



CLOCKWISE –

Smarta lösningar till stöd för energieffektiva beteenden

Slutrapport för forskningsprojekt 24, CERBOF 2:2 Beteende, processer och styrmedel

Cecilia Katzeff
Åsa Nyblom
Christina Öhman
Jan-Ulric Sjögren

 **INTERACTIVE INSTITUTE**

 **NCC**

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
Inledning och disposition	3
Sammanfattning	3
Projektfakta	4
Utrustning och funktion	4
Energi och temperaturmätningar	5
Publicitet - kommunikation	5
Tack	5
<u>DEL 1 - Energy Aware Clock i verkligheten</u>	6
Användarstudie med fokus på förändring av energimedvetenhet och beteende	6
Syfte och frågeställningar	7
Metod	7
Resultat och diskussion	8
Inbyggda intentioner och verkligheten	8
Om elanvändning och motiv för att spara	9
Tekniska problem	9
Estetik och praktiska aspekter	10
Användningsmönster och förståelse	10
Resultat synlighet / medvetenhet / beteende	11
Slutsatser	12
Fortsatt forskning - visualisering	13
<u>DEL 2 – Energi- och inomhustemperaturstudie</u>	14
Mätstudie med fokus på variationer av energianvändning och inomhustemperatur	14
Bakgrund	15
Elanvändning i småhus och lägenheter	15
Frågeställningar	15
Metod och mätningar	15
Resultat och diskussion	16
Temperaturer	16
Hushållsel	18
Total elanvändning	19
Kompensation för hushållselens minskade bidrag till uppvärmningen	21
Sammanfattning	22
Behov av fortsatta studier	22
Temperaturer	22
Energi	23
Referenser	24

Inledning och disposition



Denna rapport redovisar och sammanfattar aktiviteter och resultat av forskningsprojektet *Smarta lösningar till stöd för energieffektiva beteenden - 10 hushåll studeras* (projekt-nummer 24) med stöd från CERBOF 2:2 Beteende, processer och styrmedel. Syftet med studien är att undersöka om en centralt placerad effektdisplay (Energy Aware Clock) som i realtid visar en grafisk bild, stödjer hushållets energieffektiva beteende. Studien har huvudsakligen genomförts i enlighet med ansökan.

Efter en kort inledning redovisas studien i två delar med bilagor. Del 1 som fokuserar på själva displayen (klockan) och beteendestudier. Del 2 fokuserar på mätning av energianvändning och inomhustemperaturer.

Sammanfattning

Människans beteende spelar en avgörande roll vid energibesparing och energieffektivisering. Interaktiv teknik har potential att visualisera energi och därmed göra användningen mera begriplig för gemene man. I projektet CLOCKWISE utrustades hushåll under en period med en prototyp, Energy Aware Clock, som ger en grafisk återgivning av hushållselen i realtid. Studien syftade till att undersöka prototypens inverkan på beteende både kvalitativt och kvantitativt. Teman för den kvalitativa studien var användningsmönster, medvetenhet om användningen av el samt nyttogörandet av återkoppling (feedback). I den kvantitativa delen har olika eldata och inomhustemperaturer loggats med fokus på minskning och temperatur variationer.

Resultaten visar att hushållen har lärt sig om sin normala vardagsanvändning av el och de har upptäckt och kartlagt utrustning som drar mycket el. Under de tre månadernas testperiod har två tydliga faser identifierats, den första upptäckande och den andra bekräftande. Resultat från mätningar, projektets kvantitativa del, visar på hög komplexitet med många osäkerhetsfaktorer och gör det svårt att sammanfatta några säkra slutsatser. Trots rådande osäkerheter i underlaget finns indikationer på att de deltagande hushållen reducerat användningen av hushållsel med upp till ca 10%. Inomhustemperaturerna har inte påverkats under projektets gång. En koppling till utomhustemperaturen vid snabba förändringar kan dock iakttagas.

Projektfakta

CLOCKWISE är ett samarbete mellan Interactive Institute AB/ Energy Design och NCC Construction/Bostad. I projektgruppen ingick: Christina Öhman II -projektledare, Cecilia Katzeff II –forskningsledare beteende, Åsa Nyblom II –forskningsassistent beteende, Jonas Andersson II -tekniker, Jan-Ulric Sjögren NCC –senior forskare energi, Jenny Winblad NCC -miljösamordnare.

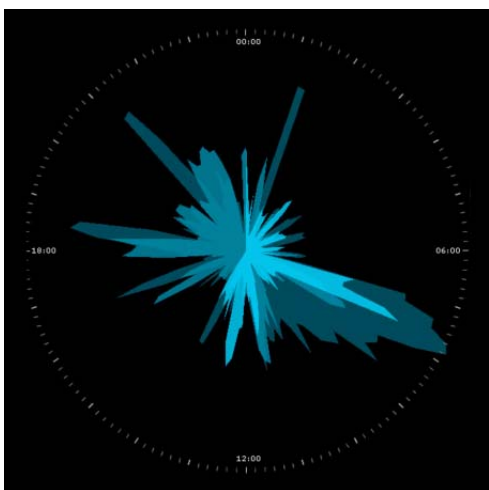
Studien genomfördes i Ursvik, ett småhusområde norr om Stockholm uppfört i NCC's



regi under åren 2006-2007. 10 hushåll utrustades med olika mätutrustning för inomhustemperatur och hushållsel (egen utvecklad elmätare), samt med klockan. Ytterligare 10 hushåll ingick i studien som referenshushåll med enbart mätutrustning och ingen klocka. Projektet genomfördes mellan aug 2008 - aug 2009. Mätningen och beteendestudien pågick mellan januari - april 2009.

Utrustning och funktion

Energiklockan är en klocka som står i trådlös kontakt med en elmätare i proppskåpet. Varje sekund får den information om den aktuella effekten för hushållsel i hemmet. Denna information omvandlas till en graf på klockans urtavla. Att energiklockan är just en klocka beror på att kösklockan traditionellt har haft en central roll i hemmet. Den placeras ofta synligt, till exempel på väggen ovanför köksbordet. Tanken bakom energiklockan är att



lyfta fram och synliggöra hushållets elanvändning som en integrerad del av inredningen. Dess formspråk har inspirerats av dagens platta TV-skärmar och ljudanläggningar. Energy Aware Clock är av egen design och är framtaget i AWARE¹, ett forskningsprojekt vid Interactive institute.

Energiklockan består av en kommunikationsdel som hämtar information i realtid via blåtandskommunikation. Data omtolkas till en graf som visas på klockans urtavla (monitor). Data sparas även i ett internt minneskort som gör det möjligt att se och jämföra olika perioder. Med en touchkontroll på klockans framsida kan man

bläddra mellan olika vyer som visar effekten under en minut, en timme, ett dygn, en vecka, en månad. Eftersom grafen ritas upp i lager kan man enkelt jämföra exempelvis detta dygns elanvändning med gårdagens.

¹ www.tii.se/aware

Energi och temperaturmätningar

Under mätperioden har hushållens energianvändning samt inomhustemperaturens nivåer och variationer studerats. Med kännedom om att ca 70% av hushållselen kommer uppvärmningen tillgodo har det varit av intresse att studera inomhustemperaturens eventuella variationer. Temperaturen har mätts på bottenvåning samt övervåning i varje byggnad.

Varje byggnad (en byggnad per hushåll) har en egen frånluftvärmepump för uppvärmning med vattenburna radiatorer. I samtliga badrum finns elvärme i golvet och som tillval har några hus elvärme i entrén. Mätningen för hushållsel innefattar även golvvärmen. Som kompletterande information har husets totala elenergianvändning erhållits från Vattenfall elnät. Mätningarna påbörjades ca 1 dec 2008 dvs. ca 1 mån innan energiklockan monterades och avslutades i mitten av april samtidigt som energiklockorna monterades ner. Mätresultaten har inte kommit de boende till del under mätperioden. Undantaget är möjligheten att läsa av den egna abonnemangsmätaren samt den löpande elfakturainformationen.

Publicitet - kommunikation

Clockwise har på kort tid väckt stort intresse både i och utanför energibranschen. Projektet presenterades första gången vid Energitinget 2009, dels i session 24 samt i NCC's utställningsmonter. Reportage och artiklar publicerades i samband med detta i DN, Computer Sweden, Svensk Rental, ERA, Ingenjören, Metro, Byggvärlden. TV 4 har i livstilsprogrammet "Bäckar små" visat inslag och intervju, SR P1 har bjudit in en forskare från projektet till samtal om smarta mätare i Klotet och i maj publicerade Energimyndighetens egen tidning Energivärlden ett reportage. Projektet presenterades även "live" i NCC klimatbod för internutbildning och kunder, samt för marknaden under Miljöbyggdagar i Alingsås i maj. Föreläsningar och presentationer har genomförts för studenter, byggherrar, fastighetsägare och designers, samt vid forskarsammankomster.

Tack

Vi vill rikta ett stort tack till familjerna som välvilligt ställt upp i studien och tålmodigt tagit emot olika människor på besök i olika syften. Tack även till elektriker, Ulrika Hag NCC AB, platschef i Ursvik, Eskilstuna Elektronik Partner AB, referensgruppsdeltagarna: Peter Bennich- Energimyndigheten, Karin Engvall- Uppsala Universitet, Thomas Olofsson och Staffan Andersson - Umeå Universitet, Ingrid Willerström- Vattenfall AB, Vattenfalls kundtjänst, Kjell-Åke Henriksson- JM AB, samt till transkriberingspersonal.

DEL 1 - *Energy Aware Clock* i verkligheten

Användarstudie med fokus på förändring av energimedvetenhet och beteende

Syfte och frågeställningar

Projektet utgår från det väl belagda faktum att användarmönster och beteende har en avgörande betydelse för nivån av hushållselanvändning (Carlsson-Kanyama & Lindén 2004, Shove 2003, Ketola, 2000, Klintman, Mårtensson & Johansson 2003). Det är också väl belagt att synliggörande och återkoppling av elanvändning har potential att påverka just dessa beteenden och mönster och minska den beteendeberoende delen av elanvändningen med upp till 20% (Darby 2006, Katzeff, m fl 2007). Ett område som dock inte är lika be-forskat är hur denna återkoppling bör se ut för bästa effekt. Denna studie söker kunskap om just detta genom att testa en prototyp för energivisualisering – Energy AWARE Clock – i ett verkligt sammanhang.

Energy AWARE Clock utvecklades inom ramen för ett av II:s tidigare projekt, AWARE² som finansierades av Energimyndigheten, med syftet att genom fysiska design-exempel visa på nya sätt och tillfällen där design kan bidra till att medvetandegöra konsumenten om den egna elanvändningen i hemmet. Dessa designexempel togs fram efter fältstudier i hushåll. (Moen och Torstensson 2008).

Hur klockan fungerar beskrivs i inledningen medan de intentioner av designlösningen av klockan beskrivs och diskuteras i resultatkapitlet nedan. Clockwisestudien syftar just till att studera dessa lösningars möte med verklighetens användare. Övergripande frågeställningar för projektet Clockwise:

- Hur påverkar klockan medvetenheten om elanvändningen i hemmet?
- Hur påverkar klockan hushållets elrelaterade beteende och elanvändning?
- Bidrar klockan till förståelse av elanvändningen?
- Förstår användarna klockan och visualiseringen?
- Hur interagerar man med klockan?
- Hur ser denna interaktion ut över tid?

Metod

Studien gjordes som en fallstudie av totalt 20 hushåll i Ursvik utanför Sundbyberg. 10 av hushållen deltog i den huvudsakliga, kvalitativa delen av studien, och utrustades med var sin prototyp av Energy Aware Clock mellan januari och mitten av april, totalt ca 3 månader. Övriga 10 hushåll fick endast den tillhörande elmätaren inmonterad i sina proppskåp, och fungerade som referenshushåll i den kvantitativa mätning av hushållselanvändningen som också gjordes inom ramen för studien. Mätaren kopplades in så att man i möjligaste mån endast mätte och visualiserade hushållselen – sådan el som används direkt av olika typer av hushållsapparater, utrustning och belysning. Ett hushåll i den första gruppen föll bort ur studien då tekniska problem med mätaren inte kunde åtgärdas hos dem av praktiska orsaker; med övriga 9 genomfördes djupintervjuer i slutet av testperioden där det kvalitativa materialet samlades in.

Intervjuerna var semistrukturerade, det vill säga gjordes med stöd av en tematisk guide (se Intervjuguide bilaga 3) där frågeområden vi ville beröra under intervjun fanns listade, men som tillät oss att följa informanten och samtalet i fråga om i vilken ordning och

² www.tii.se/aware

hur frågor kring dessa teman formulerades. Intervjuerna var mellan 1 och 1,5 timma långa; genomfördes ibland med båda i paret, ibland med endast en. Alla intervjuer spelades in med diktafon och transkriberades.

Materialet bearbetades först hushållsvis: intressanta teman för intervjun plockades ut, och kondenserades till en kort skriftlig sammanfattning, profil, på 1-2 sidor för varje hushåll se bilaga 2. Utifrån alla 9 profiler upprättades analytiska teman som hittats under denna första bearbetning. Dessa togs till utgångspunkt när hela materialet bearbetades igen, och alla intervjuer analyserades utifrån dessa identifierade teman. Vid analysen lades specifik tonvikt på de teman som berörde förståelse av klockan, klockans påverkan på medvetenhet och kunskap om elanvändningen i hemmet, samt klockans medverkan till förändringar i beteende i relation till elanvändning, då dessa utgjorde studiens huvudfokus.

Intervjumaterialet har anonymiserats, informanternas namn i profilerna och analysen är fingerade. Intervjuerna refereras till efter deras nummer (se hushålls- och intervjuöversikt i bilaga 1).

Resultat och diskussion

De 10 hushåll som provade klockan bor alla i likadana parhus i samma område. Utåt sett är de en ganska homogen skara – typhushållet är två vuxna i 30-årsåldern med ett eller två små barn. Flertalet är akademiker, och samtliga flyttade in december till januari 2007 och hade alltså vid studiens början bott i huset ungefär ett år. Två av hushållen (1, 9) kan kategoriseras som miljömedvetna³. I de övriga familjerna spänner miljömedvetandet enligt dem själva från ”inte speciellt” (8) över ”halvdana” (4) till ”att det är klart att man bryr sig”, även om man inte alltid lyckas förena teori med praktik alla gånger (6).

Inbyggda intentioner och verkligheten

Studiens syfte var att undersöka hur Energy Aware Clock fungerade som hjälp att överbrygga de problem med osynlighet och bristande återkoppling på elanvändningen i hemmet som bland annat Aware-projektets fältstudie och andra undersökningar funnit (jfr. Moen och Torstensson 2008, Shove 2003, Darby 2006). Klockan utformades för att vara en:

snyggt designad elmätardisplay, som pedagogiskt visualiserar momentan samt historisk elanvändning för hela hushållet.

(Moen och Torstensson 2008:18)

Ursprungstanken var att klockan skulle vara portabel, men detta fick överges av tekniska och kostnadsmissiga skäl. Clockwisestudien utformades för att inhämta ett brett material om hur hushållen påverkades av 3 månader med klockan.

³ Termen används här för att beskriva en familj som är både kunniga och medvetna i miljöfrågor, *samt* lyfter fram just miljön som anledning för ett visst val/beteende. Endast miljövänliga vanor eller miljömedveten attityd (utan medföljande praktik) hamnar utanför denna kategorisering.

Om elanvändning och motiv för att spara

Elen osynlighet, och känslan av att få otillräcklig återkoppling på sin elanvändning går som en röd tråd genom intervjuerna, när man diskuterar hur medveten man varit om sin elanvändning innan studien. Nästan alla familjer uttrycker en brist på kontroll. Man har dålig koll på nivån på sin elanvändning, och på vad som påverkar den. Detta stämmer bra in i bilden för vad tidigare studier funnit (Lindén 2004, Moen och Torstensson 2008).

Nästan alla informanter säger sig ha fått ett större intresse för energi sedan man flyttat från lägenhet till hus, vilket man motiverar med den större ekonomiska bördan. Det faktum att så många av familjerna anger *ekonomin* som i princip enda skäl till sitt ökade intresse för elanvändningen efter flytten till Ursvik, motsvaras dock inte riktigt i bilden av de motiv för att vilja veta mer om sin elanvändning som framkommer i intervjumaterialet. Visst finns ekonomiska motiv representerade – men de står på intet sätt ensamma, och är i många familjer inte speciellt framträdande. Över lag verkar männen i studien mer ekonomiskt fokuserade än kvinnorna (3, 6).

Alla hushåll omfattar viljan att få *kontroll*, som i sin tur kan botten i olika motiv: miljöskäl; misstro mot elbolagets mätningar; viljan att kunna prata med / välja elbolag utifrån kunskap om sin egen elanvändning samt inte minst att veta vad som verkligen gör skillnad. Intressant är dock att några av familjerna i studien som har engagerat sig i att försöka minska sin elanvändning av el både innan och under försöket, inte pratar så mycket om detta i termer av miljövänlighet. Inte heller relaterar man det så tydligt till ekonomi. Snarare verkar man ha ett *sparsamhetsideal* i sig, som inte nödvändigtvis måste motiveras av vare sig miljöskäl eller plånbok. Bilden av informanternas motiv överrensstämmer i stort med bilden från fältstudien inom AWARE, även om dennas syn på vilken typ av återkoppling som respektive sparmotiv bäst behöver (Moen och Torstensson 2008:31f) kanske förefaller något förenklad gentemot den bild som framträder i vårt material.

Tekniska problem

Drygt hälften av de 10 klockorna visade strax efter installationen mycket konstiga och ostadiga värden. Det visade sig vara mätarna som orsakade problemen, och för säkerhets skull programmerades alla mätare om. Ett hushåll kunde inte nås för denna ominstallation, och utgick därför ur studien. Fyra hushåll (1-3, 7) säger sig inte ha märkt några tekniska problem med klockan.

I hälften av hushållen kunde klockan vid installationen inte placeras i köket som planerat, då den trådlösa kontakten mellan mätare och klocka inte fungerade tillfredställande där. I de flesta fall placerades klockan då i vardagsrummet istället. Klockornas placering finns noterad i tabellen i bilaga 1.

De initiala tekniska problemen kan säkerligen ha påverkat informanternas upplevelse av klockan. Riktigt hur är dock svårt att säkert säga. Trots att detta ämne togs upp under intervjuerna är det endast en informant – vars klocka hade större och mer långvariga problem än de övriga – som uttalat säger att han själv och i ännu högre grad hans hustru, tappade mycket av lusten att interagera med klockan då den inte fungerade, vilket påverkade deras användning av- och uppfattning om den när den senare gjorde det (8).

Estetik och praktiska aspekter

I intervjumaterialet framträder en mångfald av bilder av hur informanterna har uppfattat och interagerat med klockan. Informanterna tycker olika om klockans estetiska utformning – de flesta har varit övervägande positiva med omdömen som ”tjusig”, ” snygg design”, ”stilistiskt gökur” – medan andra uttryckligen tyckt att den varit ”ful”, ”störande” och ”klumpig”. I många fall är omdömena motsägelsefulla: en informant kan i ena stunden prisa klockans estetiska utförande med omdömen som ”snygg”, ”genomtänkt” och att ”den inte stör där den hänger”, för att i nästa säga att man inte skulle ha den framme, utan ”kanske i tvättstugan” om man hade den permanent (1). Denna dubbelhet kan tolkas som en konsekvens av klockans gränsöverskridande utformning. Dess nyskapande form och funktion passar inte in i några givna ramar och kategorier, utan intervjumaterialet gör gällande att den i informanternas utsagor vandrar mellan olika kategoriseringar. Klockan blir av informanterna i studien sedd som alltifrån ett ”obegripligt vetenskapligt objekt”, ”lyssande tavla”, ”IClock – digitalt gökur med Applekänsla” till ”elmätare”. Glidning mellan olika konceptuella kategoriseringar gör omsvängningar från snygg (klocka) till ett verktyg (elmätare) som bör sitta undangömd i tvättstugan (1, 2), och vara så liten och diskret som möjligt (5, 7, 8) begripligare.

Elsladden utgör, vilket var väntat, ett både praktiskt och estetiskt problem. Den uppfattas av hushållen som ful, och många har haft problemet att egna och besökande barn varit mycket intresserade av att rycka i sladden. Detta bör naturligtvis åtgärdas i kommande versioner av klockan.

Användningsmönster och förståelse

I materialet kan man urskilja två faser i interaktionen med klockan. Den första präglas av nyfikenhet och experimenterande: man utforskar med klockans hjälp hushållets elanvändning och lär sig mer om vad olika apparater drar, och hur det egna beteendet samspelar

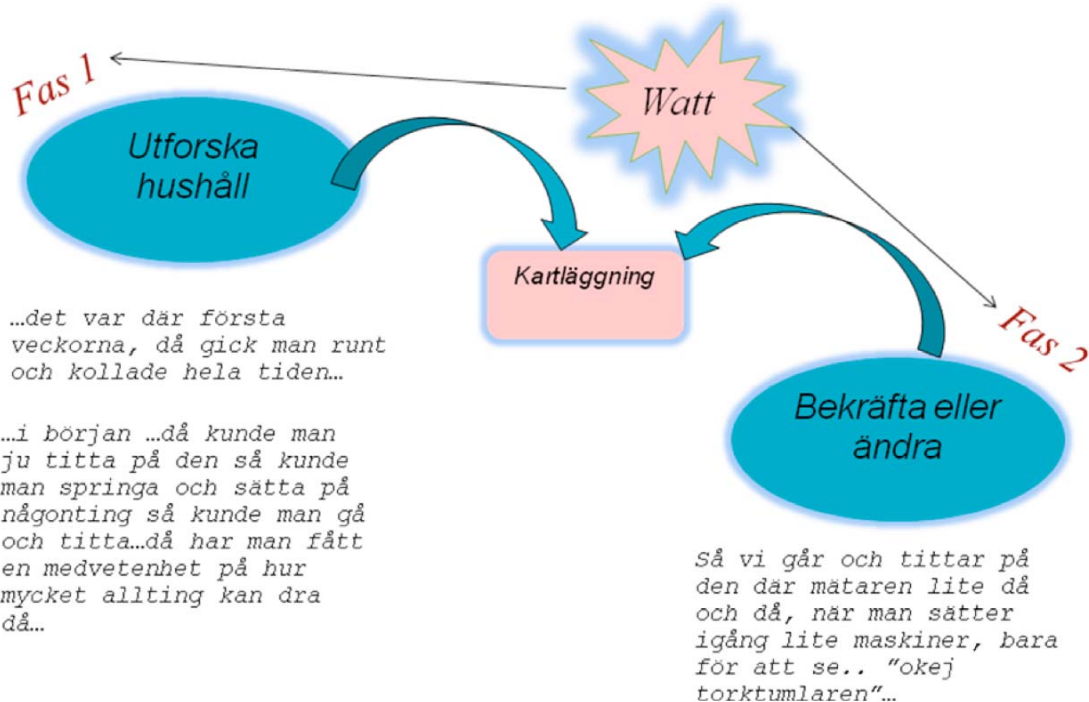


Fig 3. Olika faser i användandet av klockan

med elanvändningen. Klockan är ett verktyg för detta lärande. I fas 2 tar man avstamp i detta nya kunnande: man vet vilken nivå elanvändningen ”borde” ligga på just nu, och använder klockan för att kontrollera att allt är ”som det ska”. I denna andra fas används också klockan som verktyg för att ändra på sådant som man i den undersökande fasen kommit fram till är ”för mycket” eller ”onödigt”. En av informanterna liknar detta användande av klockan med hur man använder bilens bensinmätare.

Klockan har under testperioden i hushållen fungerat som en katalysator och satt igång tänkande och diskussioner om el och elanvändning, både bland informanterna själva, och bland de som varit på besök hos familjerna (1, 7).

Informanterna har i väldigt liten grad utnyttjat möjligheten att byta vy på klockan. De allra flesta har i början fastnat för en vy – vanligast är tim- eller minutvy – och sedan hållit fast vid den. Alla har haft watt-siffran framme, vilket är en valmöjlighet för att se den aktuella eleffekten, det är denna som i huvudsak har använts som informationskälla om den egna elanvändningen.

Endast ett av hushållen har förstått och använt sig av all den information som grafen kan förmedla. Grafens tre tidsliga lager, där elanvändningen kan jämföras med de två närmast passerade tidsenheterna, har inte uppfattats och förståtts av andra än detta enda hushåll – som däremot uttryckligen uppskattar grafen mycket (3).

Anledningarna till att grafen inte förstås och används fullt ut beror på att de olika lagrena är svåra att se och särskilja (2, 3), att grafen inte uppfattas och förstås som ett stapeldiagram på grund av dess runda form (2, 6), att man upplever att staplarnas längd inte kan tolkas kvantitativt (3, 4), eller att man inte ser nyttan av att se mönster i användningen under dagen (6). Att låna in klockans runda form och enkla snabba avläsning i förbifarten som ”ett alternativ till fyrkantiga grafer, siffror och staplar” (Moen och Torstensson 2008:19) är troligtvis inte helt utan komplikationer när det kommer till förståelsen av informationen. Studien ger vid handen att hushållen trots allt kategoriserar vad klockan ”är” utifrån kända kategorier - som förvisso kan skifta efter sammanhang (se ”estetiska och praktiska aspekter”), men som hela tiden påverkar tolkning och upplevelse av klockan. Ser man den exempelvis som en elmätare, så ”borde” den uttrycka användningen i antingen Watt eller kronor och ören – det är det man är van vid.

Resultat synlighet / medvetenhet / beteende

Klockan verkar definitivt ha lyckats med sin intention att göra elanvändningen synligare i hushållen. Återkommande i intervjuerna är att klockan både genom sin blotta närvaro, och genom sin synliga återkoppling har gjort att man påminns om elanvändningen och därmed kommer ihåg att exempelvis släcka och stänga av saker som man inte vill ska stå på i onödan. Klockan verkar ha ökat elens synlighet i alla hushåll, också hos de familjer som inte tycker att de har använt sig av klockan speciellt mycket, eller som inte tycker att de förstått sig på den. Så även om Erik svarar ”nej, inte direkt” (5) på den direkta frågan om han tycker att klockan har förändrat något i familjens syn på elanvändningen, säger han i nästa andetag:

Men man har blivit mer medveten om... man ser ju när man kör mikron till exempel att...
[effekten går upp].

(5)

Klockan har också för de allra flesta genererat ny kunskap om sin elanvändning: man har genom klockan lärt sig vad olika apparater i hemmet drar och identifierat okända elbovar som kaffebryggaren (3), spotlights i taket (3), digitalboxen (1, 7) etcetera.

Utöver det man lärt sig om vad hushållets apparater drar, har man också kunnat se i vilka mönster man använder elen under dygnet. Flera hushåll har med hjälp av klockan identifierat sina egna ”normala nivåer” och kunna koppla dem till de aktiviteter man utför och de apparater som är igång (2, 3, 7). Flera av informanterna verkar mena att man med klockan upplever just större kontroll över sin hushållsel. Magnus uttrycker det:

Ja, [watt-talet står på] för att det ger som en sån här ögonblicks-...bild och sen, på kvällen, när allt är lugnt och bara TV:n är på då kan, då ligger den runt 500. Nu är den normalt runt 900, och matlagningstider, då går den upp och touchar 2000. Men då ser man, det är ju också, eftersom man vet då att det följer ett mönster, då har man också koll att, ja, det är som vanligt.

(3)



Däremot upplevs resten av elanvändningen, såsom uppvärmning och utrustning utomhus fortfarande som osynlig och okänd (6, 7, 8). Andra har däremot tyckt att den här typen av information – att man ser var topparna är fördelade på dygnet, eller att eleffekten går upp när man sätter på spisen är helt oväsentlig och alldeles för självklar (6).

Klockans visualisering av elanvändningen kan också användas för att verifiera att handlingar man redan gör är ”rätt”. Hushållen har i hög grad ”återaktualiserat” gammal kunskap med hjälp av klockan. Man har verifierat att exempelvis torktummlaren drar mycket, och informanterna uttrycker att det faktum att man ”ser det” triggar dem att handla efter denna kunskap i högre grad än innan (1, 2, 4, 7). Huvudparten av de nio hushållen anger att de i någon grad har börjat agera annorlunda under försökets tre månader. Förändring gäller sådant som att sluta torktumla, fylla upp tvättmaskiner, släcka/sänka effekt på lampor i rum man inte är i, stänga av digitalbox på natten med mera.

Slutsatser

Klockan har ökat hushållselens synlighet i testhushållen, och de flesta informanter uttrycker att man har fått mer koll på, och blivit mer medveten om sin användning av hushållsel, medan övrig elanvändning fortfarande känns mer ogripbar. Hushållen har i de flesta fall fått ny kunskap om vad som drar mycket och lite, samt i hög utsträckning verifierat ”gammal kunskap” inom området. Klockans visualisering – ”att det syns” – gör att man i högre grad agerar efter denna återaktualiserade kunskap än tidigare. Huvudparten av hushållen anger att de i högre eller mindre grad har ändrat energirelaterat beteende som en följd av klockan.

Användningen av klockan följer generellt ett mönster i två faser: en undersöknings/experimentfas, och en bekräftelse/ändringsfas. Dessutom kan konstateras att hushåll-

len inte använt klockans olika vyer speciellt aktivt, utan oftast fastnat för en som sedan fått vara på.

Hushållen har företrädesvis använt Watt-siffran för att få information om sin elanvändning. Grafen, och speciellt den jämförande informationen i tre tidsliga lager har varit svårtydd för många. Studien gör gällande att klockans gränsöverskridande utformning spelar en roll både för svårigheten att förstå klockans visuella graf, och för den inkonsekvens och motsägelsefullhet som finns i informanternas uppfattningar om klockans estetik och utformning.

Fortsatt forskning - visualisering

Den stora möjligheten med att kombinera välkända föremål (t ex en väggklocka) med ett nytt användningsområde (mätning av elanvändning i stället för tid) bör sammanvägas med människors svårighet att frigöra sig från givna kategorier. Risken finns alltså att låsa sin förståelse vid "hur det borde vara". Hur denna kategorisering fungerar mer i detalj, och hur den påverkar mottagandet och förståelsen av klockan (och andra nyskapande verktyg för energivisualisering) bör utredas vidare. Kanske är det så att en mer handgriplig introduktion och uppföljning i början av en provperiod kan hjälpa till att undvika följder som bristande förståelse av den grafiska återkopplingen. Alternativ kan en vidareutveckling av klockans utformning och funktioner vara intressant utifrån de två faserna "utforska" och "bekräfta" (se fig. 3).

DEL 2 –

Energi och inomhustemperaturstudie

Mätstudie med fokus på variationer av energianvändning
och inomhustemperatur

Bakgrund

För att uppnå en behaglig inomhustemperatur krävs energitillskott av olika slag. Traditionellt räknar man med att en byggnads ordinarie värmesystem värmer byggnaden till +17°C under vinterhalvåret och resterande bidrag kommer då som regel från hushållsel, personvärme samt solen vilket brukar resultera i en inomhustemperatur på ca 20-22°C. I takt med att byggnaderna har blivit bättre krävs mindre energi av det ordinarie värmesystemet och de övriga tillskotten, som tex. hushållsel, får då en ökad betydelse. För ett genomsnittligt flerbostadshus som värms med fjärrvärme kommer ca 25% av det totala uppvärmningsbehovet från el (Sjögren, Andersson, Olofsson 2008). För en ny byggnad är andelen större.

Elanvändning i småhus och lägenheter

Ett genomsnittligt småhus med annat uppvärmningssystem än el använder ca 6000 kWh el per år för hushållsändamål mm. enligt Energimyndigheten (ES 2009:07). Energimyndighetens nyligen avslutade studie (End-use metering campaign in 400 households in Sweden 2009) anger 4143 kWh/år för hushållsel innanför klimatskalet och 8416 kWh ”inklusive allt” för hus utan elvärme. I den senare siffran ingår även den el som används utanför klimatskalet som motorvärmare, infravärmare mm. I energiberäkningsprogrammet Enorm (www.equa.se) räknar man med att 70% av hushållselen innanför klimatskalet blir nyttig värme när värmebehov föreligger. Hushållens olika elprofiler över året är inte särskilt utforskat och officiell statistik saknas. Profilen för småhus kan antas vara snarlikt lägenhetens vilket har studerats för några olika områden (Bagge, Hiller, Sjögren 2006).

Frågeställningar

Kan man konstatera någon minskad användning av hushållsel under mätperioden? Går det i så fall att koppla minskningen till energiklockan? Vad händer om energiklockan bidrar till att reducera användningen av hushållsel? Rent teoretiskt kommer inomhustemperaturen att gå ner och frågan är då om de boende accepterar en något lägre inomhustemperatur eller kommer man att kompensera detta genom att öka värmeförsörelsen via det ordinarie värmesystemet. Vidare finns intresse att ta reda på aktuella inomhustemperaturer i nybyggda småhus då detta är en viktig parameter vid energibehovsberäkningar.

Metod och mätningar

Inomhustemperaturen har mätts på över och undervåning i samtliga 20 byggnader med temperaturlogger (Tinytag). Givarna har placerats i kärnan på huset utan möjlighet för direkt påverkan av sol, i bottenvåningen i en städskrubba och på övervåningen i ett skåp eller i en bokhylla. Mätvärden har i huvudsak studerats på veckobasis för att beakta byggnadens tröghet. Mätning av hushållsel har utförts med en nyinstallerad mätutrustning i samtliga byggnader, i hushållselen ingår även el till golvvärme i badrum (500+350W) samt eventuell entrévärme innanför ytterdörren (300W) vilket funnits som tillval. Mätutrustningen har utvecklats av Interactive Institute för att trådlöst överföra mätdata till olika typer av visualiseringsutrustningar. Mätnoggrannheten anges till +/- 10-15%. Som ytterligare information har veckodata för debiteringsmätaren levererats av Vattenfall elnät för

alla 20 byggnader. En debiteringsmätare har en noggrannhet på bättre än +-1%. Juridiskt får mätaren dock avvika med +-5%

Resultat och diskussion

Inledningsvis bör konstateras att antalet byggnader och den studerade tidsperioden i studien varit begränsat varför man bör vara försiktig med att dra för långtgående slutsatser. Ett markant avvikande beteende hos ett hushåll ger förhållandevis stort genomslag i statistiken för gruppen när små förändringar ska studeras. Flera intressanta indikationer kan dock noteras.

Temperaturer

Mätarna har registrerat data under perioden 1 dec 2008 till 21 april 2009 dvs. under V49-V16. Mätdata finns registrerat timvis.

De genomsnittliga inomhustemperaturerna för de 10 aktiva hushållen (byggnader med energiklocka) är 21,7° och för de 10 referenshushållen (byggnader utan energiklocka) 21,3° vilket framgår i fig.1 nedan.

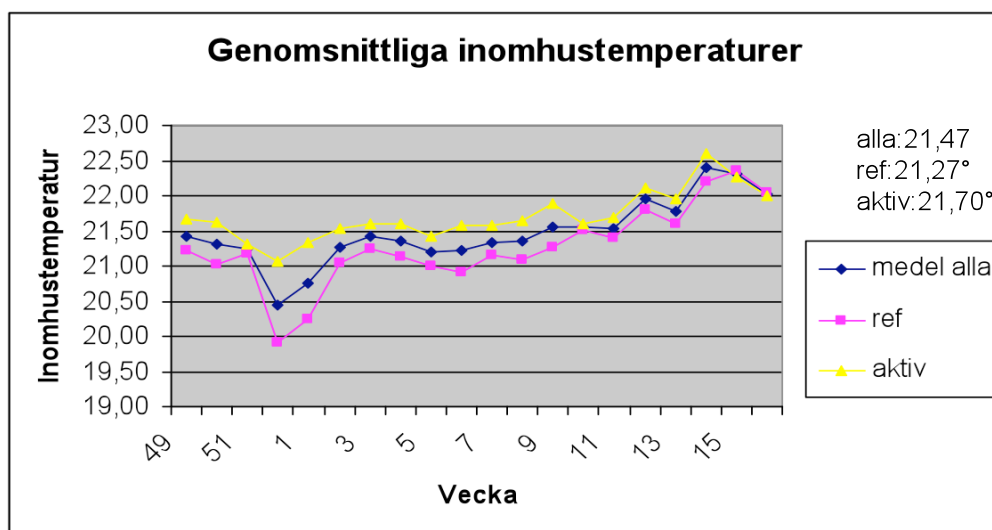


Fig. 1 Inomhustemperaturer

Övervåningen, där sovrummen är belägna, har i genomsnitt 1,0°C lägre temperatur än i bottenvåningen för samtliga byggnader. Ett hushåll har stängt av värmesystemet under 7 veckors bortavaro och inomhustemperaturen har då som lägst tangerat 0°C. Byggnaden har för de aktuella veckorna uteslutits ut statistiken. Här frysriskerna uppenbar. För ytterligare ett hushåll har temperaturen registrerats till 14-15° under några veckor runt årsskiftet. Dessa veckor har uteslutits i redovisningen och sannolikt har man reducerat inomhustemperaturen vid bortavaro.

Några markanta förändringar av inomhustemperaturen kan observeras. Under perioden V52-V1 registreras en tydlig sänkning av inomhustemperaturen. Under samma period noterades en köldknäpp, se fig. 2.

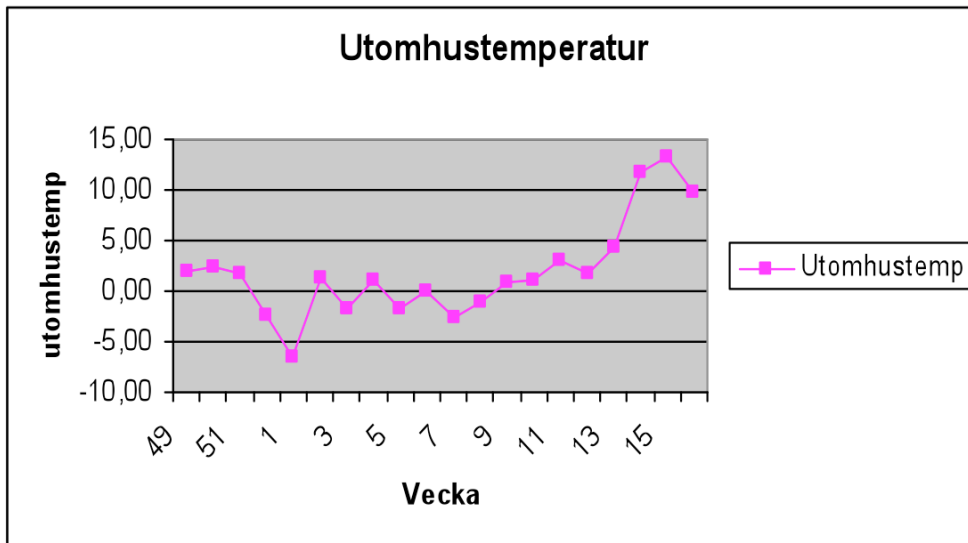


Fig. 2 Utomhustemperatur

Det kan antas att styr och reglerutrustningen inte kompensert fullt ut för förändringen i utomhustemperatur. Mot slutet av mätperioden kan en ökning av inomhustemperaturen noteras i samtliga byggnader. Detta sammanfaller med att utomhustemperaturen ökat snabbt under samma period. Detta är en indikation på att husets ordinarie värmesystem inte i erforderlig omfattning kan kompensera för den ökade utomhustemperaturen med onödig energianvändning som följd. Detta fenomen har även observerats för BO 01 området i Malmö (Bagge et al 2006).

Spridningen i inomhustemperatur mellan de olika byggnaderna visas nedan i fig. 3.

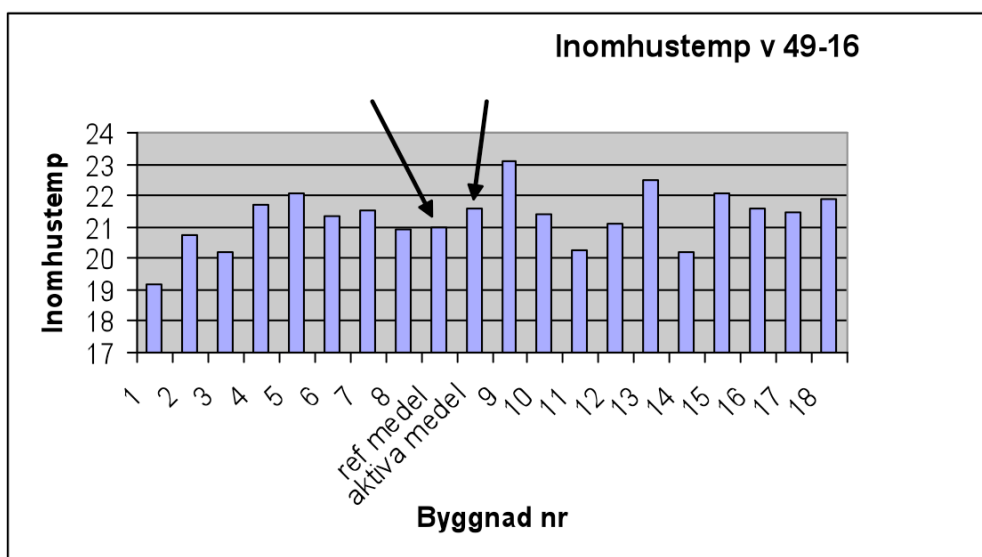


Fig. 3 De olika hushållens inomhustemperaturer, 1-8 referenshushåll och 9-18 aktiva.

Hushållsel

Nedan redovisas en bedömning av besparingen av hushållsel baserad på mätdata från den nyinsatta mätaren för hushållsel. Energiklockan monterades V1 i de aktiva hushållen och omprogrammerades V7 efter mätproblem. I fig. 4, nedan redovisas genomförda mätningar av hushållselen för perioden V 7 – V16.

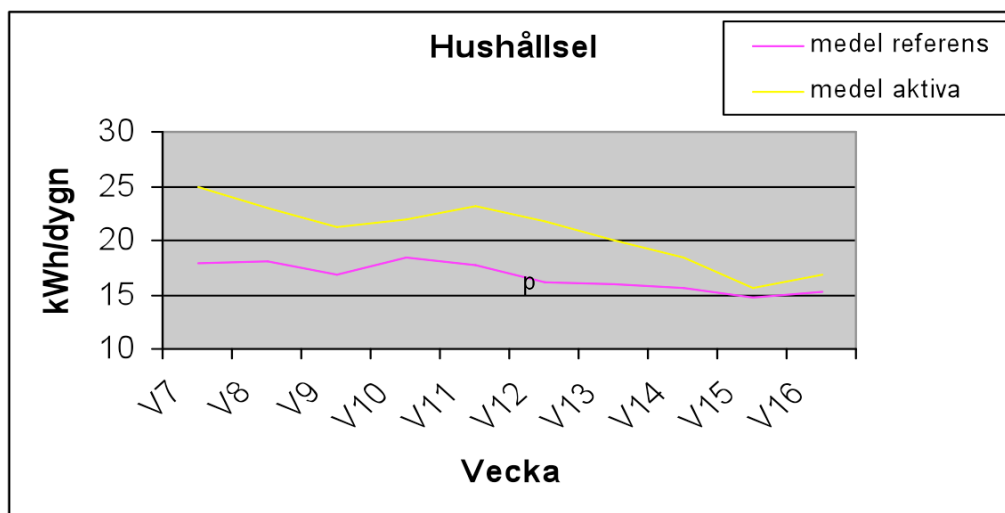


Fig. 4 Användning av hushållsel V7-V16

Data finns för 9 hushåll med energiklockan samt för 8 av referenshushållen. Entrévärmes (300W) finns i 7 hushåll med energiklockan och två av referenshushållen. Mot slutet av mätperioden stiger utomhustemperaturen markant vilket sannolikt innebär att entrévärmens jobbar mindre vilket syns tydligast för de aktiva hushållen där entrévärmes är vanligast. Om entrévärmes har nyttjats på ett likformigt sätt mellan de två kategorierna finns inget underlag för att kunna bedöma. Efter vecka 7 då omprogrammeringen skedde har några tveksamheter beträffande mätvärden visat sig, och för 3 hushåll har ingen användning registrerats för några veckor. Det kan bero på att nätsladden till mätutrustningen dragits ur. För ytterligare ett aktivt hushåll har två veckor med orimligt hög elanvändning registrerats. Ca 10% av mätvärdena efter vecka 7 för de 9 aktiva hushållen har därför uteslutits. Data finns för 8 referenshushållen under perioden vecka 49 till vecka 16. Här är bortfallet av mätvärden 3%.

I figur 5 på nästa sida, redovisas den relativa förändringen av hushållsel jämfört med den genomsnittliga användningen vecka 7, för referensbyggnaderna samt de aktiva.

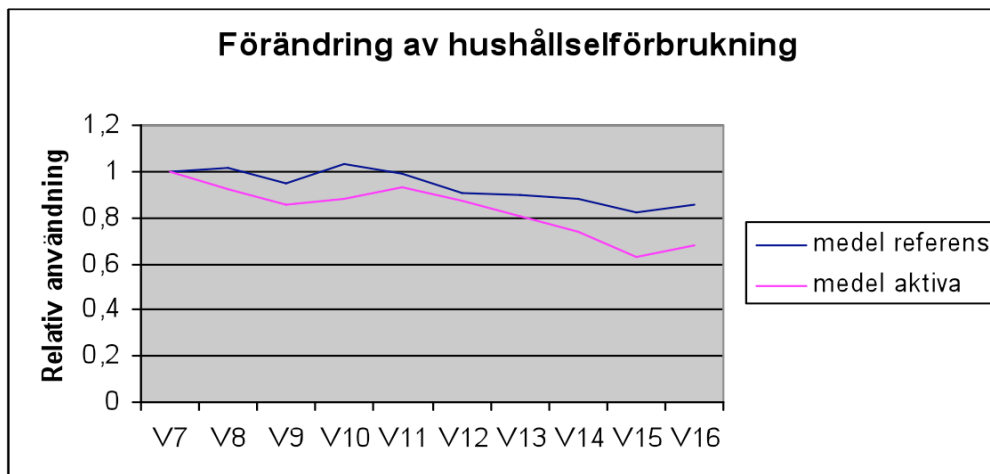


Fig. 5 Relativ förändring av hushållsel V7-V16

I figur 5 ser vi en snabbare avtagande elanvändning i de aktiva hushållen jämfört med referenshushållen. För V8-V16 är minskningen av hushållselen 13% i genomsnitt och för perioden V10-V16 är minskningen 14%.

Total elanvändning

Den totala elanvändningen per vecka (statistik från Vattenfall elnät) redovisas nedan i fig.6 för de olika kategorierna. Friggebodar med elvärme finns hos 4 av de aktiva hushållen och två av referenshushållen. Installerad effekt och temperatur i friggebodarna är inte känd. De olika kategorierna uppvisar nästan identiska profiler.

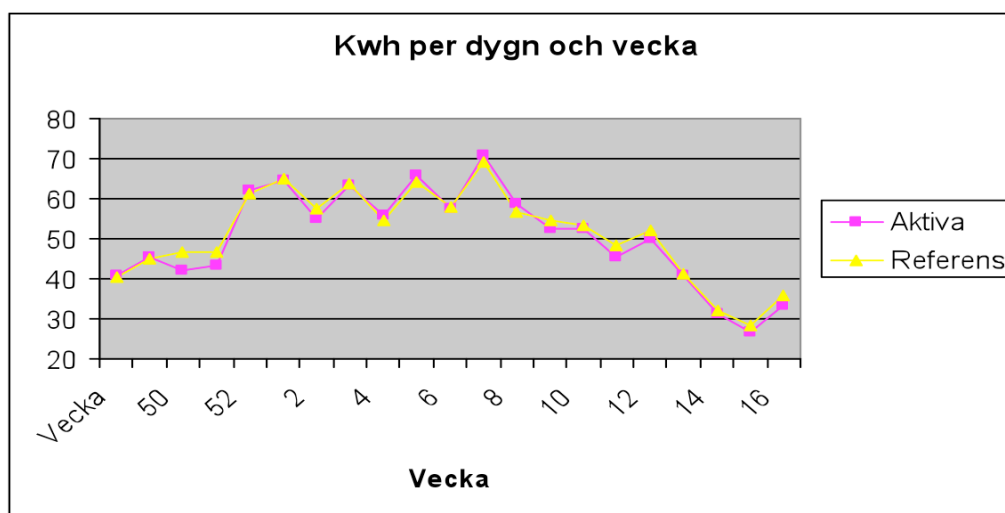


Fig. 6 Total elanvändning i kWh per vecka

I nedanstående figur har kvoten av den totala elanvändningen (aktiva /referenshushåll) för de olika kategorierna jämförts för hela mätperioden. Ju lägre värde på kvoten desto mindre elanvändning i de aktiva hushållen jämfört med referenshushållen. För perioden V49 – V6 är den genomsnittliga kvoten 0,985 och för perioden V7 - V16 (efter omprogrammeringen) är motsvarande siffra 0,980. Tendensen mot slutet av mätperioden kan tolkas som att de aktiva hushållen minskade sin totala elanvändning mer än referenshushållen.

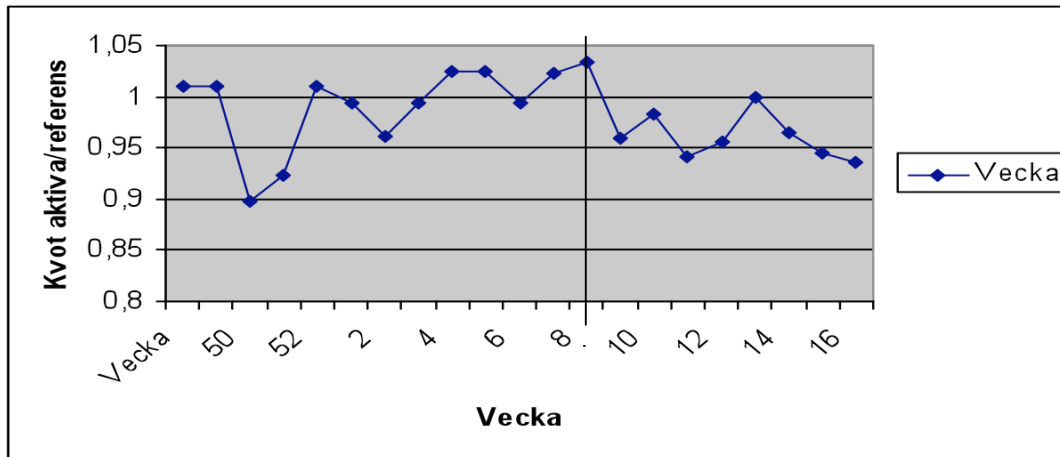


Fig. 7 Kvot mellan aktiva och referenshushåll

Om kvoten för den totala elanvändningen minskar från tex. 1,0 till 0,95, och denna minskning kan hänföras till hushållselen kan storleken av minskningen beräknas enligt följande.

En minskning av hushållselen med x uttryckt som andel av den totala elanvändningen, reducerar uppvärmningen med ηx , där η är den andel av hushållselen som blir värme. Om reglerystemet fungerar perfekt så kompenseras detta värmeförlust med en ökad elanvändning i värmepumpen vilket ger att den resulterande sänkningen, y , av den totala elanvändningen ges av

$$y = x - \eta x / \text{COP} \quad (1)$$

Där

η = andelen nyttiggjord hushållsel (den andel som kommer uppvärmningen tillgodo)

x = Minskningen av hushållsel (som andel av totala elanvändningen)

COP = värmepumpens värmefaktor

y = Nettominskning av total elanvändning

Detta innebär att för en sänkning av den totala elanvändningen om 5% enligt ovan, så minskar hushållselen uttryckt som andel av den totala elanvändningen med

~7 % för $\eta=0,7$ och COP = 2,3

~9 % för $\eta=1,0$ och COP = 2,3

Exempel:

Om den totala elanvändningen är 100 kWh och hushållselen utgör 40 kWh och den totala elanvändningen minskar med 5% innebär det att hushållselen minskar med 7% av 100 kWh vid $\eta=0,7$ och COP = 2,3. Hushållselen minskar då med $0,07 \cdot 100 = 7$ kWh och värmeförlusten med 70% av detta dvs 4,9 kWh. För att kompensera detta ökar elanvändningen för värmepumpen med $4,9 / 2,3 = 2,1$ kWh. Netto besparingen angett som andel av den totala energianvändningen är således 5%, men uttryckt som andel av hushållselen är besparingen hela 17,5 % (7/40).

För perioden V49-V6 är kvoten för den totala elanvändningen mellan aktiva och referensbyggnaderna 0,985. För perioden V10 – V16 är kvoten 0,964 vilket motsvarar en minskning av den totala elanvändningen om 2.1%. Detta motsvarar en minskning av hushållselen om 3.1% av den totala elanvändningen under antagandet att värmepumpen kompenserar för värmebortfallet.

För den studerade perioden V10-V16 låg den totala elanvändningen på ca 44,7 kWh/dygn för de aktiva hushållen och en hushållselanvändning om 16.2 kWh/dygn. Detta innebär att minskningen av hushållsel kan uppskattas till 1,4 kWh (3,1 % av 44,7 kWh) vilket ger en uppskattad besparing på ca 8,5 % (1,4/16,2) av själva hushållselen.

Om man i stället jämför perioden V8-V16 med V49-V6 uppskattas besparingen av hushållsel enligt samma metodik till ca 3 %. Man kan fråga sig vilka perioder som är mest relevant att jämföra då energiklockan omprogrammerades V7. Får man en omedelbar effekt redan V8 eller ska man anta att det tar ett par veckor innan de boende börjar förändra sitt beteende? Samtidigt får man beakta att klockan sattes upp V1 och initialt krånglat i flera hushåll.

Kompensation för hushållselens minskade bidrag till uppvärmningen

Uppskattningen av besparingen baserad på den totala energianvändningen förutsatte att värmepumpen kompenserade fullt ut för den minskade värmeförlusten. För att bedöma om detta antagande är korrekt redovisas kvoten mellan $(t_i - t_u)_{\text{aktiv}}$ och $(t_i - t_u)_{\text{referens}}$ i fig. 8 (där t_i och t_u är inomhus- respektive utomhustemperaturen). Denna kvot kan antas avspegla byggnadernas värmeförluster och därmed också behovet av tillförd energi för uppvärmning.

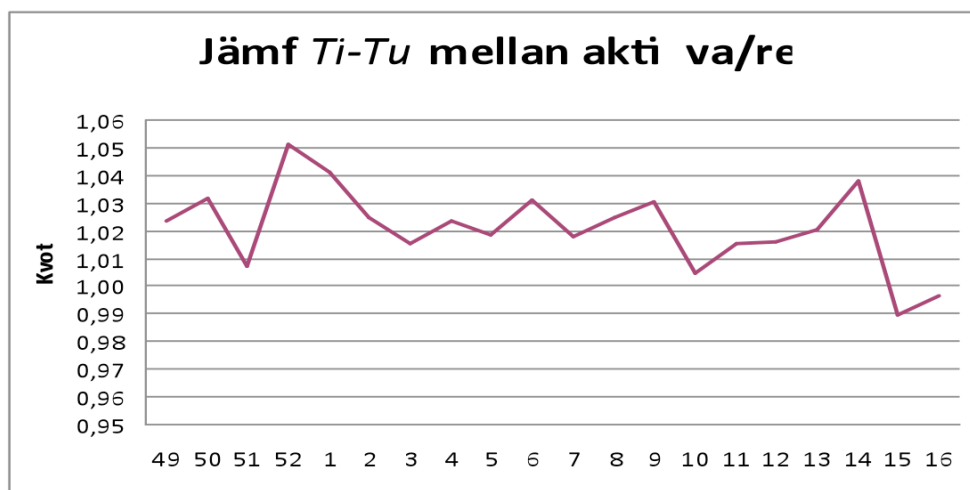


Fig. 8 Jämförelse av kvoten mellan $(t_i - t_u)_{\text{aktiv}}$ och $(t_i - t_u)_{\text{referens}}$

Av figur 8 framgår att kvoten mellan $(t_i - t_u)$ för de aktiva hushållen och referenshushållen varit relativt konstant. Efter vecka 9 kan en svag minskning noteras och i slutet av perioden, vecka 15 och 16, sker en tydlig minskning av kvoten, vilket kan tolkas som en sänkning av inomhustemperaturen i de aktiva byggnaderna. Detta sammanfaller med förändringen av den relativa hushållselanvändningen (figur 7) och kan tolkas som om att värmepumpen inte kompenserar för hela värmebortfallet. Detta skulle då innebära att den uppskattade besparingen baserad på den totala elanvändningen kan vara något underskattade.

En stor osäkerhet utgör dock nyttjandet av entrévärmerna, vars elanvändning redovisas under posten hushållsel.

Sammanfattning

Det finns betydande svårigheter i denna studie med att jämföra de olika gruppernas elanvändning, kopplat till brukarbeteendet, och därmed kvantifiera den eventuella besparings-effekt som installationen av energiklockan gett upphov till. De största osäkerheterna bedöms vara:

- Mätnoggrannhet för hushållsmätaren
- Osäkerhet om användandet av entrévärmerna
- Vad är en naturlig variation i beteendet hos de boende (frånvaro, gäster etc) och vad är en förändring betingat av energiklockan
- Förändringar betingade av yttre faktorer som skillnader i nyttiggjord solinstrålning som leder till lägre behov av belysning och uppvärmning
- Begränsat antal byggnader
- Begränsad mätperiod

Här uppstår frågan: Hur mycket av den minskade elanvändningen i de aktiva hushållen beror på energiklockan och hur mycket beror på att entrévärmerna jobbar mindre? De redovisade beräkningarna ger en uppskattad besparing på mellan 3 och 8 % baserat på den totala elanvändningen och antagandet att värmepumpen kompenserar för värmeforfallet. Tittar man enbart på den relativa förändringen av hushållselen för de aktiva- och referenshushållen så ger resultaten en indikation på en större reduktion (13-14%) av hushållselen. Men den stora obesvarade frågan är hur entrévärmarna har använts. Om den genomsnittliga minskningen i effektuttag för entrévärmerna är 100 W motsvarar den 2,4 kWh/dygn vilket är ca 10-15% av hushållselen. Om entrévärmarna har använts under hela perioden på ett likformigt sätt så minskar osäkerheten i uppskattningen.

Trots rådande osäkerheter i underlaget finns en tendens att de aktiva byggnaderna reducerat användningen av hushållsel under perioden V8-V16. Storleksordningen är vanskelig att ange men kan uppgå till storleksordningen 10%.

Behov av fortsatta studier

Temperaturer

Frågan om befintliga styr och reglersystem på ett bra sätt kan upprätthålla en jämn inomhustemperatur behöver studeras ytterligare. Vi har dels en tydlig indikation på att vid en snabb sänkning av utomhustemperaturen klarar inte styr och reglersystemet av att upprätthålla inomhustemperaturen. Vidare kan vi konstatera att mot slutet av mätperioden när utomhustemperaturen stiger och vårsolen börjar bidra till uppvärmningen stiger inomhustemperaturen samtidigt som det ordinarie värmesystemet levererar ut värme. Här finns en

energisparpotential som är outnyttjad. Frågan är om erforderliga justeringar kan utföras med det befintliga styrsystemet eller om en större systemanalys behöver utföras?

Energi

Det saknas idag statistik, officiell eller annan, på månadsbasis för olika typer av byggnader och hushållssammansättning vilket skulle underlätta jämförelser. Sannolikt behövs metodutveckling för att kunna kvantifiera förändring av elanvändningen till följd av visualisering av energi.

Referenser

Carlsson-Kanyama, Lindén Anna-Lisa, Eriksson Björn (2004) *Hushållskunder på energi-marknaden. Värderingar och beteenden*, Department of Sociology, Lund University.

Darby, Sarah (2006) *The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption. A Review for DEFRA of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays*, Environmental Change Institute, University of Oxford.

Katzeff, C., m fl. (2007): *PowerAgent. Spel med energi*, Slutrapport av projektet Young Energy 2 till Energimyndigheten, Interactive Institute, September 2007.

Ketola, Anna (2000) *Mänskliga Dimensioner vid Energianvändning. Vetenskaplig forskningsfront ur nationellt och internationellt perspektiv*, Department of Heat and Power Engineering, Lund University.

Klintman, Mikael, Mårtensson, Kjell and Johansson, Magnus (2003) *Bioenergi för uppvärmning – hushållens perspektiv*, Department of Sociology, Lund University.

Lindén, Anna-Lisa (2004) *Miljömedvetna medborgare och grön politik*, Formas: Stockholm

Moen Jin, Torstensson Carin (2008). *AWARE – design för energimedvetenhet*, Slutrapport, December 2008, Interactive Institute

Shove. Elisabeth (2003) *Comfort, Cleanliness and Convenience: The Social Organisation of Normality*, Oxford/New York, Berg

J-U Sjögren, S Andersson, T Olofsson (2008) *Sensitivity of the total heatloss coefficient, determined by energy signature approach, to different timeperiod and utilized free energy.*

Energy and Buildings, Volume 41, July 2009, Pages 801-808

Energistatistik för småhus 2009:07. Energimyndigheten

Hushållsel - Framtidens uppvärmning. H.Bagge, C.Hiller, J-U. Sjögren, (2006) Bygg Teknik nr 8.

Sjögren, Jan-Ulric, Kronheffer,Joel. (2007) *Energianvändning i 9 nybyggda flerbostadshus*, NCC rapport.

Jean Paul Zimmermann (2009) *End-use metering campaign in 400 households in Sweden 2009*. Energimyndigheten

Energiberäkningsprogrammet Enorm. www.equa.se

H.Bagge, A.Nilsson, and A.Elmroth, (2006) *Effects of passive solar heat on energy use and indoor temperature in residential buildings*. In: Fazio, Ge, Rao, and Desmaris (eds.) *Research in Building Physics and Building Engineering*. Taylor & Francis, London.