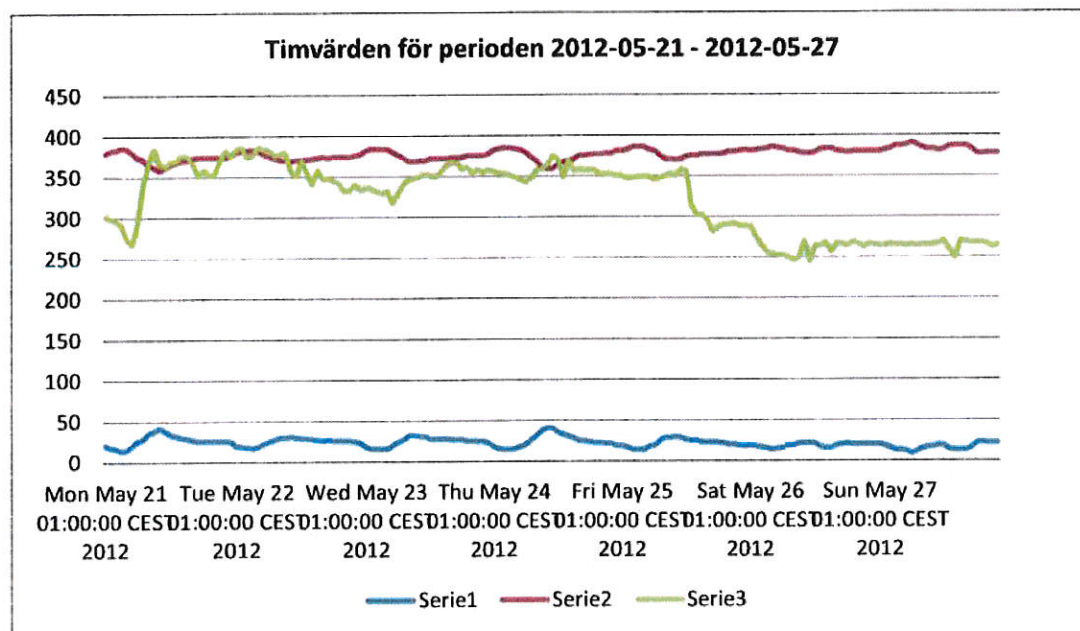
Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

5. Resultat av pilotinstallationen

Pilotinstallationen var från början tänkt att omfatta utrustning som t.ex. kylkompressorer, luftkompressorer och formsprutor. Nu gavs det inte möjlighet att testa lösningen i så stor skala, utan pilotinstallationen utfördes med två st. formsprutor anslutna till styrsystemet. Eftersom den totala drifttiden inte får inskränkas på produktionsutrustning, minskar inte energiförbrukningen enligt den modell som beskrivs i avsnittet ovan. Däremot görs fortfarande en ekonomisk besparing genom att drifttiden fördelas om från timmar med hög energikostnad till timmar med låg energikostnad. Omfördelningen medför även en minskad miljöbelastning.

Nedanstående diagram visar Nordpools spotpris (Öre/kWh, blå kurva), styrsystemets styrgräns (kWh/h, röd kurva) och Marka Pacs Energiförbrukning (kWh, grön kurva) under 2012-05-21 tom 2012-05-27 (måndag tom söndag).



Under den perioden kördes styrningen med följande inställningar:

- Styrgräns beräknas enligt:

Spotpris, öre/kWh	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Styrgräns, kWh/h	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300

- Nedstyrning görs endast om spotpriset är över 29 öre/kWh.

Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

- Lasternas totala drifttid per dygn får inte bli mindre än vid normal produktion. Normal drifttid är ca 10 timmar/dygn under vardagar.

Resultatet blir att vid de perioder då priset ligger över 29 öre/kWh och energiförbrukningen är så pass hög att styrgränsen riskerar att överskridas kommer de inkopplade lasterna att styras ned. Lasterna tillåts att gå igång igen först när priset har sjunkit under 30 öre/kWh, eller när energiförbrukningen är så låg att styrgränsen inte överskrids. På så sätt fördelas lasternas drift från högkostnadsperiod till lågkostnadsperiod.

5.1. Ekonomisk vinst

Under perioden registrerades följande omfördelningar av drift från högkostnadsperiod till lågkostnadsperiod.

Datum	Timme	Spotpris, öre/kWh	Fördelades om till:	Datum	Timme	Spotpris, öre/kWh
2012-05-21	10:00	38		2012-05-21	17:00	27
2012-05-21	11:00	42		2012-05-21	18:00	26
2012-05-21	12:00	38		2012-05-21	19:00	26
2012-05-21	13:00	34		2012-05-21	20:00	26
2012-05-21	14:00	32		2012-05-21	21:00	26
2012-05-21	15:00	30		2012-05-21	22:00	26
2012-05-21	16:00	30		2012-05-21	23:00	26
2012-05-22	09:00	30		2012-05-22	13:00	29
2012-05-22	10:00	30		2012-05-22	14:00	29
2012-05-22	11:00	31		2012-05-22	15:00	28
2012-05-22	12:00	30		2012-05-22	16:00	27
2012-05-23	09:00	32		2012-05-23	13:00	28
2012-05-23	10:00	32		2012-05-23	14:00	28
2012-05-23	11:00	31		2012-05-23	15:00	28
2012-05-23	12:00	31		2012-05-23	16:00	28
2012-05-24	09:00	31		2012-05-24	16:00	29
2012-05-24	10:00	38		2012-05-24	17:00	25
2012-05-24	11:00	41		2012-05-24	18:00	25
2012-05-24	12:00	41		2012-05-24	19:00	24
2012-05-24	13:00	36		2012-05-24	20:00	23
2012-05-24	14:00	33		2012-05-24	21:00	23
2012-05-24	15:00	31		2012-05-24	22:00	22
Medelpris		33,72		Medelpris		26,32

Under de timmar som styrningen medförde en omfördelning av energiförbrukningen gjordes alltså en besparing på de inkopplade lasternas drift med ca 22 %.

Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		

Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris

För beräkning av den totala besparingen under perioden görs antagandet att den normala drifttiden för lasterna är mellan 07:00-17:00, måndag till fredag. Medelpriset per timme bli i så fall 29,90 öre/kWh. Efter omfördelningen av drifttiden blir medelpriset per timme istället 26,24 öre/kWh, en besparing på ca 12 %.

5.2. Miljövinster

De två formsprutor som användes i pilotinstallationen har en total effekt på 60 kW. Det är utnyttjandet av denna effekt som flyttas från högkostnadsperiod till lågkostnadsperiod vid styrning kopplat till spotpriset. Att skjuta på driften av formsprutorna innebär alltså att det är 60 kWh/timme som omfördelas.

Enligt resonemanget i kap. 4.3 har vi antagit att en förflyttning av drifttid från högkostnadsperiod till lågkostnadsperiod även innebär att man använder sig av nordisk elmix i stället för marginalet. Det innebär en minskning motsvarande 260 till 900 gram CO₂/kWh när det sker en förflyttning av drifttid.

Under den period som testet utfördes, 2012-05-21 tom 2012-05-27, förflyttades 22 drifttimmar från högkostnadsperiod till lågkostnadsperiod (se tabell kap. 5.1). Energimässigt innebär det en omfördelning av 1 320 kWh. Antar vi det lägre värdet, en minskning om 260 gram CO₂/kWh, så har man under testperioden minskat utsläppen av CO₂ med 1 320 kWh x 260 gram CO₂/kWh = **343,2 kg CO₂**. För det högre värdet, en minskning om 900 gram CO₂/kWh, medför testet i stället ett minskat utsläpp av CO₂ med 1 320 kWh x 900 gram CO₂/kWh = **1188,0 kg CO₂** för perioden.

Under testperioden styrdes formsprutorna ganska hårt i den meningen att det var många drifttimmar som förflyttades från högkostnadsperiod till lågkostnadsperiod. Sådan styrning är kanske inte acceptabel att tillämpa kontinuerligt under hela året. Men pilotinstallationen visar att med fler energiförbrukande objekt kopplat till styrsystemet är det förväntat resultat i kap. 4.3, ett minskat utsläpp av CO₂ om 40 000 kWh x 260 gram CO₂/kWh = **10,4 ton CO₂**, möjligt att uppnå.

6. Framtidsmöjligheter för spotprisstyrning

Redan i höst tas ett första steg mot timvis mätning för samtliga elkunder i Sverige. Detta första steg innebär att alla elkunder som tecknar avtal som kräver timvis mätning har rätt till detta utan extra kostnader. Den politiska drivkraften är att möjliggöra för kunderna att använda energin effektivare, både genom att undvika att konsumera el när priserna är höga och att använda mindre el generellt. Att få kunderna mer aktiva på elmarknaden bedöms också leda till en effektivare elmarknad och på sikt underlätta introduktionen av vindkraft. (Elforsk)

System för styrning mot spotpris är en av de produkter och tjänster som möjliggörs när en större andel av konsumenterna får tillgång till timvis mätning. Redan idag finns det displayprodukter för att följa och få en bättre insikt i sin förbrukning och sina förbrukningsmönster. Optimering mot spotpriser är dock inte okomplicerat för någon aktör på elmarknaden och nya beteenden i efterfrågan kommer att tvinga fram nya affärsmodeller och nya produkter. Mer långtgående effekter av timvis mätning och optimering mot spotpriser ligger dock en bit utanför denna rapport.

Malmö 2012-10-05



Företag	Datum	Vår beteckning
ONE Nordic AB	2012-10-05	Utvärdering spotprisstyrning
Författare	Godkänt	
Peter Davidsson, Christer Åkerblom		
Rubrik		
Aktiv styrning av energianvändning baserat på spotpris		

