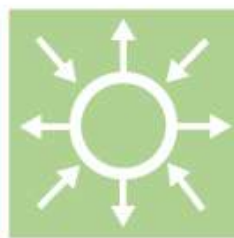


Möjligheter och hinder för laststyrning

Fokus på privatkunder med eluppvärmning

Elforsk rapport 11:70



Per-Olof Nylén

Oktober 2011

ELFORSK

Möjligheter och hinder för laststyrning

Fokus på privatkunder med eluppvärmning

Elforsk rapport 11:70

|

Förord

Syftet med Smart Grids programmet är att samordna elbranschens utvecklingsaktiviteter för framtida intelligenta elnät inom området Överföring & Distribution.

Som en följd av samhällets anpassning för att minska klimatpåverkan är intresset för att utveckla elsystemet i riktning mot nya produktions- och förbrukningsmönster stort. Smart Grids möter efterfrågan på framtidens elnät genom att göra det möjligt att mäta tillståndet i elnätet. Utav den erhållna informationen, ska det sedan gå att detaljstyra elflödet samt utbyta information med prisaktörer.

Nytan av ett smart elnät är uppenbart och fördelar kan återfinnas hos alla aktörer.

- Kundnytta - Bättre tillförlitlighet, information av ev. elavbrott samt billigare elleveranser.
- Internnytta - Nätägare och elhandlare kan utföra många av sina funktioner (reparationer, underhåll, spänningsstyrning, identifiering av bortkopplade kunder och lägre kostnader för eventuella investeringar) betydligt mer effektivt.
- Samhällsnytta - På systemnivå märks skillnaden i en förändrad produktion och ett annorlunda konsumtionsmönster. Dessutom bidrar Smart Grids med en minskad miljöpåverkan och lägre överföringsförluster.

Smart Grids programmets programstyrelse består av följande ledamöter:

Göran Ericsson, ordförande	Svenska Kraftnät
Peter Söderström, vice ordf	Vattenfall Eldistribution AB
Christer Bergerland	Fortum Distribution AB
Christian Andersson	E.On Elnät Sverige AB
David Westerlund	Göteborg Energi AB
Rolf Gustafsson	Mälarenergi AB
Susann Persson	Jämtkraft AB
Mikael Arvidsson	HEM Nät AB
Anders Johansson	SABO AB
Claudio Marchetti	ABB AB
Ingvar Hagman	Ericsson AB
Nina Lövehagen	Ericsson AB
Anders Trana	Telia Sonera AB
Anders Bülund	Trafikverket
Hannes Schmied	NCC AB
Jan Hintze	Siemens AB
Matz Tapper (adjungerad)	Svensk Energi
Monika Adsten (adjungerad)	Elforsk AB
Susanne Olausson, sekreterare	Elforsk AB

Följande bolag har deltagit som finansiärer av projektet. Elforsk framför ett stort tack till samtliga företag för värdefulla insatser.

E.ON Elnät Sverige AB	AB Borlänge Energi
Svenska Kraftnät	Sandviken Energi Elnät AB
Vattenfall Eldistribution AB	Trollhättan Energi Elnät AB
Göteborg Energi AB	Fortum Distribution AB
Skellefteå Kraft AB	Borås Elnät AB
Mälarenergi Elnät AB	Landskrona Stad
Jämtkraft AB	Ericsson AB
Umeå Energi Elnät AB	SABO
Öresundskraft AB	Combitech AB
Jönköping Energi Nät AB	NCC Construction Sverige AB
Gävle Energi AB	ABB AB
Eskilstuna Energi & Miljö AB	TeliaSonera AB
Sundsvall Elnät AB	Trafikverket
Härjeåns Nät AB	Basprojektet
Halmstad Energi & Miljö Nät AB	Siemens
Falu Elnät AB	Elverket Vallentuna

Stockholm i oktober 2011
Susanne Olausson
Elforsk AB

Programområde Överföring och Distribution

Sammanfattning

Hos privatkunder med eluppvärmning kan man genom laststyrning flytta förbrukningen, utan att det ger en större inverkan på kundernas komfort. Detta gör att kunderna kan sänka sin förbrukning och kostnad. Laststyrning kan också ge nyttor för både samhället i stort och för olika aktörer på elmarknaden. Trots detta har inte laststyrning införts i någon större utsträckning fram till idag. Så frågan är vad detta beror på?

De nuvarande förutsättningarna på marknaden begränsar kundernas möjligheter till laststyrning. Det finns också begränsningar i befintliga system och produkter. Kommersiellt tillgängliga produkter beskrivs och delas in i tre olika typfall: 1) Effektvakter 2) Visualisering/manuella kundåtgärder samt 3) Manuell fjärrstyrning av eluppvärmning.

De olika typfallen utvärderas utifrån återbetalningstid, behov av manuella åtgärder och påverkan på komfort för kunden. Utvärderingen görs under nuvarande förutsättningar på marknaden. Återbetalningstiden ligger i de flesta fall på 1 – 3 år. Trots ganska kort återbetalningstid är bedömningen att produkterna fram till idag har haft en liten försäljning.

Framtida möjligheter för laststyrning har testats och utvärderats i ett antal pilotprojekt under nästan 10 års tid. Några av dessa projekt sammanfattas i rapporten för att visa på möjligheter i framtiden. Projekten visar på goda möjligheter för laststyrning i framtiden men det kräver ändrade och förbättrade förutsättningar på marknaden.

Laststyrning hos privatkunder kan ge nyttor till nätbolag. Några områden som kan ge nyttor har identifierats och utvärderats. Nyttan för nätbolaget blir lägre kostnader där kostnadsbesparingen motsvarar drygt 15 kr per kund. Det största bidraget kommer från lägre kostnader för överföring till överliggande nät och lägre nätförluster. Det finns också andra nyttor som inte har kunnat utvärderas i denna rapport.

Exempel på laststyrning från marknader utanför Sverige visar att förutsättningarna varierar mycket. Exempelen visar på både framtida möjligheter, men också på svårigheter och att man inte ska underskatta komplexiteten eller den tid det kommer att ta.

En översikt av laststyrning på den Svenska marknaden visar både på många hinder men också på goda framtida möjligheter om man lyckas få fram bättre förutsättningar.

Den framtida utvecklingen av laststyrning sammanfattas slutligen i ett scenario. Man kan se två faser i utvecklingen. Första fasen är utveckling under nuvarande regleringar fram till 2015. Utvecklingen då kommer säkert att fortsätta framåt eftersom det finns ett stort intresse och många företag arbetar med detta. Från 2015 bör utvecklingen komma in i en andra fas då nya regleringar är införda vilket kommer att ge väsentligt bättre förutsättningar. Men det kommer troligen att ta ytterligare några år innan produkter och lösningar får ett större genomslag på marknaden. Rapporten avslutas med ett antal slutsatser kring laststyrning rörande utvecklingen fram till idag och den framtida utvecklingen.

Summary

Residential customers with electric heating can implement load management without causing any major impact on their comfort. This enables customers to reduce their consumption and cost. Load management can also provide benefits to both the society at large and for different actors on the electricity market. Despite this, load management has until today not been implemented to any larger extent. So the question is, what is the reason for this?

The current market conditions limit the potential for the customers' to implement load management. There are also limitations in existing systems and products. Commercially available products are described and classified into three different categories: 1) Power guards 2) Visualization/manual customer actions, and 3) Manual remote control of electric heating.

The different categories are evaluated based on payback period, need for manual intervention and effects on convenience for the customer. The evaluation is done under current market conditions. The payback period is in most cases 1-3 years. Despite the relatively short payback period, the estimation is that the products until today have only been sold in limited quantities.

Future possibilities for load management have been tested and evaluated in a number of pilot projects for nearly 10 years. Some of these projects are summarized in the report to show the future potential. The projects show a good potential for load management in the future, but it requires changed and improved market conditions.

Load management from residential customers can also provide benefits to DSOs. Some areas that can provide benefits are identified and evaluated. The benefit for the DSO is lower costs, where the cost saving is just over SEK 15 per customer. The largest contribution comes from lower transmission costs to the superior network and lower cost for network losses. There are also other benefits that could not be evaluated in this report.

Examples of load management on markets outside Sweden show that the conditions are very different. The examples show both future opportunities, but also the difficulties and that you should not underestimate the complexity or the implementation time.

An overview of load management on the Swedish market shows both a number of obstacles but also that there are good future opportunities under changed and better conditions.

The future development of load management is summarized in a scenario. There are two phases in the development. The first phase is development under current regulations until 2015. The development of load management will surely move forward because there is a lot of interest and many companies are working on this. From 2015, the development will enter a second phase, when new regulations are implemented on the market which will lead to significantly improved conditions. But it will probably take another few years before a larger number products and solutions have been sold on the market. The report concludes with a number of conclusions regarding the development of load management until today and in the future.

Innehåll

1	Introduktion	1
1.1	Syfte och innehåll	1
1.2	Bakgrund	1
2	Nyttor med laststyrning generell	3
3	Aktuella marknadsförutsättningar och systemöversikt	5
3.1	Nuvarande marknadsförutsättningar	5
3.2	Principer för laststyrning	6
3.3	Systemöversikt och komponenter för laststyrning	7
3.4	Laster hos privatpersoner med eluppvärmning	10
3.5	Potential hos privatkunder med eluppvärmning i Sverige	12
4	Beskrivning av typfall – nuvarande förutsättningar	13
4.1	Automatisk bortkoppling - effektvakt	13
4.2	Visualisering och manuella kundåtgärder	14
4.3	Manuell fjärrstyrning av eluppvärmning	17
4.4	Sammanfattning av beskrivna typfall	20
5	Utvärdering av typfall – nuvarande förutsättningar	21
5.1	Automatisk bortkoppling – effektvakt	22
5.2	Visualisering och manuella åtgärder	23
5.3	Manuell fjärrstyrning av eluppvärmning och varmvatten	24
5.4	Sammanfattning av utvärderade typfall	26
6	Framtida möjligheter för laststyrning	27
6.1	Pilotprojekt - indirekt och direkt laststyrning	27
6.2	Sammanfattning av pilotprojekt	33
7	Nyttor av laststyrning för ett nätbolag	35
7.1	Områden med nyttor för nätbolag	35
7.2	Utvärdering av laststyrning av privatkunder	36
7.3	Sammanfattning av nyttor för nätbolag	38
8	Exempel på laststyrning på marknader utanför Sverige	39
8.1	Home energy management systems (HEMS)	39
8.2	Nordamerika	41
8.3	Tyskland	42
9	Nuvarande hinder och framtida möjligheter för laststyrning på den svenska marknaden	43
9.1	Förutsättningar på marknaden	43
9.2	Tjänster och tekniska lösningar	45
10	Sammanfattning	47
10.1	Framtida scenario för ökad laststyrning	47
10.2	Slutsatser	50
	Referenser	52

1 Introduktion

1.1 Syfte och innehåll

Syftet med rapporten är att identifiera vilka nuvarande hinder och framtida möjligheter som finns hos kunder för att införa laststyrning. Fokus är på kundsegmentet privatkunder med eluppvärmning.

I rapporten ingår en sammanställning över olika typfall och tekniska lösningar för laststyrning och hur nyttan, hindren och lönsamheten ser ut för dessa lösningar. Olika lösningar för laststyrning utvärderas utifrån både tekniska och kommersiella möjligheter och hinder. I utvärderingen ingår bara produkter och tekniska lösningar som är möjliga att upphandla kommersiellt under 2011/2012. Även framtida möjligheter för både privatpersoner och nätbolag beskrivs utgående från olika studier och marknadstester. Rapporten vänder sig till läsare som har generell kunskap om elmarknaden.

1.2 Bakgrund

Under föregående vintrar har marginalen till det svenska elkraftssystemets effekttak minskat varför ett behov av styrning av kundernas laster har ökat. Dessutom har elkundernas förbrukningsprofiler förändrats bl.a. genom konvertering från elvärme till fjärrvärme eller olika typer av värmepumpar ofta i kombination med elvärme för topplastbehov. Utöver elförbrukning för uppvärmning så har elförbrukningen hos mindre kunder förändrats genom allt mer användning av datorer, luftkonditionering och andra elapparater som kräver hög elkvalitet och tillgänglighet. Genom övergång till lågenergilampor antas däremot förbrukning för belysning överlag ha minskat.

Elförbrukning hos privatkunder är ofta förknippade med en viss flexibilitet eller elasticitet. Detta innebär att effektuttag och elförbrukning från kundernas laster kan förflyttas en viss tid. Exempelvis kan en sådan flexibilitet utgöras av uppvärmning eller liknande förbrukning där effektbehovet kan skjutas i tiden utan betydande olägenhet för kunden då värmen i bostad eller varmvattenberedare klingar av relativt långsamt. Tidigare studier har också visat att systemet inte behöver kompensera för temperaturfallet vilket kan reducera kundens totala elförbrukning. Andra studier visar också att dessa kunder verkligen agerar när det finns ett ekonomiskt incitament. Med andra ord kan laststyrning medföra utjämning av elförbrukning och last, vilket är positivt för såväl kund, nätägare, systemoperatör och miljö.

Eftersom eldistribution till enfamiljshus generellt sett är dimensionerat för elvärme med relativt hög sammanlagringsfaktor innebär förändringarna i förbrukningsmönster sannolikt inga kapacitetshinder ur ett elnätsperspektiv. Däremot kan laststyrning medföra jämnare förbrukningsprofiler med mindre toppar vilket kan leda till lägre effektabonnemang och därigenom lägre kostnader för kund samt mindre nätförluster. Inte minst ger jämna förbrukningsprofiler mindre behov av topplastproduktion, som normalt sker med fossila bränslen, och därför innebär lägre CO₂-utsläpp totalt sett. I ett

längre tidsperspektiv kan även laststyrning och därmed jämnare laster reducera eller förskjuta behov av framtida nätförstärkningar.

Enligt beskrivningen ovan finns det alltså en potential att införa laststyrning som då ger nyttor för olika aktörer. Så frågan är varför detta inte har genomförts i någon större utsträckning?

2 Nyttor med laststyrning generellt

Produktion av el har styrts av kunders behov. Man har investerat i produktionsresurser som vid varje tillfälle ska kunna tillgodose kunders förbrukning. Men detta håller på att förändras och man ser stora fördelar med att istället kunna anpassa kunders förbrukning till tillgänglig produktion. Exempelvis att kunder kan sänka sin förbrukning när det är ont om el från vind- eller solkraft och istället flytta förbrukningen till tidpunkter när det finns god tillgång på el. Man kan då minska behovet av att köra produktionsresurser som är sämre för miljön.

Redan idag finns en relativt stor andel intermittent och förnybar elproduktion från vind och sol installerad i många länder. Andelen förnybar elproduktion förväntas öka under de kommande åren. I vissa länder som Tyskland kan det uppstå ett överskott på el när det blåser mycket och konsumtionen är begränsad. När det blir ett överskott av el på marknaden sjunker priset. Elpriset kan t.o.m. sjunka så mycket att det blir negativt. Stora prisskillnader kan ge kunderna incitament till laststyrning om kunderna får priser kopplade till rådande situation. För att det ska fungera behövs även tekniska lösningar som ger kunderna möjlighet att styra lasten efter hur elpriset varierar.

Laststyrning kan också ge nyttor för nätbolag. Nätbolagen skulle kunna minska effekttoppar och investeringar i nätet liksom operativa kostnader för överföring.

Nedan följer en sammanfattning av nyttor från laststyrning för några olika aktörer på marknaden.

Samhället

- Lättare uppfylla EU:s 20/20/20, dvs. till år 2020 ska utsläppen av koldioxid minska med 20% jämfört med 1990 års nivå; 20% av den energi som används inom EU ska komma från förnybara källor; den totala energiförbrukningen minska med 20%.
- Mindre total elförbrukning och lägre topplast gör att man får mindre behov av produktions resurser för topplast, vilka ofta är baserade på fossila bränslen och ger koldioxidutsläpp.
- Möjliggöra mer intermittent förnybar produktion vilket ger lägre koldioxidutsläpp

Privatkunder

- Lägre kostnader med bibehållen komfort
- Ökad kunskap om energiförbrukningen kan bidra till minskad energiförbrukning och lägre koldioxidutsläpp.

Nätbolag

- Lägre nätförluster
- Lägre överföringskostnader till överliggande nät

- Lägre kostnader för nätinvesteringar eller skjuta på investeringar

Producenter

- Bygga ut mer intermittent och förnybar produktion
- Mindre användning av produktion baserad på fossila bränslen som ofta används för toppkraft, exempelvis kol- eller oljekraftverk och gastrubiner.

Elhandlare och balansansvariga

- Använda laststyrning vid riskhantering och inköp av kraft. Om man kan göra bättre prognoser av förbrukningen blir det mindre fel i planerad förbrukning och lägre risk genom att en mindre volym el behöver köpas in närmare leveranstillfället. Om man kan använda laststyrning för att korrigera behovet av el närmare leveranstillfället kan detta bli billigare än att köpa produktion på marknaden.

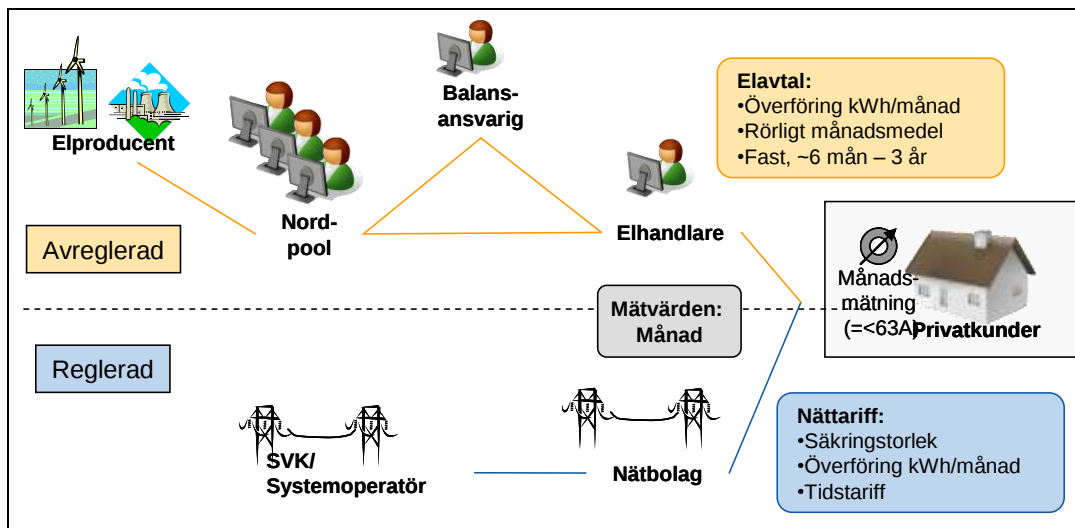
3 Aktuella marknadsförutsättningar och systemöversikt

Införande av laststyrning beror av flera faktorer vilket gör detta till en komplex fråga. Faktorer som påverkar är förutsättningarna på marknaden, vilken last som ska styras hos kunden och tillgängliga tekniska lösningar. För att det ska bli intressant måste berörda aktörer och kunderna få tillräckligt stora nyttor.

3.1 Nuvarande marknadsförutsättningar

I detta kapitel beskrivs de nuvarande förutsättningarna som gäller idag, 2011/12. Denna beskrivning blir en bas för att i kommande kapitel beskriva och utvärdera vilka möjligheter kunder har att införa laststyrning idag – och ge en förklaring till varför detta hittills inte har gjorts i någon större utsträckning. Senare i rapporten kommer olika tester och piloter att beskrivas där man visar på bättre möjligheter att införa laststyrning i framtiden.

Figuren nedan visar aktuell status på marknaden idag, 2011. Figuren visar kommersiella relationer mellan olika aktörer som kan påverkas genom laststyrning.



Figur 1 Nuvarande marknadsförutsättningar

Privatkunder

De flesta kunder upp till 63A har månadsmätning, även om vissa nätbolag redan har infört timmätning för dessa kunder.

Kunden har två olika avtal för den avreglerade respektive reglerade marknaden, dvs. ett med elhandlaren och ett med nätägaren. De båda avtalen har olika prisstruktur.

Elavtalet baseras ofta enbart på en kostnad för överförd el. Kortaste tidsperiod för ändring av priset är en månad då kunden har rörligt elpris eller tillsvidareavtal. Många kunder har fastprisavtal då priset är fast under en tidsperiod, ofta mellan 6 månader och 3 år.

Nättariffen baseras ofta på säkringsstorlek med ett fast pris och en del som beror på överförd el. Överförd el kan också vara kopplat till en tidstariff, då kostnaden varierar beroende tid på dygnet och tid på året.

Elhandlare

Säljer el till privatkunder. Köper även el på spotmarknaden, Nord Pool. Elhandlaren behöver antingen själv ha balansansvar eller ha ett avtal med en annan part som tar balansansvaret.

Balansansvarig

Tar ansvar för balansen åt elhandlare. Handlar på spotmarknaden, Nord Pool.

Nord Pool

Nordisk elbörs, Elproducenter, Elhandlare och Balansansvariga handlar el på timbasis.

Elproducent

Producerar el och säljer el på Nord Pool.

Nätbolag

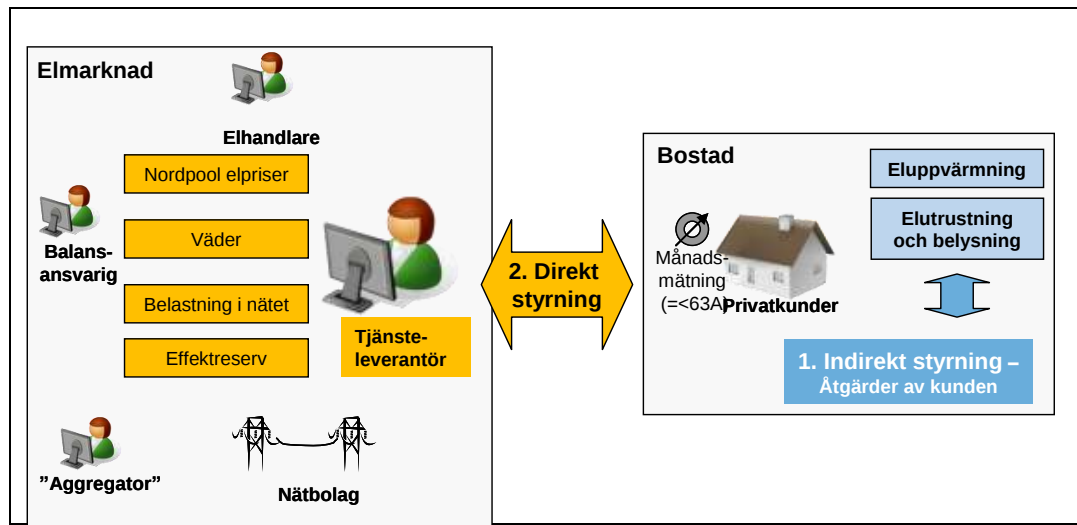
Ansvarar för nätanslutningen mot kunden. Finns nätbolag med ansvar för lokalnätet respektive regionnätet.

Svenska Kraftnät, Systemoperatör

Ansvarar för stamnätet. Är också systemansvarig på elmarknaden i Sverige.

3.2 Principer för laststyrning

Laststyrning kan delas in i två principer, indirekt och direkt laststyrning, vilket bl.a. beskrivs rapporten om fallstudier, se referens [1]. Figuren nedan beskriver indirekt och direkt laststyrning.



Figur 2 Principer för laststyrning – indirekt och direkt

Indirekt laststyrning

Indirekt laststyrning är definierad som riktad inverkan på effektbehovet genom antingen prissättning (tariffer, rabatter, kontrakt), regelverk (lagar, regler, incitament) eller information.

Från nätbolaget kan detta ske genom exempelvis tidstariff eller effekttariff. Från elhandlaren kan det vara olika typer av dynamiska priser, exempelvis sportpriset på Nord Pool.

Direkt laststyrning

Direkt laststyrning kan göras på olika sätt. Genom "hård bortkoppling" då man kopplar bort lasten helt under en viss tid. Detta måste då vara laster som tål detta, exempelvis en elpanna med akkumulator. Genom "mjuk bortkoppling" då lasten reduceras under en viss tid.

Direkt laststyrning ger olika aktörer ökade möjligheter att ta rollen som tjänsteleverantör. Exempel på möjliga framtida tjänsteleverantörer med direkt laststyrning är:

- nätbolag som vill begränsa maximala effekten i nätet
- elhandlare eller balansansvarig erbjuder optimerad styrning efter dynamiska timspriser på Nord Pool och också använder väderprognos som indata
- även andra möjligheter att "aggregera last" kan komma i framtiden vilket kan ge nya roller på marknaden. Exempelvis att aggregera last hos privatkunder och sälja den aggregerade lasten till effektreserven.

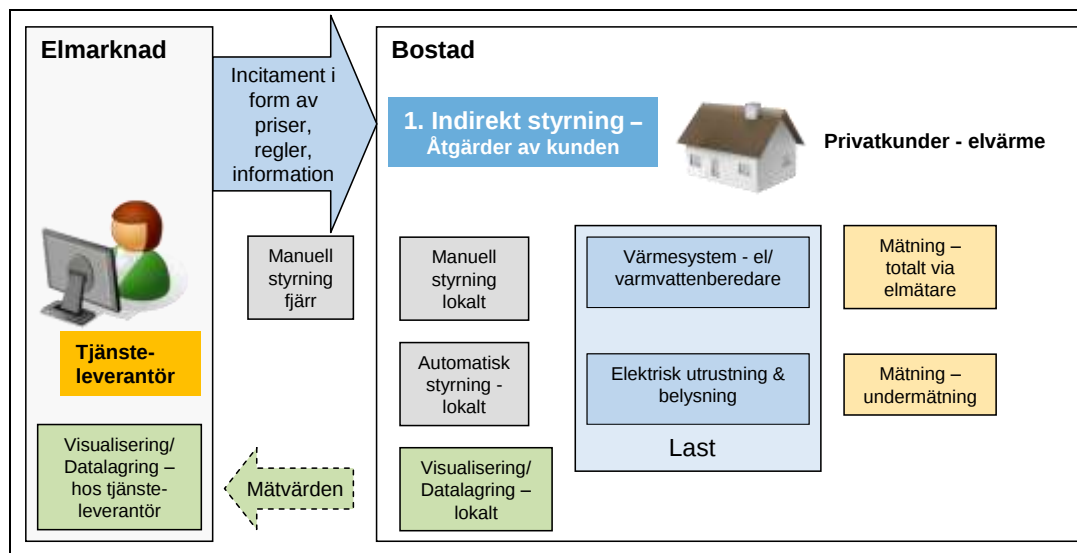
3.3 Systemöversikt och komponenter för laststyrning

Olika tekniska komponenter behövs för att realisera direkt och indirekt laststyrning. I figurerna nedan beskrivs schematiskt funktionen för de

komponenter som kan ingå i respektive lösning. I kommersiella produkter kan flera av komponenterna ingå i en helhetslösning.

Indirekt laststyrning

En översikt av indirekt laststyrning visas i figuren nedan.



Figur 3 Indirekt laststyrning

Mätning – totalt via elmätare

Mätning - undermätning

Insamling av mätvärden från husets elmätare, ger alltså total förbrukning, ofta i realtid. Görs ofta genom att sätta ett "läsöga" som läser av ljuspulser på elmätaren. "Läsögat" skickar mätvärden via kabel eller trådlöst till ett system för "visualisering/datalagring".

Insamling av mätvärden, ofta i realtid, från utrustning som förbrukar el i hemmet. Undermätning kan vara i form av en speciell elkontakt med inbyggd mätning, där mätvärdena sedan skickas vidare till ett system för "visualisering/datalagring".

Visualisering/datalagring – lokalt respektive hos tjänsteleverantör

Visualisering av mätvärden och annan data, t.ex. elkostnad. Detta kan genomföras på olika sätt, dels som en lokal lösning på en PC i bostaden eller hos en tjänsteleverantör när kunden kommer åt värdena via en webb-portal. Visualisering kan också ofta göras via mobiltelefon.

Manuell styrning - lokalt respektive fjärr

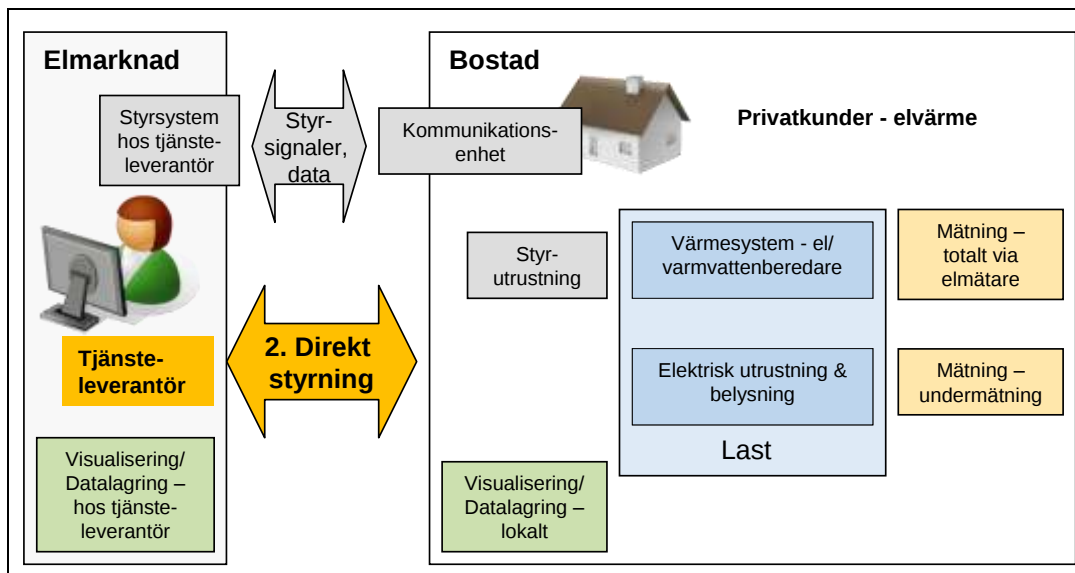
Möjlighet för kunden att styra utrustning i hemmet, antingen lokalt i hemmet eller fjärrstyrning via exempelvis mobiltelefon.

Automatisk styrning – lokalt

Möjlighet till automatisk styrning i hemmet. Exempel på automatisk styrning är att begränsa effektuttaget eller att lasten styrs av en tidsinställning som automatiskt slår på och av lasten.

Direkt laststyrning

En översikt av direkt laststyrning visas i figuren nedan.



Figur 4 Direkt laststyrning

Mätning – totalt via elmätare

Insamling av mätvärden från husets elmätare, ger alltså total förbrukning, ofta i realtid. Görs ofta genom att sätta ett "läsöga" som läser av ljuspulser på elmätaren. "Läsögat" skickar mätvärden via kabel eller trådlöst till ett system för "visualisering/datalagring". (Samma som för indirekt laststyrning).

Mätning - undermätning

Insamling av mätvärden, ofta i realtid, från utrustning som förbrukar el i hemmet. Undermätning kan vara i form av en speciell elkontakt med inbyggd mätning, där mätvärdena sedan skickas vidare till ett system för "visualisering/datalagring". (Samma som för indirekt laststyrning).

Visualisering/datalagring – lokalt respektive hos tjänsteleverantör

Visualisering av mätvärden och annan data, t.ex. elkostnad. Detta kan genomföras på olika sätt, dels som en lokal lösning på en PC i bostaden eller

hos en tjänsteleverantör när kunden kommer åt värdena via en webb-portal. Visualisering kan också ofta göras via mobiltelefon. (Samma som för indirekt laststyrning).

Kommunikationsenhet

Kommunicerar med styrsystemet hos tjänsteleverantören och utrustning i hemmet. Kan skicka styrsignaler till bostaden och hämta mätvärden, timvärden och realtidsvärden, från bostaden till styrsystemet hos tjänsteleverantören.

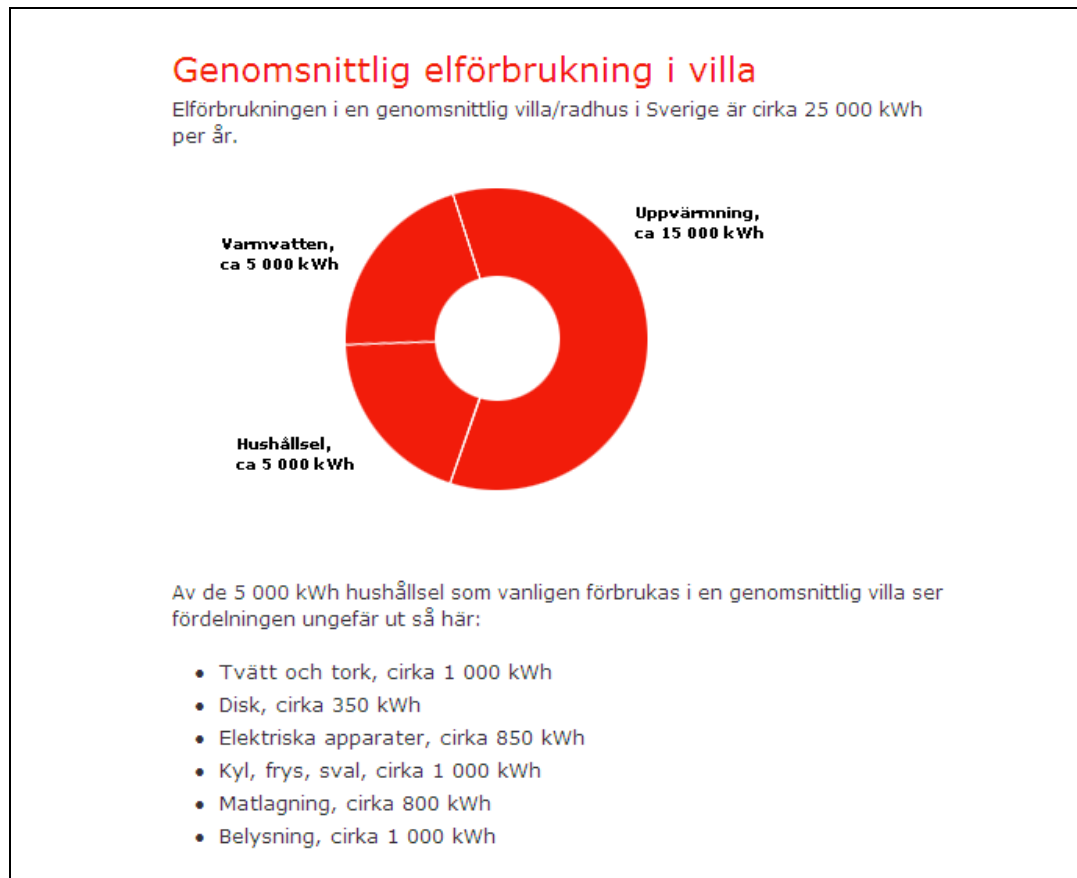
Styrsystem hos tjänsteleverantör

Skickar styrsignaler för laststyrning till kommunikationsenheten hos kunden. Optimerar styrningen utifrån den typ av tjänst det gäller, exempelvis elpris, effektbehov i nätet, etc. Styrsystemet hos tjänsteleverantören har också gränssnitt för att hämta nödvändig information som elpriser från Nord Pool, väderdata etc.

3.4 Laster hos privatpersoner med eluppvärmning

Det är främst laster från eluppvärmning av villor och uppvärmning av varmvatten som studeras eftersom dessa laster både har högst effektuttag och elförbrukning. Men även andra laster i hemmet, som tvättmaskin, torktumlare, diskmaskin, belysning och andra elapparater tas med. Framtida laster som laddning av elbilar tas inte med, eftersom det inte finns tillräckligt väl utvecklade kommersiella produkter eller marknad för dessa under 2011 och 2012. Lagring av energi med hjälp av batterier tas inte heller med av samma skäl.

För att utvärdera och beräkna möjligheter till laststyrning behöver olika lasters förbrukning definieras. Lasterna kan variera mycket mellan olika typer av hus och hushåll. I denna rapport är data för laster baserade på den genomsnittliga elförbrukning för en villa som E.ON har på sin webbplats [2].



Figur 5 Genomsnittlig elförbrukning i en villa

Elapparater och belysning (1 850 kWh per år)

Elapparater som skrivare, datorer, TV, stereo, m.m. liksom lampor har normalt inte någon central styrning eller fjärrstyrning. Vissa av dessa har också en icke försumbar förbrukning i standby-läge. Om man kunde styra dessa på ett bättre sätt finns det alltså möjlighet att spara pengar.

Kyl, frys och matlagning (1 800 kWh per år)

Kyl och frys är svåra att styra. De behöver vara påslagna kontinuerligt och styrs av sin interna termostat, vilket gör dem svåra att styra externt. Matlagning och användning av spis, ugn och mikro är svårt att styra utan att det inverkar på kundens bekvämlighet.

Tvättmaskin, torktumlare och diskmaskin (1 350 kWh per år)

Tvättmaskiner, torktumlare och diskmaskiner behöver användas dagligdags, så det är svårt att minska den totala förbrukningen. Men tillfället då man kör maskinerna kan flyttas till en annan tidpunkt utan särskilt stor inverkan på bekvämlighet.

Uppvärmning och varmvatten (20 000 kWh per år)

Vattenburen elvärme förekommer mest i form av elpanna och värmepumpar (berg- och jordvärme samt luft-vatten), där andelen värmepumpar har ökat mycket de senaste åren. Vattenburen elvärme har fördelar. Den är enklare att styra centralt. Den har också en viss ackumulatorkapacitet, så den kan avge en del värme under bortkopplingen.

Direktverkande eluppvärmning brukar styras av termostater som sitter i varje element vilket gör att central laststyrning svårare att realisera. Det finns heller inte någon lagringskapacitet i elementen. Samma sak gäller för luft-luft-värmepumpar även om det är lättare att styra dessa centralt.

Varmvattenberedare har oftast en egen elpatron eller är ihopkopplade med en värmepump eller elpanna. I båda fallen går det att styra dessa centralt.

Idag saknas dock i stor utsträckning tekniska standarder, speciellt av typen IT-gränssnitt, för att styra elpannor och varmvattenberedare, vilken gör installation och integration mot styrutrustning svårare och dyrare. Exempel på detta är att gränssnitten för styrning av elpannor kan skilja mellan olika produkter från samma tillverkare.

3.5 Potential hos privatkunder med eluppvärmning i Sverige

I Sverige finns drygt 1 800 000 småhus [3]. El är det vanligaste energislaget för uppvärmning och varmvatten i småhus. Totalt användes under år 2009 14,4 TWh el (inklusive den el som användes i kombination med andra energislag men exklusive hushållsel). Av de använda uppvärmningssätten under år 2009 så var elvärme, direktverkande eller vattenburen, det vanligaste. Cirka 499 000 småhus, eller 27 procent av det totala antalet, värmdes med el.

Det näst vanligaste uppvärmningssättet var en kombination av biobränsle och elvärme. Andelen småhus som under år 2009 värmdes med denna kombination var 22 procent, vilket motsvarar 395 000 småhus.

Så totalt använder c:a 900 000 småhus el för uppvärmning och varmvatten på något sätt.

Antalet värmepumpar fortsätter att öka. År 2009 användes någon form av värmepump i 754 000 småhus, motsvarande 40 procent av det totala antalet.

Sveriges totala elförbrukning, utan förluster, var 2009 124 TWh [4] och andelen av el från uppvärmning och varmvatten blir ungefär 12%. Så laststyrning av privatkunder med småhus har en klar potential att påverka elförbrukningen.

Om varje kund i snitt kan bidra med drygt en kW i effektreducering blir det 500-900 MW totalt beroende på om kunder med kombinationsuppvärmning använder el eller inte. I praktiken är det svårt att få med alla kunder samtidigt, men bör kunna bli några procent av den totala maximala effekten på 22 000 MW (2009). Denna mycket grova beräkning visar att privatkunder med eluppvärmning har potential att ge ett viktigt bidrag till effektreducering i Sverige.

4 Beskrivning av typfall – nuvarande förutsättningar

För att utvärdera möjligheter till laststyrning för privatkunder har ett antal typfall/exempel på lösningar tagits fram baserat på kommersiellt tillgängliga produkter och nuvarande förutsättningar på marknaden.

I detta kapitel beskrivs den tekniska lösningen och funktionaliteten översiktligt för typfallen. De kommersiella produkter som beskrivs nedan är exempel på produkter, men det finns många fler leverantörer av liknande produkter på marknaden. Samtliga produkter i detta kapitel baseras på indirekt laststyrning.

Den ekonomiska utvärderingen av typfallen och produkterna kommer i nästa kapitel.

4.1 Automatisk bortkoppling - effektvakt

Effektvakten slår av bestämd utrustning, exempelvis värmesystem eller varmvattenberedare, när den sammanlagda elförbrukningen i villan når en viss nivå. När man samtidigt använder effektkrävande laster t.ex. bastu, tvättmaskin, torktumlare, spis, diskmaskin, så kan alltså effektvakten gå in och slå ifrån elpatron, varmvattenberedare eller värmepump.

Det innebär att man kan byta till en lägre huvudsäkring och därmed få en lägre nätavgift. Eftersom det finns en viss tröghet i ett vattenburet värmesystem och lagringskapacitet i varmvattenberedaren kan effektvakten begränsa effektuttaget utan att det märks så mycket för kunden. Effektvakten ger alltså kunden möjlighet att reducera effektuttaget.

Effektvakten ger viss påverkan på komforten för kunden eftersom all utrustning inte kan användas samtidigt.

Exempel på kommersiella produkter



Figur 6 Effektvakt från Eltex

4.2 Visualisering och manuella kundåtgärder

Denna lösning göra att kunden kan mäta sin elförbrukning i hemmet och också se förbrukningen på dator eller annan display. Ofta ingår mätning av hela hemmets förbrukning via den normala elmätaren genom att sätta ett "läsöga" (pulsmätare) framför fönstret med ljus- eller IR-dioder på elmätaren. Också undermätning kan ingå genom att använda speciella elkontakter som mäter förbrukningen på de elapparater som är inkopplade. Dessa speciella elkontakter kan också ofta slås av eller på via fjärrstyrning. Även styrning av belysning kan ingå i dessa lösningar. Kommunikation mellan komponenterna sker ofta trådlöst.

I medföljande programvara kan man ofta styra olika elapparater. Exempelvis att man stänger av elapparater automatiskt när man är borta. Men detta kräver alltså manuell hantering av användaren och att användaren tar sig tid att programmera smart styrning.

Huvudkomponenter i denna lösning:

- Elkontakter 1-fas eller 3-fas för undermätning av elförbrukning och i vissa fall också fjärrstyrning. Det kan också finnas lampor som kan styras direkt.
- "Läsöga" som läser av pulser från elmätaren så att den totala elförbrukningen kan mätas via bostadens elmätare.
- Program för visualisering. Körs antingen lokalt på PC i hemmet eller via webbsida hos tjänsteleverantören.
- Datalagring av insamlade mätvärden sker antingen lokalt på PC i hemmet eller hos tjänsteleverantören.

Exempel på kommersiella produkter

Plugwise

I Plugwise Home Start paket [5] ingår följande komponenter:

- Circle och Circle+: En kontakt som mäter elförbrukningen och skickar data trådlöst. Det går även att slå på och av dessa kontakter via fjärrstyrning. Circle+ är, förutom att mäta elförbrukningen, även navet i den trådlösa kommunikationen (ZigBee).
- Stick: USB-sticka som tar emot data från kontakterna och för lagring på PC i hemmet.
- Source: Programvara för visualisering av elförbrukning och fjärrstyrning av elkontakterna. Programmet körs lokalt på datorn i hemmet.



Figur 7 Plugwise

Plugwise skriver:

Olika elapparater i hemmet, som tvättmaskiner, kaffebryggare, datorer och TV/stereo förbrukar mycket el även när de står i standby-läge. Plugwise skriver också att upp till 30% av elförbrukningen kan vara helt i onödan och man alltså kan spara mycket genom att styra hemmet smartare utan att få lägre komfort.

EnergyWatch från Vattenfall

I EnergyWatch [6] ingår:

- Ett "läsöga" som man fäster på elmätaren
- En informationsbox som samlar in data om elförbrukningen
- En så kallad dongel, som kommunicerar med informationsboxen och datorn
- Ett program som visualiserar och analyserar energiförbrukningen
- Möjlighet till energirådgivning



Figur 8 EnergyWatch

Vattenfall skriver om EnergyWatch:

"EnergyWatch är ett analysverktyg som visar din elförbrukning i realtid och vad som drar mycket el i ditt hus. Med bättre förståelse för hur din elförbrukning ser ut så kan du ta reda på vilka de verkliga elförbrukarna i ditt

hem är. Och genom att förändra din elanvändning kan du spara upp till 20 procent. Bra för både plånboken och miljön!

Det här gör EnergyWatch:

- visar din elförbrukning – i realtid
- hjälper dig att identifiera olika elförbrukare/apparater i ditt hem
- sparar den uppmätta elförbrukningen och sammanställer den i diagram och tabeller där du kan göra jämförelser

minSolo från Fortum

I minSolo [7] ingår:

- Ett "läsöga" som man fäster på elmätaren
- En sändare som skickar information från elmätaren till minSolo Display
- minSolo display som visar insamlade mätvärden



Figur 9 minSolo

Fortum skriver om minSolo:

"Hur mycket kan minSolo sänka min förbrukning?"

Energidisplayen minSolo är ett verktyg som hjälper dig att identifiera el slukarna, men den sänker inte din förbrukning per automatik. Det måste du göra själv. Du får insikt om vad som drar el och hur dina handlingar och vanor minskar eller ökar förbrukningen. Genom att du sätter dina egna mål ger minSolo en enkel och snabb återkoppling på din förbrukning. Olika undersökningar visar att med hjälp av en energidisplay kan kunden spara upp till 10 % och ibland mer, men varje kund och varje hus är givetvis unikt."

4.3 Manuell fjärrstyrning av eluppvärmning

Genom att fjärrstyra eluppvärmningen i ett hus kan man sänka uppvärmningskostnaden. Det gäller både permanentbostad och fritidshus. Man kan sänka temperaturen i huset när man är bortrest och med hjälp av fjärrstyrning kan man sedan höja temperaturen i förväg innan man ska vistas i huset igen. Man kan styra uppvärmningssystem som elpannor, luft- och bergvärmepumpar men även direktverkande el som dock kräver extra installationsarbete.

Exempel på kommersiella produkter

Nibe – fjärrstyrning av värmepump

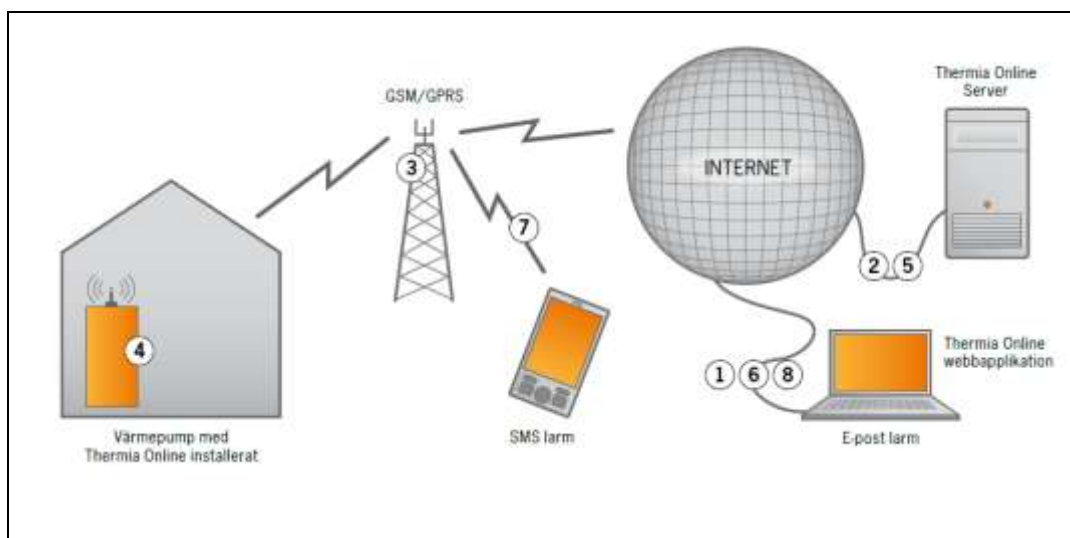
SMS 40 från Nibe [8] är en kommunikationsenhet som möjliggör extern styrning och övervakning av vissa värmepumpar. SMS 40 gör att styrning och övervakning kan göras med en mobiltelefon via SMS-meddelanden. Detta kan också göras via en Android "app". Vid larm kan SMS 40 skicka SMS till inprogrammerade mottagare.



Figur 10 Fjärrstyrning från Nibe

Thermia – fjärrstyrning av värmepump

Thermia Online [9] kan styra och övervaka en värmepump via dator som har internetuppkoppling. Exempel på värden som kan övervakas är rumstemperatur, varmvattentemperatur, driftstatus och drifttider. Programmet kan också skicka larm via textmeddelande (SMS) eller e-post om ett fel i värmepumpen skulle uppstå.



Figur 11 Fjärrstyrning från Thermia

There Corporation – fjärrstyrning och övervakning av fritidshus

There Corporation har lanserat en tjänst för styrning av uppvärmningen i fritidshus [10]. Tjänsten "Tonttu", på svenska "Hustomten", har initialt lanserats i Finland under september 2011, men kommer senare också att lanseras i Sverige.

Många fritidshus har elvärme och kunden låter värmen stå på även då man inte utnyttjar fritidshuset. Fritidshus som utnyttjas mycket på vintern, t.ex. fjällstugor, har därför ofta en hög elförbrukning. Med hjälp av fjärrstyrning kan kunden sänka temperaturen när man är borta men också vara säker på att höja värmen i god tid innan man ska vistas i fritidshuset. Övervakning av fritidshuset och larmfunktion ger ett mervärde till kunden, som då får en extra trygghet.

"Tonttu" ger möjlighet till fjärrstyrning av olika typer av elvärme. Även direktverkande el kan fjärrstyras även om detta i så fall kräver extra installationsarbete. Systemet kommunicerar via 3G. Kunden kan styra och övervaka fritidshuset via en webbläsare som nås via antingen dator eller mobiltelefon. Kunden får också larm om något inte är som det ska.

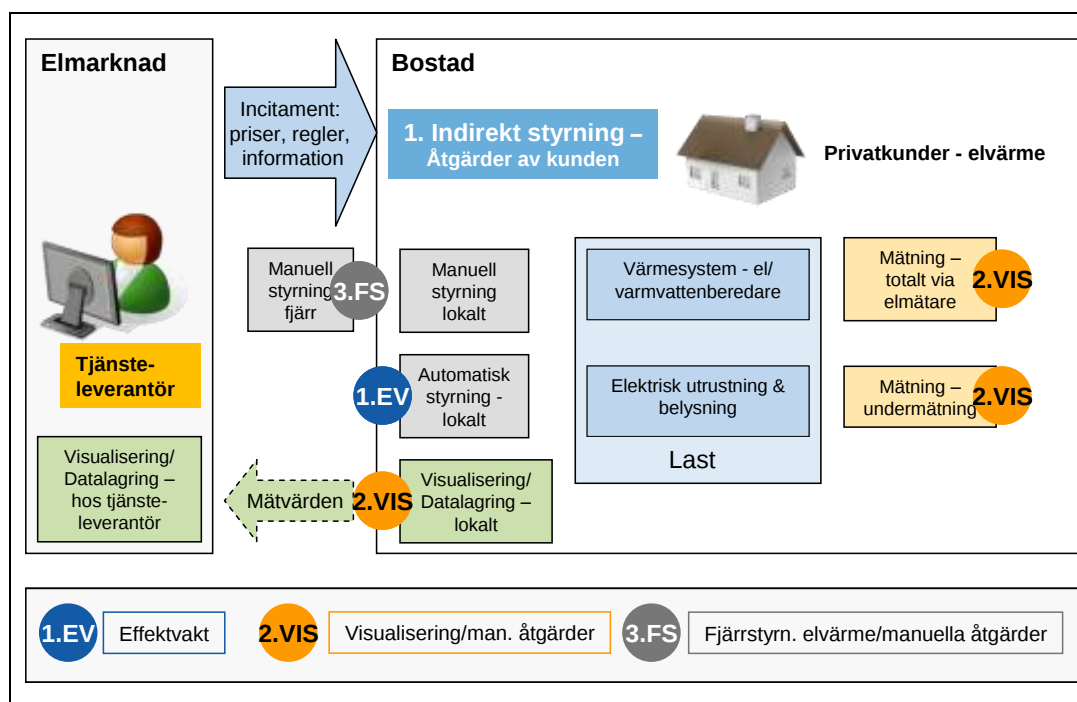


Figur 12 Illustration av tjänsten Tonttu från There Corporation. "Tonttu on langaton talonmies" betyder ungefär "Hustomten är en trådlös vaktmästare"

4.4 Sammanfattning av beskrivna typfall

I figuren nedan sammanfattas vilken **huvudsaklig funktionalitet** de tre typfallen har. Produkter på marknaden kan också kombinera olika typfall exempelvis att en produkt kan innehålla både (2) visualisering och (3) fjärrstyrning:

- 1.EV = Effektvakt
- 2.VIS = Visualisering med manuella åtgärder
- 3.FS = Fjärrstyrning eluppvärmning



Figur 13 Sammanfattning av funktionalitet för olika typfall

Ett generellt problem idag för alla dessa lösningar är att det saknas standarder för kommunikation och styrning. Det finns ingen standard för att styra värmepumpar och elpannor och ofta saknas ett gränssnitt för extern styrning. Även om det finns ett gränssnitt för styrning av en viss modell av en värmepump, kan en annan modell från samma tillverkare ha ett annat gränssnitt för styrningen.

5 Utvärdering av typfall – nuvarande förutsättningar

De olika typfallen i föregående kapitel utvärderas i detta kapitel ur ett kundperspektiv. Utvärderingen baseras på aktuell status, inte framtida möjligheter. Utvärderingen baseras på aktuella pris- och tariffmodeller, kostnader för produkter och baserat på detta beräknas återbetalningstiden för kunden.

Tidstariff

Tidstariff har funnits under en längre tid. Kunden kan då välja ett avtal som har lägre elpris och/eller nättariff vid vissa tider (låglasttid), men högre kostnader vid andra tider (höglasttid). Vid tidstariff brukar höglasttid för elpris och nättariff gälla under dagen och på kvällen, mellan c:a 06 och 22, för perioden november till mars. Låglasttid gäller under resten av dygnet samt hela dygnet under de andra sju månaderna. Under höglasttid är elpriset cirka 20 öre dyrare än vid enkeltariff, nättariffen är också cirka 20 öre dyrare. Motsvarande för låglasttid är cirka 10 öre billigare för elpris och nättariff. Jämfört med enkeltariff får kunden under höglasttid ungefär 40 öre högre kostnad per kWh för elpris och nättariff tillsammans och under låglasttid blir det totalt 20 öre lägre kostnad per kWh. Kunden ska alltså flytta sin förbrukning från höglasttid till låglasttid, dvs. använda el under sena kvällar och nätter på hösten och vintern.

Tidtariffen är populär bland en hel del kunder och det finns utrustning som styrs av tidstariffen, exempelvis kan eluppvärmning och varmvatten styras. Men de flesta kunderna använder inte tidstariffen, vilket troligen beror på att tidstariffen ger för liten ekonomisk vinst i förhållande till att kunder behöver ändra sitt beteende och/eller installera styrutrustning.

Antaganden i utvärderingen

I utvärderingen nedan så antas följande för kostnaden som beror av elförbrukningen:

- Rörligt eller fast elavtal med antaget total pris på 1,10 kr/kWh inklusive skatter och avgifter
- Tariff där kostnaden för överföring av el är 0,23 kr/kWh. Dessutom tillkommer fasta avgifter med dessa går ju inte att påverka genom laststyrning.
- Alltså totalt 1,33 kr/kWh som påverkas av elförbrukningen.

Om man sänker inomhustemperaturen med 1 grad kan man sänka uppvärmningskostnaden med cirka 5% enligt Energimyndigheten [20].

5.1 Automatisk bortkoppling – effektvakt

Förutsättningar

- Kunden har en nättariff med fast avgift kopplad till säkringsstorlek samt en rörlig del rörlig del för överförd energi.
- Exempel på enkeltariffer och årskostnad inklusive moms i Stockholm [7]: 16A kostar 1 980 kr/år, 20A kostar 2 660 kr/år, 25A kostar 3 355 kr/år
- Kunden sänka sitt maximala effektuttag genom att koppla in effektvakten och på så sätt sänka lägre säkring och få lägre kostnad

Besparing

- Enkel tariff, 16A kostar 1 980 kr (spara 680 kr), 20A kostar 2 660 kr (spara 695) 25A kostar 3 355 kr
- Per år blir detta då 700 – 1 400 kr beroende hur mycket man har sänkt säkringsstorleken ett eller två steg.
- Antag att man även kan få en viss lägre elkostnad eftersom effektvakten kapar en del av den totala förbrukningen. Detta tas dock inte med i kalkylen, det är osäkert och troligen en mindre del.

Kostnad

- Kostnad: cirka 3 000 kr inklusive installation, baserat på följande produkter:
 - Exempel 1: Effektvakt från Temaki: 1 650 kr
 - Exempel 2: Effektfaktvakt 100, från elbutik.se: 2 353 kr
 - Installation av effektvakt och sänka huvudsäkring tar 1,5 h inkl resa för en elektriker och kostar cirka 1 000 kr.

Återbetalningstid

- 2 år - sänka säkringsabonnemang från 25 till 16 A
- 4 år - sänka säkringsabonnemang från 25 eller 20 A till 20/16A

Uppskattning av marknaden – nuvarande och i framtiden

- Nuvarande marknad bedöms vara liten under nuvarande förutsättningar.. Effektvakten ger en relativt liten besparing och den kräver installation. Den ger också en viss komfortpåverkan genom att last stängs av. Sammantaget är detta troligen inte intressant för någon större kundgrupp
- Men om det kommer nya direktiv eller regleringar för att minska det maximala effektuttaget kommer detta att driva fram bättre tekniska lösningar, vilken bör ge en större marknadspotential. Detta ligger dock troligen flera framåt i tiden

5.2 Visualisering och manuella åtgärder

Förutsättningar

- I många fall räknar tillverkare av produkter för visualisering med en besparing på 10-20% enligt tidigare siffror i denna rapport. Dessa siffror antas ligga högre än vad de flesta kunder klarar av med manuella åtgärder under längre tid.
- Förbrukning enligt kapitel 3, dvs. 20 000 kWh för uppvärmning och varmvatten och 5 000 kWh för hushålls el.
- För att få ett intervall görs två konservativa antaganden som ligger lägre än 10-20% total sänkning av förbrukningen.
 - Antagande 1: 1 500 kWh sänkt förbrukning per år.
5% mindre el för uppvärmning och varmvatten (1 000 kWh) samt 4% mindre hushålls el (500 kWh)
 - Antagande 2: 600 kWh sänkt förbrukning per år.
2% mindre el för uppvärmning och varmvatten (400 kWh) samt 4% mindre hushålls el (200 kWh)

Besparing

- Antagande 1: ~2 000 kr ($1,33 \text{ kr/kWh} * 1\,500 \text{ kWh}$)
- Antagande 2: ~800 kr ($1,33 \text{ kr/kWh} * 600 \text{ kWh}$)

Kostnad

- Kostnad: cirka 1 700 kr, baserat på följande produkter:
 - Exempel 1: Plugwise: 1 400 kr inklusive transport
 - Exempel 2: Energy Watch från Vattenfall: 2 000 kr
 - Exempel 3: minSolo från Fortum ,1 500 kr
 - Installation: 0 kr, man gör den själv

Återbetalningstid:

- 1-2 år för en besparing på 800 kr per år (alternativ 1) och 2 000 kr per år (alternativ 2)

Övrigt

- Kräver manuella åtgärder med risk att alla kunder inte orkar genomföra under längre tid. Kan falla tillbaka i gamla vanor efter ett tag och inte få lika stor besparing på längre sikt.

Uppskattning av marknaden – nuvarande och i framtiden

- Nuvarande marknad är liten, men bedöms att öka i framtiden. Hittills har det funnits få produkter på marknaden och dessa har också haft begränsad funktionalitet. Framöver ser man en utveckling av produkter med bättre funktionalitet och till ett lägre pris. Dessutom kommer energieffektivisering troligen att få större fokus bland kunderna.

5.3 Manuell fjärrstyrning av eluppvärmning och varmvatten

Förutsättningar

- Värmepump eller elpanna kan fjärrstyras via dator eller mobiltelefon. Även direktverkande el kan styras men det kräver mer avancerad installation och högre kostnad.

Besparing

- Sänka temperaturen när man är bortrest, framför allt under den kalla delen av året.
- Permanentbostad och följande antaganden:
 - Kunden är bortrest under två vinterveckor per år och sänker då inomhustemperaturen med 8 grader ned till 12 grader. Man kan spara 40% (5% per grad) av uppvärmningen.
 - Vid kallt väder antas en förbrukning på 60 kWh per dygn.
 - Förbrukning: 14 dagar * 60 kWh/dag * 40% = 336 kWh
 - Kostnad: 336 kWh * 1,33 kr/kWh = **446 kr.**
- Fritidshus med direktverkande el och följande antaganden:
 - En fjällstuga kan ha en årsförbrukning på 15 000 kWh med största förbrukningen under vintern.
 - Antag att förbrukningen kopplad till uppvärmning under vintern är 10 000 kWh. Stugan utnyttjas 1,5 månad av totalt 4 vintermånader. En sänkning av inomhustemperaturen med 8 grader ger 40% besparing under 2,5 vintermånader.
 - Förbrukning: 10 000 kWh * (2,5/4 månader) * 40% = 2 500 kWh
 - Kostnad: 2 500 kWh * 1,33 kr/kWh = **3 325 kr**

Kostnad

- Permanentbostad: cirka 4 500 kr.
 - Exempel 1: NIBE SMS 40 kostar 4 375 kr
 - Exempel 2: Thermia Online kostar 5 100 kr under första året, med en produktkostnad på 4 500 kr plus ett GSM abonnemang för 50 kr/månad.
 - Installation kan man göra själv.
- Fritidshus med elvärme: cirka 9 000 kr.
 - Exempel: Tonttu service från There Corporation.
 - Installation ingår i totalkostnaden.

Återbetalningstid

- Permanentbostad: ~10 år (kostnad 4 500 kr, besparing 446 kr/år)
- Fritidshus med elvärme: ~3 år (kostnad 9 000, besparing 3 325 kr/år)

Övrigt

- Kräver bara enkla manuella åtgärder när man ska slå av och på värmepumpen eller el-pannan.

Uppskattning av marknaden – nuvarande och i framtiden

- Nuvarande marknad är liten, men kommer att öka i framtiden i kombination med lösningar för visualisering. Det har hittills inte funnits så många produkter på marknaden. Det finns nu bättre tekniska lösningar för trådlöskommunikation och produkterna sjunker också i pris vilket gör det troligt att marknaden kommer att öka.

5.4 Sammanfattning av utvärderade typfall

I tabellen nedan sammanfattas utvärderingen av de olika typfallen. Trots att återbetalningstid i de flesta fall är 1 – 3 år relativt kort har produkterna ännu inte sålts särskilt mycket. Men detta bör ge en potential för ökad försäljning i framtiden.

	Effektvakt	Visualisering	Fjärrstyrning av uppvärmning
Besparing per år	700–1 400 kr	800 - 2 000 kr	500–drygt 3 000 kr
Kostnad	3000 kr	1700 kr	4 500-10 000 kr
Återbetalnings-tid	2 - 4 år	1 - 2 år	3 – 10 år (fritidshus resp permanent-bostad)
Påverkan på komfort	Ja, liten - kan inte köra all utrustning samtidigt	Nej - men kan förekomma. Beror på vilka åtgärder som vidtas.	Nej - normal värme i huset när man vistas i bostaden
Behov av kundåtgärder	Inga - när installationen är klar	Medium till Stora - kan kräva en del engagemang av kunden, förstå förbrukningsmönster och vidta manuella åtgärder	Litet - sätta på och stänga av värmepump/ eluppvärmning via fjärrstyrning vid ett fåtal tillfällen
Marknad - utrullning fram till idag	Liten - men har funnits under många år	Liten - lösningar på marknaden har kommit först de senaste åren	Liten - trådlösa produkter har kommit de senaste åren
Marknad - potential i framtiden	Liten/ökar - nuvarande lösning liten, nya bättre tekniska lösningar ökar besparing	Ökar - marknad och teknik utvecklas under kommande år	Ökar - kan kombineras med lösningar för visualisering

Tabell 1 Sammanfattning av utvärderade typfall

6 Framtida möjligheter för laststyrning

Hittills har förutsättningarna för att införa laststyrning varit begränsade. Föregående kapitel utvärderade några typfall baserade på kommersiellt tillgängliga produkter. Ett flertal "pilotprojekt" har genomförts och dessa visar på en potential för laststyrning om man inför andra förutsättningar i framtiden, bl.a. timmätning och prissättning baserad på timvärden eller andra tariffer.

I detta kapitel sammanfattas ett antal exempel på olika "pilotprojekt" kopplade till laststyrning hos privatkunder, både med indirekt och direkt laststyrning. Bland exemplen på pilotprojekt finns både de som genomfördes för nästan 10 år sedan och nu pågående pilotprojekt. Äldre tester och studier har tagits med för att visa att man har testat olika möjligheter för laststyrning hos privatkunder under många år.

6.1 Pilotprojekt - indirekt och direkt laststyrning

1. Bortkoppling av effekt - Södra Sandby (2004)

Typ av styrning

Direkt styrning med bortkoppling av effekt.

Beskrivning av testerna

Under vintern (februari-mars) 2004 genomfördes laststyrningsförsök i 10 småhus [12]. Studiens syfte var att analysera variationer i effektuttag samt testa och utreda möjligheter att styra lasten i bostäder ur kundens och företagets synvinkel. Tio småhus utrustades med extra elmätare för att kunna avläsa energi- och effektbehov (ner till 5 minuters intervall) för värme, varmvatten och hushållsel. Värmen och varmvattenberedarna styrdes bort under 1 till 4 timmar i blinda tester (dvs. utan att de boende informerades).

Resultat

- Effektbesparing från avstängning av värme varierade mellan 1,1 och 3,8 kW per hushåll. Under rådande väderförhållanden (utetemperatur ca +2°C) sjönk innetemperaturen endast lite och som högst 1,7°C, vilket i praktiken inte påverkande komforten negativt för de boende.
- Ingen försämring av varmvattenkomforten (under perioder upp till 16 timmar) noterades.

2. Effekttariffer och timmätning - Sollentuna (2001-2004)

Typ av styrning

Indirekt laststyrning baserat på effekttariff och uppföljning med timmätning.

Beskrivning av testerna

Den 1 januari 2001 fick nätkunder till energiföretaget Sollentuna Energi AB en ny eltariff som i nätavgiftsdelen innehöll en effektagift [1]. Sollentuna Energis nätbolag var först i Sverige med att införa denna typ av prissättning. De tekniska förutsättningarna för att kunna införa det nya systemet för effektbaserad prissättning utgjordes av ett tidigare installerat fjärravläsningssystem som kontinuerligt samlar 1-timmes data hos elföretagets samtliga 24 000 nätkunder – 12 000 i lägenheter, 8 000 i villor och 4 000 i radhus.

Genom effekttariffen, som i Sollentuna Energis fall endast ingår i nätavgiftsdelen, ska kunden betala för sitt effektbehov (i kr per kW). Dessutom betalar kunden elavgiften till sitt elhandelsbolag för den el som använts.

Tanken med en effekttariff är att kostnaderna för nätet fördelas på ett mer rättvist sätt om kunden betalar för sin effektanvändning. Den som belastar nätet jämnare bör få lägre nätavgift än tidigare. För nätföretagets del skulle en fungerande effekttariff kunna leda till en sänkning av den abonnerade effekten vilket är en billigare lösning på effektproblemet än att investera i reservkraft eller i direkt laststyrning.

Resultat

Ett antal mindre utvärderingar av effekttariffen har genomförts baserat på fyra och ett halvt års insamling. Analysen av erfarenheter av denna typ av effekttariffer har visat att (2004):

- Totalt är införandet av effekttariff (tillsammans med satsningen på fjärravläsning) lönsamt för elbolag.
- Kunder kan ha svårt att förstå skillnaden mellan energi och effekt,
- Det är väldigt viktigt att kunderna förstår tariffens konstruktion varför effekttariffens införande måste stödjas av kundanpassad information,
- Tariffens struktur och prisnivå är viktiga om man ska uppnå betydande ändringar i kunders beteende,
- Enligt företagets bedömning ger effekttariffen en ungefärlig sänkning av effektbehovet på ca 5 %.

3. Att följa elpriset bättre – Göteborgs Energi (2007-2008)

Typ av styrning

Både indirekt och direkt styrning

Beskrivning testerna

Försöken genomfördes under vintrarna 2007/2008 samt 2008/2009 i Göteborg [12]. Projektet fokuserade på eluppvärmda hushåll, och både direkt

och indirekt effektstyrning testades. En så god fördelning som möjligt av konventionell elpanna, berg- och luft/vattenvärmepumpar har eftersträvat i urvalet för att få ett bra analysunderlag beträffande skiljaktigheter i dessa system.

I projektet testades en eltariff kallad "Fastpris med returrätt". Detta är en tariff där kunder exponeras för ett rörligt elpris samtidigt som en del av volymen är prissäkrad. På så sätt uppnås fördelen att kunden får incitament att reagera på prissignaler samtidigt som större kostnadsvariationer över året kan undvikas. Nättariffen som testades var vanlig säkringstariff. De direkt styrda kunderna fick även en fix rabatt för att man tillåtit att uppvärmningssystemet fjärrstyrdes.

Både direkt och indirekt styrda kunder fick tillgång till en webbportal med information om aktuella priser samt historisk information om förbrukning och kostnader. De indirekt styrda kunderna förväntades använda information om aktuella priser för att manuellt anpassa sin förbrukning.

Direkt laststyrning

Inför försökets första period vintern 2007/2008 kontrakterades 10 kunder och dessa försågs med styrutrustning. Ytterligare 12 nya kunder var med under vinterperioden 2008/2009.

Hos de direkt styrda kunderna fjärrkontrollerades husets vattenburna uppvärmningssystem vars effektuttag drogs ner av nätbolaget under perioder med höga priser.

De direkt styrda kunderna fick en radiostyrd dosa ihopkopplad med den utomhusbaserade temperaturgivare som styr uppvärmningssystemet. Under försöket användes dosan för att fjärrmanipulera givaren. Genom att simulera temperaturhöjningar kunde man minska uppvärmningssystemets effektuttag. Genom att simulera temperatursänkningar kunde man öka effektuttaget. Under försöken minskades effektuttaget under perioder med högt elpris.

Indirekt laststyrning

15 kunder deltog i försöken varav 11 deltog under två år.

De indirekt styrda kunderna fick information om spotpriset via en webbtjänst och förväntades anpassa sin förbrukning m.h.a. manuella åtgärder.

Resultat

Resultatet av försöken får anses vara goda. De direkt styrda kunderna märkte knappt av att temperaturen gick ner när effekten styrdes ner under perioder med högt pris. Efter det att styrningen upphört försökte systemet inte kompensera för temperaturfallet. Även försöket att lagra värme alstrad under perioder med lågt pris föll väl ut. Indirekt styrda kunder var mycket aktiva. De tog reda på när priserna var höga respektive låga och anpassade sin förbrukning därefter. Vanligaste åtgärden var att skjuta på användning av disk och tvättmaskiner. Kunderna var dock inte beredda att gå hur långt som helst för att sänka förbrukningen under perioder med högt pris. Man duschade som vanligt även om priset råkade vara högt.

Föga förvånande var de direkt styrda kunderna inte lika aktiva. De indirekt styrda kunderna hade en god bild av hur elpriset varierade medan de direkt

styrda kunderna inte brydde sig om att ta reda på hur priset varierade. De var inte heller lika intresserade av manuella åtgärder som att undvika att köra disk eller tvättmaskiner under perioder med högt pris. De var inte heller speciellt intresserade av att använda webbportalen.

För kunderna med direkt styrning blev det en förlust på några hundralappar upp till 1000 kr (förlusten efterskänktes). Orsaken till detta var lågt pris och liten prisvariation under försöksperioden vilket gav litet incitament till ändrad förbrukning.

4. Test av affärskoncept för direktstyrning - Översundskraft (2011)

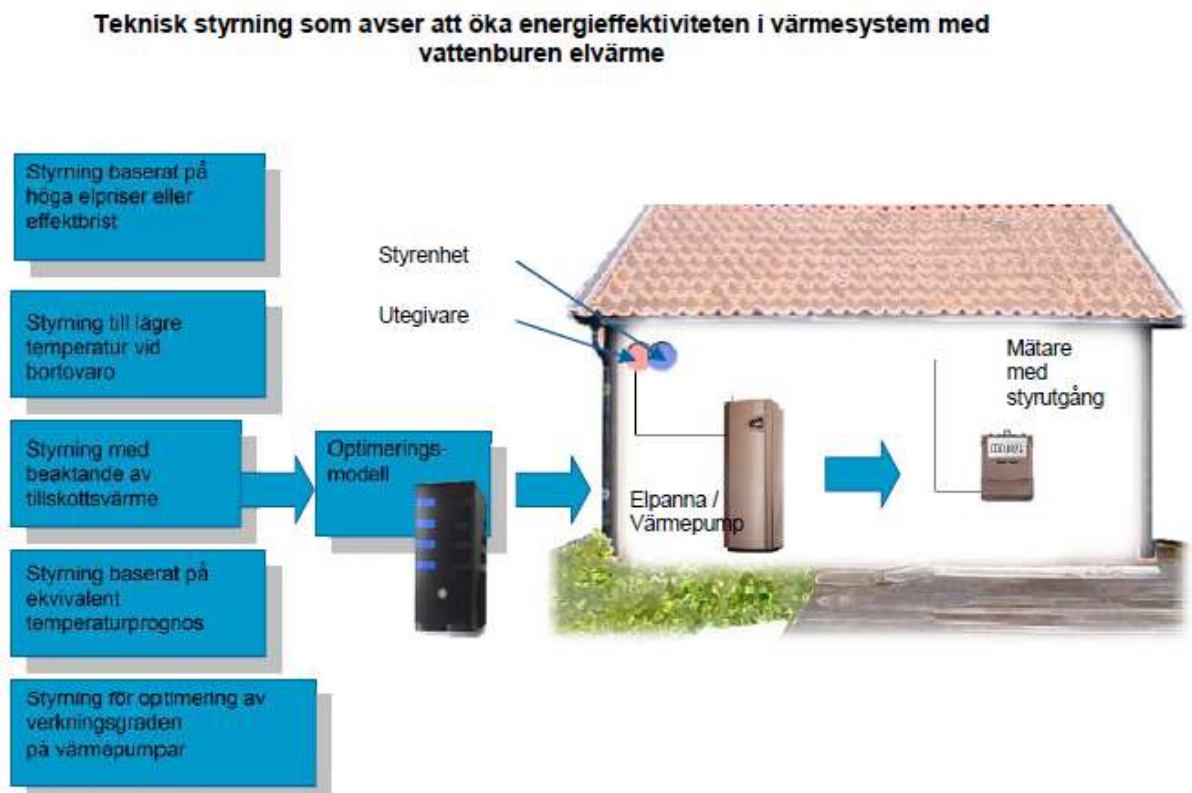
Typ av styrning

Direkt laststyrning

Beskrivning

Den tekniska lösningen för direkt laststyrning inom projektet ovan har även genomgått en kommersiell verifiering av själva affärskonceptet under våren 2011 [13].

I figuren nedan visas den tekniska lösningen.



Figur 14 Teknisk lösning för optimerad styrning av värmepump

Att effektstyra vattenburen elvärme genom fjärrstyrning kan ske med en enkel teknik och till en låg kostnad genom att koppla in sig på kundens utegivare och påverka termistorns resistans. Något ytterligare ingrepp i kundens värmeanläggning behövs inte. Projektet har dessutom visat att en betydande effektreduktion kan utföras under flera timmar utan att värmekomforten påverkas på ett märkbart sätt för de boende. Om effektstyrningen sker på kvällen samtidigt som tillskottsvärmen från aktiviteter i bostaden är betydande, kan värmekomforten öka samtidigt som elförbrukningen under timmar med ett högre elpris, reduceras.

Funktionaliteten i styrsystemet ger en reducerad elkostnad och optimering av värmekomforten genom att:

- Flytta eleffekt från dyra timmar till billigare timmar
- Reducera effekten under timmar då det föreligger betydande tillskottsvärme
- Använda ekvivalent temperaturprognos för orten
- Optimera verkningsgraden på värmepumpar genom temperaturprognosen
- Fjärrstyra inomhustemperaturen när kunden är borta

Styrsystemet testades på 10 kunder under perioden januari till mars 2011 tillsammans med Öresundskraft och Lunds Energi. I testet har kunder fått timmätning med timspotpriser. Totalt har kunderna kunnat spara ungefär 2500 kr per år, både genom lägre förbrukning och genom att flytta lasten till timmar med lägre spotpris. Om kunden låter nätägaren effektstyra lasten kan kunden reducera sina kostnader med uppemot 1 000 kr ytterligare.

Utvärderingen visar också att kraftbolagets investering i detta affärskoncept har en återbetalningstid på mindre än två år redan vid mindre volymer.

5. Tävling - årets energifamilj – Vattenfall Finland (2010-11)

Typ av styrning

Indirekt styrning

Beskrivning av testerna

Vattenfall startade tillsammans med sin partner BaseN en tävling i januari 2010 för att utse årets energifamilj [14]. Målet var att se om man kunde få 5% lägre elförbrukning bland de deltagande familjerna. En motsvarande tävling startade också i februari 2011.

I varje familjs hus eller lägenhet installerades ett antal mätare för undermätning. Exempelvis mätning av förbrukningen från bastu, tvättmaskin, diskmaskin eller värmepump beroende på typ av hushåll. Insamlingen av mätvärden sker i realtid.

Tävlingen består i att visa varje familjs elförbrukning i realtid på en allmän webbplats. Denna tävling följdes med stort intresse av allmänheten i Finland.

Genom att mäta och presentera förbrukning kunde man sedan vidta olika åtgärder för att sänka förbrukningen.

Resultat

Genom att se elförbrukningen i realtid kunde de tre familjerna sänka sin förbrukning med 20% i genomsnitt under tävlingen 2010. Bästa resultatet var en sänkning på 30%. Detta var alltså betydligt mer än det initiala målet på 5% sänkning. 20% sänkning av elförbrukning kan ge 2 000 till 4 000 kr lägre kostnad beroende på typ av hushåll.

6. Eflex – DONG Energy Danmark (2011-12)**Typ av styrning**

Direkt styrning.

Beskrivning av testerna

DONG Energy i Danmark har startat tester i ett projekt som heter eFlex tillsammans med Greenwave Reality som partner. Syftet är att testa hur mycket kunderna kan styra sin förbrukning.

I testet ingår 75 kunder med värmepump, 30 kunder utan eluppvärmning och 8 kunder med el-bilar. Alla kunderna har en smart elmätare som mäter totalförbrukning per timme. Dessa mätvärden samlas in av nätbolaget och blir sedan underlag för debitering per timme.

Kunderna får ett elpris baserat på Nord Pools timspot pris med ett visst påslag. Nättariffen är en statisk tidstariff som varierar under dygnet i tre steg. Billigast på natten, 10 öre, och dyrast vid vissa tillfällen under dagen, 50 öre. Under resten av dygnet ligger priset på 30 öre.

I hemmet får kunderna också utrustning som mäter förbrukningen i realtid och kan presentera förbrukningen på PC eller Android- och iPhone-telefoner.

Kunderna med värmepump får också en teknisk lösning som automatisk kan optimera och styra värmepumpen baserat på elpriset. I projektet har man tagit fram gränssnitt för styrning av cirka 8 olika värmepumpar. Styrningen består i att slå av och på värmepumpen beroende på vad som är mest optimalt. Körningen av värmepumpen kan optimeras utifrån lägsta kostnad, dvs. flytta körning från perioder med högt pris till perioder med lägre pris. Värmepumpen kan också optimeras efter en "grön profil" för att köras när elproduktionen kommer från förnybar produktion, främst vindkraft. Kunden har också möjlighet att koppla bort styrningen vid behov.

Projektet startades i mars 2011. För kunder med värmepumpar började testerna i september. Avslut av projektet beräknas till december 2012.

Resultat

Inga resultat finns ännu, mer preliminärt räknar man att kunderna ska kunna spara 5-10% av sin totala elförbrukning.

6.2 Sammanfattning av pilotprojekt

Alla testerna har visat att det går att få bra resultat med laststyrning på olika sätt. Men alla testerna använder sig till stor del av förutsättningar som ännu inte finns på marknaden. Exempel på detta är: elpris baserad på timspot, effekttariff, tekniska lösningar till rimligt pris, styrutrustning och tjänsteerbjudande för direktstyrning, timmätning eller ännu tätare insamling av mätvärden. Så under nuvarande förutsättningar hade dessa tester inte gått att erbjuda till kunder under kommersiella villkor.

I testerna, förutom i Sollentuna, är det också bara ett begränsat antal kunder som deltagit, från några få till drygt 100 kunder. De kunder som deltagit har också fått riktad information och fått välja om de vill anmäla sig. Därför är det troligt att dessa kunder har ett större intresse av att prova laststyrning än vad befolkningen skulle ha generellt. Detta ger en osäkerhet kring resultaten, dvs. om resultaten även skulle gälla för en större grupp kunder på marknaden.

I tabellen nedan sammanfattas resultaten från de olika testerna. Resultaten från testerna är som sagt goda, vilket visar på bra möjligheter för laststyrning under framtida förutsättningar. Hinder och framtida möjligheter beskrivs senare i kapitel 9.

	1. Bortkoppling av effekt	2. Effekttariffer och timmätning	3. Att följa elpriset bättre	4. Tävling - årets energifamilj	5. Affärs-koncept för direktstyrning	6. Eflex
År	2004	2001-2004	2007-2009	2010-2011	2011	2011 - pågår
Energi-bolag	Skånsk Energi	Sollentuna Energi	Göteborgs Energi och Plus Energi	Vattenfall	Öresundskraft och Lunds Energi	Dong Energy
Plats	Skåne	Sollentuna	Göteborg	Finland	Skåne	Danmark
Typ av styrning	Direkt	Indirekt	Direkt och indirekt	Indirekt	Direkt	Direkt och indirekt
Antal och typ av kunder	10 småhus	12 000 lägenheter, 8 000 villor, 4 000 radhus	Direkt: 22 kunder Indirekt: 15 kunder	3 hushåll	10 småhus	75 värmepump, 30 vanliga kunder, 8 elbilar
Elpris	Ej inkluderat	Ej inkluderat	"Fastpris med returrätt" baserat på rörligt spotpris med viss volym prissäkrad	Ej inkluderat i test	Nord Pool timspot	Nord Pool timspot
Nätтарiff	Ej inkluderat	Effekttariff, avgift per kW	Vanlig säkringstariff. Direktstyrda kunder, rabatt för fjärrstyrning	Ej inkluderat i test	Vanlig säkringstariff. Direktstyrda kunder, rabatt för fjärrstyrning	Statisk tidstariff under dygnet
Styrning	Fjärrstyrning för bortkoppling av effekt	Ej inkluderat	Direkt: Radiostyrd dosa ihopkopplad med utomhusbaserad temperaturgivare som styr uppvärmnings-systemet.	Manuella åtgärder	Direkt: Radiostyrd dosa ihopkopplad med den utomhusbaserade	Styrning via dator kopplad till värmepump
Mätning	5-min. intervall	Timmätning	Timmätning	Realtid för visualisering	Timmätning	Timmätning för debitering och realtid visualisering
Resultat	Effektbesparing på 1,1-3,8 kW	Nätbolaget kan sänka effektbehovet med c:a 5%.	Försöken fungerade bra. Men lågt pris och liten prisvariation under försöksperioden gav litet incitament till ändrad förbrukning. Direkt: Förlust på några hundralappar upp till 1000 kr för kunderna.	20% sänkning av elförbrukning i snitt, motsvarar 2 000-4 000 kr/år	Per år kan kunden spara 2500 kr i elkostnad, 1 000 kr nätavgift. Elbolaget får en återbetalningstid på 2 år för sin investering.	Pågår, inga resultat ännu

Tabell 2 Sammanfattning av pilotprojekt

7 Nyttor av laststyrning för ett nätbolag

Ett nätbolag har flera nyttor av laststyrning. Vissa typer av laststyrning används redan t.ex. bortkoppling av elpannor vid hög belastning i nätet. Att styra privatkunders last används inte ännu även om det har gjorts ett antal utredningar av potentialen och även pilottester, se föregående kapitel.

Detta kapitel beskriver exempel på nyttor för ett nätbolag. Det finns andra nyttor som inte har beskrivits här, pga. av att de inte gått att kvantifiera. Det är svårt att göra en säker kvantifiering av nyttorna och därför baseras resultaten på ett resonemang och antal antaganden, där vissa antaganden kan vara ganska osäkra.

7.1 Områden med nyttor för nätbolag

Överföring till överliggande nät

Nätbolaget behöver betala en kostnad för överföring till överliggande nät, i detta fall till regionnätet. Kostnaden för överföring innehåller en del som är beroende av maximal överförd effekt. Denna kostnad kan alltså sänkas genom att begränsa den maximala effekten med hjälp av laststyrning hos kunderna.

Nätförluster

Nätbolaget har kostnader för nätförluster som beror av överförd energi i nätet. Genom att begränsa effekten med laststyrning bör man också kunna sänka totalt överförd energi och på så sätt också nätförlusterna.

Kvalitetsavdrag pga. avbrott

Nätbolaget får kostnader för kvalitetsavdrag vid avbrott. Om nätbolaget kan minska avbrottstiden genom laststyrning kan alltså kostnaderna sänkas. Vid hög belastning i nätet kan laststyrning bidra till att sänka maximala belastningen och därmed också risken för avbrott, exempelvis genom att säkringar i lågspänningsnätet går sönder. Avbrott som är längre än 6 timmar antas inte kunna påverkas med hjälp av laststyrning, utan beror på andra saker som t.ex. dåligt väder.

Samtal till kundservice

Avbrott är en orsak till att kunder ringer till kundservice. Om avbrotten kan minskas kommer även antal samtal till kundservice att bli lägre.

Reinvesteringar i nätet

Om maximala belastningen i nätet minskar, kommer också behovet av reinvesteringar att minska. Reinvesteringar i kablar och transformatorer kan då skjutas på framtiden. Nätbolaget kan därigenom få lägre kapitalkostnader.

7.2 Utvärdering av laststyrning av privatkunder

Utvärderingen av nyttorna baseras på ett fiktivt nätbolag enligt antagandena i tabellen nedan.

Område	Antaganden	Kommentar
Kunder totalt	200 000 st	Totalt antal anläggningar
Kunder med elvärme	50 000 st	Kunder med elvärme och potential för laststyrning
Kunder som deltar i laststyrning	25 000 st	Antag att hälften av kunderna med elvärme deltar i laststyrningen
Årseffektavgift till överliggande nät	200 kr per kW	Del av avgiften som beror av överförd effekt till överliggande regionnät. Varierar från knappt 100 kr/kW till nästan 350 kr/kW, med ett antaget snitt på 200 kr/kW
Kostnad för nätförluster	0,45 kr per kWh	Nuvarande kostnad
Kostnad för samtal till kundtjänst	100 kr per kund och år	Osäker kostnad, kan variera mellan olika bolag
Avbrottstid per anläggning	180 minuter	Totalt 3 timmars avbrott per år
Avbrottstid 3 minuter – 6 timmar	45 minuter	Av total avbrottstid antas 25% ligga i aktuellt intervall
Kostnad per avbrottsminut	1 kr per minut	Kvalitetsavdrag pga. av avbrott.

Tabell 3 Antagande för att utvärdera nyttor

Överföring till överliggande nät

Kunderna med laststyrning antas ha ett maximalt effektuttag på 10 – 15 kW. Detta ligger strax under maximalt uttag för den säkring de har, 16A ger max 11 kW och 25A ger max 17 kW.

Med hjälp av laststyrning antas att kunderna kan sänka effektuttaget med knappt 10% dvs. 1 kW. Men för nätbolaget blir det också sammanlagringseffekter, dvs. alla kunderna kommer inte att sänka lika mycket vid samma tillfälle. Därför antas att hälften av sänkningen kommer nätbolaget tillgodo, dvs. 0,5 kW per kund.

Årseffektavgiften till regionnätet varierar beroende på hur mycket spänningen ska transformeras och vilket tariffområde det gäller. Årsaffektavgifter för Vattenfalls regionnät under 2011 varierar mellan 82 kr/kW och 344 kr/kW

[24]. Antagandet blir 200 kr/kW i snitt. Beräkning av utnyttjad årseffekt baseras på medelvärdet av årets två högsta värden från skilda månader.

Total sänkning av kostnad till överliggande nät blir: **2,5 MSEK**

$(25\,000 \text{ kunder} * 0,5 \text{ kW} * 200 \text{ kr/kW} = 2\,500 \text{ kkr})$

Nätförluster

Kunderna antas även kunna sänka totala förbrukningen vid laststyrning och därmed ge lägre nätförluster för nätbolaget. Kunderna antas liksom tidigare ha en total årsförbrukning på 20.000 kWh. Kunderna antas i snitt kunna sänka förbrukningen kopplad till uppvärmning och varmvatten med 2%, dvs. 400 kWh. Vidare antas nätförlusterna vid höglast vara 12%.

Total sänkning av kostnad för nätförluster blir: **0,5 MSEK**

$(25\,000 \text{ kunder} * 400 \text{ kWh} * 12\% * 0,45 \text{ kr/kWh} = 540 \text{ kkr})$

Kvalitetsavdrag pga. avbrott

Laststyrning antas kunna sänka avbrottstiden i nätet. Vidare antas att denna sänkning endast påverkar den del i nätet där kunder med möjlighet till laststyrning finns. Laststyrning antas kunna sänka avbrottstiden i aktuellt intervall med 2 minuter av 45 minuter, dvs. 4,5%.

Total sänkning av kostnad för avbrott blir: **0,1 MSEK**

$(50\,000 \text{ kunder} * 2 \text{ minuter} * 1 \text{ kr/minut} = 100 \text{ kkr})$

Samtal till kundservice pga. av avbrott

Om avbrotten minskar kommer också antalet samtal till kundservice att minska. Antag att samtal till kundservice minskar i samma utsträckning som avbrotten, dvs. med 4,5%.

Total sänkning av kostnad för samtal till kundservice blir: **0,22 MSEK**

$(50\,000 \text{ kunder} * 4,5\% * 100 \text{ kr/kund} = 225 \text{ kkr})$

Reinvesteringar i nätet

Det är svårt att göra rimliga antaganden och bedöma möjligheter till minskade reinvesteringar genom att utnyttja laststyrning. Genom laststyrning och minskat effektbehov i nätet borde man, som sagt i teorin, kunna skjuta på reinvesteringar framåt i tiden. För att ett nätbolag ska våga göra det måste man vara helt säker på att laststyrningen fungerar som förväntat i alla lägen och alltid ger den reduktion av effekt i nätet som krävs. Att göra motsvarande beräkningar av minskade kostnader för reinvesteringar har inte kunnat göras i denna rapport pga. att antagandena blir alltför osäkra.

Ett exempel finns minskade investeringar genom laststyrning finns i [15] där man har utgått från finska förhållanden. Resultat visar att investeringar i nätet skulle kunna skjutas 2 till 7 år framåt i tiden i två olika scenarios för laststyrning. De två scenarierna bygger på en respektive två timmar lastförskjutning. I dessa framtida scenarier har man inte använt energilagring, vilket ytterligare skulle öka nyttan.

7.3 Sammanfattning av nyttor för nätbolag

Utvärderingen av nyttor för ett nätbolag bygger på gjorda antaganden, vilka är osäkra och i realiteten kan vara både för låga och för höga. Då sänkt kostnad per kund beräknas slås kostnaden ut på samtliga kunder, dvs. 200 000 kunder i detta exempel. Resultaten sammanfattas i tabellen nedan.

	Antal kunder som bidrar	Sänkta kostnader totalt	Sänkta kostnader per kund (samtliga kunder)
Överföring till överliggande nät	25 000 st	2,5 MSEK	12,5 kr
Nätförluster	25 000 st	0,5 MSEK	2,5 kr
Kvalitetsavdrag pga. avbrott	50 000 st	0,1 MSEK	0,5 kr
Samtal till kundservice pga. avbrott	50 000 st	0,2 MSEK	1,0 kr
Reinvesteringar i nätet	Ej uppskattat	Ej uppskattat	Ej uppskattat

Figur 15 Sammanfattning av kvantifierade nyttor för ett nätbolag

Minskade kostnader mot överliggande nät och för nätförluster har störst potential, totalt 3 MSEK, lika med 15 kr per kund. Detta ger det största bidraget till sänkta kostnader. Samhällsekonomiskt är både lägre effekt mot överliggande nät och lägre nätförluster positivt. Men det ekonomiska resultatet för ett nätbolag kommer inte att förbättras i samma utsträckning. Under nuvarande regleringar kan nätbolaget ta betalt för dessa kostnader via tarifferna, så en sänkning av kostnaderna ger också en motsvarande sänkning av intäkterna.

Minskade kostnader pga. av färre avbrott ger ett betydligt mindre bidrag i pengar på totalt 0,3 MSEK, lika med 1,50 kr per kund. Samtidigt ger ju färre avbrott ett viktigt bidrag till högre kvalitet i nätet och nöjdare kunder.

8 Exempel på laststyrning på marknader utanför Sverige

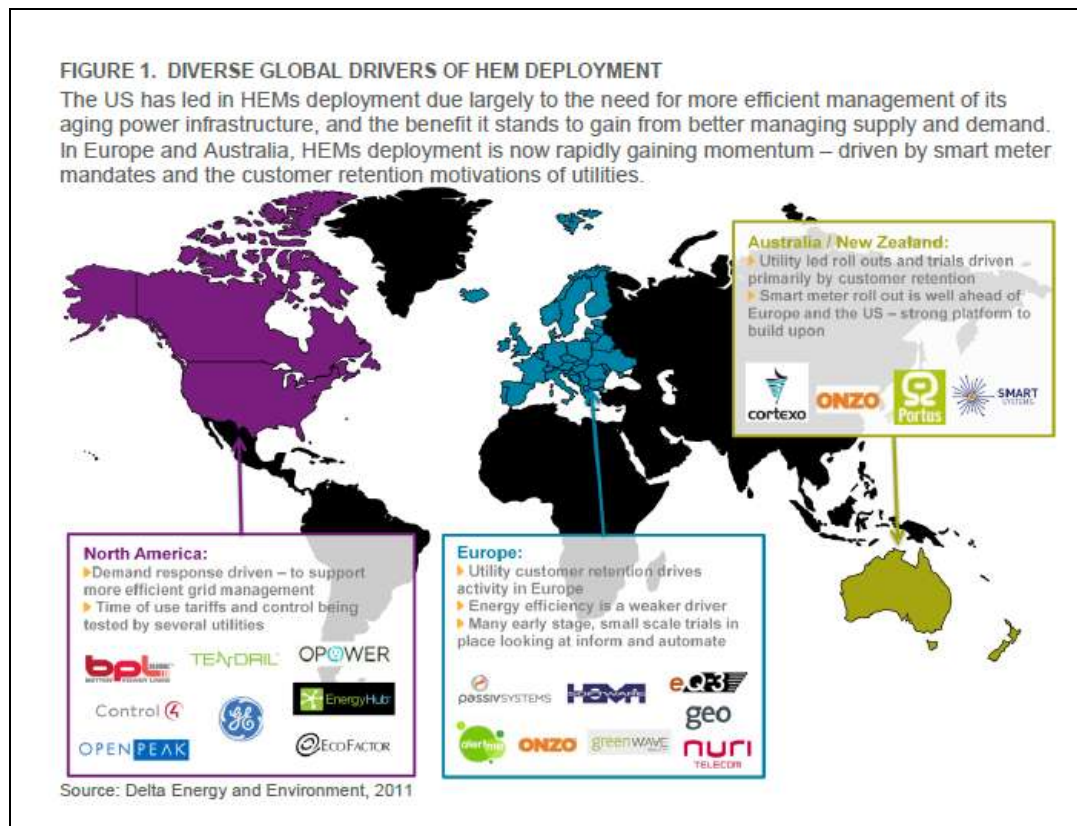
Förutsättningarna för att införa laststyrning varierar mellan olika geografiska marknader. Skillnader finns i exempelvis lagar och regleringar, marknadsmodell, priser på elektricitet, klimat, vilka laster som kan styras, produktionsslag, status och kapacitet i distributions- och transmissionsnätet.

Laststyrning kan ses som en del av "energistyrningssystem i hemmet", på engelska "home energy management systems", "HEMS". Först kommer en kort sammanfattning av HEMS och därefter två exempel på införande av laststyrning i Nordamerika och Tyskland.

Men slutsatsen från dessa exempel blir att ingen marknad har infört laststyrning av elvärme i småhus i någon större utsträckning. Man styr istället andra typer av laster som finns på respektive marknad. Det är också lättare att implementera laststyrning för dessa laster, både tekniskt och kommersiellt.

8.1 Home energy management systems (HEMS)

I figuren nedan sammanfattas drivkrafter för HEMS i olika delar av världen [16]. I Nordamerika är drivkraften att man behöver hantera gammal infrastruktur i elnätet. Elnätet har begränsningar kapacitet och då blir viktigt att optimera styrning av produktion och last. I Europa finns drivkrafter från krav på utrustning av smarta mätare. Elmarknaden är också avreglerad vilket ger elhandlarna en drivkraft för att behålla sina kunder och minska antalet kunder som byter till en annan elhandlare.



Figur 16 Drivkrafter för HEMS på olika geografiska marknader

Det finns ett väldigt stort intresse för HEMS och många företag utvecklar produkter och system. Det finns redan över 100 system inom HEMS på den Europeiska marknaden [16].

Men även om det sker en snabb utveckling av marknaden för HEMS har det inte gått så snabbt och smärtfritt som alla har hoppats. Exempel på detta är företag som lanserat produkter under de två till tre åren senaste. Google lanserade sin produkt Google PowerMeter, Microsoft lanserade sin produkt Hohm. Dessa produkter vänder sig till privatpersoner och har funktionalitet för visualisering, motsvarande typfall (2) i kapitel 4.2 "Visualisering och manuella åtgärder".

Men både Google och Microsoft nyligen beslutat att inte fortsätta med produkterna. Google drog tillbaka sin produkt den 16 september 2011 och Microsoft kommer att dra tillbaka sin produkt den 31 maj 2012.

Enligt Ralph E. Abbott [17] var företagen naiva och missbedömde tiden för att hitta lönsamma lösningar – de trodde de skulle gå mycket fortare. Abbott understryker att det är viktigt att förstå att de flesta kunder inte vill ha lösningar som är komplicerade. Kunderna vill ha lösningar som uppfyller de tre "C:na" på engelska:

- Öka bekvämligheten = Enhance CONVENIENCE
- Förbättra komforten = Improve COMFORT
- Sänk kostnaden = Reduce COST

Denna slutsats blir också viktig att ta med sig när man studerar laststyrning, dvs. att man inte underskattar svårigheten med att hitta lönsamhet för kommersiella lösningar och att man måste beakta de tre kundaspekterna ovan.

8.2 Nordamerika

I många delar av Nordamerika är, som beskrivits ovan, nätet relativt svagt och det finns risk för avbrott (black-outs) vid hög belastning. Främsta drivkraften för att införa laststyrning är att inte behöva bygga ut produktionsanläggningar.

På sommaren när det är varmt går mycket av elförbrukning åt till att driva luftkonditionering, pumpar till simbassänger, m.m. - alltså helt andra förhållanden jämfört med Sverige. Många elbolag har program för laststyrning där kunder kan avtala om att reducera lasten när elbolaget begär det. Det brukar handla om ett visst antal gånger per år. Kunderna får en viss ersättning för att delta i programmet och reducera lasten. När det finns risk att alltför stor belastning ska inträffa, skickar elbolaget i förväg ut en förfrågan till kunderna om de vill delta med lastreducering. Kunderna svarar om de vill delta och får då rätt till ersättning. I vissa fall sker heller ingen mätning av förbrukningen för att följa upp att kunderna faktiskt har reducerat lasten. Elbolaget har statistik och vet hur stor andel av kunderna som brukar delta och faktiskt reducera lasten och det räcker för planeringen. I USA är det också bara "ett elbolag" som kunden har avtal med, inte som i Sverige där kunden har avtal med både elleverantör och nätbolag. Med ett avtal och en prismodell blir det lättare för kunden att förstå konsekvenserna av laststyrning.

Ett exempel på laststyrning från USA finns i [18], där man har infört nya prismodeller för att ge kunderna incitament att styra sin last. I testet får kunderna incitament att reducera lasten 10-15 dagar per år under fyra timmar. Priset under dessa fyra timmar blir annars fem gånger högre än normalt. Resultatet blev att kunderna reducerade maxeffekten med 34% på sommaren och 13% på vintern.

8.3 Tyskland

I Tyskland har utrustning för samproduktion av el och värme börjat användas i allt större utsträckning. Detta kallas på engelska för CHP - "Combined Heat and Power". En CHP-panna är en motor som driver ett elverk och genererar således både el och värme. Värmen kan användas för uppvärmning. Elen kan antingen användas i bostaden eller säljas externt. Man kan alltså optimera körningen av en CHP-panna så att man kör den när elpriset är högt och samtidigt behöver värme. CHP-pannan kan också kombineras med en varmvattenackumulator för att öka effektiviteten.

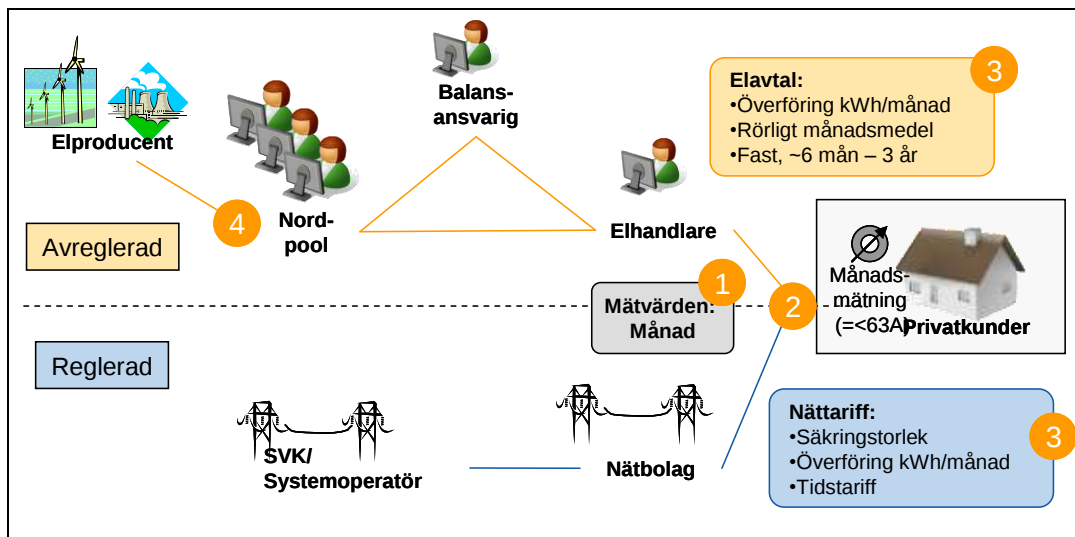
Det finns tjänsteleverantörer/aggregatorer som erbjuder en helhetsåtagande till kunder. Det sker genom att kunden skriver på ett längre avtal, kan vara 10 år. I avtalet utlovar tjänsteleverantören att underhålla och sköta CHP-pannan och att leverera el och värme under vissa villkor och priser. Tjänsteleverantören har sedan möjlighet att optimera körningen av CHP-pannan mot tider då elpriset är högt. CHP-pannor kan också kombineras med värmepumpar i ett system. Principen blir då att köra CHP-pannan som genererar både värme och el när det är ont om vindkraft och elpriset är högt. Omvänt körs värmepumpen för att generera värme när det är gott om vindkraft och elpriset är lågt. I Tyskland finns även subventioner för mikroproduktion vilka bidrar till att CHP-pannor blir lönsamma.

I Sverige har hittills inte CHP-pannor börjat användas i något större utsträckning. CHP-pannor kommer troligen heller inte att få samma genomslag i Sverige närmaste åren. Sverige har andra förutsättningar och ett skäl är också att vi i Sverige saknar tillgång till gas som ofta används som drivmedel till CHP-pannorna.

9 Nuvarande hinder och framtida möjligheter för laststyrning på den svenska marknaden

Detta kapitel sammanfattar områden som idag utgör hinder för kunder att ska införa laststyrning. Hindren beskrivs utifrån ett privatkundsperspektiv. Även möjligheter för att komma runt hindren beskrivs, framförallt framtida möjligheter.

9.1 Förutsättningar på marknaden



Figur 17 Nuvarande marknad - hinder och framtida möjligheter

Månadsmätning (1)

Hinder

- Elpriser och tariffer baseras idag på mätning av förbrukningen per månad, vilket i praktiken hindrar kunder från att agera på snabbare prisförändringar, kopplade till exempelvis timspotpriser på Nord Pool.

Möjligheter

- Energimarknadsinspektionen [19] förslår att timmätning införs för kunder med en årsförbrukning över 8 000 kWh per år.
- Vissa nätbolag har redan för flera år sedan infört timmätning, exempelvis Sollentuna och Sala Heby.
- Mätare som klarar timmätning finns redan installerade hos de flesta privatkunder i Sverige även om timvärden inte samlas in till

nätbolagets mätadatabas. Över 90% av mätarna beräknas klara timvärden [19]. Timavräkning underlättar också för de olika aktörerna.

Två avtalsparter – el och nät (2)

Hinder idag:

- Svenska elkunderna har två kostnader, dels för el som köps från en elhandlare och dels för nätanslutningen som hanteras av nätbolaget. Genom att elpris och tariffer har olika struktur blir det svårt för kunden att förstå hur han ska agera för att sänka sin totala kostnad för både elförbrukning och nättariff.

Möjligheter i framtiden

- Det finns förslag att kunden bara ska ha en huvudpart att kontakta, vilket med största sannolikhet blir elhandlaren ("supplier centric model") [21]. Det finns också utredningar som förslår att en part ska hantera fakturering för både elleverantörer och nätbolag [22]. En kontakt och faktura skulle underlätta för kunden att förstå hur priser och tariffer fungerar och hur kunden ska agera på bästa sätt för att påverka sin kostnad. Om kostnadsstrukturen för elpris och nättariff blir mer lika skulle det också underlätta förståelsen för kunden. Men för nätbolaget kan det bli svårare att erbjuda tjänster för laststyrning till slutkunder om man inte längre har direktkontakt med dem.

Elpriser och nättariffer ger litet ekonomiskt incitament (3)

Hinder idag:

- Nuvarande elpriser och nättariffer ger ett svagt ekonomiskt incitament för kunder att styra sin last. Rörligt elpris är baserat på en månads medelvärde av spotpriset och dessutom har många kunder fast elpris. Nättariffen har en stor fast kostnad kopplat till säkringsstorleken, ofta kring 60%. Men tidstariffen ger i alla fall incitament till att flytta lasten. Det finns ju alltid ett incitament för kunden att sänka sin förbrukning och på så sätt spara pengar, men inte till laststyrning.

Möjligheter i framtiden

- Ett flertal utredningar och piloter visar att kunder har ett intresse av laststyrning förutsatt att kunden får både bättre kommersiella villkor (priser och tariffer) samt att det finns tekniska lösningar. Det pågår många projekt i denna riktning runt om i hela värden och i Sverige.

Liten prisvariation på marknaden (4)

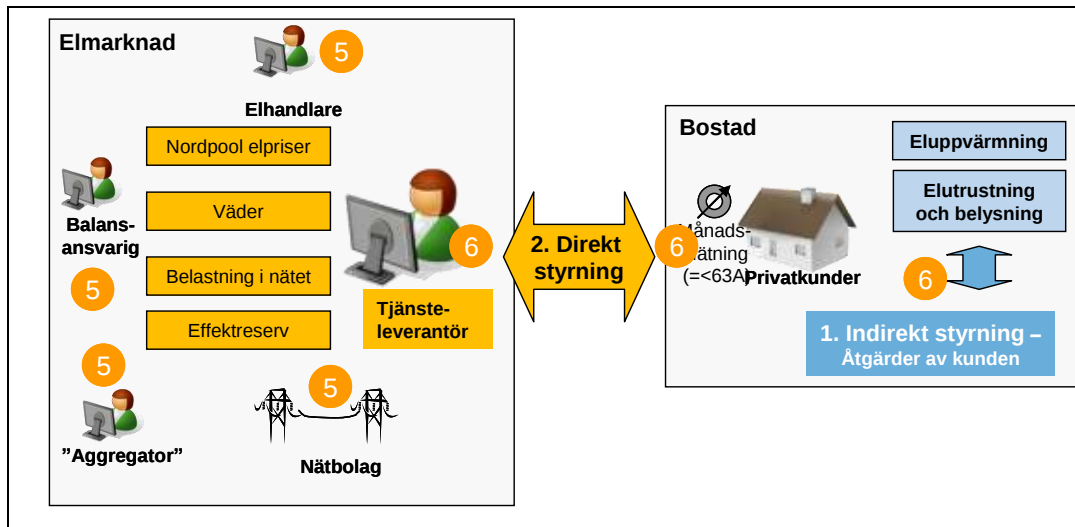
Hinder

- På Nord Pool har det hittills varit relativt liten prisvariation jämfört med andra länder, t.ex. Tyskland, även om det har förekommit extrema toppar i Sverige under vissa kalla vinterdagar.

Möjligheter

- Eftersom förnybar vindkraft byggs ut kommer den att bidra med en större del av elproduktionen och kommer därför att öka prisvariationen på marknaden.

9.2 Tjänster och tekniska lösningar



Figur 18 Tjänster och tekniska lösningar – hinder och framtida möjligheter

Tjänster på marknaden (5)

Hinder

- I många studier och piloter har förslag på tjänster baserat på laststyrning utvärderats och testats. Ingen av de potentiella tjänsteleverantörerna som elhandlare, balansansvarig, nätbolag eller nya aktörer som tar rollen som aggregator har lanserat tjänster som hittills fått kommersiellt genomslag. De återstår alltså att bekräfta om dessa tjänster verkligen är kommersiellt lönsamma och möjliga att lansera på marknaden. Detta måste göras tillsammans med utveckling av systemlösningar och kostnad för dessa.

Möjligheter

- Framtida förändringar på marknaden, bl.a. punkt 1 till 4 ovan, kommer att ge bättre möjligheter till att utveckla tjänster för laststyrning.

Systemlösningar och komponenter (6)

Hinder

- Tekniska lösningar för laststyrning har varit för dyra i förhållande till den kostnadsbesparing de ger för kunden. Lösningar har också krävt manuella åtgärder via indirekt styrning vilken kan anses krångligt av kunden.

- För direkt styrning saknas det kommersiella produkter på marknaden. Det behövs både utrustning hos tjänsteleverantören och hos kunden.
- Det har funnits få standarder inom området.

Möjligheter

- Kunderna blir allt mer medvetna om och intresserade av sin energiförbrukning genom att detta blir en allt viktigare fråga. De förstår allt mer att de kan bidra till klimatmålen, etc. genom att vara aktiva och påverka sin energiförbrukning. Det gör att det också blir mer intresserade av att hitta tekniska lösningar.
- Flera pilottester har genomförts och fler är planerade. Dessa pilottester har visat att det finns möjlighet att ta fram bra tekniska lösningar som ger möjligheter att sänka sina kostnader avsevärt. Många lösningar har också automatisk styrning så kunden slipper göra manuella åtgärder.
- Mer trådlösa kommunikationslösningar kommer vilket underlättar installationen.
- Elbilar kommer att bli en ny typ av last som kommer att ge goda möjligheter till effektiv och ekonomisk laststyrning. På sikt kommer även batterier hos kunderna att kunna bidra till effektivare laststyrning.
- När fler kunder bli intresserade av laststyrning och försäljningen ökar förväntas priserna på produkterna att sjunka, så det blir bättre lönsamhet för kunden.
- Standardiseringen inom området ökar vilken förbättrar kompatibilitet mellan olika leverantörer och produkter.

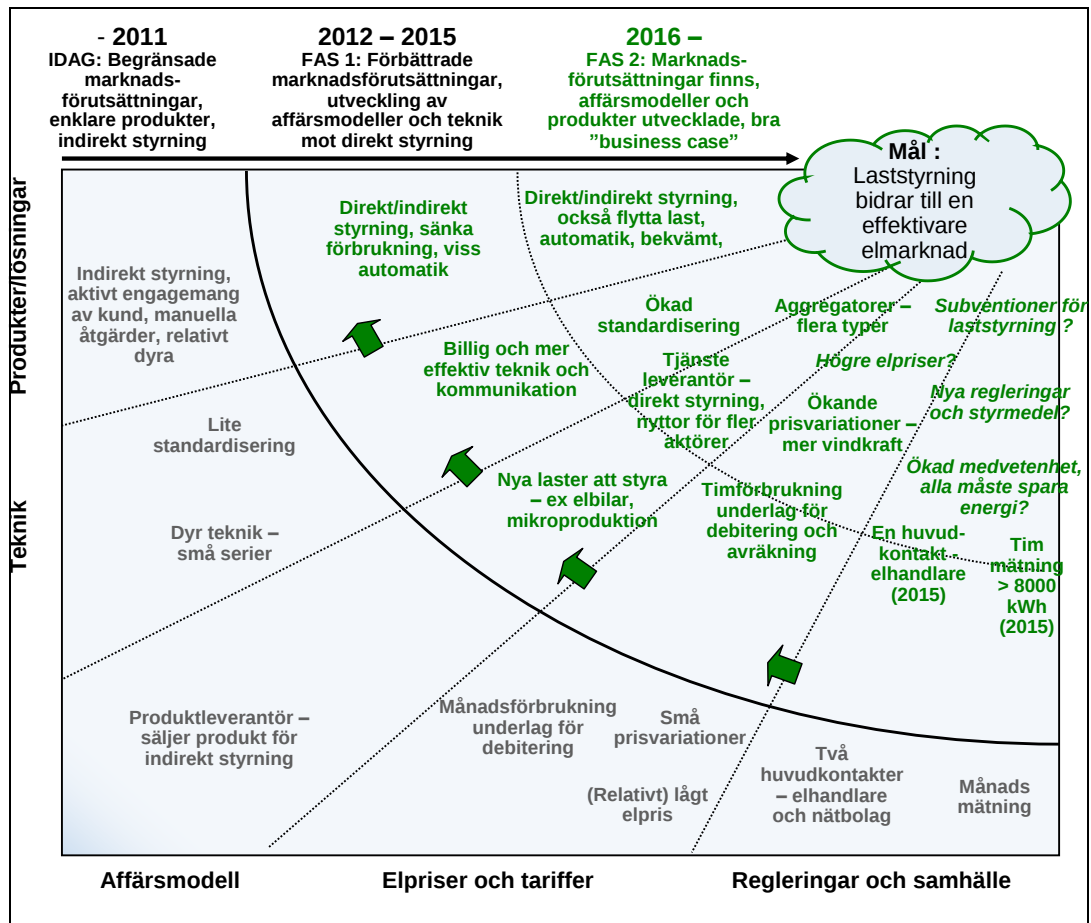
10 Sammanfattning

Nuvarande hinder och framtida möjligheter för laststyrning har beskrivits i föregående kapitel. Man ser då att det är en utmaning att införa laststyrning eftersom så många olika faktorer behöver samverka. Fram till idag saknas bra förutsättningar för att införa laststyrning för privatkunder.

Frågan från introduktionskapitlet kvarstår - kommer laststyrning att införas och i så fall när?

10.1 Framtida scenario för ökad laststyrning

Ett möjligt framtida scenario för en ökad användning av laststyrning i framtiden finns i figuren nedan. Om (de flesta av) faktorerna markerade med grön text kommer att utvecklas, bör det finnas goda chanser att införa laststyrning i framtiden. Som beskrivits tidigare så står privatkunder med elvärme för 12% av den total elförbrukning och några procent av maximala effektuttaget i Sverige. Det finns en klar potential hos privatkunder om man kan hitta kommersiellt lönsamma lösningar.



Figur 19 Scenario över utvecklingen av laststyrning av privatkunder

Scenariot i figuren ovan visar en komplex bild med många beroenden. På övergripande nivå finns följande beroenden som de gröna pilarna också visar:

- Utveckling av **Regleringar och samhälle** kommer att ge förutsättningar för utveckling av nya Elpriser och tariffer.
- **Elpriser och tariffer** ger i sin tur möjlighet att utveckla affärsmodeller där fler aktörer får nytta av laststyrning och den totala ekonomiska nyttan ökar.
- Förbättrade **affärsmodeller** ger sedan incitament till att utveckla både **teknik** och nya **produkter/lösningar**.

Här följer en mer detaljerad beskrivning av beroendena i scenariot.

1. Regleringar och samhälle

Här finns grundförutsättningarna. Timmätning krävs för att kunderna ska kunna styra sin last effektivt. Om kunden bara har en kontaktyta mot elhandlare skulle det också underlätta, i synnerhet om elpriser och nättariffer ger kunden tydligare signaler på hur kunden ska agera för att optimera sin totalkostnad.

Även andra incitament skulle kunna driva på som ökad medvetenhet i

samhället och hos kunderna om behovet av att sänka och styra elförbrukning mot förnybar produktion som vindkraft. Incitament i form av subventioner av laststyrning skulle också bidra. Det finns ju subventioner för mikroproduktion i många länder.

Dessa åtgärder skulle i sin tur ge förutsättningar för nya elpriser och tariffer.

2. Elpriser och tariffer

Kunderna behöver få timbaserade priser och tariffer för att påverka sin förbrukning under dygnet. Även större variation av priset skulle ge mer incitament till kunderna. Med ökad andel vindkraft är denna utveckling trolig.

Dessa förändringar skulle i sin tur ge förutsättningar för aktörerna på marknaden att utveckla nya **affärsmodeller**.

3. Affärsmodeller

Idag bygger affärsmodellen för indirekt laststyrning på att en produktleverantör säljer en produkt till kunden, se exempel i kapitel 4 och 5, som effektvakter, utrustning för visualisering samt styrning av eluppvärmning. Kunden ska tjäna så mycket på lägre elkostnader att detta täcker kostnaden för produkten. Med dagens förutsättningar finns det lite pengar att tjäna för kunden och produktleverantören måste då ha ett lågt pris på sin produkt. I vissa produkter kan det också finnas mervärden som gör produkten mer attraktiv, exempelvis larm.

Framtid affärsmodeller, som också beskrivits i kapitel 6, bör hitta nytta hos fler aktörer än bara besparing hos slutkunden. I kapitel 6, 7 och 8 finns exempel på hur nätbolag, handlare och balansansvariga skulle få nytta av laststyrning internt eller att sälja vidare på andra marknader. När fler aktörer får nytta av laststyrning ger detta en större ekonomisk potential som ökar den kommersiella drivkraften för att införa laststyrning. Även nya aktörer skulle kunna ta rollen som aggregator. Under tiden fram till att nya regleringar träder i kraft, som timmätning 2015, kan aktörerna själva driva på utvecklingen. Att ta fram nya prismodeller baserade på tim- eller dygnpriser är ju möjligt att göra på frivillig basis.

Nya affärsmodeller skulle i sin tur ge kommersiella förutsättningar för utveckling av ny **teknik** och nya **produkter/lösningar**.

4. Teknik

Standardisering och teknikutveckling behövs för att få fram tillräckligt billiga och effektiva lösningar.

Teknikutveckling skulle i sin tur ge möjligheter till att ta fram bättre och billigare **produkter/lösningar**

5. Produkter/lösningar

Mer attraktiva produkter och lösningar behöver utvecklas som uppfyller behoven hos olika aktörer. Privatkunden behöver få en

lösning som förbättrar komforten, ökar bekvämligheten och sänker kostnaden. Produkter och lösningar behöver också täcka andra aktörers behov för att kunna erbjuda tjänster till privatkunderna. Produkter baserade på direkt styrning kommer att bli en viktig del i detta.

Redan idag kan kunder sänka sin förbrukning och sina kostnader med laststyrning. I ett framtida scenario för produktutveckling kan man se två faser. Första fasen blir en vidareutveckling av produkter för energieffektivisering fram till cirka 2015. Andra fasen, när timmätning finns, fortsätter utvecklingen av lösningar för laststyrning då man även flyttar förbrukningen i större utsträckning.

10.2 Slutsatser

Baserat på scenariot ovan och vad som tidigare beskrivits i denna rapport kan man dra följande övergripande slutsatser kring införande av laststyrning för privatkunder:

- **Litet genomslag av laststyrning på marknaden fram till idag**
Förutsättningarna för att införa laststyrning hos privatkunder har hittills varit begränsade och därför har heller inte laststyrning fått något större genomslag på marknaden fram till idag (2011).
- **Osäkerhet kring affärsmodellen – i synnerhet för direkt laststyrning**
Lönsamheten för olika parter i affärsmodellen kring laststyrning av privatkunder med eluppvärmning är fortfarande osäker och har ännu inte bekräftats i större skala. Osäkerheten gäller i synnerhet direkt laststyrning där affärsmodellen är mer komplex med fler aktörer. Direkt laststyrning kan ge större totala nyttor och ekonomisk potential än indirekt laststyrning. Men hur stor är potentialen för nätbolag, elhandlare, balansansvariga och eventuellt nya aktörer? Ett flertal pilottester har genomförts, men det oklart om dessa pilottester verkligen kan ge tillräckligt bra underlag för att bedöma utvecklingen av kommersiella produkter framöver.
- **Intresse och engagemang hos kunder blir en utmaning – även i framtiden**
Hittills har kunderna visat ett begränsat intresse av att köpa produkter för laststyrning. Detta kan förklaras av en liten ekonomisk nytta för kunden och att det kräver engagemang av kunden. Även om det blir större ekonomisk nytta för kunden i framtiden behövs det också andra drivkrafter för att få kunderna intresserade och engagerade. Jämför exempelvis att många kunder inte byter bank eller följer upp sina pensioner, trots att det finns ett relativt stort ekonomiskt incitament – kunden tycker att det blir för jobbigt. En pådrivande faktor för laststyrning är om energi- och miljöfrågan får ett ännu större fokus mot att enskilda kunder måste bidra. En begränsade faktor kan vara att man idag inte vet om kunder verkligen vill bli "styrda" utifrån och i så fall av vem, om det ska vara elbolag eller någon aktör.

- **Större genomslag av direkt laststyrning kommer först framåt 2020**

Många faktorer måste komma på plats och samverka för att laststyrning ska få ett större genomslag på marknaden. Det är svårt att bedöma hur snabbt denna utveckling kommer att ske.

Nödvändiga drivkrafter i form av regleringar kommer inte att finnas förrän efter 2015, då krav på timmätning enligt nuvarande plan ska vara införd. Detta möjliggör då också timbaserad prissättning och avräkning. Inget hindrar givetvis att fler nätbolag inför timmätning tidigare. Efter att förutsättningar finns på plats 2015, tar det troligen några år innan kommersiella produkter har sålts i någon större utsträckning till kunder.

- **Åtgärder för att påskynda införande av laststyrning**

Regleringar, styrmedel och andra drivkrafter från samhälle och myndigheter kan påskynda införandet av laststyrning. Där är införande av timmätning och timdebitering viktiga faktorer.

Energimarknadsinspektionen har också förslagit ett antal aktiviteter för en genomgripande omställning av energisystemet både vad gäller produktion och förbrukning [23]. Även en ökad teknisk standardisering kan påskynda utvecklingen.

Referenser

- [1] Jurek Pyrko, Direkt och indirekt laststyrning i samspel? – Fallstudier, 2005
- [2] E.ON Sverige: www.eon.se
- [3] Statens energimyndighet, Energistatistik för småhus 2009, ES 2011:01, 2011
- [4] Svenska Kraftnät:
<http://www.svk.se/Energimarknaden/El/Statistik/Elstatistik-for-hela-Sverige/>
- [5] Plugwise: www.plugwise.com
- [6] Vattenfall: www.vattenfall.se
- [7] Fortum: www.fortum.se
- [8] Nibe: www.nibe.se
- [9] Thermia: www.thermia.se
- [10] Therecoperation: www.therecoperation.com , www.omatonttu.fi
- [11] Jurek Pyrko, Energiforskning i Södra Sandby Samarbete med Skånska Energi AB 2000-2005
- [12] Peter Fritz, Erika Jörgensen, Stefan Lindskoug, Att följa elpriset bättre, Elforsk rapport 09:70, 2009
- [13] Stefan Lindskoug, Esselcon AB, Effektivisering av vattenburen elvärme med affären i ett elmarknads- och elsystemperspektiv, 2011. (Ej publicerad)
- [14] BaseN: www.basen.net
- [15] Nadezda Belonogova, Jukka Lassila, Jarmo Partanen, Effects of demand response on the end-customer distribution, Lappeenranta University of Technology (LUT) Finland, CIRED workshop , Paper 0081, 2010
- [16] Home Energy Management in Europe, Lots of solutions, but what's the problem? Delta Energy & Environment, Autumn 2011
- [17] Ralph E. Abbott, Home energy management,
<http://www.metering.com/node/19960>
- [18] PowerCentsDC Program, Final report, September 2010
- [19] Jens Lundgren, Sigrid Granström och Marie Pålsson
Energimarknadsinspektionen, Ökat inflytande för kunderna på

elmarknaden - Timmätning för elkunder med abonnemang om högst 63 ampere, EI R2010:22, 2010

- [20] Energimyndigheten, www.energimyndigheten.se
- [21] Implementation Plan for a Common Nordic Retail Market, Report, NordREG, juli 2010.
- [22] Dr Philip E. Lewis, VaasaETT Oy in co-operation with the NordREG Market Rules Task Force, Consideration of alternative billing regimes for the Common Nordic End-User Market, augusti 2011
- [23] Anpassning av elnäten till ett uthålligt energisystem - Smarta mätare och intelligenta nät, EI R2010:18, Energimarknadsinspektionen, november 2010.
- [24] Vattenfall Eldistribution AB Regionnätstariffer 2011, Vattenfall, <http://www.vattenfall.se/sv/foretag-elnatspriser.htm>

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35
www.elforsk.se