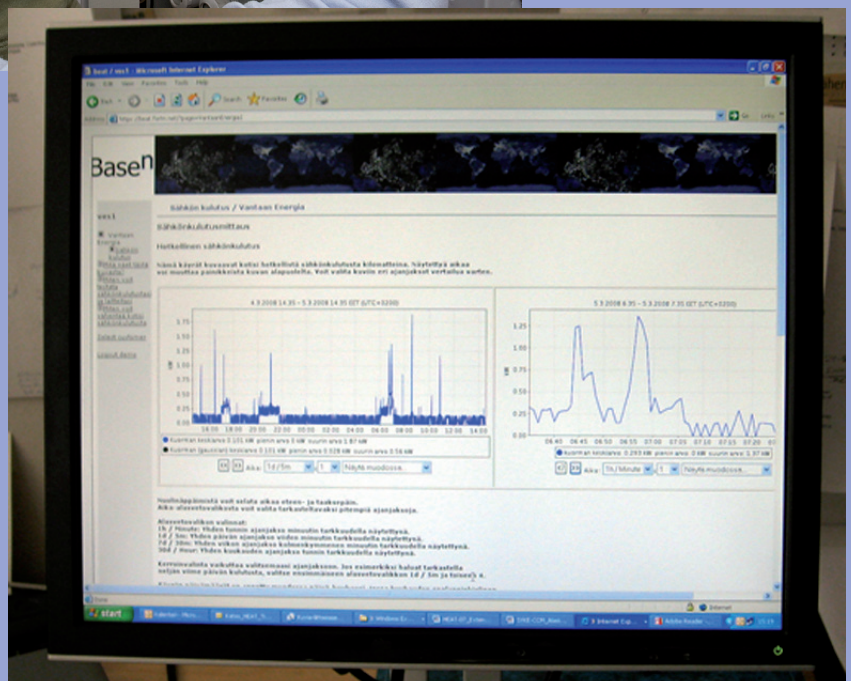


# Kotien reaaliaikainen sähkönkulutuksen mittaaminen ja havainnollistaminen

## - HEAT'07 projektin tulokset

Nissinen Ari, Alku Panu, Heine Pirjo, Heiskanen Jan, Korhonen Marja-Riitta,  
Koski Pertti, Laitila Päivi, Lappi Risto, Laukkanen Pertti, Lehikoinen Sari,  
Lehtonen Matti ja Wings Sujit





# Kotien reaaliaikainen sähkönkulutuksen mittaaminen ja havainnollistaminen

- HEAT'07 projektin tulokset

Nissinen Ari, Alku Panu, Heine Pirjo, Heiskanen Jan,  
Korhonen Marja-Riitta, Koski Pertti, Laitila Päivi, Lappi Risto,  
Laukkanen Pertti, Lehikoinen Sari, Lehtonen Matti ja Wings Sujit

Helsinki 2008

Suomen ympäristökeskus



S Y K E

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7 | 2008  
Suomen ympäristökeskus SYKE  
Tutkimusosasto

Taitto: Ritva Koskinen  
Kansikuvat: Jari Aalto (ylempi kuva) ja Ulla Sonck

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 978-952-11-3051-9 (PDF)  
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

## YHTEENVETO

Kodin energiaa käyttävien laitteiden järkevillä käyttötavoilla ja energiatehokkailla hankinnoilla pystytään vähentämään energiankulutusta ja syntyviä hiilidioksidipäästöjä ja näin vaikuttamaan ilmastonmuutokseen. Tämän vuoksi on tärkeää antaa kuluttajille energiansäästöneuvontaa ja tuoda esiin monenlaisia keinoja, joilla kodin sähkönkulutusta voisi vähentää. Yksi haaste on kuitenkin siinä, että omien toimien vaikutusta on vaikea nähdä varsinkin niissä kerrostalokodeissa, joissa sähkölasku paljastaa toteutuneen kulutuksen vain kerran vuodessa. Omalla sähkömittarilla varustetussa omakotitalossakin jatkuva kulutusseuranta vaatisi melkoista käsityönä toteutettavaa mittarin luentaa.

Syyskuussa 2007 käynnistyneen HEAT'07-hankkeen tarkoituksena oli omalta osaltaan edistää kotitalouksien energiatehokkuutta ja ilmastonmuutosvaikutusten hillintää sekä parantaa ihmisten mahdollisuutta saada tietoa sähkönkulutuksestaan. Tavoitteena oli koekäyttää BaseN Oy:n kehittämää reaaliaikaisen mittaamisen ja havainnollistamisen teknologiaa, kerätä käyttäjien kokemuksia ja kehittämistoiveita sekä kehittää edelleen kotitalouskohtaisia sähkönkulutustietoja esittävää Internet-sivustoa. Tietoa pyrittiin saamaan myös todellisista mahdollisuuksista edistää sähkönsäästöä kodeissa. Hanke oli luonteeltaan pilottityyppinen, eli siinä testattiin tekniikkaa ja kehitettiin käyttöliittymää yhteistyössä noin kymmenen kotitalouden kanssa.

Hanketta koordinoi Suomen ympäristökeskus yhteistyökumppaneinaan mittausteknologian palveluyritys BaseN Oy, Motiva Oy, Teknillisen korkeakoulun Sähköverkot ja suurjännitetekniikka -yksikkö, Vantaan Energia Oy ja Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Hanketta rahoittivat Sitra ja kauppa- ja teollisuusministeriö (nykyinen työ- ja elinkeinoministeriö) sekä hankkeeseen osallistuvat organisaatiot. Hanke kesti 7.9.2007 - 31.1.2008.

Raportin tekoon osallistuivat erikoistutkija Ari Nissinen ja tutkija Marja-Riitta Korhonen Suomen ympäristökeskuksesta; tuotespesialisti Panu Alku, viestintäjohtaja Sari Lehikoinen ja tuotepäällikkö Sujit Wings BaseN Oy:stä; johtava asiantuntija Pertti Koski ja viestintäjohtaja Päivi Laitila Motiva Oy:stä; tutkija Pirjo Heine ja professori Matti Lehtonen Teknillisen korkeakoulun Sähköverkot ja suurjännitetekniikka -yksiköstä; tuotepäällikkö Jan Heiskanen ja toimitusjohtaja Pertti Laukkanen Vantaan Energia Oy:stä; sekä toimitusjohtaja Risto Lappi Vantaan Energia Sähköverkot Oy:stä.

Järjestelmä osoittautui teknisesti toimivaksi tavallisen käyttäjän näkökulmasta, jota edustivat kymmenen pilottikotia. Tämä tarkoittaa sitä, että kodit pystyivät käyttämään Internet-sivua ja saivat sitä kautta tietoa kotinsa sähkönkulutuksesta. Kulutustietojen reaaliaikaisuudesta näyttäisi olleen jonkin verran hyötyä, vaikka vastaajat eivät tuoneet erityisesti esiin tätä ominaisuutta. Palvelusta ei juurikaan haluttu maksaa.

Kotien energiatehokkuuden parantamisen näkökulmasta järjestelmän hyödyllisyys jäi vielä näillä pilottikodeilla todistamatta. Tätähän ei ollut tarkoituskaan tehdä sähkönkäytön muutoksia tarkastelemalla, koska hankerahoituksen määrästä ja ajoituksesta johtuen aikajänne oli tämän tyyppiseen tutkimukseen liian lyhyt ja tutkimusjaksoon osui joulu, joka on monessa kodissa sähkölaitteiden käytön kannalta kohdalla poikkeuksellista aikaa. Mutta jos pilottikotien reaktiot olisivat olleet hyvin myönteisiä ja järjestelmää olisi käytetty innokkaasti oman kodin sähkönkäytön havainnointiin ja energiatehokkaiden toimintatapojen opetteluun, niin tämä olisi luonnollisesti ollut selvä merkki järjestelmän hyödyllisyydestä. Tällaista toimintaa ei kuitenkaan tullut esiin pilottikodeille tehdyissä kyselyssä ja haastattelussa.

Palvelun kustannukset koostuvat laitteen hankintahinnasta, asennuskustannuksista ja tiedonsiirron kustannuksista. Tuotekehityksen kannalta olennaisia kohteita ovat laitteen valmistuskustannusten alentaminen, laitteiston asentamisen nopeuttaminen ja ulkonäön parantaminen sitä koteloimalla ja pienentämällä, sekä laitteen vaatiman virransyötön ratkaiseminen. Myös toimintamallia asennuksissa tulee vielä kehittää,

eli kuinka sähköyhtiö ja palvelun tarjoaja sopivat asennuksista ja miten järjestetään laitteiden kunnossapito.

Lisäksi oikeuksia tietoon tulee vielä tarkentaa. Pilottihankkeessahan katsottiin, että kodit ja sähköverkko-yhtiö omistavat aineiston ja hankkeen osapuolilla on käyttöoikeus aineistoon. Huomionarvoista on myös, että kodit säilyivät anonyymeina muille paitsi yhdelle henkilölle sähköverkko-yhtiössä.

Internet-käyttöliittymästä kehitettiin hankkeessa versio, joka oli koekäytössä ollutta käyttäjäystävällisempi, mutta uutta versiota ei enää testata käyttäjillä. Kehitysideana todettiin, että Internet-sivusto olisi todennäköisesti mielenkiintoisempi ja havainnollisempi, jos siitä näkisi vertailutietoja vastaavanlaisten kotien sähkönkulutuksista. Lisäksi voisi olla hyvä lisätä kuva pörssisähkön hinnalla lasketusta kustannuksesta, koska tämä heijastaisi myös kunkin ajankohdan sähköntuotannosta aiheutuneita ympäristökuormituksia.

Tuotekehityksessä tulee myös ratkaista miten mittauksen tarkkuus otetaan huomioon sähkönkulutuskuvissa. Nyt mittauksista pienemmät tehot aiheuttavat kulutuskäyrään virheellistä vaihtelua. Pieniä muutostarpeita ovat niin ikään sähkönkulutuskäyrän automaattinen päivitys sekä tarkasteltavan ajankohdan säilyminen samana siirryttäessä tarkemmalle aikatasolle, esimerkiksi päivätasolta tuntitasoon tarkasteluun. Lisäksi on syytä todeta, että BEAT-mittauksen toimivuus on aina varmistettava jokaiselle mittarituokseille erikseen.

Sähkön tuottajan, myyjän ja sähköverkko-yhtiön näkökulmasta minuuttipohjainen 'reaaliaikainen' mittaus ei enää tuo lisäarvoa tuntipohjaiseen järjestelmään verrattuna. Toisaalta reaaliaikaisen sähkönkulutustiedon tarjoaminen voi olla palvelu, jota kansalaiset jatkossa odottavat tai jopa edellyttävät energiayhtiöiltään. Tällöin minuuttimittauksen kehittäminen on luonnollisesti yhtiöiden intressien mukaista.

Yhteiskunnan näkökulmasta voidaan todeta, että hanke osoittaa reaaliaikaisen sähkönkulutustiedon välittämisen kuluttajalle olevan mahdollista. Lisäksi reaaliaikainen tieto voi olla jossain määrin hyödyllisempää kuin tuntitasoon tieto. Tosin hyödyllisyys liittyy lähinnä yksittäisten laitteiden sähkönkulutuksen erottamiseen kokonaiskulutuksesta juuri ajallisen erottelumahdollisuuden avulla, ja tähän laitekohtaiset mittaukset tarjoaisivat mahdollisuuden jos helpokäyttöisiä teknologioita olisi tarjolla.

Vaikka kustannukset olivat suhteellisen korkeat, on näköpiirissä että ne voisivat laskea nopeasti kohtuulliselle tasolle. Tälle nyt testatulle teknologialle tullee myös nopeasti kilpailijoita, etenkin tuntitiedon tarjoamiseen, koska sähköverkko-yhtiöiden hankkimat uudet mittarit tämän mahdollistavat. Yhtiöt myös etsivät erilaisia ratkaisuja mittareiden etäluentaan ja tiedon nopeaan välittämiseen kuluttajille. Vastaavia järjestelmiä kehitetään myös muissa maissa. Palvelun vuosikustannuksen arvioitiinkin voivan laskea laajamittaisen käyttöönoton myötä jo varsin pian omakotitaloissa 60-70 euron tasolle ja kerrostalokohteissa noin 10 euron tasolle. Jos kotitalous pystyisi vähentämään sähkönkulutusta järjestelmän avulla vähintään 10%, niin sähkölaskun aleneminen olisi yli kaksinkertainen kustannukseen verrattuna kaksioissa ja sitä isommissa kerrostalokohteissa sekä sähkölämmitteisissä omakotitaloissa.

Tuntitietojen ja minuuttitasoon mittausten laajentaminen ja selkeässä muodossa esitetyn kuluttajakohtaisen tiedon tarjoaminen parantavat kuluttajan energian käyttö- ja kustannustietoutta. Tämän uskotaan johtavan nykyistä järkevämpään ja energiatehokkaampaan energian käyttöön. Kuluttajien energiamittausten kehittäminen tunti- tai minuuttiperustaiseksi mahdollistaa myös nykyistä kustannusvastaavamman energian hinnoittelun, jonka myötä sähkönkulutuksen kustannukset kotitalouksille heijastaisivat sähkönhankinnan todellisia kustannuksia. Tällä olisi todennäköisesti vahva ohjauvaikutus ihmisten energiankäyttöön ja siitä aiheutuviin ympäristövaikutuksiin.



## EXTENDED SUMMARY

Smart use of energy-consuming household appliances and energy-efficient purchases can decrease energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions of homes and help the society in the climate change mitigation. Therefore, it is important to educate consumers on energy conservation and introduce multiple ways to reduce household power consumption. One of the challenges is the difficulty in determining the results of one's personal actions, especially in apartments where the only indication is the annual statement (i.e. in Finland the bill with the measured electricity consumption value is typically send to the household only once a year) provided by the electric company. Even in a detached house, with a personal electricity meter, continued monitoring would require considerable manual meter reading.

The HEAT'07 project, launched in September 2007, was designed to improve household energy efficiency and mitigation of climate change impacts, and to improve the means available for consumers to get information on their electricity consumption. The objective was to test the BaseN-developed real-time measurement and visualization technology, collect user experiences and suggestions for improvement, and to further develop a Web site dedicated to presenting household-specific data on electricity consumption. One of the goals was to gather information on the actual opportunities available for conserving energy in a household environment. However, HEAT'07 was a rather small pilot project, concerned with testing the technology and developing the user interface in cooperation with ten pilot households.

The Finnish Environment Institute was in charge of coordinating the project. Other partners included measurement technology service provider BaseN Corporation, Motiva Ltd, Laboratory of Power Systems and High Voltage Engineering (Helsinki University of Technology), Vantaa Energy Ltd, and Vantaa Energy Electricity Networks Ltd. Funding for the project was provided by the Finnish Innovation Fund Sitra, Ministry of Trade and Industry (currently Ministry of Employment and Economy), and the project partners. The project was launched on September 7th, 2007 and ended on January 31st, 2008.

The following persons contributed to the report: Senior Researcher Ari Nissinen and Researcher Marja-Riitta Korhonen of Finnish Environment Institute; Product Specialist Panu Alku, Communications Director Sari Lehtikainen, and Product Manager Sujit Wings of BaseN Corporation; Senior Consultant Pertti Koski and Communications Director Päivi Laitila of Motiva Ltd; Research Scientist Pirjo Heine and Professor Matti Lehtonen of the Laboratory of Power Systems and High Voltage Engineering (Helsinki University of Technology); Product Manager Jan Heiskanen and Managing Director Pertti Laukkanen of Vantaa Energy Ltd; and Managing Director Risto Lappi of Vantaa Energy Electricity Networks Ltd.

The system proved technically viable from the perspective of the common user, represented by the ten pilot households. That is to say that the households were able to make use of the Web site and obtain information on the electricity consumption in their households. The real-time nature of the information appears to have been somewhat useful, although this aspect was not highlighted in the responses of the households. There was little interest in having the service available as a paid service.

Possible usefulness of the system as a means to improve household energy-efficiency was not proved by this pilot project. This was not *either* included in the aims, as due to the funding conditions the time frame was too short for this type of study and the studied period included the holiday season, which is exceptional time in many households in terms of electric appliance usage. However, a very positive response from the pilot households, indicating both active use of the system in monitoring household electricity consumption and learning of energy-efficient action at home, would have led to the conclusion that the system can contribute to better energy-efficiency. But this type of behavior did not come up in the surveys and interviews conducted at the pilot homes.

The service costs include the equipment purchase price, installation costs and data transfer costs. Areas essential to product development include decreasing the manufacturing costs, reducing installation time, improving the appearance with encapsulation and compression, and solving the device power supply issues. The mode of operation in installations also requires further development, i.e. how the electric company and the service provider arrange the installation and how device maintenance is organized.

Furthermore, the information rights need to be further specified. For the purpose of the pilot project, households and the electric company were considered proprietors of the material, and access rights were provided to the project partners. It should also be noted that the households involved remained anonymous to all parties except for one electric company employee.

During the course of the project, a version of the Web user interface was developed that would be more user-friendly than the existing user interface, but there was no time to conduct user testing. It was also suggested that reference information, i.e. information on electricity consumption in other similar households, would probably make the Web site more interesting and more informative to a user. It might also be a good idea to display costs based on spot electricity pricing, because it reflects the environmental load of electricity production at any given point in time.

In terms of product development, taking the measurement accuracy into account in the plots of the electricity consumption needs to be resolved. As yet power levels below measuring accuracy cause misleading fluctuation in the electricity consumption curve. Other minor adjustments include adding automatic update functionality to the electricity consumption curve, and maintaining the selected time frame while drilling down from a day view to an hour view. It should also be mentioned that the functionality of BEAT measuring needs to be separately verified for each meter type.

Minute-by-minute real-time measuring provides no added value compared to an hour-based system from the standpoints of electricity production, sales, and electric power network companies. On the other hand, consumers may, in the future, expect or even require real-time electricity consumption data from their energy company. This would mean that developing minute-by-minute measuring technology is in the best interest of energy companies.

From the standpoint of society at large, the project proves it is possible to provide real-time information on electricity consumption to individual consumers. In addition, minute-based information may be somewhat more useful than hour-based information. The superiority, however, is mainly connected to the possibility to see the roles of individual electrical appliances in the total consumption, by utilizing the better temporal resolution. However, device-specific measurements would show this much better, if there were easy-to-use technologies available.

While the costs are relatively high, they are likely to fall down to a reasonable level in a short period of time. Competition is expected soon to the technology tested here, especially in the business of providing hour-based information which is allowed by newer meters acquired by electrical network companies. Companies are also looking for new solutions in the areas of remote meter reading and fast communication of information to consumers. Similar systems are also being developed in other countries. With large-scale implementation, the annual service costs are projected to fall down quite rapidly to around 60–70 euros in detached homes and to about 10 euros in apartments. If the system enables a household to decrease energy consumption by 10%, it would result in electricity cost savings twice the cost of the service in two-room and bigger apartments, and in electrically heated detached houses.

Expanding hour-based and minute-by-minute measuring, and providing consumer-specific information in an understandable format improves consumer knowledge on energy use and energy cost. It is assumed that this would lead to smarter and more efficient use of energy at homes. Developing household-level energy measurement into an hour or minute-based system enables better cost dependence in energy pricing, enabling the electricity cost for households to accurately reflect the actual cost of the electricity production. This should strongly influence individual energy consumption habits and the resulting environmental impacts.



## SISÄLLYS

<b>Yhteenveto</b> .....	3
<b>Extended summary</b> .....	5
<b>1 Johdanto</b> .....	9
<b>2 Hankkeen tavoitteet</b> .....	11
<b>3 Aiempia kokemuksia kotien reaaliaikaisesta sähkönkulutuksen mittaamisesta ja sähkönkulutustietojen vaikuttavuudesta</b> .....	12
3.1 Yleistä .....	12
3.2 Yleisen palautteen vaikutus sähkön kulutustottumukseen.....	13
3.3 Reaaliaikaisen internet-pohjaisen palautteen vaikutus sähkönkulutustottumukseen .....	16
3.4 Käynnissä ja aloitteilla olevia reaaliaikaista sähkönkulutusta mittaavia projekteja .....	18
3.5 Esimerkkejä energiankulutuksen vähentämiseen tähtäävistä internet-sivustoista .....	20
3.6 Näkökulmia toimivaan palautteeseen .....	20
3.7 Kotitalouksien energiankäytön ja -kulutustottumuksien tutkimuksia Suomessa.....	21
3.8 Energiatehokkuus ja tuntimitattu energiadata .....	22
3.9 Yhteenveto tutkimuksista .....	27
<b>4 Etäluettavat energiamittarit ja mittaroinnin tila Suomessa</b> .....	31
<b>5 Työn suoritus</b> .....	35
5.1 Osatyöt.....	35
5.2 Materiaali ja menetelmät.....	35
<b>6 Tulokset ja tulosten tarkastelu</b> .....	37
6.1 Mittarit ja mittausongelmat .....	37
6.2 Datan hallinta.....	39
6.3 Kustannukset.....	39
6.4 Internet sivut.....	41
6.5 Pilottikotien sähkönkäyttö.....	44
6.6 Minuuttipohjaisten ja tuntipohjaisten kulutuskuvien vertailua .....	49
6.7 Palaute pilottikodeilta .....	50
6.8 Viestintä .....	52
<b>7 Johtopäätökset</b> .....	54
<b>Liitteet</b> .....	59
Liite 1. Kodeille lähetetty sähkönkäyttökysely .....	59
Liite 2. Kodeille lähetetty sähkön käyttöpäiväkirja.....	64
Liite 3. Kodeille lähetetty palautekysely .....	69

Liite 4. HEAT-mittausjärjestelmän tekninen kuvaus (Englanniksi).....	72
Liite 5. HEAT-tietojärjestelmän kuvaus (Englanniksi) .....	75
Liite 6. Muistio mittariongelmista .....	77
Liite 7. Ohjesivut Internetissä .....	79
Liite 8. Pilottikotien sähkönkäytön vuorokausikuvia.....	82
Liite 9. Pilottikotien sähkönkäytön minuuttipohjaisia kuvia.....	87
Liite 10. Pilottikotien sähkötehojen pysyvyyskäyrät.....	92
<b>Kuvailulehdet</b> .....	97

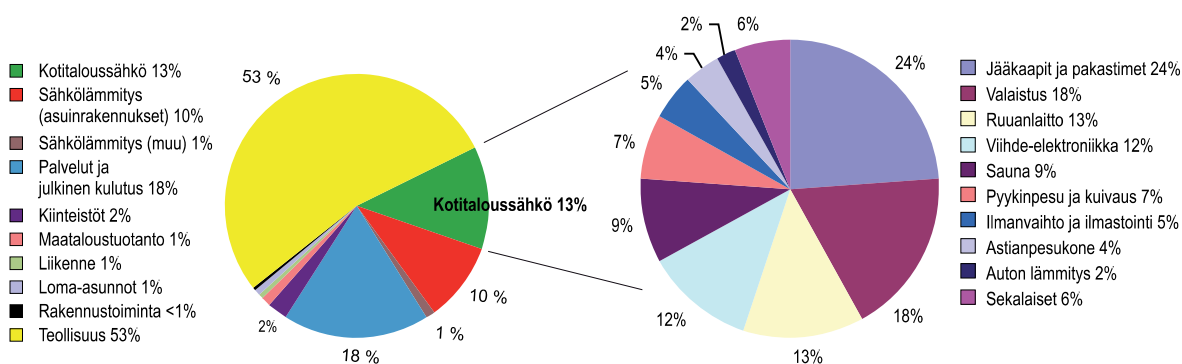
# 1 Johdanto

Energiantuotanto on merkittävin ilmastomuutospäästöjä aiheuttava toimiala niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Suomessa 82 % näistä päästöistä tulee energian tuotannosta ja käytöstä (Statistics Finland 2006). Energiantuotannolla on ilmastomuutoksen ohella suuri rooli monissa muissakin ympäristöongelmissa, kuten happamoitumisessa, luonnon monimuotoisuuden vähenemisessä, ja uusiutumattomien luonnonvarojen vähenemisessä.

Kotitaloudet kuluttavat lähes neljäsosan Suomessa kulutetusta sähköstä (Kuva 1). Kotitalouksien muu kuin sähkölämmityskäyttö on 13 % kulutuksesta, ja kotien sähkölämmityksen osuus kulutuksesta on 10 % (Tilastokeskus 2006). Kotien sähkölämmityksen ja kotitaloussähkön vuotuinen kulutus on siis suuruusluokkaa 22 TWh eli kustannuksena yli 2 miljardia euroa<sup>1</sup>. Sähkölämmityksen merkitys korostuu kylminä aikoina.

Suurimpia kotitaloussähkön kulutuskohteita kodeissa ovat kylmäsäilytys, valaistus, viihde-elektroniikka ja ruuan valmistus (Korhonen ym 2002<sup>2</sup>, Kuva 2).

Kotitalouksien sähkönkäyttö lämmitykseen on kasvanut 25 vuoden aikana (1980-2005) yli kolminkertaiseksi ja muu kotitalouksien sähkönkulutus yli kaksinkertaistunut, samaa tahtia sähkönkulutuksen yleisen nousun myötä (Kuva 3). Sähkönkulutus on kaikkiaan kaksinkertaistunut ko. ajanjaksolla.

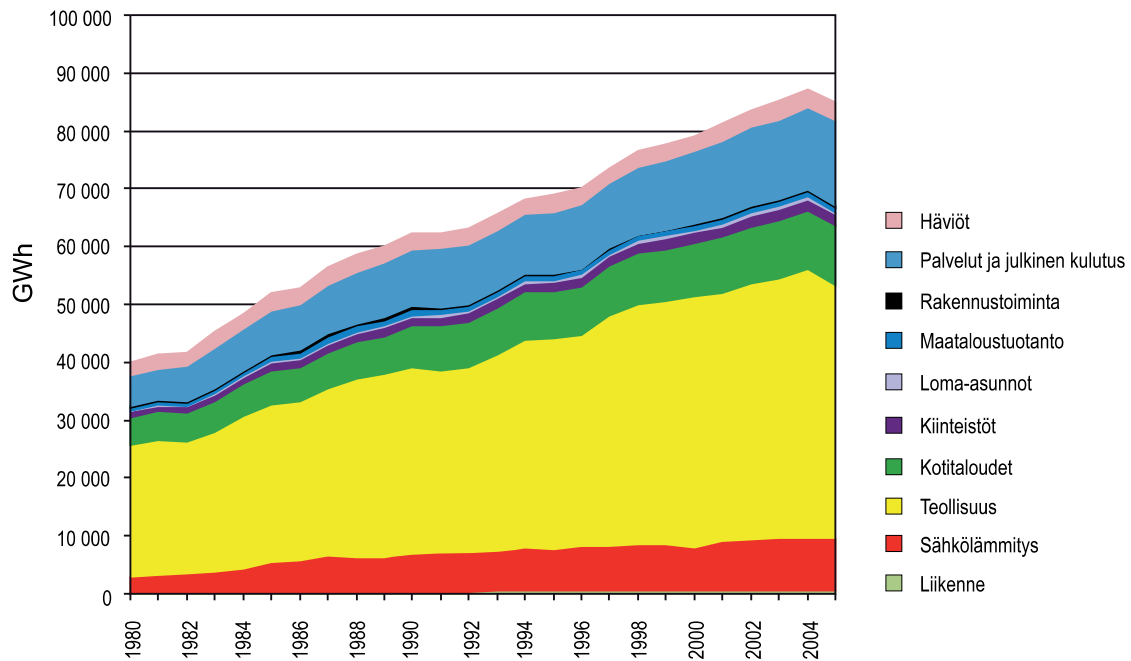


Kuva 1. Sähkön kulutuksen jakautuminen Suomessa (Tilastokeskus 2006 ja 2008).

Kuva 2. Kotitaloussähkön jakautuminen (Korhonen ym. 2002).

<sup>1</sup> sähkön hinnalla 10 c/kWh

<sup>2</sup> Uutta tutkittua tietoa kotitalouksien energiankäytöstä ja sen jakautumisesta saadaan keväällä 2008 työ- ja elinkeinoministeriön rahoittamasta tutkimuksesta.



Kuva 3. Sähkön kulutuksen kehitys 1980-2005 (Tilastokeskus 2006 ja 2008).

Kotitalouksien sähkönkäyttöön on kiinnitetty paljon huomiota ja kuluttajien sähkösäästöä on pyritty edistämään erilaisin kampanjoin erityisesti 1970-luvun alkupuolella energiakriisin vuoksi ja viime vuosina ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. Kuluttajien tieto kotinsa laitteiden sähkönkulutuksesta on kuitenkin edelleen vähäistä. Kerrostalokodit saavat tiedon kotinsa sähkönkulutuksesta kerran vuodessa, sähköyhtiöltä tulevan tasauslaskun yhteydessä. Näin harvoin tuleva palaute välittää hyvin huonosti ihmisille tietoa kulutuksen vaihteluista ja kustannusten muodostumisesta sekä kotona mahdollisesti tehtyjen energiatehokkuustoimien (ts. energiansäästötoimien) tuloksista. Omakoti- ja rivitaloasujat voivat halutessaan tarkkailla kotinsa sähkönkulusta omassa huoneistossaan olevasta mittarista, mutta tämäkin vaatii omaehtoista tiedonkeruuta ja tulosten analysointia.

Kotitalouksien sähkön mittaus perustuu vielä pääosin harvoin tapahtuvaan mittareiden luentaan. Sähkön hinta on pienillä kuluttajilla useimmiten vakio ympäri vuoden, tai hinnassa on mittarin niin mahdollistaessa eri hinnat päivä- ja yöaikaiselle kulutukselle. Nykyistä useammin tapahtuva mittarien (automaattinen) luenta antaisi kuluttajalle tietoa kulutuksen vaihteluista, mikä saattaisi johtaa kohti energiatehokkaampaa käyttäytymistä. Tällainen mittarien automaattinen luenta mahdollistaisi myös nykyistä kustannusvastaavamman ja ohjaavamman hinnoittelun.

Sähköverkkoyhtiöt ovat parhaillaan laajasti vaihtamassa sähkömittareita etäluettaviksi, mikä mahdollistaa mittareiden taajaan (esimerkiksi tunnin välein) tapahtuvan luennan. Tämä ja muu mittausteknologian kehitys mahdollistaisikin jo tuntitason tai jopa tarkemman tason palautteen antamisen kotitalouksille, millä voisi olla suuri merkitys sähkön käytön tehostamisessa ja sähkönkulutuksen hillitsemisessä.

Tässä hankkeessa tutkittiin yhtä mittaussäätelyä, jossa laskutusmittariin asennettavalla lisälaitteella voitiin mitata minuutin välein kuluttajan sähkötehoa ja välittää tämä tieto kuluttajalle internetin välityksellä lähes reaaliajassa.

## 2 Hankkeen tavoitteet

Työn tarkoituksena oli omalta osaltaan edistää kotitalouksien energiatehokkuuden paranemista ja ilmastonmuutosvaikutusten hillintää, sekä kehittää tätä tukevia tuotteita. Hanke oli kuitenkin lyhyt, pieni, ja luonteeltaan pilottityyppinen. Siinä testattiin tekniikkaa ja kehitettiin käyttöliittymää kymmenen kotitalouden kanssa, ja lisäksi tehtiin kehitystyötä taustoittavaa kirjallisuuskatsausta.

Tavoitteina olivat 1) testata ja kehittää BaseN Oy:n kehittämää reaaliaikaisen mitaamisen ja havainnollistamisen teknologiaa, 2) kehittää edelleen kotitalouskohtaisten sähkönkulutustietoja esittävää Internet-sivustoa ja kerätä käyttäjien kokemuksia ja kehittämistoiveita, sekä 3) tehdä johtopäätöksiä siitä, mitkä ovat järjestelmän todelliset mahdollisuudet edistää sähkönsäästöä kodeissa ja millainen järjestelmän edelleen kehittäminen palvelisi tätä.

# 3 Aiempia kokemuksia kotien reaaliaikaisesta sähkönkulutuksen mittaamisesta ja sähkönkulutustietojen vaikuttavuudesta

## 3.1

### Yleistä

Tämän tiivistetyn kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on kartoittaa miten kotitalouksien sähkönkulutustottumukset muuttuvat, kun heille annetaan palautetta (feedback) omasta sähkönkulutuksestaan tai energian säästökeinoista. Lähtökohtana on siis tarkastella muutoksia ihmisten käyttäytymisessä, eikä niinkään tarkastella käytettyjä teknologisia ratkaisuja. Kyseisestä aiheesta on tehty lukuisia tutkimuksia, joissa sähkön käytön vähentämisen keinona käytetään eri menetelmiä mm. yleistä informaatiota, informoivaa kuukausittaista sähkölaskua, palautetta, sitouttamista, palkkioita, kampanjoita jne. Osa tutkimuksista keskittyi selvittämään, millaisten teknisten keinojen (esim. Poortinga ym. 2003) ja poliittisten välineiden (Linden ym. 2006) katsotaan olevan parhaita kannustamaan kotitalouksia energian säästämiseen, ja kuinka paljon erilaiset informatiiviset keinot kuten energiansäästökampanjat auttavat kotitalouksien sähkön kulutuksen vähentämisessä (esim. Dulleck & Kaurmann. 2004). Wood & Newborough (2007) ovat selvittäneet, millainen henkilökohtaisesta energiankulutuksesta informoivan (tietokoneen tai erillisen laitteen) näytön täytyisi olla, jotta se motivoisi energiansäästöön kotitalouksissa. Samalla he myös arvioivat mitkä tekijät parhaiten motivoisivat kuluttajia energiansäästöön. Myös esim. tyyppilisen energiaa säästävän kuluttajan profiilia selvittiin Kreikassa (Sardianou 2007).

Tässä katsauksessa pyritään ensisijaisesti keräämään tietoa reaaliaikaisen sähkönkulutustiedon vaikutuksesta kotitalouden sähkön kulutukseen. Reaaliaikaisella tiedolla tarkoitetaan vähintään minuuttipohjaista mittausta, eli kuluttaja saa tiedon hetkellisestä sähkönkulutuksestaan ja sen muutoksesta välittömästi. Aihetta on tutkittu jo 1970- ja 1980-luvuilla (esim. McClelland & Cook 1979-1980; Hutton et al. 1986; Van Houwelingen & Van Raaij 1989), mutta kuluttajalle viestimisen välineistö on viimeaikoina muuttunut suuresti tullen samanaikaisesti huomattavasti käyttäjä-ystävällisemmäksi. Viimeaikoina useissa maissa on alettu tutkia kotitalouksien sähkön kulutuksen reaaliaikaista mittausta (mm. Tanska, Japani, Suomi). Lisäksi on kehitetty mittaustiedon välittämistä kuluttajille internetin välityksellä. Internet-portaalin käyttö reaaliaikaisen sähkönkulutustiedon välitykseen on aiheena suhteellisen uusi, joten tutkittua tietoa kuluttajien reagoinnista siihen ei ole vielä juurikaan saatavilla. Tämän takia katsauksessa on myös hieman tarkasteltu muunlaisen informaation esim. sähkönsäästökampanjoiden, infokirjeiden jne. vaikutuksia kuluttajien käyttäytymiseen, vaikka pääpaino on pyritty pitämään reaaliaikaisessa mittauksessa.

Tietoa on etsitty pääasiassa tieteellisistä artikkeleista, mutta aiheen tuoreuden takia myös muita lähteitä (esim. internet) on hyödynnetty. Katsaus on jaettu siten, että ensin käsitellään yleisesti eri muodossa saadun palautteen vaikutusta sähkön kulutustottumusten muuttamiseen ja sen jälkeen keskitytään tutkimuksiin, jotka käsittelevät kotikohtaisen reaaliaikaisen internetin välityksellä saatavan sähkön kulutustiedon vaikutusta ihmisiin. Tarkasteltavien tutkimusten perustiedot on koottu luvun lopussa olevaan yhteenvetotaulukkoon.



## Yleisen palautteen vaikutus sähkön kulutustottumuksiin

### Kokoavat tutkimukset

Abrahamse ym. (2005) tarkastelivat 38 tieteellistä artikkelia, jotka käsittelivät erilaisien keinojen vaikutusta kotitalouksien energiankulutuksen vähentämiseen. Heidän tarkoituksenaan oli arvioida erilaisten energiankulutuksen vähentämiseen tähtäävien keinojen vaikutusta kotitalouksissa. Erityishuomio keskitettiin mm. arvioimaan sitä, missä laajuudessa keinot muuttivat ihmisten käyttäytymistä ja vähensivät energian kulutusta, sekä oliko näillä havaittavissa pitkäaikaisia vaikutuksia.

Noin puolet artikkeleista käsitteli suoraa palautetta (feedback) henkilökohtaisesta energian kulutuksesta yhtenä tutkittavista keinoista. Yleisimmin suora palaute oli kotitalouksien sähkön käytön kustannuksiin liittyvää palautetta eikä niinkään sähkön käytön ympäristönäkökohtiin liittyvää. Jatkovaa suoraa palautetta käsiteltiin viidessä artikkelissa ja karkeasti yleistäen se vähensi sähkön kulutusta lähteestä riippuen noin 4-12 % verrattuna vertailuryhmiin. Päivittäinen palaute vähensi sähkönkulutusta noin 4-13 % mutta viikoittaisen/kuukausittaisen palautteen vaikutus oli vaikeammin tulkittavissa. Eräässä kuukausittaista palautetta tutkineessa artikkelissa (Hayes & Cone 1981) koejakson aikana palautetta saaneet kuluttajat vähensivät huomattavasti sähkönkulutustaan, mutta kahden kuukauden päästä koeryhmän sähkönkulutus oli noussut ja vertailuryhmän kulutus vastaavasti laskenut. Suoran palautteen todellista vaikutusta sähkön kulutukseen on vaikea arvioida, sillä vain harvoissa tutkimuksissa oli arvioitu myös pitkän aikavälin muutoksia ihmisten kulutustottumuksissa. Tutkimukset ovat suhteellisen vanhoja, joten suoran palautteen välineenä näissä ei ole käytetty internet-pohjaista sovellusta. Yleisenä johtopäätöksenä Abrahamse ym. (2005) toteavat, että vaikka useiden tutkimusten mukaan suora palaute on tehokas keino vähentää kotitalouksien energian kulutusta ja että informaatio lisää ihmisten tietoisuutta, ne eivät välttämättä muuta ihmisten käyttäytymistä tai energiankulutustottumuksia pitkällä aikavälillä. Muutama Abrahamse ym. (2005) tarkastelemasta artikkelista on esitelty tarkemmin yhteenvetotaulukossa.

Darby (2002; 2006) on myös selvittänyt palautteen vaikutusta energian kulutukseen vertailemalla aiheesta tehtyjä tutkimuksia (osittain samoja kuin Abrahamse ym. 2005). Selvityksissään hän jakoi tutkimukset kolmeen kategoriaan: suoran palautteen tutkimukset (kodin energiankulutustieto saatavilla aina haluttaessa, epäsuoran palautteen tutkimukset (käsiteltyä dataa lähetetään kuluttajille laskun mukana) ja muunlaisen palautteen tutkimukset (esim. mielikuvista oppiminen ja energia auditoinnit). Välineitä suoran palautteen antamiseen ovat mm. sähkömittarin omatoiminen lukeminen, erilliset näytöt, interaktiivinen palaute PC:n välityksellä ja pay-as-you-go-mittarit, jotka näyttävät reaaliaikaisesti sähkönkulutuksen hinnan (senttiä/tunti). Suhteellisen yksinkertaisilla erillisillä näytöillä on pystytty vähentämään sähkönkulutusta noin 10 % (esim. McClelland ja Cook 1979). Nykyaikaisimmat näytöt näyttävät myös sähkönkulutuksen aiheuttaman hiilidioksidipäästöjen määrän, mutta näiden laitteiden kokeilusta ei vielä ole saatavilla tuloksia.

Darbyn (2006) mukaan suora palaute vaikuttaa sähkön kulutusta vähentävästi (vähennys vaihtelee 5-15 % välillä) varsinkin niissä kotitalouksissa, jotka eivät käytä suoraa sähkölämmitystä. Pidemmällä aikavälillä ja suuremmassa mittakaavassa epäsuoran palautteen eli informatiivisen sähkölaskutuksen ja vuosittaisten energiaraporttien vaikutus sähkön säästöön on 0-10 % välillä. Darby (2006) myös toteaa, että tarvitaan sellaisia käyttäjäystävällisiä näyttöjä, jotka minimissään näyttävät reaaliaikaisen sähkönkulutuksen, sen kustannukset sekä historiallisen kulutustrendin ja mahdollisesti myös kulutuksen laitteittain, tariffit sekä hiilidioksidipäästöt. Yh-

teenvetona tutkimuksista voidaan sanoa, että energiankulutusmääristä kertovalla palautella voidaan lisätä energiatietoisuutta ja samalla motivoida kuluttajia vähentämään energiankulutusta.

Taulukossa 1 esitetään Darbyn vuonna 2000 läpi käymien tutkimusten esiintuomat energiansäästömahdollisuudet. Kyseiset tutkimukset ovat vuosilta 1975-2000.

Taulukko 1. Palautetutkimuksissa esitetyt energiansäästö mahdollisuudet (Darby 2000)

Säästöt	Projektien määrä (v.1975-2000)			
	Suora palaute	Epäsuora palaute	Muu palaute	Yhteensä
20 %	3	–	–	3
20 % huippukulutuksen aikaan	–	–	1	1
15 – 19 %	1	1	1	3
10 – 14 %	7	6	–	13
5 – 9 %	8	–	1	9
0 – 4 %	2	3	1	6
Ei tietoa	–	3	–	3

1990-luvun lopussa Ruotsissa tehtiin selvitys ruotsalaisista tutkimuksista ja tiedotusohjelmista/-kampanjoista, jotka käsittelevät informaation vaikutusta kotitalouksien energiankulutukseen (Henryson ym. 2000). Tahoja, jotka antavat energiansäästöohjeita tai kampanjoivat energian säästämisen puolesta Ruotsissa on useita. Tässä yhteydessä esitellään kaksi projektia, joista ensimmäisenä energiayhtiö Vattenfallin projekti, jossa tarkoituksena oli tutkia erilaisia tapoja säästää energiaa. Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 350 kotitaloutta jaettuna kolmeen ryhmään, jotka saivat eri määrän tietoa sähkön kulutuksen vähentämisestä. Lisäksi oli vertailuryhmä. Ryhmä 1 sai vähiten tietoa, kun vastaavasti ryhmälle 3 annettiin eniten tietoa. Yleisen tiedon lisäksi ryhmän 3 kotitaloudet pystyivät lukemaan omaa energiankulutustaan etänäytöltä, joka voitiin integroida tietokoneeseen. Yli 79 % mukana olevista kotitalouksista säästivät energiaa keskimäärin 3,1 %. Yli puolet kotitalouksista melkein saavuttivat asetetun 10 % energian säästötavoitteen. Ryhmä 3:lla oli parhaat mahdollisuudet kontrolloida energiankulutustaan ja suurin osa säästäjistä löytyikin tästä ryhmästä.

Toisessa tutkimuksessa selvitettiin kyselyillä onko informaatiolla vastaajien mielestä lainkaan merkitystä energiansäästämiseen ja millaista kyseisen informaation pitäisi olla, jotta sillä todella pystyttäisiin vaikuttamaan kotitalouksien energiankulutustottumuksiin. 71 % mielestä oli hyvin, tai melko tärkeää, saada informaatiota kuinka säästää energiaa kotona. 67 % oli sitä mieltä, että sähkölaskun pitäisi sisältää tämän tyyppistä informaatiota, koska suurin motivaatio energian säästöön on sähkölaskun saamisen hetkellä. Suurin osa kotitalouksista piti tärkeänä, että he pystyisivät vertaamaan omaa kulutustaan keskiwertokotitalouteen tai heitä vastaavaan kotitalouteen sekä vertaamaan eri ajanjaksojen kulutusta keskenään. Pylväsdiagrammit, joilla kuvataan vuosikulutusta kuukausittain, koettiin helposti ymmärrettäviksi verrattuna pelkkiin numeroihin. Vastajat pitivät informaatiomateriaalia (esim. mainoslehtisiä ja kirjasia) liian yleisenä, jotta niillä olisi ollut vaikutusta energian säästöön. Tällaiset tietolähteet usein myös sekoitettiin normaaleihin mainoksiin ja niistä ei saa yksityiskohtaista tietoa miten vähentää energiankulutusta käytännössä.

### Laitteiden standby-kulutus

Tanskassa on tutkittu (Gudbjerg & Gram-Hanssen 2006) missä määrin kampanjoilla tai teknisillä ratkaisuilla pystytään vähentämään kotitalouksien standby-laitteiden (sis. viihde-elektronikan ja toimistolaitteet) aiheuttamaa turhaa sähkönkulutusta. Samalla tutkittiin miten sosio-ekonomiset tekijät ja elämäntavat vaikuttavat standby

kulutukseen. Tutkimus oli jaettu kolmeen osaan. Vertailujaksolla kartoitettiin ihmisten normaalikulutus. Viestinnällisellä jaksolla kotitaloudet saivat yleistä materiaalia aiheesta, heidän luonaan kävi energianeuvoja ja heillä oli mahdollisuus seurata omaa tunnittaista standby kulutusta reaaliaikaisesti internet-sivustolta. Kolmannella eli teknologia jaksolla asennettiin erilaisia teknisiä välineitä, joilla voidaan helposti vähentää standby kulutusta. Tulokset osoittavat, että kirjallisen materiaalin kuten esitteiden lähettämällä ei ole oikeastaan lainkaan vaikutusta sähkönkulutukseen, kuten ei myöskään pelkällä mahdollisuudella päästä katsomaan omaa reaaliaikaista standby-kulutusta internetistä. Kulutustottumuksiin vaikuttivat energia-konsultin vierailu vähentäen kulutusta noin kolmanneksella perustasoon nähden. Tämän jälkeen teknisten laitteiden asentaminen vähensi kulutusta vielä kolmanneksella, eli lopulta standby kulutus oli pienentynyt alkuperäisestä noin kaksi kolmasosaa.

### **Suora ja epäsuora energiankulutus**

Alankomaissa tehdyssä tutkimuksessa testattiin internet-pohjaista sivustoa, jonka kautta annettavalla informaatiolla yritettiin vähentää kotitalouksien energiankulutusta (Benders ym. 2006). Yleensä tämän aihepiirin tutkimuksissa on keskitytty selvittämään suoran energiankulutuksen (esim. sähkön käyttö ja lämmitys) vähentämistä. Kyseisen tutkimuksen kohteena oli myös epäsuoran energian (energia, joka tarvitaan esim. kulutustuotteiden valmistukseen) kulutuksen vähentäminen, jonka osuudeksi tutkijat arvioivat noin 50 % kokonaisenergiankulutuksesta. Hankkeessa kehitettiin internet-sivusto, joka koostui kolmesta osasta. Ensin kartoitettiin kyselyllä kotitalouksien nykyistä energiankulutusta, sen jälkeen annettiin käytännön ohjeita kuinka vähentää energiankulutusta kotona ja viimeiseksi annettiin henkilökohtaista palautetta kotitalouksien energiankulutustottumusten muutoksista. Henkilökohtainen palaute perustui edellisvuoden maakaasu- ja sähkölaskuun. Osallistujat jaettiin koeryhmään ja vertailuryhmään. Vertailuryhmään kuuluvat täyttivät ainoastaan kyselyn ja vasta kokeen jälkeen he saivat tietoa energian kulutuksen vähentämisestä. Tulosten mukaan koeryhmään kuuluvat vähensivät kokonaisenergiankulutustaan lähes 6 % verrattuna vertailuryhmään. Suurin osa tästä vähennyksestä on saavutettu suoran energiankulutuksen vähentämisellä. Verrattaessa ainoastaan suoraa energiankulutusta ryhmien välillä, koeryhmän kulutus väheni 8,7 % vertailuryhmään verrattuna.

### **Pyökinpesukoe**

Eräissä laboratorio-olosuhteissa toteutetussa tutkimuksessa pyrittiin selvittämään tavoitteen asettamisen ja palautteen yhteisvaikutusta pyökinpesun energiankulutukseen (McCalley & Midden 2002). Palautetta ja energiansäästämissä tavoitteita osallistujat saivat pesukoneen control-paneelin välityksellä. Osallistujat jaettiin neljään ryhmään; ryhmä 1 sai pelkkää palautetta, ryhmä 2 sai palautetta itse asetetun tavoitteen lisäksi, ryhmä 3 sai palautetta ulkopuolelta asetetun tavoitteen lisäksi, ja ryhmä 4 oli vertailuryhmä. Tulosten mukaan tavoitteen asettaminen tehostaa palautteeseen reagoimista. Ryhmät, joille palautteen lisäksi asetettiin tavoite, vähensivät sähkönkulutustaan 21,9 % (itse asetettu tavoite) ja 19,5 % (ulkoa asetettu tavoitetaso), eli sillä kuka tavoitteen asettaa ei ollut suurta merkitystä sähkönsäästöön. Tutkimuksen mukaan palautteella ilman asetettua tavoitetta ei ole merkittävää vaikutusta ihmisten sähkönsäästämiseen.

Ns. laboratoriokokeen jälkeen samantyylinen pyökinpesukoe suoritettiin ns. kenttäkokeena kotitalouksissa (McCalley ym. 2005). Tutkimuksessa aiempaa kehitellymmät control-paneelit sisältävät pyökinpesukoneet asennettiin kotitalouksiin. Kotitaloudet näkivät normaalisti pyökin pesuun käytetyn energian kulutuksensa, asettivat säästötavoitteen, vastaanottivat palautetta jokaisesta pesukerrasta ja jatkuvasti pystyivät seuraamaan energian kulutusta ja tavoitteen saavuttamista control-paneelin kautta. Kenttäkokeen tulokset olivat yhtäpitäviä laboratoriokokeen positiivisten tulosten

kanssa ja samalla huomioitiin kuluttajien haluavan, että heidän energiankäyttöään kontrolloidaan.

### **Erilaisten tiedonvälityskeinojen vaikutus energiankulutukseen**

1990-luvun puolivälissä Englannissa tehtiin tutkimus, jossa seurattiin 120 kotitalouden energiankulutusta (sähkö ja kaasu) yhdeksän kuukauden ajan ja tuloksia verrattiin edellisen vuoden vastaaviin (Brandon & Lewis 1999). Tutkimuksessa selvitettiin seitsemän erilaisen palautemuodon vaikutusta ihmisten energiansäästö innokkuuteen. Samalla myös tutkittiin mm. tulotason ja ympäristöasenteiden vaikutusta säästämiseen. Osallistujat jaettiin seitsemään ryhmään joista yksi oli vertailuryhmä, eli tämä ryhmä ei saaneet lainkaan palautetta tutkimuksen aikana. Muille ryhmille postitettiin kuukausittaista tietoa: heidän energiankäytöstään verrattuna samanlaisen asumistaustan kotitalouksiin (ryhmä 1); verrattuna omaan edellisvuoden kulutukseen (ryhmä 2); energiankulutuksen rahallisesta arvosta (ryhmä 3); energiankulutuksen suhteesta ympäristöongelmiin (ryhmä 4); energian säästöstä kertova kirjallisuuspakkaus (ryhmä 5). Ryhmä 6 oli tietokonerihmä, joka pystyi syöttämään omaa tietoaan tutkimusta varten tehtyyn tietokonesovellukseen. Sovellus koostui kolmesta eri ohjelmasta, joista ensimmäisessä esitettiin tietyn ajanjakson kulutus verrattuna edellisen vuoden kulutukseen; toisessa oli yleinen kysely energian säästöstä ja kolmannessa oli ohjeita energian kulutuksen vähentämiseen. Kaikille osallistujille tehtiin myös erillinen kysely ympäristöön ja energiankulutukseen liittyvistä asenteista.

Tulokset osoittivat, että tulotasolla ja väestötieteellisillä ominaisuuksilla pystyttiin ennustamaan historiallista energian kulutusta mutta ei muutoksia kulutuksessa tutkimuksen aikana, jossa tärkeimpinä tekijöinä olivat ympäristöasenteet ja palautteen saaminen. Kuluttajat, jotka ajattelevat olevansa ympäristövalveutuneita, mutta joilla ei ole aiempaa kokemusta energiansäästötoimenpiteistä, olivat altteimpia vähentämään kulutusta saadessaan palautetta energiankulutuksestaan. Ihmiset haluavat saada räätälöityä täsmätietoa kulutuksestaan. Yleistä ja epämääräistä tietoa sisältävät esitteet eivät ole käytännöllisiä eivätkä tehokkaita ihmisten kulutustottumusten muuttamiseen. Tutkimuksen mukaan tietokoneen välityksellä saatava palaute osoitautui ainoaksi tilastollisesti merkittäväksi sähkön säästöä edistäväksi keinoksi sekä tehokkaimmaksi palautteen antamisen muodoksi. Niillä tietokonerihmään kuuluneilla henkilöillä, jotka vähensivät energiankulutustaan vähennys oli 12 %.

### 3.3

## **Reaaliaikaisen internet-pohjaisen palautteen vaikutus sähkönkulutustottumuksiin**

### **ECOIS II-malli**

Japanissa on kehitetty interaktiivinen internet-pohjainen työkalu, joka tarjoaa kotitalouksille tietoa heidän oman asuntonsa energiankulutuksesta (Ueno ym. 2006a). Kehitetty työkalu on nimeltään ECOIS II (Energy Consumption Information System) ja se on jatkoa jo aiemmin kehitetylle ECOIS I –mallille. Aiemman mallin käyttökokemuksena saatiin noin 9 % energiankulutuksen vähentyminen kahdeksassa kotitaloudessa (Ueno ym. 2006b). Uudempi malli on hieman kehittyneempi ja siinä pystytään saamaan tietoa koko talon sähkön ja kaasun kulutuksesta, maksimissaan 18 kotitalouslaitteen sähkön kulutuksesta sekä huonelämpötilasta. Malli tulostaa sähkön ja kaasun kulutuksen Japanin rahayksikössä eli jeneissä, jotta ihmisillä olisi helpompi ymmärtää tuloksia. Työkalu antaa myös mahdollisuuden verrata omaa energian kulutusta toisten kotitalouksien kulutukseen ja se antaa käytännön vinkkejä energian kulutuksen vähentämiseen.

ECOIS II toiminta testattiin 9 kuukautta kestäneellä koejaksolla, jonka aikana osallistujat oli jaettu koe- ja vertailuryhmään. Koeryhmäläisten energiankulutuksen alkutilanne selvitettiin ennen laitteiden asentamista, jotta kulutuksen muutos olisi helposti havaittavissa varsinaisella koejaksolla. Osa kokeeseen osallistujista käytti järjestelmää koejakson loppuun saakka aktiivisesti, mutta osa lopetti www-sivuilla vierailun jo ennen koejakson loppua. Koe osoitti, että useiden kodinkoneiden yksittäinen energiankulutus sekä koko talon energiankulutus väheni laitteiston avulla. Sähkönkulutus väheni 18 % ja kaasunkulutus väheni 9 % kotitalouksissa, joilla oli ECOIS II käytössä. Toisaalta vertailuryhmän sähkön kulutus väheni samanaikaisesti 5 % mutta kaasun kulutus kasvoi 0,4 %. Tulosten mukaan mallilla siis oli vaikutusta kotitalouksien energiankulutuksen vähentymiseen ja energiansäästö tietoisuuden lisääntymiseen.

### **Opiskelija-asuntoloiden sähkönkulutus**

Opiskelija-asuntoloiden sähkön ja veden kulutusta ja sen vähentämistä reaaliaikaisen kulutustiedon ja kannustimien avulla on tutkittu Yhdysvalloissa koeluontoisesti vuonna 2004 (Petersen ym. 2007). Opiskelija-asuntolan asukkaiden syyt sähkön säästämiseen ovat usein erilaiset kuin tavallisten kotitalouksien, sillä heillä on kiinteä sähkölasku riippumatta sähkön kulutusmäärästä. Näin ollen sähkön säästäminen ei vähennä suoraan heidän sähkölaskuaan eli rahallinen kannustin on heikko ja he eivät saa minkäänlaista tietoa sähkönkulutuksestaan. Usein opiskelijat osoittavat suurta huolta ympäristöstään ja tämä kannustaakin heitä resurssien säästöön.

Tutkimuksessa kehitettiin järjestelmä, jolla voidaan mitata, käsitellä ja esittää resurssien (sähkön ja veden) kulutusta asuntoloissa internetin välityksellä. Kahteen asuntolaan asennettiin automaattiset monitorisysteemit, jotka tarjosivat reaaliaikaista palautetta sähkön ja veden kulutuksesta tutkimuksessa kehitettyjen www-sivujen kautta. Näillä sivuilla tarjottiin graafisesti tietoa 20 sekunnin välein päivittyvästä sähkön kulutuksesta (kW) vapaasti valittavina ajanjaksoina (esim. edellinen päivä tai viikko). Myös kulutuksen aiheuttamat päästöt (hiilidioksidi CO<sub>2</sub>, rikkidioksidi SO<sub>2</sub> ja typen oksidit NO<sub>x</sub>) esitettiin kumulatiivisesti. Loppujen 16 asuntolan (noin 1600 asukasta) kulutusmittarit luettiin manuaalisesti ja he saivat asuntolansa kulutustiedot kerran viikossa yliopiston www-sivujen kautta. Kumpikin ryhmä sai myös opastuksellista informaatiota sähkön ja veden kulutuksesta postitse ja asuntoloiden seinille ripustettiin myös asiaa tukevia julisteita. Tutkimuksessa asuntolat asetettiin kilpailutilanteeseen, eli eri asuntoloilla oli mahdollisuus vertailla omia tuloksiaan muiden tuloksiin. Palkintona eniten säästöjä saaneelle asuntolalle oli jäätelöjuhlat. Varsinainen tutkimus/kilpailujakso oli kestoltaan vain kaksi viikkoa maaliskuussa 2005. Sitä ennen oli kolmen viikon koejakso, jotta saataisiin selville peruskulutustaso. Huhtikuussa järjestettiin vielä kaksiviikkoinen jälkiseurantajakso, jonka aikana mm. tehtiin kysely asukkaiden sähkön ja veden kulutuksen säästötavoista.

Tulosten mukaan sähkön kulutus väheni huomattavasti koejaksolla verrattuna perusjaksoon. Kaikkien asuntoloiden keskimääräinen vähennys sähkönkulutuksen osalta oli 32 %. Eniten vähennystä tapahtui niissä asuntoloissa, joissa lähtökulutus oli suuri. Suurimmat prosentuaaliset vähennykset tapahtuivat niissä kahdessa asuntolassa, jotka saivat reaaliaikaista palautetta www-sivuilta (säästöjen keskisarvo 55 %). Niissä asuntoloissa, jotka saivat vain viikoittaista palautetta keskimääräinen vähennys oli 31 %. Veden kulutuksen vähentyminen koejakson aikana oli huomattavasti pienempi kuin sähkön (veden kulutus vähentyi vain 3 %). Sähkön kulutuksen pieneminen johtui suureksi osaksi valaistuksen vähentämisestä. Tutkimuksessa myös laskettiin, että jos sähkölasku pienenesi 20 %, niin kaikkiin asuntoloihin asennettu reaaliaikainen sähkönkulutuksen mittausteknologia maksaisi itsensä takaisin kahdessa vuodessa. Vastaavasti 5 % säästötavoitteella takaisinmaksuaika olisi noin kahdeksan vuotta.



Tutkimus antoi vahvan näytön siitä, että tarjottaessa helppotajuista sähkönkulutus-tietoa opiskelija-asuntoloille internetin välityksellä, opiskelijat voivat huomattavasti vähentää sähkönkulutustaan. Koejakson jälkeen järjestetty jälkiseurantajakso indikoi, että opiskelijat ovat halukkaita jatkamaan sähköä säästävien toimenpiteiden toteuttamista vielä jatkossakin. Sähkön säästö vielä hieman lisääntyi jälkiseurantajaksolla, mutta eräänä syynä tähän on auringonvalon lisääntyminen kevään johdosta. Tästä huolimatta voidaan olettaa, että ainakin osa asukkaista oli omaksunut sähköä säästävät elintavat. Kirjoittajat uskovat, että tietokonepohjainen reaaliaikainen mittausteknologia voisi vähentää sähkön kulutusta yliopistojen asuntoloiden lisäksi myös muunlaisissa asumismuodoissa.

3.4

## **Käynnissä ja aloitteilla olevia reaaliaikaista sähkönkulutusta mittaavia projekteja**

### **Käynnissä oleva Feedback-projekti**

Tanskassa on parhaillaan käynnissä projekti, jossa tutkitaan informaation vaikutusta kotitalouksien sähkönkulutukseen. Projektin nimi on "FEEDBACK motivated electricity savings in the home" ja sitä koordinoi Danish Institute of Governmental Research (AKF). Projekti on jaettu kahteen tutkimukseen, joista toisessa tutkitaan yleisellä tasolla informaatioteknologiaan pohjautuvan henkilökohtaisen sähkönkulutustiedon mahdollisuutta vähentää kotitalouksien sähkönkulutusta. Toisessa projektissa tarkastellaan yksityiskohtaisen energiankulutustiedon eli sähkön reaaliaikaisen mittauksen sekä yksittäisten kotitalouslaitteiden sähkönkulutuksen vaikutusta kotitalouden sähkönkäyttötottumuksiin. (Gleerup et al. 2007; Thogersen 2007; AKF 2007)

Sähkön käyttöä yleisellä tasolla tarkastelevassa projektissa on mukana yli 700 kotitaloutta, joista noin 300 kotitaloutta saa projektin tietyssä vaiheessa tietoa omasta sähkönkulutuksestaan ja loput 400 kuuluvat ns. vertailuryhmään. Vertailuryhmästä puolet eivät tiedä, että he ovat tutkimuksessa mukana. Toiselle puolelle on asiasta kerrottu, mutta he eivät tule saamaan tietoa omasta sähkönkulutuksestaan missään vaiheessa projektia. Tutkimus on kaksivuotinen. Vuonna 2006 tutkimukseen osallistujille ei annettu tietoa heidän sähkönkulutuksestaan. Vuonna 2007 varsinainen tutkimusryhmä eli noin 300 kotitaloutta, jotka on vielä jaettu kolmeen alaryhmään, saavat säännöllisesti (yleensä pari kertaa viikossa) tietoa sähkönkulutuksestaan joko sähköpostilla, tekstiviestinä tai kotitalouksille tarkoitettulta internet sivustolta. Kotitalouksilla on mahdollista tarkastella päivittäisiä, viikoittaisia tai kuukausittaisia sähkönkulutustietojaan. (AKF 2007)

Vuoden 2007 mittaustuloksia on saatavilla kuudelta ensimmäiseltä kuukaudelta. Mahdollisuutta vierailta ja tarkastella omaa sähkönkulutustaan internet sivustolta käytti hyvin harva kotitalous hyväkseen. Viikoilla 1-13 tehtiin 172 vierailua kotisivuille ja viikolla 14-26 vain 64, joten kiinnostus kotisivuihin laski ajan myötä jyrkästi. Syitä vähäiseen kiinnostukseen kotisivua kohtaan on useita. Kaikki tutkimuksena mukana olevat eivät välttämättä olleet ymmärtäneet, että projektilla on kotisivut, joilta on myös mahdollisuus seurata kulutustaan. Toisena syynä on epäilty, että sivut eivät välttämättä tarjoa tarpeeksi lisätietoa ihmisille heidän sähkönkulutuksestaan, jos he saavat kyseisen tiedon jo tekstiviesteinä tai sähköpostilla. (AKF 2007)

Alustavat tulokset osoittavat, että sähkön kulutus toisena vuonna on sekä koe- että vertailuryhmällä matalampi kuin ensimmäisenä vuonna. Informaation vaikutusta kulutuksen vähenemiseen on vaikea arvioida, sillä sekä koeryhmän että vertailuryhmän sähkönkulutuksen väheneminen ensimmäisellä vuosipuoliskolla on ollut hyvin samankaltaista. Noin 71 % informaatiota saaneista kuluttajista vähensi sähkönkäyttöä



vuoden 2007 ensimmäisellä puolikkaalla verrattuna samaan ajankohtaan vuonna 2006. Vastaavasti vertailuryhmän vähennys oli noin 65 %. Keskimäärin vähennys oli koeryhmällä 166 kWh puolen vuoden aikana kun taas vertailuryhmä vähensi sähkön kulutustaan 108 kWh samana ajanjaksona. Tämän hetkisen tiedon valossa voidaan sanoa, että sähköpostilla, tekstiviestillä ja internet-sivustolta pari kertaa viikossa saatava sähkönkulutustieto vähentää ainoastaan hieman kotitalouksien sähkönkulutusta. Tutkimuksessa tullaan vielä kartoittamaan myös muiden tekijöiden kuten tulojen, koulutustaustan, lasten lukumäärän, sukupuolen ja iän vaikutusta sähkön käytön vähentämiseen. Lopulliset tulokset julkaistaan vuoden 2008 lopussa. (AKF 2007)

FEEDBACK –projektin toisessa osiossa tarkastellaan yksityiskohtaisen energiankulutustiedon eli sähkön reaaliaikaisen mittauksen sekä yksittäisten kotitalouslaitteiden sähkönkulutuksesta saatavan tiedon vaikutusta kotitalouden sähkönkäyttötottumuksiin. Tämä osio on kohdannut paljon teknisiä ongelmia, eikä mittauslaitteita ole vielä kotitalouksiin pystytty asentamaan, joten tuloksia ei myöskään ole vielä saatavilla. (Thogersen 2007)

### **Aloitteilla oleva englantilainen projekti**

Englannissa hallitus on asettanut pitkän aikavälin tavoitteet hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi yksi keino on energiatehokkuus myös kotitalouksissa. Keinoja energiatehokkuuden lisäämiseksi on jo pitkään mietitty, ja yhtenä varteenotettavana vaihtoehtona nähdään energialaskutuksen uudistaminen sekä reaaliaikaisten mittareiden (smart meters) asentaminen kotitalouksiin. Hallituksen näkemyksen mukaan kuluttajat pystyvät paremmin kontrolloimaan energiankulutustaan, jos heitä informoidaan siitä paremmin. (DTI 2006)

Vastauksia reaaliaikaisen mittauksen ja muunlaisen informaation vaikutuksesta kotitalouksien energian kulutukseen haetaan parhaillaan aloitettavassa kaksi vuotta kestävässä pilot-projektissa. Projektissa testataan eri älymittari-tekniologioita ja erimuotoisen palautteen (mm. internet, kaapeli-tv, diginäyttö jossakin kodin huoneista) antamisen vaikuttavuutta kotien energiankäyttöön (BERR 2007). Projektissa tullaan myös tarkastelemaan laskutusvälien lyhentämisen ja entistä tarkempien laskujen sekä yleisen energiansäästö informaation vaikutusta. Projektin pohjalta voidaan suunnitella parhaiten toimiva energiankulutusta seuraava järjestelmä laajemmille asiakasmäärille.

Tutkimuksessa tulee olemaan noin 40 000 kotitaloutta, jotka jakautuvat erilaista palautetta saaviin ryhmiin sekä vertailuryhmään. 15 000 kotitalouteen asennetaan ns. älymittarit (smart meters), joiden avulla energiayhtiöt saavat tietoa kotitalouksien todellisesta kulutuksesta eikä erillistä mittarin lukua enää tarvita. Samalla mittarit kertovat kotitalouksille heidän energiankäytöstään, joko erillisten älymittariin liitettyjen näyttöjen, television tai internetin välityksellä. 8 000 kotitalouteen asennetaan älymittareiden lisäksi ns. clip, joka mahdollistaa yksittäisen sähkölaitteen reaaliaikaisen sähkönkulutus- ja kustannustiedon näyttämisen erillisellä digitaalisella näytöllä, joka voidaan asentaa vaikka keittiön seinään. Loput kotitaloudet saavat muuta kautta tietoa sähkön kulutuksesta.

Projektiin osallistuu 4 energiayhtiötä, kuusi mittausteknologiaa tarjoavaa yritystä, neljä IT-alan yritystä, kaksi hyväntekeväisyysjärjestöä sekä kolme yliopistoa. Projektin budjetti on 20 miljoonaa puntaa ja puolet rahoituksesta tulee hallitukselta ja puolet mukana olevilta energiayrityksiltä.

## **Esimerkkejä energiankulutuksen vähentämiseen tähtäävistä internet-sivustoista**

Ruotsissa energiayhtiö Fortum on kehittänyt asiakkailleen tarkoitettuja interaktiivisia www-sivuja, joilta he voivat saada tietoa kodin eri sähkölaitteiden energiankulutuksesta, kustannuksista ja hiilidioksidipäästöistä ([www.fortum.se](http://www.fortum.se) -> energihjälpen). Kyseisellä sivustolla asiakas voi "mallintaa" itselleen omaa kotia vastaavan kodin ja nähdä kotinsa keskimääräisen energiankulutuksen. Tämän jälkeen sivuilla voidaan kokeilla eri vaihtoehtoja, kuinka vähentää energiankulutusta esimerkiksi ruuanlaitossa, valaistuksessa jne. Asiakkaan tehtyjä tiettyjä muutoksia mallikodissaan (esim. kolmen hehkulampun vaihtaminen energiansäästölamppuiksi), sivusto laskee uuden energiankulutuksen ja muutoksen aikaansaaman vuosittaisten kustannuksien ja CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentymän. Samalla se kertoo myös investoinneista (esim. energialamppujen ostosta) aiheutuneet kulut.

Tanskassa on kehitetty useampia www-sivustoja, joilta asiakkaat löytävät energiankulutus- ja -säästöinformaatiota. Esimerkiksi Danish Electricity Saving Trust -rahastolla on kotisivut (<http://www.elsparefonden.org>), jossa voi kirjaututtuaan saada kotinsa energiankulutuksen analysoitua ja vertailtua. Kaikille avoimilla sivustoilla on laskuri, joka laskee sähkösäästöpotentiaalintiettyjen kulutusmuutosten jälkeen. Sivuilla on myös paljon tietoa, kuinka vähentää tiettyjen kotitalouslaitteiden sähkönkulutusta.

## **Näkökulmia toimivaan palautteeseen**

On olemassa paljon erilaisia tekniikoita ja teknologioita, joiden avulla voidaan lisätä kotitalouksien tietoisuutta omasta energiankulutuksestaan mm. lyhyemmät laskutusvälit, informoiva laskutus ja reaaliaikainen mittaus. Kuitenkin palautteen antamisessa hyvin tärkeää on millaista palaute ja kontakti kuluttajaan on. Roberts & Baker (2003) ovat analysoineet eri tutkimuksista saatuja kokemuksia ja listanneet yleisiä huomioita hyvästä palautteesta sekä ihmisten suhtautumisesta palautteeseen:

- Palaute on tehokkainta kun se on ajankohtaista ja helposti saatavilla.
- Palautteen täytyy olla kuluttajakohtaista.
- Vertailumahdollisuus aiempaan kulutustietoon on tärkeää, jotta kuluttajat pystyvät omaksumaan palautteen ja reagoimaan siihen.
- Myös graafinen vertailu sähkölaskussa toisiin kotitalouksiin motivoi kulutus-tottumusten muuttamiseen.
- Palautteen antamisen tapa ja muoto ovat seikkoja, joihin on kiinnitetty liian vähän huomiota kirjallisuudessa.
- Olemassa olevan aineiston mukaan kuluttajien ottaminen mukaan palautteen suunnitteluun tehostaa sen perille menoa.
- Hyvin suunniteltu laskun mukana saatava kulutuspalautte on halpa ja nopeasti toteutettava keino vähentää kulutusta. Ei ole mitään todisteita siitä, että kehittyneet mittarit ovat välttämättömiä ja parempia kuin informoiva laskutus kulutuksen vähentämisessä.

Darbyn (2006) mukaan käyttäjävälisyys on tärkeässä asemassa, kun kehitetään uusia mittareita ja näyttöjä palautteen antamista varten. Hänen mukaansa parhaita näyttöjä olisivat sellaiset, jotka vähintään näyttävät hetkellisen eli reaaliaikaisen kulutuksen, kustannukset sekä kuluttajan oman energiankulutuksen historian. Lisäarvoa

toisivat mm. tariffien ja hiilidioksidipäästöjen esittäminen. Wood & Newborough (2007) mukaan on useita asioita, joita täytyy pohtia "energianäyttöjen" suunnittelussa. Erillisen näytön ollessa kyseessä näitä ovat mm. näytön sijoituspaikka kotona, motivaatiotekijä (esim. rahallinen, kilpailu muiden tai itsensä kanssa), parametrit (kWh, CO<sub>2</sub>-päästöt, raha), visuaalisuus (diagrammit, luvut, taulukot), ajanjakso ja se mitä kohden energiaa mitataan (huone, kokonaiskustannukset, henkilö jne.). Valitettavasti on vain vähän tutkimustietoa siitä, mihin omaa kulutusta vertaamalla saavutettaisiin suurimmat säästöt. Tutkijoiden mielestä tavoitteen asettaminen näyttäisi olevan tehokas keino vähentää kulutusta.

3.7

## **Kotitalouksien energiankäytön ja -kulutustottumuksien tutkimuksia Suomessa**

Kotitalouksien energiankäyttöä ja kulutustottumuksia on tutkittu myös Suomessa, joskaan tietoa varsinaisista reaaliaikaisista sähkönkulutustiedon tutkimuksista ei ole. Seuraavassa esitetään lyhyesti joitain aihepiiriin liittyviä hankkeita Suomessa.

### **Linkki 2- tutkimusohjelma**

*Linkki 2-Energiansäästön päätöksenteon ja käyttäytymisen tutkimusohjelmassa* vuosina 1997-2002 tutkittiin 26 projektissa toimintoja, jotka yhdistävät tai erottavat energiansäästön teknisiä mahdollisuuksia ja tekniikan käyttäjiä -kuluttajina tai muissa rooleissa. Ohjelmassa todettiin, että oikean toimenpiteen ja sen ajoituksen valitseminen energiankulutuksen vähentämiseksi on ensiarvoisen tärkeää.

Ohjelmassa toteutettiin vuonna 1997 ns. jatkotutkimus "*Käyttötapamuutosten pysyvyys ja siihen vaikuttavat tekijät*". Siinä seurattiin sähkön, lämmön ja veden kulutuksen muutoksia kotitalouksissa, jotka olivat vuosina 1993-95 saaneet sekä energiansäästöneuvontaa että palautetta kulutuksestaan. Näiden kahden tutkimuksen välisenä aikana kotitalouksille ei annettu energiansäästöneuvontaa eikä palautetta heidän energian- ja vedenkulutuksestaan. Tavoitteena oli selvittää ensimmäisessä projektissa saavutettujen kulutusmuutosten pysyvyyttä pitemmällä aikavälillä sekä selvittää lämmön, sähkön ja veden kulutuksen kehitystä näinä vuosina. (Haakana ym. 1998)

Ensimmäisessä tutkimuksessa vuosina 1993-95 oli mukana 105 kaukolämmön piirissä olevaa pientaloa, joissa oli asuntokohtainen lämmön, sähkön ja veden kulutusmittaus (Haakana & Sillanpää 1996). Kotitaloudet jaettiin 4 ryhmään, joista kaksi sai energiansäästöohjeita joko videona tai kirjallisena ja heille myös annettiin kuukausittaista palautetta energiankulutuksestaan. Loput kaksi ryhmää oli vertailuryhmiä, joista toinen sai pelkkää palautetta ja toiselle ei annettu ohjeita eikä palautetta. Tutkimusvuosien aikana kotitalouksien keskimääräinen sähkönkulutus laski noin 8 %.

Jatkotutkimuksessa oli mukana 79 kotitaloutta, joilta tiedusteltiin yksityiskohdaisella postikyselyllä millaiset sähkön-, lämmön- ja vedenkulutustavat talouksissa oli kaksi vuotta seurantatutkimuksen päättymisen jälkeen. Lähes puolet (48 %) jatkotutkimukseen osallistuneista talouksista oli tietoisesti pyrkinyt pienentämään kulutuksiaan edelleen vähintään yhdessä kulutuslajissa ja näistä 16 % oli pyrkinyt vähentämään kulutustaan kaikissa kulutuslajeissa. Omaehtoista kuukausittaista energian ja veden kulutuksen seurantaa oli jatkanut noin kolmasosa vastaajista.

Neuvonta-aineistoa käytettiin kolmen vuoden kuluttua enää harvoin, videota kuitenkin enemmän kuin kirjallista materiaalia. Tutkimusten välisenä aikana talouksista 19 vähensi sähkönkulutustaan yli 5 % ja vastaavasti 26 talouden sähkönkulutus kasvoi yli 5 %. Keskimäärin sähkönkulutus oli noussut muutaman prosentin. Tutkimuksessa todettiin, että sähkön kulutukseen vaikuttavat monet, päivittäiset tekijät

ja säästämisen vaikutusta jollakin toiminnan alueella on vaikea osoittaa kokonaiskultuudessa. Tutkimuksessa havaittiin, että tietoiset pyrkimykset sähkön säästöön tai muutetut käyttötavat eivät toteutuneet vastaavina kulutuksen alenemisina. Kuitenkin havaittavissa oli, että sähkönkulutustaan vähentäneet kotitaloudet seurasivat kulutuskulujaan hieman enemmän kuin kulutustaan nostaneet taloudet.

### **Muita suomalaisia tutkimuksia ja hankkeita**

Viimeisin laaja *kotitalouksien sähkönkäytön selvitys* on tehty vuonna 1993 Suomen Sähkölaitosyhdistyksen toimesta. Tämän jälkeen kotitalouksien laitekanta ja käyttötottumukset ovat muuttuneet. Adato Energia Oy, Energiateollisuus ry ja TTS tutkimus (Työtehoseura) selvittävät kesään 2008 mennessä kauppa- ja teollisuusministeriön (nykyisen työ- ja elikeinoministeriön) toimeksiannosta kotitaloussähkön kulutusta ja sen jakaumaa. Projektiin osallistuu lisäksi noin 10 sähköyhtiötä. Projektin tavoitteena on tuottaa kotitalouksien sähkönkäyttöön liittyvää tietoa, jota voidaan hyödyntää kotitalouksien sähkönkulutuksen seurannassa, energiatehokkuuden arvioinnissa ja energiansäästöön liittyvien palveluiden kehittämisessä. Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön tehostamista on tutkittu myös Tekesin Climech-ohjelmassa (Korhonen et al., 2002).

Vuoden 2006 lopussa käynnistyneessä IEE-hankkeessa ”*Evaluation of Behavioural Change Programmes*” kerätään tietoa EU-maissa toteutetuista erilaisista käyttäytymistapoihin vaikuttavista ohjelmista ja menetelmistä erityisesti energiansäästön ja -käytön näkökulmasta. Motiva on mukana hankkeessa, johon osallistuu 10 maata ja jossa on analysoitu lähes 100 eri maissa toteutettua projektia tai ohjelmaa. Hanke tuottaa muun muassa ohjeistusta asenteisiin liittyvien hankkeiden suunnitteluun ja toteutukseen. Seuranta- ja palautetiedon kerääminen, antaminen ja käsittely ovat eräitä keskeisiä näkökulmia hankkeessa.

*Ilmastonmuutoksen viestintäohjelmassa* 2002-2007 tuotettiin tietoa kotitalouksien energiankäytöstä ja toimintatavoista sekä toteutettiin myös asennetutkimus vuosina 2002, 2004 ja 2007. Näissä asennetutkimuksissa pyrittiin selvittämään kansalaisten tietämystä ja käsityksiä ilmastonmuutoksesta. Ihmisten oma valmius tehdä erilaisia toimenpiteitä on noussut ja entistä useampi vastaaja ei enää epäröi, vaan ilmoittaa olevansa erittäin valmis toimimaan. Suosituimpia toimia ovat jätteiden lajittelu ja kierrättäminen (64 %) sekä energian säästäminen (47 %). Reilut puolet vastaajista (51 %) ilmoittaa sammuttavansa laitteet virtanappulasta valmiustilan sijaan.

Vuosina 2007-2008 selvitetään Suomessa myös markkinoinnin ja teollisen muotoilun asiantuntemuksen avulla kuinka kotitalouksia voidaan saada käyttämään nykyistä vähemmän energiaa. DESME – Designing Smart Energy (Älyenergian muotoilu) -hankkeessa ovat mukana mm. Taideteollinen Korkeakoulu ja VaasaEMG.

### 3.8

## **Energiatehokkuus ja tuntimitattu energiadata**

Sähkönkäyttökohteen kulutettu sähköenergia mitattiin aikaisemmin mekaanisilla kWh-mittareilla, mittariluenta tapahtui manuaalisesti ja laskutus perustui vuosien energiaan ja siitä muodostettuihin arviolaskuihin. Viimeisten runsaan kymmenen vuoden aikana sähköyhtiöt ovat käynnistyneet huomattavia mittarivaihtoprojekteja tavoitteenaan siirtyä kokonaan etäluettaviin digitaalisiin energiamittareihin niihin liittyvine luenta- ja tiedonhallintajärjestelmineen. Mittarinvaihtoprojektit ovat mittavia, sillä Suomessa on arviolta kolme miljoonaa sähkönkäyttökohteita. Alan tavoitteena on, että vuonna 2014 Suomessa sähkönkäyttökohteista 80 % olisi etäluennan piirissä osuuden ollessa tällä hetkellä noin 20 %. Eri Euroopan maissa kehitys on

samansuuntaista, mutta toteuttamistavat ja tahti vaihtelevat. Tämän raportin luvussa 4 kerrotaan enemmän etäluettavista mittaroinneista.

Kun etäluettava mittarointi lisääntyy, sähkönkäyttökohteista saadaan totuttua huomattavasti enemmän ja yksityiskohtaisempaa tietoa. Etäluettavien mittareiden mittausten aikaerotteluissa on vaihtelua, mutta tyypillinen ratkaisu on kerätä tuntittaisia energialukemia. Tällöin entisen yhden vuosienergiälukeman sijaan jatkossa saataisiin jokaisesta kohteesta 8760 tunti-lukemaa vuodessa. Yksityiskohtaisempi datan käyttö avaa mahdollisuuksia myös uusiin palveluihin ja analyysiin. Tuntimitatun datan hyödyntäminen on osaltaan vielä alkuvaiheessa, mutta projekteja ja sovelluksia kehitetään ja tuotteistetaan. Myös energiatehokkuuden parantamiseen liittyvät projektit saavat uusia mahdollisuuksia uudenlaisen mittaroinnin kautta. Energiadata yksinään ei sinällään kerro energiatehokkuutta, vaan **energiadataa tulee päästä vertailemaan saman käyttäjän aikaisempaan dataan tai taustatiedoiltaan samantapaisten käyttäjäryhmän dataan**. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa eli yritettäessä luokitella käyttäjiä taustatiedoiltaan yhteneväisiin ryhmiin, tulee vaihtoehtoisia luokittelutapoja paljon. Jo pienasiakkaan sähkönkäyttöpaikan sähköenergian kuluutukseen vaikuttavat esim.

- asunnon lämmitystapa, lisälämmitys, kosteiden tilojen lämmitys
- rakennuksen rakentamisvuosi, pinta-ala (m<sup>2</sup>), tilavuus (m<sup>3</sup>), kerrosluku, runkomateriaali, eristeitten materiaali ja paksuudet
- ilmanvaihto, jäähdytys
- valaistuksen toteutus ja käyttötavat
- asukkaiden kotonaoloajat, asukkaiden iät, erityisharrastukset
- kodin laitekanta; kylmälaitteet, stand-by -laitteet, kuten televisiot, tietokoneet, viihde-elektronikka ja niiden käyttötavat
- tavat laittaa ruokaa, pestä astiat, pestä pyykkiä, sauna, siivota, lämmittää autoja ja näihin liittyvien sähkölaitteiden ominaisuudet.

Osa edellä mainituista seikoista vaikuttaa luonnollisesti merkittävämmiin sähkön kokonaiskulutukseen kuin toiset. Kaikilla rakenteilla, asukkailla, heidän sähkönkäyttötavoillaan sekä laitteilla ja niiden käyttötavoilla on oma vaikutuksena sähkön kokonaiskulutukseen.

Seuraavassa käsitellään esimerkkinä projektia, jossa analysoitiin suurta määrää tuntimitattua energiadataa ja energiankäyttöä selittävää taustadataa. Dataa luokittelemalla ja analysoimalla pyrittiin etsimään energiatehokkuuseroja.

#### **Hanke-esimerkki tuntien energian analysoinnista: "IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen" (Lehtonen et al. 2007, Pekkala 2007)**

Projektissa "IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen" pyrittiin analysoimaan isojen käyttäjäjoukkojen tuntimitattua energiadataa sekä tunnistamaan ja arvioimaan energiansäästöpotentiaalia yhdistämällä etäluettua energiadataa ja energian käyttöä selittävää taustadataa. Tavoitteena oli muodostaa isoista sähkönkäyttäjäjoukoista ryhmiä ja verrata ryhmien sähkönkäyttöä ja pyrkiä tunnistamaan energiatehokkaita käyttäjäryhmiä. Projektissa ei kuitenkaan analysoitu tietyn käyttäjän sähkönkäytön muutoksia eikä toteutettu asiakkaille sellaista käyttöliittymää josta he olisivat pystyneet näkemään oman tuntimitatun energiadatansa.

Projektissa käytettiin Fortum Espoon ja Helsingin Energian tuntimitattua energiatietoa. Taustadatanä oli julkisista rekistereistä poimittu kohteen rakennus- tai asujatietoa. Lisäksi toteutettiin asiakaskysely kysymyksillä kohteen rakennusteknisistä ominaisuuksista sekä sähkönkäyttötavoista selittämään kohteen sähköenergian käyttöä. Fortum Espoon toimittama tuntimitattu energiatieto koostui kotitalouksien energiatiedosta (yhteensä 14 508 kohdetta). Helsingin Energian toimittama energiatie-

to koostui kotitalouksien (lähinnä pientalot, 304 kpl) sekä liikekiinteistöjen ja julkisten tilojen mittauksista (290 kpl).

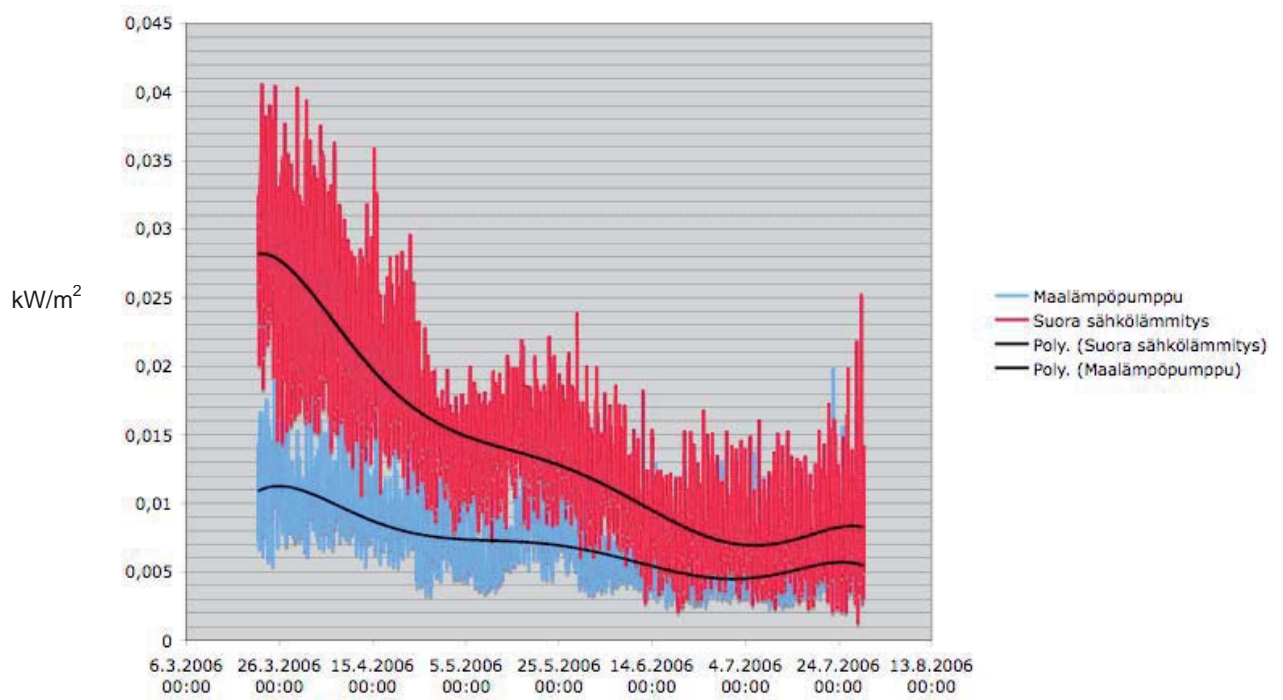
Energiadataa kertyy paljon eikä sen saatavuus ole ongelma. Haluttaessa tutkia kohteen energiatehokkuutta tuntimitatun energiadatan avulla, on energiadataa selitettävä esim. kohteen kiinteistödatan, käyttötarkoituksen, henkilöluvun, sähkönkäyttötottumusten jne. avulla. Ongelmana on tämän selittävän taustadatan saanti. Tässä tutkimuksessa osa taustadatasta kerättiin asiakaskyselyllä. Asiakaskysely tuottaa hyvin yksityiskohtaista tietoa, mutta se ei sovellu suurten joukkojen taustadatan hankintaan, koska sitä on vaikea päivittää ja tapa on kallis. Koska kyselyä ei voi, eikä kannata ulottaa kaikkiin kiinteistöihin, on järkevää koettaa hyödyntää jo tiedossa olevia kiinteistö- ja henkilörekisterejä energiatiedon taustojen selvittämiseen. Suomessa velvoite tällaisten rekisterien aktiiviseen ylläpitoon on ainoastaan kunnilla ja maistraateilla. Koko maan kattava yhtenäinen tietokanta löytyy ainoastaan Väestörekisterikeskuksen väestötietojärjestelmän rakennus- ja huoneistorekisteristä. Sähköyhtiöillä on vaihtelevasti taustatietoja omasta asiakaskunnastaan. Luotettavan, helposti saatavan ja päivitettävän taustatiedon lisäksi, käytännön ongelmalliseksi osuudeksi voi muodostua eri rekisterit linkittävän tiedon määrittely ja eri tietokannoissa olevien datojen esittämistapojen kirjavuudet ja täten eri tietokantojen tietojen yhdistäminen. Sähköyhtiöissä sähkönkäyttöpaikka on kohteen yksilöivä tieto. Tätä tietoa ei tyypillisesti ole julkisissa rekistereissä, vaan yhdistävä tieto on esimerkiksi kohteen katuosoite. Kotitalousasiakkaiden kohdalla tämä on suhteellisen hyvä yksilöivä tieto, mutta toimistokohteissa taustatiedon saaminen ja kohdentaminen on vaikeampaa.

Tuntimitattua energiadataa analysoitiin luokittelemalla kotitalouksia taustatiedon perusteella tiettyihin ryhmiin. Tuntimitatusta energiadatasta voidaan tarkastella erikseen esim. arki-aamuja, arki-iltoja, yön tunteja, jne. tarkastelemalla yksittäisiä tunteja, summaamalla tuntitietoja eri tavoin, määrittelemällä tuntikeskiarvoja, mediaaneja, maksimeja, minimejä, jne. Tässä tutkimuksessa asiakkaalla ei ollut pääsyä eikä käyttöliittymää omaan tuntimitattuun energiadataan eikä tässä tutkimuksessa täten saatu tutkimustietoa asiakkaan suhtautumisesta tai halukkuudesta energiankäyttönsä seuraamiseen tai energiankäyttönsä tapojen ja tottumusten muokkaamiseen tai muuttamiseen. Tämän toteutetun tutkimuksen arvo tuli siitä, että tuntimitatulla energiadatalla päästään vanhaan vuosienenergiatietoon verrattuna entistä yksityiskohtaisempaan sähkön käytön tarkasteluun ja voidaan poimia aineistosta yksittäisiä tunteja tai erotella eri vuoden- ja vuorokaudenajat, eri päivät, eri kellonajat ja näistä yhdistelemällä saada uutta näkökulmaa asiakkaiden sähkönkäyttöön.

Esimerkinomaisesti tarkasteltiin esimerkiksi lämpöpumppujen energiatehokkuutta pientalojen lämmitysmuotona (Kuva 4) (Lehtonen et al. 2007). Tämäntapaisella tuntienergiatietojen yksityiskohtaisella tarkastelulla voidaan analysoida eri vuoden- ja vuorokauden aikoina eri lämmitysmuotojen käyttäytymistä. Tässä esimerkissä tutkimuksen perusteella ero maalämpöpumppulämmityksen hyödyksi näyttäisi olevan ulkolämpötilan ollessa alle 0 astetta n. 12 W/m<sup>2</sup>.

Stand-by -tehojen tarkastelussa käytettiin kahta lähestymistapaa; toisessa tarkasteltiin kaukolämmityksessä kerrostaloissa yksittäistä yön tuntia ja oletusarvoisesti oletettiin näiden tuntienergioiden sisältävän stand-by- ja kylmälaitteiden käyttöä (Lehtonen et al. 2007), toisessa tarkastelutavassa etsittiin jokaisesta kohteesta kymmenen pienintä tuntienergia-arvoa ja oletettiin näihin tunteihin sisältyvän mahdollisimman vähän muuta kuormaa kuin kohteen stand-by -tehoja (Pekkala 2007). Tarkastelut antoivat hyvin samansuuntaiset arviot (Taulukko 2, Kuva 5): jos asiakas oli kyselyssä vastannut omistavansa alle kaksi stand-by -laitetta, oli tuntienergian keskiarvo 0,036 - 0,046 kWh, ja yli neljän stand-by -laitteen tapauksessa 0,059 - 0,062 kWh.





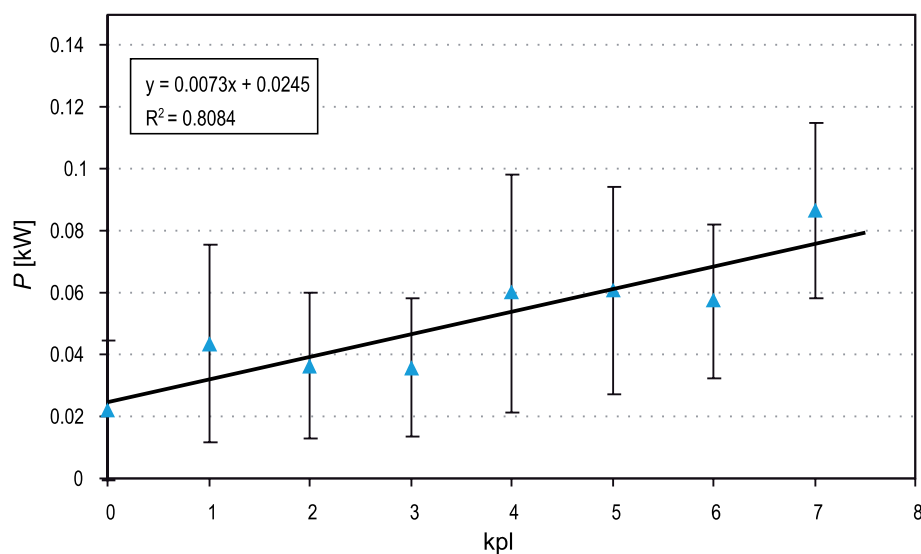
Kuva 4. Maalämpöpumppulämmityksen ja suoran sähkölämmityksen sähkön käyttö (Lehtonen et. al 2007)

Taulukko 2. Valmiustilan tehot kerrostaloasunnoissa

Standbylaitteita	Tutkimus	$\bar{x}$ [kW]	s [kW]	Laitteita keskimäärin	n
Alle 2	A	0,046	0,02	0,3	132
	B	0,036	0,03	0,7	12
Yli 4	A	0,059	0,025	6,1	122
	B	0,062	0,028	6,5	20

Lähteet: Tutkimus A, Lehtonen et al. 2007; Tutkimus B, Pekkala 2007

$\bar{x}$  otoskeskiarvo  
s otoskeskihajonta



Kuva 5. Asuntojen minimitehoarvioiden keskiarvo ja hajonta sekä riippuvuus stand-by -laitteiden kappalemäärästä (Pekkala 2007)

Kylmälaitetarkastelussa vertailuryhminä käytettiin talouksia, jotka olivat kyselyssä ilmoittaneet omistavansa yli 10 vuotta vanhoja kylmälaitteita ja talouksia, jotka omistivat vain uusia kylmälaitteita. Taulukossa 3 verrataan stand-by -laitteiden tapaan kahta lähestymistapaa. Tutkimus A (Lehtonen et al 2007) käytti analysointiin yksittäistä yön tuntia ja tutkimus B (Pekkala 2007) pienimpiä mitattuja tunti-arvoja. Kylmälaitteiden eroja ei saatu hyvin esille. Yksi epäily on, että taustakyselyyn vastattiin osaksi epäluotettavasti. Lisäksi kylmälaitteiden tarkasteluun tuo vaihtelua kylmälaitteen iän lisäksi myös laitteen käyttötavat - miten usein ovea avataan, miten täynnä tavaraa kylmälaite on, onko kylmälaitteen asennuspaikka optimaalinen kaupan kuumista laitteista, esim. hellasta, jne.

Taulukko 3. Kylmälaitteiden ikä ja sähkönkulutus

	$\bar{x}$ [kW]	s [kW]	n
Kylmälaite, yli 10 vuotta [B]	0,058	0,026	24
Kylmälaite, muut [B]	0,048	0,037	56
Jääkaappi, yli 10 vuotta [A]	0,054	0,035	62
Jääkaappi, muut [A]	0,052	0,028	471

Pekkala (2007) analysoi lisäksi energiasäästölamppujen säästöpotentiaalinn tunnistamista tuntimitatusta energiadatasta (Taulukko 4). Analyysissa poimittiin kerrostaloasuntojen talvikuukausien arki-iltojen maanantai - torstai iltatuntien klo 18 - 21 tuntien energiat. Ryhmä jaettiin kahteen eli ryhmään, jossa energiasäästölamppujen osuus oli asiakaskyselyn mukaan yli 15 % ja toiseen ryhmään, jossa energiasäästölamppuja ei ollut. Tulos on osaltaan epävarma, kyselyssä ei tiedusteltu valaistuksen käyttötunteja ja toisaalta arki-illan tunteina valaistuksen ollessa maksimissaan myös muu sähkön kulutus on suurimmillaan.

Taulukko 4. Energiasäästölamppujen vaikutus iltatuntien (18–21) sähkönkulutukseen tammi-helmikuussa 2006 (Pekkala 2007)

Energiasäästölamppujen osuus	$\bar{x}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$s/\bar{x}$ [%]	Perinteisiä hehkulamppuja	Energiasäästölamppuja	Lkm
0 %	0,007348	55,61858	12,1	0	42
> 15 %	0,006148	56,02014	8,6	5,4	20

Kuten tämä esimerkkitutkimus osoittaa, tuntimitatulla energiadataalla päästään tietysti hyvin paljon yksityiskohtaisempaan sähkön käytön seurantaan kuin pelkästään vuosienergiaa tarkastelemalla. Suuri datamäärä antaa mahdollistaa huomattavan määrän vaihtoehtoisia lähestymistapoja. Tässä tutkimuksessa suuri haaste oli luotettavan taustatiedon saaminen ja sen linkittäminen sähkönkäyttökohteisiin. Uutta energiadataa kertyy koko ajan, sen lisäksi taustatiedon pitäisi olla päivitettävissä jollain aikajänteellä. Tähän tutkimukseen ei sisällynyt asiakkaan pääsyä omiin sähköenergiatietoihin ja näin ollen osio asiakkaan käyttäytymisestä tai muutoshalukkuudesta energiankäytön tehostamiseen ei analysoitu.

## Yhteenveto tutkimuksista

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käsiteltyjen tutkimusten mukaan palautteen vaikutus energiansäästöön vaihtelee yleisimmin 5-15 % välillä (Taulukko 5). Palautteen muodolla ei ole kovin suurta vaikutusta lopulliseen energiansäästöön, vaikkakin suora palaute näyttää olevan hieman tehokkaampaa kuin epäsuora (esim. Darby 2006).

Yleisesti voidaan sanoa, että suora henkilökohtainen palaute omasta kulutuksesta tuottaa eniten säästöjä ja huonoimpina keinoina energiankulutuksen vähentämisessä ovat erilaiset yleiset esitteet ja kampanjat. Internet-pohjaisen reaaliaikaisen mittauksen mahdollistamasta energiansäästöpotentiaalista ei vielä ole paljon tutkimustietoa saatavilla. Ueno ym. (2006a,b) mukaan kotitalouksissa päästiin yli 15 % säästöihin, kun käytössä oli reaaliaikainen mittauslaite kytkettynä internet-sovellukseen. Myös opiskelija-asuntoloissa tehdyssä tutkimuksessa energian kulutuksen vähentyminen reaaliaikaisen palautteen ansiosta oli huomattavan suurta. Energian säästön suuruus osaltaan johtui tutkimuksessa käytetystä kilpailutilanneasettelusta, joka normaalielämässä on harvinaista.

Abrahamse ym. (2005) mukaan mitä taajempaa palaute on, sitä tehokkaampaa se yleensä on. Tähän johtopäätökseen voidaan yhtyä myös tässä katsauksessa selvitettyjen tutkimusten perusteella. McCalley (2006) toteaa, että reaaliaikainen suora energiankulutus palaute kotitalouksille vähentää heidän kulutustaan huomattavasti enemmän siinä tapauksessa, että ensin kuluttajalle on asetettu jokin energiansäästötavoite.

Energiansäästötoimenpiteiden perimmäisenä tarkoituksena on, että ihmiset muuttavat toimintatapojaan ja asenteitaan pysyvästi. Tähän katsaukseen mukaan otetuissa tutkimuksissa käsiteltiin hyvin vähän palautteen vaikutusta pitemmällä aikavälillä ihmisten käyttäytymiseen. Yleensä itse tutkimusjaksot olivat suhteellisen lyhyitä kestäen vain pari kuukautta ja vain harvoissa tutkimuksissa oli toteutettu seurantajakso varsinaisen koejakson jälkeen. Luotettavia pitkän ajanjakson tuloksia ei siis ole saatavilla. Abrahamse ym. (2005) tutkiessaan useita kymmeniä tutkimuksia huomioi myös, että ei ole lainkaan selvää säilyvätkö positiiviset muutokset käyttäytymisessä pidemmällä ajanjaksolla ja että pystyttiin koejaksolla omaksumaan uusia tapoja. Niissä tutkimuksissa joissa seurantajakso toteutettiin, positiiviset vaikutukset eivät useinkaan olleet säilyneet seurantajaksole saakka, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Energiankulutuspalautteen antaminen jossain muodossa kotitalouksille on välttämätöntä, jos halutaan heidän vähentävän energiankulutustaan. Suora, taajaan annettava palaute on osoittautunut suhteellisen tehokkaaksi keinoksi vähentää energiankulutusta kotitalouksissa. Kaikki tutkimukset energiansäästöä kotitalouksissa eivät ole tuottaneet energiansäästöjä, mutta yleensä ne tutkimukset, joissa palautteen antaminen ja henkilökohtainen lähestymistapa ovat yleisiä, tuottavat parhaat tulokset. Jotta energiankulutus vähentyisi ihmisten omien toimien avulla kotitalouksissa, on ihmisten asenteiden muututtava pysyvästi. Palautteen antamisella pystytään vaikuttamaan kuluttajien tapojen ja asenteiden muutokseen kuten Petersen ym. (2007) toteaa; "Pelkästään teknologioilla, jotka on tarkoitettu lisäämään resurssien käyttötehokkuutta, ei voida ratkaista ympäristöongelmia. Muutokset asenteissa ja elämäntavoissa ovat välttämättömiä, jotta resurssien kulutusta voidaan vähentää. Niillä saadaan aikaan kestävä suhde ihmisten ja luonnon välille."

Taulukko 5. Yhteenvedo kotien reaaliaikaista sähkönkulutuksen mittaamista ja sähkönkulutuspalautteen vaikuttavuutta koskevista tutkimuksista

Projekti / Lähte	Maa	Tutkimuksen muotoilu / interventio	N	Kesto	Lyhytaikainen vaikutus	Pitkäaikainen vaikutus
<b>YLEINEN PALAUTE</b>						
Abrahamse ym. 2005		Tutkivat 38 tieteellistä artikkelia, joista osassa sähkönkulutuksen (yhdessä kaasun kulutuksen) vähentämisen keinona käytettiin suoraa palautetta.			Jatkuva suora palaute vähensi sähkön kulutusta lähteestä riippuen 4-12 % verrattuna vertailuryhmiin. Päivätasolla annettu palaute vähensi sähkönkulutusta 4-13 %	
McClelland & Cook 1979-1980	USA	Jatkuva palaute: Annettiin tietoa sähkön käytön kustannuksista (sentti/tunti) monitorilta.	101	11 kk	Monitoreilla varustellut kodit, jotka saivat jatkuvaa palautetta, kuluttivat 12 % vähemmän sähköä kuin vertailuryhmiä.	Ei arvioitu
Hutton et al. 1986	Kanada, USA	Jatkuva kustannus-palaute; Energy cost Indicator (ECI). Kuluttajat saivat päivittäin kumulatiivisen kaasun ja sähkön kustannustiedon	300		Kanada: Kotitaloudet, jotka saivat yleistä tietoa ja/tai suoraa palautetta käyttivät 4-5 % vähemmän energiaa kuin vertailuryhmä. USA: Ei vaikutusta	Ei arvioitu
Van Houwelingen & Van Raaij 1989	Alankomaat	Jatkuva palaute vs. kuukausittainen palaute kaasun kulutuksesta. Palautteen lisäksi tutkimuksessa asetettiin 10 % säästötavoite.	285	1 v	Jatkuvaa palautetta saaneet säästivät 12,3 % kaasua, kun vastaavasti kuukausittaista palautetta saaneet säästivät 7,7 %.	Vuoden päästä kaasun käyttö lisääntyi kaikissa ryhmissä verrattuna lähtötilanteeseen.
Bittle et al. 1979		Päivittäinen palaute kustannuksista.	30	42 pv	Palautetta saanut ryhmä säästi 4 % sähköä verrattuna lähtötilanteeseen. Kontrolliryhmä säästi vähemmän.	24-päiväinen käännetty testi: koeryhmä ei saanut enää palautetta; käytti kuitenkin vähemmän sähköä kuin vertailuryhmä, jolle nyt annettiin palautetta.
Winnett et al. 1979	USA	Päivittäisen palautteen ja itse-monitoroinnin vertailu.	71	1 kk	Päivittäisen palautteen saajat käyttivät 13 % vähemmän sähköä, ja ne jotka oli opetettu itse lukemaan ulkomittaria käyttivät 7 % vähemmän sähköä kuin vertailuryhmä.	10 viikon seurantaajaksolla vaikutus säilyi.
Seligman & Darley 1977		Lähes päivittäinen palaute: Koeryhmä sai 4 kertaa viikossa tietoa sähkön säästöstä.	40	1kk	Palautetta saaneet kotitaloudet kuluttivat 10,5 % vähemmän sähköä kuin vertailuryhmä	Ei arvioitu
Völlink & Meertens 1999		Viikoittaisen palautteen, tavoitteen asetannan sekä energiansäästö informaation yhdistelmä.	48	5 kk	Koeryhmä käytti sähköä 15 % vähemmän kuin vertailuryhmä	Ei arvioitu

Projekti / Lähde	Maa	Tutkimuksen muotoilu / interventio	N	Kesto	Lyhytaikainen vaikutus	Pitkäaikainen vaikutus
Darby 2006		Tutki kirjallisuudesta artikkeleita (noin 40kpl), jotka käsittelevät palautteen vaikutusta energian kulutukseen. Jakoi artikkelit seuraavasti: suora palaute, epäsuora palaute (laskutus) ja käyttöa-jankohdan mukainen laskutus.			Suora palaute vähensi sähkökulutusta keskimäärin 5-15 %: epäsuora palaute vähensi n. 0-10 %	
Gudbjerg & Gram-Hanssen 2006	Tanska	Esitteiden lähtettäminen; jatkuva reaaliaikainen palaute laitteiden stand-by kulutuksesta; energiakonsultin vierailu; teknisten laitteiden asentaminen.	30	2 v	Mahdollisuus katsoa reaali-aikaista stand-by-kulutusta internetistä ei vähentänyt lainkaan kulutusta, kuten ei myöskään informaatio. Energiakon-sultin käynti ja teknisten laitteiden asentamisen yhteisvaikutuksesta stand-by-kulutus väheni yhteen kolmasosaan lähtötilanteesta.	
Benders ym. 2006.	Alankomaat	Tutkittiin sekä suoraa, että epäsuoraa energiankulutusta. Internet-pohjainen työväline: kyseley energiankulutuksesta, ohjeita energiankulutuksen vähentämiseen, henkilökohtaista palautetta omasta energiankulutuksesta (palaute perustui vuoden takaisin laskuihin)	Yht. 190 (137 koeryhmässä ja 53 vertailuryhmässä)	5 kk	Työvälineen avulla suora energiankulutus väheni koeryhmän osalta 8,7 % vertailuryhmään verrattuna. Vähennys epäsuoran energian kulutuksessa ei ollut tieteellisesti merkittävä.	Ei arvioitu
McCalley & Mjiden 2002	Alankomaat	Laboratorio-koee tavoitteen asettamisen ja palautteen vaikutuksesta pyykin pesun energiankulutukseen. Osallistujille asetettiin sähkönsäästötavoite sekä annettiin heti pyykin pesun jälkeen palautetta kulutetusta sähkömäärästä (kWh) pesukoneeseen asennetun control-paneelin kautta.	100 jaettu 4 ryhmään		Ryhmät, joille palautteen lisäksi asetettiin tavoite vähensivät sähkökulutusta 21,9 % (itse asetettu tavoite) ja 19,5 % (ulkoa asetettu tavoitetaso) vertailuryhmään verrattuna.	Ei arvioitu
Brandon & Lewis 1999	UK	Ryhmille annettiin erilaista energiankulutustietoa: 1. vertaileva tieto; 2. henkilökohtainen tieto; 3. kustannustieto; 4. ympäristötieto; 5. esite tieto; 6. tietokoneistettu tieto; 7. kontrolliryhmä = ei tietoa	120 jaettu 7 ryhmään	9 kk	Tietokoneen välityksellä tietoa saanut ryhmä oli ainoa ryhmä jonka todettiin tilastollisesti merkittävästi vähentäneen energian kulutusta.	Ei arvioitu

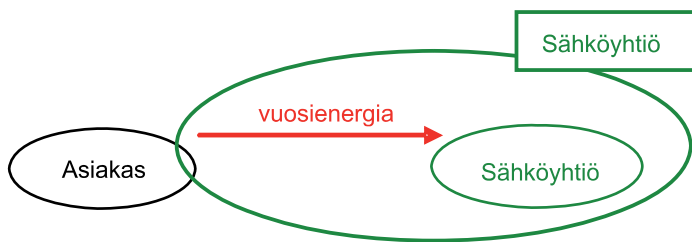
Projekti / Lähde	Maa	Tutkimuksen muotoilu / interventio	N	Kesto	Lyhytaikainen vaikutus	Pitkäaikainen vaikutus
<b>REAALIAIKAINEN INTERNET-POHJAINEN PALAUTE</b>						
Ueno ym. 2006a.	Japani	Internet-pohjainen työkalu ECOIS II: tietoa 30 min. välein koko kotitalouden sähkön sekä kaasun kulutuksesta, maksimissaan 18 kotitalouslaitteen sähkön kulutuksesta ja huonelämpötilasta.	19 erillistä, joista 10 asennettiin mittarit ja 9 vertailutaloutta.	280 pv	Sähkönkulutus väheni 18 % ja kaasunkulutus väheni 9 % kotitalouksissa, joilla oli ECOIS II käytössä. Toisaalta vertailuryhmän sähkön kulutus väheni samanaikaisesti 5 % mutta kaasun kulutus kasvoi 0,4 %.	Ei arvioitu.
Petersen ym. 2007	USA	Kilpailu sähkön ja veden säästämistä yliopisto asuntoloissa. Parhaalle asuntolalle palkinnoksi jäätelöjuhlat. 2 asuntolassa reaaliaikainen mittaus, josta tulokset internetistä; 16 asuntolaa sai viikoittain tiedon sähkönkulutuksestaan. Lisäksi infoa postitse ja julisteissa.	Yli 1600 henkilöä	Koejakso 2viikkoa + vertailujakso 3viikkoa + jälkijakso 2 viikkoa	Reaaliaikainen mittaus vähensi sähkönkulutusta 55 %. Kaikkien asuntojen keskimääräinen vähennys oli 32 %.	Jälkijaksolla sähkönkulutus oli vähentynyt hieman entisestään, johtuu varmasta kevästä ja valon määrän lisääntymisestä. 55 % loppukyselyyn vastanneista käyttäisi reaaliaikaista kulutusdataa ilman kilpailuakin ja 45 % uskoi sen motivoivan sähkösäästöön.
FEEDBACK / Gloorup ym. 2007	Tanska	2 vertailuryhmää, joille ei anneta mitään tietoa; 3 koeryhmää, joille jokaiselle eriverran tietoa eri perustein. Tiedot sähköpostilla, tekstiviestinä tai internet-sivulta pari kertaa viikossa. Mittaustarkkuus päivä, viikko tai kuukausikulutus.	n.700	2 v	Vaikutus hieman positiivinen. Kulutuksen väheneminen koeryhmässä hieman suurempaa kuin vertailuryhmässä.	Ei vielä tuloksia
FEEDBACK / Thogersen 2007; AKF 2007	Tanska	Reaaliaikainen kulutustieto technological platformille. Samanaikaisesti yleisluontoista tietoa eri laitteiden kulutuksesta.	?	2 v	Ei vielä tuloksia	Ei vielä tuloksia
BERR 2007	Englanti	Projektissa testataan eri älymittarit, teknologioita ja erimuotoisen palautteen (mm. internet, kaapeli-tv, erillinen diginäyttö jossakin kodin huoneessa) vaikuttavuutta kotien energiankäyttöön. Osalla kodeista myös mahdollisuus yksittäisen sähkölaitteen reaaliaikaisen sähkönkulutus- ja kustannustiedon saamiseen.	40 000 jaettuna eri palauteryhmiin	2 v	Ei vielä tuloksia	Ei vielä tuloksia



## 4 Etäluettavat energiamittarit ja mittaroinnin tila Suomessa

Sähkönkäyttäjä tekee käyttöpaikkaansa sähkösopimuksen paikallisen verkkoyhtiön kanssa. Verkkoyhtiö toimii omalla alueellaan monopoliasemassa tehtävänänsä riittävän hyvälaatuisen sähkön toimittaminen alueensa sähkönkäyttäjille ottaen huomioon sähköturvallisuus ja kohtuullinen tuotto. Tämän lisäksi asiakas voi vapaasti valita sähköenergian myyjän ja solmia hänen kanssaan sähkönmyyntisopimuksen. Paikallisen sähköverkkoyhtiön tehtävänä on huolehtia mittaroinnista ja mittariluennasta (Kuva 6). Mittareiden tehtävänä on ollut mitata kulutettu sähköenergia ja laskutus on perustunut vuosienergiaan ja siitä muodostettuihin arvio- ja tasauslaskuihin. Tämä mittaamisen kenttä on muuttunut ja muuttumassa etäluettavien energiamittareiden yleistyessä. Etäluenta yleistyy, aikaisemmin sähköyhtiöillä oli henkilökunnassaan mittarinlukijoita, jotka kiersivät sähkönkäyttöpaikasta seuraavaan lukemassa vuosittaisia sähköenergielukemia. Sittemmin asiakas on voinut toimittaa vuosilukeman esim. valmiiksi maksetulla postikortilla, puhelinsoitolla tai internetin välityksellä. (Lehtonen et. al 2006)

Mittaroinnin järjestäminen ja siitä huolehtiminen ovat edelleenkin paikallisen verkkoyhtiön vastuulla. Sähköyhtiöiden keskittyessä ydintoimintaansa yhä useampi yhtiö on ulkoistanut mittaustoimintonsa (Kuva 7). Yksi toimintamalli mittausten keruun ja mittaroinnin hallintaan on ostaa palvelu esimerkiksi teleoperaattorilta tai erityisiltä mittauspäilyrityksiltä.



Kuva 6. Asiakkaan kWh-mittarin vuosiluenta sähköyhtiön huolehtimana



Kuva 7. Sähköverkkoyhtiön ulkoistama asiakkaan energiamittaus

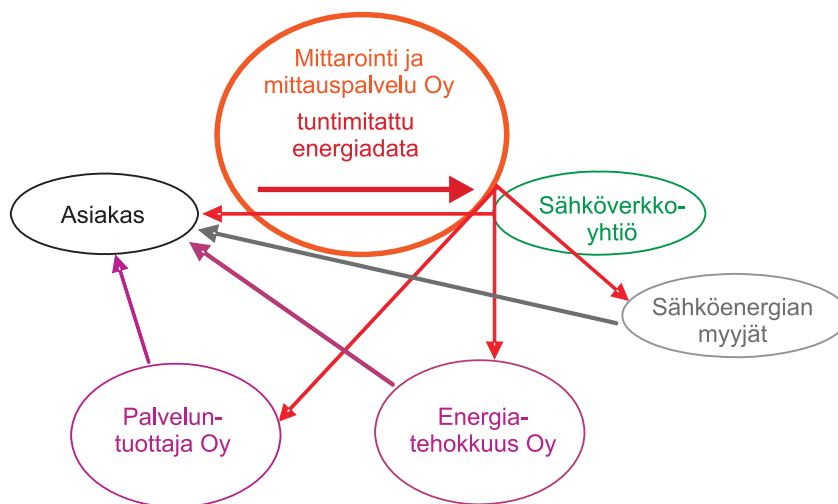
Suomessa etäluettavien energiamittareiden käyttö alkoi ensin suurimmilla asiakkailla vuonna 1995 voimaan tulleen Sähkömarkkinalain myötä. Sinällään Sähkömarkkinalaki tai viranomaistahot eivät kuitenkaan nykyiselläänkään vaadi etäluettavia energiamittareita, ellei asiakas siirry kilpailun sähköntoimituksen piiriin ja pääsulake ole yli 63 A. Toisaalta vaaditaan, että asiakkaalle on annettava riittävästi tietoa omasta sähköenergian kulutuksestaan. Suomessa seurataan kansainvälistä kehitystä etäluettavien energiamittareiden yleistymisessä. Esim. Ruotsissa vuonna 2003 säädetyin lain mukaan vuoden 2009 puolivälissä kaikki energiamittarit on pystyttävä lukemaan kuukausittain. Arvion mukaan Suomessa vuonna 2005 suuruusluokassa 7 % Suomen noin runsaasta 3 miljoonasta pienkuluttajista (sulakekoko enintään 3 x 63 A) olisi kaukoluennan piirissä (Kärkkäinen et al. 2006). Lähteen Kärkkäinen et. all 2006 mukaan mukaan etäluettavia energiamittareita olisi vuonna 2010 kaikista kohteista 47 % ja vuonna 2015 61 %. Erityisesti suurimpien asiakkaiden osalta kehitys kulkenee kuitenkin rivakampaa tahtia. Ala kehittyy nopeaan tahtiin. Viimeisimpien tilastojen mukaan Suomessa arvioidaan olevan tällä hetkellä (joulukuu 2007) etäluettavia mittareita noin 20 % sähkökäyttökohteista tarkoittaen noin 600 000 mittaria<sup>3</sup>. Energiategollisuus ry (ET) toteaa elokuussa 2007 hyväksytyssä suosituksessaan jäsenistölleen, että vuoden 2009 alusta lähtien kaikkien uusien mittareiden tulisi olla tuntimittauskelpoisia (Energiategollisuus 2007). Lisäksi tavoitteena on, että vuoden 2014 alussa vähintään 80 % jokaisen jakeluverkon haltijan käyttöpaikoista olisi tuntimittauksen piirissä. Jakeluverkoissa siirretystä energiasta tämä vastaisi 95 %.

Etäluettavaan mittarointiin siirtyminen on verkkoyhtiölle merkittävä investointipäätös. Kustannuksia syntyy paitsi mittalaitteesta, myös asennuksesta, ylläpidosta, tiedonsiirrosta ja tietojenkäsittelystä. Verkkoyhtiö tekee investointipäätöksen ja ylläpitää mittarointia, mutta mahdolliset hyödyt voivat jakaantua useille osapuolille. Sähköyhtiöiden todelliset hyödyt riippuvat mm. nykyisistä mittarinluentaratkaisuisista, verkkoalueen ominaisuuksista sekä sähköyhtiön valmiuksista hyödyntää nykyaikaisen mittaritekniikan ja kaksisuuntaisen tiedonsiirron suomia mahdollisuuksia. Etäluennalla sähköyhtiöt pääsevät siirtymään reaaliaikaiseen laskutukseen ja asiakkaan luennasta johtuva viive poistuu. Asiakkaiden kannalta katsottuna luottamus sähköalaa kohtaa paranee. Uudet etäluettavat mittarit ovat usein myös tarkempia kuin perinteiset sähkömittarit, joten sähköyhtiöiden alkuvaiheen motiivina suuri-suuntaiseen mittariluennan uudistukseen lienee myös luentaepätarkkuudesta aiheutuvan häviösähkön pienentäminen (Koponen et al. 2006).

Avoimilla sähkömarkkinoilla etäluettavalle datan käytölle ja soveltamiselle syntyy uusia palveluja ja palvelujen tarjoajia sekä jakeluverkkoyhtiön, sähkön käyttäjien, sähkön vähittäismyyjien, järjestelmävastaavan, viranomaisten ja energiapalveluiden tuottajien joukossa (Kuva 8). Myös erilaiset energiatehokkuuteen tähtäävät palvelut voivat olla paitsi paikallisen sähköyhtiön tarjoamia palveluja myös alalle syntyvien uusien palvelutuottajien tuotteita. Suomessa sähköyhtiöt eivät ole vielä hyödyntäneet tunnittaisen energiamittauksen tuomaa tarkkaa yksittäisen käyttäjän sähkönkulutusprofiilia, eikä kovin selkeitä strategioita ole laadittu, miten uutta tietoa tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään. Merkittävä syy tässä on se, että mittareiden asennus ja tietojärjestelmät ovat vielä keskeneräisiä ja ala on kovasti kehitysvaiheessa.

Mittaroinnin kehittymisen yleinen mielenkiinto on kohdistunut siihen, miten nopeasti Suomessa kaikki kohteet ovat etäluettavia. Mittarointiin liittyy kuitenkin huomattavan moninaisia näkökohtia, joiden toteutus ja harmonisointi ovat vielä kehitysvaiheessa. Alalta puuttuvat selkeät ohjeistukset mittareiden ja luentajärjestelmien ominaisuuksista ja eri järjestelmien rajapinnoista ja avoimuudesta. Tämän vapauden salliminen on ajanut tiettyyn kirjaavuuteen ja epähomogeenisuuteen.

3 [http://www.taustavoimaa.fi/ajankohtaista/Arkisto/2007/071121\\_Etamittarit\\_aim\\_dashboard.htm](http://www.taustavoimaa.fi/ajankohtaista/Arkisto/2007/071121_Etamittarit_aim_dashboard.htm)



Kuva 8. Tuntimitattua energiadataa tuotteistavia tahoja

Energiamittarin perustehtävä on sähköenergian kulutuksen mittaaminen. Uudenlaiset energiamittarit ovat kuitenkin paljon muuta. Ne avaavat mahdollisuuden moninaisiin uusiin toimintoihin sekä mittauksiin, tietojen keruuseen ja välittämiseen asiakkaalle, sähköyhtiölle tai muihin järjestelmiin. Etäluettavan energiamittarin tuominen asiakkaalle merkitsee suurta muutosta tietoväylän syntyemisessä jakeluverkkoyhtiön tietojärjestelmistä asiakaspintaan asti. Etäluettavalla mittarilla saadaan hyvin yksityiskohtaista tietoa asiakkaan sähkön käytöstä, vuorokausirytmistä ja kotonaolosta. Tässä kohdin kaikki tietoturvallisuuteen liittyvät asiat on huomioitava. Etäluettavalla mittarilla voidaan seurata myös pienjänniteverkon sähköistä tilaa. Tämä on merkittävä parannus sähköyhtiön verkon käyttöön ja suunnitteluun liittyen. Perinteisesti verkkoyhtiön mittaus-, käyttö- ja valvontajärjestelmien kautta saadaan tieto keskijänniteverkon tilasta 110/20 kV sähköasemalla, mutta pienjänniteverkosta ei saada jatkuvaa mittaustietoa. Edelleenkin esim. sähköyhtiö saa tiedon pienjänniteverkon sähkönjakelun ominaisuuksista vain erillismittausten kautta tai pienjänniteverkon sähkönjakelun keskeytyksestä asiakkaiden ilmoitusten perusteella. Nyt etäluettavat energiamittarit tuovat tähän huomattavan askeleen eteenpäin. Etäluettavaan energiamittariin voidaan esimerkiksi konfiguroida ominaisuus, joka hälyttää sähköyhtiön tietojärjestelmiin pienjänniteverkon sähkönjakelun keskeytyksestä. Säännöllisen energiamittauksen lisäksi voidaan uusille mittareille asettaa uusia mittaustehtäviä ja toimintoja, esim.

- energialukemien erillismittaukset esim. asiakasmuuttojen yhteydessä
- asiakkaan etäkytkennät
- suorat kuorman ohjaukset
- tariffien kauko- ja kello-ohjaus
- kuormien ohjaus tariffitiedolla
- jännitekatkojen rekisteröinti
- sähkön laadun mittaukset, kuten yli- ja alijännitehälytykset, jännitekuopat
- sähköturvallisuuteen liittyvä hälytys nollajohdon katkeamisesta tai yli- ja alijännitteestä
- pätö- ja loistehon tuntimittaus.

Kuten edellä oleva teksti pyrkii kuvaamaan, ovat etäluettavat energiamittarit paljon muuta kuin vain energiatietoja rekisteröiviä laitteita. Termi ”energiamittari” ei kuvaakaan parhaimmalla tavalla näitä uusia laitteita.

Ne ominaisuudet, mitä energiamittarin halutaan mittaavan, tallentavan ja tekevän, on määriteltävä investointipäätöstä tehtäessä. Lisäksi esimerkiksi mittareiden ulostulojen lukumäärä ja jännitetasot kuuluvat määriteltäviin ominaisuuksiin. Kustannuksia voimakkaasti lisäävä seikka on se, jos asentaja joutuu käymään itse mittareiden luona eri toimenpiteitten takia. Tämän takia esim. energiamittareiden ohjelmiston tulee olla etäpäivitettäviä.

Myös energiamittarin mittausten aikaerottelu (esim. tunti-, vuorokausi-, kuukausierottelu) tulee konfiguroida investointipäätöstä tehtäessä. Selvityksen Kärkkäinen et al. (2006) mukaan nyt Suomessa toteutetuissa tai suunnitelluissa etäluettavissa energiamittareissa käytettäisiin useampia kuin yhtä aikaerottelua, mutta tuntijaottelu olisi mukana kuitenkin useimmilla yhtiöillä. Osa yhtiöistä keräisi kuitenkin vuorokausi- ja osa kuukausiarvoja. Etäluettava energiamittari tallentaa mitatun datan muistiinsa. Energiamittari luetaan määritellyllä syklillä, esimerkiksi kerran päivässä / viikossa / kuukaudessa / joka toinen kuukausi. Tämä lisäksi etäluettavan mittarin voi tietysti lukea aina tarvittaessa erillislukuna. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi asiakkaan muutto, sähkön laadun tarkistukset tai häiriöselvitykset. Jos mittariin on liitetty hälytystoimintoja liittyen esimerkiksi sähköturvallisuuden tärkeän ominaisuuden, nollajohdon katkeamisen hälytykseen, tulee mittarin näissä tilanteissa itse lähettää hälytys tietojärjestelmien kautta sähköyhtiön valvomoon.

Tiedonsiirtoa tarvitaan mittarin ja lukujärjestelmän sekä mittarin ja asiakkaan välillä. Etäluettavan energiamittarin rajapintavaatimukset tulee määrittää. Selvityksen Kärkkäinen et al. (2006) mukaan tärkeimpiä rajapintavaatimuksia olivat mittarinlukupointit, yleiset tietoliikennestandardit, Internet Protokolla, liitäntä asiakastietojärjestelmään.

Tietojen lukemiseksi etäluettavalta energiamittarilta on vaihtoehtoisia tekniikoita. GSM/GPRS ja sähköverkko ovat suosituimmat tiedonsiirtotekniikat (Kärkkäinen et al. 2006). Muita mahdollisuuksia ovat kiinteä puhelinverkko, radiotekniikka, tietoliikenneverkko tai jokin edellä mainittujen yhdistelmä.

Perinteiseen vuosittaiseen energiamittaukseen verrattuna tunnittaisella mittauksella saadaan monituhattainen määrä energiatietoa. Kun etäluettavia sähkömittareita saattaa jo yhden yhtiön yhden lukupiirin alaisuudessa olla tuhansia, voidaan arvioida mittauksia kertyvän miljoonia. Yksittäin kaikkien Suomen 2,5 miljoonan kotitalouden saattaminen tuntimittaukseen tuottaa vuosittain 22 miljardia mittauksia. Jos yksi mittaus vie tietojärjestelmään tallennettuna yhden kilotavun, tarkoittaa tämä yli 22 teratavun suuruista vuosittaista tietomäärää. Tällaisen tiedon siirtäminen ja säilyttäminen aiheuttaa sähköyhtiöille kustannuksia, joten tiedon hyödyntämiseen muuhunkin kuin pelkästään sähkölaskun laadintaan on olemassa kiinnostusta.

Etäluettava energiamittari on merkittävä askel eteenpäin sekä lisätoimintojen, mitattavien suureiden lukumäärän, aikaerottelun ja tietoliikenneverkkojen suhteen. Tilanne on monilta osin hajanainen. Jakeluyhtiöiden tehdessä investointipäätöksiä pitäisi pystyä visioimaan tilannetta vuosiksi eteenpäin. Yleisesti ottaen olisikin tarvetta edistää etäluettavaa mittarointia sähkömarkkinoiden tehostamiseksi, edistää tekniikkojen ja pelisääntöjen harmonisointia sekä luoda yhteisiä pelisääntöjä.

# 5 Työn suoritus

## 5.1

### Osatyöt

Hanke alkoi 10.9.2007 ja loppui 31.1.2008. Työ jaettiin useisiin osatehtäviin ja jokaiselle osatehtävälle sovittiin vastuutahot ja tekijät.

Osatehtävät olivat seuraavat:

- Tiedotus pilottikodeille ja luvan kysyminen sähkönkulutusaineiston käyttöön (Liite 1).
- Pilottikotien laitekannan ja käyttötottumusten/elämäntapojen selvittäminen (Liitteet 1 ja 2).
- Aineiston hallinnan toteuttaminen siten että kodit pysyvät anonyymeinä muille paitsi yhdelle yhteyshenkilölle (Liite 5).
- BEAT-laitteiden testaus sähkömittareiden yhteydessä (Liite 6).
- BEAT-laitteiden asentaminen sähkömittareiden yhteyteen.
- Käyttöliittymien - sekä kodeille näkyvän että tutkijalle näkyvän - helppokäyttöisyyden ja ulkonäön parantaminen (Luku 6.4).
- Kirjallisuusselvitys omasta sähkönkulutuksesta annetun (reaaliaikaisen) tiedon vaikutuksesta kotitalouksien sähkönkulutukseen (Luku 3).
- Pilottikotien käyttökokemusten ja kehittämisohjeiden selvittäminen (Luku 6.7).
- Minuuttipohjaisen mittauksen hyödyllisyyden vertailu tuntipohjaiseen mittaukseen (Luvut 4 ja 6.6).
- Johtopäätösten tekeminen minuuttipohjaisen mittauksen toimivuudesta ja hyödyllisyydestä hankkeen kaikkien tulosten pohjalta (Luku 7).
- Raportointi ja jatkotyön visiointi (Luku 7).

Osatehtävien suorituksesta löytyy lisää tietoa listassa mainituissa luvuissa ja liitteissä. Useita aiheita on sivuttu myös kustannuksista kertovassa luvussa 6.3 ja johtopäätöksiä koskevassa luvussa 7.

Katso myös hankkeen suunniteltu aikataulu, kuva 9. Hanketta jouduttiin jatkamaan vielä kuukaudella, tammikuun 2008 loppuun asti, koska mittareiden aluksi tuottamien häiriöpiikkien vuoksi sivusto aukaistiin pilottikodeille vasta 12.12.2007 ja palaute pyydettiin antamaan viimeistään 4.1.2008.

## 5.2

### Materiaali ja menetelmät

Kymmenen pilottikäyttäjää löydettiin Vantaan Energian työntekijöiden joukosta. Kaikki nämä kodit sijaitsevat Vantaalla. Lisää tietoa kodeista löytyy luvusta 6.5.

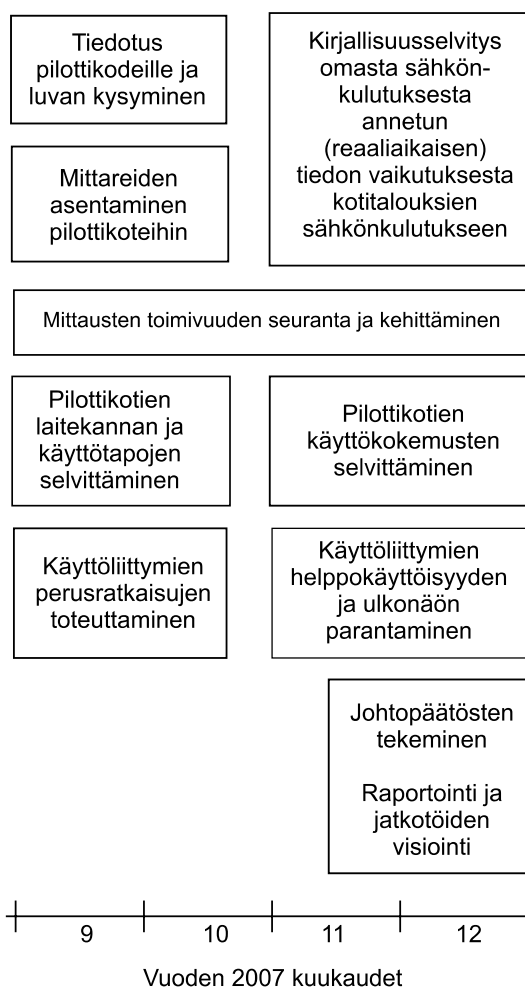
Reaaliaikainen sähkönkulutuksen mittausta perustui BaseN Oy:n kehittämään teknologiaan, jossa Aplicom 1 -merkkinen laite kerää kodin sähkömittarin ns. pulssi-

lostulosta tiedon sähkönkulutuksesta, ja välittää sen edelleen minuutin välein GPRS-moduulia käyttäen ja GSM-verkon avulla BaseN Oy:n palvelimelle. BaseN käyttää data-aineiston hallintaan kehittämäänsä BaseN Platformia, ja syöttää kotikohtaiset tiedot kullekin kotikohtaiselle Internet-sivustolle. Lisäksi 'managerin' käyttöoikeudet omaava käyttäjä (kuten hankkeessa tutkijat) voi tarkastella kaikkien mittauksen piirissä olevien asuntojen sähkönkulutuksia. Kodit säilyvät kuitenkin tutkijoille anonyymeina. Katso myös Liitteet 4 ja 5.

Kotien laitekannan ja sähkölaitteiden käyttötottumusten selvittämiseen kehitettiin aiempien vastaavien tutkimusten (mm. Lehtonen ym. 2007) pohjalta kyselylomakkeet (Liitteet 1 ja 2).

Pilottikäyttäjien kokemuksia ja palautetta mittausjärjestelmästä ja Internet-sivustosta kerättiin palautelomakkeella (Liite 3). Tätä kyselyä täydennettiin vielä myöhemmin tammikuussa puhelimitse tehdyllä lyhyellä haastattelulla, jossa kysyttiin seuraavat asiat:

1. Saitko uudenlaista tietoa sähkön kulutuksestasi?
2. Oliko sähkömittauksen reaaliaikaisuudesta hyötyä?
3. Haluaisitko, että järjestelmä olisi pidempään käytössäsi?
4. Häiritsikö ajankohta järjestelmän testausta?



Kuva 9. Hankkeen suunniteltu aikataulu

## 6 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 6.1

#### Mittarit ja mittausongelmat

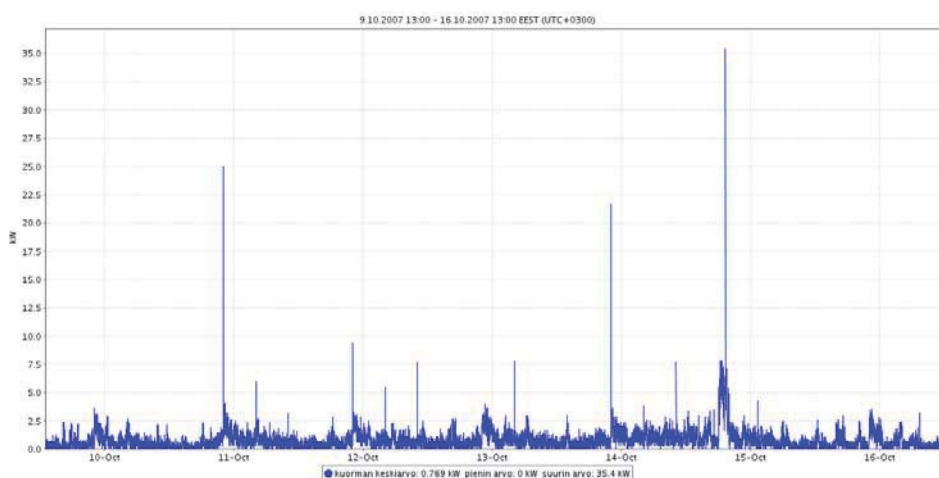
Yleisesti voitiin todeta, että järjestelmä tuotti tarpeeksi tarkkaa tietoa tutkimusta varten ja pilottikodeille heidän oman sähkönkäytön havainnollistamiseen. Käytetty mittausjärjestelmä (eli 'BEAT-mittaukset') saatiin toimimaan testausten ja havaittujen ongelmien korjausten jälkeen, paitsi yhdelle mittarityypille jonka ongelmat havaittiin vasta hankkeen loppuvaiheessa.

Projektin aikana yksityiskohtaisen asennusohjeiston puuttumien aiheutti jonkin verran ongelmia. Lisäksi asennuksissa yksi lisätyön aiheuttaja oli, että mittalaitetta varten tarvittiin sähköpistorasia, mitä sähköpääkeskuksissa ei ollut yleensä valmiina. Lisäksi havaittiin joitakin mittalaitteistosta ja ohjelmistosta johtuvia virheitä ja ongelmia, jotka on jaettu seuraavassa seitsemään alakohtaan. Tarkemmat kuvaukset alkuongelmista löytyvät liitteestä 6.

##### 1. Pulssilaskurin viat

Käytetyn laitteen pulssilaskurissa havaittiin satunnaisia pulssipiikkejä tuottanut laitevika. Kuvassa 10 on esimerkki pulssipiikistä. Koska kuvassa on automaattinen skaalaus, käyrää on hankala tulkita.

Piikit on mahdollista suodattaa tilastollisella menetelmällä, joten mittausdata on käyttökelpoista tutkimuskäyttöön. Kun laitteet päivitettiin uudempiin, ongelma korjaantui.



Kuva 10. Pulssilaskurin viasta aiheutuneita virheellisiä tehopiikkejä



## 2. Pulssijännitteen vaimeneminen

Aluksi useista mittarityypeistä ei saatu S0-pulssilähdöstä mitään lukemia. Tämä johtui siitä, että A1-moduulin antama 4 V lähtöjännite vaimeni alle 2,5 voltin, jolloin moduuli ei rekisteröinyt pulssia. Ongelma korjattiin vetämällä virtalähteestä erillinen 13 voltin jännite pulssilähdölle.

## 3. Pulssilähdön puuttuminen

Projektin aikana havaittiin, ettei kaikissa uusissa mittareissa ole pulssiulostuloa. Esim. Landis+Gyr Enermet (L+GE) tuotteissa on tällaisia malleja. Osassa L+GE:n mittareita oli pulssituloksi ohjelmoitava relelähtö, mutta joissakin tapauksissa sitä ei ole saatu valmistajankaan puolesta toimimaan.

## 4. Pulssin mittaustarkkuus

Valmetin mittarista Tk320NXEp saatiin jatkuvasti monisatakertaisia mittaustuloksia. Ongelma korjaantui, kun mittauksen jännitteen liipaisu- ja hystereesiarvoja säädettiin. Nämä arvot piti päivittää myös A1-moduulin oletusarvoiksi, muutoin mittaustietoihin tuli piikkejä moduulin uudelleenkäynnistyksen yhteydessä.

## 5. Kellontarkistuksen ajoitusvirhe

Päivitystarkistuksen yhteydessä tehtävä kellontarkistus aiheutti mittaustuloksiin aikavirheitä, jotka näkyivät mittaustuloksissa piikkeinä. Virhe korjattiin moduulin ohjelmistoon.

Kaikki edellä kohdissa 1-5- mainitut virheet oli korjattu 20.11. mennessä. Koska aikaisempien mittaustulosten virheitä ei voitu suodattaa pois, tehtiin päätös, että virheellisiä tuloksia sisältäviä mittauksia ei näytetä kuluttajille. Siten pilottikodeille näytettävä aineisto alkaa 21.11. (tutkimuksen käytettävissä oli kuitenkin myös aiempi aineisto).

## 6. Kulutuslukemaerot kahden kaukoluettavan mittarin tapauksessa

Kahdelle kaukoluettavalle mittarille tehtiin kulutuslukemien vertailu BEAT-mittauksiin, siten että kaukoluennan tuloksia verrattiin Internet-sivulta otettuun lukemaan. Tämä mittari Enermet E120LT oli ainoa kaukoluettava mittari hankkeessa, ja harmillisesti se oli ainoa kokeilun mittareista jonka pulssilähtö ja BEAT-mittauksen onnistuminen eivät olleet testattavina ennen koteihin tehtyjä asennuksia. BEAT antoi 20 % (VES10) ja 22 % (VES7) suuremmat arvot joulukuun kulutuksesta kuin kaukoluettava mittari, ja saman suuruinen tasoero havaittiin myös tammikuulta tarkastelluissa ajanjaksoissa.

Kaukoluettava laskutusmittari testattiin ja sen todettiin mittaavan oikein. Ongelma ei siis liity varsinaiseen laskutusmittaukseen.

Toistaiseksi syytä mittausten väliseen eroon ei tunneta. Mittarin toimittaja selvittää pulssilähdön toimivuutta, ja ongelma voi myös liittyä pulssien lukulaitteen (A1-moduuli/Aplicom) herkkyyteen (vertaa ongelma numero 4 ylempänä).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että BEAT-mittauksen toimivuus on aina varmistettava jokaiselle mittarityypille erikseen.

## 7. Mittauksen tarkkuus

Asennetussa muodossa BEAT-järjestelmä tukeutuu sähkömittarin omaan pulssiin. Käytettyjen mittareiden pulssivakio (montako pulssia on yksi kilowattitunti) vaihtelee 250 ja 1000 välillä. Pienillä kuormilla tämä aiheuttaa mittauksiin epätarkkuutta, ja pienillä tehoilla ei siis oikeastaan voida puhua reaaliaikaisesta mittaamisesta.

Jos pulssivakio on 250, vastaa yksi pulssi 4 watin yhtäjaksoista kuormaa tunnin ajan. Tällainen kuorma rekisteröityisi siis yhtenä pulssina, muun ajan mittari näyttäisi nollaa. Tällä pulssivakiolla kuorman tulisi olla 240 wattia, jotta se näkyisi yhtäjaksoisena kulutuksena. Vertailun vuoksi 1000 pulssin pulssivakiolla yksi pulssi vastaisi 1 watin kuormaa ja 60 watin kulutus näkyisi yhtäjaksoisena kulutuksena.

Yleisimmin käytössä olevilla mittareilla pulssivakio on 500 ja 120 watin kulutus näkyy yhtäjaksoisena käyränä.

Ongelmaa voidaan lieventää käyttämällä liukuvaa keskiarvoa tulosten esittämisessä tai tasoittamalla arvot laskennallisesti. Tässä tutkimuksessa esitysmuoto on kuitenkin tasaamaton, jotta käyttäjän tekemät muutokset kulutuksessa näkyisivät selvemmin. Pidemmän aikavälin esityksissä esitystarkkuus automaattisesti johtaa pidempien aikojen keskiarvojen käyttämiseen.

6.2

## Datan hallinta

Tietojen hallinta on tehty BaseNin yleisen protokollan mukaan. Tiedot on tallennettu raakamuodossa minuuttitarkkuudella, joten ne eivät häviä tallennuksessa. Tiedot on tallennettu moninkertaisesti, ja niitä säilytetään vähintään 12 kuukauden ajan BaseN Platformissa. Tutkimuskäyttöä varten on mahdollista viedä tiedot Excel-muotoon. Kaikki kerätyt tiedot tallennetaan myöhempää tarvetta varten.

Tulosten hallinnassa tallennukseen ja prosessointiin liittyviä ongelmia ei ole havaittu. BaseN:n muihin sovelluksiin nähden sähkömittausten tietomäärä on hyvin alhainen.

6.3

## Kustannukset

Mittausjärjestelmän kustannukset koostuivat sekä kertaluonteisista että toistuvista kustannuksista (Taulukko 6). Kertaluonteisia kustannuksia olivat laite-, testaus- ja asennuskustannukset, ja jatkuvia tiedonsiirron kustannukset. Jos järjestelmiä otetaan pysyvään käyttöön, niin projektissa toteutuneiden jatkuvien kustannusten lisäksi tulee ottaa huomioon myös huoltokustannukset.

Sähkömittarista tiedon lähettävän GPRS-moduulin (eli Aplicom A1, katso myös Liite 4) hinnan arvioidaan sarjatuotannon myötä laskevan vuodessa kolmasosaan nykyisestä 300 eurosta. Lisäksi nyt käytetty Mascot-virtalähde on tarpeettoman monipuolinen, ja jatkossa on mahdollista käyttää edullisempaa pienlaitelaturia. Kerrostaloissa on mahdollista koota ja lähettää mittaustiedot yhden moduulin kautta. Tällöin laitekustannukset mittausta kohti pienenevät huomattavasti, vaikka laitteistoon tarvitaankin pulssikeskitin.

Mittalaitteiston konfigurointiin ja testaukseen kului nyt noin puoli työpäivää kotia kohti. Kun järjestelmä on kehitetty varmemmaksi, voi konfiguroinnin tehdä nopeammin ja testauksen automatisoida, jolloin työaika putoaa murto-osaan.

Projektin aikana tiedonsiirron GPRS-kustannukset olivat 9,90 euroa kuukaudessa GPRS-moduulia kohti. Tiedonsiirron asennuskustannukset koostuivat virtuaalisen palvelimen luomisesta tallennusta varten ja siihen liittyvistä tietoturvajärjestelmistä sekä Wiki-sivun luomisesta web-palvelimelle. Tähän kului yhteensä 2 työpäivää eli noin 2 tuntia kotia kohti.

Asennus- ja tiedonsiirtokustannukset ovat tällä hetkellä suhteellisen korkeita, koska mittausten määrä on pieni. Tuhansien mittausten tuoma mittakaava tulee laskemaan kustannuksia sekä tiedonsiirron jatkuvien kustannusten että asennusten osalta. Kun virtuaalipalvelin ja Wiki-sivut on luotu, on uuden mittauksen lisääminen järjestelmään nopea toimenpide.

Hankkeen aikaiseksi kustannustasoksi arvioitiin yksittäiskohteessa noin 200 E/v. Tosin tässä on otettava huomioon, että tämä kustannusarvio koskee 'onnistunutta' asennusta, eikä tässä ole otettu huomioon niitä lisätestauksia ja uudelleen asennuksia mitä hankkeessa tarvittiin työn kehitysluonteen vuoksi.

Taulukko 6 . Mittausten kustannukset nyt ja arvio kustannuksista vuoden päästä

Kustannustekijät	Arvioitu kustannustaso kotia kohti		
	- yksittäiskohteessa hankkeen aikana	- yksittäiskohteessa vuoden päästä (BaseN Oy:n arvio)	- 10 asunnon kerrostalo-kohteessa vuoden päästä (BaseN Oy:n arvio)
<b>Kertaluontoiset kustannukset</b>			
Laitteet -GPRS-moduuli -Virtalähde	300 € (Aplicom A1) 90 € (Mascot)	100 € (Aplicom A1) 20 € (pienlaitelaturi)	10 € (Aplicom A1) 10 € (pulssikeskitin) 2 € (pienlaitelaturi)
Laitteiston konfigurointi ja testaus - BaseN Oy	125 € (4 h <sup>1)</sup> )	31 € (1 h)	6 € (2 h yhteensä)
Laitteiden asennus - Sähköverkkoyhtiö	125 € (4 h + pistorasia)	125 € (4 h + pistorasia)	13 € (4 h yhteensä)
Tiedonsiirron asennus - BaseN Oy	63 € (2 h)	3 € (6 min)	3 € (6 min per koti)
Yhteensä	703 €	279 €	44 €
Yhteensä kuukautta kohti <sup>2</sup>	7,35 €/kk	2,90 €/kk	0,45 €/kk
<b>Muut kustannukset</b>			
Tiedonsiirto	10 €/kk	2 €/kk	0,2 €/kk
Huollot	0,50 €/kk (2 h kerran 10 vuodessa)	0,50 €/kk	
	0,05 €/kk		
Yhteensä	10,50 €/kk	2,50 €/kk	0,25 €/kk
Kustannukset yhteensä	17,85 €/kk	5,40 €/kk	0,70 €/kk
	214 €/v	65 €/v	8,40 €/v

<sup>1)</sup> Työn hinnaksi on oletettu 250 €/ työpäivä (8 h).

<sup>2)</sup> Kun kuoletus kuukausittaisilla tasaerälyhennyksillä 10 vuoden kuluessa, koroksi oletettu 5 % ja jäännösarvoksi 0 €

Kun otetaan huomioon sarjatuotannon tuoma laitteiden hinnan aleneminen ja testausten ja asennusten nopeutuminen, niin kustannuksissa voidaan odottaa merkittävää alenemista. Yksittäiskohteessa kustannusten odotetaan laskevan noin kolmasosaan nykyisestä, eli tasolle 60 euroa vuodessa. Kerrostalokohteessa, jossa saadaan esimerkiksi 10 asuntoa saman mittalaitteiston piiriin, kustannusten odotetaan laskevan alle 10 euroon vuodessa.

Kustannustasoa on tietysti järkevää verrata mahdollisesta sähkönsäästöistä aiheutuviin hyötyihin. Jos säästöksi oletetaan kansainvälisissä tutkimuksissa reaaliaikaisen palautteen vaikutuksena havaittu säästö 5-15 %, niin tyyppillisen kerrostalokaksion kulutuksella kustannuksissa koituvaa säästöä on noin kymmenestä eurosta muutama kymmeneen euroon vuodessa (Taulukko 7). Tällä perusteella reaaliaikaisen mittaroinnin kustannukset voisivat siis tulla takaisin säästettyinä sähkökustannuksina. Yksittäiskohteissa säästö voisi vastata kustannuksia kun kulutus on suurta (yli 10 000 kWh/v) tai kun säästö oletetaan yli 10 %:ksi.

On kuitenkin syytä huomata, että mittausjärjestelmän kustannusten oletettiin laskevan varsin rajusti. Aika näyttää, käykö näin todella. Lisäksi palvelun hinnoitteluun vaikuttaa tietysti muitakin tekijöitä kuin sen tuottamisen välittömät kustannukset.

Taulukko 7. Sähkösäästön kustannushyödyt erilaisilla sähkönkulutuksilla

Oletettu vähennys sähkönkulutuksessa	Kustannussäästö <sup>1</sup> kotitaloudelle, €/vuosi			
	2500 kWh/v (kerrostalokaksio)	5000 kWh/v (omakotitalo 100 m <sup>2</sup> kaukolämmityksellä)	10 000 kWh/v (rivitalokolmio sähkölämmityksellä)	20 000 kWh/v (omakotitalo 100 m <sup>2</sup> sähkölämmityksellä)
5 %	12,5	25	50	100
10 %	25	50	100	200
15 %	37,5	75	150	300

<sup>1</sup> Kodin maksamaksi sähkön kokonaishinnaksi on oletettu 0,10 €/kWh.

6.4

## Internet sivut

Hankkeessa on siis pilotoitu uutta sähköenergian mittausjärjestelmää, jossa laskutusmittariin asennettavalla lisäyksiköllä kuluttajan sähkön käyttö voidaan rekisteröidä jopa minuutin kestoisina jaksoina. Mittaus perustuu laskutusmittarin pulssiulostu-  
loon.

Kuluttaja voi saada kuormituksensa, kuormitusvaihtelunsa ja energian kulutuksensa haluamaltaan ajanjaksolta tiedokseen välittömästi reaaliajassa internet-verkon välityksellä tietokoneensa näyttöruudulle.

Työssä on mittauksen pilotoinnin yhteydessä mietitty, missä muodossa kuluttajalle mittauksen mahdollistamat tiedot kuormitusvaihteluista ja energiankulutuksista tulisi esittää, jotta tiedoista olisi kuluttajalle paras hyöty tämän pyrkiessä energiatehokkuuden parantamiseen ja sähkökustannustensa rajoittamiseen. Lähtökohta tälle pohdinnalle on ollut se, että kaikki kuluttajat eivät tunne sähkötekniisiä asioita kovin hyvin. Esimerkiksi energia- ja tehoyksiköiden (kilowattitunnin ja kilowatin) ero ei kaikille käyttäjille ole itsestään selvää.

Uusia reaaliaikaisia kuormitus- kulutustietoja voi kotitalouksissa hyödyntää mm:

- yleisessä energian kulutustietouden parantamisessa ja kulutusseurannassa
- tarpeettoman energian kulutuksen osoittamisessa
- tarpeettoman tai tehottoman sähkön kulutuksen kustannusvaikutuksen hahmottamisessa
- kokonaiskulutuksen ja laitteiden kulutusten ja kustannusvaikutusten analysoinnissa.

Internet sivuston tietosisältöä ja esitysmuotoa työryhmässä suunniteltaessa pyrittiin huomioimaan kuluttajien erilaiset valmiudet käsitellä teknisiä yms. tietoja sekä em. kuormitustiedon hyödyntämismahdollisuudet.

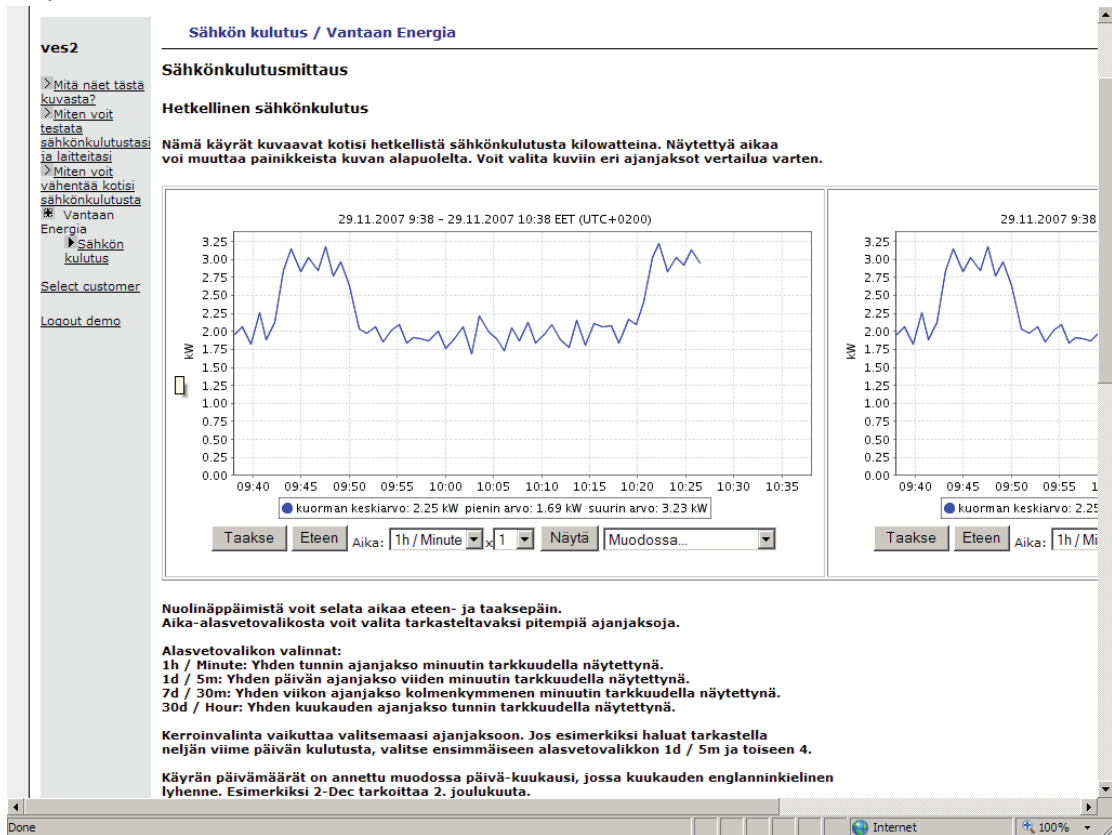
Työryhmässä päädyttiin ehdottamaan seuraavia kehitysehdotuksia 1 ja 2 käyttöliittymän toteuttajalle (BaseN Oy).

1) Avattaessa mittaussivusto tietokoneen ruudulle avautuu seuraavia näkymiä:

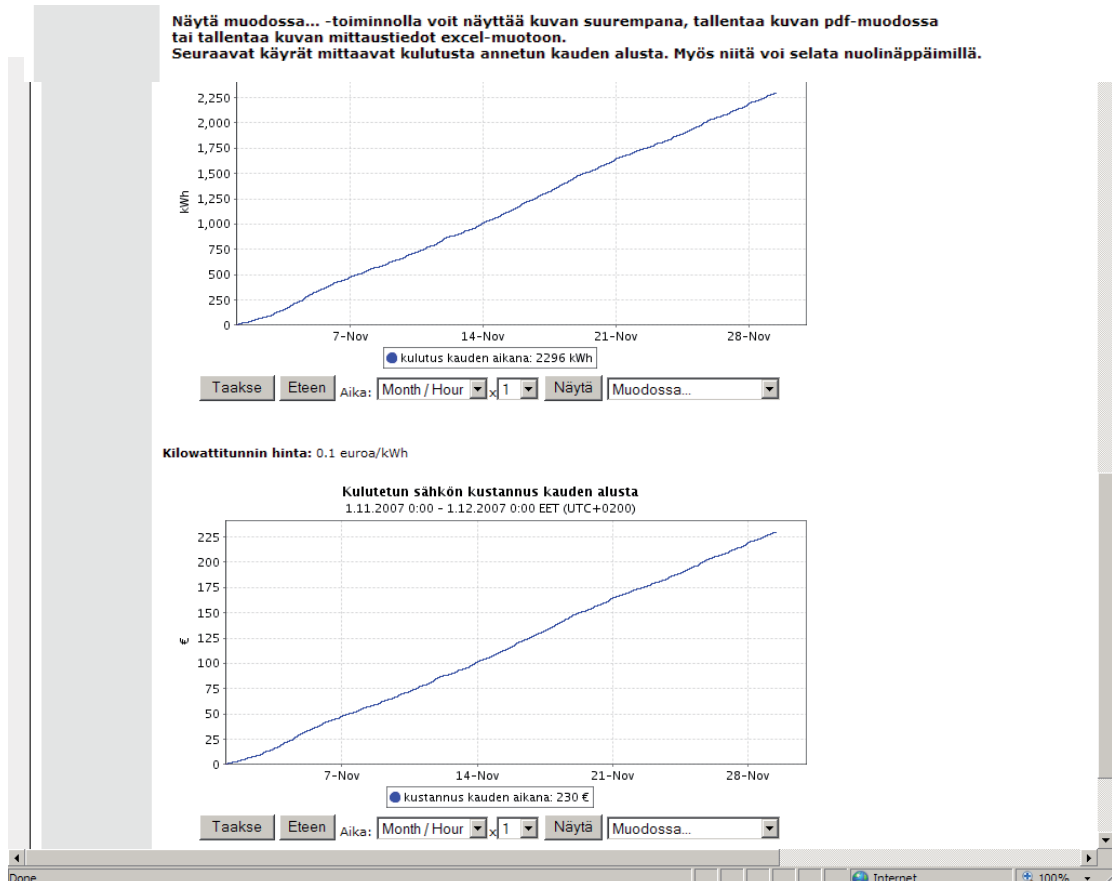
- Kuvakehikko, jossa näkyy kuormitusvaihtelu (oletusarvona 1 min keskiteho) ruudun avaushetkestä 24 tuntia taaksepäin (tai edelliseen vuorokaudenvaihteseen asti).
- Kuormituskäyrän alla on kehukset, joissa on esitetty em. käyrän ajanjaksoa vastaava energian kulutus ja vastaava kustannus (laskettuna keskihinnalla 0,1 €/kWh, jota kuluttaja voi muuttaa).
- Kuvakehikon alla on päivämäärä- ja kellonaikakehukset (vrt. lentolippuvaraukset internetistä), joista kuluttaja voi valita kaksi tai kolme vertailuajanjaksoa. Valitessaan vertailujakson tai useamman, kuvaan saadaan ko. jaksojen kuormituskäyrät eri väreillä ja alle ko. jaksoja vastaavat energian kulutus- ja kustannustiedot.

Kuva II. Sähkönkäyttöä kuvaava Internet-sivu pilottikodeille. a) Ylimpänä kuva, jossa hetkellinen sähkönkulutus, ja sen alla kuvat yhteenlasketusta sähkönkulutuksesta ja sen kustannuksesta.

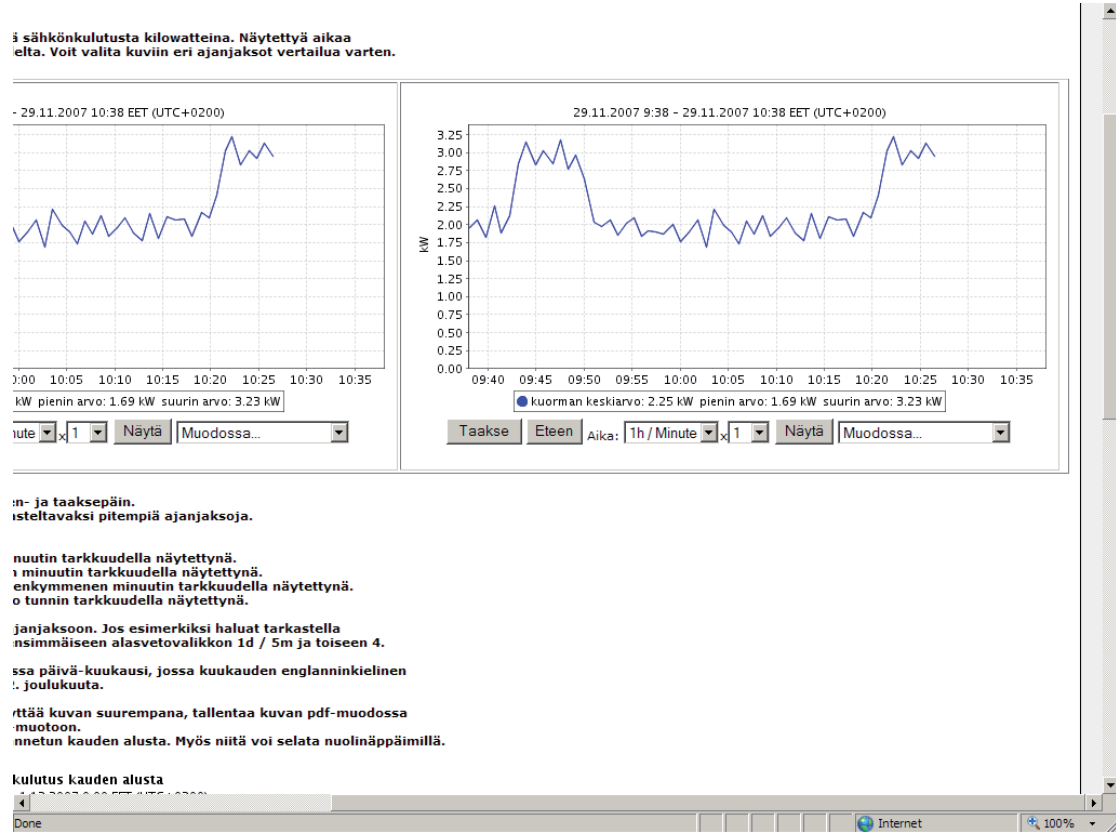
II. a)



II. b.



b) Internet-sivun oikeassa laidassa on hetkellisestä kulutuksesta toinen kuva, johon voidaan valita vertailtava ajanjakso.



2) Lisäksi ruudulla olisi hyvä olla valinta, haluaako käyttäjä sähkötehokäyrän minuutin, 15 minuutin vai tunnin keskitehona (esimerkiksi pienien, muutaman watin tehoja ei yleensä kannata pyrkiä rekisteröimään minuutin jaksoina, vaan 15 minuutin tai tunnin keskitehoina).

Edellä kuvattua, ensimmäisissä asiaa koskevissa palavereissa hahmoteltua sivuston ulkoasua ja sisältöä ei siis vielä työn kestäessä saatu toteutetuksi, vaan tuotettiin työaikainen alustava versio, jota pilot-mittauskohteet ovat voineet tarkastella arvioidessaan palvelun sivuston ja mittauksen hyötyjä ja kehitystarpeita. On siis otettava huomioon, että pilottikäyttäjät joutuivat arvioimaan sivustoa ja mittauksista näytöistä, joissa kaikkia haluttuja ominaisuuksia tai näkymiä ei ole vielä pystytty toteuttamaan. Siksi sivun hyödynnettävyys ei tässä vaiheessa ole ollut vielä paras mahdollinen.

Pilottikohteille kehitetty sivusto on esitetty seuraavilla sivuilla. Tämä ei siis ole sama kuin työssä hahmoteltu helpokäyttöinen ja havainnollinen Internet-sivusto.



## Pilottikotien sähkönkäyttö

Tutkimukseen osallistui siis kymmenen Vantaan Energian jakelualueella asuvaa ja sen henkilökuntaan kuuluvaa vapaaehtoista, tästä tutkimuksesta kiinnostunutta kotitalousasiakasta.

Asiakkaille lähetettiin lokakuussa kaksiosainen kysely. Ensimmäisessä osassa kysyttiin kohteen perustietoja (rakennus, asukkaat, laitekanta ja laitteiden yleisiä käyttötietoja) (liite 1), ja toinen osio oli sähkönkäyttöpäiväkirja (liite 2) Käyttöpäiväkirjan tarkoitus oli, että asiakas raportoi yksityiskohtaisemmin kahdelta valitsemaltaan vuorokaudelta (toinen viikonlopun päivä lauantai tai sunnuntai ja toinen arkipäivä), mitä sähkölaitteita ja miten kauan hän niitä kumpanakin valitsemanaan esimerkkipäivänä käytti. Kymmenestä kohteesta seitsemän vastasi taustatietokyselyyn ja näistä kuusi täytti myös sähkönkäyttöpäiväkirjan.

Kohteitten perustietoja on esitetty taulukossa 8. Tiedot koskien asuntotyyppiä, lämmitystapaa, pinta-alaa ja henkilömäärää on saatu edellä mainitusta taustatietokyselystä, ja vuosienergiatiedot on saatu suoraan Vantaan Energialta. Koska kaikki kohteet eivät vastanneet kyselyyn, heidän osaltaan taustatiedot ovat vaillinaiset.

Taulukko 8. Pilottikotien perustiedot

	Asuntotyyppi	Lämmitystapa	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Henkilömäärä	Vuosienergia (kWh)			
					tariffi	yht.	yö	päivä
VES1	kerrostalo	kaukolämpö	56	1	yleis	2500		
VES2	pari- tai rivitalo	suora sähkö	105	3	aika	17530	11130	6400
VES3	omakotitalo	suora sähkö	105	2	aika	18800	11710	7090
VES4	omakotitalo	suora sähkö	150	3	aika	28850	16410	12440
VES5	omakotitalo	varaava sähkölämmitys			aika	24150	22130	2020
VES6	pari- tai rivitalo	suora sähkö	112,5	4	aika	23390	14740	8650
VES7	omakotitalo	suora sähkö	115	1	aika	19410	10800	8610
VES8	omakotitalo	suora sähkö	124	2	aika	18000	10800	7200
VES9	omakotitalo	suora sähkö	31	1	yleis	6160		
VES10	omakotitalo	suora sähkö	140	2	aika	14520	10970	3550

Käyttöliittymän kautta on mahdollisuus seurata kunkin kohteen sähköenergian käyttöä. Näyttöjä on eri aikajaotuksilla:

- 1h / Minute: Yhden - 12 tunnin ajanjakso minuutin tarkkuudella näytettynä; Kuva 12a esittää yhden tunnin ajanjakson.
- 1d / 5m: Yhden - 12 päivän ajanjakso viiden minuutin tarkkuudella näytettynä; Kuva 12b esittää yhden päivän ajanjakson.
- 7d / 30m: Yhden - 12 viikon ajanjakso kolmenkymmenen minuutin tarkkuudella näytettynä; Kuva 12c esittää yhden viikon ajanjakson.
- 30d / Hour: Yhden - 12 kuukauden ajanjakso tunnin tarkkuudella näytettynä; Kuva 12 d esittää yhden kuukauden ajanjakson.

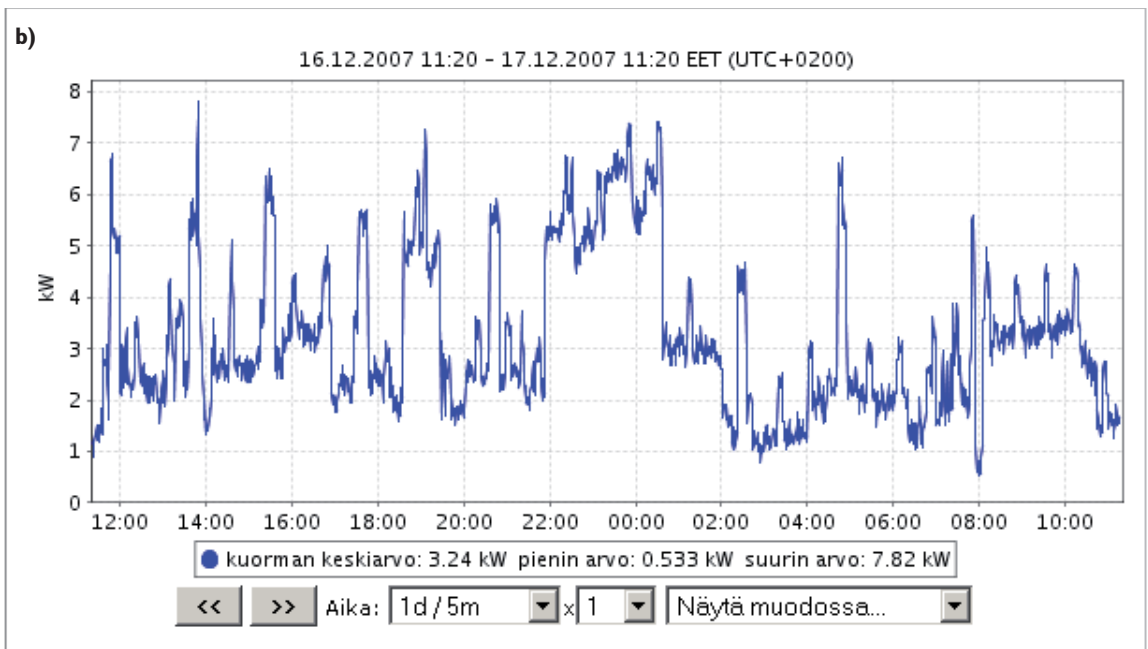
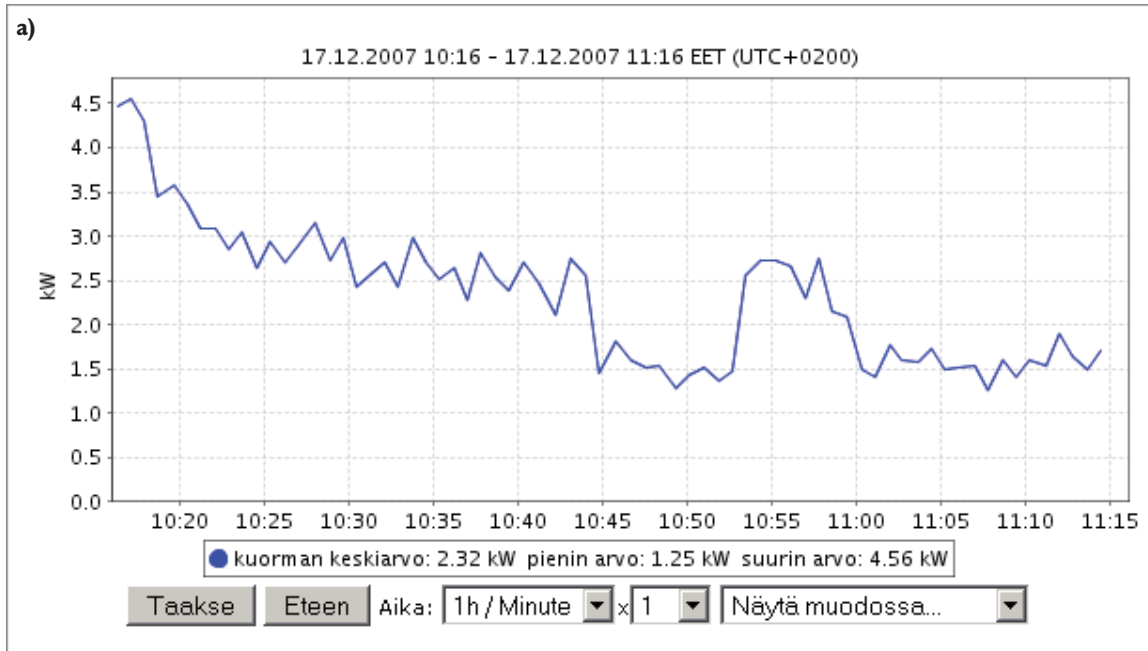
Kuvia on näytössä kaksi rinnakkain, joihin voi itsenäisesti hakea eri kuvat ja vertailla niitä keskenään. Käyttöliittymän alaosassa on lisäksi kaksi kuvaa, joissa on esitetty kulutetun sähkön määrä kilowattitunteina (kWh) (Kuva 13a) ja kustannus euroina (€) kauden alusta (Kuva 13b).

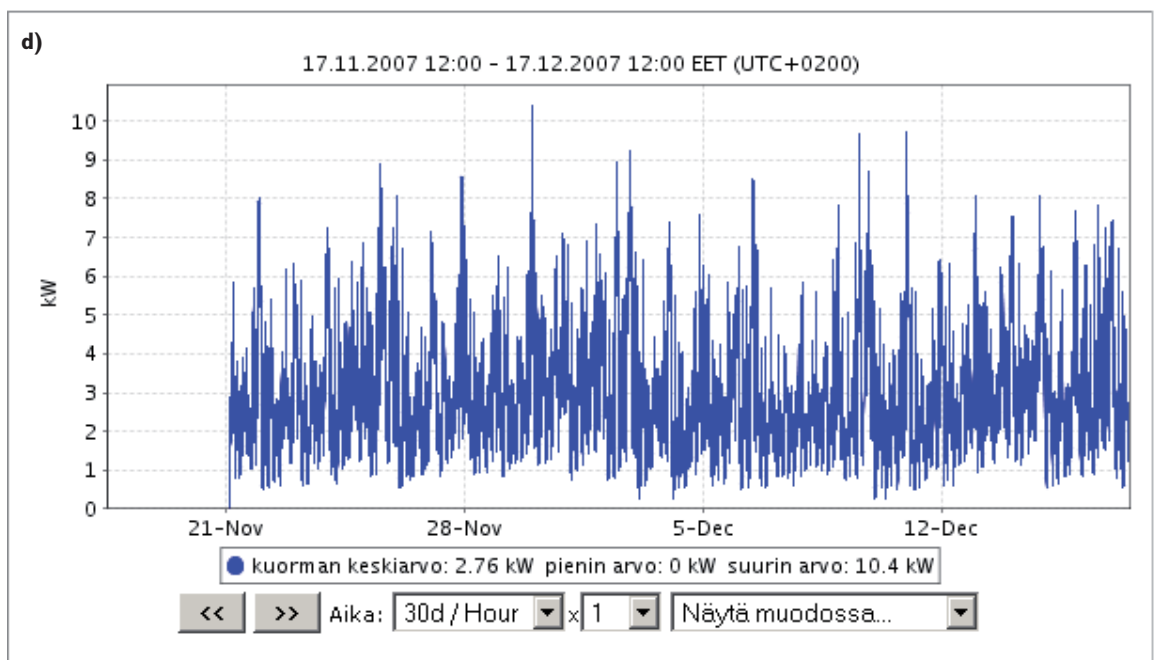
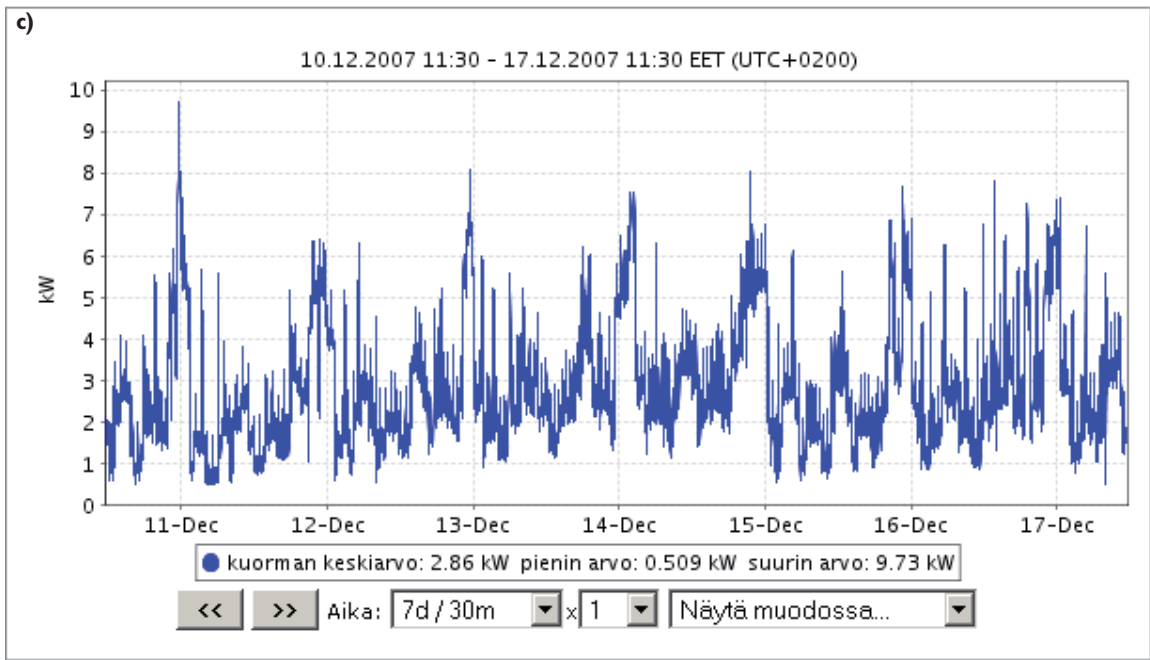
Käyttäjä ei tässä pilottiversiossa voinut muuttaa kuvan y-akselin asteikkoja.

Minuuttipohjaisesta kuvasta 12a voidaan parhaiten arvioida yksittäisen laitteen käyttöä, mutta kohti tuntipohjaista dataa mentäessä tarkkuus luonnollisesti vähenee ja vain suurimpia tehomuutoksia saadaan esille.

Kuva 12. Sähkönkulutuksen ('kuorman') kuvat eri aikatasoilla, esimerkkinä pilottikoti VES2

- a) yhden tunnin kuormituskäyrä käyttäen minuutin mittausarvoja
- b) yhden vuorokauden kuormituskäyrä käyttäen viiden minuutin mittausarvoja
- c) yhden viikon kuormituskäyrä käyttäen 30 minuutin mittausarvoja
- d) yhden kuukauden kuormituskäyrä käyttäen yhden tunnin mittausarvoja

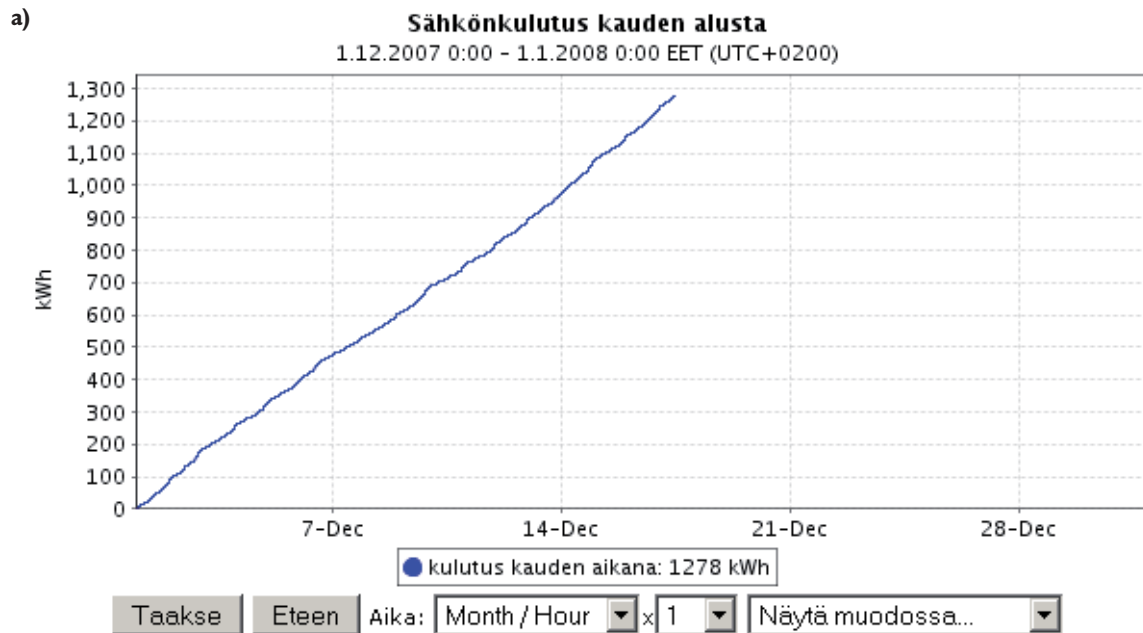




Kuva 13. Yhteenlaskettu sähkönkulutus ja sen kustannus

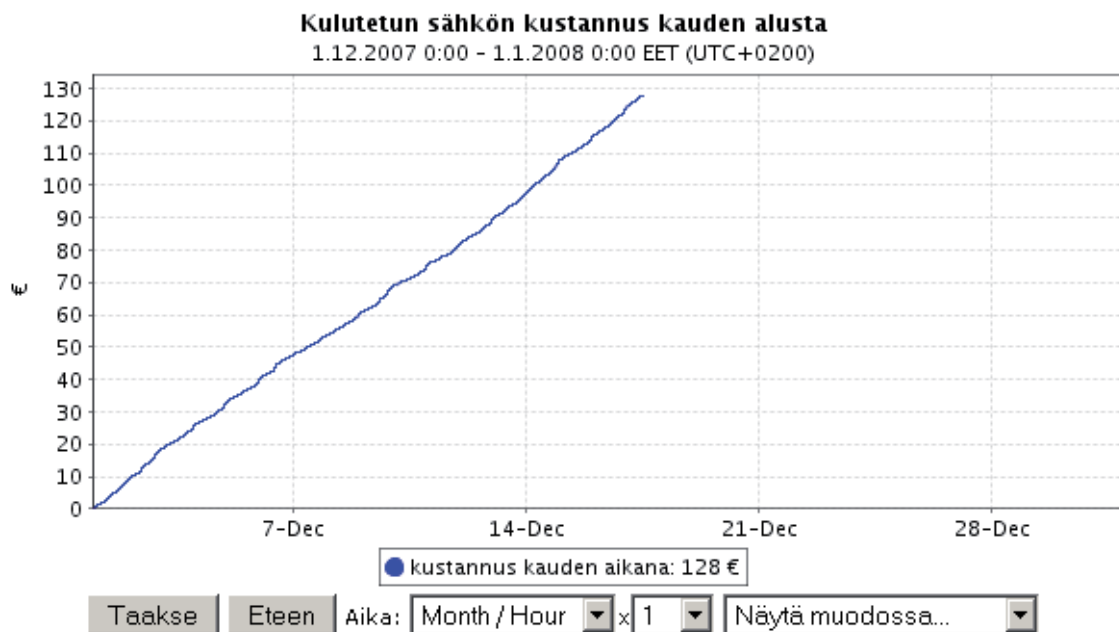
a) sähkönkulutus

b) sähkönkulutuksesta aiheutuva kustannus



b)

**Kilowattitunnin hinta:** 0.1 euroa/kWh



Yhtä joulukuun alun viikkoa on tarkasteltu taulukossa 9, johon on poimittu tältä viikolta minuuttiarvojen maksimit, keskiarvot sekä mediaanit. Näiden viikkojen pysyvyyskäyrät on esitetty liitteessä 10. Pysyvyyskäyräkuvista voidaan hyvin nähdä, löytyykö kohteesta tyypillisiä tehoportaita. Pysyvyyskäyrille myös ominaista, että huipputehoja tarvitaan vain pieni osa käyttöajasta.

Taulukko 9. Viikon 1.12. - 8.12. sähkönkulutuksen minuuttitehojen maksimit (max), keskiarvot (avg) ja mediaanit sekä keskihajonta

	max (kW)	avg (kW)	mediaani (kW)	keskihajonta (kW)
VES1	4,80	0,17	0,15	0,29
VES2	9,21	2,68	2,29	1,50
VES3	10,99	2,80	2,61	1,21
VES4	15,06	4,27	3,67	1,41
VES5	1,79	0,49	0,08	0,54
VES6	8,26	1,77	1,59	0,85
VES7	8,21	3,01	2,90	1,21
VES8	15,41	1,82	0,95	2,24
VES9	8,56	1,00	1,36	1,22
VES10	6,23	1,40	1,37	1,12

Suurimmat tehopiikit tai -portaat johtuvat luonnollisesti suurimpien kuormien kytkeytymisestä, kuten sähkölämmityksestä, sähkösaunasta, hellasta, uunista, astianpesukoneesta, pyykinpesukoneesta, imurista. Yksittäisen laitteen näkyminen kuormituskäyrässä suorakulmamaisena muutoksena tarkoittaisi sitä, että laite ottaisi koko käyttökertaansa vakiotehon. Tällaisia laiteryhmiä ovat esim. valaistus, stand-by -tehot tai esimerkkinä yksittäisestä laitteesta kiertovesipumppu tai liesituuletin. Osa kodin sähkölaitteiden kuormituskäyrästä ei noudata suorakulmamaista muotoa. Esimerkiksi astian- ja pyykinpesukoneiden pesuohjelmien eri vaiheissa (huuhtelut, pesu, linkous, kuivatus) laitteen tehotarve vaihtelee. Lisäksi kotitaloudessa on laitteita, joita ohjataan esim. termostaateilla (sähkölämmitys, sähkösauna, hella, uuni, jääkaappi, pakastin). Nämä kytkeytyvät päälle ja pois asetettujen lämpötilojasäätöjensä mukaan.

Lämmitys on merkittävä energiankuluttaja. Tässä tutkimuksessa VES1 oli kaukolämmitetty kerrostaloasunto ja muut kohteet olivat sähkölämmitettyjä pientalo-kohteita. Sähkölämmitys on luonnollisesti merkittävä energian kuluttaja ja sähkölämmityksen kytkeytyminen päälle näkyy kuormituskäyrässä piikkinä tai portaana. Sähkölämmityksen voi toteuttaa usealla eri tavalla. Sähkölämmitys voi tarkoittaa esim. huonekohtaisia sähköpattereita, vesikierrolla toteutettua sähkölämmitystä veden kiertäessä erillisissä pattereissa tai lattiaelementeissä, katto-, lattia- tai ikkunälämmityksiä, ilmakiertolämmityksiä. Lämmitysmahdollisuuksia on monia ja näiden tunnistaminen kuormituskäyrästä ilman tarkkaa paikallista tuntemusta voi olla haastavaa.

Liitteessä 8 on tarkasteltu yhtä vuorokausinäyttöä ja liitteessä 10 yhden viikon pysyvyyskäyriä. Näistä voidaan tehdä seuraavia havaintoja:

- VES1 on kaukolämmitetty kerrostalokohde. Perustehontarve liikkuu alle 200 W:ssa. Tehontarve on välillä todella pientä ja mennee mittaustoleranssien alapuolelle, koska nolla-arvoja on miltei 30 % viikon minuuttiarvoista.
- VES2-4 ovat suoralla sähköllä lämmitettyjä pari- tai rivitaloja (VES2) tai omakotitaloja (VES3 - VES4). Yösähkön käyttö lämmitykseen on huomattavissa kuormituskäyrästä suuremman kuormituksen (porras 3 – 4 kW) ollessa kytettyinä klo 22 jälkeen kolmisen tuntia. VES4:ssä on näistä kolmesta kohteesta suurin peruskuorma, noin 3,5 kW. VES2:ssa ei selvää perustasoa ole, mutta tehotarve on suurimman osan aikaa yli 1 kW. VES3:ssa perustehon tarve on

tasaisempi kuin VES2:ssa ja myös VES2:ta korkeampi. Nolla-arvoja ei näissä kohteissa ole.

- VES5 on suoralla sähkölämmityksellä lämmitetty omakotitalo. Kohde hyödyntää yösähköä hyvin tehokkaasti. Yöaikaan (klo 22 – 06) on koko ajan peruskuormaa vajaat 1,2 kW, kun päiväaikaan peruskuormaa on vain noin 0,1 kW. Nolla-arvoja on lisäksi 15 % viikon mittauksista.
- VES6 ja VES7 ovat suoralla sähköllä lämmitettyjä pari- tai rivitalo (VES6) ja omakotitalo (VES7). Kuormituskäyrät ovat kovin sahaavia tarkoittaen, että lämmityskuormaa ei liene kerralla kovin pitkää aikaa päällä, vaan lämmitysjärjestelmä suorittanee lyhytaikaisia päälle/pois -kytkentöjä. Tähän voisi olla selityksenä huonekohtaiset sähköpatterit, mutta tätä taustatietoa ei tutkimuksessa kysytty. Pysyvyyssä ei näy selviä tehoportaita tehontarpeen sahaavuuden takia. Nolla-arvoja ei ole.
- VES8-kohteessa näkyy noin 3 kW:n kuorman VES6:ta ja VES7:ta pitempiaikainen kytkeytyminen. Kuorma on kerrallaan kytkettynä noin varttitunnin, mutta on kokonaisuudessaan päällä tarkastelujaksossa vain noin 15 % kokonaisajasta. Tämä kuorma näyttää kytkeytyvän satunnaisesti pitkin vuorokautta eikä se näytä liittyvän yösähkötariffin hyödyntämiseen. Perustehontarve on alle 1 kW:n.
- VES9-kohteessa jokin, runsaan 1 kW kuorma kytkeytyy säännöllisesti joka toinen tunti päälle ja pois. Kuorman kytkeytyminen ei näytä kohdistuvan yösähkötariffiin, vaan kuorma kytkeytyy läpi vuorokauden säännöllisesti. Koska kuorma on päällä säännöllisesti aina tunnin, näkyy tämä porras pysyvyyssä edustaen tehoporrasta 50 % ajasta. Muuten peruskuorma on hyvin alhainen, vain muutama sata wattia. Nolla-arvoja on lisäksi miltei 15 % tarkastelujaksosta.
- VES10-kohteessa näkyy yökuorman (noin 3 kW) kytkeytyminen päälle kello 23.00 - 02.00. Tämän peruskytkeytymisen lisäksi kuormituskäyrä näyttää hyvin lyhytaikaisia kuormien päälle/pois -kytkeytymisiä. Kohteessa näkyy tehoportaat noin 0,8 kW ja 1,5 kW. Nolla-arvoja on noin 15 % tarkastelujaksosta.

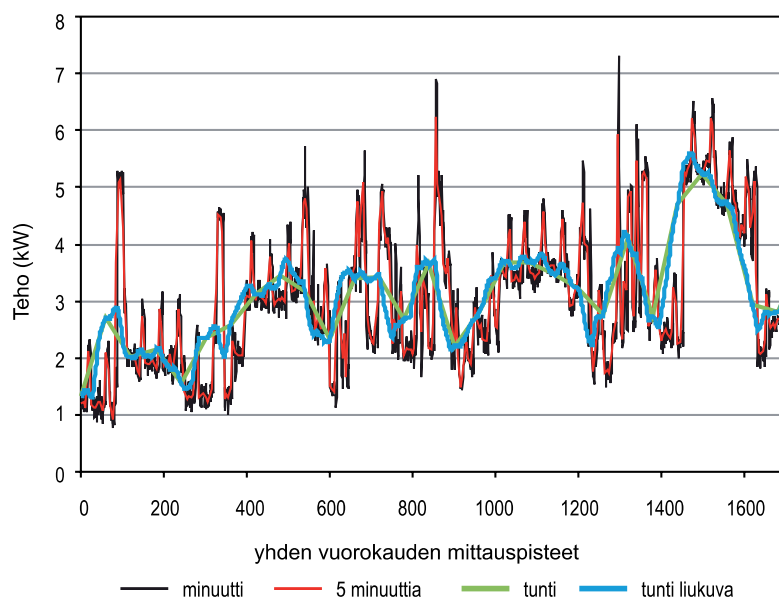
Sähkölämmityskotien kulutuksia tarkasteltaessa on syytä huomata, että joulukuu 2007 oli tavallista lämpimämpi. Pääkaupunkiseudulla joulukuun 2007 keskilämpötila oli noin neljä astetta pitkäaikaisia keskiarvoja korkeampi. Lisäksi vuorokauden keskilämpötila esimerkiksi Vantaan Tikkurilassa vaihteli suhteellisen vähän, ollen -5 ja +5 C välillä.

6.6

## **Minuuttipohjaisten ja tuntipohjaisten kulutuskuvien vertailua**

Kuvasta 14 voi verrata sähkönkulutuksen minuutti- ja tuntipohjaista esitystapaa. Tuntidata tasoittaa minuuttidatan kaikki terävät huiput ja notkelmat, ja siitä voidaan saada esille kuormituksen perustasoja ja niiden eroavaisuuksia. Tuntidata ei paljasta yksittäisen pienitehoisen laitteen, jota käytetään vain minuutteja, käyttäytymistä, vaan tässä tulevat esiin minuuttipohjainen aineisto ja siihen perustuvan kuvan hyödyt.





Kuva 14. Minuutti- ja tuntipohjaisen kuvan vertailu

## 6.7

### Palaute pilottikodeilta

Tutkimuksen loppupuolella pilottikodeille lähetettiin palautekysely (Liite 3), siten että vastaajia ei pystynyt tunnistamaan. Kyselyn vastausajan jälkeen ihmisiltä tiedusteltiin myös puhelimesta, kokivatko he saaneensa hyötyä mittauksen reaaliaikaisuudesta. Kahdeksan kotia kymmenestä palautti palautelomakkeen, ja viisi kotia antoi henkilökohtaista palautetta puhelimesta. Kirjalliset palautteet annettiin anonyymeinä, joten kirjallisen ja suullisen palautteen antajia ei voitu yhdistää toisiinsa.

Palautekyselyn tarkoituksena oli selvittää ihmisten mielipiteitä reaaliaikaisen sähkönkulutuksen seurantajärjestelmästä ja erityisesti siitä autoiko järjestelmä sähkönkulutuksen vähentämisessä. Lisäksi kyselyyn toivottiin antavan lisätietoa mahdollisesta kulutusmuutoksista kodeissa (koska kotitalouksien aiemmin täyttämä käyttöpäiväkirja kattoi vain kahden päivän jakson, niin sen avulla ei pystytty huomaamaan mahdollisia muutoksia sähkönkulutuksessa).

Palautteen pyytäminen ajoitettiin siten, että kotitalouksilla oli vajaa kuukausi aikaa tutustua järjestelmään ja tämän jälkeen pari viikkoa aikaa antaa kirjallista palautetta. Palautelomakkeet lähetettiin kotitalouksille joulukuun puolessa välissä ja heitä pyydettiin palauttamaan täytetyt lomakkeet tammikuun alkupuolella. Koska kaikkia palautelomakkeita ei saatu takaisin määräaikaan mennessä, Vantaan Energiasta otettiin henkilökohtaisesti yhteyttä pilottikoteihin kirjallisten palautteen saamiseksi. Samalla tehtiin siis vielä muutamia kysymyksiä, koska näin toivottiin saatavan lisävalaistusta ihmisten kokemuksista tästä järjestelmästä.

Ensimmäiseksi palautelomakkeessa tiedusteltiin yleisesti *mielipiteitä järjestelmästä ja sen hyödyllisyydestä*. Vastausten mukaan puolet vastaajista koki, että järjestelmä oli hyödyllinen ja käyttökelpoinen, kun taas lopuille järjestelmästä ei ollut mainittavaa hyötyä.

Toisella kysymyksellä haluttiin selvittää *lisäikö järjestelmä kodin sähkölaitteiden kulutuksen ymmärtämistä*. Neljä vastaajista oli sitä mieltä, että palvelu auttoi ymmärtämään kodin sähkönkulutusta ja havainnoimaan mitkä laitteet vaikuttavat sähkönkulutuskäyrään. Esimerkkinä mainittiin, että saunan ja uunin päällä olon pystyi erottamaan käyrästä. Vastaavasti neljälle vastaajalle palvelusta ei ollut tässä suhteessa hyötyä. Eräs vastaaja kritisoi, että yksittäisten koneiden osuudet eivät erotu sähkölämmitteisessä

talossa ja yksi vastaaja totesi ymmärtävän sähkönkulutustaan ilman tämänkaltaista tarkkailuakin. Suullisen palautteen mukaan kaksi viidestä vastaajasta sai uudenlaista tietoa sähkönkulutuksestaan järjestelmän avulla. Mutta tietoa siitä mikä laite kuluttaa paljon muihin verrattuna ja onko oma kulutus suurta vai pientä ei järjestelmä pystynyt tarjoamaan.

Seuraavassa kysymyksessä tiedusteltiin *palvelun vaikuttavuutta sähkönkulutustottumuksiin*. Vastaajista kuusi ilmoitti, ettei tällainen palvelu vaikuta heidän kulutustottumuksiinsa. Kaksi kommentoi kulutuksensa olevan jo nyt niin alhaisella tasolla, että mitään lisähyötyä tämän järjestelmän avulla ei voida saavuttaa. Vastaajista kaksi oli sitä mieltä, että palvelun avulla sähkönkulutusta voisi vähentää. Näistä vastaajista toinen uskoi, että järjestelmän avulla heidän oma sähkönkulutuksensa laskee hieman. Toisen mielestä palvelun avulla tulee varmasti kiinnitettyä enemmän huomiota sähkön kulutukseen sekä sen pienentämiseen.

Kaksi seuraavaa kysymystä koski *järjestelmän teknistä toimivuutta ja sen kehittämistä*. Yleisesti todeten sivuston käytössä ei ollut ilmennyt suurempia ongelmia. Yksi vastaaja huomioi, että muuttaessa aikaskaalausta menneen päivän kohdalla, järjestelmä muuttaa ruudussa näkyvän päivän aina täksi päiväksi. Eräs toinen vastaaja koki ohjelman avaamisen hankalaksi, sillä ennen pääsyä ohjelmisivustolle tietokone ilmoitti mahdollisesta virusohjelmasta. Muilla vastaajilla ei ollut ilmennyt ongelmia sivuston käytössä. Vain kaksi vastaajaa esitti parannusehdotuksia sivustoon. Toinen heistä halusi, että sivustolla tuotaisiin paremmin esiin eri kotitalouslaitteiden keskimääräisiä kulutustietoja ja toinen haluaisi sivuston päivittyvän automaattisesti. Eräs suullisesti palautetta antanut vastaaja kritisoi järjestelmää siitä, että pelkän kulutuskäyrän näyttäminen ei ole hyvä esitystapa. Hän ei kuitenkaan ilmoittanut kuinka esitystapaa voisi parantaa.

Palautteessa kysyttiin myös *järjestelmän testauksesta kotiloissa*. Viisi vastaajista oli testannut järjestelmää esimerkiksi laittamalla jonkin sähkölaitteen päälle ja oli pystynyt löytämään selityksiä sähkönkulutuskäyrän vaihteluille. Yhtä lukuun ottamatta järjestelmää testanneet eivät eritelleet mistä laitteista ja millaisesta testauksesta oli kysymys. Ainoastaan yksi eritteli testaustaan ja sanoi todenneensa kulutuskäyrästä sähkölämmityksen päälläolon. Yksi vastaaja ei ollut varsinaisesti käyttänyt järjestelmää testaukseen, mutta oli pystynyt erottamaan esimerkiksi saunan sekä pyykin- ja astianpesukoneen päälläolon. Erään vastaajan mielestä eri laitteiden kulutusta ei heidän tapauksessaan voi käyrästä nähdä, koska kyseessä on sähkölämmityskohde.

Lopussa ihmisiltä vielä kysyttiin *valmiutta maksaa kyseisenlaisesta palvelusta*. Ainoastaan kaksi vastaajista olisi mahdollisesti valmis maksamaan jotain palvelusta. Toinen maksuhalukkuutta ilmentänyt vastaaja totesi, että ei olisi valmis maksamaan kovinkaan paljon ja toinen olisi mahdollisesti valmis maksamaan 5€/kk. Muut vastaajat suhtautuivat kielteisesti palvelun maksullisuuteen.

Kyselyssä sai myös antaa *vapaata palautetta järjestelmästä* mutta vain muutama oli käyttänyt tämän mahdollisuuden hyväkseen. Vapaan palautteen perusteella järjestelmä koettiin positiiviseksi, mutta ne vastaajat, joilla ei aiempien kysymysten mukaan ollut kiinnostusta järjestelmää kohtaan eivät myöskään antaneet vapaata palautetta. Erään vapaaseen palautteeseen vastanneen mukaan ”tämä järjestelmä voi palvella kuluttajaa, joka ei tiedä laitteidensa tehoja ja joka jaksaa seurata käyriä internetissä”.

Puhelimitse tehdyssä haastattelussa vain yksi vastaaja viidestä *koki hyötyneensä mittauksen reaaliaikaisuudesta*. Reaaliaikaisuuden hyvinä puolina kyseinen vastaaja ilmoitti, että sen avulla hän pystyi näkemään hyvin kulutuspiikit ja sen milloin kulutusta on. Muille vastaajille mittauksen reaaliaikaisuudesta ei ollut mainittavaa hyötyä. Kaksi vastaajista *olisi ollut valmis käyttämään järjestelmää myös tutkimusajanjakson jälkeen*, kun taas kolme vastaajaa eivät olleet lainkaan kiinnostuneita seurannan jatkumisesta. Järjestelmän käytön jatkamista puoltavat kaksi vastaajaa kuitenkin uskoivat, että tulisivat käyttämään järjestelmää vain satunnaisesti, esimerkiksi silloin kun hankkii uuden sähkölaitteen tai jos tekee muutoksia lämmitykseen.

Saadun palautteen perusteella voidaan todeta, että *uusi järjestelmä oli testaa- jien mielestä mielenkiintoinen mutta heidän omissa kodeissaan sen avulla ei pystytty suuriin sähkön- kulutusmuutoksiin*. Puolet kotitalouksista oli kiinnostunut järjestelmästä mutta loput ilmaisivat ettei sillä ollut heille juurikaan uutta annettavaa. Järjestelmän paljastama uusi tieto kodin sähkönkulutuksesta tälle testiryhmälle osoittautui vähäiseksi. Tämä saattaa johtua siitä, että testiryhmä koostui Vantaan Energian työntekijöistä, ja heillä on todennäköisesti jo keskimääräistä paremmat tiedot sähkönkulutuksesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Puhelinhaastattelussa kaksi vastaajaa viidestä ilmoitti, että *testiajanjakson sattuminen pahimpien joulukiireiden ja lomien aikaan häiritsi järjestelmän testausta*. Myös *testiajanjakson lyhyys* (vain vajaa kuukausi) saattaa osittain selittää suhteellisen vähäistä kiinnostusta järjestelmää kohtaan. Itse *järjestelmän toimivuudesta ei juurikaan tullut kielteistä palautetta*. Se siis koettiin toimivaksi vaikka projektiryhmän mielestä järjestelmässä on vielä paljon parannettavaa. Palautteen vähäinen määrä saattaa osaltaan johtua siitä, että ihmiset eivät ajan- tai kiinnostuksen puutteen vuoksi jaksaneet paneutua järjestelmään, sen kehittämiskohteisiin eivätkä palautteen antamiseen huolellisesti.

## 6.8

### Viestintä

Hanke on herättänyt runsaasti mielenkiintoa eri tahoilla. Jo ennen ensimmäistä tiedotetta TV 1 käsitteli asiaa aamulähetyksessään 8.10.2007 haastatellen Motiva Oy:n Pertti Koskea ja BaseN Oy:n Topi Mikkolaa. MTV3 haastatteli Huomenta Suomi –lähetyksen Ympäristöpoin- ti-ohjelmassa BaseN Oy:n Pasi Hurria ja Topi Mikkolaa, mikä esitettiin kahdesti 23.10.2007 ja uusintana myös 27.10.2007. MTV3 esitteli mittausjärjestelmää haastatellen Ari Nissistä ja Sari Lehikoista kymmenen uutissa 30.1.2008.

Hankkeen alkamisesta tehtiin hankekumppanien yhteistyönä tiedote, jonka Syke lähetti mediallyle 24.10.2007<sup>4</sup>. HEAT-hanke oli samana päivänä myös ensimmäinen asia ympäristöhallinnon pääsivulla [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi). Tämän lisäksi BaseN Oy ja Motiva Oy nostivat tiedotteen pääsivulle omissa [www-portaaleissaan](http://www.portaaleissaan). Tiedote tehtiin myös ruotsiksi ja englanniksi.

Asiasta teki uutisen 24.–25.10.2007 kuusi sanomalehteä, kaksi nettilehteä, sekä yksi radioasema (Taulukko 10). Iltalehti julkaisi 25.10. Joukon pilapiirroksen sähkönkulutuksen tarkkailusta tietokoneelta. Hankkeesta on viestitty myös tiedotteen lähettämisen jälkeen. Tietokone-lehti julkaisi jutun aiheesta 8.11.2007. Myös toimittaja Ilpo Mattila työsti Tekniikan Maailman Rakennusmaailmaan tammikuun 2008 numeroon artikkelin, jossa reaaliaikainen energianmittausta esiteltiin. Ja taulukossa olevien mediaosumien lisäksi ainakin toimittaja Kalevi Rantanen valmistelee HEATista kertovaa osiota Tekniikan Maailmaan keväällä 2008 tulevaan artikkeliin, jonka työnimi on 'Miten säästän energiaa?'

Asia herätti ihmisissä selvästi mielenkiintoa ja innokkuutta päästä itse kokeilemaan vastaavaa järjestelmää. Niinpä yli 10 yksityishenkilöä otti loka-marraskuussa yhteyttä sähköpostitse ja puhelimitse, kysyen mahdollisuutta päästä pilottikohteiksi. Myös yksi sähköyhtiö otti asiakkaansa pyynnöstä yhteyttä, ja lisäksi yhdestä maanlaajuisesta yrityskehityksestä tuli yhteydenotto koskien mahdollisuutta saada järjestelmä käyttöön.

Sveitsistä tuli englanninkielisen tiedotteen pohjalta yhteydenotto, liittyen älykkäiden talojen kehittämiseen. Tähän vastattiin lähettämällä BaseN:n englanninkielinen kuvaus teknologiasta.

Hankkeesta tehdään toinen tiedote maaliskuussa, jolloin hankkeen tulokset ja johdopäätökset ovat tiedossa. Niin ikään hankekumppanit viestivät hankkeesta omien viestintäkanaviensa kautta (mm. asiakas/sidosryhmälehdet).

4 [www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=253020&lan=fi&clan=fi](http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=253020&lan=fi&clan=fi)

Taulukko 10. 'Mediaosumat', eli HEAT-hanke mediassa 1.10.2007 – 31.1.2008

Media	Osuman laji	Ajankohta	Aihe	Haastateltu hlö
TV I aamu-tv	TV	8.10.2007	Sähkökulutuksen jatkuva seuranta on tulossa koteihin	Pertti Koski/Motiva Oy
Huvudstadsbladet	lehdistösuma	11.10.2007	Datorn visar hur mycket du slösar	Pasi Hurri/BaseN Corporation, Rauno Tolonen/Helsingin energia
Huomenta Suomi/ Ympäristöpöinti	TV	23.10.2007	Sähkökulutuksen mittaus	Pasi Hurri ja Topi Mikkola/ BaseN
	Lehdistötiedote	24.10.2007	Kodin sähkökulutusta voidaan pian tarkkailla tietokoneelta	
www.Digitoday.fi	www-osuma	24.10.2007	Nettiseuranta paljastaa kodin energiasyöpöt	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
www.ltviiikko	www-osuma	24.10.2007	Nettiseuranta paljastaa kodin energiasyöpöt	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
YLE Radio Suomi	radio	24.10.2007	Kotitalouksien energiatehokkuutta parannetaan uudella mittausmenetelmällä	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
Keskisuomalainen	lehdistösuma	25.10.2007	Kodin sähkökulutuksen näkee pian tietokoneelta	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
Etelä-Suomen Sanomat	lehdistösuma	25.10.2007	Kodin sähkökulutuksen näkee pian tietokoneelta	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
Östra Nyland Kotka Nyheter	lehdistösuma	25.10.2007	Hemnets elkonsumention kan snart följas upp på dator	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
Uusi Aika	lehdistösuma	25.10.2007	Kodin sähkökulutuksen näkee pian tietokoneelta	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
Kouvolan Sanomat	lehdistösuma	25.10.2007	Kodin sähkökulutuksen näkee pian tietokoneelta	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus
Iltalehti	lehdistösuma	25.10.2007	Sarjakuva Jouko: Kodin sähkökulutus näkyvä pian tietokoneelta	-
Huomenta Suomi/ Ympäristöpöinti (uusinta lähetyksestä 23.10.2007)	TV	27.10.2007	Sähkökulutuksen mittaus	Pasi Hurri ja Topi Mikkola/ BaseN Oy
Porin Sanomat	lehdistösuma	28.10.2007	Kodin sähkökulutus tietokone-tarkkailuun/Heat-hanke	-
Uusi Insinööri	lehdistösuma	1.11.2007	Kodin sähkökulutusta voi pian tarkkailla tietokoneelta	-
www.tietokone.fi	www-osuma	8.11.2007	Kodit kokeilevat sähköseurantaa netissä	Sujit Wings/BaseN Oy
MotivaXpress	lehdistösuma	10.12.2007	Tieto kodin sähkökulutuksesta reaaliaikaiseksi	Ari Nissisen kommentti
Kauppalehti	lehdistösuma	30.1.2008	Suomen sähkökulutuksen mittauskokeilu voi laajeta EU-maihin	Pasi Hurri/BaseN Oy, Risto Lappi/Vantaan Energia Oy, Pertti Koski/Motiva Oy
http://www.rakennusmaailma.fi/	www-osuma	29.1.2008	Asunnon sähkön kulutuksesta sydänpöintiä nettiin	BaseN toimittanut taustatiedot
Tekniikan Maailma, rakennusmaailma 1/2008	lehdistösuma	29.1.2008	Asunnon sähkön kulutuksesta sydänpöintiä nettiin	BaseN toimittanut taustatiedot
MTV3 uutiset	TV	30.1.2008 klo 22.00	Kotien sähkökulutus kuriin mittarilla	Ari Nissinen/Suomen ympäristökeskus, Sari Lehikoinen/BaseN

## 7 Johtopäätökset

### **Käyttäjän eli kotien näkökulma**

Järjestelmä osoittautui teknisesti toimivaksi tavallisen käyttäjän näkökulmasta, jota edustivat kymmenen pilottikotia. Tämä tarkoittaa sitä, että kodit pystyivät käyttämään Internet-sivua ja saivat sitä kautta tietoa kotinsa sähkönkulutuksesta. Internet-sivua oli myös osattu käyttää eikä sivuston kehittämistarpeita ollut paria pientä yksityiskohtaa lukuun ottamatta. Sitä vastoin kotien energiatehokkuuden parantamisen näkökulmasta järjestelmän hyödyllisyys jäi vielä näillä pilottikodeilla osoittamatta<sup>5</sup>.

Kolme pilottikotia suhtautui järjestelmään selvästi myönteisesti, sanoen esimerkiksi että 'järjestelmä tuntuu hyvältä', 'toimiva järjestelmä', 'järjestelmä on hyödyllinen ja mielenkiintoinen', 'huomasi mikä kuluttaa sähköä paljon', ja kaksi uskoi sähkönkulutuksen laskevan. Muut suhtautuivat järjestelmään varovaisen myönteisesti tai neutraalisti. Järjestelmän pidempi seurantajakso olisi saattanut innostaa useamman kotitalouden hyödyntämään järjestelmää monipuolisemmin.

Kulutustietojen reaaliaikaisuudesta näyttäisi olleen jonkin verran hyötyä, vaikka vastaajat eivät tuoneet erityisesti esiin tätä ominaisuutta. Erillisten laitteiden havaitseminen kokonaiskulutuksesta edellyttää tuntitason mittausta tarkempaa tietoa, ja usea vastaaja ilmoitti havainneensa minuuttipohjaisesta kulutuskäyrästä erilaisia laitteita kuten uunin, sähkösaunan, 'lämmityksen', sekä pyykinpesu- ja astianpesukoneet.

Palvelusta ei juurikaan haluttu maksaa. Pilottikodeista vain yksi ilmoitti voitavansa mahdollisesti maksaa tällaisen järjestelmän käytöstä 'ehkä 5€/kk', muiden vastatessa 'en' tai 'en tiedä', tai 'ehken... kovinkaan paljon'.

### **Tuotekehityksen näkökulma**

Palvelun kustannukset koostuvat laitteen hankintahinnasta, asennuskustannuksista ja tiedonsiirron kustannuksista. Tuotekehityksen kannalta olennaisia kohteita ovat laitteen valmistuskustannusten alentaminen, laitteiston asentamisen nopeuttaminen ja ulkonäön parantaminen sitä koteloimalla ja pienentämällä, sekä laitteen vaatiman virransyötön ratkaiseminen. Myös toimintamallia asennuksissa tulee vielä kehittää, eli kuinka sähköyhtiö ja palvelun tarjoaja sopivat asennuksista ja miten järjestetään laitteiden kunnossapito.

Myös oikeuksia tietoon tulee vielä pohtia ja tarkentaa, nythän katsottiin että kodit ja sähköverkkoyhtiö omistavat aineiston ja hankkeen osapuolilla on käyttöoikeus aineistoon. Huomionarvoista on myös, että kodit säilyivät anonyymeina muille paitsi yhdelle henkilölle sähköverkkoyhtiössä.

<sup>5</sup> Tätähän ei ollut tarkoituskaan tehdä sähkönkäytön muutoksia tarkastelemalla, koska tutkimuksen aikajänne oli tämän tyyppiseen tutkimukseen liian lyhyt. Mutta jos pilottikotien reaktiot olisivat olleet hyvin myönteisiä ja järjestelmää olisi käytetty innokkaasti oman kodin sähkönkäytön havainnointiin ja energiatehokkaiden toimintatapojen opetteluun, niin tämä olisi luonnollisesti ollut selvä merkki järjestelmän hyödyllisyydestä. Tällaista toimintaa ei kuitenkaan tullut esiin pilottikodeille tehdyissä kyselyissä ja haastattelussa.

Internet-käyttöliittymästä kehitettiin hankkeessa versio, joka oli koekäytössä olutta käyttäjäystävällisempi. Kehitettyä käyttöliittymää ei kuitenkaan ennätetty käytännössä testata. Vaikka pilottikodeilta ei tullutkaan kielteistä palautetta koekäytössä olleesta käyttöliittymästä, se oli projektiryhmän mielestä vielä aika 'teknisen' ja 'vaikean' näköinen sekä osin hankala käyttää.

Internet-sivusto olisi todennäköisesti myös mielenkiintoisempi ja havainnollisempi, jos siitä näkisi vertailutietoja vastaavanlaisten kotien sähkönkulutuksista. Hankkeessa olleiden pilottikotien erilaisuudesta ja pienestä määrästä johtuen tämä ei ollut mahdollista perheiden anonymiteettiä vaarantamatta. Vastaisuudessa vertailutietojen muodostamista kannattaa harkita, vaikka sopivan perhekohtaisen tiedon hankkiminen esimerkiksi kyselyillä ja kotien luokittelu samankaltaisiin 'verrokkikoteihin' ovatkin haasteellisia tehtäviä.

Pilottikodit näkivät nyt sähkönkulutuksen ohessa myös arvion siitä heille aiheutuvasta kustannuksesta. Tämä kuitenkin perustui sähkölle annettuun tyypilliseen hintaan 0,10 €/kWh eikä kodin maksamaan oikeaan hintaan. Tässä olisikin selvä kehityskohde sivustoon. Lisäksi voisi olla hyvä lisätä kuva pörssisähkön hinnalla lasketusta kustannuksesta, koska tämä heijastaisi myös kunkin ajankohdan sähkön tuotannosta aiheutuneita ympäristökuormituksia (päästökauppahan vaikuttaa sähkön tuotantokustannuksiin ja sitä kautta pörssihintaan, ja kun sähkönkulutus on suurta, joudutaan ottamaan käyttöön fossiilista polttoainetta käyttäviä laitoksia mikä heijastuu pörssihinnassa).

Tuotekehityksessä tulee myös ratkaista miten mittauksen tarkkuus otetaan huomioon sähkönkulutuskuvissa. Nyt mittaustarkeutta pienemmät tehot aiheuttavat kulutuskäyrään virheellistä vaihtelua. Pieniä muutostarpeita ovat myös sähkönkulutuskäyrän automaattinen päivitys sekä tarkasteltavan ajankohdan säilyminen samana siirryttäessä tarkemmalle aikatasolle, esimerkiksi päivätasolta tuntitason tarkasteluun.

Lisäksi on syytä muistaa, että BEAT-mittauksen toimivuus on aina varmistettava jokaiselle mittarityypille erikseen.

### **Sähköyhtiön näkökulma**

Sähkön tuottajan, myyjän ja sähköverkkoyhtiön näkökulmasta tuntimittaus antaa hyödyllistä informaatiota, jota voitaisiin käyttää esimerkiksi hinnoittelun pohjana. Sähkön hinta määräytyy tuntipohjaisesti myös sähköpörssissä. Sitä vastoin tarkemman tason minuuttipohjainen 'reaaliaikainen' mittaus ei enää tuo lisäarvoa energiayhtiöiden kannalta tuntipohjaiseen järjestelmään verrattuna.

Sähköyhtiöiden uudet kaukomittausjärjestelmät sisältävät mahdollisuuden kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon. Asiakkaalle voidaan tulevaisuudessa lähettää esimerkiksi hintasignaaleja tai vaikkapa erilaisten laitteiden ohjauskäskyjä. Tässä hankkeessa HEAT-laitteiston tiedonsiirto oli yksisuuntaista, mutta myös tällä laitteistolla voidaan siirtää tietoa kahteen suuntaan.

Toisaalta reaaliaikaisen sähkönkulutustiedon tarjoaminen voi olla palvelu, jota kansalaiset jatkossa odottavat tai jopa edellyttävät energiayhtiöiltään. Tällöin minuuttimittauksen kehittäminen on luonnollisesti yhtiöiden intressien mukaista.

### **Yhteiskunnan näkökulma**

Yhteiskunnan näkökulmasta voidaan todeta, että hanke osoittaa reaaliaikaisen sähkönkulutustiedon välittämisen kuluttajalle olevan mahdollista. Lisäksi reaaliaikainen tieto voi olla jossain määrin hyödyllisempää kuin tuntitason tieto. Tosin hyödyllisyys liittyy lähinnä yksittäisten laitteiden sähkönkulutuksen erottamiseen kokonaiskulutuksesta juuri ajallisen erottelumahdollisuuden avulla, ja tähän laitekohtaiset mittaukset tarjoaisivat tietysti tarkemman mahdollisuuden jos helppokäyttöisiä teknologioita vain olisi tarjolla.



Vaikka kustannukset olivat suhteellisen korkeat, on näköpiirissä että ne voisivat laskea nopeasti kohtuulliselle tasolle. Tälle nyt testatulle teknologialle tulee myös nopeasti kilpailijoita, etenkin tuntitiedon tarjoamiseen, koska sähköverkkoyhtiöiden hankkimat uudet mittarit tämän mahdollistavat. Yhtiöt myös etsivät jonkinlaisia ratkaisuja mittareiden etäluentaan ja tiedon nopeaan välittämiseen kuluttajille. Vastaavia järjestelmiä kehitetään myös muissa maissa.

Tuntitehojen ja minuuttitason mittausten laajentaminen ja selkeässä muodossa esitetyn kuluttajakohtaisen tiedon tarjoaminen parantavat kuluttajan energian käyttö- ja kustannustietoutta. Tämän uskotaan johtavan nykyistä järkevämpään ja energiatehokkaampaan energian käyttöön. Kuluttajien energiamittausten kehittäminen tunti- tai minuuttiperustaiseksi mahdollistaa myös nykyistä kustannusvastaavamman energian hinnoittelun, jonka myötä sähkönkulutuksen kustannukset kotitalouksille heijastaisivat sähkönhankinnan todellisia kustannuksia. Tällä olisi todennäköisesti vahva ohjausvaikutus ihmisten energiankäyttöön ja siitä aiheutuviin ympäristövai- kutuksiin.

## LÄHDELUETTELO

- AKF 2007. Danish Institute of Governmental Research. <http://www.akf.dk/feedback/>
- Benders, R.M.J., Kok, R., Moll, H.C., Wiersma, G. & Noorman, K.J. 2006. New approaches for household energy conservation – In search of personal household energy budgets and energy reduction options. *Energy Policy* 34 (2006) pp.3612-3622.
- BERR 2007. 40000 households in nationwide energy saving experiment. News Release 12.07.2007. Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform. <http://www.gnn.gov.uk/environment/fullDetail.asp?ReleaseID=298630&NewsAreaID=2>
- Bittle, R. G., Valesano, R. & Thaler, G. 1979. The effect of daily cost feedback on residential electricity consumption. *Behavior Modification* 3(2), 187-202.
- Brandon, G. & Lewis, A. 1999. Reducing household energy consumption: a qualitative and quantitative field study. *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 19, pp.75-85.
- Darby, S. 2000. Making it obvious: Designing feedback into energy consumption. Environmental Change Institute. University of Oxford.
- Darby, S. 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.
- DTI 2006. Energy billing and metering. Changing customer behaviour. An energy review consultation. Department of Trade and Industry, UK.
- Dulleck, U. & Kaufmann, S. 2004. Do customer information programs reduce household electricity demand? – the Irish program. *Energy Policy* 32 (2004) pp.1025-1032.
- Energiatollisuus. 2007. Tuntirekisteröivän mittauksen edistäminen - Energiatollisuus ry:n suositus, 15.8.2007, 2 s.
- Evaluation of Energy Behavioural Change Programmes (BEHAVE). Intelligent Energy -Europe (IEE). <http://www.energy-behave.net/>
- Gleerup, M, Kibsgaard, K., Larsen, A., Leth-Pedersen, S. & Stiesmark, K. 2007. IT and Electricity Savings in Households, Report from a Field Experiment. Paper 108 for the 1<sup>st</sup> Asian Conference, Taipei, 5-6 November 2007.
- Gudbjerg, E. & Gram-Hanssen, K. 2006. Standby consumption in private homes socio-economic studies, mapping and measuring reduction? What works: campaigns of hardware solutions? International Energy Efficiency in Domestic Appliances & Lighting Conference '06, 21-23.6.2006, London, UK.
- Haakana, M. & Sillanpää, L. 1996. Palautteen ja säästöneuvonnan vaikutus energiankulutukseen. Vuoro-vaikutteinen vertailututkimus kotitalouksissa. LINKKI -julkaisu 16/1996. Helsinki.
- Haakana, M., Sillanpää, L. & Korhonen, A. 1998. Käyttötapamuutosten pysyvyys ja siihen vaikuttaneet tekijät. LINKKI 2 – Energiänsäästön päätöksenteon ja käyttäytymisen tutkimusohjelma. Julkaisu 4/1998.
- Hayes, S. C. & Cone, J. D. 1981. Reduction of residential consumption of electricity through simple monthly feedback. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 14, 81-88.
- Henryson, J., Håkansson, T. & Pyrko, J. 2000. Energy efficiency in buildings through information – Swedish perspective. *Energy Policy* 28 (2000) pp.169-180.
- Hutton, R. B., Mauser, G. A., Filiault, P. & Ahtola, O. T. 1986. Effects of cost-related feedback on consumer knowledge and consumption behavior: A field experimental approach. *Journal of Consumer Research*, 13, 327-336.
- Ilmastonmuutoksen viestintäohjelma. [www.ilmastonmuutos.info](http://www.ilmastonmuutos.info)
- Koponen, Kärkkäinen, Farin, Pihala. 2006. Markkinahintasiinaaleihin perustuva pienkuluttajien sähkön ohjaus, VTT Tiedotteita 2326; Loppuraportti. Espoo 2006. 80 s
- Korhonen, A. Pihala, H., Ranne, A., Ahponen, V. & Sillanpää, L. 2002. Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen. Työtehoseuran julkaisu 384, Helsinki.
- Kärkkäinen, S., Koponen, P., Martikainen, A. ja Pihala, H. 2006. Sähkön pienkuluttajien etäluettavan mittaroinnin tila ja luomat mahdollisuudet, Tutkimusraportti Nro VTT-R-09048-06, 2006, 70 s.
- Lehtonen, Matti; Heine, Pirjo; Kallonen, Milla; Lähdetie, Artturi; Tapper, Jan; Vitie, Matias; Koski, Pertti; Elväs, Saara; Rautiainen, Kimmo; Husu, Timo; Silvast, Antti; IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen, Helsinki University of Technology publications in Power Systems and High Voltage Engineering TKK-SVSJ-5, Espoo 2007, ISBN 978-951-22-8835-9, ISSN 1795-519X.
- Lindén, A.-L., Carlsson-Kanyama, A. & Eriksson, B. 2006. Efficient and inefficient aspects of residential energy behaviour: What are the policy instruments for change? *Energy Policy* 34 (2006) 1918-1927.
- McCalley, L.T. 2006. From motivation and cognition theories to everyday applications and back again: the case of product-integrated information and feedback. *Energy Policy* 34 (2006) pp.129-137.
- McCalley, L.T. & Midden, C.J.H. 2002. Energy conservation through product-integrated feedback: The roles of goal-setting and social orientation. *Journal of Economic Psychology* 23 (2002) pp.589-603.
- McCalley, L.T., Midden, C.J.H. & Haagdoorens K. 2005. Computing Systems for Household Energy Conservation: Consumer Response and Social Ecological Considerations. Human-Technology Interaction, Technical University Eindhoven.
- McClelland, L. & Cook, S.W. 1979-1980. Energy conservation effects of continuous in-home feedback in all-electric homes. *Journal of Environmental Systems*, 9, 169-173.

- Pekkala, A. 2007. Sähkön ominaiskulutuksen kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät kotitalouksissa. Teknillinen korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto, kandidaattityö. 2007. 41 s.
- Petersen, J.E., Shunturov, V., Janda, K., Platt, & Weinberger, K. 2007. Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. Vol. 8 No. 1, 2007 pp.16-33.
- Poortinga, W., Steg, L., Vlek, C. & Wiersma, G. 2003. Household preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis. *Journal of Economic Psychology* 24 (2003) pp.49-64.
- Roberts, S. & Baker, W. 2003. Towards effective energy information. Improving consumer feedback on energy consumption. A report to Ofgem. Centre for Sustainable Energy.
- Sardianou, E. 2007. Estimating energy conservation patterns of Greek households. *Energy Policy* 35 (2007) pp.3778-3791.
- Seligman, C. & Darley, J. M. 1977. Feedback as a means of decreasing residential energy consumption. *Journal of Applied Psychology*, 62(4), 363-368.
- Statistics Finland 2006. Greenhouse Gas emissions in Finland 1990-2004. National Inventory Report to the UNFCCC. [www.stat.fi/greenhousegases](http://www.stat.fi/greenhousegases)
- Suomen sähkölaitosyhdistys ry. 1992. Sähkön käytön kuormitustutkimus 1992. Julkaisusarja 5/92. Helsinki, 1992.
- Tilastokeskus 2006. Energiatilasto Vuosikirja 2006. Energia 2006, Tilastokeskus, Helsinki.
- Tilastokeskus 2008. Energiankulutus, Taulukot, Taulukko 5: Sähkönkulutus sektoreittain 1990-2006 (Excel) (12.12.2007). <http://www.stat.fi/til/ekul/tau.html> (vierailtu 21.1.2008)
- Thogersen, J. 2007. ASB; Aarhus School of Business, University of Aarhus. Personal communication 2.10.2007.
- Ueno, T., Inada, R., Saeki, O. & Tsuji, K. 2006a. effectiveness of an energy-consumption information system for residential buildings. *Applied Energy* 83 (2006) pp. 868-883.
- Ueno, T., Sano, F., Saeki, O. & Tsuji, K. 2006b. Effectiveness of an energy-consumption information system on energy savings in residential houses based on monitored data. *Applied Energy* 83 (2006) pp. 166-183.
- Van Houwelingen, J. H. & Van Raaij, F. W. 1989. The effect of goal-setting and daily electronic feedback on in-home energy use. *Journal of Consumer Research*, 16, 98-105.
- VTT 2007. Energy use. VTT, Edita, Helsinki.
- Völlink, T. & Meertens, R. M. 1999. De effectiviteit van elektronische feedback over het energia- en waterverbruik door middel van teletekst bij huishoudens. (The effectiveness of electronic feedback on household energy use and water use by means of text TV). In R. M. Meertens, R. Vermunt, J. B. F. De Wit, & J. F. Ybema (Eds.), *Sociale psychologie en haar toepassingen* (pp. 79-91). ASPO. Delft: Eburon.
- Winett, R. A., Neale, M. S. & Grier, H. C. 1979. Effects of self-monitoring and feedback on residential electricity consumption. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 12(2), 173-184.
- Wood, G. & Newborough, M. 2007. Energy-use information transfer for intelligent homes: Enabling energy conservation with central and local displays. *Energy and Buildings* 39 (2007) pp.495-503.

## Liite I. Kodeille lähetetty sähkökäyttökysely

HEAT'07, Household Energy Awareness Technologies 2007

Hyvä vastaanottaja

Kiitos, että olet lupautunut mukaan testaamaan reaaliaikaista sähkömittauksen järjestelmää kodissasi tämän syksyn aikana.

Testi on osa HEAT'07-yhteishanketta, jossa energia-, ympäristö- ja teknologia-alan asiantuntijat kehittävät uutta mittaussuomenetelmää ja käyttäjäpalveluita kotitalouksien energiatehokkuuden parantamiseksi.

Pyydämme Sinua merkitsemään oheiseen **kyselylomakkeeseen** taustatietosi sekä ne sähkölaitteet, jotka kotitaloudessasi ovat käytössä. Henkilötietojasi ei yhdistetä tutkimustuloksiin, eikä niitä anneta ulkopuolisten tahojen käyttöön.

Lisäksi pyydämme sinua pitämään **päiväkirjaa** kahden (2) päivän aikana käyttämästäsi sähkölaitteista. Toinen kirjauspäivä tulisi olla arkipäivä ja toinen joko lauantai tai sunnuntai, jolloin olet normaalisti kotona.

Molemmat lomakkeet pyydämme lähettämään **maanantaihin 8.10.2007** mennessä sisäpostissa Jan Heiskaselle.

Saat myöhemmin syksyn aikana käyttäjätunnuksen, salasanan ja opastuksen omaan web-portaaliin, jossa voit reaaliaikaisesti seurata omaa sähkönkulutustasi. Tällöin saat myös toisen päiväkirjan seurattavaksesi sekä palautelomakkeen.

Otamme mielellämme vastaan kommenttejasi ja kokemuksiasi testauksesta osoitteeseen [jan.heiskanen@vantaanenergia.fi](mailto:jan.heiskanen@vantaanenergia.fi)

Lisätietoja antaa Jan Heiskanen, puh. 251.

Yhteistyöterveisin,

HEAT'07-hankkeen yhteistyökumppanit

LIITTEET      kyselylomake  
                 päiväkirja



Basen<sup>n</sup>

Motiva

Vantaan Energia



TEKILLINEN KORKEAKOULU

KOTITALOUDET Kohde/ koodi

**TAUSTATIEDOT**

1 Montako henkeä taloudessanne asuu?

- 0-7 -vuotiaita \_\_\_\_\_  
 8-15 -vuotiaita \_\_\_\_\_  
 16-30 -vuotiaita \_\_\_\_\_  
 31-50 -vuotiaita \_\_\_\_\_  
 51-65 -vuotiaita \_\_\_\_\_  
 66-75 -vuotiaita \_\_\_\_\_  
 76-vuotiaita ja vanhempia \_\_\_\_\_

2 Millaisessa talossa asutte?

- Kerrostalo  
 Pari- tai rivitalo  
 Omakotitalo

3 Asuntonne koko

- Kerrosten lukumäärä \_\_\_\_\_  
 Huoneiden lukumäärä \_\_\_\_\_  
 Asuntonne pinta-ala m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

4 Kuinka monta tuntia päivässä asunnossanne ei ole yksikään asukkaista kotona?  
(anna keskimääräinen arvio)

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| a) arkisin                       | b) viikonloppuisin               |
| <input type="checkbox"/> 0-2 h   | <input type="checkbox"/> 0-2 h   |
| <input type="checkbox"/> 2-4 h   | <input type="checkbox"/> 2-4 h   |
| <input type="checkbox"/> 4-6 h   | <input type="checkbox"/> 4-6 h   |
| <input type="checkbox"/> 6-8 h   | <input type="checkbox"/> 6-8 h   |
| <input type="checkbox"/> 8-12 h  | <input type="checkbox"/> 8-12 h  |
| <input type="checkbox"/> 12-16 h | <input type="checkbox"/> 12-16 h |
| <input type="checkbox"/> 16-24 h | <input type="checkbox"/> 16-24 h |

**LÄMMITYS- JA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT**

5 Mikä on asuntonne pääasiallinen lämmitystapa?

- Kaukolämpö  
 Suora sähkölämmitys  
 Varaava sähkölämmitys  
 Öljylämmitys  
 Puulämmitys vesikierrolla  
 Muu puulämmitys  
 Maalämpöpumppu  
 Muu lämmitysmuoto, mikä?

6 Onko teillä tukena jokin muu lämmitysmuoto edellä mainitun pääasiallisen lämmitystavan lisäksi?

- Puulämmitys (esim. varaava takka)  
 Aurinkokeräimet  
 Ilmalämpöpumppu  
 Muu lämmitysmuoto, mikä?

- 7 Lattialämmitys  
 Onko Teillä pääasiallisen lämmityksen lisäksi lattialämmitystä, esim. pesutiloissa?  kyllä  ei  
 Montako neliötä tästä lattialämmityksestä  
 Teillä on toteutettu suoralla sähköllä? \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- 8 Asunnon lämmityskustannukset?  
 Maksatte suoraan itse  
 Kuuluu vastikkeeseen tai vuokraan
- 9 Auton lämmitys: Onko teillä auto(i)lle lämmityspaikka?  
 Lohkolämmitin \_\_\_\_\_ kpl  
 Sisätilanlämmitin \_\_\_\_\_ kpl
- 10 Auton lämmitysmahdollisuus. Jos kyllä,  
 Ei kellokytkintä, montako tuntia lämmitätte? \_\_\_\_\_ h  
 Kellokytkin, vakioaika. Montako tuntia? \_\_\_\_\_ h  
 Ulkolämpötilan mukaan säätyvä kellokytkin  
 Maksatte auton lämmityssähkön suoraan itse  
 Auton lämmityssähkö kuuluu kiinteistösähköön
- 11 Onko asunnossanne sisäilman jäähdytys? Jos kyllä, mikä?  
 Ilmalämpöpumppu  
 Muu sisäilman jäähdytin, ilmastointilaitte  
 Muu, mikä?
- 12 Asuntonne ilmanvaihto  
 Painovoimainen  
 Koneellinen poisto  
 Koneellinen tulo ja poisto  
 Koneellinen tulo ja poisto lämmön talteenotolla  
 En tiedä

#### LAITTEET

- 13 Merkitkää kyselyn kohteena olevassa asunnossanne käytössä olevat laitteet ja niiden lukumäärät
- |  |           |                       |
|--|-----------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> Jääkaappi.....                              | _____ kpl | Ikä yli 10v _____ kpl |
| <input type="checkbox"/> Jää-viileäkaappi.....                       | _____ kpl | Ikä yli 10v _____ kpl |
| <input type="checkbox"/> Jääkaappipakastin.....                      | _____ kpl | Ikä yli 10v _____ kpl |
| <input type="checkbox"/> Kotikylmiö.....                             | _____ kpl | Ikä yli 10v _____ kpl |
| <input type="checkbox"/> Pakastin.....                               | _____ kpl | Ikä yli 10v _____ kpl |
| <input type="checkbox"/> Sähköhella, liesitaso, erillinen uuni ..... | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Mikroaaltouuni.....                         | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Astianpesukone.....                         | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Pesukone.....                               | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Kuivaava pesukone.....                      | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Kuivausrumpu.....                           | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Kuivauskaappi.....                          | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Tietokone kuvaputkinäytöllä.....            | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Tietokone litteällä näytöllä.....           | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Kannettava tietokone.....                   | _____ kpl |                       |
| <input type="checkbox"/> Tulostin / monitoimilaitte.....             | _____ kpl |                       |

- Laajakaista (esim. ADSL, kaapeli-modeemi)..... \_\_\_\_ kpl  
 Langaton reititin (WLAN)..... \_\_\_\_ kpl  
 Kuvaputkitelevisio..... \_\_\_\_ kpl  
 Taulutelevisio (plasma)..... \_\_\_\_ kpl  
 Taulutelevisio (LCD)..... \_\_\_\_ kpl  
 Viihde-elektroniikkaa (esim. DVD, videot erillinen digiboxi, pelikonsoli,...)..... \_\_\_\_ kpl  
 Akvaario, terraario..... \_\_\_\_ kpl  
 Sähkökiuas..... \_\_\_\_ kpl  
 Sähkökiuas, heti-valmis..... \_\_\_\_ kpl

## 14 Sisävalaistus

	Lamppujen lukumäärä ja yhteinen teho	Kun valaistus on kytkettynä, mikä on tyypillinen yhteenlaskettu lampputeho?	Arvio tehojakaumasta lampputyypeittäin: Hehku- / energiansäästö- ja / muut lamput / muut loistelamput (halogeenit yms.)
- eteinen	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- käytävät	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- keittiö	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- makuuhuone 1	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- makuuhuone 2	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- olohuone	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- WC (t)	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- pesuhuone (-eet)	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- saunatilat	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____
- muut	____ kpl ____ W	____ W	____ / ____ / ____ / ____

## 15 Ulkovalaistus

- Ulkovalaisimien lukumäärä \_\_\_\_ kpl ja yhteinen teho, noin \_\_\_\_ W; pääasiallinen lampputyyppe: \_\_\_\_
- Varustettu hämärä- tai kellokytkimellä (osuus em. tehosta \_\_\_\_ W)  
 Käsin kytkettävä (osuus em. tehosta \_\_\_\_ W)  
 Maksatte itse  
 Kuuluu kiinteistö sähköön

## SÄHKÖNKÄYTTÖTOTTUMUKSET

16 Stand-by -kulutus tarkoittaa ns. valmiustilakulutusta. Tyypillisiä tällaisia laitteita ovat kotitalouksissa esimerkiksi stereot, videot, TV, digiboksi, tietoliikenneyhteydet ja tietokone.

Montako tällaista laitetta teillä on kotitaloudessanne? \_\_\_\_ kpl

Kuinka monesta näistä laitteesta kytkette yöksi stand-by -tilan pois? \_\_\_\_ kpl

17 Voitteko luetella ne sähkölaitteet, jotka muodostavat yöllisen ajan peruskuorman, esim. stand-by -tehoa kuluttavat laitteet , jääkaappi, pakastin, kierto-vesipumppu?

---



---



---

18 Montako kertaa viikossa taloudessanne keskimäärin pestään pyykkiä?  
\_\_\_\_ Kertaa

19 Montako kertaa viikossa taloudessanne keskimäärin pestään astioita astianpesukoneella?  
\_\_\_\_ Kertaa

20 Montako kertaa viikossa keskimäärin sähkösaunanne lämpiää?  
\_\_\_\_ Kertaa





## Liite 2. Kodeille lähetetty sähköön käyttöpäiväkirja

28.9.2007

### Kodin sähköön käytön päiväkirja

Yleistä:

Tällä päiväkirjalla haluamme esimerkinomaisesti kerätä tietoa kahden vuorokauden osalta siitä, miten käytätte kotinne sähkölaitteita. Tämä tieto on tarkoitus yhdistää taloutenne sähköön koemittaukseen, jossa nähdään ostamanne sähkötehon suuruuden nopeatkin vaihtelut jokaisena päivänä. Näin voimme tutkimuksessamme arvioida syitä mittausten osoittamiin kuormitusvaihteluihin ja selvittää sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksia.

Toivomme Teidän valitsevan kaksi tyypillistä päivää (mieluiten yksi arkipäivä ja yksi viikonlopun päivä) seuranta varten.

Päiväkirjassa valaistus on käsitelty erikseen. Toivomme Teidän arvioivan, kuinka monta tuntia päivässä kussakin huonetilassa oli tarvetta valaistukselle. Huomioita -sarakeeseen voitte arvioida, kuinka monta wattia tai wattituntia ko. aikana huonetilassa käytettiin valaistukseen.

Päiväkirjassa on merkittynä joitakin kodin sähkölaitteita. Toivomme, että merkitsette joka päivä, mitä sähkölaitteita käytitte sekä kellonajat, joina ko. sähkölaitte oli käytössä. Erityisesti olisi tärkeää saada käsitys energiankulutukseltaan merkittävimpien käsin kytkettävien laitteiden käytöstä, kuten esimerkiksi kiukaat, liedet, pesukoneet ja lämpölaitteet.

Jos jälkeempään huomaatte unohtaneenne merkitä laitteen tai useamman laitteen kytkennät (joko pois- tai päälle -kytkennän tai molemmat), seuranta ei ole mennyt hukkaan vaan pyydämme teitä jatkamaan sitä mahdollisuuksienne mukaan. Toivomme kuitenkin, että mainitsette asiasta lyhyesti lomakkeen huomioita -kentässä tai erillisellä paperilla. Lopuksi pyydämme kokonaisarviotanne siitä, kuinka kattaviksi arvioitte merkinnät seurantapäivien aikana.

**esimerkkipäivä 1:**

Kohteen tunnistekoodi \_\_\_\_\_

Päivämäärä: \_\_\_\_\_

Viikonpäivä: \_\_\_\_\_

Kellonajat, jolloin joku perheenjäsenistä oli kotona: \_\_\_\_\_

Sisävalaistus	Montako tuntia päivässä päällä?	Huomioita
eteinen		
käytävät		
keittiö		
makuuhuone 1		
makuuhuone 2		
makuuhuone 3		
olohuone		
WC		
pesuhuone (-eet)		
saunatilat		
muita?		
Käsin kytkettävä ulkovalaistus		



## esimerkkipäivä 2:

Kohteen tunnistekoodi \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_

Viikonpäivä: \_\_\_\_\_

Kellonajat, jolloin joku perheenjäsenistä oli kotona: \_\_\_\_\_

Sisävalaistus	Montako tuntia päivässä päällä?	Huomioita
- eteinen		
- käytävät		
- keittiö		
- makuuhuone 1		
- makuuhuone 2		
- makuuhuone 3		
- olohuone		
- WC		
- pesuhuone (-eet)		
- saunatilat		
- muita?		
<b>Käsin kytkettävä ulkovalaistus</b>		



## Liite 3. Kodeille lähetetty palautekysely

HEAT'07, Household Energy Awareness Technologies 2007

12.12.2007

Hyvä vastaanottaja

Kiitos, että olet lupautunut mukaan testaamaan reaaliaikaista sähkön-kulutuksen mittausta kodissasi marras-joulukuussa.

Sinun käyttökokemuksesi ovat erittäin arvokkaita, kun nykyistä kehittyneempiä mittaamenetelmiä pyritään kehittämään energiankäytön tehostamiseksi.

Muutama viikko sitten saitkin jo projektiin liittyvää postia. Tällöin pyysimme Sinua täyttämään kyselylomakkeen kotisi sähkölaitteista ja pitämään päiväkirjaa niiden käytöstä kahden päivän osalta.

Nyt olemme avanneet käyttöösi Internet-sivuston, jolla voit reaali-aikaisesti seurata kotisi sähkönkulutusta. Se on vielä kehitysversio, jonka käyttöominaisuuksia ja ulkoasua vielä parannamme Sinun ja muiden testikäyttäjien antamien palautteiden perusteella. Sivusto on auki 4.1.2008 asti.

Internet-sivuston osoite on: <https://beat.fortn.net>

Henkilökohtainen käyttäjätunnuksesi on: \_\_\_\_\_

Salasanasi on: \_\_\_\_\_

Pyydämme, että tutustut Internet-sivustoon ja sähkönkäyttöösi ja vastaat järjestelmän hyödyllisyyttä ja käytettävyyttä koskeviin kysymyksiin, jotka ovat liitteenä. Vastaukset pyydämme palauttamaan viimeistään **perjantaina 4.1.2008 sisäpostissa Jan Heiskaselle**.

Kyselylomakkeen lisäksi voit antaa kommenttejasi ja kokemuksiasi testauksesta myös osoitteeseen [jan.heiskanen@vantaanenergia.fi](mailto:jan.heiskanen@vantaanenergia.fi)

Lisätietoja antaa Jan Heiskanen, puh. 251.

Yhteistyöterveisin,

HEAT'07-hankkeen yhteistyökumppanit

LIITTEET Käyttäjäkysely



Base<sup>n</sup>

Motiva

Vantaan Energia



TEKNILLINEN KORKEAKOULU



## KÄYTTÄJÄKYSELY

Pyydämme palauttamaan vastaukset viimeistään perjantaina 4.1.2008 sisäpostissa Jan Heiskaselle.

1) Mitä mieltä olet järjestelmästä yleisesti? Entä koetko tällaisen sähkönkulutuksen seurantajärjestelmän Sinulle hyödylliseksi?

---

---

2) Auttoiko palvelu Sinua ymmärtämään kotisi sähkönkulutusta, ja pystyitkö tulkitsemaan sitä, miten kotisi laitteet vaikuttivat sähkönkulutuskäyrään?

---

---

3) Miten arvioisit tämän palvelun vaikuttavan perheesi sähkönkulutustottumuksiin?

---

---

4) Oliko Internet-sivuston käytössä jotain, jonka koit erityisen hankalaksi? Kerro myös, jos Sinulla on siihen liittyviä kehitysehdotuksia.

---

---

5) Haluaisitko sivustoon jonkun uuden ominaisuuden tai opasteet? Onko Sinulla muita ehdotuksia esitystavan kehittämiseksi?

---

---

6) Kokeilitko järjestelmää laitteiden sähkönkulutuksen testaukseen, esimerkiksi laittamalla saunan tai uunin päälle? Pystyitkö mielestäsi löytämään selityksiä sähkönkulutuskäyrän vaihteluille ja toteamaan laitteiden kuormituksia?

---

---

---

---

---

---

---

7) Olisitko valmis maksamaan tällaisesta palvelusta? Miten paljon?

---

---

8) Muita huomioita?

---

---

---

---

---

---

---

*Kiitos palautteestasi, se on meille arvokas!*

HEAT'07-hankkeen yhteistyökumppanit

## **Liite 4. HEAT-mittausjärjestelmän tekninen kuvaus** (englanniksi)

### **Technical Description of BEAT**

#### **Status Quo of the Technology and Service**

Presently there is a wide range of electricity meters in use, of which some are AMR (Automated Meter Reading) enabled and others are not. The older models which are not AMR enabled have to be read manually.

Consumers, who have an old electricity meter in their homes, receive electricity bills that are based on estimates by the electricity provider. Usually once a year the electricity provider is sending someone to manually read the meter, or the consumer can read the meter by himself and enter the results on the provider's web pages. With non AMR enabled meters the effective measurement granularity for both the consumer and the electricity provider is once per year.

With AMR enabled meters the electricity provider is able to read the electricity meter more often depending on the model. Some AMR enabled meters use radio transfer and are read by a measurement car driving by the property to be measured. Other AMR enabled meters use either LON or Ethernet to transfer the data with up to one hour granularity.

While enterprise customers can get electricity consumption reporting of up to one hour granularity, the average consumer has a measurement granularity of two months, when the electricity bill arrives. There is presently neither a technical solution nor any service offered by electricity providers that would provide real-time maximum granularity (one minute measurement intervals) electricity consumption data to the individual household.

The AMR enabled meters that are presently on the market utilize proprietary protocols that are owned by the respective meter manufacturer. The meter manufacturers offer their own AMR solutions based on their proprietary protocols. So far they have not been willing to utilize open protocols or share their protocols with competitors, in order to benefit from the lock-in of their proprietary protocols. This, among others, has contributed to the reluctant adoption of AMR, as electricity providers want to prevent such a lock-in.

Another factor that has prevented the large scale adoption and utilization of the AMR data, is that present AMR solutions do not scale. So far no AMR solution is capable of integrating hundreds of thousands of meters and integrating and visualizing their measurements.

#### **Requirements for the Technical Solution**

The proposed technical solution for large scale real-time electricity metering has to be capable of reading electricity consumption data, even if individual meters utilize proprietary protocols. BaseN suggests reading the pulse data, as this is standardized for all meters.

The data connection from the meter to the BaseN Platform which logs, analyzes and visualizes the electricity consumption data should be functionally independent of local availability of DSL or Ethernet connections. BaseN suggests using GPRS modules to forward the measurement data to the BaseN Platform.

#### **Outline of the Technical Solution**

The proposed technical solution is outlined in Figure L.4.1. below. The technical solution will be further refined during the project in order to optimize deployment times and component costs.

In order to reduce component and installation costs several households within the same building, such as in apartment blocks or office buildings, can be integrated with the same GPRS communication module by using a pulse concentrator. Please refer to Figure L.4.2. below for details.

## BaseN Platform

The BaseN Platform is a next generation platform built on a resilient computing grid. Due to the grid architecture, the platform is linear scalable, flexible and stable. The components within the grid work together, but can function separately from each other and automatically take each other's roles.

The computing grid is the decisive technical solution that enables scalability. A consumer-oriented electricity monitoring solution has to be able to store, process and visualize the data of even millions of households. While conventional solutions are mainframe based and will eventually run into problems due to lack of processing power or memory, a grid can grow to account for the increasing load. When the demands on processing power and memory increase a new server can be connected to the computing grid to increase its capacity.

BaseN has successfully applied grid technology to the monitoring and managing of large communication networks and has thus experience in handling very large amount of measurement nodes and measurement data.

The BaseN Platform can be easily integrated with exiting electricity metering solutions. The reading of the standardized pulse data makes BEAT entirely device agnostic and very versatile. The linear scalability ensures that large cities and areas with even hundreds of thousands of individual households can be centrally monitored.

The BaseN Platform makes the electricity measurement data available through a web based platform. The individual consumer can access his electricity consumption data anytime anywhere and has access to maximum granularity real-time and historical data.

The larger data set can be made available for the energy company for trend calculations, load balancing and management purposes. The consolidated data of an entire region can also serve the regulator and official stakeholders to guide the energy policies of that region.

The proposed technical solution is outlined in Figure L.4.1 below (see also Figure L.4.3 and L.4.4).

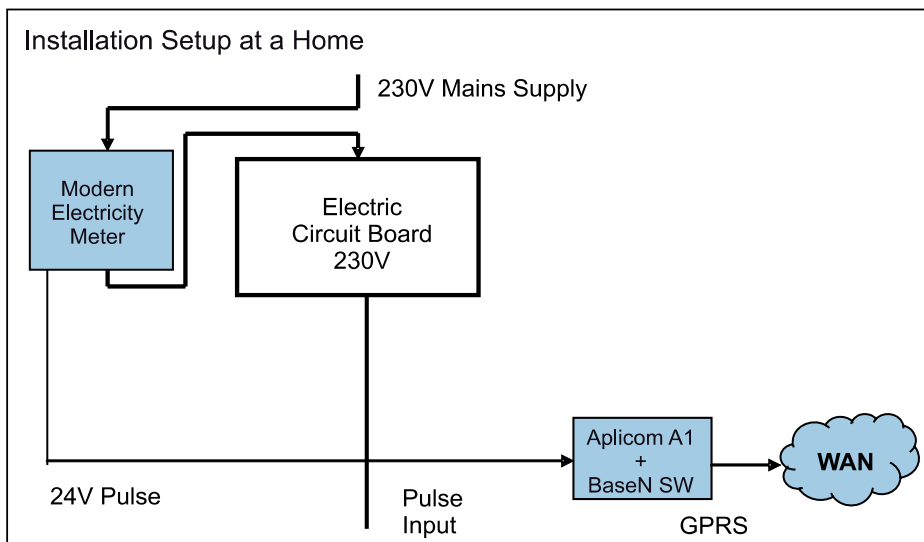


Figure L.4.1. BEAT deployment at a home

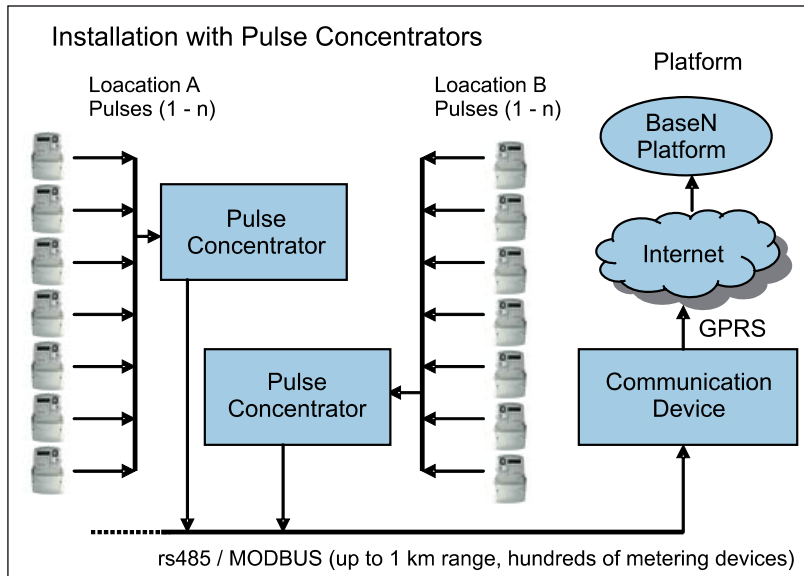


Figure L.4.2. BEAT installation with pulse concentrators (office building, apartment block)



Figure L.4.3. Components of BEAT deployment.

## Liite 5. HEAT-tietojärjestelmän kuvaus (englanniksi)

### Description of the Information system connected to BEAT

The utilization of the electricity measurement data will be arranged within the consortium agreement. The legal cornerstones are defined by the following statements:

- The ownership of the entire data set remains with Vantaan Energia
- The individual end-customers have a right of ownership to their own data only
- All data that will be utilized for research purposes by the other consortium members will be made anonymous in compliance with privacy laws.
- All individual end-customers will be notified of the research project and given the opportunity not to participate if they don't wish to.

The data that will be made available for research will only contain the following information:

- Electricity measurement data
- Type of building (house, terrace house or apartment)
- Size in m<sup>2</sup>
- Year when the building was built
- Number of people living at that location

In addition following additional information will be gathered by questionnaires from people who are willing to participate in the research:

- Type of heating at the location
- Electric appliances at the location
- Use patterns of electric appliances at the location

As these are quite detailed data, other consortium members might be able to pinpoint the individual location owner from a small sample. The initial proof of concept will therefore be conducted with volunteers among Vantaan Energia employees. Only when the sample size increases sufficiently to ensure anonymity, will Vantaan Energia end-customers be asked to join the research sample group.

The process by which personal information will be separated from the actual measurement information is outlined in the process diagram in Figure L.5.1. below.

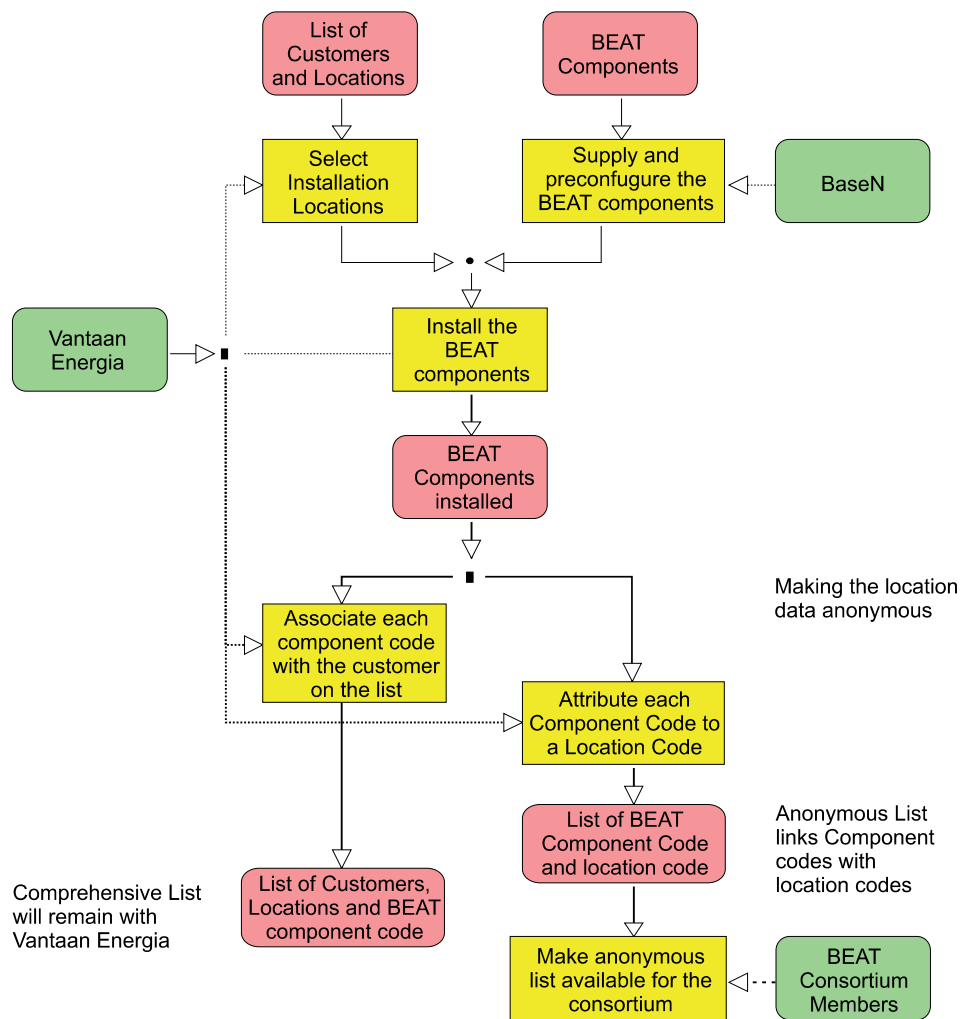


Figure L.5.1. Process for making the measurement data anonymous



## Liite 6. Muistio mittariongelmista

Dokumentit, joihin tämä muistio perustuu, ovat: 1) Muistio palaverista Vantaan Energian toimitalolla, mittaripajassa 23.10.2007, paikalla Panu Alku, Timo Ruokola ja Janne Hartikainen, sekä 2) email Panu Alulta Ari Nissiselle 30. lokakuuta 2007.

### Ongelman kuvaus

HEAT07 projektiin valittujen kymmeneen kotitalouden BASEN mittalaitteesta on 5 saatu luotettavasti toimimaan lokakuun puoleen väliin mennessä. Ensimmäisien asennuksien yhteydessä on havaittu, ettei kaikissa uusissa mittareissa ole pulssiulostuloa. Esim. Landis+Gyr Enermet (L+GE) tuotteissa on tällaisia malleja, joita on myös VES:n verkossa. Osassa L+GE:n mittareissa oli pulssituloksi ohjelmoitava relelähtö mutta osassa tapauksia sitä ei ole saatu valmistajankaan puolesta toimimaan.

HEAT07 -projektiin kuuluvissa kotitalouksien sähköenergiamittareista ei yhdestäkään ole löytynyt pulssiulostulovikaa. Yksi mittari vaihdettiin epäilyksen vuoksi mutta sekin todettiin toimivaksi mittaripajan tutkimuksissa. Mittaukseen liittyvät ongelmat on saatu rajattu BASEN:n Applicom A1 -mittalaitteeseen. Lisäksi ongelmalliseksi on havaittu myös pulssijännite joka kaikissa tapauksissa ei ole riittävän suuri.

Ensimmäistä testiä vaivannut satunnaisia pulssipiikkejä tuottanut virhe on löytynyt Applicomin omissa tutkimuksissa. Vantaan Energian mittaripajassa testattiin 23.10.2007 neljää sähköenergiamittarityyppiä, jotka olivat tyyppiltään:

- Enermet TK420Ns
- Enermet E420-nts
- Landis Gyr ZMD-120Asdr53
- Valmet Tk320NXEp

### Testitulokset ja ratkaisut

Kaikki testissä käytetyt sähköenergiamittarit ja niiden pulssiulostulot on todettu toimiviksi.

Sähköenergiamittareiden pulssitulot testattiin rinnakkaisesti VES:n pulssilaskurilla ja BASEN uudemmallalla A1 -mittalaitteella. Pulssijännitteenä käytetään jatkossa 13,2 voltia joka otetaan suoraan A1-mittalaitteen virtalähteestä. Mittaus toimi onnistuneesti kolmella sähkömittarilla eli pulsseja saatiin sama määrä molemmilla mittaustavoilla. (VES mittaus vs. BASEN mittaus). Valmet Tk320NXEp – mittarin antamat pulssit saatiin mitattua vain VES:n pulssilaskurilla. BASEN:n A1-mittalaite rekisteröi samassa mittausaikayksikössä monikymmenkertaisen määrän pulsseja. Tällaisia mittareita on HEAT07 -projektin kotitalouksissa 1 kpl.

Totesimme yhdessä, että mittausergelma on A1- mittalaitteessa ja/tai BASEN mittauserjestelmässä.

Sovimme seuraavat jatkotoimenpiteet:

1. BASEN saa Vesiltä lainaksi jatkotutkimuksia varten Valmet Tk320NXEp sähkömittarin jotta he voivat omassa laboratorioissaan tutkia vian syytä lähemmin.
2. Kun BASEN saa Valmet Tk320NXEp sähkömittariin liittyvän mittausergelman ratkaistua, niin sen jälkeen BASEN lähettää VES:lle 10 kpl uudentyyppisiä Aplicom A1- mittalaitteita jotka VES vaihtaa vanhojen BASEN mittalaitteiden tilalle.

Jos em. pulssiongelmaa ei saada lähiaikoina ratkaistua, niin siinä tapauksessa vaihdetaan kaikki muut BASEN mittalaitteet jotta uudet A1-mittalaitteet saadaan kentälle.

Panu Alku / Timo Ruokola / Janne Hartikainen

### **Yhteenveto ongelmista ja ratkaisuista**

Missä oli vika BaseN laitteissa? - Applicomin antama 4 V jännite oli niin matala, että jos piirissä oli vastusta, sähkömittarin antama pulssi ei ollut riittävä rekisteröitymään Applicomiin (2,5 V).

Mitä havaintoja tehtiin sähkömittareista? - Uudemmissa sähkömittareissa, joissa on ohjelmoitavat portit, ei tätä ulostuloa ole välttämättä lainkaan.

Miten vika korjataan projektissa? - Applicomien vaihdon yhteydessä virtajohtot vaihdetaan sellaisiin, joissa on erillinen 13 voltin käyttöjännite.

Miten vika korjataan tulevilla asennuksissa (2008)? - Erillinen virtajohto integroidaan uuteen virtalähdemalliin.

Miten vaikuttaa kustannuksiin? Ei vaikutusta.

## Liite 7. Ohjesivut Internetissä

### Mitä näet tästä kuvasta?

Kuvasta näkyy kotisi kaikkien sähkölaitteiden yhteinen hetkellinen sähkönkulutus eli sähköteho. Yksittäisten suuritehoisten laitteiden kytkeytyminen päälle näkyy tehopiikkeinä.

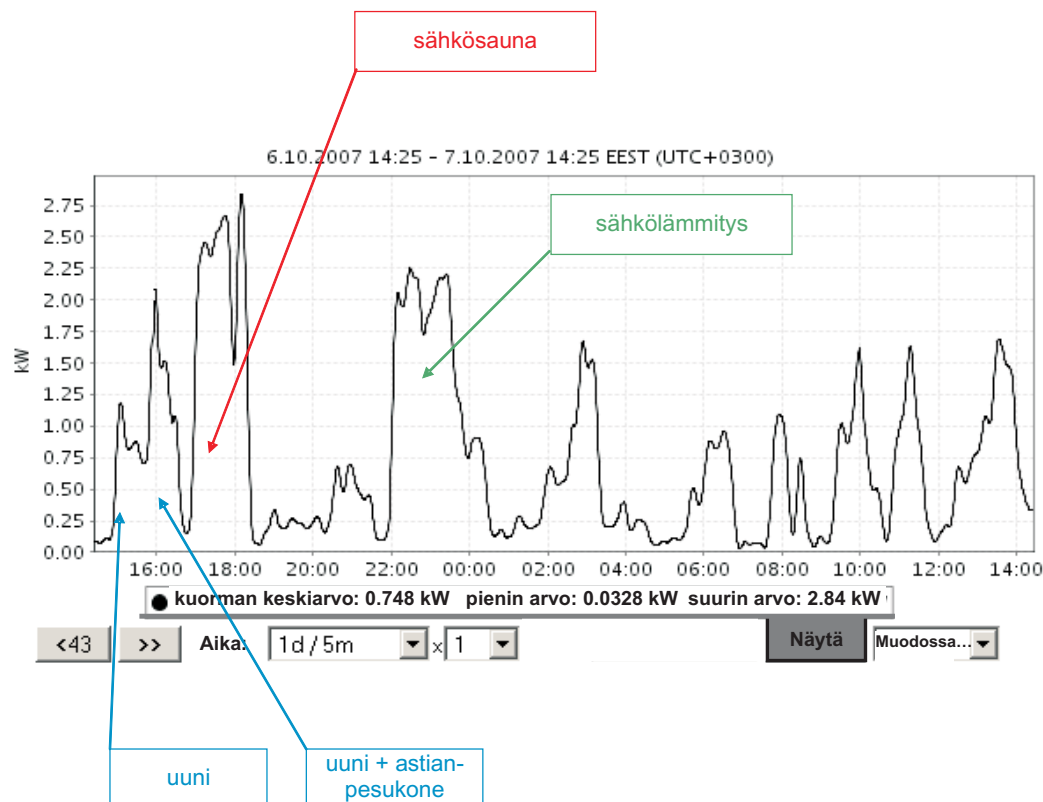
Kuvan esimerkkikohteesta on tiedossa, että uunia käytettiin klo 15 alkaen, astianpesukone käynnistettiin klo 16 ja sauna kytkettiin lämpenemään klo 17. Nämä sähkötehon hyppäykset voi havaita käyrästä. Saunan kiuas oli kytkettynä klo 17-18.30, joten suurin osa sen ajanjakson energian käytöstä on ollut kiukaan kulutusta.

Kuvan koti on sähkölämmitteinen. Niinpä kello 22 tapahtunut suuri tehohyppäys on kohteessa aiheutunut pääasiassa sähkölämmityksen ja lämpimän käyttöveden kytkeytymisestä päälle. Näin tapahtuu tyypillisesti varaavissa sähkölämmityskoh-teissa, joissa kannattaa käyttää yösähköä kaksiaikatariffin vuoksi.

Kuvasta nähdään myös, että kuormitus aika ajoin laskee lähes nolnaan, joten mi-kään merkittävä kuormitus ei ole ollut jaksolla jatkuvasti tarpeettomasti kytkettynä. Kuvan alla kerrottu pienin arvo 0,0328 kW eli 32,8 W voi aiheutua mm. viihdelaittei-den ja muiden laitteiden stand by -tehoista.

Kuorman eli sähkötehon keskiarvo 0,748 kW on siis kaikkien kuvan jakson aikana päällä olleiden laitteiden keskimääräinen sähköteho ja kyseisen 24 tunnin jakson energiankulutus voidaan laskea kaavasta:

$$\begin{aligned} \text{Sähkönkulutus} &= \text{keskiteho} \times \text{jakson pituus (tunteina)} \\ &= 0,748 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 17,95 \text{ kWh} \end{aligned}$$



## Sähkön kulutuksen ja kustannusten laskentaa

Kuvassa näkyy siis kotisi hetkellinen sähkönkulutus, joka on ilmoitettu kilowatteina (kW). Peruskuvassa se on annettu viimeisen vuorokauden aikana, mutta voit muuttaa tätä ajanjaksoa.

Watti on tehon yksikkö. Isot tehot ilmoitetaan yleensä tuhansina watteina eli kilowatteina (1000 W = 1 kW). Esimerkiksi yleisimpien energiansäästölamppujen teho on luokkaa 10 W ja hehkulamppujen 40 W ja 60 W. Televisioiden tehot ovat yleisesti välillä 100 W (tavallinen 26" TV) ja 500 W (iso plasma -TV). Laitteiden nimellistehot ilmoitetaan laitteissa tai ne löytyvät ohjekirjojen teknisistä kuvauksista.

Sähkönkulutus lasketaan tehon ja ajan tulona. Jos esimerkiksi hehkulampan teho on 60 W ja lampun käyttöaika päivässä 10 tuntia, niin se kuluttaa sähköä 600 wattituntia (60 W x 10 h = 600 Wh) eli 0,6 kilowattituntia (kWh). 1000 Wh on 1 kWh. Kuvan tapauksessa vuorokauden keskiteho on ollut 0,748 kW, josta vuorokauden aikaiseksi sähkön kulutukseksi voidaan laskea:

$$0,748 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 17,95 \text{ kWh}$$

Kiukaan teho voi olla useita tuhansia watteja, esimerkiksi 4000 W (= 4 kW). Kiukaan kuormitus on normaalisti kytkettäessä ja ylöslämmitettäessä nimellistehonsa suurin, mutta käytön aikana kuormitus vaihtelee riippuen, miten saunaa käytetään, paljonko löylyä heitetään jne. Kaikissa termostaattiohjatuissa sähkölämpölaitteissa tilanne on vastaava (uunit, liedet, tilojen lämmitys) eli tehontarve riippuu käytöstä, ulkolämpötiloista jne. Tämä tekee lämpölaitteiden todellisen energian kulutuksen arvioinnin vaikeaksi ilman mittauksia, vaikka käyttöaika tunnettaisiin.

Sähkön kulutuksesta syntyneet kustannukset lasketaan energian kulutuksesta ja energian kokonaishinnasta (siirto+ myynti +verot). Jos kuluttajan sähkön kokonaishinta on 10 senttiä/ kilowattitunnilta (10 c/ kWh), edellä mainitun hehkulampan kymmenen tunnin käyttö maksaa sähkökustannuksena 6 senttiä (0,6 kWh x 10 c/ kWh = 6 senttiä).

Energian kulutuksesta aiheutuneet sähkökustannukset halutulle ajanjaksolle voidaan laskea kaavasta:

$$\begin{aligned} \text{Sähkökustannukset} &= \text{energian kulutus (kWh)} \times \text{sähkön hinta (c/kWh)} \\ &\text{eli kuvan 24 tunnin jaksolle} \\ \text{Sähkökustannukset} &= 17,95 \text{ kWh} \times 10 \text{ c/ kWh} = 179 \text{ c (eli 1 € 79 c)} \end{aligned}$$

## Miten voit testata sähkönkulutustasi ja laitteitasi

Kolme päätapaa käyttää HEAT-mittausta oman sähkönkulutuksesi ja omien laitteidesi testaukseen ovat seuraavat:

### 1) Testaa laitetta:

Laita laite (esimerkiksi televisio) päälle ja katso miten tämä vaikuttaa kotisi sähkönkulutukseen. Pyri varmistumaan, että muiden laitteiden kuormitukset eivät vaihtelee kyseisenä aikana. Huomaa, että kaikissa kotitalouksissa ainakin jääkaapit ja pakastimet kytkeytyvät itsenäisesti päälle ja pois.

Voit myös säätää laitteen asetuksia ja katsoa tämän vaikutusta.

Kytke laite irti esimerkiksi 2 tunniksi ja katso miten tämä vaikuttaa kotisi sähkönkulutukseen.

Huomaa kuitenkin että varsinkin päivällä monet muut laitteet kuluttavat koko ajan sähköä ja voivat vaikeuttaa kuvan tulkintaa. On myös laitteita jotka käyvät

itsenäisesti suhteellisen usein lyhyitä aikoja kerrallaan (esimerkiksi kylmälaitteet ja lämmityslaitteet).

2) Yritä päästä irti turhasta kulutuksesta, esim. tietokoneiden ja viihdelaitteiden stand by –virroista: Kytke kaikki irti yön ajaksi ja vertaa toiseen yöhön, jolloin et ole tätä tehnyt.

3) Muuta päivän rutiineja. Pyri jonakin normaalina päivänä käyttämään sähkölaitteita mahdollisimman järkevästi (eli tarpeen mukaisesti). Kytke tietokoneet ja valaisimet aina pois, kun niiden käyttö on tarpeetonta. Aloita saunominen jo vähän vähemmän kuumassa saunassa, valvo että kaikki menevät ajallaan kylpemään niin ettei kiukaan lämmitysaika turhaan pitkity, ja kytke kiuas heti pois kun lämmitystä ei enää tarvita.

Ota kahden päivän kuvat esille, vertaa tätä vertailupäivää 'tavalliseen' ja tutki, mistä suurimmat erot tulivat. Muista kuitenkin, että aktiviteettisi (ruuan valmistus, pyykinpesut yms.) tulisi olla molempina päivinä vastaavanlaisia ja että sähkölämmityskohteissa lämmitystehon tarve vaihtelee ulkolämpötiloista, tuulioloista, aurinkoisuudesta ja sisäisistä lämpökuormista riippuen.

### **Miten voit vähentää kotisi sähkönkulutustasi**

Linkki näille sivuille:

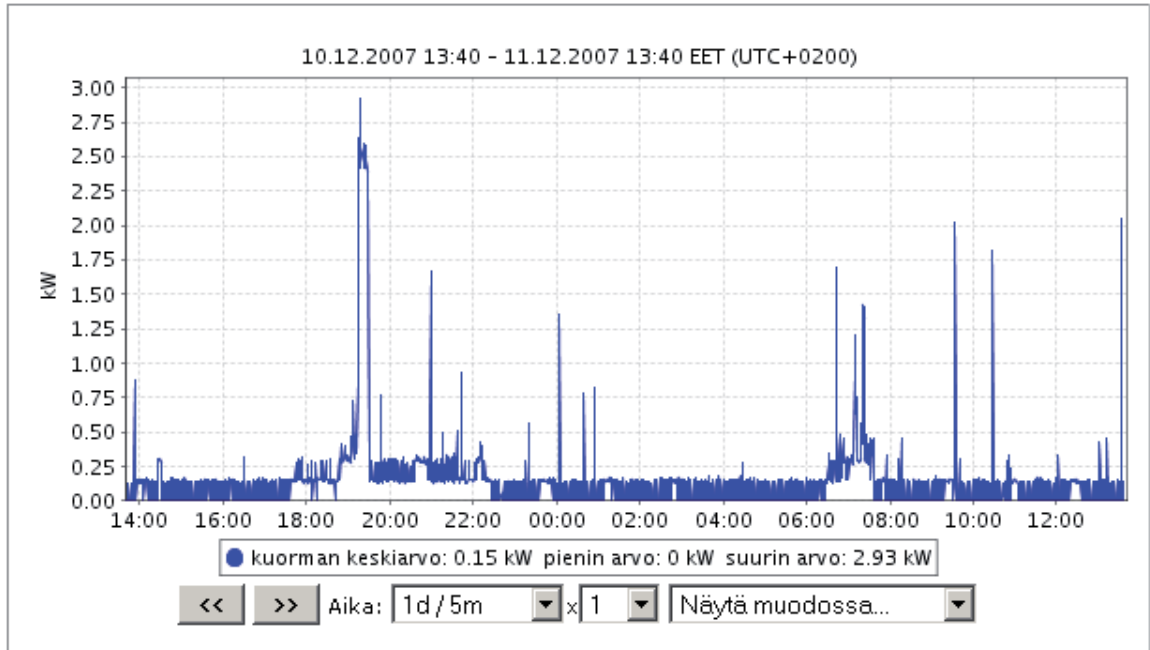
<http://www.motiva.fi/fi/kuluttajat/asuminen/energiansaastovinkit/sahko.html>

<http://www.tts.fi/kodinenergiaopas/sahkolaitteidenkulutuksia.htm>

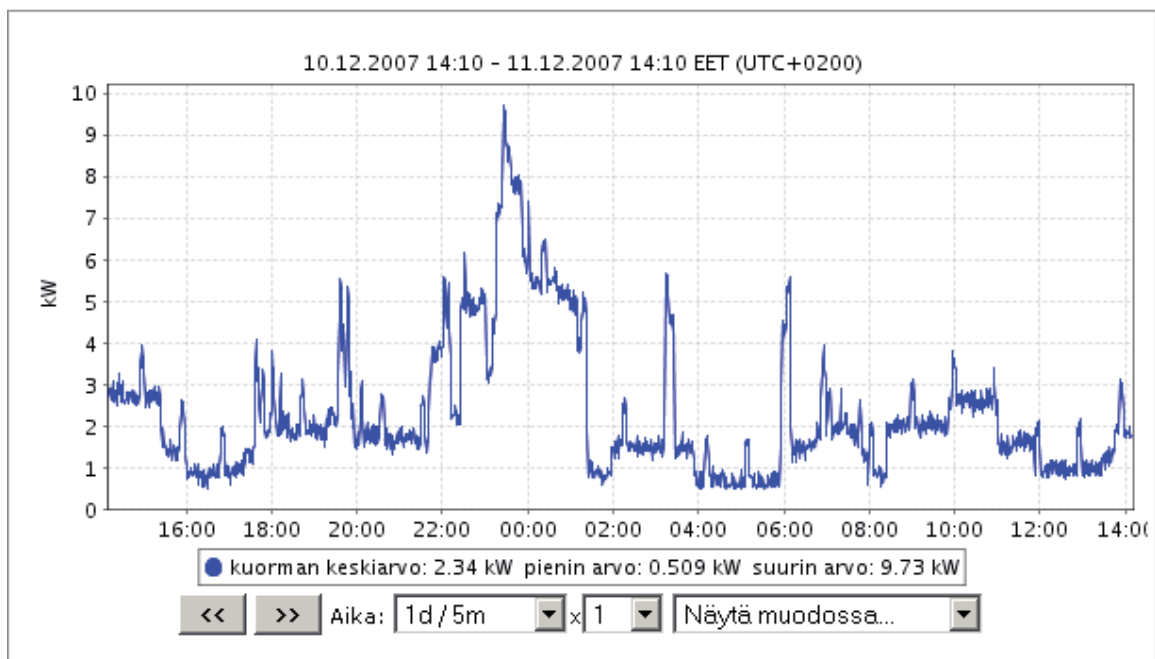
## Liite 8. Pilottikotien sähkönkäytön vuorokausikuvia

Kuva L.8.1. Pilottikotien sähkönkäytön vuorokausikuvat ajanjaksolta, joka kesti maanantai-iltapäivästä 10.12.2007 klo 13:40 tiistai-iltapäivään 11.12.2007 klo 13:40.

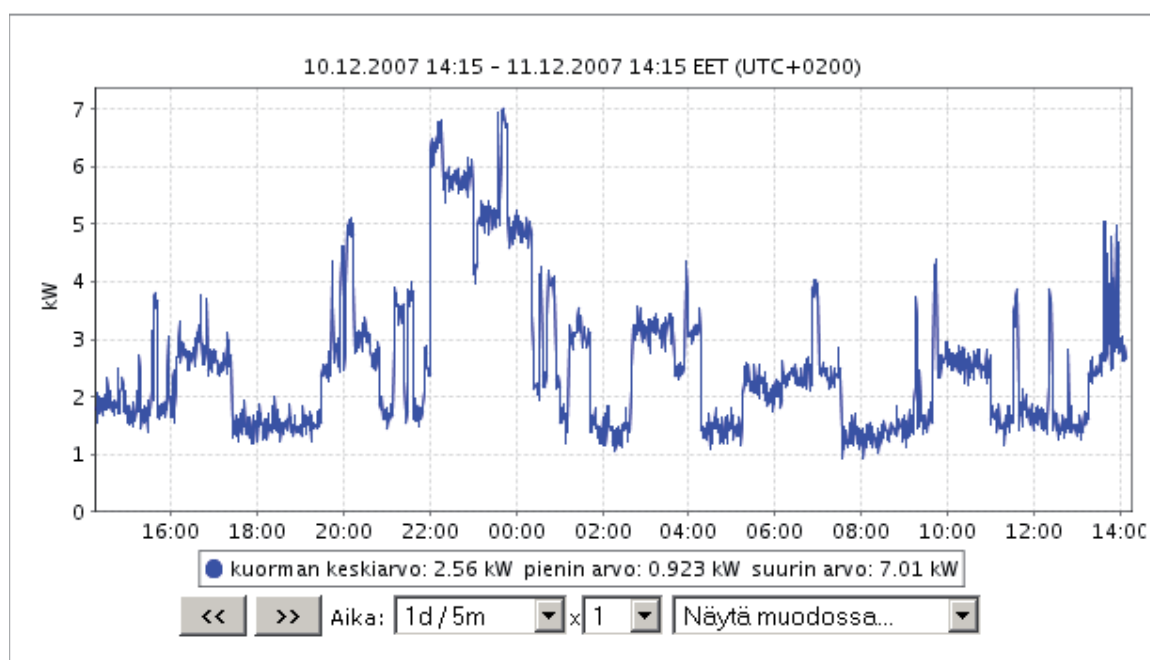
a) VESI



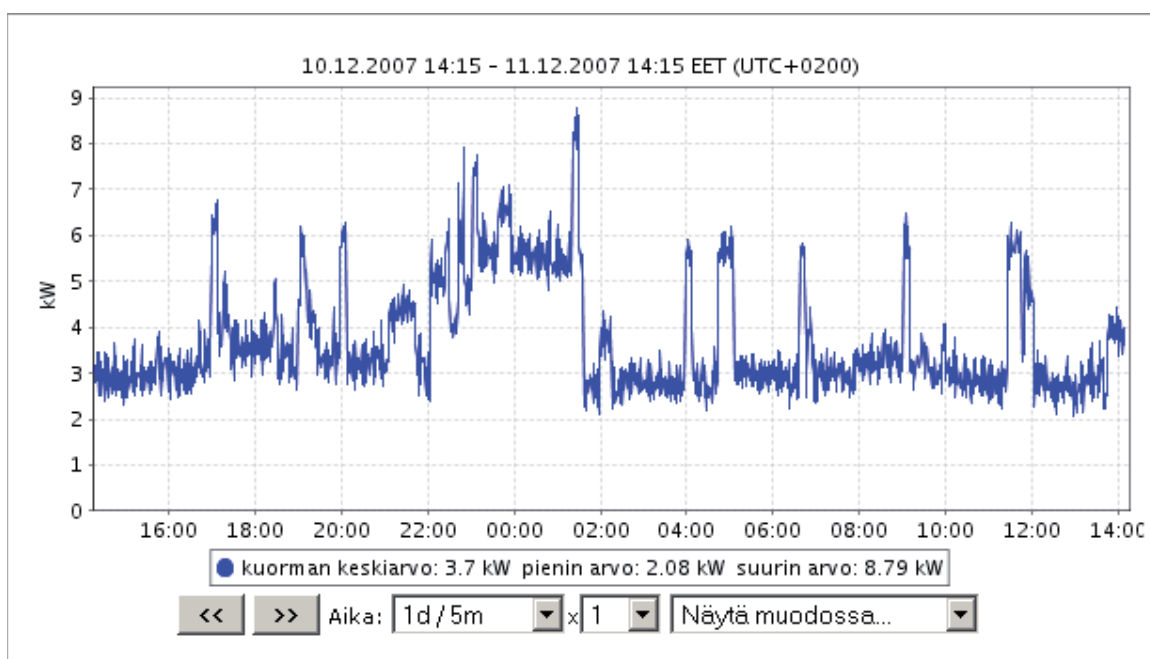
b) VES2



c) VES3

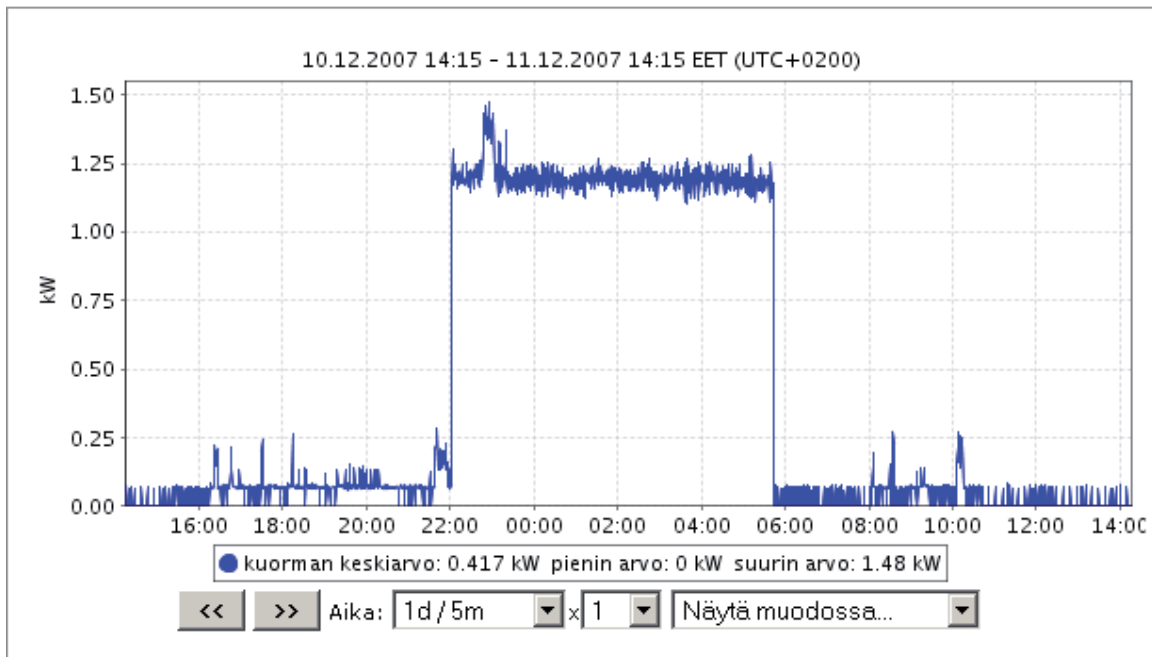


d) VES4

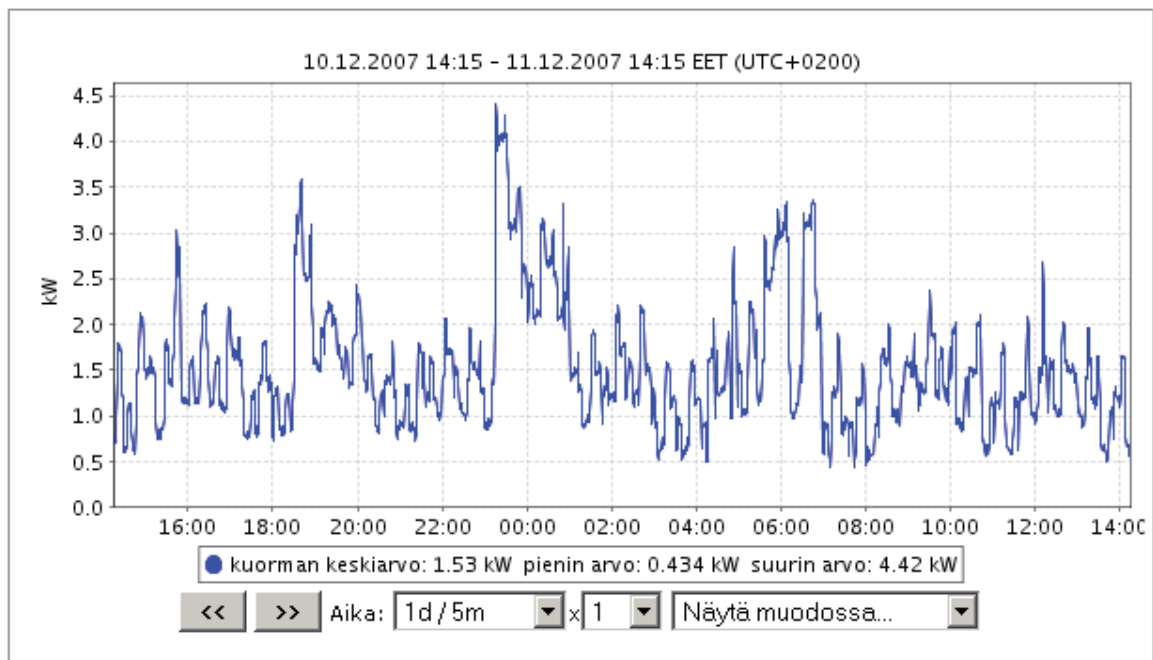




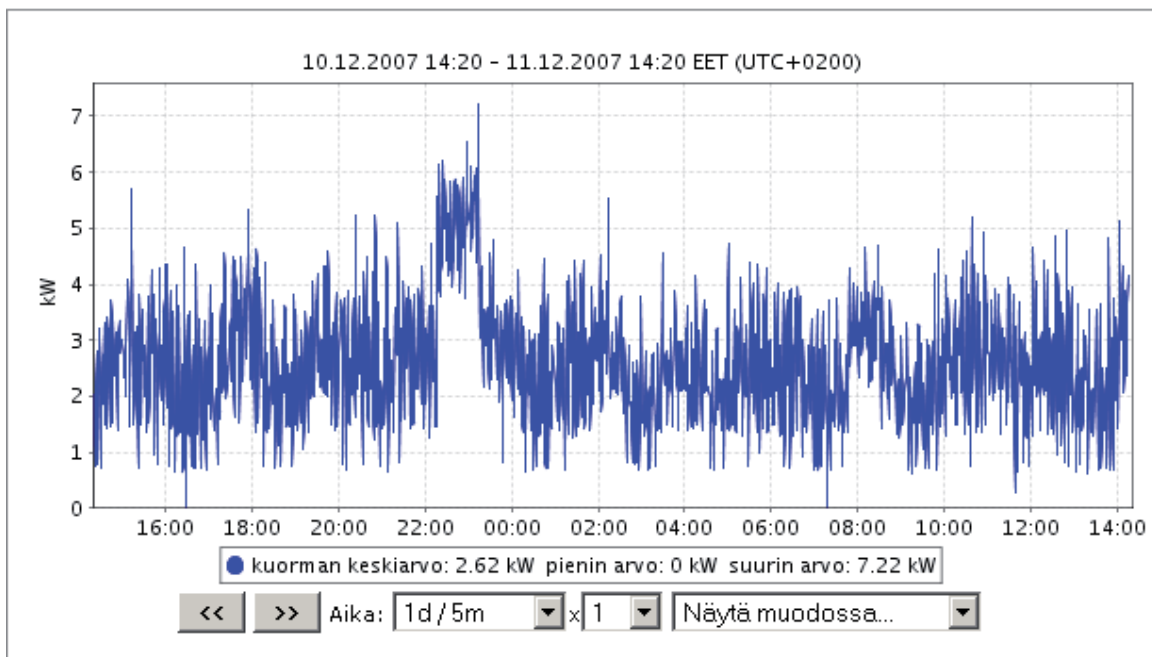
e) VES5



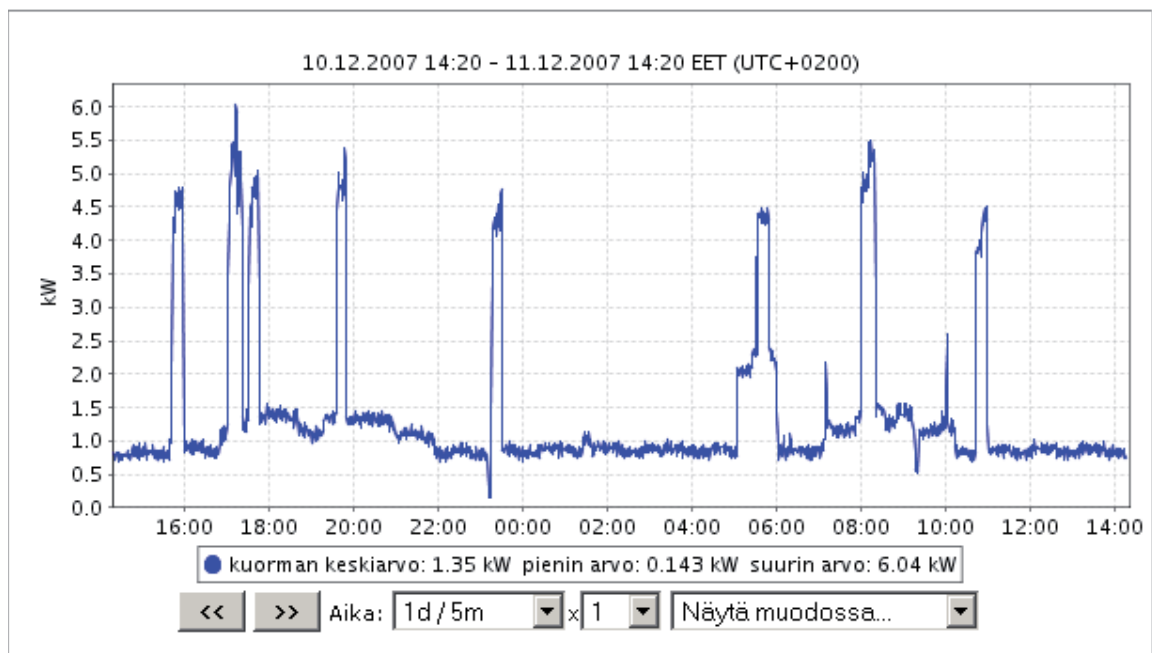
f) VES6



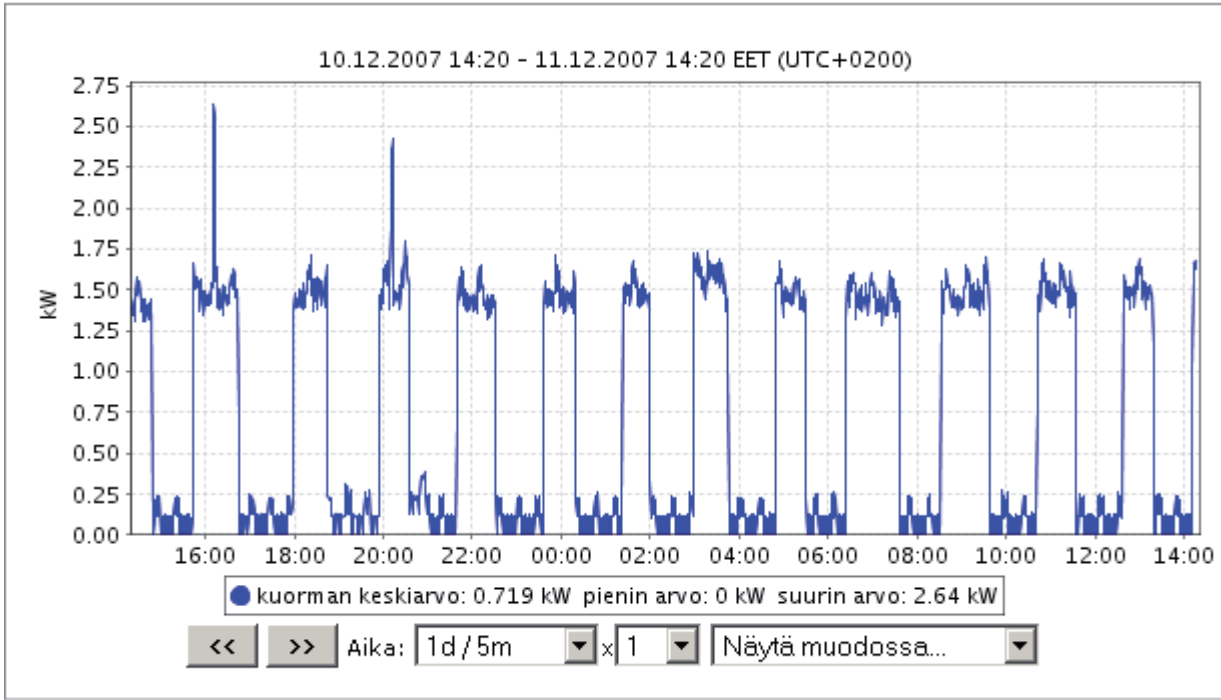
g) VES7



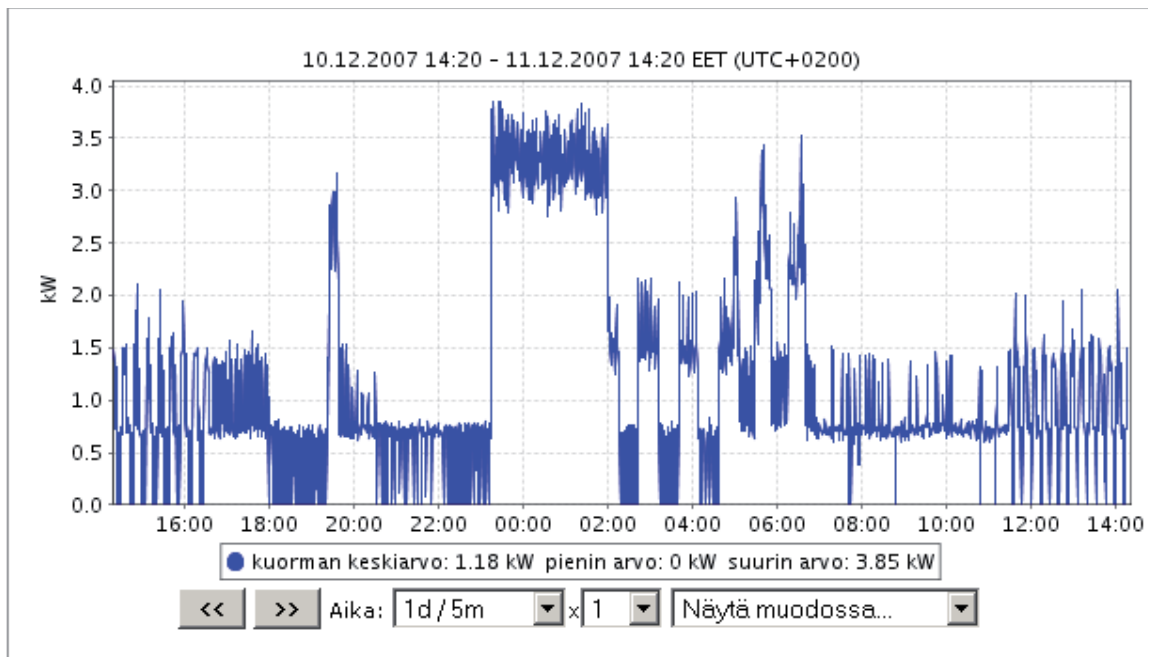
h) VES8



i) VES9



j) VES10

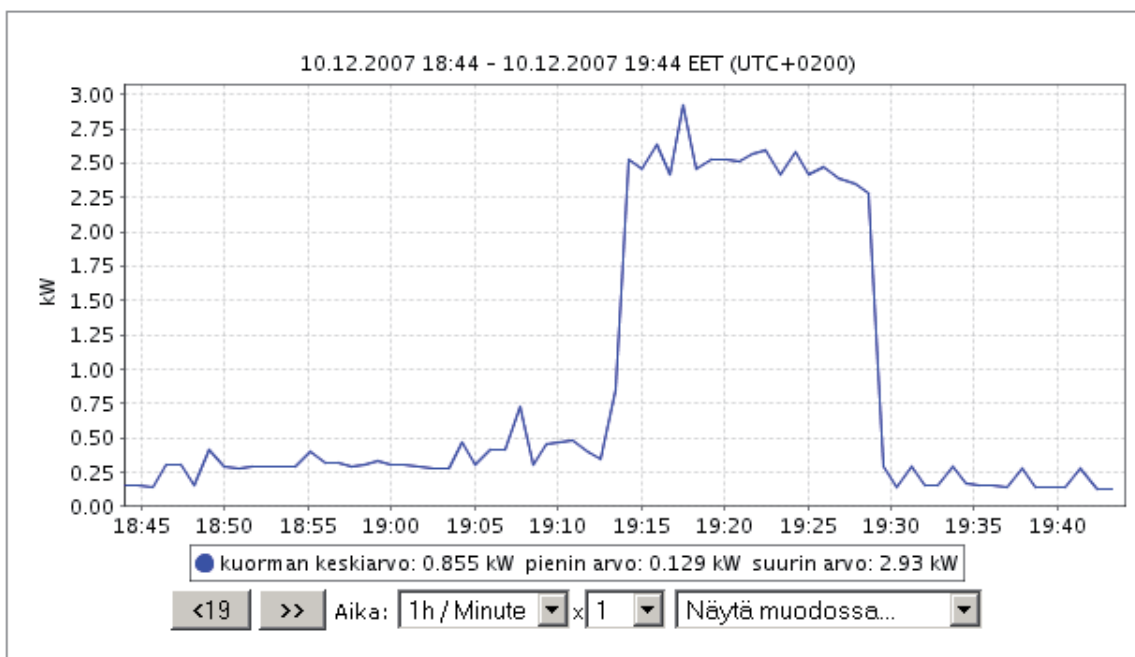


## Liite 9. Pilottikotien sähkönkäytön minuuttipohjaisia kuvia

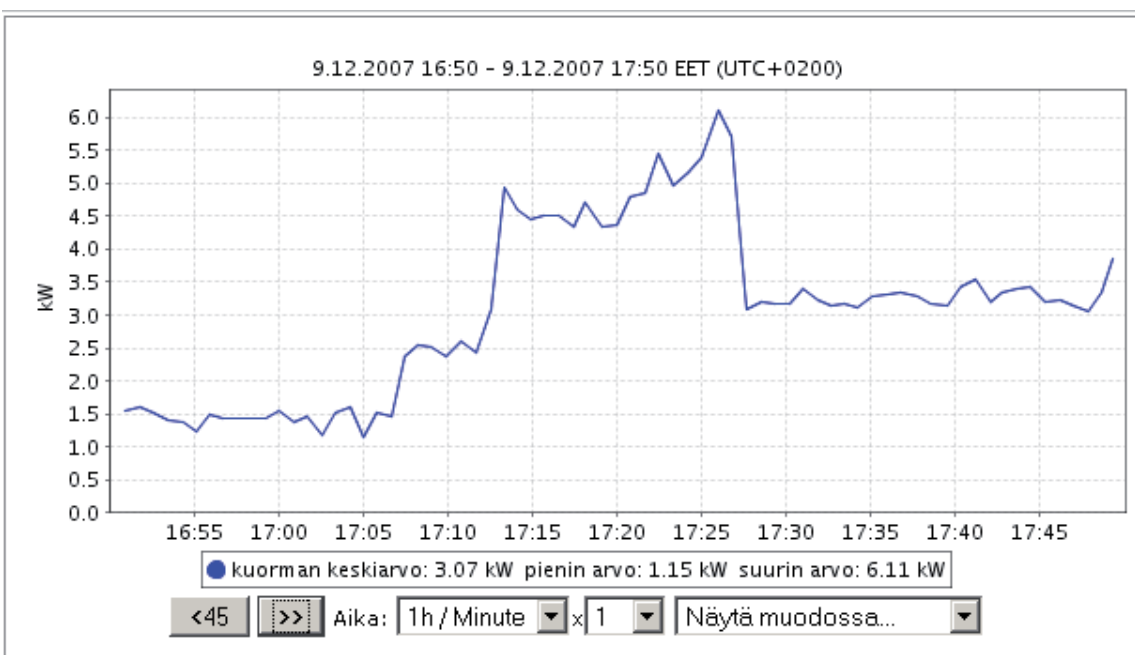
Minuuttipohjaisesta datasta voidaan parhaiten tunnistaa yksittäisen laitteen käyttäytymistä. Liitteeseen 9 on poimittu kustakin kohteesta ajanjaksoja, jolloin minuuttipohjaisessa sähkönkulutuksessa näkyy suuria muutoksia. Koska juuri näiltä ajanjaksoilta ei ollut käyttöpäiväkirjoja, niin tutkija voi ulkopuolisena vain arvailla, mitä sähkölaitteita kohteessa on kulloinkin käytetty.

Kuva L.9.1. Pilottikotien sähkönkäytön tuntikuvia ajanjaksoilta, jolloin minuuttipohjaisesti esitetyssä sähkönkulutuksessa näkyy suuria muutoksia

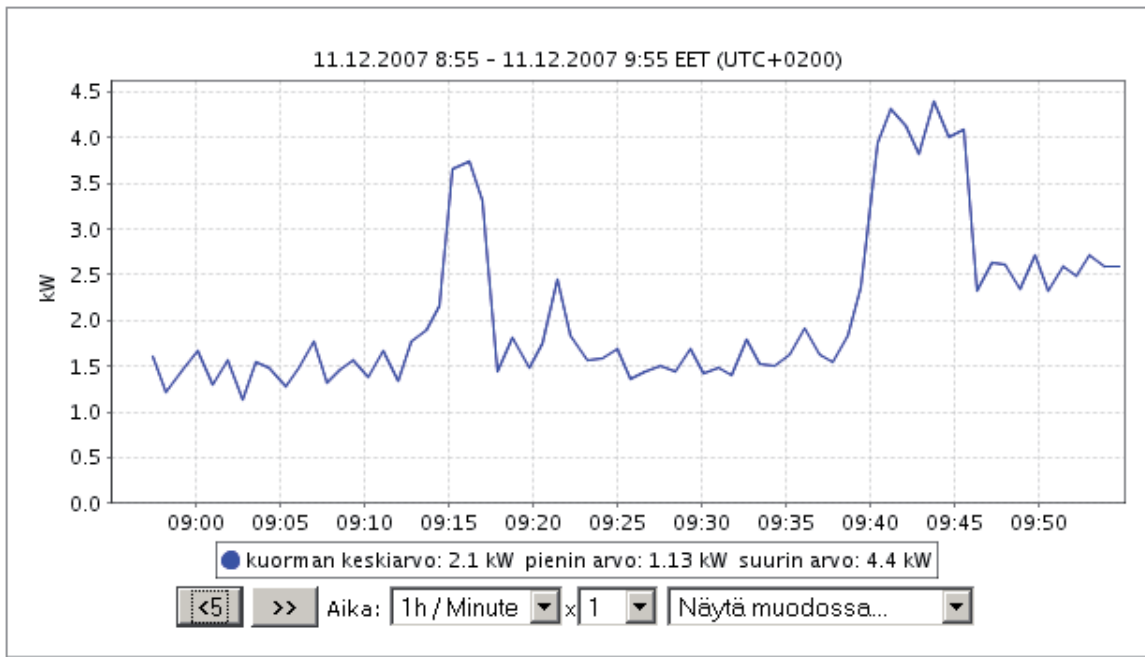
a) VESI - maanantai-ilta 10.12.2007 klo 18:45 - 19:45



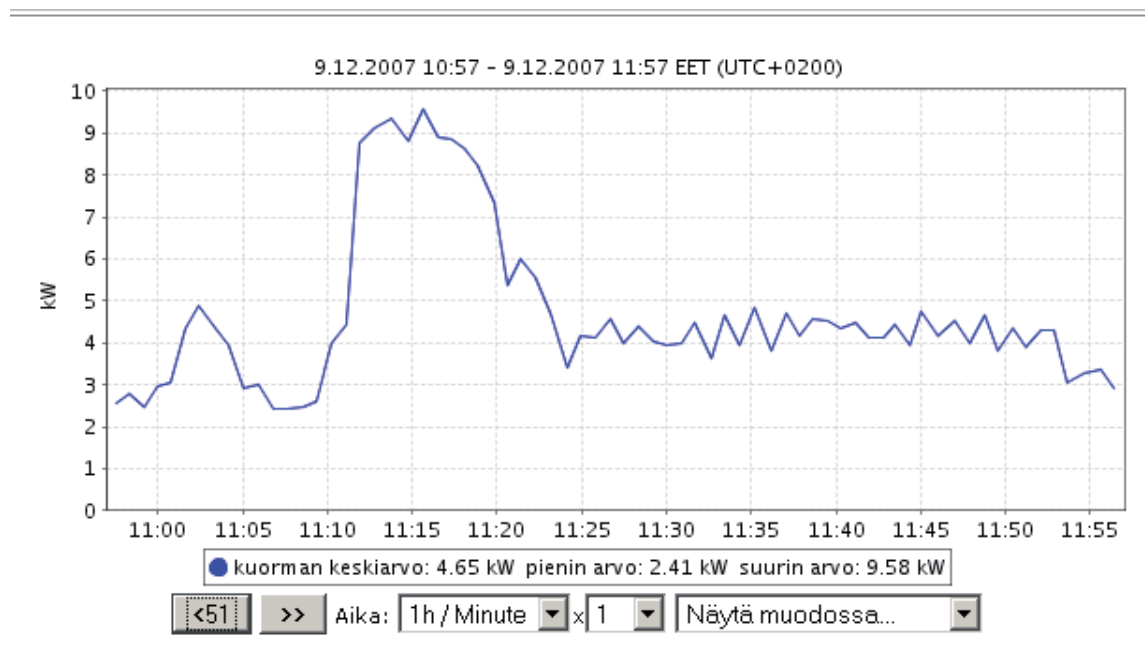
b) VES2 - sunnuntai 9.12.2007 16:50 - 17:50



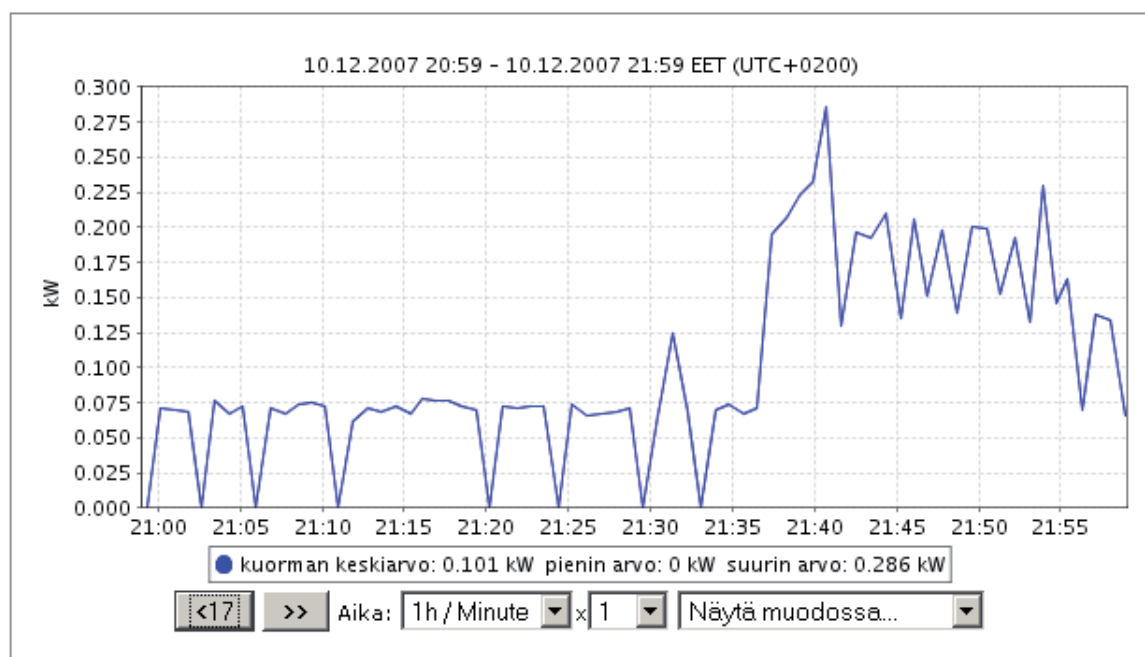
c) VES3, tiistai 11.12.2007 klo 8:55 - 9:55



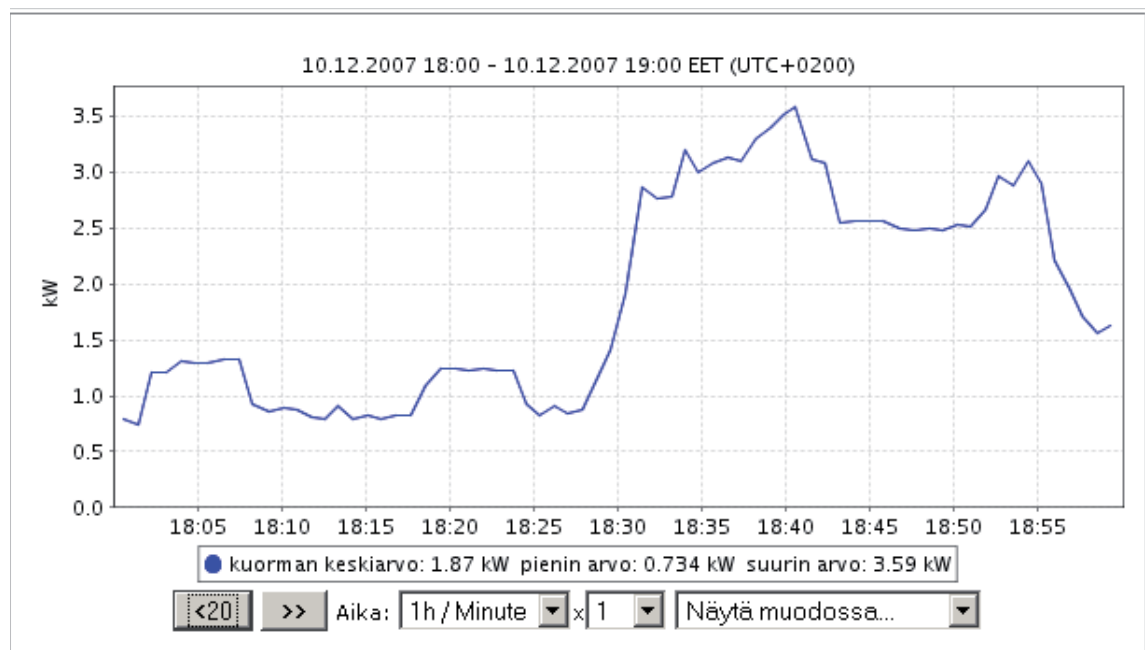
d) VES4 - sunnuntai 9.12 klo 10:57- 11:57



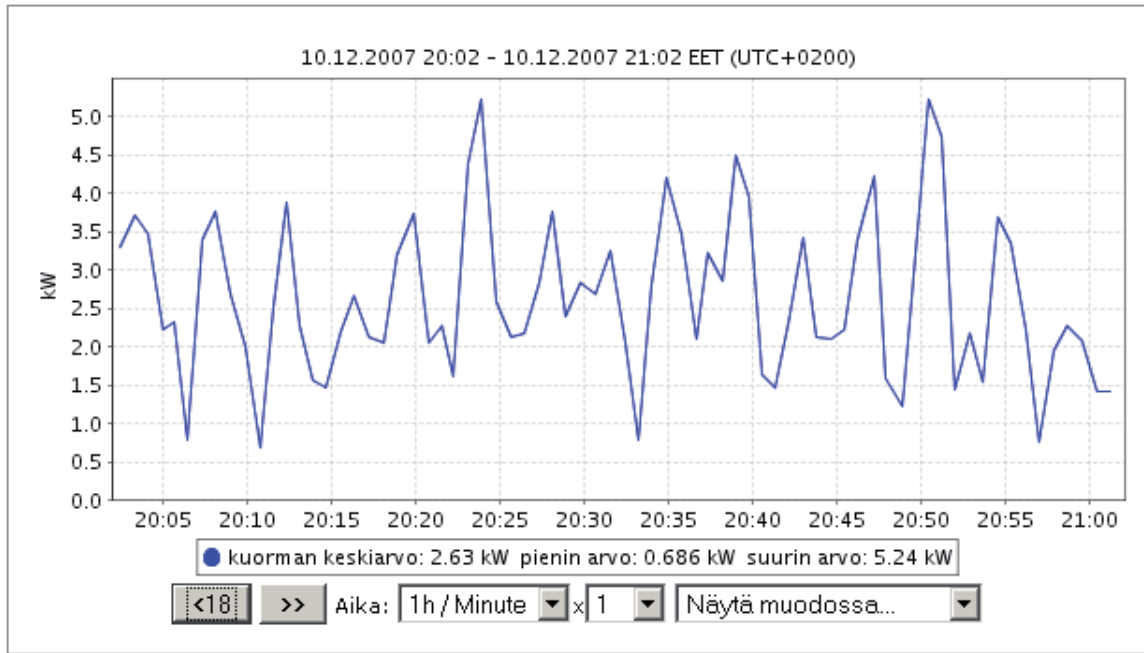
e) VES5 - maanantai 10.12.2007 klo 20:59 - 21:59



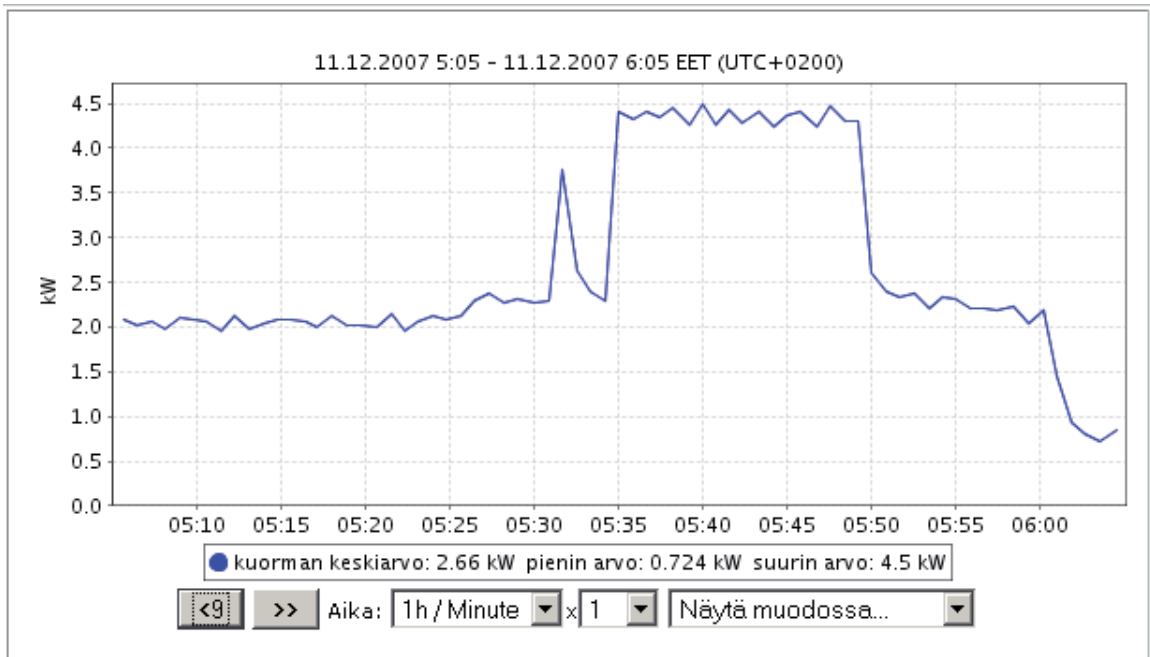
f) VES6 - maanantai 10.12.2007 klo 18:00 - 19:00



g) VES7, maanantai 10.12.2007 klo 20:02 - 21:02

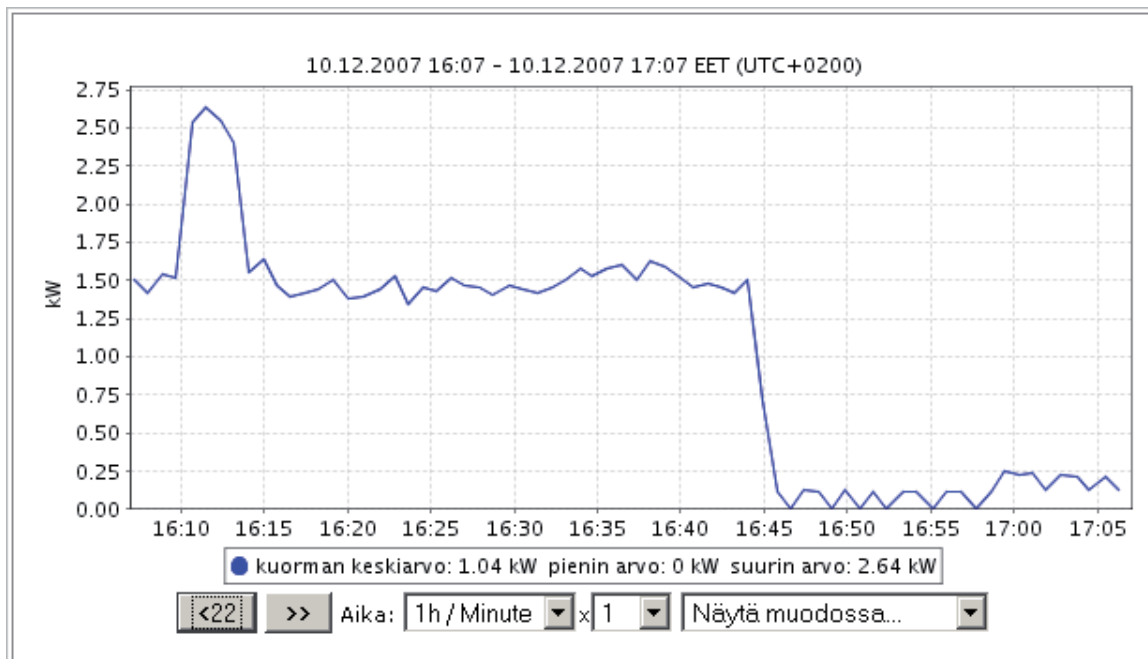


h) VES8, tiistai 11.12.2007 klo 5:05 - 6:05

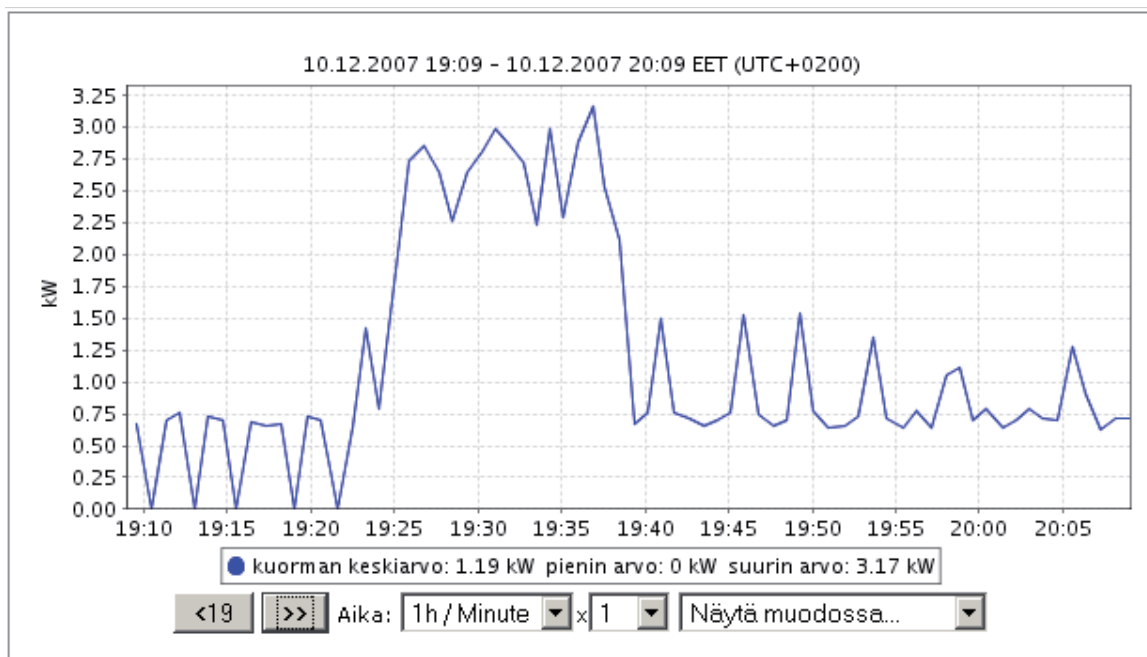




i) VES9, maanantai 10.12.2007 16:07 - 17:07



j) VES10, maanantai 10.12.2007 19:09 - 20:09



## Liite 10. Pilottikotien sähkötehojen pysyvyyskäyrät

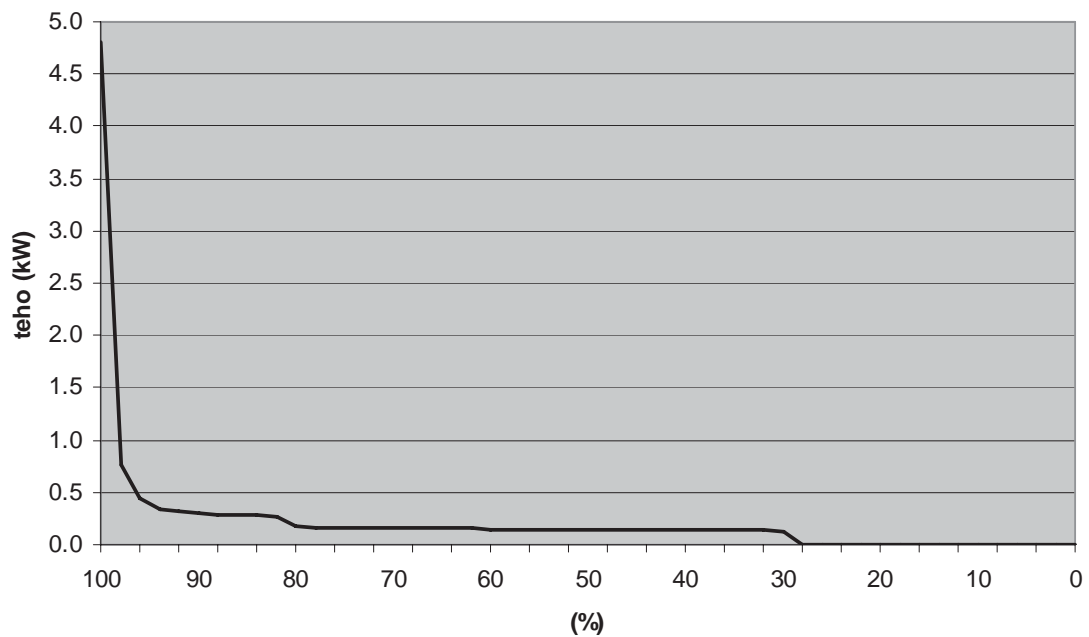
Pysyvyyskäyrässä minuuttitehot järjestetään suuruusjärjestykseen suurimmasta pienimpään.

Tällaisesta käyrästä voidaan nähdä, kuinka suuren osa ajasta tietty teho on havaintopistettä alempi. Esimerkiksi kuvassa L.10.1.a (VES 1) 95% viikon ajasta on teho pienempi kuin 0,5 kW.

Kuva L.10.1. Pilottikotien sähkötehojen pysyvyyskäyrät viikolla 1.12.2007 klo 2:00 - 8.12.2007 klo 1:59.

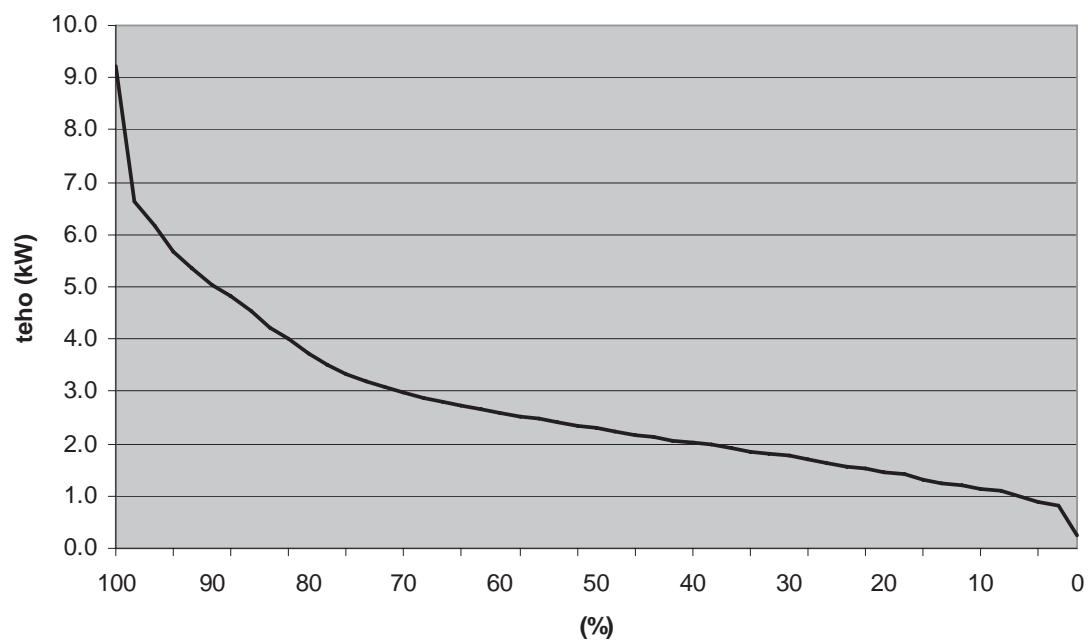
a) VES1

VES1



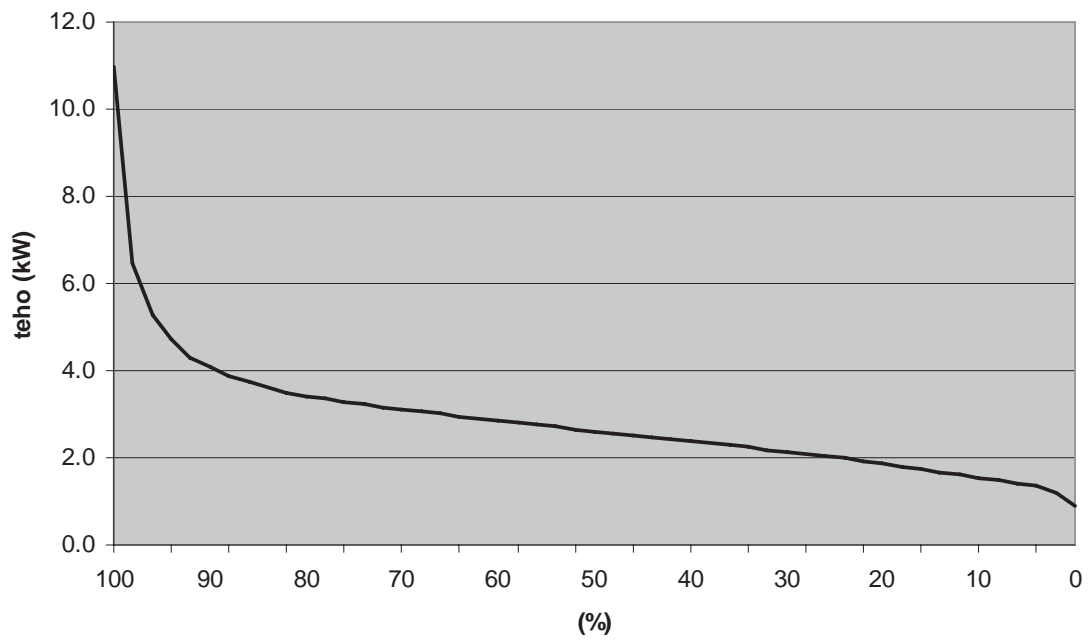
b) VES2

VES2



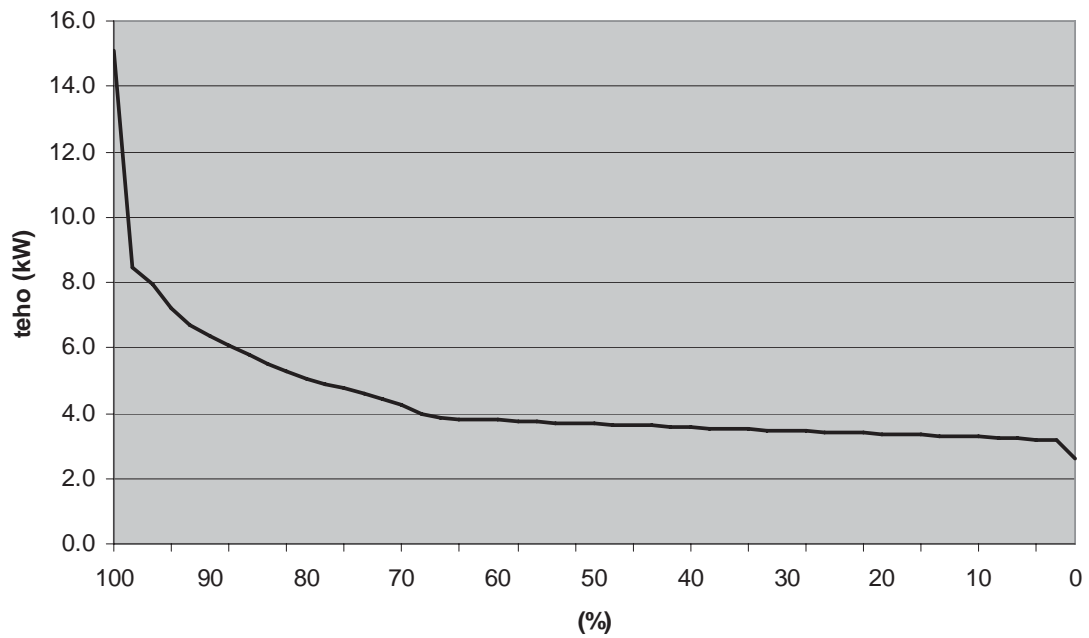
c) VES3

VES3



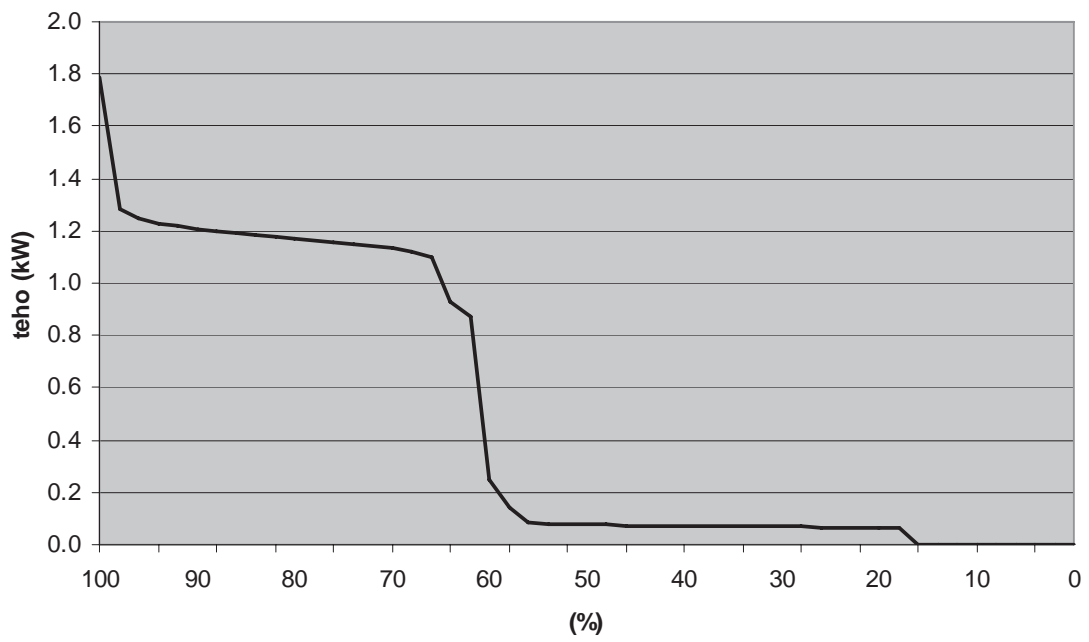
d) VES4

VES4



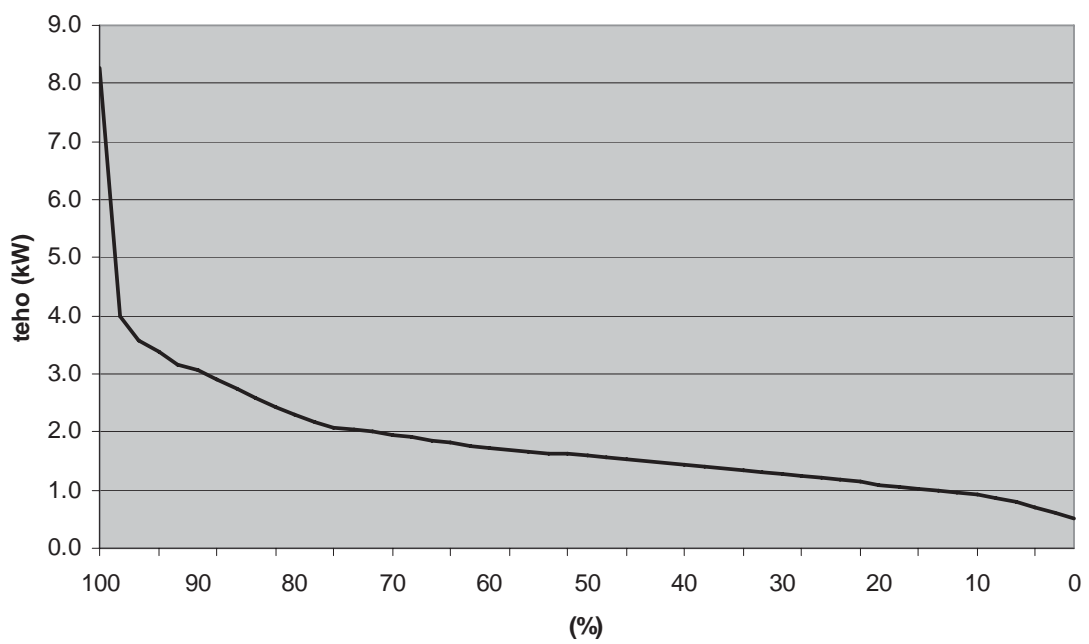
e) VES5

VES5



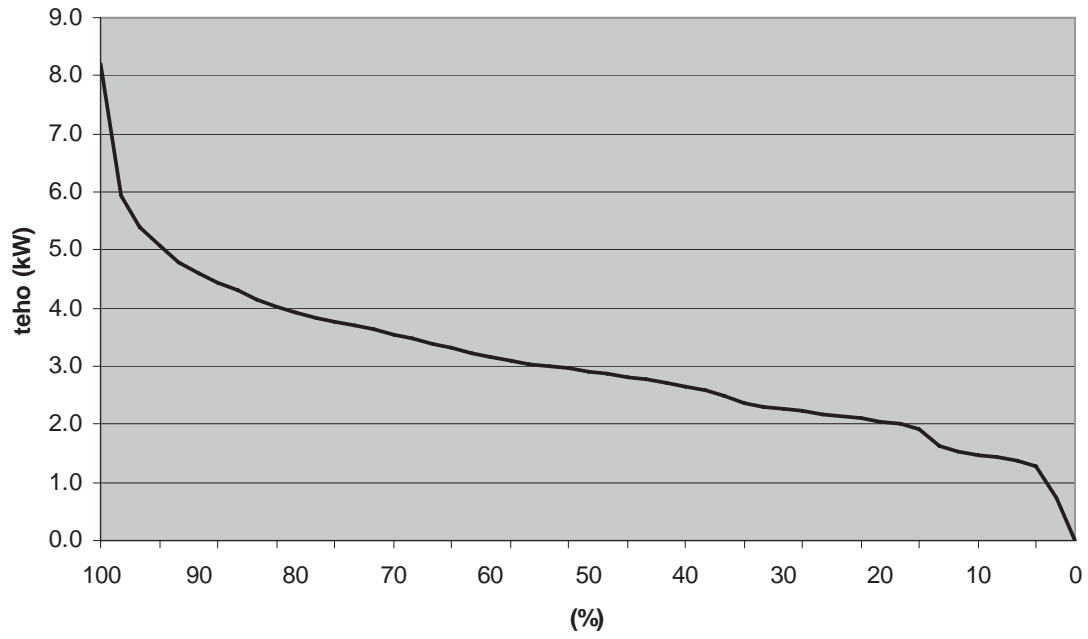
f) VES6

VES6



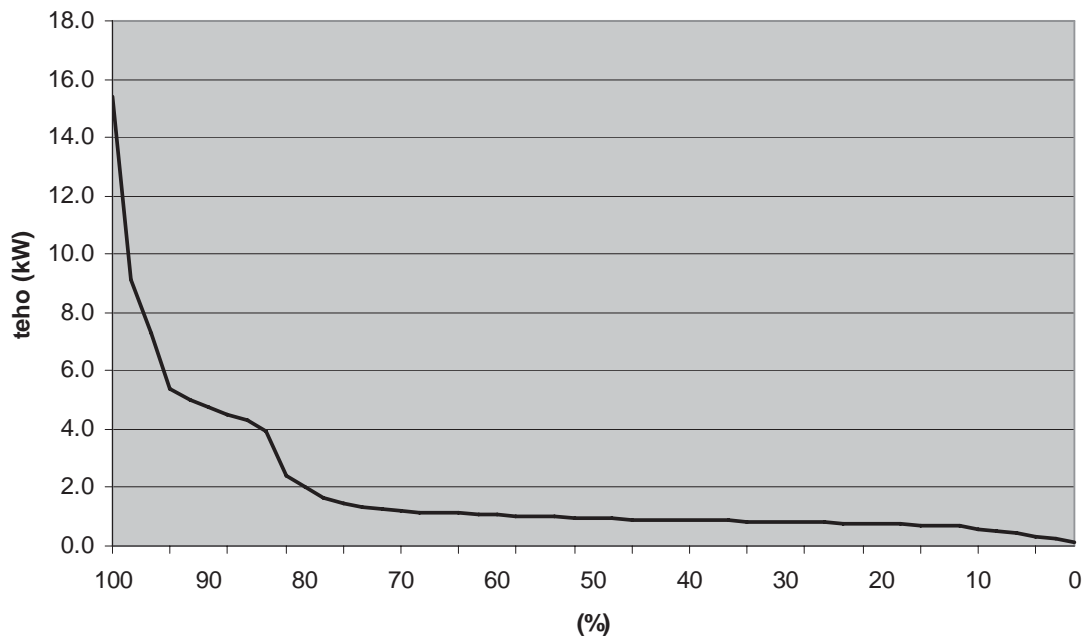
g) VES7

VES7



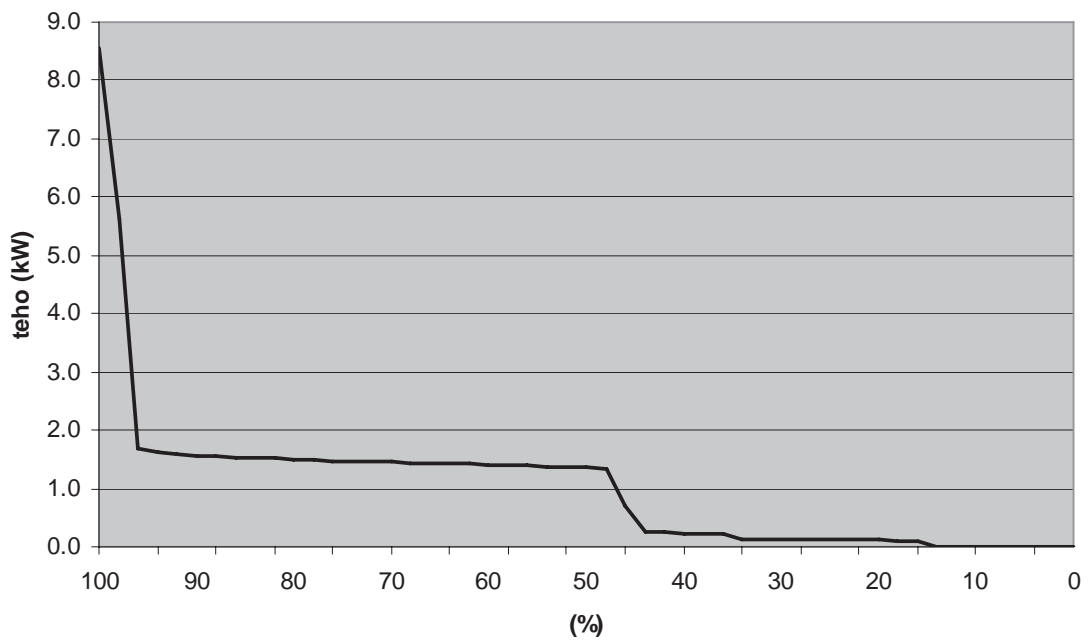
h) VES8

VES8



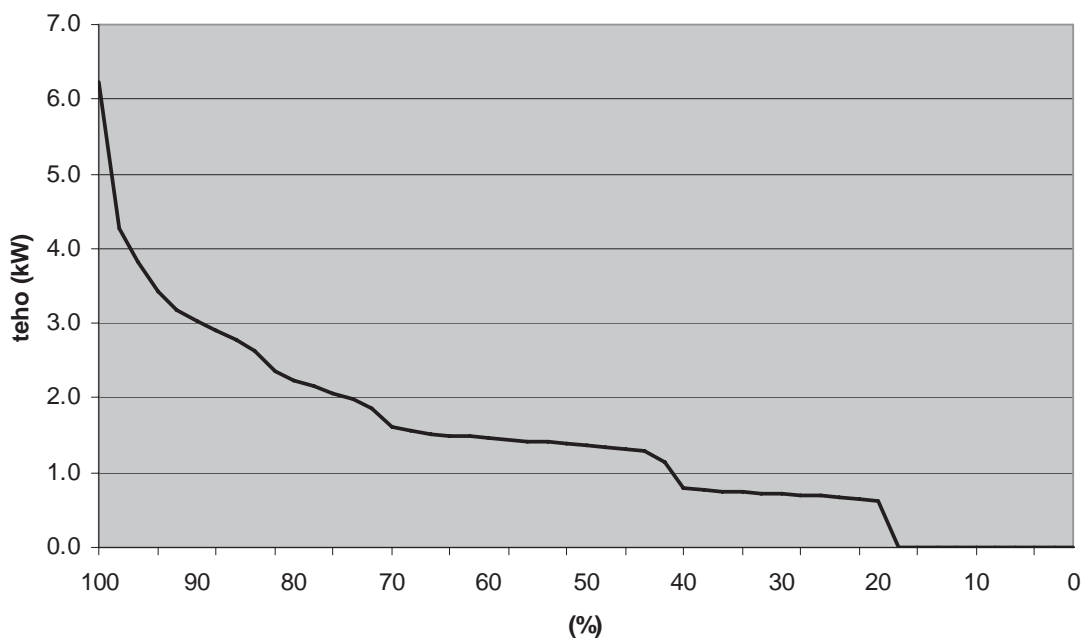
i) VES9

VES9



j) VES10

VES10



## KUVAILEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus SYKE			Julkaisu-aika Tammikuu 2008
Tekijä(t)	Nissinen Ari, Alku Panu, Heine Pirjo, Heiskanen Jan, Korhonen Marja-Riitta, Koski Pertti, Laitila Päivi, Lappi Risto, Laukkanen Pertti, Lehtinen Sari, Lehtonen Matti ja Wings Sujit			
Julkaisun nimi	<b>Kotien reaaliaikaisen sähkönkulutuksen mittaaminen ja havainnollistaminen - HEAT'07 projektin tulokset</b>			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2008			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>HEAT'07-hankkeen tarkoituksena oli omalta osaltaan edistää kotitalouksien energiatehokkuutta ja ilmastonmuutosvaikutusten hillintää sekä parantaa ihmisten mahdollisuutta saada tietoa sähkönkulutuksestaan. Tavoitteena oli koekäyttää BaseN Oy:n kehittämää reaaliaikaisen mittaamisen ja havainnollistamisen teknologiaa, kerätä käyttäjien kokemuksia ja kehittämistoiveita sekä kehittää edelleen kotitalouskohtaisia sähkönkulutustietoja esittävää Internet-sivustoa. Hanke oli luonteeltaan pilottityyppinen, eli siinä testattiin tekniikkaa ja kehitettiin käyttöliittymää yhteistyössä noin kymmenen kotitalouden kanssa. Hanke kesti 7.9.2007 - 31.1.2008.</p> <p>Järjestelmä osoittautui teknisesti toimivaksi tavallisen käyttäjän näkökulmasta, jota edustivat kymmenen pilottikotia. Tämä tarkoittaa sitä, että kodit pystyivät käyttämään Internet-sivua ja saivat sitä kautta tietoa kotinsa sähkönkulutuksesta. Hankkeesta syntyi lukuisia ehdotuksia palvelun kehittämiseksi. BEAT-mittauksen toimivuus on aina varmistettava jokaiselle mittarityyppille erikseen.</p> <p>Palvelun vuosikustannuksen arvioitiin laskevan laajamittaisessa käytössä jo varsin pian omakotitaloissa 60-70 euron tasolle ja kerrostalokohteissa noin 10 euron tasolle. Jos kotitalous pystyisi vähentämään sähkönkulutusta järjestelmän avulla vähintään 10%, niin sähkölaskun aleneminen olisi yli kaksinkertainen kustannukseen verrattuna kaksioissa ja sitä isommissa kerrostalokodeissa sekä sähkölämmitteisissä omakotitaloissa.</p>			
Asiasanat	Reaaliaikainen, minuuttipohjainen, tuntipohjainen, sähkönkulutus, mittaus, kotitaloudet, kodit, energiatehokkuus, energiansäästö, ilmastonmuutoksen hillitseminen			
Rahoittaja/toimeksiantaja	Päärahoittaja Sitra, ja lisäksi kauppa- ja teollisuusministeriö (nykyinen työ- ja elinkeinoministeriö) sekä hankepartnerit: SYKE, BaseN Oy, Motiva Oy, Teknillisen korkeakoulun Sähköverkot ja suurjännitetekniikka yksikkö, Vantaan Energia Oy ja Vantaan Energia Sähköverkot Oy			
	ISBN – (nid.)	ISBN 978-952-11-3051-9 (PDF)	ISSN – (pain.)	ISSN 1796-1726 (verkoj.)
	Sivuja 99	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis.alv 8 %)
Julkaisun myynti/jakaja				
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus SYKE, PL 140, 00251 Helsinki, Puh. 020 490 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.ymparisto.fi/syke			
Painopaikka ja -aika				



## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral SYKE			Datum Januari 2008
Författare	Nissinen Ari, Alku Panu, Heine Pirjo, Heiskanen Jan, Korhonen Marja-Riitta, Koski Pertti, Laitila Päivi, Lappi Risto, Laukkanen Pertti, Lehtikoinen Sari, Lehtonen Matti och Wings Sujit			
Publikationens titel	<b>Kotien reaaliaikaisen sähkökulutuksen mittaaminen ja havainnollistaminen - HEAT'07 projektin tulokset</b> (Realtidsmätning och illustration av hemmets elkonsumtion – Resultater av projektet HEAT'07)			
Publikationsserie och nummer	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2008			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt				
Sammandrag	<p>Syfte med projektet HEAT'07 var att bidra till bättre energieffektivitet i hemmen och samtidigt bidra till att hejda klimatförändringen. Avsikten var att testa i praktiken systemet för realtidsmätning och illustration av hemmets elkonsumtion utvecklat av BaseN Ab, att få erfarenheter från konsumenterna som använt systemet, och att utveckla presentation på internet vidare. Projektet var en pilotstudie, så att där var bara tio hem och period var kort, 7.9.2007 – 31.1.2008.</p> <p>Systemet var teknisk fungerande från synvinkel av vanlig användare i hushåll. Människor kunde använda internet-system och fick till och med minutbaserad information om deras elkonsumtion. Flera förslag till förbättringar av systemet uppkom i projektet. Man måste alltid verifiera funktion av BEAT-mätning för varje typ av elkonsumtionsmätare.</p> <p>Man uppskattade att kostnader skulle i mera omfattande användning av systemet sänka till 60-70 euro när det gäller egnahemshus och 10 euro i bostad i ett flervåningshus. Om hushåll kunde minska elförbrukningen minst 10% med hjälp av systemet, skulle besparingar vara dubbel jämfört med kostnader i dubbel och större bostad i flervåningshus och eluppvärmda egnahemshus.</p>			
Nyckelord	Realtid, minutbaserat, timbaserat, elkonsumtion, mätning, hushåll, hem, energieffektivitet, energisparande, klimatförändring			
Finansiär/ uppdragsgivare	Huvudfinansiär var Sitra, och andra var handels- och industriministeriet (nuvarande arbets- och näringsministeriet) och projektpartner: Finlands miljöcentral, BaseN Ab, Motiva Ab, Tekniska högskolans Laboratorium för elnät och högspänningsteknologi, Vanda Energi Ab och Vanda Energi Elnät Ab.			
	ISBN – (hft.)	ISBN 978-952-11-3051-9 (PDF)	ISSN – (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	Sidantal 99	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution				
Förläggare	Finlands miljöcentral SYKE, PB 140, 00251 Helsingfors, Tel. +358 20 490 123 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.miljo.fi/syke			
Tryckeri/tryckningsort och -år				

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute SYKE			<i>Date</i> January 2008
<i>Author(s)</i>	Nissinen Ari, Alku Panu, Heine Pirjo, Heiskanen Jan, Korhonen Marja-Riitta, Koski Pertti, Laitila Päivi, Lappi Risto, Laukkanen Pertti, Lehikoinen Sari, Lehtonen Matti and Wings Sujit			
<i>Title of publication</i>	<b>Kotien reaaliaikaisen sähkönkulutuksen mittaaminen ja havainnollistaminen - HEAT'07 projektin tulokset</b> (Household Energy Awareness Technologies 2007 - Results of the project HEAT'07)			
<i>Publication series and number</i>	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2008			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>				
<i>Abstract</i>	<p>The HEAT'07 project was designed to improve household energy efficiency and mitigation of climate change impacts, and to improve the means available for consumers to get information on their electricity consumption. The objectives were to test the BaseN-developed real-time measurement and visualization technology, collect user experiences and suggestions for improvement, and to further develop a Web site dedicated to presenting household-specific data on electricity consumption. However, HEAT'07 was a rather small pilot project, concerned with testing the technology and developing the user interface in cooperation with ten pilot households. The project was launched on September 7th, 2007 and ended on January 31st, 2008.</p> <p>The system proved technically viable from the perspective of the common user, represented by the ten pilot households. That is to say that the households were able to make use of the Web site and obtain information on the electricity consumption in their households. Several ideas for further development of the service were presented. It should also be mentioned that the functionality of BEAT measuring needs to be separately verified for each meter type.</p> <p>With large-scale implementation, the annual service costs are projected to fall down quite rapidly to around 60-70 euros in detached homes and to about 10 euros in apartments. If the system enables a household to decrease energy consumption by 10%, it would result in electricity cost savings twice the cost of the service in two-room and bigger apartments, and in electrically heated detached houses.</p> <p>See also chapter 'Extended Summary' in the beginning of the report and at the Web-page.</p>			
<i>Keywords</i>	real-time, minute-based, hour-based, electricity consumption, measurement, households, homes, energy efficiency, energy saving, climate change mitigation			
<i>Financier/ commissioner</i>	Main funding from Sitra (the Finnish Innovation Fund), and additional from the Ministry of Employment and the Economy and the partners in the project: Finnish Environment Institute, BaseN Corporation, Motiva Ltd, Laboratory of Power Systems and High Voltage Engineering (Helsinki University of Technology), Vantaa Energy Ltd, and Vantaa Energy Electricity Networks Ltd.			
	ISBN – (pbk.)	ISBN 978-952-11-3051-9 (PDF)	ISSN – (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	<i>No. of pages</i> 97	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute SYKE, P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland, Phone +358 20 490 123, Fax +358 20 490 2190, Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 978-952-11-3051-9 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkköj.)