



Pilotstudie i Vallentuna

Reflektioner rörande affärsmodeller för
förbrukarflexibilitet och självlärande
prognosstyrning för kundanpassad
effektreglering

Elforsk rapport 12:48



Einar Persson, Björn Berg,
Fredrik Fernlund, Olle Lindbom

juni 2012

Pilotstudie i Vallentuna

Reflektioner rörande affärsmodeller för
förbrukarflexibilitet och självlärande
prognosstyrning för kundanpassad
effektreglering

Elforsk rapport 12:48

Einar Persson, Björn Berg,
Fredrik Fernlund, Olle Lindbom

juni 2012

Förord

Det finns förväntningar på att elkonsumenterna i framtiden i allt högre grad skall bidra till att balansera elsystemet. Orsaken är naturligtvis den starka politiska ambitionen i Europa att ställa om till mer förnybara kraftkällor så som vind och sol. För båda dessa produktionskällor gäller att de inte är styrbara på samma sätt som konventionella kraftverk. Från ett system där produktionen följer förbrukningen är förhoppningarna att vi ska gå mot en situation som, åtminstone delvis, innebär att förbrukningen följer produktionen. Ett kundsegment som har identifierats som särskilt intressant är villakunder. I Sverige finns det ca 1,2 miljoner småhus med elvärme. Genom att styra värmeproduktionen i dessa fastigheter skulle teoretiskt flera 1000 MW kunna flyttas från dyra till billigare timmar.

I denna rapport från Ngenic redovisas resultat från ett fältförsök där ett antal villor i Vallentuna utanför Stockholm förses med en nyutvecklad styrutrustning. I rapporten redovisas såväl tekniska resultat som ekonomiska beräkningar över lönsamheten. Vidare diskuteras i mer generella termer förutsättningarna att introducera den här typen av teknik på den svenska småhusmarknaden.

Projektet är finansierat av Elforsks två program Smart Grid och Market Design.

Smart Grids programmets programstyrelse består av följande ledamöter:

Peter Söderström, Vattenfall Eldistribution AB (ordförande)

Göran Ericsson, Svenska Kraftnät (vice ordförande)

Christer Bergerland, Fortum Distribution AB

David Westerlund, Göteborg Energi AB

Rolf Gustafsson, Mälarenergi AB

Susann Persson, Jämtkraft AB

Mikael Arvidsson, HEM Nät AB

Ingvar Hagman, Ericsson AB

Claudio Marchetti, ABB AB

Anders Johansson, SABO

Anders Trana, Telia Sonera AB

Anders Bülund, Trafikverket

Hannes Schmied, NCC AB

Jan Hintze, Siemens AB

Lawrence E. Jones, Alstom AB

Matz Tapper, Svensk Energi (adjungerad)

Monika Adsten, Elforsk AB (adjungerad)

Susanne Olausson, Elforsk AB (sekreterare)

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

Smart Grids

E.On Elnät Sverige AB
Svenska Kraftnät
Vattenfall Eldistribution AB
Göteborg Energi AB
Skellefteå Kraft AB
Mälarenergi Elnät AB
Jämtkraft AB
Umeå Energi Elnät AB
Öresundskraft AB
Jönköping Energi Nät AB
Gävle Energi AB
Eskilstuna Energi & Miljö AB
Sundsvall Elnät AB
Härjeåns Nät AB
Halmstad Energi & Miljö Nät AB
Falun Elnät AB

AB Borlänge Energi
Sandviken Energi Elnät AB
Trollhättan Energi Elnät AB
Fortum Distribution AB
Borås Elnät AB
Landskrona Stad
Ericsson AB
SABO AB
Combitech AB
NCC Construction Sverige AB
ABB AB
TeliaSonera AB
Trafikverket
Siemens AB
Elverket Vallentuna El AB
Alstom AB

Market Design

Svenska Kraftnät
E.ON Sverige AB
Eskilstuna Energi & Miljö AB
Fortum Power and Heat Oy
Gävle Energi
Göteborg Energi AB
Jämtkraft

Karlstads Energi
Mälarenergi
Skellefteå Kraft AB
Vattenfall AB
Öresundskraft
ABB

Stockholm i november 2012
Monika Adsten och Susanne Olausson

Elforsk AB

Förord av författarna

Vi har tolkat vårt uppdrag som att vi ska röra runt i grytan, se saker från nya håll och ifrågasätta etablerade sanningar. Ingen av oss författare har någon mångårig bransch erfarenhet och tekniken som rapporten bygger på - liksom det utförande företaget ngenic - existerade inte för två år sedan. Vi hoppas att vi genom att utmana och ifrågasätta, kan bidra till en debatt som är positiv för branschen. Vår utgångspunkt har varit att se kunden sin vardagsmiljö och inspireras av andra branscher som också försöker tilltala samma individ.

Denna rapport ska därför inte läsas som ett försök till en fullständig analys av elmarknaden. Vår förhoppning är däremot att den ska väcka nya tankar hos dig som läsare och inspirera till utveckling och nya initiativ.

Hör gärna av er till oss om det är något ni vill bolla vidare!

Uppsala, juni 2012

Tack till

Följande personer ingick i den värdefulla referensgruppen som haft tålamod med oss:

Monika Adsten, Elforsk
Christer Bergerland, Fortum
Gunnar Bröms, Vattenfall
Peter Fritz, Sweco
Olle Hansson, Fortum
Lars Munter, SVK
Susanne Olausson, Elforsk
Johan Söderbom, Vattenfall
Lars Ström, Energimarknadsinspektionen

Fälttestet genomfördes hos Elverket Vallentuna EI AB under översyn av Susanna Hammarberg och Jonas Sunryd. Intervjuer arrangerades på ett mycket professionellt sätt av Mats Lind, professor vid Uppsala universitet.

Andra personer som på något sätt bidragit till projektet: Lars Nordström, Anders Lindskog, Magnus Brolin, Jakob Eliasson, Jonas Persson, Bengt Carlsson, Martin Schröder, Sasic Kalagasidis, Tomas Wall, Mattias Prage, Johan Lundqvist, Peter Juslin, Mattias Wondollek, Rémy Kolessar, Peter Nöu och Staffan Larsson.

...och sist men inte minst: alla testpiloter! Utan er hade detta projekt inte varit möjligt att genomföra.

Sammanfattning

Det är idag möjligt att implementera förbrukarflexibilitet på bred front i Sverige genom smarta tjänster som automatiskt optimerar uppvärmningen. För en villaägare med bergvärmepump kan det innebära årliga besparingar på ca 2200-2600 kr (elpannor 2800-4000 kr), baserat på simuleringar av pris- och temperaturdata från 2010 och 2011. Detta möjliggörs genom en energieffektivisering (10-15 %) bland annat till följd av jämnare inomhustemperaturer, samt förflyttning av uppvärmning från dyra till billiga timmar (ca 15 kWh värme per dygn). Vinsterna med lastförflyttning är dock mycket säsongsvarierande då det beror av samspelet mellan prisvolatilitet och uppvärmningsbehov (ex. 1720 kr och 590 kr för 2010 resp. 2011 simulerat på bergvärmepump). Det står också klart att nättidstariffer dominerar besparingspotentialen under säsonger av låg prisvolatilitet (ex. av 1090 kr **"lastnytta" för elpanna under 2011 var 770 kr knuten till tidstariffer**). Förtjänsterna kan uppnås utan aktivt engagemang från kunden eller inkräktande påverkan på komforten.

Inom ramen för detta projekt har övergripande affärsmodellinnovation genomförts för denna typ av tjänst som idag saknas på marknaden. Införandet av förbrukarflexibilitet på privatmarknaden kan utgöra en plattform för nya affärsmöjligheter. Vi menar att elhandlare har en gyllene möjlighet att utveckla sina affärsmodeller till att gå bortom ren **volymförsäljning av el till att bli en "kundens ombud" på elmarknaden.**

I det här projektet har också ett prototypsystem för sådan smart styrning testats, vilka tillsammans med genomförda simuleringar verifierar ovan angivna besparingsmöjligheter. Samtidigt identifierades diversiteteten av värmesystem och hustyper som en av de stora utmaningarna vid uppskalning av en sådan tjänst. Det gick heller inte att dra några klara slutsatser angående den självlärande mekanismens inverkan under detta fälttest. Andra utmaningar som upptäcktes var behov av ökad redundans i prototypsystemet samt hantering av befintliga problem i testkundernas värmesystem.

Energieffektivisering och förbrukarflexibilitet kan ge konsumenten en reell makt över sina kostnader. Genom aktiva avtalsbyten baserade på prisjämförelsesajter kan man endast påverka elhandlarens påslag, vilket för en vanlig villaägare står för ca 1-2 % av den totala elkostnaden. Vi menar därför att prispress på elhandlarnas marginaler är ett trubbigt instrument och kan inte vara hela – eller ens den huvudsakliga – lösningen på frågan om ökad konsumentmakt.

Den automatiska förbrukarflexibilitet som beskrivs i rapporten kan börja implementeras i närtid. På längre sikt **kan en "aktivering" av Sveriges villabestånd på allvar stödja utfasningen av effektreserven och vara en given komponent i balanseringen av såväl energisystem som elmarknad.**

Summary

It is today possible to implement Demand Response in a large scale in Sweden through smart services which automatically optimizes heating. For a homeowner with a ground source heat pump this implies yearly savings of 2200-2600 SEK (electric boiler 2800-4000 SEK), based on simulations of price and temperature data from the years 2010 and 2011. This is made possible through a combination of increased energy efficiency (10-15 %) due to effects such as smoother indoor temperatures, and shifting of consumption from expensive to cheaper hours (approx. 15 kWh heat per day). The reward of load shifting varies heavily between seasons, since it depends on an intricate relation between price volatility and heating needs (e.g. 1720 SEK and 590 SEK for 2010 respectively 2011, simulated on ground source heat pump). It is also clear that the effect of time dependent grid tariffs dominate the savings **in times of low price volatility (e.g. of 1090 SEK "load shift savings" for an electric boiler during 2011 770 SEK was due to grid tariffs)**. The benefits can be reached without demanding active participation or compromising the comfort level.

In this project, business model innovation has been carried for this new kind of service. The entry of Demand Response on the private consumer market can be used as a platform for new businesses. We argue that electric utilities have a golden opportunity to develop its business models to go beyond pure **volume sales of electricity, and become the "consumer's representative" on the power market.**

Furthermore, in this project, a prototype system for such smart heating has been tested and the results together with simulations carried out verify the economic benefits stated above. The tests identified the diversity of heating systems and house types as one of the main challenges for a scaling of this kind of service. It was not possible to draw any clear conclusions regarding the effects of the self-learning mechanisms in this field study. Other challenges identified where the need for increased redundancy in the prototype system and handling of existing problems in the homeowners heating systems.

Energy efficiency and Demand Response can give real and actual influence **over the consumer's costs which is lacking today. Active comparison and selection of electricity contracts will only affect 1-2 % of the total electricity bill for a homeowner. We therefore argue that price pressure on the utilities' margins is a crude instrument and cannot be the whole - or even the main - solution to the question of increased consumer power.**

The automatic Demand Response that is described in the report can be implemented near-term. In the long term an active household population can become a real factor and support the out-phasing of the power reserve, and be an important component in balancing the energy system as well as the power market.

Innehåll

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Nuläge | 1 |
| 1.1 | Fungerar Sveriges elmarknad?..... | 1 |
| 1.2 | Något om elnätet | 5 |
| 1.3 | Så hur får vi in mer förbrukarflexibilitet?..... | 7 |
| 1.4 | Förbrukarflexibilitet bland privatkonsumenter | 7 |
| 1.5 | Syftet med projektet | 9 |
| 2 | Trender och segmentering på konsumentmarknaden | 10 |
| 2.1 | Konsumenttrender | 10 |
| 2.2 | Affärsmodellens olika delar..... | 10 |
| 2.3 | Differentiering | 12 |
| 2.4 | Andra branschers affärsmodeller och kunderbjudanden..... | 12 |
| 2.5 | Segmentering av konsumentmarknader | 13 |
| 3 | Utveckling av elmarknadens erbjudanden | 16 |
| 3.1 | Kunderbjudandet idag | 16 |
| | Konsumentmakt..... | 17 |
| | Vad tycker villaägarna?..... | 18 |
| 3.2 | Nya konsumenttrender på elmarknaden..... | 19 |
| 3.3 | Segmentering av elmarknaden | 20 |
| 3.4 | Innovativa kunderbjudanden/affärsmodeller för elmarknaden..... | 21 |
| | Smart styrning av värmesystemet..... | 22 |
| 4 | System för förbrukarflexibilitet | 23 |
| 4.1 | Husets värmedynamik | 23 |
| 4.2 | Modellering | 23 |
| 4.3 | Reglering | 25 |
| 4.4 | Hur mycket last kan man flytta teoretiskt? | 26 |
| | Elpanna ²⁹ | |
| | Värmepump (berg/jord/sjö) | 29 |
| 4.5 | Systembeskrivning | 30 |
| 5 | Fälttestet | 32 |
| 5.1 | Syfte | 32 |
| | Förväntade nyttor | 32 |
| | Äkta kundreaktioner | 32 |
| | Praktisk installationserfarenhet | 32 |
| 5.2 | Genomförande och resultat | 33 |
| | Installationsförfarande..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| Utmaningar vid installation..... | 33 |
| Drift av systemet | 34 |
| Avinstallation och uppföljning | 35 |
| Energieffektivisering | 35 |
| Förbrukarflexibilitet och laststyrning | 36 |
| Diagnostik..... | 38 |
| 5.3 Workshop med deltagarna..... | 39 |
| Installation..... | 40 |
| Drift 40 | |
| Beröm 40 | |
| Kritik 40 | |
| Tänkbara kringtjänster | 41 |
| Integritetsfrågan..... | 41 |
| 5.4 Reflektioner..... | 41 |
| 5.5 Slutsatser | 42 |
| 6 Nytt erbjudande för förbrukarflexibilitet | 43 |
| 6.1 Den traditionella approachen | 43 |
| 6.2 Men: Hur mycket kan man tjäna på att utnyttja prisvariationer då?..... | 43 |
| 6.3 Komplext eller enkelt? | 45 |
| 6.4 Bredda perspektivet | 46 |
| Vad är alternativet?..... | 48 |
| 6.5 Schematisk affärsmodell | 48 |
| 6.6 Hinder | 50 |
| "Konsten att påverka det opåverkbara"..... | 50 |
| 6.7 Visionen om morgondagen | 51 |
| 7 Tankar för vägen framåt | 54 |
| 8 Referenser | 55 |
| 9 Appendix | 57 |
| 9.1 Värmepumpen | 57 |
| Teori 57 | |
| 9.2 Resultat Laststyrningar | 58 |
| Något om prissignalerna | 58 |
| Försök 1. | 59 |
| Försök 2. | 60 |
| Försök 3 | 62 |
| Försök 4. | 63 |
| Försök 5 | 65 |

| | | |
|-----|--|----|
| 9.3 | Systemkomponenter | 67 |
| | Sensornoder | 67 |
| | Centralenhet | 67 |
| | Server 68 | |
| | Datahantering på server | 69 |
| | Sammanfattande systembeskrivning | 69 |
| 9.4 | Kundanalyser | 71 |
| | Exempel 1: | 71 |
| | Exempel 2: | 72 |

1 Nuläge

1.1 Fungerar Sveriges elmarknad?

Bland allmänhet och media uttrycks ibland åsikten att Sveriges elmarknad inte fungerar. Under den ansträngda vintern 2009/2010 då elpriset per kWh flera gånger rusade upp till 14 kr under loppet av några timmar skrevs otaliga insändare och debattartiklar. Jämförelser gjordes med bensinpriset där man pekade på orimligheten i att literpriset skulle variera från 10 kr till 200 kr beroende på vilken timme på dygnet man tankade sin bil.

På detta har bransch- och myndighetsföreträdare vid återkommande tillfällen svarat att elmarknaden tvärtom fungerar precis som det är tänkt. Till skillnad från bensin är el en produkt som är svårlagrad och jämförelsen med bensinpriset är därför orättvis. Priset på den ideala marknaden sätts utifrån en balans mellan tillgång och efterfrågan och det är därför naturligt att priset ökar vid situationer med hög efterfrågan och låg tillgång. Därmed har vi en väl fungerande elmarknad – slår man fast.¹

Naturligtvis har båda sidor rätt på sitt sätt. Grovt förenklat fungerar elmarknaden just enligt de grundläggande principerna för en **marknadsekonomi. För varje timme genereras en utbudskurva ("hur mycket är producenterna beredda att sälja till vilket pris") och en behovskurva ("hur mycket vill kunderna köpa till vilket pris").**

¹ www.dn.se/debatt/tillfalliga-pristoppar-visar-att-elmarknaden-fungerar
www.second-opinion.se/so/view/986

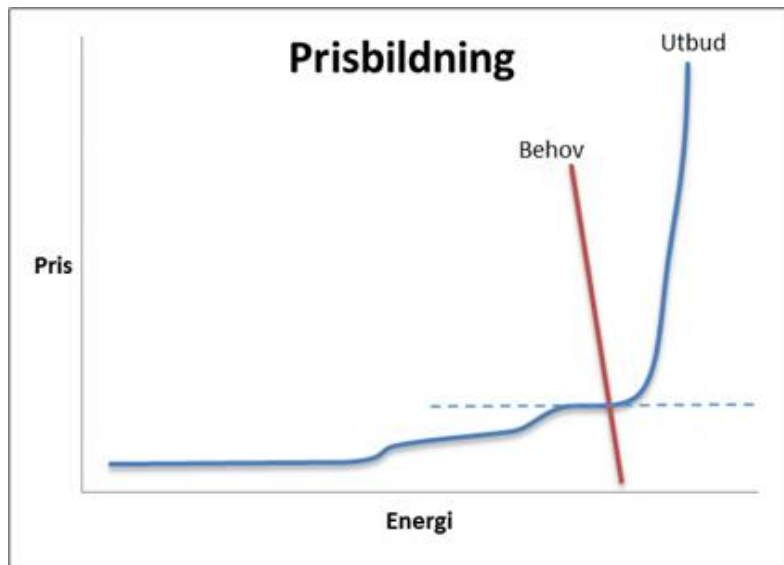


Fig. 1: Illustration av prisbildningen på Nord Pool Spot

Skärningspunkten mellan dessa kurvor bestämmer priset för just den timmen. Vid timmar av högt behov kommer det röda strecket att skiftas åt höger vilket gör att priset vid skärningspunkten blir högre – och vice versa för lågt behov. Om utbudet istället sjunker, exempelvis på grund av översyn av en reaktor, kommer det driva utbudskurvan åt vänster med högre priser som följd. Prisbildningen görs timvis för kommande dygn vilket resulterar i den priskurvan man kan se på exempelvis Nord Pool Spots hemsida.

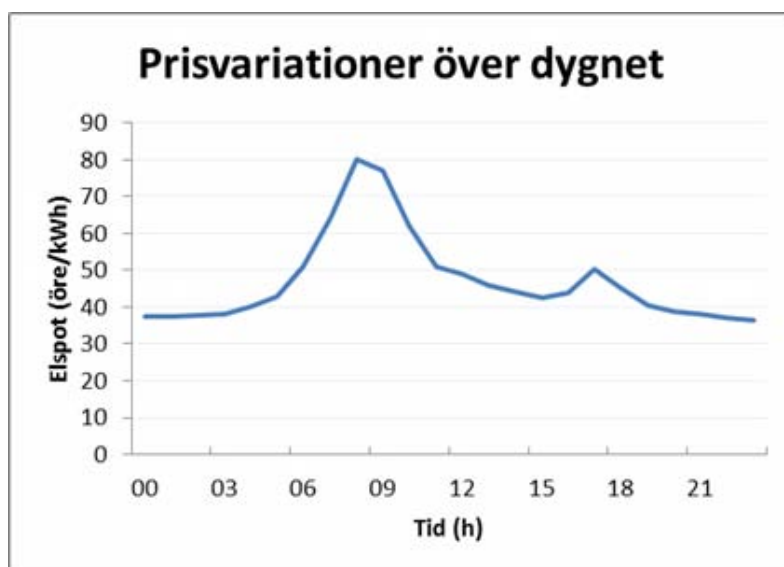


Fig. 2: Exempel på den resulterande priskurvan för ett dygn

Vad händer om utbudskurvan inte räcker till?

Dvs om kurvorna i figuren ovan "missar varandra"? I en sådan situation aktiveras den så kallade effektreserven som Svenska kraftnät upphandlar inför varje vintersäsong. Den nordiska elmarknaden är i kontrast en så kallad "energy only"-marknad där man tar betalt per levererad energimängd. Genom den upphandlade effektreserven får aktörer istället betalt av staten för att ha effekt – dvs. *kapacitet* att producera energi – för att på så sätt garantera att landet har en trygg tillgång på el även under extrema förhållanden. Effektreserven kappar den värsta prisspiken men först efter att kommersiella aktörer lagt sina bud. Mekanismen för effektreserven illustreras i följande figur.

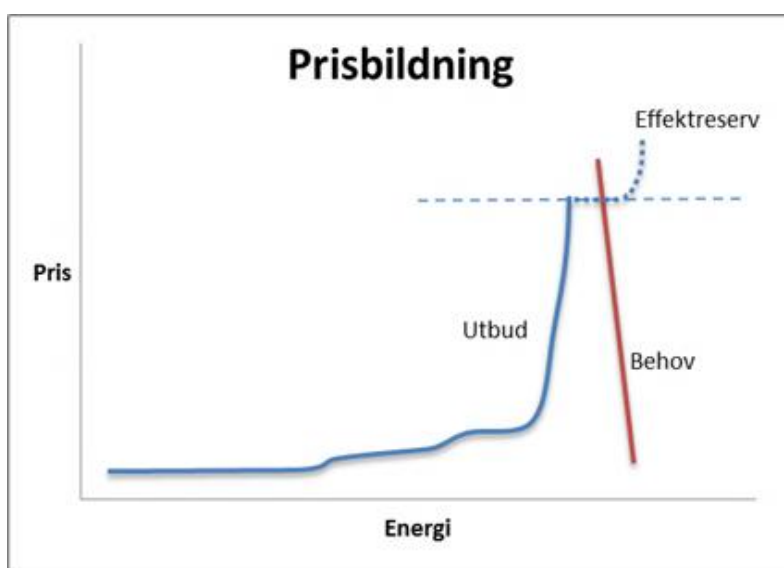


Fig. 3: Illustration av effektreservens funktion på elmarknaden

Man kan därför anta att en större och mer använd effektreserv skulle kapa pristopparna. Men hade det varit bättre? I praktiken handlar det ju om att ha produktionsenheter på stand-by vilket naturligtvis också kostar pengar, även om det inte får lika synliga effekter som kraftiga prisspikar. Den upphandlade effektreserven uppgick vintern 2011/2012 till 1726 MW (varav 1364 MW var produktionsenheter i stand by) till en kostnad av 137,8 Mkr. Riksdagen beslutade den 20 april 2010 att effektreserven successivt ska fasas ut till den 15 mars 2020. Effektreserven bedöms störa elmarknadens funktion och tanken är att upprätthållandet av effektbalansen på sikt ska kunna lösas av marknadens aktörer. En övergång till en marknadslösning får dock inte äventyra försörjningstryggheten.²

² <http://www.svk.se/energimarknaden/el/effektreserv/>

Vi kan i alla fall vara överens om att elmarknaden inte kollapsat och att elen kommer fram till våra svenska hushåll, även under ansträngda situationer (nätproblem borträknat).

Samtidigt – om en stor andel av Sveriges elkonsumenter menar att elmarknaden inte fungerar, är inte det då i någon mening en självuppfyllande utsaga? Elmarknaden är trots allt en konstruktion till för medborgarna, inte tvärtom. Om marknaden fungerar enligt den tänkta designen men människor ändå klagar, är det då rätt design?

Vad man kan konstatera är att så som marknaden är designad är prisvariationer något som uppstår naturligt och kommer att fortsätta uppstå. Förekomsten av kraftigare prisspikar är dock en följd av den inelasticitet som präglar marknaden. På den vanliga torghandeln kommer konsumenterna att köpa mindre volymer av en given vara om allt eftersom priset ökar. På elmarknaden saknas i stor utsträckning denna mekanism – elen är lika ovillkorlig som tillgången på syre till våra lungor. När då produktionen faller eller kylan plötsligt slår till kan priset rusa snabbt. Vid en situation med stor elasticitet i behovet skulle däremot köpkurvans lutning minska och priskrysset sjunka då efterfrågan minskar vid högre priser.

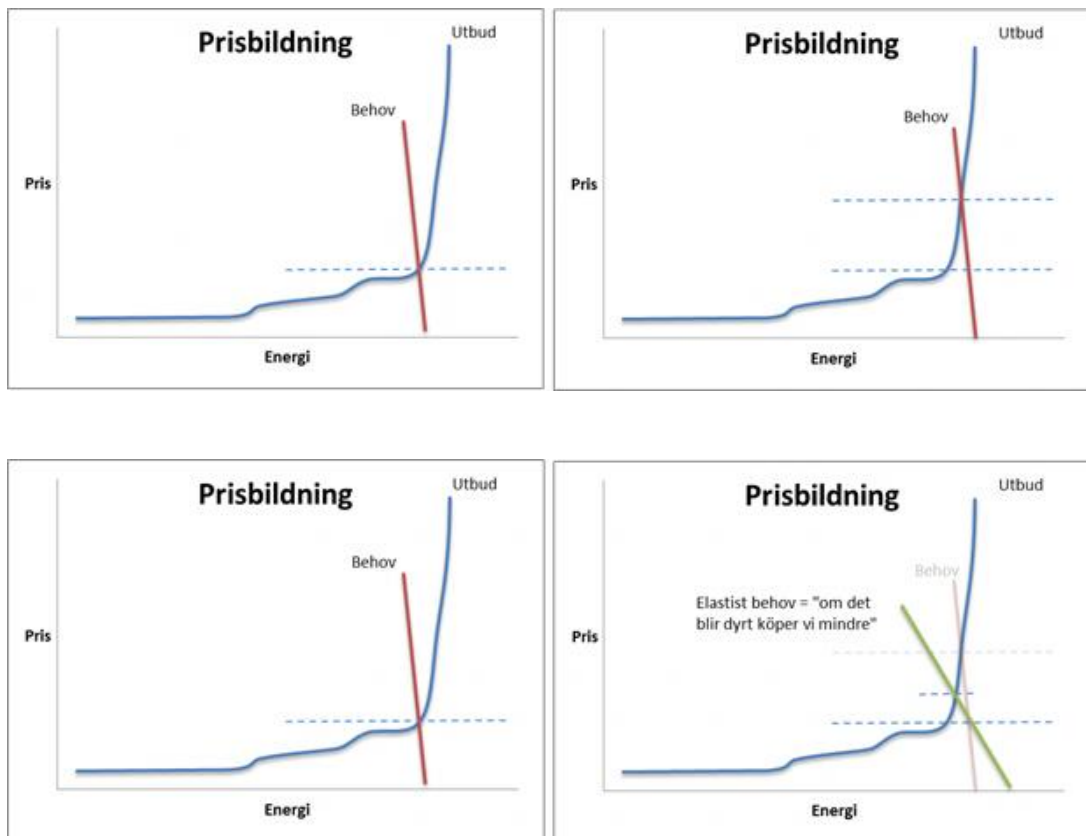


Fig. 4: Förbrukarflexibilitets inverkan på prisbildningen.

Hur detta rent praktiskt påverkar aktörerna på Nord Pool Spot är en komplex fråga, utmaningar handlar bland annat om hur elhandlaren ska ta hänsyn till sina kunders flexibilitet i sina bud. Om denna koppling missbedöms, dvs. kunderna reagerar mer/mindre än vad elhandlaren trott, kan det leda till ökade kostnader för balansansvaret eftersom den planerade produktionen inte överensstämmer med vad konsumenterna sedan vill förbruka.

Flexibla kunder påverkar alltså även vad som händer efter att budgivningen för kommande dag avslutats på Nord Pool Spot. Därefter träder elbasmarknaden in som handlas fram till timmen innan leverans där de med balansansvar har möjlighet att handla sig i balans och parera för missbedömningar och ändrade prognoser. Inom leveranstimmen sker den **sista handeln genom reglermarknaden där utvalda så kallade "reglerobjekt" ingår. Även inom dessa "intra day-markets" (elbas och reglermarknaden) har förbrukarflexibilitet potential, för att exempelvis snabbt kunna hantera ett produktionsbortfall.** Denna fråga är dock komplex och just nu sker bl.a. ett arbete i ENTSO-E i Bryssel där man tittar på dessa frågor för hela Europa.

Det bör dock stå klart att förbrukarflexibilitet är en viktig komponent på morgondagens elmarknad.

1.2 Något om elnätet

Elnätet och dess komponenter är typiskt dimensionerade för att hantera en viss mängd effekt snarare än energi. En tjock kabel kan överföra mer energi per tidsenhet (dvs. effekt) men kostar också mer än en tunnare. För att få robusthet i systemet vill man naturligtvis alltid **"ta i lite extra"**. Nedan visas ett exempel på hur belastningen kan se ut i en nätstation i lokalnätet.

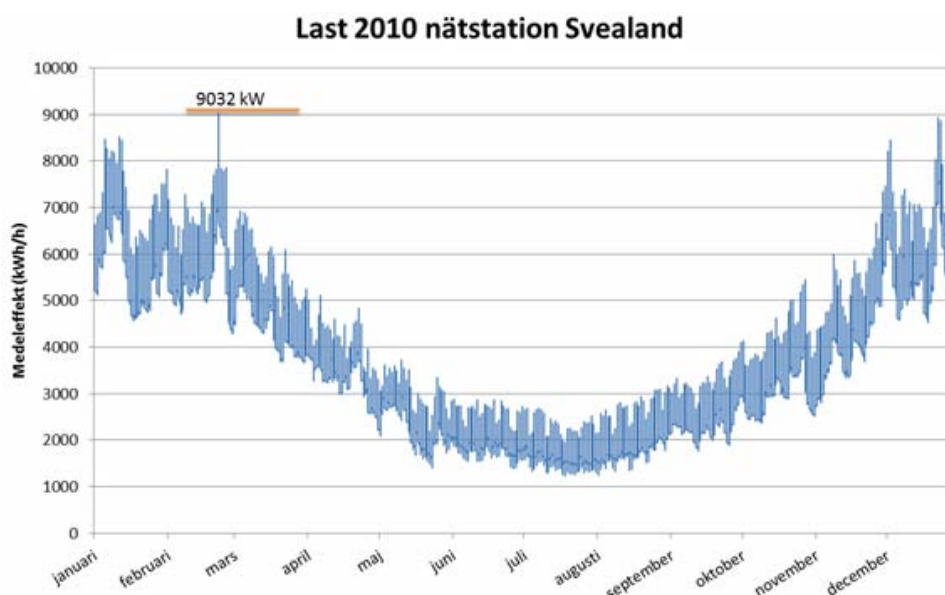


Fig. 5: Exempel på nätbelastningen i ett område över året

Man ser en tydlig säsongvariation med överlagrade dygnsvariationer samt ett fåtal toppar. Ett annat sätt att betrakta samma datamängd är att ordna det i ett varaktighetsdiagram. Figur 6 nedan visar hur stor andel av året en viss kapacitet faktiskt utnyttjades.



Fig. 6: Andel av året som en given kapacitet faktiskt behövdes

Dessa figurer åskådliggör det samhällsekonomiska slöseri som det innebär att i alla lägen dimensionera infrastrukturen efter en belastning som bara uppkommer ett få antal timmar per år. I Sverige har vi redan ett väl utbyggt lokalnät jämfört med många andra länder men det är ändå principiellt viktigt att notera hur dyra högbelastnings-timmarna egentligen är.

Utöver kostnaden för det fysiska nätet abonnerar lokalnätsägaren på en viss effekt från överliggande regionnät. Kostnaden har både fasta och rörliga komponenter och beror av anslutningstyp, men exempelvis gentemot Vattenfalls regionnät ligger den effektberoende delen på 82-347 kr/kW beroende på vilken typ av anslutning det är. Notera att denna kostnad alltså helt beror på vad som sker under ett fåtal timmar av året. Dessutom ökar **priset per kW markant i form av "böter" om man går över den abonnerade effekten.**

En annan kostnad som är associerad till själva driften av nätet är överföringsförluster, som också nätägaren är ansvarig för att ersätta. Förlusterna blir naturligtvis större om energimängden som ska distribueras ökar, men även givet en fix energimängd kan överföringsförlusterna variera och återigen spelar effekten en central roll. Eftersom förlusterna är

kvadratiska mot strömmen skulle det bli mindre förluster om belastningen i figur 5 vore jämnare ifråga om dygnsvariationer.

Det finns alltså många kostnadskomponenter kring nätdriften som beror av effekt- och energiuttag under vissa tider/tillfällen, där man skulle kunna nå stora kostnadsbesparingar genom förbrukarflexibilitet. Men det är alltså en helt annan nytta än den angående elmarknaden.

1.3 Så hur får vi in mer förbrukarflexibilitet?

Redan idag finns ett visst mått av förbrukarflexibilitet. Detta utgörs huvudsakligen av de stora industrier som ingår i effektreserven under **rubriken "förbrukarreduktion"**. Under vintern 2011/2012 upphandlades 362 MW förbrukarreduktion till en kostnad av 21.1 Mkr, vilket motsvarar 58 kr/kW. Detta inkluderar endast den fasta kostnaden för att de lovar att finnas tillgängliga för reduktion. Om de sedan aktiveras får de även löpande ersättning. Upphandlingen av förbrukarreduktion avser dock numer endast reglermarknaden och det är fritt fram för anläggningsägarna att själva lämna bud till Elspot. I klartext innebär det att om elen blir tillräckligt dyr kommer industriella aktörer vara beredda att dra ner sin förbrukning. Detta brukar emellertid endast bli aktuellt vid riktigt höga prisnivåer, eftersom det ska jämföras med anläggningsägares ordinarie drift som förhoppningsvis går med god vinst.

1.4 Förbrukarflexibilitet bland privatkonsumenter

Bland privatkonsumenter finns en potential som hittills gått outnyttjad. Det finns flera olika tillvägagångssätt för att skapa en flexibilitet i efterfrågan på privatmarknaden. I tidigare studier har man pratat om **direkt styrning** och **indirekt styrning** av konsumtion, vilket förvisso har en något negativ klang men ändå gör en viktig åtskillnad.

Indirekt styrning = "aktiva kunden"

Så kallad indirekt styrning syftar till att man exponerar kunden för timvarierande elpriser och illustrerar detta på något sätt. Tanken är därefter att kunden på egen hand kommer ta de beslut som gynnar dennes ekonomi genom att exempelvis duscha lite senare på morgonen eller laga mat lite tidigare på kvällen. Mot bakgrund av detta har det lagts mycket krut på att presentera energiförbrukning och energipriser på attraktiva sätt.

Man har också genomfört studier där kunder också visat sig villiga att engagera sig. Bland annat publicerades en undersökning i DN den 13 oktober 2011 som menade att en överväldigande del av Sveriges befolkning var beredda att förändra sitt beteende om de fick kontinuerlig information om

priserna på elmarknaden.³ Det bör dock höjas en varningsflagg för att dra snabba slutsatser, vad människor säger sig vara beredda att göra och faktiskt gör är två skilda saker.

I tidigare Market Design-projekt har man också testat indirekt styrning med goda resultat. De vanligaste åtgärderna var att skjuta på användningen av disk- och tvättmaskiner medan exempelvis duschbeteendet gick oförändrat. Den uppnådda lastförändringen kunde dock huvudsakligen härledas till att man tillfälligt vred ner termostaten när prissignalen gick upp. Precis som ovan menar vi att man här bör vara försiktig i att dra generella slutsatser från ett sådan test då det knappast är ett representativt urval som deltar i en sådan studie – och framför allt är situationen allt annat än normal (deltar man i ett försök är det väl också sannolikt att man även deltar aktivt).

Sammantaget handlar indirekt styrning alltså om att påverka kundens beteende som i sin tur ska påverka elförbrukningen.

Direkt styrning = "aktiva huset"

Ett annat sätt att införa förbrukarflexibilitet är att direkt styra konsumentens elslukande apparater. Detta kan för vissa konsumenter låta lite skräckinjagande och en bättre beskrivning är därför att konsumenten får möjlighet att **låta hushållsapparater "reagera på prisvariationer"** och/eller nätbegränsningar. Fördelen med det aktiva huset är att förbrukarflexibilitet kan ske utan beteendeförändringar från kundens sida.

Denna typ teknik har testats många gånger och finns i en mängd varianter. I Sverige finns flera initiativ kring smarta hus och lägenheter, bland annat i **Norra Djurgårdsstadens "aktiva huset"**. Ett populärt exempel från det projektet är den smarta tvättmaskinen som laddas på kvällen och sedan själv bestämmer när under natten programmet körs.

En enligt oss m.fl. lägre hängande frukt är att fokusera på Sveriges alla elberoende uppvärmningssystem, dvs. värmepumpar och elpannor. Att utrusta elbaserade värmesystem med reglerutrustning som kan optimera förbrukningen med avseende på elpriset är attraktivt av flera anledningar. Dels står värmesystemen för den enskilt största elanvändningen och därmed den största förtjänsten av en priskänslig reglering. Därtill kan man utnyttja byggnadens värmetröghet vilket ger en betydande möjlighet att flytta last under längre perioder, utan att försämra den upplevda komforten.

Det finns idag över 300 000 bergvärmepumpar installerade i Sverige. Det innebär att den sammanlagda inverkan på effektuttaget för dessa är betydande. En kall vinterdag då samtliga kompressorer kan förväntas gå i princip kontinuerligt ligger den ackumulerade effekten på över 600 MW. Om en riktig köldknäpp skulle slå över stora delar av landet, så att

³ <http://www.dn.se/ekonomi/elskolan/svenskar-vill-ta-kontroll-med-timmatning-av-el>

kompressorerna inte längre räcker till, kommer pumparna att använda elpatroner för att tillgodose husets värmebehov. Då blir den ackumulerade effekten väl över 2 GW – dvs. mer än hela effektreserven. Detta är anledningen till att värmepumpar ofta beskylls för att öka risken för effektbrist och konsumtion av marginalel. Vad man dock missar då är att pumparna, tack vare deras höga effektuttag, erbjuder en enorm potential till efterfrågeflexibilitet.

Mot bl.a. denna bakgrund har bergvärmepumpar valt att studeras i detta projekt. För mer tekniska detaljer kring värmepumpens funktion och förmåga till laststyrning se appendix. En utförlig genomgång av värmepumpars inverkan på effektsituationen finns att läsa i Effsys-rapporten **”Värmepumpars inverkan på effekttoppar i elnätet”**.⁴

1.5 Syftet med projektet

Hur kan vi genom att använda smart styrning av värmepumpar och tänka fritt ifråga om affärsmodeller och kunderbjudanden, skapa nya typer av erbjudanden som lockar kunden till förbrukarflexibilitet inom en snar framtid?

⁴ Kungl. Tekniska Högskolan och Vattenfall Research and Development (2010), *Värmepumpars inverkan på effekttoppar i elnätet*

2 Trender och segmentering på konsumentmarknaden

”People are not consumer creatures, they are creative!”

*Mooly Eden, General Manager,
Intel*

2.1 Konsumenttrender

Idag fokuseras konsumenttrenderna mer på självförverkligande än basala behov. Konsumtionsdelen är underordnad och det finns tydliga exempel på hur dessa basbehov skall finnas utan att ta tid, samtidigt som den kreativa delen finns kvar:

- **Linas matkasse.** Jag får råvarorna till mig och behöver bara engagera mig i att laga till dem.
- **Spotify.** Jag har all världens musik tillgänglig och kan skapa mina egna låtlistor själv.
- **Minecraft.** Jag kan skapa min egen spelvärld på samma sätt som med Lego.

Självklart måste nyttan motsvara kostnaden för tjänsten, t.ex. matkassen får inte medföra att matnotan för hushållet ökar markant, å andra sidan kan jag värdera tiden som jag slipper ägna åt att handla mat. Men hur ser marginalerna ut för respektive del. Även om livsmedelsbranschen beskylls för bristande konkurrens och stora marginaler, så är branschens möjlighet till högre marginal betydligt större inom tjänstedelen av produkten.

2.2 Affärsmodellens olika delar

För att skapa relevanta affärsmodeller som kan acceptera marknadens alla aktörer krävs att det finns något för var och en att tjäna på. Man är inte heller beredd att spendera en krona för att tjäna en krona om det inte finns andra mervärden. Förtjänsten behöver dock inte alltid vara i reda pengar, ty enligt Maslov ökar de icke monetära värdena när de basala behoven är

tillgodosedda. Se t.ex. prisskillnaden mellan märkesvaror och andra produkter, som kläder, drycker, bilar etc.

- *Vem är vår kund?*
- *Vad är kundens problem?*
- *Hur adresserar vår produkt kundens problem?*

Ett annat sätt att analysera och innovera affärsmodellen är att se på dess separata delar enligt följande diagram.

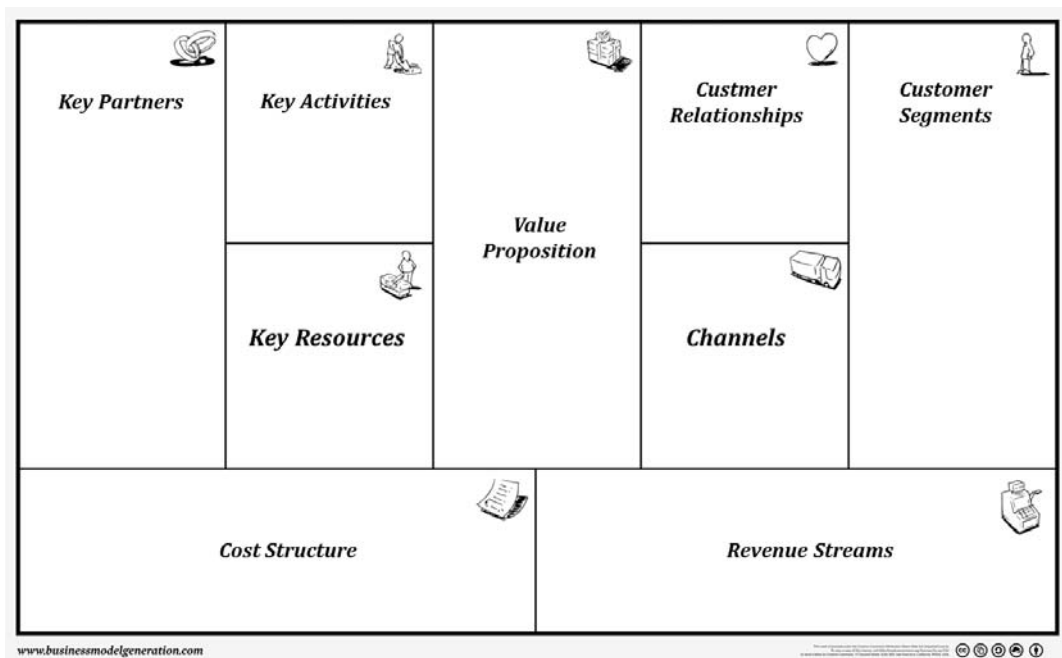


Fig. 7: Illustration av affärsmodellen enligt "the Business Model Canvas".

Diagrammet går under namnet "Business Model Canvas" och introducerades av Alexander Osterwalder 2004, som ett verktyg för att utveckla affärsmodellens alla delar.⁵ Den högra delen berör frågor om vilka segment man vänder sig till, genom vilka kanaler och hur man underhåller kundrelationen. I mitten ligger själva värderbjudandet, och till vänster finns de resurser som behövs för att kunna erbjuda detta. I figurens nederkant

⁵ Alexander Osterwalder (2004). The Business Model Ontology - A Proposition In A Design Science Approach. PhD thesis University of Lausanne.

illustreras kostnadsstrukturen för dessa resurser och intäkterna som kunderna genererar, en ekvation som förhoppningsvis ger positivt resultat.

2.3 Differentiering

Före att lyckas attrahera "våra kunder" måste vi tydliggöra vad vi står för och vilket mervärde kunden får av att vara kund hos oss. Det innebär t.ex. att i stort sett samma erbjudande paketeras på ett sådant sätt så att målgruppen blir attraherad av erbjudandet, genom att möta kundens problem mer individualiserat. Då pratar vi inte längre om de basala behoven som krävs för vår överlevnad utan om behov av mer subtil karaktär såsom trygghet, social status, självförverkligande osv. På det sättet skapar man också starkare band med kunden och blir mindre av en handelsvara.

2.4 Andra branschens affärsmodeller och kunderbjudanden

Att elhandelsbranschen behöver förnyas och förändras är det få som säger emot. Om det inte sker står vi för dörren inför en större konsolideringsfas där volym är det bästa konkurrensmedlet.

Det finns exempel på där nya aktörer lyckats slå sig in på en etablerad marknad, just genom att förändra affärsmodellen för sitt erbjudande, och där också skapat förutsättningar för bättre marginaler och fokus på andra fördelar än bara grundingrediensen i produkten.

Linus Matkasse

Linus matkasse är en tjänst som förutom att leverera mat hem (handla + transport) även ger menyer anpassade efter dina individuella behov. Det finns till och med liknande tjänster som skickar ett SMS när det är dags att sätta igång ugnen eller stoppa in maten i mikron. För detta kan de förutom att få bra marginal på basvaran, maten, även ta betalt för kringtjänsterna. Detta ger en trygg och varaktig marginal på produkten, samtidigt som kunderna (som har det behovet) får ett tydligt mervärde i form av fritid och mindre ångest över att behöva komponera menyer.

Spotify

Spotify har med sin tjänst kunnat leverera "all världens musik" till alla när man vill ha det och till en "låg" kostnad. Det finns till och med en reklamfinansierad gratisvariant. För 1200 kr om året kan kunden genom en enkel knapptryckning få låten han/hon hörde på hos kompisarna direkt till sin låtlista. Besväret med att ta sig till en skivaffär, komma ihåg vilken låt det var, hitta den och sedan köpa den är borta. Samtidigt har en social dimension lagts till där användaren via olika sociala medier kan dela låtlistor mm. I en förlängning har en hel bransch i stort sett uttraderats (skivaffärer) och ett antal mellanhänder fått en betydligt förändrad roll med mycket mindre makt (skivbolagen).

Det finns också exempel där etablerade spelare förstått behovet av förändring och anpassat sitt erbjudande i tid och därmed skaffat sig ett försprång framför sina tidigare konkurrenter.

Apple

Apple har vid upprepade tillfällen lyckats omforma marknaden genom att förändra sitt erbjudande. Man har dessutom gjort det med en rik variation på temat:

- Macintosh, datorn som hade ett grafiskt användbart gränssnitt och ny formfaktor. Prestanda var däremot inte påtagligt bättre (eller till och med sämre än samtida PC)
- iMac, genom ett nytt designspråk attraherade man återigen kunder trots att man inte hade bättre teknisk prestanda
- iPod, genom bättre användbarhet och sitt etablerade varumärke krossade man all konkurrens på mp3-spelarmarknaden
- iPhone, vem trodde att Apple skulle kunna bli en sån stor spelare på en så väletablerad marknad?
- iPad, en egentligen inte ny produkt, men timing och affärmodellen som utvecklades kring denna har skapat ett helt nytt segment som tar marknadsandelar av laptop-segmentet.
- ...?

2.5 Segmentering av konsumentmarknader

Klassiskt delas konsumentmarknaden i olika segment, dessa segment används av de flesta företag som vänder sig till konsumenter på en öppen marknad. Elmarknaden har och är fortfarande till viss del reglerad och upplevs som reglerad, både av elföretagen och konsumenterna. Det finns givetvis flera sätt och dimensioner att segmentera marknaden på, men vi väljer att illustrera den på den vanligaste segmenteringen.⁶

⁶ TNS-Sifo, Shopping Innovation (en segmenteringsmodell i ORVESTO® Konsument som utgår ifrån bakomliggande drivkrafter hos människor och hur dessa kan förklara konsumentbeteenden)



Fig. 8: Generell segmentering av konsumenter

Med denna segmentering så ska man alltid introducera produkter i någon av de tre segmenten selektiva (varumärkesfokuserade produkter), pionjärer (Nyheten) och prylgalna (Tekniken). När dessa marknader är etablerade kan man övergå till det största segmentet, avvaktande. Ansträngningen görs ej mot de avvisande när man vill förändra en marknad.

Det innebär att man måste bygga varumärke (Coca Cola, Absolut, Apple) eller ha en ny pryl att erbjuda (TomTom) eller både och (Apple iPad). Om man däremot väljer att visa kunderbudandet i en annan dimension så ser man att olika typer av produkter betyder olika mycket och kräver olika mycket engagemang i beslutsprocessen kring ett inköp och ägande. Om man vill förändra sin marknad ska man i första hand försöka ta sig vertikalt uppåt, genom att öka differentieringen utan att öka det långsiktiga engagemanget

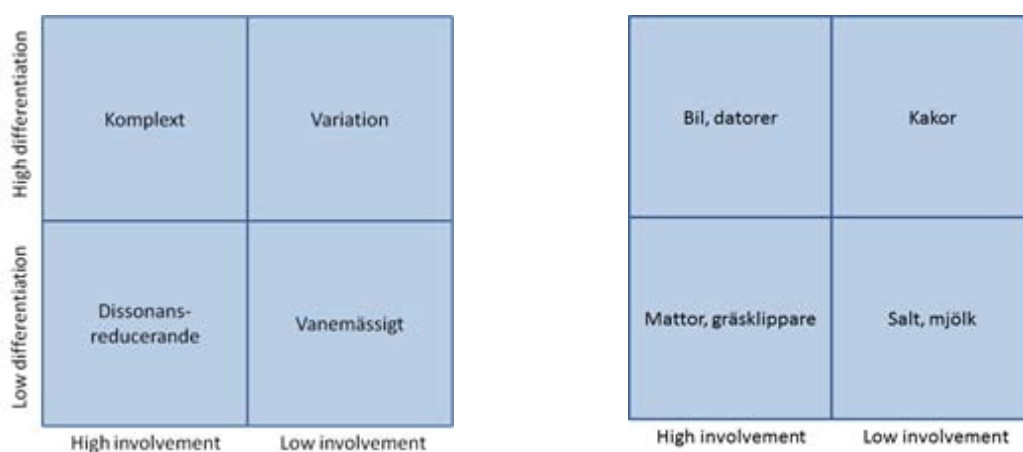


Fig. 9: Konsumenterbjudandets dimensioner och exempel på produkter

Förbrukningsvaror ligger allt som oftast längst ner till höger i diagrammet, om man inte lyckas leverera ett mervärde (genom t.ex. status, med varumärke, eller trygghet, t.ex. försäkringar).

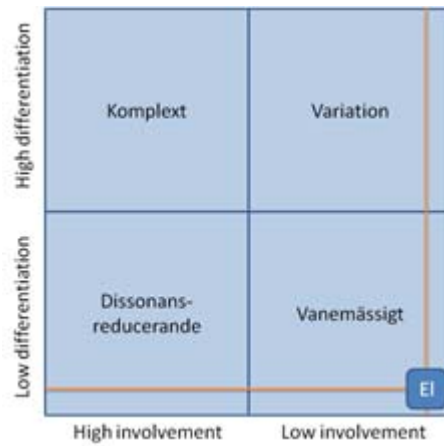


Fig.10: Produkten el infogad

Produkten el har idag väldigt låg differentiering och hos de flesta väldigt lågt engagemang.

3 Utveckling av elmarknadens erbjudanden

3.1 Kunderbjudandet idag

Attityderna till att välja elavtal spänner från "tråkigt" till "ångestframkallande" för de allra flesta. Det finns en uppsjö elhandlare att välja bland, med små eller obefintliga skillnader mellan merparten av deras erbjudanden. I grova drag är det kr/kWh och avtalslängd som kunden har att ställning till. Med detta i åtanke är det inte särskilt märkligt att människor i allmänhet inte tycker att detta är särskilt spännande. För att underlätta för konsumenten har olika prisjämförelsesajter växt fram, exempelvis elpriskollen.se



Fig. 11: Valen man står inför som elkonsument (från Elpriskollen.se)

På sidan kan man välja mellan olika typer av fasta priser - årsbasis, månadsbasis eller en kombination av dessa. För den miljömedvetne individen går det även att ta ställning till kategorin miljöavtal.

“El eller grön el, det är frågan...”

Syftet från El:s perspektiv är naturligtvis att stärka konsumentmakten och öka prispressen på elhandlarna. För andra jämförelsesajter som rankar elhandlarnas avtal är syftet kommersiellt, vilket uttrycks genom en avgift vid

förmedling av en elkund. Denna avgift ligger i samma storleksordning som den årliga marginal som elhandlaren har på kunden och utgör alltså ett betydande element i frågan om lönsamhet.

Konsumentmakt

Tycker man det är dyrt som elkund idag finns egentligen bara två val, sänk din energiförbrukning eller byt elhandlare. Genom att aktivt hela tiden välja den billigaste elhandlaren kan man som kund minimera det påslaget som elhandlaren gör. Med avtalsbyten når man däremot inte produktionskostnaden, energiskatten, momsen, elnätstariffen och andra avgifter - vilket sammantaget utgör den absoluta majoriteten av kundens faktiska elkostnad.

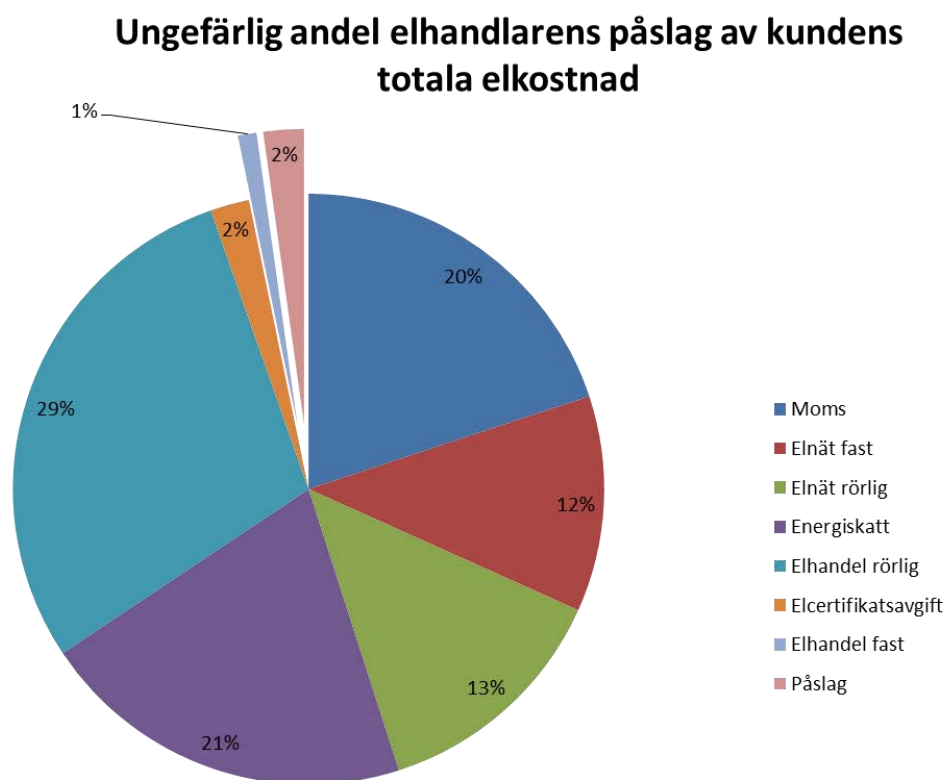


Fig. 12: Illustration av elkundens kostnadsstruktur

Även om det funnits en altruistisk elhandlare med 0 kr påslag på såväl kWh som fast avgift, skulle kunders elkostnad på det stora hela vara oförändrad - och kunden skulle fortfarande tycka att elen är alldeles för dyr. Till vem ska man då byta? Slutsatsen måste vara att prispress på elhandlarnas marginaler är ett trubbigt instrument och kan inte vara hela - eller ens den huvudsakliga - lösningen på frågan om ökad konsumentmakt.

“Konsumenten kan bara pressa elhandlarens marginal, resten ligger utanför dennes kontroll, vilket ger en känsla av maktlöshet”

Mot den bakgrunden måste man ifrågasätta varför antal avtalsbyten per år så ofta används som ett mått på hur väl fungerande marknaden är. Visst är det problem med helt passiva elkunder som placerats i ett alldeles för dyrt tillsvidadeavtal - och här får vi se vad EI kan göra för att förbättra situationen. Ändock ifrågasätter vi självändamålet i många avtalsbyten. Om en elhandlare lyckas höja kundnöjdheten och på den vägen skapa lojala och varaktiga kundrelationer - på vilket sätt är det någonting negativt för elmarknaden?

Vad tycker villaägarna?

I den offentliga debatten menar många villaägare att de saknar möjlighet att **påverka sin uppvärmningskostnad och är "i händerna på elbolagen"**. Undersökningar visar att kunderna är mottagliga för prisinformation och från politiskt håll vill man ge konsumenterna mer makt över sin elkostnad. Lösningen för dagen heter timmätning (egentligen timavräkning och timdebitering). Timmätning löser i sig inga problem om man inte ger kunden rätt verktyg. Vi anser att möjligheten att se när man ska koka kaffe eller dammsuga för största kostnadsbesparing (vilket är klockan tre på natten) är exempel på att försöka spika i en skruv. I dagsläget är det emellertid just så som många försöker sälja in reformen, bland annat i en artikel i Dagens Nyheter under vintern.⁷ Där visar man på potentialen i att förändra sitt användningsbeteende med el kan **"spara tusenlappar"**. Tyvärr gör journalisten en radikal felräkning då man extrapolerar det dyraste och mest volatila dygnet till besparingar på hela året...

Vi menar att det är ganska höga förväntningar om man menar att vardagen för den vanliga människan i någon större utsträckning kommer att styras av elpriset, när besparingen av att skjuta på dammsugningen ett par timmar bara ger några ören (vilket är fallet alla dagar om året utom de absolut dyraste). Självklart är detta ändå ett steg i rätt riktning, men det är samtidigt att sila mygg och svälja kamelerna. Den enskilt största förbrukaren i konsumentled är uppvärmningen, och det är den som dessutom är kostnadsdrivaren på marknaden, då i stort sett all annan förbrukning är jämt fördelad över året.

⁷ <http://www.dn.se/ekonomi/timpris-pa-el---spara-flera-tusen-om-aret>

Riktig kontroll kan inte konsumenterna få förrän vi ger dem ett verktyg som sköter pris och energioptimering åt dem, dygnet runt och året runt och dessutom med hänsyn tagen till deras individuella förutsättningar och önskemål.

3.2 Nya konsumenttrender på elmarknaden

Den allmänt rådande uppfattningen är alltså att kostnad är den viktigaste faktorn för elkunden. Detta stämmer säkert för majoriteten av elkunderna, men man kan också välja problematisera påståendet något. Vi menar att **branschen formar och "utbildar" sina konsumenter** - avsiktligt eller oavsiktligt - och eftersom priset och avtalslängd traditionellt sett varit de enda faktorerna för kunden att ta ställning till är det inte märkligt att detta är vad man svarar är viktigt i konsumentundersökningar. Det är svårt att som kund föreställa sig och ta ställning till erbjudanden som inte finns idag. Vem hade trott att Facebook skulle bli en så integrerad del av samhället för 5 år sen?

Ett något bredare och framåtblickande perspektiv togs i en stor global konsumentundersökning genomförd av Accenture.⁸ Där kan man läsa att många konsumenter ...

- ...i första hand säger sig sträva efter ekonomisk besparing
- ...vill att **förbrukarflexibilitet** och energieffektivisering skall ske automatiskt
- ...vill att lösningen skall vara anpassad för det individuella hushållet.

När det gäller den individuella anpassningen så är konsumentens största problem att kunna välja och prioritera bland alla energispartips som florerar. Man vill helt enkelt veta om var ska **jag** börja och **vem** ska jag kontakta för att utföra åtgärden. Vi menar att oförmågan att prioritera och fatta beslut om lönsamma energisparåtgärder är det största hindret till hushållens vidare arbete med energieffektivisering.

“Enklast är att göra ingenting alls eller möjligtvis som grannen gjort.”

Dock går elhandelsbolagen den motsatta vägen, genom att försöka engagera konsumenten i ett väldigt basalt behov. Det är i och för sig bra i ett kort perspektiv, men hur är synen på satsningar som EnergyWatch och Eliq om tre år? Om man ser till tidigare kampanjer innebär det att så fort man slutar prata om det försvinner intresset om inte de ekonomiska incitamenten är

⁸ Revealing the Values of the New Energy Consumer, Accenture end-consumer observatory on electricity management 2011

tillräckligt stora (se t.ex. "Håll Sverige Rent" och liknande folkkampanjer). Ett annat fenomen är att man tröttnar, vilket just nu är på väg att hända med hemmarfixartrenden, trots otaliga TV-program, tidningar mm.

Trenden inom energiområdet borde i stället vara att avlasta kunden i detta och ta betalt för tjänsten. Då först får vi varaktighet i åtgärderna. Om man dessutom kan leverera individuella råd om ytterligare åtgärder med en "kontakta mig" funktion, skulle avlastningen i besluten ge konsumenten en välvillig knuff i rätt riktning att faktiskt agera.

3.3 Segmentering av elmarknaden

Om man applicerar teorierna om segmentering och differentiering på elhandeln måste man antingen bygga varumärke (GodEl, Telge etc.) eller ha en ny pryl att erbjuda (Energy Watch, Eliq) Så här långt är allt som det ska. Om man däremot väljer att visa kunderbudandet i den andra dimensionen så ser man att el som vara är en produkt med väldigt låg differentiering och väldigt låg involvement och idag dessutom har låg differentiering (längd på bundet pris, miljöel).

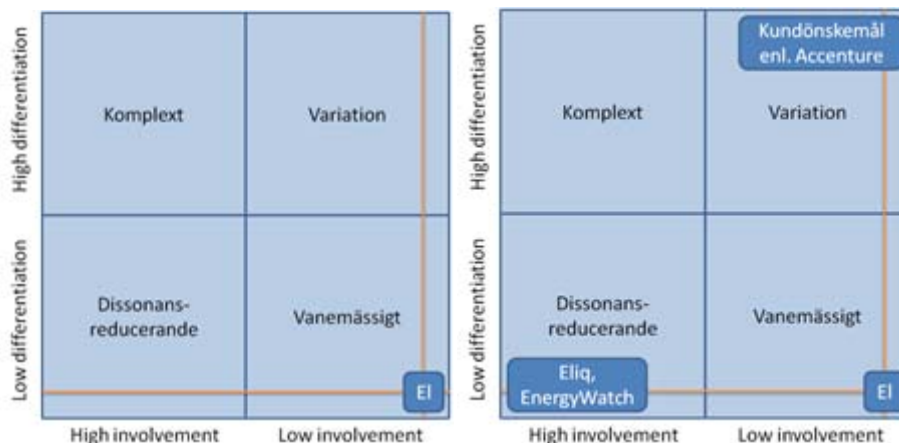


Fig. 13: Nya erbjudanden på elmarknaden

Vad vi kan se är att de nya erbjudanden vi ser idag (förutom miljöaspekten) går i en helt annan riktning än vad konsumenterna vill enligt Accentures undersökning. För att tillfredsställa en större grupp kunder måste alltså erbjudandena ha högre grad av (och tydligare) variation och samtidigt inte kräva något större långsiktigt engagemang av kunden. Exempel på detta inom energiområdet är värmepumparna. Kunden behöver bara engagera sig vid installation men sedan sköter den sig själv, eller rättare sagt - man vågar inte röra den.

3.4 Innovativa kunderbudanden/affärsmodeller för elmarknaden

Nedan följer ett par exempel på mer eller mindre innovativa/radikala affärsmodeller för elmarknaden.

Sluta sälja kWh! "flatrate" på el.

- Skulle kunna vara genomförbart för lägenheter
- Uppmuntrar dock till konsumtion, problem ur miljösynpunkt
- Onekligen bekvämt för konsumenten, och liknar hur försäkringsbolagen säljer in sina försäkringar.

Vi värmer ditt hus punkt slut! "köp temperatur"

- Sälja komfort -> relevant för kunden
- Tar bort incitamenten för energieffektivisering hos kund, om man inte ger ytterligare möjligheter till påverkan, t.ex. rabatt efter åtgärder (jämför försäkringsbolagens villa/hemförsäkring med rabatt för larm, fuktvakt, vattenfelsbrytare etc.)
- Kunden slipper risken, elhandlaren agerar försäkringsbolag för uppvärmningen
- Kräver separat mätning på värmesystemet

Köp ett kylskåp – elen ingår på köpet!

- Exempelvis vitvaror eller hemelektronik
- Eller tjänster (Swedbank-el)

Mikroproduktionsbolaget

- Bankmodell med insättningar och uttag av energi istället för pengar.
- Implementeras redan idag till viss del

Det minimalistiska elbolaget

- Ta bara en fast avgift på avtalet och inköpspris på elen.
- Enklaste hemsidan och elräkningen
- Enkelt att teckna abonnemang och ingen bindningstid
- Målgruppen är lägenhetsinnehavare
- **Konkurrensfördel är låg tröskel, inga krångel, ev. slänga på ett "skönt varumärke" likt Halebop på mobilområdet riktat till unga. Schysst el, helt enkelt!**

Energieffektiviseringsbolaget A (inget påslag)

- Eliminera påslaget på kWh, bli en trovärdig partner i kundens energieffektivisering
- Är neutral inför kundens fortsatta energieffektivisering
- Viss minskning i incitament för kunden att energieffektivisera, men endast den rörliga marginalen på elen
- Merförsäljning och/eller partnerskap
- Serviceavtal
- Trovärdig rådgivning

Energieffektiviseringsbolaget B (ingen fast avgift)

- Stor rörlig del som ökar incitamenten för kunden att spara
- Svårare att göra lönsamhetsbedömningar på energitjänster
- Merförsäljning och/eller partnerskap
- Serviceavtal

Utifrån affärsmodellerna ovan, vilka tekniska lösningar krävs för att möjliggöra dem?

Smart styrning av värmesystemet

Vi menar att en smart styrning av värmesystemet kan stärka flera av ovanstående uppslag till affärsmodeller och vara en möjliggörare till nya affärsmöjligheter. Anledningen till detta är att man med en sådan infrastruktur kommer närmare kundens egentliga behov, som handlar om komfort och trygghet snarare kWh. Uppvärmningssystemen ute i hushållen fungerar också allt annat än optimalt och det finns därför förtjänster att nå. Dessutom stärks den långsiktiga relationen vilket kan vara en bas för nya framtida intäkter. Slutligen kan elhandlaren på så sätt också ta hand om förbrukarflexibiliteten så att kunden kan tänka på annat än hur elmarknaden varierar, vilket är hela utgångspunkten i projektet.

Mot den bakgrunden vore det intressant att få till stånd en sådan teknisk plattform.

4 System för förbrukarflexibilitet

4.1 Husets värmedynamik

För att lägga grunden för en smart styrning av värmesystem som är kapabel till förbrukarflexibilitet är det viktigt att ha god förståelse av fastighetens värmedynamik. Detta då den tillgängliga flexibiliteten i stor utsträckning avgörs av hur snabbt fastigheten avsväljar om uppvärmningen minskar.

Med värmedynamik avses en beskrivning av temperaturer och energiflöden i ett system.

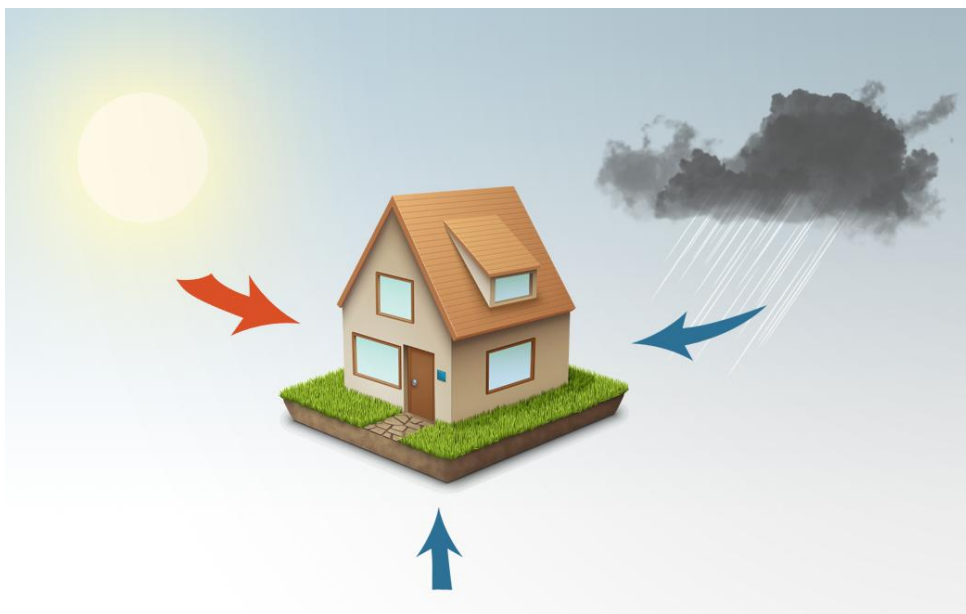


Fig. 14: Husets värmedynamik

4.2 Modellering

En modell av en byggnads värmedynamik kan användas för att förutspå temperaturen vid en given tidpunkt på en given plats i byggnaden. En fullständig modell skulle innefatta ett oändligt antal partiella differentialekvationer. För att nå en användbar modell måste systemet diskretiseras. Hur många parametrar som måste beaktas bestäms av kravet på noggrannheten i förutsägelseerna. Oftast handlar det om att man vill veta lufttemperaturen i en zon och då måste man söka rätt på de parametrar som har störst inverkan där. Dessa innefattar, förutom utomhustemperatur och tillförd effekt, luften och klimatskalets, dvs. väggar och fönsters, egenskaper.

Värmeförlusterna genom väggen kan som en approximation modelleras med en värmebalans mellan inomhus- och utomhustemperaturen. Det är då dess motstånd R som beskriver hur väl isolerad väggen är. I byggbranschen i Sverige pratar man oftare om dess invers $U = 1/R$, där ett lågt värde alltså indikerar en välisolerad yta. Exempelvis har en vanlig yttervägg (regelvägg äldre än 70-tal) U -värde 0.3 - 1.0 [] medan en yttervägg hos ett nytt lågenergihus kan ligga så lågt som 0.1 - 0.2 []

Mer sofistikerade verktyg för att studera dynamiken i uppvärmning och avsvälning – och således potentialen för förbrukarflexibilitet – är särskilda byggnadssimulatorer, så som *International Building Physics Toolbox* (IBPT). Detta simuleringsverktyg är resultatet av samverkan mellan forskare vid Chalmers (CTH) och Danmarks Tekniske Universitet (DTU).⁹ Verktöget är integrerat med MATLAB/Simulink vilket utgör en stor fördel eftersom det för med sig en transparens gällande vilka bakomliggande ekvationer som används och en oöverträffad flexibilitet för den avancerade användaren.

Själva simulatoren består av ett bibliotek av block som var för sig beskriver olika komponenter av ett hus (väggar, fönster, golv, etc.). Användaren kan med hjälp av dessa block designa olika simuleringsobjekt och även lägga till egna block för sina behov. Den allmänt tillgängliga versionen har emellertid inte utvecklats nämnvärt under de senaste åren.

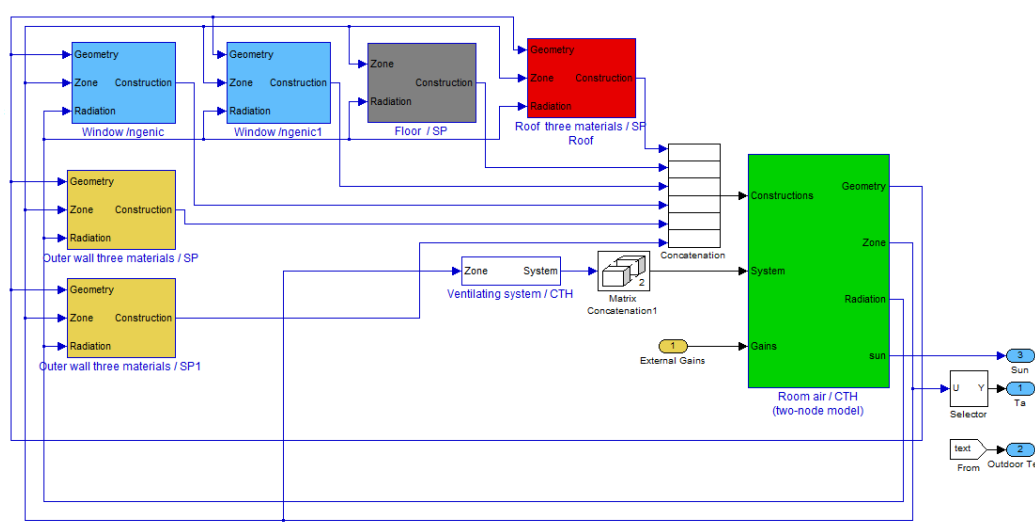


Fig. 15: Exempel på ett komplett simuleringsobjekt i IBPT/H-Tools

⁹ Angela Sasic Kalagasidis. *HAM-Tools - An Integrated Simulation Tool for Heat, Air and Moisture Transfer Analyses in Building Physics*.

På den lägsta nivån beskrivs blocken i IBPT av de klassiska sambanden för värmebalanser, se figur 16.

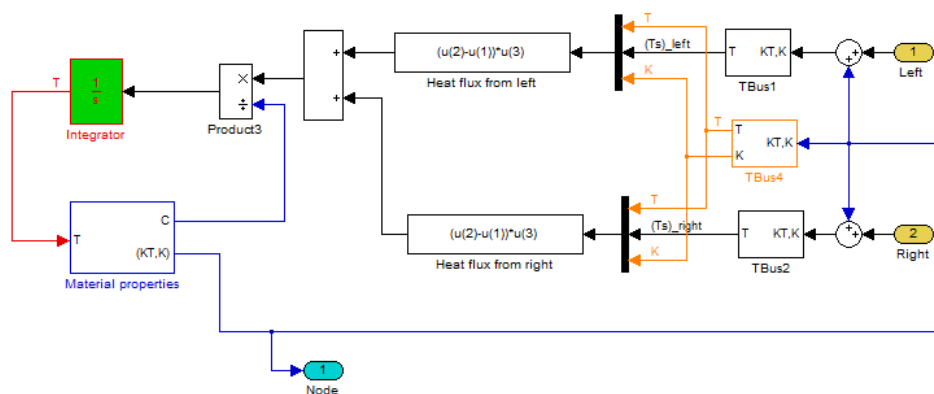


Fig. 16: Värmebalans mellan noderna "Left" och "Right"

Baserat på simuleringsverktyg som ovan beskrivna IBPT kan man ta fram modeller som lämpar sig för reglering, som är tillräckligt bra utan att vara omotiverat komplexa. Genom att experimentera i IBPT kan man modellera fastigheter som skiljer sig avseende uppvärmningsbehov, värmeförmåga, solkänslighet etc.

4.3 Reglering

I detta projekt har regleringen skett på modeller som tagits fram enligt den metodik som beskrivs ovan som en del av arbete vid Uppsala universitet och ngenic AB. Beskrivningen här ska läsas som en konceptuell bakgrund snarare än en fullständig redogörelse av komplexiteten i ämnet.

Regleringen använder en modell som matas med mätningar i fastigheten, omfattande rumstemperaturer, ljusnivåer och utomhustemperatur. För att till fullo utnyttja all tillgänglig information använder regleralgoritmen även väderprognoser från YR.no för det närmaste dygnet. Med denna information kan algoritmen beräkna vilken temperatur framledningssystemet måste ha för att upprätthålla önskad komfort.

Algoritmen beräknar även när den ska göra avsteg från den annars perfekta framledningstemperaturen. Detta sker kontinuerligt vid variationer i en prissignal – som både kan svara mot elspot så väl som tidsdifferentierade nättariffer. Algoritmen reagerar på annalkande prishöjningar genom att den värmer fastigheten lite mer än vad som krävs timmarna innan, för att därefter kunna svalna sig igenom den dyrare perioden. Detta sker automatiskt och magnituden av höjningen/sänkningen avgörs i varje enskilt fall. Timmarna efter kan en viss "återvärmning" ske.

Utöver den kontinuerliga regleringen av uppvärmning används mätningarna för att iterativt förbättra modellen av fastigheten. Detta är en process som går långsammare än den aktiva regleringen. Processen innebär att systemet i någon mening är självlärande, med en på sikt förbättrad modell som också resulterar i en vassare reglering av uppvärmningen. Skälet till att självlärande egenskaper är eftersträvansvärt är att fastigheter skiljer sig mycket åt – och det vore omständligt och dyrt att göra byggnadsinspektioner eller motsvarande av respektive småhus för detta ändamål. En annan attraktiv egenskap är att man med självlärande system kan hantera faktumet att människor kommer fortsätta att energieffektivisera sina hem och därmed succesivt förändra förutsättningarna för regleringen.

Se figur 17 för en konceptuell översikt av hela regleringen.

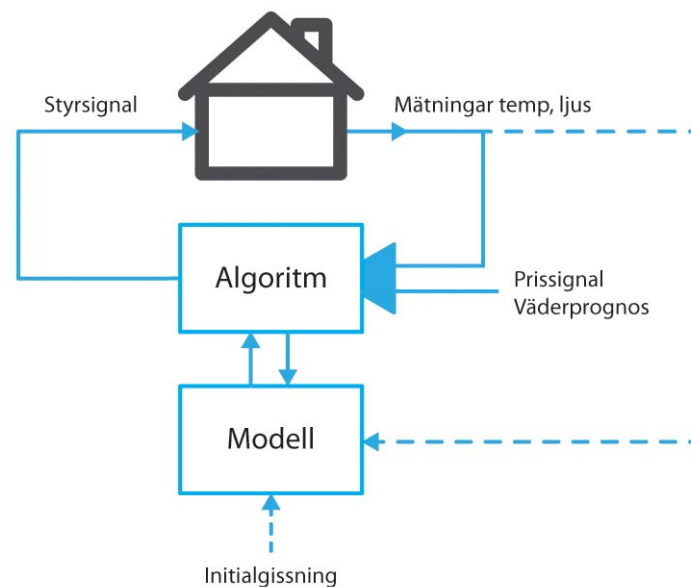


Fig. 17: Informationsflödet i regleringen består av två loopar

4.4 Hur mycket last kan man flytta teoretiskt?

Värmebehovet för en fastighet har ett approximativt beroende av rådande utomhustemperatur. Vid en reduktion av den tillförda effekten sjunker inomhustemperaturen proportionellt till värmeunderskottet (antal kWh värme). Eftersom den effekt som lämnar byggnaden är beroende av skillnaden mellan inomhus- och utomhustemperaturen så kommer den bortförda effekten vid en lastreduktion att minska ju lägre tiden går. Det innebär att den tid som en lastreduktion kan pågå ökar exponentiellt med det temperaturintervall som kan tillåtas.

Exakt hur snabbt denna avsvälning sker vid en lastreduktion – och således fastighetens kapacitet till laststyrning – avgörs av rad parametrar, där den förmodligen viktigaste är husets täthet. I ett otätt hus kommer luften kylas av snabbt, även om det finns en betydande tröghet i byggnadsstommen. Andra viktiga faktorer är isoleringsgrad och byggnadstyp. Ett tungt stenhus har till exempel större potential att flytta last jämfört med ett lättare trähus, eftersom det finns en större tröghet i systemet.

Nedan visas en figur som beskriver avsvälningen i ett hus där värmesystemet har stängts av vid 0 graders utomhustemperatur.

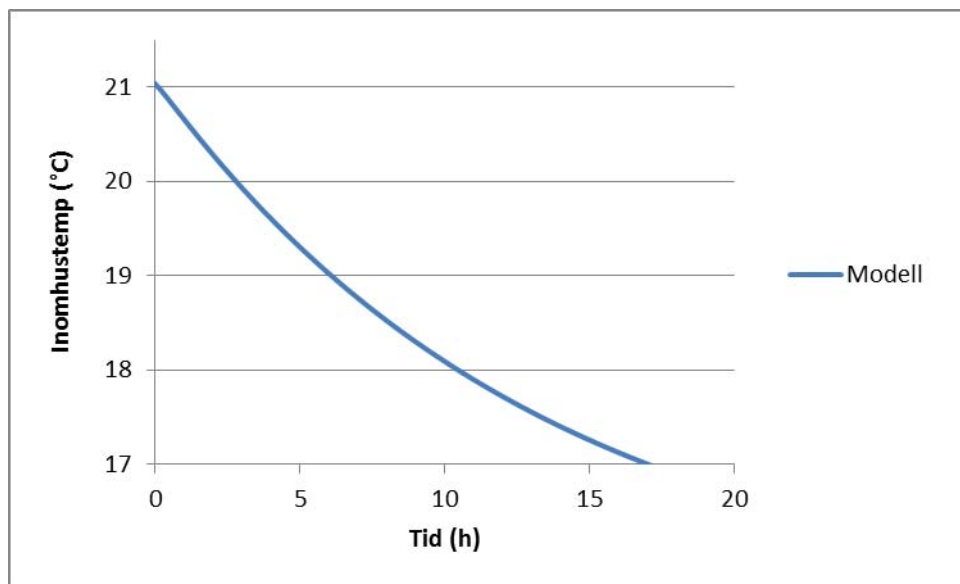


Fig. 18: Modellförutsägelse för avsvälning

Skattningar baserade på typiska tidskonstanter samt simuleringar genomförda i IBPT/H-Tools visar att en normalstor villa har en tröghet som möjliggör att man kan plocka bort i storleksordningen 10 kWh värme innan inomhustemperaturen sjunker med 1 °C. Detta gäller approximativt över hela spannet av utomhustemperaturer, dvs. det spelar ingen roll om man plockar bort 10 kWh när det är -20 eller 0 °C ute, det som är viktigt är hur stort energiunderskott som skapas.

Utomhustemperaturen har däremot en stor inverkan på den praktiska möjligheten att över huvud taget styra undan värmelast. Vid milda utomhustemperaturer är effektbehovet lågt vilket begränsar den möjliga laststyrningen – **”man kan inte flytta vad som inte finns”**. Däremot kan en lägre effekt fortfarande styras undan under ett långt tidsspänn. Vid kallt väder finns ingen begränsning av detta slag.

Generellt ökar alltså spelrummet vad gäller laststyrning med sjunkande utomhustemperatur. Detta gäller dock bara ner till en viss gräns. När

temperaturen nått en så låg nivå att effektbehovet är större än vad värmesystemet klarar av att leverera så sjunker laststyrningsförmågan igen. Denna dimensionerande temperatur (DUT) varierar från cirka -15 i söder till ner emot -38 i norr.

Från villor med elbaserad uppvärmning, vare sig det är värmepump eller elpanna, är det alltså inte att förvänta mycket högre effektuttag vid extrema köldknäppar jämfört vid vad som kan klassas in som normala köldknäppar. Vad som istället händer är att det blir något lägre inomhustemperatur. Man kan också generellt sett förvänta sig att användningen av andra uppvärmningsalternativ ökar vid kallare temperaturer.¹⁰ Om värme tillförs genom till exempel en braskamin vid kalla utomhustemperaturer så förlängs den tid som en laststyrning kan vara markant. Något som också skulle påverka laststyrningsmöjligheten kraftigt vore om ventilationen kunde styras ned, så att luftomsättningen under laststyrningen sänks.

| <i>Flyttad värmelast per dygn (kWh)</i> | <i>Tillfällig sänkning av inomhustemperatur (Liten/otät villa)</i> | <i>Tillfällig sänkning av inomhustemperatur (Stor/tät villa)</i> |
|---|--|--|
| 0-10 | 0-1,0 °C | 0-0,5 °C |
| 10-15 | 1-1,5 °C | 0,5-0,75 °C |
| 15-25 | 1,5-2,5 °C | 0,75-1,25 °C |
| 25+ | >2,5 °C | >1,25 °C |

Tabell 1: Förväntad temperaturpåverkan vid lastförflyttning

Vid en lastreducering kan man, om det finns effekt tillgänglig i värmesystemet, välja att göra en förvärmning. En kortvarig höjning hinner dock inte påverka den tröga massan nämnvärt utan det är i stort sett bara luften som hinner värmas. Detta innebär att avsvälningen initialt kommer vara betydligt snabbare jämfört med om temperaturen hade varit högre under en längre tid, eftersom luftomsättningen snabbt transporterar bort extraenergin.

¹⁰ C. Dahlström, E. Eriksson, P. Fritz, P. Lydén, *"Framtagande av effektprofiler samt uppbyggnad av databas över elanvändningen vid kall väderlek"* – Elforsk rapport 11:12

Elpanna

För en elpanna svarar 1 kWh el direkt mot 1 kWh värme. Detta innebär att den styrbara effekten ökar linjärt med sjunkande utomhustemperatur ned till DUT. Ett hus med egenskaper som i fig. 17, med ett effektbehov på 10 kW vid DUT kan alltså vid denna temperatur stänga av värmeförsörjningen helt under en timme utan att inomhustemperaturen sjunker med mer än 1 grad.

Nedanstående figur visar, för hushåll med elpanna och effektbehov 10 kW vid DUT, hur många kWh/timme (dvs. medeleffekt) som man kan flytta under 1-3 timmar utan att temperaturen sjunker med mer än 1 grad.

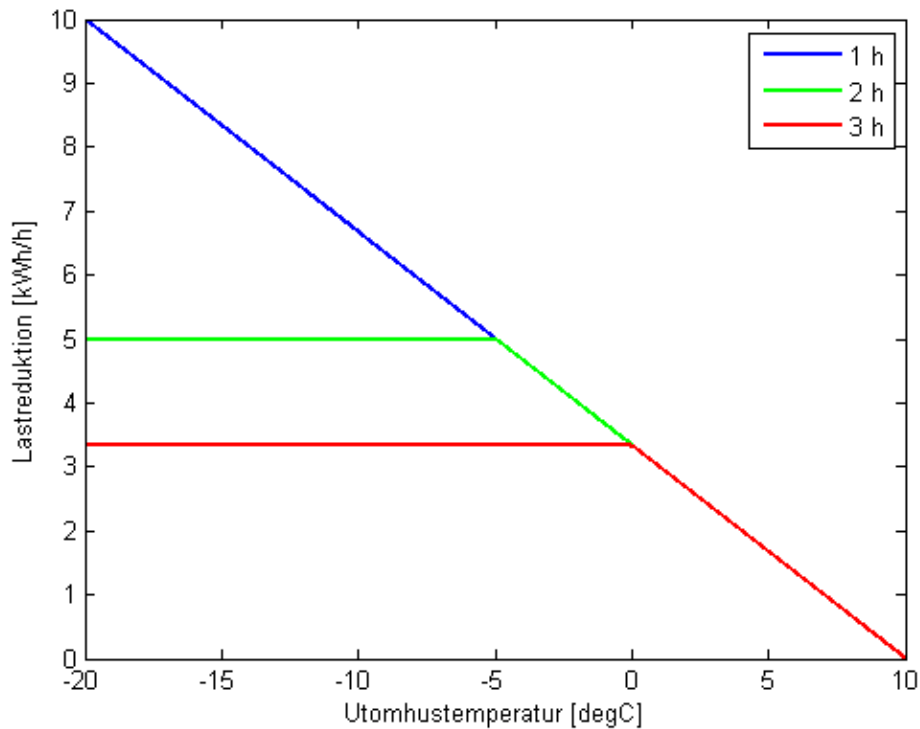


Fig. 19: Genomförbar lastreduktion som funktion av utomhustemperatur

Värmepump (berg/jord/sjö)

En bergvärmepumps verkningsgrad påverkas indirekt av vilken utomhustemperatur som råder. Detta gör att effektstyrningspotentialen inte längre varierar linjärt med utomhustemperaturen. Nedan visas en bild av hur effektbehovet för ett värmesystem med bergvärmepump varierar med utomhustemperaturen.

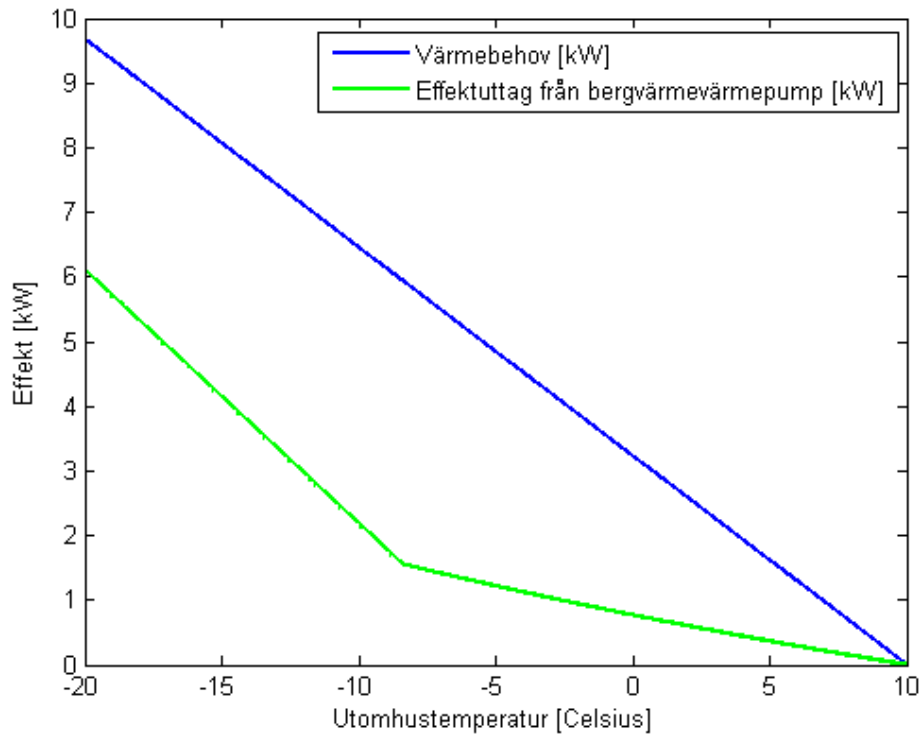


Fig. 20: Jämförelse mellan värmebehov och effektuttag för bergvärmepump

Huset som simulerats representerar en villa på 180 m² uppvärmd yta med god isolering. Dimensionerande utetemperatur är i det aktuella fallet -21 grader och effektbehovet för att hålla inomhustemperaturen på 21 grader är då cirka 10 kW. Värmepumpen har här antagits ha en täckningsgrad på 70 %.

Det intressanta med bergvärmepumpen är den brytning som syns i kurvan vid -8 grader. Den uppstår då kompressorn inte längre räcker till för att täcka värmebehovet och elpatronen börjar gå in för att stötta. All extra effekt som tillförs därefter har alltså samma verkningsgrad som en elpanna. Detta leder till ett intressant fenomen. Att skapa ett värmeunderskott på 4 kWh/h vid 0 grader ger alltså en lastreducering på 1 kW, medan samma värmeunderskott vid -20 grader ger en lastreducering på 4 kW.

4.5 Systembeskrivning

För att utföra den ovan nämnda styrningen har ett prototypsystem för datainsamling och styrning tagits fram.

Systemet består av tre olika typer av komponenter. Två av dessa typer, **sensornoder** och **centralenhet** finns i det enskilda hushållet. Varje hushålls

centralenhet kommunicerar i sin tur med en central *server*. Se schematisk figur nedan.

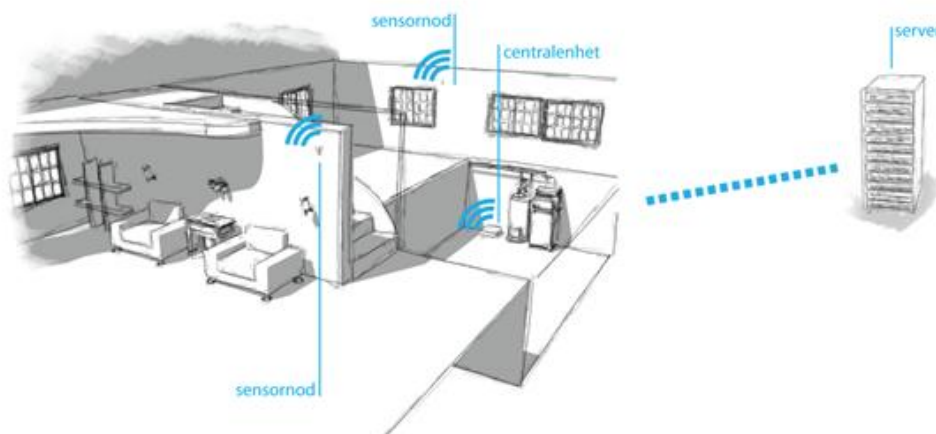


Fig. 21: Hushåll med installerat system

En detaljerad beskrivning av systemets komponenter och utformning återfinns i Appendix **8.3 "Systemkomponenter"**.

5 Fälttestet

5.1 Syfte

Värdet av att genomföra autentiska fälttester kan inte överskattas. Utöver en verifiering av de förväntade nyttorna var syftet att fånga upp riktiga kundreaktioner och samla in installationserfarenhet, som är helt avgörande för utvecklandet av nya erbjudanden.

Förväntade nyttor

De förväntade nyttorna som skulle verifieras och om möjligt kvantifieras var följande:

- Energieffektivisering
- Förbrukarflexibilitet
- Komfortpåverkan

Äkta kundreaktioner

Ett av de viktigaste syftena var att dokumentera kundernas upplevelser av den här typen av system avseende såväl drift som installation. Även om testpiloterna anmälde sig frivilligt och därmed borde vara förberedda på att ha installatörer hemma varierar antagligen deras upplevelse av detta, och dessa synpunkter ville vi fånga upp.

Dessutom var vår avsikt att låta kunderna som fått delta i fälttestet göra egna inspel om tänkbara förbättringar. Deras synpunkter är särskilt värdefulla då deras svar inte är hypotetiska utan bygger på faktiska upplevelser av den här typen av system.

Praktisk installationserfarenhet

Systemet var förvisso utvecklat för att kunna köras på ett stort antal olika värmepumpar men ytterligare faktorer och moment var okända innan installation. Exempelvis skillnader i rördragning, placering av rördragning och husets planlösning var intressanta aspekter att undersöka. Det övergripande målet var att få en bild av komplexiteten vid installationstillfället och kartlägga oväntade problemfaktorer och flaskhalsar.

5.2 Genomförande och resultat

Installationsförfarande

En typisk installation började med att personal från Elverket El Vallentuna AB och ngenic AB samtalade med testanvändaren om syftet med projektet, vad installationen skulle innebära och vad som skulle ske framöver. Därefter kartlades fastigheten för att identifiera lämpliga rum att placera sensorer i, samt lokalisering av bergvärmepumpen.

Medan den ena installatören gjorde inspektionen påbörjade kollegan konfigureringen av systemet för det aktuella huset. En ny användare registrerades på servern och information om bland annat värmesystemet matades in (märke och modell). Lösernordet till kundens trådlösa nätverk lades in på centralenheten vilket krävdes för att prototypsystemet skulle få åtkomst till internet.

Slutligen gjordes en sammanfattning och en återkoppling till testanvändaren, som också fick berätta om de haft några problem med värmesystemet som var bra att känna till. Kontaktuppgifter lämnades också, dit användaren kunde höra av sig med eventuella frågor.

Utmaningar vid installation

Tidsåtgången för installationerna varierade kraftigt beroende på förutsättningarna. Även om två kunder har samma modell på värmepumpen finns det en uppsjö andra parametrar som kan skilja. Vissa kunder kan till exempel ha värmepumpen mycket lättillgängligt medan andra har den i trånga utrymmen som gör att det blir svårare att utföra installationen.

Vid testets inledande skede uppdagades det största och mest genomgående problemet. Vid försökets anmälan hade deltagarna fått svara på frågan om de hade tillgång till internet hemma. Det visade sig att ett flertal av deltagarna endast hade mobilt internet via 3g-nätet. Detta innebar att det saknades ett lokalt nätverk för centralenheten att koppla upp sig mot, vilket gjorde att installationerna fick skjutas på framtiden till dess att en lösning tagits fram.

Ett annat problem, som var gemensamt för i princip alla deltagare men som dock uppdagades något senare, var mätningen av elförbrukningen. Ursprungligen mättes förbrukningen via blinkdioden på elmätaren via en blinkdetektor som placerades över dioden. Den elmätare som var vanligast förekommande i försöket hade en upplösning på 10000 imp/kWh. Över dioden satt ett plomberat glas som skapade ett 1 cm långt avstånd mellan dioden och avläsaren. Kombinationen av den högre blinkfrekvensen (jmf. 1000 imp/kWh) och avståndet gjorde att signalen i blinkdetektorn blev väldigt svag. I de fall då avståndet mellan elmätarskåpet och centralenheten var väldigt långt blev signalen svåravläst och därmed opålitlig. Genom att få tillgång till den s.k. S0 utgången på elmätaren kunde detektorn kopplas direkt

i mätaren vilket löste problemet. En lättillgänglig kundport för lokal avläsning av elmätaren skulle förenklat installationen väsentligt.

En generell erfarenhet är att de inledande installationerna tog lång tid, medan de senare installationerna gick väsentligt mycket snabbare. Slutsatsen är att man som installatör arbetar upp en metodik och kunskapsbank som är otroligt viktig för att kunna ge kunden en bra upplevelse.

Drift av systemet

Under driften av systemet gick det att granska temperaturerna i respektive rum, elförbrukning, utomhustemperatur etc. via kundinterfacet. Förutom kunden hade även vi som systemadministratörer insyn för att kunna övervaka så att systemet skötte sig. Det var dock ett temporärt system som hade sina brister. **Särskilt i början var det bl.a. svårt att "scrolla" genom historiken, men funktionaliteten förbättrades succesivt under fälttestet.** Se figur 22 nedan för ett exempel på användarvyn.



Fig. 22: Delvy av användargränssnittet för fälttestet

Regleringen baserades som beskrivits i kapitlet ovan på modeller av värmedynamiken. Förhoppningen var att modellen allt eftersom mer mätningar samlades in skulle bli markant bättre, men denna funktionalitet var i dessa testhushåll otidlig. Det var svårt att urskilja vilken inverkan det hade på styrningen. Mer arbete och dataunderlag skulle behövas för tydligare resultat.

Behovet av 3G-modem för en del av kunderna samt några mjukvarubuggar, gjorde att vi blev tvungna att besöka några kunder mer än en gång. När

något fel också uppstod visade sig prototypsystemet också vara något svårt att felsöka, särskilt avseende kommunikation/nätverks-problem.

Systemet var beroende av internetuppkopplingen för att ladda hem priser och väderprognoser. Vid de tillfällen denna uppkoppling tappades var systemet designat för att kunna arbeta med gammal data en stund (ca 6 h) men därefter gick styrningen tillbaka till en enklare metodik. Loggningen av mätvärden, som också krävde en uppkoppling mot internet, saknade dock denna typ av redundans. Prototypsystemet hade behövt en lokal mellanlagring av mätvärden vilket skulle ha minskat antal onödiga bortfall av data på servern vid kortvariga internetproblem.

Avinstallation och uppföljning

Vid avinstallation samlades sensorerna in från respektive rum. I de fall kabeldragning gjorts från elmätarskåpet demonterades även denna. Slutligen kopplades centralenheten ur värmepumpen. När detta gjordes återgick styrningen av värmepumpen automatisk till den som rådde innan fälttestet påbörjades.

I samband med fälttestets avslutande skickades det även ut en inbjudan till en workshop i Elverkets lokaler i Vallentuna, där deltagarna skulle få möjlighet att lämna sina synpunkter och förslag på förbättringar. **Se "5.3 Workshop med deltagarna" nedan.**

En tid efter att fälttestet avslutats skickades kundanalyser ut till respektive deltagare. Dessa rapporter var individuellt anpassade men genererades semi-automatiskt genom den data som samlats in. Vi kunde i vissa fall ge specifika åtgärdsförslag, medan det i andra fall räckte att bekräfta att statusen på uppvärmningssystemet såg bra ut. Mottagandet av dessa små rapporter var mycket positivt och slutsatsen är därför att detta är en inte oväsentlig kundnytta hos denna typ av system. **Se appendix "8.4 Kundanalyser"** för exempel.

Energieffektivisering

Förbättrad reglering av uppvärmningen sänker energiförbrukningen på flera olika sätt. Framför allt möjliggör en jämnare temperaturreglering att man som användare kan välja en generellt sett lägre inomhustemperatur utan att det exempelvis blir kallt varje morgon. Dessutom kan temporära övertemperaturer orsakade av extra värmekällor undvikas, vilket ger ytterligare besparingar.

I flera av hushållen valdes ett börvärde som var lägre än det genomsnittliga värde de hade innan systemet installerades. Hos dessa lyckades systemet hålla en lägre men jämnare temperatur, ca 0.7-1.3 °C, och därmed

uppstod också en energibesparing, motsvarande ca 3-7 % lägre energiförbrukning.¹¹ Detta gällde dock om testhushållen haft elpanna – för värmepumpar fås en extra besparing då lägre förbrukning kräver lägre framledningstemperatur, vilket leder till en förbättrad värmefaktor (COP). Sänkning av inomhustemperaturen med 1 grad innebär 2-4 grader lägre framledningstemperatur – och varje grads sänkning av denna ger ca 2 % högre COP (beräkningar från tillverkarspecifikationer). Med detta inräknat blir energieffektiviseringen ca 5-10 %.

Andra förväntade nyttor var minskad aktivering av elspetsen för värmepumpar, i vilken utsträckning denna effekt realiserades är dock svårt att kvantifiera. Ytterligare faktorer som förväntades sänka förbrukningen är förenklad semestersänkning och ökad energimedvetenhet. Sammantaget uppskattades energieffektiviseringen till ca 10-15 %.

Förbrukarflexibilitet och laststyrning

Elpriserna under vinterns 2011/2012 elpriser var i jämförelse med föregående år mycket stabila, vilket försvårade möjligheten att dra direkta slutsatser från den kontinuerliga elspot-styrningen. Istället simulerades högre elpriser vid ett mindre antal tillfällen för att mer direkt kunna observera förflyttning av elförbrukningen. Därefter kunde vi indirekt beräkna den potentiella besparingen av en kontinuerlig dygnsvis elspot-optimering åter runt. Tidpunkterna för dessa laststyrningar valdes till timmar på dygnet då det kunde förväntas att förbrukningen skulle vara hög, och de varade i mellan en och tre timmar per gång. Se figur 23 nedan för ett exempel (fler grafer finns i appendix). Vid ingen av laststyrningarna noterades att temperaturen sjönk mer än 0,5 grader under det önskade börvärdet.



Fig. 23: Exempel på laststyrning

¹¹ Värme i Villan, Energimyndigheten 2009

De generella slutsatserna är att det med det installerade systemet är möjligt att med stor flexibilitet flytta värmelast mellan olika timmar, utan att göra avkall på komforten för de boende.

Den milda vintern begränsade emellertid laststyrningspotentialen och vi fick inte möjlighet att testa laststyrning under något riktigt kallt väder på det sätt som vi önskat. Som diskuterades i avsnitt 4.4 sätter utomhustemperaturen en övre gräns på hur mycket last som kan reduceras – **”man kan inte flytta last som inte finns”**. Däremot tyder mätningarna på att laststyrningsförmågan i det milda temperaturspannet i alla fall inte överskattats.

Simuleringarna i kapitel 4 indikerade att man beroende på villatyp kan styra undan i storleksordningen 10 kWh värme utan att kundens komfort bör påverkas nämnvärt. Mätningar av inomhustemperaturen under de laststyrningar som genomförts bekräftar detta.

| <i>Försöksdygn</i> | <i>Flyttad värmelast per hushåll</i> |
|--------------------|--------------------------------------|
| 1 | 2,5 kWh |
| 2 | 5,0 kWh |
| 3 | 4,8 kWh |
| 4 | 7,1 kWh |
| 5 | 9,5 kWh |

Tabell 2: Genomsnittlig bortstyrd värmelast vid försöken

Varken temperaturmätningar eller kundreaktioner indikerar att dessa laststyrningar hade någon märkbar komfortpåverkan, vilket verifierar våra antaganden i 4.4. Med en tolerans för viss komfortpåverkan bör dessa hushåll även klara av lastflyttningar i storleksordningen 15 kWh (värmelast) per dygn.

Vid ett tillfälle testades en längre avstängning av värmepumpen i ett av hushållen. Det tog vid 0 graders utetemperatur 3 timmar för inomhustemperaturen att sjunka från 21 grader till 20 grader, 7 timmar att sjunka till 19 grader, 12 timmar att sjunka till 18 grader och 19 timmar att sjunka till 17 grader. Detta är ett tydligt exempel på att avsvälningstakten minskar ju kallare det blir inomhus. Se figur 24 nedan.

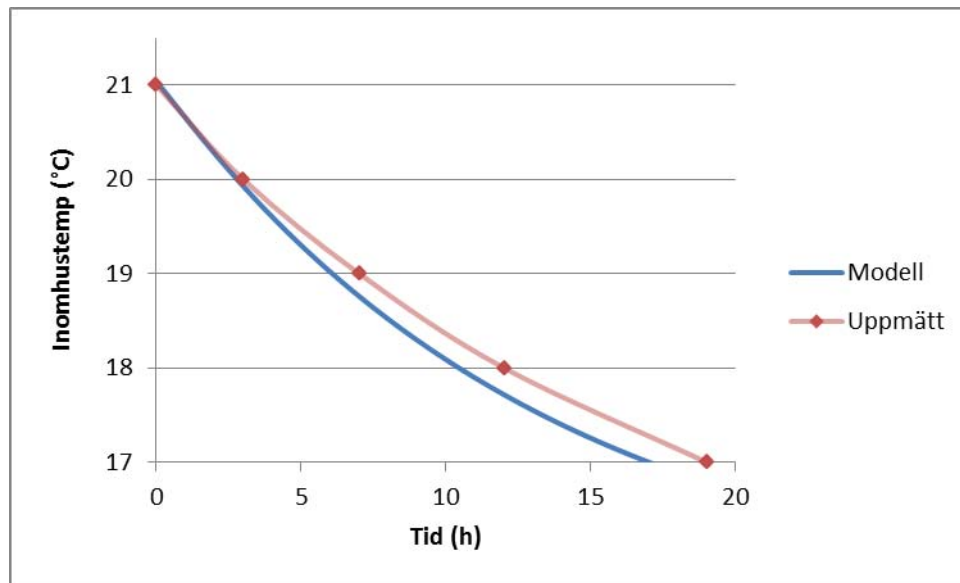


Fig. 24: Jämförelse mellan modell och mätningar vid avsvälning

Diagnostik

En mycket intressant "sidoeffekt" som inte funnits i åtanke från början, var att systemet kunde användas som diagnostikverktyg för att förbättra kundens värmesystem. Nedan följer några illustrativa exempel på detta.

Kundexempel 1:

En av kunderna hade stora problem med att det var ojämna temperaturer mellan över och undervåning. Mätningarna bekräftade detta och ibland kunde det vara så mycket som 4 grader kallare på nedervåningen. I samband med ett återbesök lokaliserades var problemet med injusteringen fanns och rättades då till, vilket gjorde att problemet försvann. Se figur 25 för en bild över de uppmätta temperaturerna i kundens hus.



Fig. 25: Effekten av injustering baserad på systemets mätningar

Kundexempel 2:

Det upptäcktes att systemet inte svarade på styrningen riktigt som förväntat. Analys visade att varmvattnet väldigt ofta gick in och kördes under mycket korta cykler. Vid förfrågan nämnde kunden att hon under lång tid hade haft problem med att hon haft för lite varmvatten. Vid återbesök lokaliserades problemet. Det var en felaktig placering av temperaturgivaren för varmvattnet som gjorde att pumpens varmvattenproduktion fungerade fullständigt felaktigt. I praktiken har detta under lång tid kostat henne betydande summor och framför allt försämrad funktion - kallt vatten!

Kundexempel 3:

Kunden hörde av sig och klagade på att tillskottet hade gått väldigt mycket under fälttestet. Analys av mätdatan visade dock att det inte var styrsystemet som kört spets till värmeproduktion. Istället hade kunden råkat ställa in en funktion som gjorde att det producerades extra varmvatten **varje** kväll, där spetselen användes för att höja temperaturen i tanken till högt över det normala. Detta hade fram till nu gått ouppmärksammat och kostat kunden mycket pengar under lång tid helt i onödan.

5.3 Workshop med deltagarna

Kundreaktioner samlades in under en workshop hos Elverket efter att fälttestet avslutats. Till vår hjälp hade vi professor Mats Lind från Uppsala universitet som förberedde frågeställningar, modererade samtalen och sammanställde resultaten.

Installation

I diskussionen kom försöksdeltagarna fram till två viktiga punkter inför en installation; kommunikation och trovärdighet.

Inför besöket är kommunikationen viktig, vad som ska göras (och vad som måste förberedas av den boende) och vilken tid det skall göras. Vilket kommunikationsmedium som föredras varierar, vissa föredrar telefonkontakt, vissa vill ha ett papper att sätta på kylskåpet. E-post är dock det mest föredragna kommunikationsvägen.

För att den boende skall känna sig trygg vid en installation bör installatörerna visa någon form av legitimation. Att ta av sig skorna och städa upp efter sig ses som en självklarhet!

Drift

Många kunder upplevde att informationen om vad systemet gjorde vid olika tidpunkter var dålig. Flera skulle vilja se en indikation på apparaten vilket läge den var inställd på. Detta är något som kanske bör finnas på interfaces som nås via en webbläsare, ett interface som endast drygt hälften av deltagarna faktiskt besökt. Några av dessa upplevde informationen som svårförstådd.

Beröm

- + *"Fick helt plötsligt klart för mig att mitt system var felinjusterat. Detta trots att det funnits i flera år!"*
- + Minst två upplevde att de fått betydligt jämnare temperatur inomhus vilket uppskattades.
- + Flera sa att de inte tänkt på värmen under perioden, d.v.s. systemet **fungerade bra "i bakgrunden" och behövde inte hanteras.**

Kritik

- I två hushåll upplevdes inomhustemperaturen under försöksperioden som alltför låg. I ett hushåll hade de gått in via webbsidan och höjt börvärdet men inte helt lyckats få till en behaglig temperatur.
- Någon saknade återkoppling efter en till två veckor, dvs att någon hörde av sig, frågade hur det gick och om man behövde hjälp med något.
- En person saknade en **"vanliga frågor och svar lista"** där man kan få lite råd, stöd och hjälp.

Tänkbara kringtjänster

Testkunderna var alla överens om att de viktigaste funktionerna med systemet är komfort och ekonomi, i vilken prioritetsordning dessa kommer varieras dock.

Utöver denna grundfunktionalitet sade sig alla vara villiga att betala något extra för att få tillgång till den extrafunktionalitet de var intresserade av:

- Några var mycket intresserade av en tjänst som innebär att de inte **"behöver bry sig" om värmesystemet, dvs. att det fjärrövervakas och service ordnas vid behov.**
- Ett par ville ha tillgång till detaljer kring sin anläggning och systemet, via systemets gränssnitt, så att de själva kunde se när service behövs.
- Några var intresserade av möjligheten till individuell energirådgivning – råd baserade på just deras hus och deras användning.
- Ett par var intresserade av att kunna följa diverse parametrar över tid i form av grafer och tabeller.

Integritetsfrågan

Det faktum att detaljerade data om deras energiförbrukning lagras verkade inte bekymra någon av deltagarna med undantag av att de utgick från att dessa data inte kom i obehöriga händer. Exemplet som diskuterades var att man skulle kunna se när man är bortrest och därmed när det är möjligt att enklare göra inbrott i huset. Inte heller verkade möjligheten att sluta sig till vissa vanor som hushållet har störa dem speciellt mycket. En majoritet sa till och med att de kunde tänka sig att tillåta att sådana data säljs mot att de får ett lägre elpris.

5.4 Reflektioner

Lösningen måste med små anpassningar klara den stora mängd olika värmesystem och hustyper. Det är inte realistiskt att kräva en enorm mängd adaptorer och manualer som täcker olika specialfall, utan snarare en lösning som enkelt anpassas efter det befintliga systemet.

En av utmaningarna med att skapa en retro fit-lösning för värmepumpssystem är den mångfald av värmepumpstyper och -fabrikat som finns på marknaden. De olika fabrikaten har typiskt sett olika interna styrstrategier, vilket gör att det måste skapas olika mjukvarulösningar för att hantera detta. I detta fälttest valdes att göra en avgränsning till tillverkarna IVT och Nibe. Dessa två har tillsammans en stor del av den svenska marknaden.

Flera gånger kan man kanske inte lita på användarens befintliga uppkoppling. Detta är också ett extra moment vid installation. Dock så måste det ställas mot den högre kostnaden av att inte utnyttja den befintliga uppkopplingen.

5.5 Slutsatser

- Mätningarna från fälttestet verifierar att upp till 10 kWh värmelast kan flyttas inom ett dygn utan märkbar komfortpåverkan eller aktivitet från kunden. Med viss tolerans bör den flyttbara lasten vara ca 15 kWh värme.
- Systemets energibesparingspotential uppskattas som helhet till ca 10-15 % som följd av jämnare temperaturer, förbättrad COP, minskad spetsanvändning och förändrat beteende, varav 5-10 % verifierats av temperaturmätningar i fälttestet (avseende jämnare temperaturer och förbättrad COP).
- Diversiteten av värmesystem och hustyper identifieras som en av de största utmaningarna att hantera för att nå ut till en stor publik. Systemet måste också vara robust och ha flera lager av redundans.
- Många kunder har problem med sina värmesystem som går att lösa eller diagnostisera med hjälp av systemet och deltagarna i testet visade stort intresse för sådan funktionalitet.

6 Nytt erbjudande för förbrukarflexibilitet

6.1 Den traditionella approachen

Fram till nu handlar frågan om förbrukarflexibilitet endast om "hur mycket sparar man då?". Vi menar att man med denna omotiverat snäva analys omöjliggör eller försvårar utvecklingen av erbjudanden helt i onödan. Elkunden är inte bara en kWh-förbrukare och har faktiskt fler intressen än att spara in kronor på elräkningen.

Betrakta utvecklingen av ett hypotetiskt "smart kylskåp", som hela tiden finlirar kompressordriften för att utnyttja billig el inom ett avgränsat temperaturintervall. Inga prisvariationer i världen kan någonsin skapa en vettig återbetalningstid för en nyinvestering av ett sådant kylskåp. Ändå tror vi att marknaden på sikt är god för denna produkt. Kunden är nämligen inte endast ekonomisk-rationell utan värdesätter även prylfaktor, upplevd miljönytta, etc.

6.2 Men: Hur mycket kan man tjäna på att utnyttja prisvariationer då?

Att beräkna förtjänsten av att kunna flytta last från en dyrare timme till en billigare är enkelt. För varje öre som priset skiljer sig mellan timmarna kan man tjäna ett öre per kWh som flyttas. Det som är svårt att svara på är istället, hur mycket last kan man flytta och hur många timmar kan den flyttas?

En av slutsatserna från fälttestet var att man utan komfortpåverkan kan flytta ca 10 kWh värme och att ca 15 kWh flyttad värme inom dygnet torde vara möjligt för dessa hushåll med endast mindre komfortpåverkan. Hur mycket el som kan flyttas beror sedan på värmesystemet och vilken utetemperatur som råder.

"Säsongen" för ett hus med bergvärme kan delas in i 3 huvudsakliga faser:

- Inget uppvärmningsbehov, endast varmvattenproduktion (sommar)
- Litet uppvärmningsbehov, bergvärmepumpen går tidvis, ingen spets (vår, höst och milda vinterdagar)
- Stort uppvärmningsbehov, bergvärmepumpen går på full effekt, elspets går in vid behov (kalla vinterperioder)

Störst energioptimering går att göra i gränserna mellan dessa faser, genom att utnyttja byggnadströghet, väderprognoser och passivt energitillskott.

Slutsatsen från våra simuleringar är att besparingspotentialen för optimering mot elspot skiljer sig kraftigt åt mellan olika år pga säsongsklimat och prisvolatilitet. Med maximalt 15 kWh värmeförflyttning och en enklare varmvattenstyrning låg besparingspotentialen under 2010 i spannet 1100-1500 kr beroende på värmesystem men endast på 150-320 kr under 2011.

Däremot visar simuleringarna även att enklare tidsberoende nättariffer så som Vattenfalls tidstaxa (lågpris vardagar 22-06 samt helger) väsentligt stärker den ekonomiska nyttan med laststyrning. Tillsammans med en sådan tariffstruktur ligger besparingspotentialen för laststyrning på 1720-2350 kr för 2010 och 590-1090 kr för 2011.

| | 2010 | 2010 (+ tidstariff) | 2011 | 2011 (+ tidstariff) |
|-----------|---------|------------------------|--------|------------------------|
| Elpanna | 1510 kr | 2350 kr | 320 kr | 1090 kr |
| Värmepump | 1100 kr | 1720 kr | 150 kr | 590 kr |

Tabell 3: Besparingspotential till följd av lastförflyttning för olika fall

Det bör alltså noteras att orsaken till de stora skillnaderna mellan 2010 och 2011 inte bara beror av prisvolatiliteten, utan minst lika mycket säsongsklimatet. En mild vinter innebär att den flyttbara lasten är mindre och vice versa, i linje med diskussionen i 4.4.

Extremdygnet 2010-02-22 var det rekordhöga priser på Nordpool. Att ha haft timdebitering baserat på spotpriser hade potentiellt kunnat bli mycket dyrt för en kund med elbaserad uppvärmning. Men om kunden hade kunnat välja att acceptera en sänkning i inomhustemperaturen vid extremt höga priser, hade besparingspotentialen jämfört med att ha kört värmen konstant över hela dygnet varit mycket hög. En kund med elpanna hade, om den kunde acceptera att temperaturen sjönk från 21 till 18 grader kunnat spara över 500 kr på bara ett enskilt dygn. Om möjligheten att exempelvis elda i kamin funnits hade besparingen kunnat bli ännu högre.

Slutsatsen är att besparingspotentialen för laststyrning finns där, men varierar kraftigt från några hundralappar till flera tusen kr.

6.3 Komplex eller enkelt?

Ett optimalt utnyttjande av flexibel förbrukning skulle behöva ta hänsyn till en rad parametrar och faktorer:

- Nätlastsituation lokalt, regionalt och nationellt
- Produktionssituation lokalt, regionalt och nationellt.
- Lokala väderprognoser
- Individuell förmåga att vara flexibel (byggnadens och uppvärmningssystemets unika egenskaper)
- De boendes användningsmönster
- mm.

Att förvänta sig att en enskild människa ska kunna optimera mot alla dessa parametrar är naturligtvis inte rimligt. Om man däremot överlåter styrningen av flexibiliteten till en maskin som ständigt fattar dessa beslut åt kunden, spelar det ingen roll hur komplex modellen är och hur många inparametrar den har.

Faktorer som kunden däremot kan formulera är:

- Komfortnivå
- Priskänslighet

Utan smart automation är det istället elkunden själv som måste vara aktiv. Vi bedömer det inte som sannolikt att vi i framtiden kommer se någon större penetration av aktiva elkunder, då det helt enkelt inte är attraktivt att ständigt behöva fatta nya beslut om någonting som egentligen inte betyder så mycket för en.

“Aktiva elkunder måste ständigt fatta nya beslut, det går att nå mycket längre genom att istället förändra människors rutiner.”

Om man bestämt vill göra få fler individer att bli aktiva elkunder måste enkelhet och framför allt **förutsägbarhet** vara rådande. Prissignalerna måste vara repetitiva – gärna enklare än Vattenfalls differentierade nättaxa. Tyvärr försvinner då mycket av potentialen och nyttan med fullt utvecklad förbrukarflexibilitet eftersom instrumentet blir så mycket trubbigare.

6.4 Bredda perspektivet

Fälttestet visade att infrastrukturen för automatisk förbrukarflexibilitet kan åstadkomma en rad komplementära nyttor.

Värdet av optimering av uppvärmningslasten uppskattades till 590-1720 kr per år för en villa med bergvärmepump och för en villa med elpanna till närmare 1090-2350 kr.



Fig. 26: Basen i erbjudandet för förbrukarflexibilitet

Fälttestet och simuleringar påvisar också en betydande energieffektiviseringspotential **vilket beskrivs i "5.2 Energieffektivisering"**. Basbesparingen för villa med bergvärmepump ligger på ca 10-15 % motsvarande 800-1200 kr för. För elpannor är energieffektiviseringspotentialen något lägre procentuellt sett, men desto större i kronor räknat (ca 1300-2500 kr). Med övriga nyttor såsom förbättrad injustering och aktiv felsökning kan energieffektiviseringen nå upp till 30 % i enskilda fall, men det beror mycket på initialförutsättningarna.

Energieffektivisering och sänkt energiförbrukning ger också i sig en berättigad känsla av miljömedvetenhet vilket tilltalar många av oss. De flesta pantar inte burkar för att tjäna pengar eller komposterar för att det är lagkrav.



Fig. 27: Fler komponenter tillkommer erbjudandet

Själva grundfunktionaliteten i värmesystemet är att ge värme och en dräglig livsmiljö för villaägaren. Trots stora investeringar är det många som inte riktigt hittat en bra komfortnivå och klagar över att det är för kallt ibland och varmt ibland. Vad är förbättrad komfort värt? För vissa ingenting, för andra – en hel del.

Fokusgruppens intervjuer visade att en del kunder hade ett behov av ökad trygghet, med formuleringar som *"jag är rädd för den där kolossen"* syftandes på värmepumpen. Likt komfort är trygghet någonting som inte går att sätta en generell prislapp på, utan värdet skiljer från person till person.

Erfarenheterna från fälttestet uppmärksammade oss också på potentialen i att ge energirådgivning till kunden baserad på en analys av de mätvärden som samlats in. Viljan att sänka sin energiförbrukning och få ett bättre fungerande värmesystem till sitt hem måste ändå sägas vara relativt hög, men det är svårt om man saknar den nödvändiga kunskapen. Att få allmängiltiga råd så som *"duscha mindre"* tycks heller inte resonera på i individ-fokuserade tid.



Fig. 28: Komponenter för kunderbjudanden

Vi landar alltså i ett smörgåsbord av kundnyttor som alla går att nå med hjälp av samma infrastruktur. Varför man då ska begränsa sig till en bråkdel av dessa värden är för oss obegripligt. Notera också att flera av nyttorna inte går att lista på elpriskollen eller motsvarande på ett rättvisande sätt. Inte desto mindre så existerar de.

Vad är alternativet?

Elhandlarna har idag en intressant sits med en stor etablerad kundbas, informationsövertag och förtroende – men med affärsmodeller och kunderbjudande som brister i lönsamhet.

Att fortsätta konkurrera endast med kr/kWh, avtalslängd och eventuellt "grön el" kommer fortsätta hålla elhandlarnas marginaler till ett minimum. Genom att lyssna på kundens egentliga behov och ta initiativet ifråga om nya service- och tjänsteerbjudanden finns goda förutsättningar att utveckla sin affär och nå bättre marginaler och nöjdare kunder.

Att dessutom avgränsa sig till att endast vara den som levererar elprodukten - i en tid av timdebitering - kommer befästa synen på elhandlaren som **"motparten" som man försöker optimera emot. Och där andra bolag kan ställa sig på kundens sida i kampen mot elhandlaren.** Varför skänka bort hjälterollen till en annan bransch?

6.5 Schematisk affärsmodell

Det övergripande målsegmentet består av villaägare med vattenburen elberoende uppvärmning. Inom detta målsegment ryms emellertid många grupper med olika värderingar och behov. Värderbjudandet bör anpassas med

detta i åtanke och utifrån nytto-diagrammet som presenterats i förgående stycke kan en rad olika erbjudanden konstrueras från samma infrastruktur. Exempelvis **"premium-komfort med inbyggd prisoptimering"**, **"miljöboxen som köper billigare el"** och **"vaktmästaren som övervakar värmesystemet"**.

Elhandlarna har många kunder men relativt låg marginal på dem. Genom att erbjuda dem fler värden enligt ovan är det möjligt att öka sina marginaler per kund samtidigt som kundnöjdheten ökar eftersom man kommer närmare **kundens egentliga behov (dvs inte "20 MWh/år")**. Elhandlaren odlar en långvarig kundrelation och har en direkt kommunikationskanal till och från kunden. Genom att plocka bort påslaget på energiförsäljningen och belysa det för kunden kan elhandlaren äntligen bli den trovärdiga energipartnern. Utöver att öka marginalen på befintliga kunder, ökas konkurrenskraften och särprägel för varumärket vilket i sig kan leda till nya kunder, särskilt i samband med omorganisationen till den nordiska slutkundsmarknaden.

Att utveckla och driva den här typen av system är inte trivialt och ligger långt ifrån elhandlarens kärnkompetenser. Genom att arbeta med rätt tjänsteleverantörer kan elhandlaren fokusera på kundvård och att optimera affärsmodellen. För att maximera nyttan bör resurser läggas på att bredda energitjänst/teknik-portföljen och använda infrastrukturen för att kommunicera dessa på ett sätt som uppskattas av kunden. Fokus bör också läggas på att knyta upp service-kompetens för att kunna ha en närvaro ute hos kund när det efterfrågas.

Ovanstående strukturer har naturligtvis kostnader associerade till sig. Dels handlar det om en ersättningsmodell gentemot tjänsteleverantörerna, som kan ha både fasta och rörliga komponenter. Dessutom kostar det att upprätthålla den servicenivå som förväntas, ifråga om personal och nya kompetenser. Huruvida detta är in-house eller genom partnerskap med befintliga servicetekniker kan skilja sig beroende på företagets storlek och geografiska ambitioner. Genom att ha en kontinuerlig och involverad **kundrelation sänks "churnen"** - dvs omsättningen av kunder. Kostnaden för att förlora och ersätta en villakund skiljer mellan elhandlarna men vi har fått indikationer på att det kan handla om ett par hundra kronor per kund.

Nya intäktsvägar kan utgöras av kundabonnemang vilket ger en förutsägbar intäkt över en given period. Samtidigt föreslår vi att man eliminerar påslaget per såld kWh vilket sänker intäkten, men man kan tänka sig att detta delvis kompenseras med en något förhöjd fast avgift. Fler intäkter fås genom servicebesök ute hos kund och merförsäljning av energiteknik.

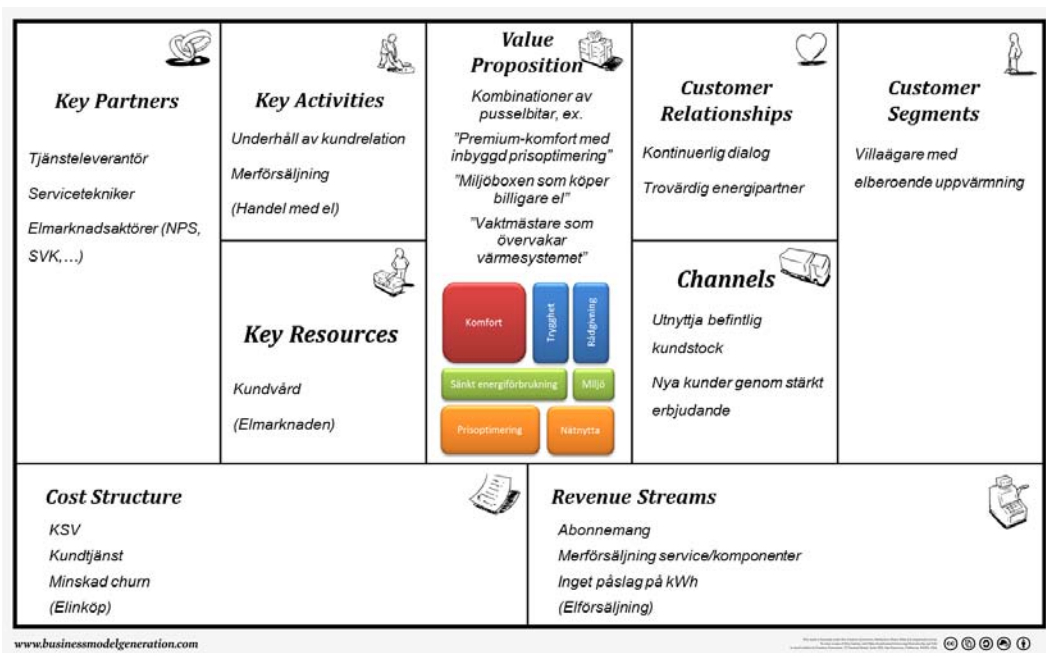


Fig. 29: Schematisk affärsmo­dell enligt "Business Model Canvas"

6.6 Hinder

En förutsättning för att prisoptimering för slutkunden ska vara relevant är att kunden timdebiteras, vilket förutsätter att det finns elhandlare som är villiga att erbjuda timbaserade elprodukter. För att detta i sin tur ska bli aktuellt måste timavräkning komma på plats, dvs att balanskostnaden svarar mot kundens faktiska förbrukning varje timme - och inte en schablon beräknat på ett kundkollektiv. Om kunden är timmätt är på det stora hela irrelevant om kunden inte även är timavräknad. Från och med oktober 2012 kommer kunder ha rätt att bli timavräknade.

Variationerna på elspot späds också ut av energiskatten som är en fast komponent (generellt 36.25 öre/kWh inkl. moms). Detta är visserligen kanske ej att betrakta som ett hinder, men däremot minskar det incitamentet för förbrukarflexibilitet. Det har förslagits bli dynamiska skatter som ett drastiskt sätt att råda bot på detta, men huruvida det är en bra idé eller inte låter vi vara osagt.

"Konsten att påverka det opåverkbara"

När vi under 2011 konfronterade ett antal nätbolag för att diskutera potentialen kring förbrukarflexibilitet som ett sätt att sänka nätkostnader möttes vi av ett förvånadsvärt svalt intresse. Anledningen var att så som regleringen av nätbolagen fungerar idag så försvinner i princip incitamenten för många av de nyttor som förbrukarflexibilitet åstadkommer.

Fälttestet visar med all tydlighet att villor med värmepumpar skulle kunna samverka för att sänka de absolut högsta topparna i lokalnätet, vilket på så sätt skulle sänka behovet av abonnerad effekt från överliggande nät - en konkret och kvantifierbar nytta. På motsvarande sätt skulle systemet kunna användas kontinuerligt över hela uppvärmningssäsongen för att minska variationerna i nätet och på så sätt minska nätförlusterna.

Båda dessa kostnader har dock gemensamt att de i nätregleringens mening **betraktas som "icke-påverkbara"**. Det innebär att om nätförlusterna ökar har nätbolaget rätt att höja sina tariffer i motsvarande grad och om nätförlusterna minskar sänks nätbolagets intäktsram på motsvarande sätt. Följden blir att incitamentet att angripa dessa kostnader - **annat än för att vara en "god nätägare"** - försvinner. Hur denna problematik ska lösas på ett rättvist och konsumentsäkert har vi inte svaret på, men det är viktigt att problemet belyses. I det korta perspektivet applåderar vi de nätägare som använder tidsdifferentierade nättariffer eftersom de i alla fall gör att viss nätnytta stödjer det ekonomiska caset.

6.7 Visionen om morgondagen

“Det är inte smarta nät vi pratar om, det är smart elhandel!”

Sverige har i internationellt perspektiv ett starkt elnät och det har också förstärks mycket senaste åren. På längre sikt kommer samhället kunna tjäna **enorma summor om man kan byta "paradigm" i nätinvesteringar**, vilket är en viktig del av **"Smart Grids"**. Vi ser att den största potentialen ligger i att hantera synen på handeln i det smarta nätet, så att en sann marknadsdriven marknad uppstår, där efterfrågan och tillgången är mer jämbördiga parter. Därför ska frågan inte ses utifrån ett tekniskt perspektiv utan i ett marknadsekonomiskt. Därefter ska de tekniska och de legala förutsättningarna till för att stödja en mer jämbördig marknad.

Sverige har idag en upphandlad förbrukarflexibilitet på 362 MW genom effektreserven, som både betalas för att finnas såväl som när den utnyttjas. Om vi ser till resultatet i fältstudien skulle en penetrationsgrad på 10 % av de villor i Sverige som har indirekt el som huvudsaklig uppvärmning motsvara 140 MW ($700000 \cdot 2\text{kW} \cdot 10\%$) redan vid 0 graders utetemperatur. Vid -8 grader och kallare motsvarar dessa 10 % av villorna den förbrukarflexibilitet som idag upphandlas. Om man i en framtid har alla villor anslutna till ett sådant system som testades i fältförsöket motsvarar det redan vid 0 grader nästan hela Sveriges effektreserv och vid -8 grader det dubbla (vid -20 grader och full penetration skulle flexibiliteten vara i storleksordningen 7 GW). Dessutom kan denna flexibilitet ges på mycket kort varsel och utan några uppoffringar eller engagemang från konsumenten, till skillnad från dagens förbrukarflexibilitet.

Fördelen med en distribuerad förbrukarflexibilitet är dessutom mycket större än de fåtal leverantörer som finns idag. Detta genom att inte bara agera på den nationella marknaden utan även inom de lokala näten, med minskade förluster och sänkta abonnerade effekter. Dessutom kan man med väldigt enkla medel skjuta på kapacitetsinvesteringar långt ute i näten om förbrukarflexibiliteten finns där. Denna fråga blir allt mer aktuell i och med att produktionen blir alltmer distribuerad och dessutom kraftigt varierande beroende på väderlek (vind och sol). Därmed kommer kraven på flexibilitet inte bara gälla nätbegränsningar och spotpris. Här ser vi också att även ett mindre antal hushåll inom ett lokalt nät (t.ex. kommunalt nät med många kunder även på elhandelssidan) kan göra samma eller större nytta som en nationell aktör.

Värdet av allt detta borde också komma de flexibla kunderna tillgodo på något sätt.

“Sveriges villor har idag kapacitet att ta hand om hela landets effektreserv”

Med en aggregerad infrastruktur av distribuerad flexibilitet kan man också vara med att bjuda på intra-day och balans/reglermarknaden. Så långt att vi kan infria visionen om att marknaden tar hand om effektreserven och därmed inte behöver upphandlas – och utan att göra avkall på någon samhällsnyttig produktion.

Samhällets syn på elhandlaren utvecklas till en service-provider med tydlig koppling till att vara kundens leverantör av energitjänster, där själva kWh bara förmedlas till kunden och har en tydlig och ärligt menad och uppfattad roll att hjälpa kunden att effektivisera sin energikonsumtion. Dagens erbjudanden kommer självklart att finnas kvar, speciellt för dem som endast **förbrukar hushållsel, där energiräkningen inte "svider" lika hårt i plånboken** kalla vintermånader. Vi kommer också att se elhandlare som går åt andra hållet, genom att ha avtal med **"all inclusive", vilket förenklas av att även** nätfakturan går genom elhandlaren. Men även denna form handlar om att möta ett kundsegments behov. Vilket i sin tur ger nöjdare och tryggare kunder samtidigt som elhandlaren får högre och mer förutsägbara marginaler.

Vi kommer sannolikt att se en fortsatt konsolidering av elhandelsbranschen men profil och inriktning kommer att gå mer mot de olika segmenten. Endast ett fåtal aktörer kommer att kunna erbjuda lösningar som passar alla. Med en ökad differentiering och mer komplexa erbjudanden kommer betydelsen av prisjämförelsesajter som elskling.se och [elpriskollen](http://elpriskollen.se) att sjunka. Å andra sidan väljer kanske dessa sajter att utvecklas i takt med marknaden och börjar erbjuda recensioner av erbjudanden och fördjupade jämförelser - som när Råd & Rön hjälper kunden att hitta bästa dammsugaren.

“Elhandlaren har möjlighet att bli konsumentens ombud på marknaden, om man vill ta den rollen”

Tänk om villaägaren skulle slippa magont över sina uppvärmningskostnader, förvissad om att det är någon annan som tar hand om detta. Ansvaret är överlåtet till någon annan, som känner till mina behov och alltid optimerar lösningen efter det.

Tänk en tid då avtalsbyten inte längre handlar om att minimera missnöjdhet - utan om att maximera nöjdhet.

Tänk om de val man som kund ställs inför blir enkla och roliga eftersom faktorerna ligger närmare vardagen och funktionella värden. Konsumentmakten inte bara ökar utan blir också mer relevant, eftersom ställningstagandena faktiskt betyder något för ens egen vardag.

7 Tankar för vägen framåt

Vi vill gärna avsluta med några konkreta iakttagelser/funderingar/tips som vi snappat upp under projektets gång.

- Ta reda på vilka värderingar ni vill stå för i era kunderbjudanden och låt det sedan genomsyra all kommunikation med kunden.
- Differentiera erbjudandena på ett tydligt och begripligt sätt.
- Om du som elhandlare vill gå uppåt i värdekedjan, våga sälja funktion istället för volym.
- Bli en trovärdig partner i era kunders energieffektivisering? Ta bort påslaget på kWh fullständigt. Men nöj er inte med det: belys, stoltsera och motivera ert ställningstagande!
- Byt språk och använd pedagogiska elavtal.

Vill ni som nätbolag driva på utvecklingen av produkter och tjänster som på sikt kan ha positiv påverkan på er verksamhet? Inför en variant av tidsdifferentierad nättariff som skiljer på hög- och låglast och som svarar någorlunda mot de typiska dygnsvariationerna i nätet.

Sist men inte minst: Man måste våga ta steget ut i det okända för att lyckas. Man får inte låta sig slås ner av alla som säger att det inte går, *”det minsann har testats förut”* eller *”det ligger inte inom vår kärnverksamhet”*.

”Don’t allow your enterprise to adopt an attitude of complacency, because the simple truth is that complacency kills companies.”

Mike Myatt, Chief Strategy Officer and CEO coach guru (IBM, AT&T, Dell etc.)

8 Referenser

Björn Palm, Jan-Erik Nowacki, Gunnar Bröms
Kungl. Tekniska Högskolan och Vattenfall Research and Development (2010)
”Värmepumpars inverkan på effekttoppar i elnätet – slutrapport till projekt nr P23 inom Energimyndighetens program Effsys2.”
http://www.effsysplus.se/wp-content/filesystem/tidigare_program/effsys2/Publicerade%20dokument/P23/Toppeffekt_rapport_v11.pdf

Alexander Osterwalder (2004)
PhD thesis University of Lausanne
The Business Model Ontology - A Proposition In A Design Science Approach
http://www.hec.unil.ch/aosterwa/phd/osterwalder_phd_bm_ontology.pdf

TNS-Sifo, Shopping Innovation
Shopping Innovation är en segmenteringsmodell i ORVESTO® Konsument som utgår ifrån bakomliggande drivkrafter hos människor och hur dessa kan förklara konsumentbeteenden.
<http://www.tns-sifo.se/var-expertis/vara-analysverktyg/sesame/shopping-innovation---vem-aer-din-kund-och-varfoer/>

Revealing the Values of the New Energy Consumer
Accenture end-consumer observatory on electricity management 2011
http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Resources/Accenture_Revealing_Values_New_Energy_Consumer.pdf

Angela Sasic Kalagasidis
Doktorsavhandling Chalmers Tekniska Högskola, 2004
HAM-Tools - An Integrated Simulation Tool for Heat, Air and Moisture Transfer Analyses in Building Physics.
<http://publications.lib.chalmers.se/publication/485-ham-tools-an-integrated-simulation-tool-for-heat-air-and-moisture-transfer-analyses-in-building-phys>

C. Dahlström, E. Eriksson, P. Fritz, P. Lydén
”Framtagande av effektprofiler samt uppbyggnad av databas över elanvändningen vid kall väderlek” – Elforsk rapport 11:12
http://www.elforsk.se/Rapporter/?rid=11_12_

Effektreserven
Svenska Kraftnät
<http://www.svk.se/energimarknaden/el/effektreserv/>

Värme i Villan 2009
Energimyndigheten
<http://213.115.22.116/System/TemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&cat=/Broschyrer&id=7c1f9d13d4c24660b8492251f74e7482>

Mikael Odenberg, Yvonne Fredriksson, Tomas Kåberger
Debattartikel Dagens Nyheter 2010-01-25

"Tillfälliga pristoppar visar att elmarknaden fungerar"

www.dn.se/debatt/tillfalliga-pristoppar-visar-att-elmarknaden-fungerar

Mats Olin och Daniel Löfstedt på uppdrag av Fortum
Second Opinion 2010-01-21

"Energiexperter berömmar elmarknaden"

www.second-opinion.se/so/view/986

Philip Ramqvist intervjuar Baard Eilertsen

Dagens Nyheter 2011-10-13

"Svenskar vill ta kontroll med timmätning av el"

<http://www.dn.se/ekonomi/elskolan/svenskar-vill-ta-kontroll-med-timmatning-av-el>

9 Appendix

9.1 Värmepumpen

Teori

En värmepump använder en kompressorcykel för att transportera värmeenergi från ett kallare medium till ett varmare. I ett bergvärmesystem leds en frostskyddad vätska ner i bergrunden där den värms upp. Därefter leds den in i en förångare där den värmeväxlas med ett köldmedium, som har en kokpunkt som är lägre än temperaturen på frostskyddsvätskan. På så sätt överförs värme från berget till köldmediet. Det förångade köldmediet leds sedan till en kompressor som kraftigt ökar trycket på ångan och därmed höjer dess temperatur. Den högt tempererade ångan leds sedan in i en kondensator där den värmeväxlas med radiator- eller golvvärmevatten. Ångan övergår då till vätska med högt tryck samtidigt som radiatorvattnet värms upp. På så sätt **har då värme tagits från det kallare berget och "pumpats" till det varmare radiatorvattnet**. Köldmediet leds sedan till en strypventil där trycket sänks till det normala och därefter leds den återigen in i förångaren, och cykeln är därmed sluten.

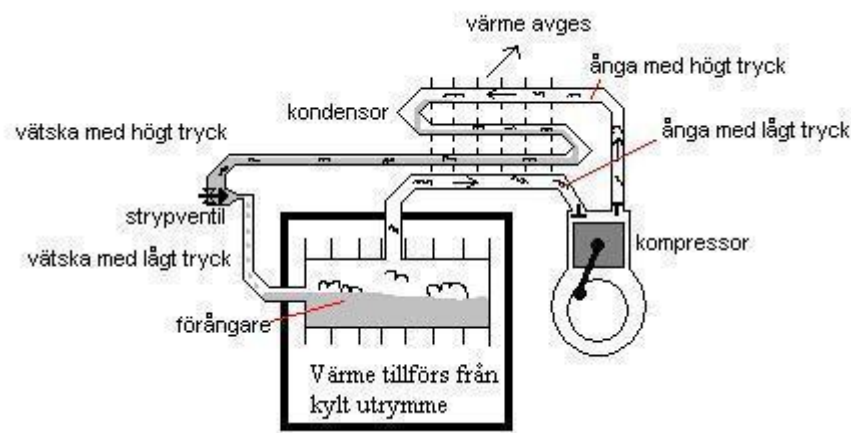


Fig. 30: Principskiss över värmepumpens funktion

En värmepumps förmåga att transportera värme mäts i CoP (från engelskans Coefficient of Performance). En COP på till exempel 3 betyder att för varje kWh el som förbrukas av kompressorn så levereras 3 kWh värmeenergi.

Ju kallare berget är, eller ju varmare radiatorvattnet är, desto sämre blir bergvärmepumpens COP. Den teoretiska maxgränsen för hur effektiv en

värmepump kan bli bestäms av den så kallade Carnot-cykeln, men i praktiken är effektiviteten betydligt lägre än så. En normal bergvärmepump har en COP på cirka 4 då berget håller 0 grader och radiatorvattnet ska värmas till 35 grader, medan COP är cirka 3 då vattnet ska värmas till 55 grader. Ju kallare det blir ute, desto varmare måste radiatorvattnet vara. Mot bakgrund av ovanstående kan man då sluta sig till att en bergvärmepumps effektivitet minskar då utomhustemperaturen sjunker.

Hur stor effekt ett värmesystem ska kunna leverera brukar bestämmas med hjälp av vad som kallas dimensionerande utetemperatur (DUT). Det är en dygnsmedeltemperatur som antas inträffa så sällan att det vore ekonomiskt olönsamt att dimensionera värmesystemet för kallare temperaturer än så, utan då tillåts inomhustemperaturen sjunka något istället. Den dimensionerande temperaturen skiljer sig så klart åt mellan olika ställen i landet. I Stockholm är den -18 grader medan den i Östersund är -30 grader.

När en värmepump ska installeras brukar den oftast väljas så att den kan täcka cirka 60-70 % av husets effektbehov vid DUT. På så sätt klarar den av att leverera cirka 90-95 % av husets totala värmebehov. Anledningen till att värmepumpen inte bör täcka hela effektbehovet är dels att kompressorn vid mildare väder då måste köra många korta cykler med mycket start och stopp, vilket antas vara dåligt för dess livslängd, och dels att investeringskostnaden för större pumpar blir större. Det är då istället mer ekonomiskt att, när det blir så kallt att pumpen inte längre klarar av att uppfylla husets värmebehov, låta en extra värmekälla hjälpa till. Den absolut vanligaste lösningen är då att värmepumpen kompletteras med en elpatron.

9.2 Resultat Laststyrningar

Under fälttestet genomfördes ett antal laststyrningar där värmepumparnas förmåga att flytta last undersöktes. Testerna genomfördes genom att höga elpriser simulerades, sedan tog systemet ställning till hur pumpen skulle köras för bästa ekonomi. Vissa tillfällen simulerades extremt höga elpriser vilket motsvarar att värmepumpen är avstängd under hela perioden, och vid vissa tillfällen användes höga, men ändå realistiska priser, där pumpen inte nödvändigtvis är avstängd **hela** perioden. Vid ett tillfälle fick systemet inte i förväg veta att det skulle komma en laststyrning, vilket motsvarar att en **"akut" signal med önskemål om avstängning skickas ut. Testerna** genomfördes i en, två och tre timmars perioder och de valdes till timmar då det annars kan förväntas höga laster, dvs morgnar och eftermiddagar/kvällar.

Nedan följer grafer och andra resultat från de laststyrningsförsök som genomfördes under fälttestet.

Något om prissignalerna

Vi har under testets gång använt fiktiva prissignaler för att simulera prisspikar som ger tydliga effekter. Spikarnas längd har varit mellan 1 och 3 timmar. Deras magnitud har varierat från 1 kr/kWh upp till 20 kr/kWh. Det högsta

värdet på 20 kr/kWh kan tyckas orimligt högt, men används som en övre gräns då det svarar mot uppregleringspriset som SVK skulle sätta vid en kritisk effektbrist enligt gällande rutiner.

Försök 1.

Den 14:e mars simulerades att elpriset hoppade från cirka 40 öre till 10 kr/kWh mellan 7 och 8 på morgonen. Sex hushåll deltog i försöket och nedan syns en graf över det ackumulerade effektkuttaget (inklusive hushållselen) för samtliga sex. Under timmen 7-8 var samtliga värmepumpars värmeproduktion avstängd, istället har de kört lite extra timmen innan.

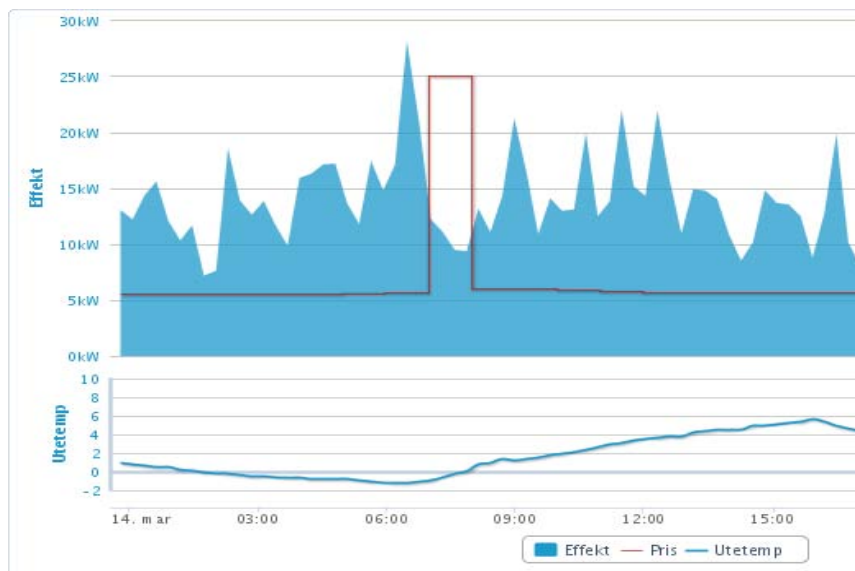


Fig. 31: Laststyrning försök 1

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Medeleffekt över hela dygnet (kW) | 14,91 |
| Medeleffekt kl 07-08 (kW) | 10,62 |
| Medeleffekt kl 05-10 (kW) | 14,83 |

Nedan syns mätningar av inomhustemperaturen i ett av hushållen under samma dygn. Man kan se att temperaturen börjar sjunka något efter klockan 9, och som lägst mättes temperaturen 20.5 grader. Hushållets önskade temperatur var 21 grader.

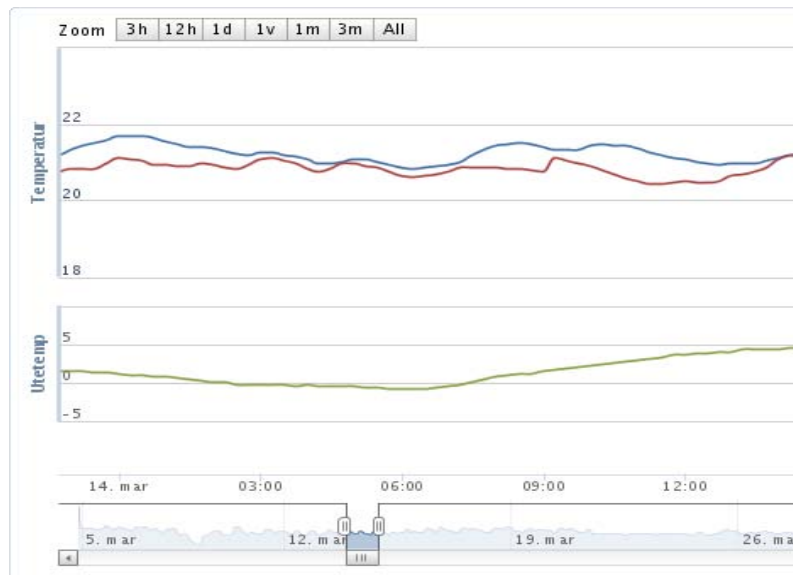


Fig 32: Inomhustemperaturer i ett av husen under laststyrning

Försök 2.

Den 15:e mars simulerades att elpriset hoppade från cirka 30 öre till 3 kr/kWh mellan kl 7- 9 och till 2 kr /kWh mellan kl 18-20. Fem hushåll deltog i försöket och nedan syns en graf över det ackumulerade effektkuttatet (inklusive hushållselen) för samtliga fem.

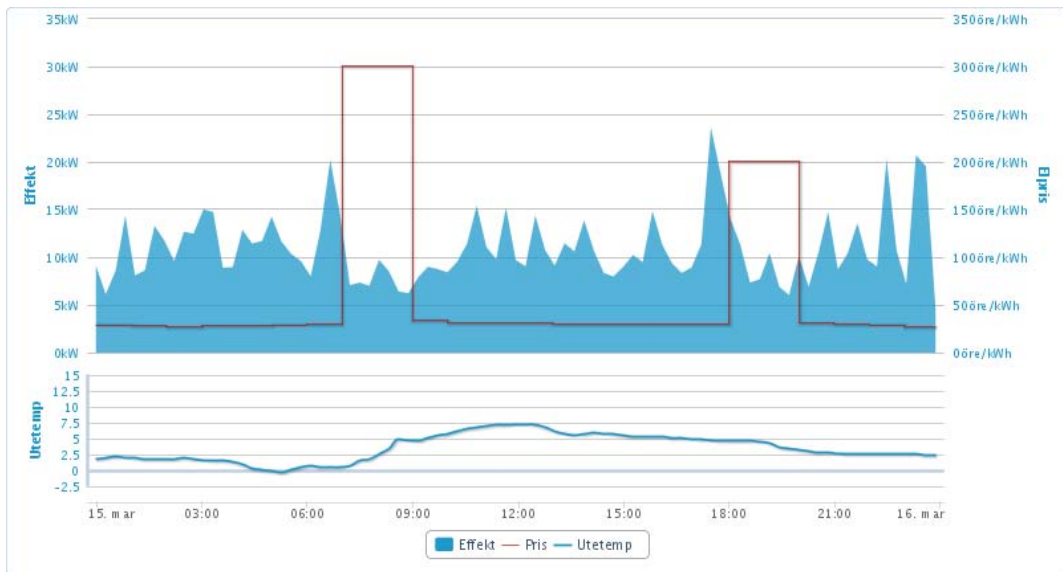


Fig. 33: Laststyrning försök 2.

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Medeleffekt över hela dygnet (kW) | 10,97 |
| Medeleffekt kl 07-09 (kW) | 8,32 |
| Medeleffekt kl 05-11 (kW) | 10,06 |
| Medeleffekt kl 18-20 (kW) | 9,17 |
| Medeleffekt kl 16-22 (kW) | 10,99 |

Nedan syns mätningar av inomhustemperaturen i ett av hushållen under samma dygn. Man kan se att temperaturen börjar sjunka kring klockan 19 och når botten cirka klockan 21 med 20.5 grader. Hushållets önskade temperatur var 21 grader.



Fig. 34: Inomhustemperaturer i ett av husen under laststyrning

Försök 3

Den 19:e mars simulerades ett hopp i priset till 20 kr/kWh mellan kl 8-9. Systemet fick dock inte denna signal förrän just kl 8, så det fanns ingen tid att förbereda genom att exempelvis köra pumpen lite extra innan. Samtliga värmepumpar slogs av direkt och var avstängda under hela timmen. Fyra hushåll deltog i försöket och nedan syns en graf över det ackumulerade effektkuttataget (inklusive hushållselen) för samtliga fyra.

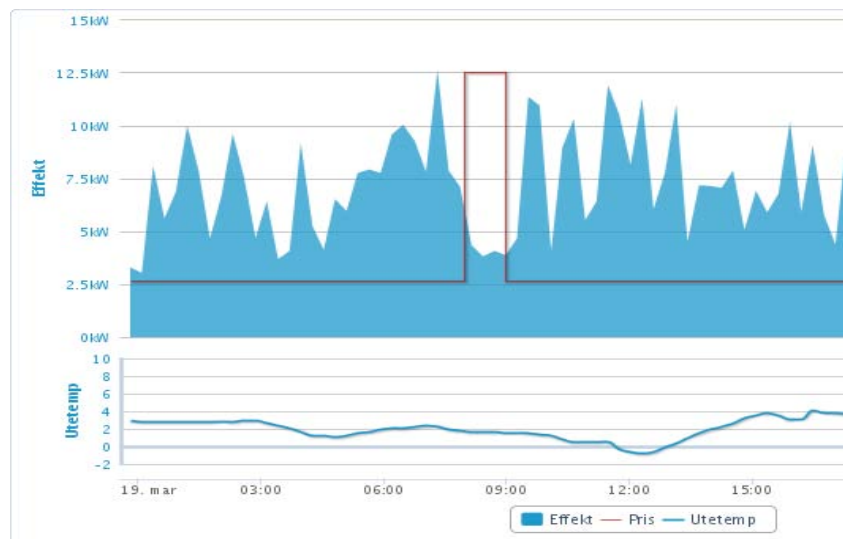


Fig. 35: Laststyrning försök 3

| | |
|-----------------------------------|------|
| Medeleffekt över hela dygnet (kW) | 7,68 |
| Medeleffekt kl 08-09 (kW) | 4,16 |
| Medeleffekt kl 06-11 (kW) | 9,65 |

Nedan visas en graf över innetemperaturen för ett av hushållen under dygnet.

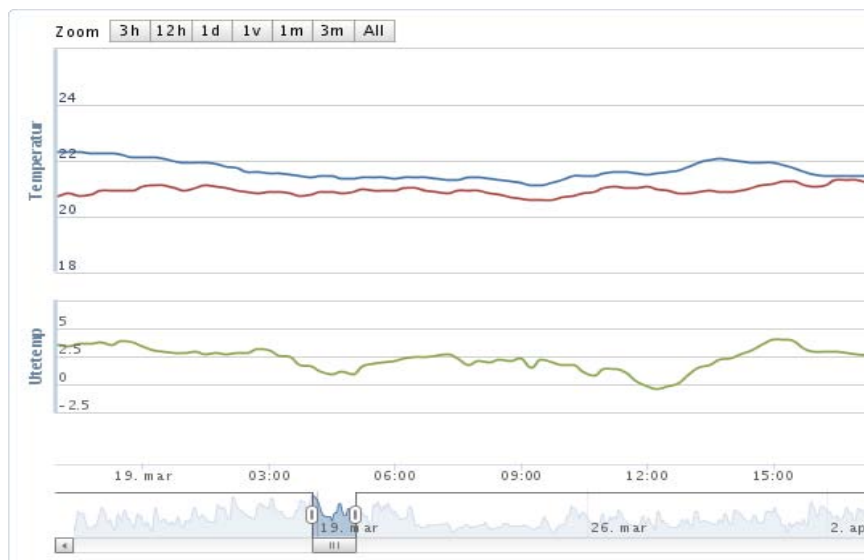


Fig. 36: Inomhustemperaturer i ett av husen under laststyrning

Försök 4.

Den 1:a april simulerades ett hopp i elpriset från 30 öre till 10 kr/kWh mellan kl 9-10, och ett hopp till 1,25 kr/kWh mellan klockan 18-20. Fem hushåll deltog i försöket. Mellan klockan 9-10 var samtliga pumpar avstängda, men mellan 18-20 gick en av pumparna under perioder, eftersom systemet bedömde att priset inte var tillräckligt högt för att riskera en komfortförsämring där. Just det hushållet hade svårt att hålla temperaturen uppe i vanliga fall, och därför försämrades dess förmåga att flytta last.

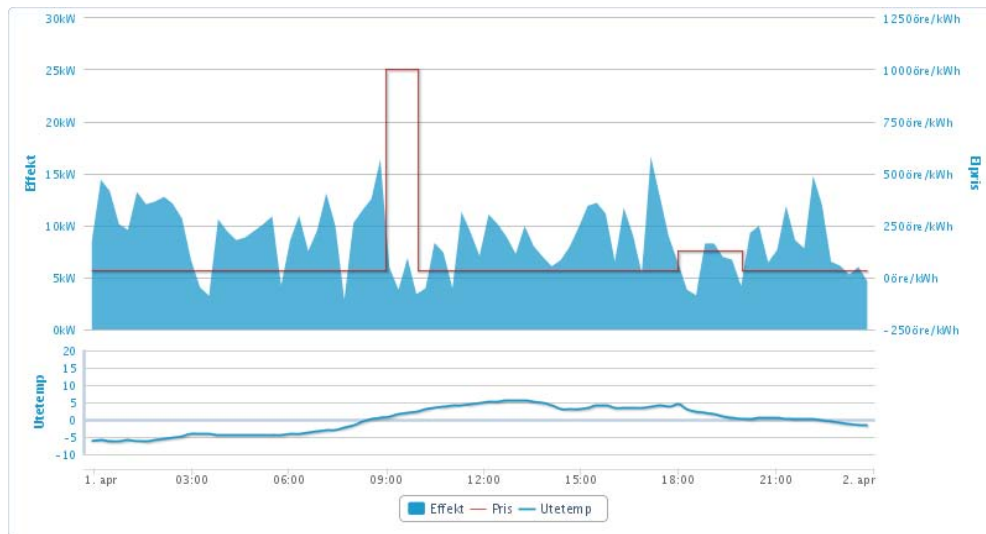


Fig. 37: Laststyrning försök 4

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Medeleffekt över hela dygnet (kW) | 11,87 |
| Medeleffekt kl 09-10 (kW) | 7,47 |
| Medeleffekt kl 07-12 (kW) | 11,71 |
| Medeleffekt kl 18-20 (kW) | 7,69 |
| Medeleffekt kl 16-22 (kW) | 10,67 |



Fig. 38: Inomhustemperaturer i ett av husen under laststyrning

Försök 5

Den 2:a april simulerades ett hopp i elpriset från 30 öre till 10 kr/kWh mellan klockan 8-10 och ett hopp till 10 kr/kWh mellan klockan 18-19. Vid båda tillfällena var pumparna avstängda under hela perioden. Fem hushåll deltog i försöket.

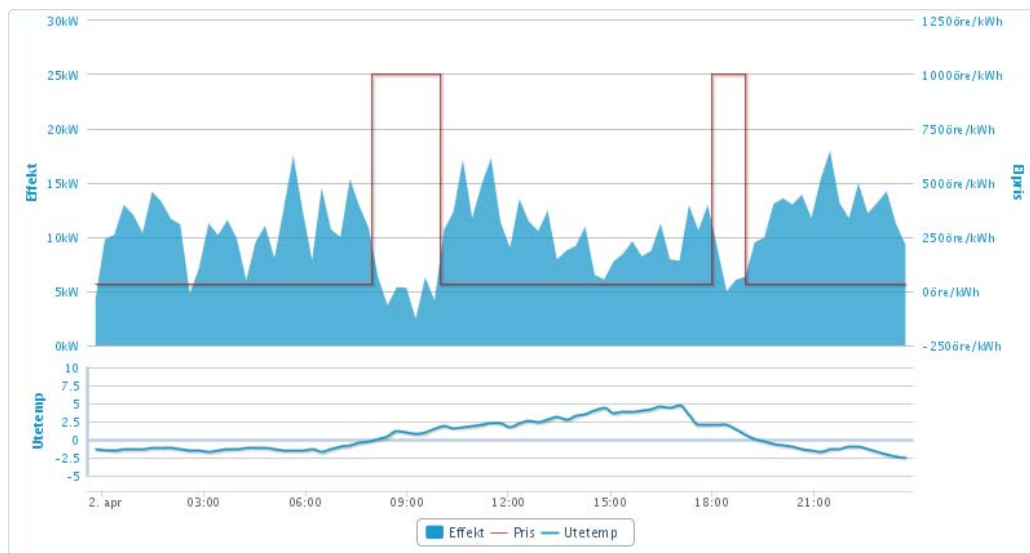


Fig. 39: Laststyrning försök 5

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Medeleffekt över hela dygnet (kW) | 10,59 |
| Medeleffekt kl 08-10 (kW) | 4,84 |
| Medeleffekt kl 06-12 (kW) | 10,14 |
| Medeleffekt kl 18-19 (kW) | 7,07 |
| Medeleffekt kl 16-21 (kW) | 10,04 |

Nedan visas en graf över innetemperaturen för ett av hushållen under dygnet.



Fig. 40: Inomhustemperaturer i ett av husen under laststyrning

9.3 Systemkomponenter

Sensornoder

För att mäta temperatur och ljusstyrka i olika rum användes ett antal trådlösa enheter, **sensornoder**. Dessa drivs med batteri och är mycket strömsnåla.

Det finns i dag flera olika protokoll för strömsnåla trådlösa sensornätverk. Ett av de vanligaste är ZigBee, och ett som får allt större genomslag är 6lowPAN.

6lowPAN är ett protokoll för implementation av en nedskalad IPv6 i enkla strömsnåla enheter. Enheterna kan då kommunicera med varandra men har dessutom ett väl definerat gränssnitt utåt. Fördelen med 6lowPAN är att protokollet är öppet och har antagligen en stor framtid för denna typ av applikationer tack vare att standarden bygger på IP dvs. Internet. Nackdelen är att det idag inte är fullt lika utvecklat och lättimplementerat som ex. ZigBee.

Tack vare att både 6lowPAN och ZigBee i grund och botten bygger på IEEE's standard 802.15.4 för strömsnåla trådlösa sensornätverk definieras deras hårdvaruarkitektur likadant vilket gör att hårdvaran stödjer båda protokollen. Våra sensornoder har en mikroprocessor med inbyggt stöd för både ZigBee och 6lowPAN, **Atmel Atmega128RF-A1**. Processorn är en av de strömsnålaste trådlösa lösningarna på marknaden och dessutom tillhandahålls kostnadsfritt bibliotek för trådlös kommunikation med ZigBee-protokollet. I dagsläget används ZigBee som kommunikationsstandard för sensornätverket, men som tidigare nämnts finns dessutom möjligheten att i framtiden implementera 6lowPAN.

Centralenhet

Sensornoderna skickar sin mätdata till en centralenhet i hemmet. Denna enhet hanterar behandlingen av data såväl som kommunikation med en server över internet. Via servern fås information om väderprognoser och prissignaler. Denna information används i centralenheten för att beräkna den optimala styrningen av värmesystemet enligt 4.3.

Centralenheten drivs med nätström och har alltså inget krav på att vara extremt strömsnål och istället är beräkningsprestanda och minne samt kommunikationsförmåga med sensornätverk och server det viktiga. För att uppfylla dessa krav är centralenheten intern uppdelad i tre olika moduler: beräknings- och styrenhet, ZigBee Coordinator och WiFi-modul för uppkoppling på det lokala nätverket. Nedan syns en schematisk bild över centralenhetens interna moduler.

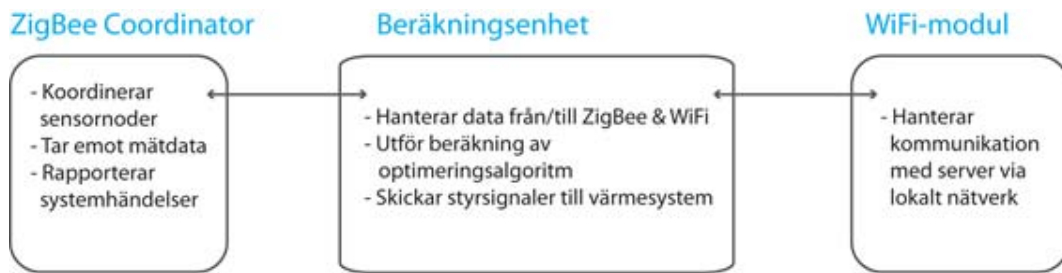


Fig. 41: Centralenhetens interna moduler, dess funktioner och kommunikation

Utifrån centralenheten tappar kontakt med servern styr den utifrån den senaste informationen till dess att denna information anses utdaterad och **opålitlig**. Efter det **"inaktiveras"** prognosstyrningen och **systemet styr utifrån** realtidsdata. I det fall centralenheten skulle tappa ström eller inte anse sig kunna utföra en korrekt styrning, exempelvis om sensornätet skulle haverera, släpper den styrningen och låter värmesystemet falla tillbaka till dess egna styrning.

För ZigBee Coordinatorn används samma krets som för sensornoderna. Denna är dock ihopkopplad med beräkningsenheten via SPI-interface. Som beräkningsenhet användes **FEZ Panda Mk. II** vilken använder en processor med 32-bitars ARM-arkitektur. För WiFi-kommunikation användes en **Roving WiFly RN-131C**.

Server

Serverns uppgift är framför allt att lagra en mängd olika data och parametrar kopplade till varje hushåll. Följande datatyper hanterades på servern:

Mätvärden

De insamlade mätvärdena skickas kontinuerligt från centralenheterna till server där de lagras. Dessa mätvärden är

- temperatur inne/ute
- solljus i olika rum
- elförbrukning
- framledningstemperatur från värmesystem

Dessutom loggas den utskickade styrsignalen från centralenheten för att kunna återkoppla och analysera den styrning som skett.

Reglerparametrar/husmodell

Utifrån de mätdata som insamlats beräknas en modell som beskriver husets egenskaper. Denna modell ger ett antal parametrar som används av centralenheten för att beräkna styralgoritmen. För att kontinuerligt kunna uppdatera centralenhetens algoritmer med den senaste modellen ligger dessa parametrar lagrade på servern och hämtas därifrån av centralenheten.

Väderdata

Prognosdata om temperatur och solinstrålning hämtas kontinuerligt från yr.no och lagras på server för automatiskt uppdatering av centralenheterna.

Prissignal

Prissignal lagras på servern.

Eventlogg

För att ge stabilitet och felsökningsmöjlighet loggas alla systemhändelser i en logg. Här kommer exempelvis snabbt synas ifall en sensor faller ur systemet (ex. urladdat batteri) eller om en centralenhet tappar internetuppkopplingen.

Börvärden

För att användaren skall kunna styra uppvärmningen i sitt hus lagras inställningar om önskad temperatur.

Datahantering på server

Datan på servern kan nås på tre olika sätt:

Användaren kan se sina temperaturer, sin elförbrukning, priser, etc. Dessutom kan denne justera sin önskade innetemperatur. Kommunikationen sker genom ett webbaserat användargränssnitt.

Centralenheten använder som tidigare nämnt parametrar från server och skickar mätdata till servern.

Administratören har kontroll över prissignaler och översikt över anslutna enheter.

Sammanfattande systembeskrivning

Nedan syns en illustration som beskriver och sammanfattar systemets uppbyggnad och kommunikation.

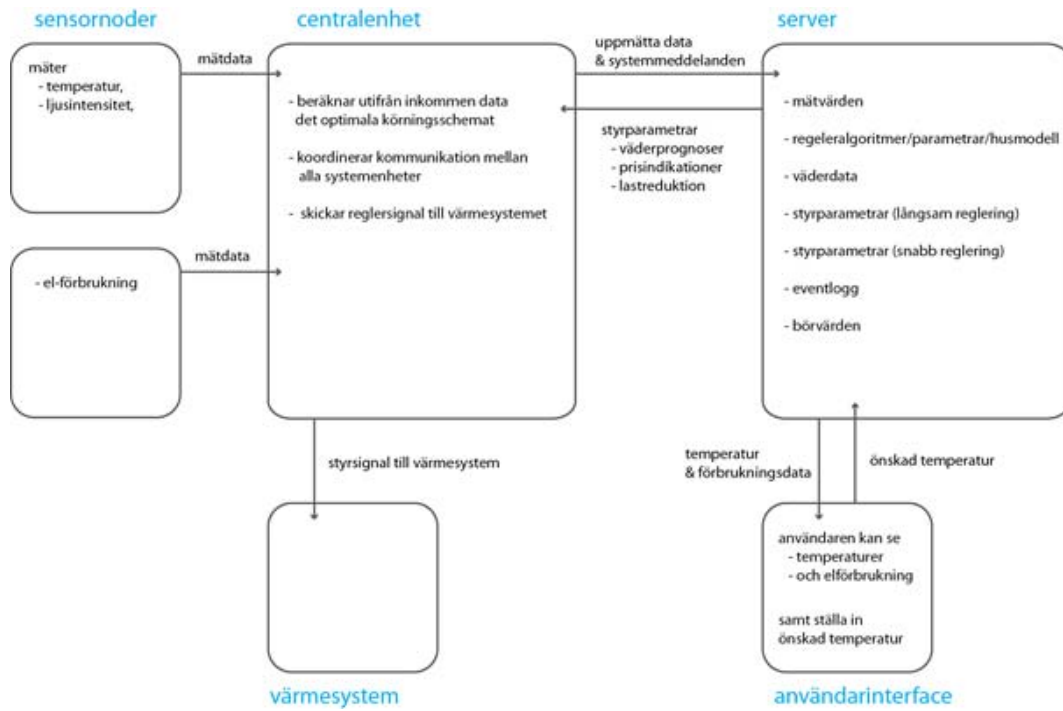


Fig. 42: Systemskiss med kommunikationsvägar utritade

9.4 Kundanalyser

Exempel 1:



Kundrapport

Hej [REDACTED]

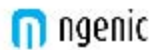
Vi har nu analyserat mätningarna som systemet samlat in från ert hus och har följande reflektioner:

- Vi kan direkt bekräfta att man, för att hålla ca 20 grader på övervåningen, behöver låta pumpen köra i princip oavbrutet redan vid ca 0 grader ute. Era funderingar kring att installera frånluftsåtervinning låter som ett klokt val och kommer nog att hjälpa, men det finns även ett par andra åtgärder som kan förbättra läget.
- Dels kan ni försöka justera in systemet, så att de rum som är lite kallare (ex. sovrumsuppe) får ett bättre flöde. Vi vill minnas att ni har ett 1-rörs system vilket innebär att elementen i slutet på en slinga får kallare vatten vilket allmänt kompenseras med större yta och ett lite högre flöde. Detta kan ordnas genom att elementen som sitter före "problemelementet" stryps lite grann. Att hitta rätt kan kräva några försök, men man måste vänta minst ett dygn innan man gör nya ändringar, så att systemet hinner stabiliseras.
- Analysen visar också att skillnaden mellan framledningstemperaturen och returtemperaturen är ganska hög. Den ska i idealfallet ligga på 5-7 grader, men hos er ligger den ofta på 11-13 grader. Detta tyder på att flödet i systemet generellt är för lågt, så om cirkulationspumpen fortfarande kan höjas ett snäpp bör det göras.

Vi hoppas att dessa tips kan vara till nytta och att du får ett mer välfungerande värmesystem nästa vinter.

Fredrik Fernlund,
n genic AB

Exempel 2:



Kundrapport

Hej [REDACTED]

Vi har nu analyserat mätningarna som systemet samlat in från ert hus och har följande reflektioner:

- Radiatorsystemet verkar ha ett bra flöde vilket ger pumpen goda driftförutsättningar och bra ekonomi.
- Temperaturen har under försöket legat nära de 21 grader som varit inställningen. När styrningen var avstängd fanns det tendenser till att bli lite varmare, vilket gör att det troligtvis går att sänka värmen lite på pumpen. Om det är varmare inne när det är kallt ute så är det värmekurvans lutning som ska sänkas, och om det tvärtom är varmare inne när det är mildare ute så ska kurvan förskjutas nedåt. Vi anser dock att man som kund egentligen inte alls ska behöva tänka på begrepp som "värmekurva" utan bara behöva bry sig om vad för värmekomfort man vill ha.
- Elförbrukning med värmepumpen borträknad är bland de lägsta bland deltagarna i projektet.

Vi hoppas att dessa tips kan vara till nytta och att du får ett mer välfungerande värmesystem nästa vinter.

Fredrik Fernlund,
ngenic AB

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGSG- OCH UTVECKLINGSG - 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**