

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikka

Opinnäytetyö

Jaakko Luoma

**ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA RAKENNUSAUTOMAATIO-
JÄRJESTELMÄSSÄ**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä, TAMK
HH-kiinteistöpalvelut Oy, valvojana Risto Vasama

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikka

Luoma, Jaakko

Energiankulutuksen seuranta rakennusautomaatio-
järjestelmässä

Tutkintotyö

52 sivua + 10 liitesivua

Työn ohjaaja

Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä

Työn teettäjä

HH-kiinteistöpalvelut Oy, valvojana Risto Vasama

Marraskuu 2008

Hakusanat

kulutusseuranta, energiankulutus, rakennusautomaatio

TIIVISTELMÄ

Energian merkitys taloudessa, politiikassa ja jokapäiväisessä elämässä on jatkuvasti kasvussa, joten energian käyttöön tullaan vaikuttamaan erilaisin säädöksin. Energiatehokkuuden parantamisessa avainasia on tietää nykyinen energiankulutus ja kustannuskomponentit. Rakennuksien energiankulutuksen hallitsemisen perusedellytys on säännöllinen kulutusten seuranta.

Työn tarkoituksena oli kehittää HH-kiinteistöpalvelut Oy:n kiinteistöjen valvontalaitetta suunnitteleamalla siihen kulutusseurantaosio. Työssä perehdyttiin lisäksi kiinteistöjen energian hallintaan, energiaterhokkuuteen liittyviin viranomaismääräyksiin ja kulutusseurannasta saatujen tietojen hyödyntämiseen. Koottujen tietojen pohjalta luotiin kulutusseurantamalli kiinteistöjen kulutusseurantaan.

Hyvin toteutettu ja aktiivisesti hyödynnetty kulutusseuranta luo edellytykset tehokkaalle ja tavoitteelliselle energiankäytön hallinnalle. Seurannalla saadaan hyödyllistä tietoa kiinteistön energiankäytön jakaantumisesta, ajoittaisista vaihteluista ja energiankulutuksen mahdollisista epäkohdista. Mitä tarkemmin kulutusta mitataan ja seurataan, sitä tarkemmin voidaan ongelmat havaita. Kulutusseurannassa on olennaista, että sen sisältö määritellään käyttötarkoituksen ja -kohteen perusteella, sekä kiinnitetään huomiota kuinka kulutustiedot välitetään myös käyttäjille.

TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electrical Engineering

Building Services Engineering

Luoma, Jaakko

Monitoring Energy Consumption in a Buildings' Automation Systems

Engineering Thesis

52 pages + 10 appendices

Thesis Supervisor

M.Sc. Veijo Piikkilä

Commissioning Company

HH-kiinteistöpalvelut Oy, Supervisor Risto Vasama

November 2008

Keywords

consumption monitoring, energy consumption, building automation

ABSTRACT

The consumption of energy impacts the society significantly and thus the use is and will be controlled with various laws and restrictions. It is essential to know the current level of energy consumption and the cost factors when aiming to improve efficiency. Monitoring and measuring consumption in fact creates the basis for controlling buildings' energy consumption.

The goal of this study is to develop the building control device of HH-kiinteistöpalvelut Oy by designing a new part that monitors consumption. In addition, this paper studies energy control, laws and regulations and the use of the monitoring data. The information gathered is then used to create a consumption control model to be used for monitoring buildings.

Good planning and active use of the data from consumption monitoring create the basis for efficient and target-oriented control of energy consumption. Monitoring allows the users to gather useful data about the distribution of energy use, occasional and periodic variation as well as possible flaws in usage. Accurate monitoring and measuring allow detecting and fixing problems at early stages. It is fundamental to customize the content of the monitoring scheme based on the particular building as well as the content and use of the data according to the end-users' wishes.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
JOHDANTO.....	5
1.1 Työn tavoitteet.....	6
1.2 HH-kiinteistöpalvelut Oy	7
1.3 Kiinteistöjen energiankäyttö ja -hallinta.....	9
1.4 Määräykset rakennusten energiatehokkuuteen.....	11
2 PIENKIINTEISTÖJEN RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	15
2.1 HH-kiinteistöpalvelut Oy:n rakennusautomaatiojärjestelmä.....	16
2.1.1 HH-TaloVarma.....	17
2.1.2 Tiedonsiirtoyhteys ja kommunikointi.....	19
2.1.3 ControlMan-etävalvontajärjestelmä	19
2.2 HH-TaloVarman laitekohtaiset ominaisuudet kulutus seurannalle.....	20
3 ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA.....	21
3.1 Lähtökohdat kulutus seurannalle	22
3.2 Kulutus seurannan merkitys kiinteistöille	24
3.3 Kulutustietojen mittaaminen.....	26
3.4 Lämmitysenergiankulutuksen normitus	27
3.4.1 Lämmitystarveluku.....	27
3.4.2 Normeeraukseen käytettävät kaavat	29
3.4.3 Lämpimän käyttöveden osuus	31
3.4.4 Muut normitukseen vaikuttavat tekijät.....	33
3.5 Saatujen kulutustietojen esittäminen	33
3.6 Tiedon analysointi ja hyödyntäminen.....	36
3.7 Raportointi	41
4 ENERGIANKULUTUSSEURANNAN SISÄLLÖN MÄÄRITTELY	43
4.1 HH-TaloVarman kulutus seurannan sisällön määrittely.....	43
4.1.1 Esitystapa.....	44
4.1.2 Lämpöenergian kulutuksen seuranta	46
4.1.3 Vedenkulutuksen seuranta	47
4.1.4 Sähköenergian kulutuksen seuranta.....	48
4.2 Kulutus seurannan raportointi	48
5 YHTEENVETO	49
LÄHDELUETTELO	51
LIITTEET	
Liite 1	Laskuesimerkki lämpöenergiankulutuksen normeerauksesta
Liite 2	HH-TaloVarma-kulutus seurannan seuranta- ja raportointimalli

JOHDANTO

Energian hintojen nousun takia energian merkitys taloudessa, politiikassa ja jokapäiväisessä elämässä on jatkuvassa kasvussa. Energiankulutuksen kasvun kuriin saamiseksi tulisi energiataloudellisuus ottaa huomioon ennen kaikkea olemassa olevan rakennuskannan ylläpidossa. Muutosta tähän suuntaan on pyritty edesauttamaan erilaisilla viranomaismääräyksillä, jotka liittyvät asuinkiinteistöjen energiatehokkuuteen.

Oikealla kiinteistön ohjaamisella voidaan säästää huomattavia määriä energiaa ja samalla rahaa. Jotta rakennusautomaatiojärjestelmien toiminta saadaan vastaamaan käyttötarkoitustaan, sen tulee olla hyvin säädetty ja ohjattu. Valvomoiden käyttö mahdollistaa kiinteistöjen prosessien optimoinnin ja seurannan sekä antaa työkaluja kulutusta koskevien päätösten tekoon.

Energiankulutuksen hallitsemisen perusedellytys on säännöllinen kulutusten seuranta. Kulutustietoja tulee myös hyödyntää aktiivisesti, jotta niistä olisi hyötyä. Tutkimusten mukaan ”säännöllisesti kulutuksiaan seuraavien kiinteistöjen kulutukset ovat noin 10 % pienemmät kuin muilla kiinteistöillä” /19/. Koska kulutusseurannalla voidaan säästää kiinteistön kustannuksia, sen käyttöönotto on täysin perusteltua.

Tulevaisuudessa kiinteistöjen energiatalousvaatimukset johtavat siihen, että kiinteistöjen omistajat joutuvat jatkossa ottamaan kantaa myös itse kiinteistöjensä energiatehokkuuksiin. Uudet viranomaismääräykset ohjaavat vastuuta kiinteistöjen omistajille ja käyttäjille, joiden tulisi olla hyvin selvillä siitä, mistä heidän kiinteistöjensä energiankulutus todellisuudessa koostuu.

Energiankulutuksen seuranta on kiinnostanut jo pidemmän aikaa suurten kiinteistöjen omistajia, mutta pienempien asuinkiinteistöjen osalta ei voida sanoa

samaa. Suomen rakennuskannasta on kuitenkin lukumäärällisesti noin 76,5 % pientaloja, joten niiden osuus maan kokonaisenergiankulutuksesta on myös huomattava /21/. Investoinnit energiankulutuksen pienentämiseen tulee olla hyvin perusteltuja, jotta myös pienempien asuinkiinteistöjen omistajat saataisiin kiinnostumaan asiasta ja tällä tapaa kulutusta pienennettyä.

Suomen rakennuskanta on vanhentunutta ja lisäksi monilta osin huonokuntoista. Rakennusten huono peruskunto sekä taloteknillisten järjestelmien toimivuus lisäävät jo itsessään energian tarvetta. Energiankulutuksen seurannalla yhdessä esimerkiksi energiakartoitusten kanssa päästäisiin selville siitä, mitkä asiat ja laitteistot muodostavat energian kokonaiskulutuksen kiinteistöissä. Tällöin voidaan etsiä ratkaisuja kulutukseen todellisuudessa eniten vaikuttavimmista asioista.

1.1 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli kehittää pienkiinteistöjen valvonta- ja säätölaitteen soveltuvuutta tähänhetkisiin kiinteistöjen tarpeisiin. Työ on tehty HH-kiinteistöpalvelut Oy:n toimeksiannosta kehittämään heidän toimintaansa kiinteistöjen valvonnassa.

Päätarkoituksena oli kehittää HH-kiinteistöpalvelut Oy:n ja FF-Automation Oy:n yhteistyössä suunnitteleman pienkiinteistöjen valvontalaitteen, HH-TaloVarman, internet-valvomopalvelun sisältöä. Etävalvomoympäristöön oli tarkoitus suunnitella ja määrittellä energiankulutusseurannan sisältö ja sen raportointi. Tärkeimpinä lähtökohtina sisällön määrittelylle olivat helppokäyttöisyys ja tulosten helppo analysointi. Työssä selvitettiin myös voimassa olevat viranomaismääräykset kiinteistöjen energiatehokkuuksille, jotta voidaan perustella, miksi energiankulutuksenhallinta tulee olemaan entistä tärkeämpää myös

asuinkiinteistöjen osalta ja miksi kiinteistön omistajien kannattaisi investoida kiinteistönsä energianhallintaan.

Lopputuloksena esitetään näkemys kulutusseurannan sisällöstä kiinteistöjen energiankulutuksen seurannassa ja raportoinnissa. Internet-valvomopalvelun yhteyteen suunniteltavasta raportoinnista luotiin esimerkkimalli siitä, millä tavoin raportointi voitaisiin toteuttaa.

1.2 HH-kiinteistöpalvelut Oy

HH-kiinteistöpalvelut Oy tytäryhtiöineen on Tampereen talousalueella toimiva yksityinen kiinteistöpalveluiden monialayritys. Konserniin kuuluvat lisäksi Hervannan Isännöitsijätoimisto Oy ja Tampereen Vartiointi Oy. /14/

Yhtiön päätoimialoja ovat

- perinteiset kiinteistönhoitopalvelut
- monipuoliset puhtausalan palvelut
- talotekniset kokonaispalvelut
- pienimuotoiset kiinteistöjen korjaus- ja urakointipalvelut
- turvallisuus- ja vartiointipalvelut
- kiinteistöjen isännöinti
- taloushallinto. /14/

Yrityksen liikevaihto vuonna 2006 oli 10,3 miljoonaa euroa ja yritys työllistää keskimäärin 230 henkilöä, joten se on yksi suurimpia yksityisiä yrityksiä alallaan. Sen päätoimipaikka sijaitsee Tampereen Hervannassa. Yksikössä toimii konsernin hallinto sekä valvomo, joka toimii 24 tuntia vuorokaudessa. HH-kiinteistöpalvelut

Oy:n organisaatio jakautuu viiteen toimialueeseen. Näitä ovat hallinto, kiinteistönhoito, puhtauspalvelut, talous sekä talotekniikka. /14/ Organisaation rakenne on esitetty kuvassa 1.



ORGANISAATIOKAAVIO

Hannu Salonen
Toimitusjohtaja

Hervannan
Isännöitsijätoimisto
Risto Timonen

Hallinto Tiina Takkinen	Kiinteistönhoito Petri Alvinen	Puhtauspalvelut Airi Kuusikko	Talotekniikka Risto Vasama	Talous Tarja Huhmarkangas
Asiakaspalvelu	Ulkkoalueiden hoitotyöt	Kiinteistösiivoukset	LVI	Laskutus
Henkilöstöhallinto	Käyttö- ja huoltotyöt	Kotisiivoukset	Sähkö	Taloushallinto
Tiedottaminen	Korttelitalonmiespalvelut	Perussiivoukset	Taloautomaatio	
Yleishallinto	Vihertyöt	Toimitilasiivoukset	Hälytyskeskus	
	Huoneistoremontit			

Kuva 1 HH-kiinteistöpalvelut Oy:n organisaatiokaavio /14/

Talotekniikkayksikkö palvelee kiinteistöjen omistajia ja käyttäjiä kokonaisvaltaisesti huomioiden kiinteistöjen koko elinkaaren ja eritoten energiataloudellisuuden. Yksikkö hoitaa ”avaimet käteen”-urakoinnin, huolto- ja korjaustyöt, huoltosopimukset sekä tarjoaa konsultointi- ja rakennutuspalveluita. Pääasiakkaina ovat erilaiset kiinteistöt rivi- ja kerrostaloista liike- ja teknologiakeskuksiin. Toimintaa kehitetään toimimalla tiiviissä yhteistyössä merkittävien laitteisto- ja ohjelmistotoimittajien kanssa. /14/

HH-kiinteistöpalvelut Oy:n automaatio-osaaminen luo mahdollisuudet energiataloudelliselle kiinteistötekniikan hallinnalle. Yritys huoltaa, korjaa ja virittää esimerkiksi lämmitysverkostot, ilmastoinnit ja muut ohjaus- ja säätötekniikkaa käyttävät laitteistokokonaisuudet optimitilaansa. HH-kiinteistöpalvelut Oy on lisäksi kehittänyt oman säätö- ja valvontatuotteen kiinteistönpidon tarpeita ajatellen. HH-kiinteistöpalvelut Oy:n toiminnan tavoitteena on tyytyväinen asiakas, jonka haluavat kiinteistöpalvelut yritys hoitaa kokonaisvaltaisesti, luotettavasti ja ammattitaitoisesti. /14/

1.3 Kiinteistöjen energiankäyttö ja -hallinta

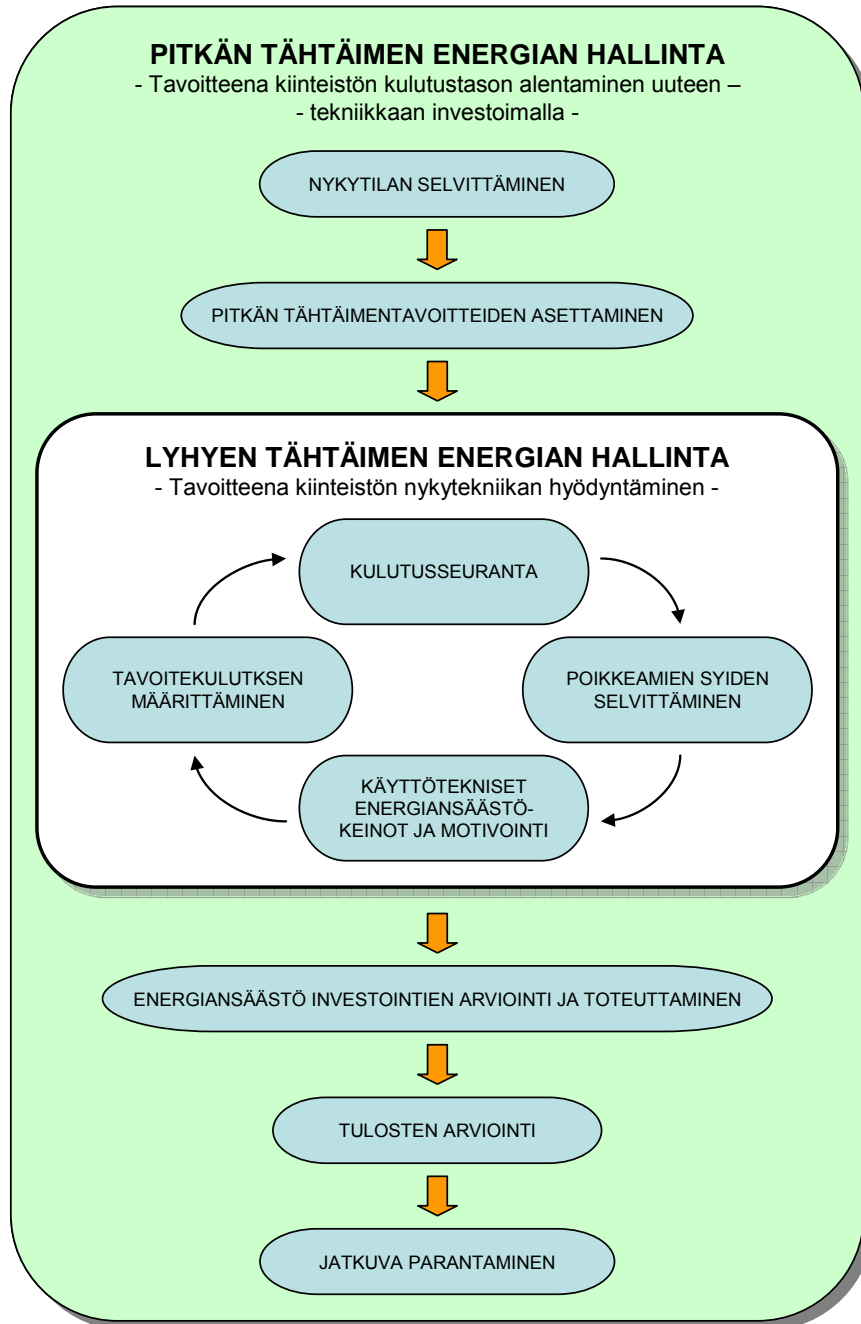
Asumisen perusedellytykset muodostuvat lämmöstä, sähköstä ja vedestä. Näistä koostuva kiinteistöjen energiankulutus Suomessa on noin 85 TWh/a eli noin 30 % energian loppukulutuksesta maassamme. Energian loppukulutus kulutusalueittain on esitetty kuvassa 2. /9/ Energian ja veden kulutus muodostavat yhteensä noin 40 % asuinkiinteistöjen ylläpitokustannuksista. Hyvällä ja tehokkaalla kiinteistön energiataloudellisella ylläpidolla voidaan alentaa kulutustasoa ja kustannuksia ilman, että asukkaat joutuisivat tinkimään viihtyvyydestä. /20/



Kuva 2 Energian loppukulutus kulutusalueittain vuonna 2004 /9/

Kiinteistön energianhallinta on prosessi, jonka tavoitteena on ylläpitää kiinteistössä hyvät sisäolosuhteet ja palvelutaso mahdollisimman pienellä energiankulutuksella ja -kustannuksilla. /17/ Kiinteistöjen energianhallinta voidaan jakaa pitkän ja lyhyen tähtäimen toimintoihin. Pitkävaikutteisilla energiansäästöinvestoinneilla, kulutuksen raportoinnilla ja käytön opastuksella voidaan saada kestäviä vaikutuksia

energiankäytön rakenteeseen. Lyhyen tähtäimen toimintojen pyrkimyksenä on havaita energiankulutukseen vaikuttavat käyttötekniset virheet sekä reaaliajassa havaita, selvittää ja ennakoida laite- ja järjestelmävikoja. /20/ Kuvassa 3 on esitetty kaaviona kiinteistön energianhallinnan prosessi.



Kuva 3 Kiinteistön energianhallinnan prosessi /17/

Välittömien energiakustannusten lisäksi systemaattisella energianhallinnalla voidaan vaikuttaa myös kiinteistön huolto- ja korjauskustannuksiin.

Energiankulutustavoitteiden asettamisen ja kulutusseurannan avulla saadaan ajantasaista tietoa energiankulutukseen vaikuttavien teknisten järjestelmien kunnosta ja pystytään nopeammin reagoimaan mahdollisiin vikoihin ja häiriöihin.

/17/

1.4 Määräykset rakennusten energiatehokkuuteen

Tämän hetkinen energiapolitiikka on ajanut viranomaisia edistämään energiansäästötoimenpiteitä viranomaismääräyksin. Lähtökohtina energiamääräyksiin ovat Kioton ilmastopöytäkirja, CEN-standardit sekä EU:n energiatehokkuusdirektiivit. /20/

CEN-standardit tukevat energiatehokkuusdirektiivien käyttöönottoa EU-maissa. CEN:n teknilliset komiteat, joissa valmistellaan energiatehokkuusstandardeja, voidaan jakaa seuraavasti:

- Rakennusten ja rakennuskomponenttien energiatehokkuus
- Rakennusten ilmanvaihto
- Valo ja valaistus
- Rakennusten lämmitysjärjestelmät
- Rakennusautomaatio, säätö ja kiinteistön huolto /11/

Kansainvälisiä energiatehokkuusstandardeja, jotka koskevat kiinteistöjen teknologiaa sekä niiden käyttöönottoa ja edistystoimia, on seuraavanlaisia:

- SFS-EN 15193, Valaistuksen energiavaatimukset. Osa 1: Valaistuksen energia-arviointi
- SFS-EN 15217, Menetelmät rakennusten energiatehokkuuden ilmoittamiseen ja energiasertifointiin
- SFS-EN 15232, Rakennusautomaation vaikutus
- SFS-EN 15239, Ilmanvaihtojärjestelmien määräaikaistarkastusohjeet
- SFS-EN 15240, Ilmastointijärjestelmien määräaikaistarkastusohjeet /18/

EU:n yhteisenä tavoitteena on vähentää 20 % energiankulutusta vuoteen 2020 mennessä. /22/ EU-jäsenvaltioiden on näin ollen pitänyt laatia omat energiaohjelmansa liittyen asuinrakennuksien energiatehokkuuteen. Edellä mainitut standardit ovat pohjana Suomessa voimassa oleville energiatehokkuussopimuksille. Energiankäyttöön liittyviä määräyksiä ja lakeja uusitaan ja kehitetään jatkuvasti, jotta päästäisiin EU:n asettamiin tavoitteisiin energiankulutuksen vähentämiseksi.

Energiatehokkuuden parantamiseksi viranomaiset, teollisuuden ja palvelualan toimialaliitot sekä yhteisöt ovat joutuneet ottamaan kantaa energiankulutukseen laatimalla energiasopimuksia. Suomessa on laadittu 2007 vuoden lopussa uudet energiatehokkuussopimukset, joihin kuuluvat esimerkiksi säädökset energiatodistusten laatimisesta. Lait käsittelevät niin teollisuuden kuin pienikiinteistöjenkin kulutusta. Täten myös pienikiinteistöjen osalle on tullut ajankohtaiseksi ottaa kantaa omaan energiankulutukseensa. Energiankulutuksen seuranta yhdessä lasketun tai arvioidun energiankulutusmäärän kanssa on tehokas keino hallita ja vertailla oman kiinteistön energiatehokkuutta. /23/

Standardien ja direktiivien takia Suomessakin on tullut ja on tulossa voimaan lisää energian säästöön tähtääviä toimenpiteitä, kuten

- rakentamismääräyskokoelmien uudistukset
- asuinkiinteistölle energiansäästösopimusmenettely
- energia-avustukset asuinkiinteistöille
- asuinkiinteistöjen energiakatselmukset
- asuinkiinteistöjen energiatodistukset
- tiukemmat vaatimukset ilman laadulle. /20/

Laki numero 487, rakennuksen energiatodistuksesta, astui voimaan 1.1.2008. Lain vaatimuksesta kaikille uudisrakennuksille tulee laatia energiatodistus. Vuoden 2009 alussa laki alkaa koskea myös olemassa olevia rakennuksia. Energiatodistus on yhteisesti sovittu mittari, jonka avulla rakennuksen energiatehokkuutta voidaan helposti verrata muihin vastaaviin rakennuksiin. Energiatodistuksessa kerrotaan rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia, laite- tai kiinteistösähkö, jäähdytysenergia sekä niiden pohjalta laskettu bruttoalaan suhteutettu energiatehokkuusluku. Energiatehokkuusluvun perusteella määräytyy rakennuksen energialuokka. /17/

Uusien asuntojen energiatehokkuuden vaatimukset ovat nyt Suomessa varsin löysät ja niitä tullaankin kiristämään lähivuosina merkittävästi. Tähän viittaavat muun muassa lukuisat tekniikan artikkelit. Tekniikka ja Talous -lehden artikkelissa Timo Savolaisen haastattelema asuntoministeri Jan Vapaavuori kertoo, että vaatimukset kiristyvät vuoden 2010 alussa 30–40 prosenttia. Lisäksi Vapaavuori kertoo aikovansa kiristää vaatimustasoa jo vuonna 2012 ainakin 20 prosenttia lisää. Artikkelissa kerrotaan myös, että energiatehokkaiden ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon tullaan vaikuttamaan myös energian hinnoittelulla ja nykyisen verotuskäytännön muutoksilla. Kantaa otetaan myös korjausrakentamiseen, jonka tavoitteena tulisi jatkossa olla, että laajamittaisempien korjaustoimenpiteiden

yhteydessä parannettaisiin myös rakennuksien energiatehokkuutta. Savolainen toteaa myös, että ”nykyisen rakennuskannan merkitys energiankulutukseen on suuri. Hallitus on huomannut, että tiukkoihin karsintatavoitteisiin ei päästä ilman rakennettujen talojen muutoksia”. /24/ Edellä mainittujen kaltaiset lakimuutokset takaavat taloteknisten ratkaisujen merkityksen kasvavan jatkossakin. Tämä takaa kasvavat markkinat energiansäästöön tähtäävien palveluiden ja järjestelmien osalle.

2 PIENKIINTEISTÖJEN RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Rakennusautomaatiojärjestelmä on keskeinen kiinteistön huollon työkalu, jolla on oikein käytettynä ja huollettuna merkittävä vaikutus kiinteistön kokonaisenergian kustannuksiin. Sillä voidaan hoitaa kiinteistöjen lämmön-, käyttöveden-, ja ilmastoinnin säädöt sekä erilaiset talotekniikan ohjaus- ja valvontatarpeet.

Rakennusautomaatiojärjestelmän perustehtävät voidaan toiminnallisesti jakaa kahteen osaan: fyysisiin ja ohjelmallisiin toimintoihin. Fyysisiin toimintoihin luokitellaan perussäätö-, hälytys-, ohjaus- ja aikaohjaustoiminnot. Näillä korvataan perinteiset analogiset säätimet, hälytystaulut ja kellokytkimet. Optimointi-, seuranta-, tilastointi-, ja graafiset toiminnat luetaan ohjelmallisiin toimintoihin. /7/ Ohjelmalliset toiminnot ovat se osa-alue, joka oikein suunniteltuna ja toteutettuna sekä selkeästi ohjeistettuna voi antaa aktiiviselle järjestelmän käyttäjälle suurimman hyödyn.

Hyvän energiatalouden takaamiseksi kiinteistön automaatiojärjestelmän tulee olla tarkasti säädetty ja säännöllisesti huollettu. Näin taataan, että rakennusautomaatiojärjestelmä toimii oikein, jolloin myös säästetään merkittävästi energiaa. /7/ Valvomojärjestelmät ovat tärkeä apuväline näiden tavoitteiden toteuttamiseksi. Internetin välityksellä useampaa kiinteistöä voidaan seurata kootusti samasta paikkaa, joka helpottaa erityisesti kiinteistöjen ylläpitotehtäviä. Työntekijän seurantaan käyttämä aika pienenee verrattuna vanhoihin menetelmiin ja näin ollen vika- ja toimintahäiriöihin reagoiminen on nopeampaa. Koska kiinteistöjen valvonta ei ole sidottuna tiettyyn paikkaan, se helpottaa erityisesti järjestelmien ylläpitotehtäviä.

Valvomoiden päätehtävänä on tukea kiinteistön ylläpitäjää. Muun muassa kiinteistöjen paikallis- ja etävalvonta sekä ohjaukset ja energiaseuranta tapahtuvat nykyisin valvomojärjestelmän avulla. Kiinteistöjen hyvä toimivuus ja energiatehokkuus edellyttävät rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon käytön

osaamista ja aktiivista käyttöä. Valvomojärjestelmien perusominaisuuksiin kuuluu raporttien tuottaminen joko erillisellä raportointiohjelmalla tai suoraan valvomojärjestelmästä.

Vaatimukset kiinteistöjen energiataloudelliselle käytölle sekä asuinolosuhteiden viihtyvyydelle ovat lisänneet älykkäiden valvontajärjestelmien tarvetta. Laitte valmistajien ja palveluntarjoajien järjestelmät ovat kehittyneet yhä monipuolisemmiksi ja helppokäyttöisemmiksi. Niillä voidaan tarjota kokonaisvaltaisia ratkaisuja koko kiinteistön hallintaan.

Energiankulutuksen seuranta on ollut mahdollista jo useimmilla järjestelmillä, mutta siitä saatu hyöty on ollut kyseenalaista. Pelkkään kulutusseurantaan ja raportointiin suunnitellut ohjelmistot ovat monipuolisia ja tarjoavat hyvän työkalun kiinteistöjen energiatehokkuuden seurantaan. Automaatiojärjestelmien yhteydessä olevan kulutusseurannan toteutus on usein puutteellista ja ennen kaikkea siitä saatavien tietojen ja raporttien sisältö ei ole palvellut käyttäjiä.

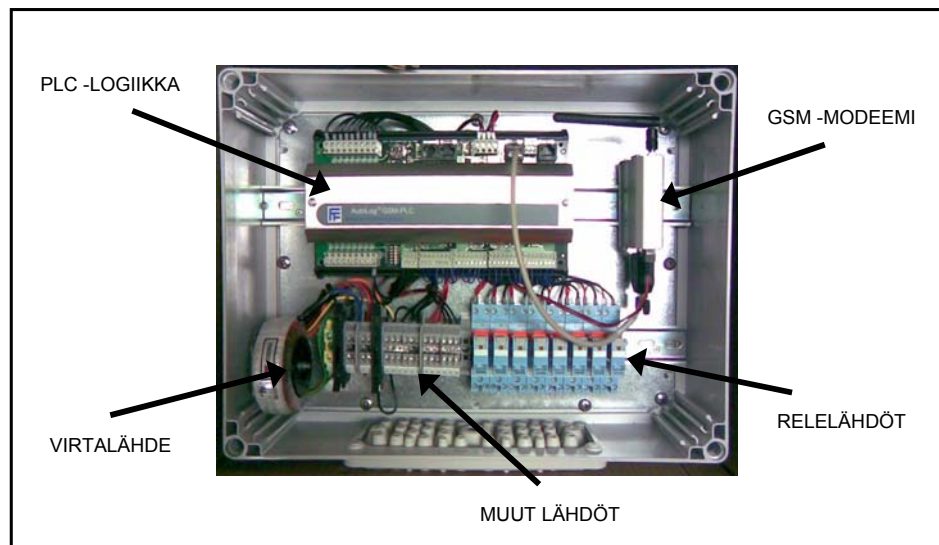
2.1 HH-kiinteistöpalvelut Oy:n rakennusautomaatiojärjestelmä

HH-kiinteistöpalvelut Oy:n asiakkaille, jotka hallinnoivat useita kiinteistöjä keskitetysti, kasvoi tarve kiinteistöjen valvontalaitteelle, jota voidaan ohjata keskitetysti etävalvomolla. Muutamia vuosia sitten ei tarjolla ollut edullista pienikiinteistöjen valvontalaitetta, jolla olisi voitu ohjata keskitetysti kiinteistöjen perustoimintoja. Päällimmäisenä vaatimuksena järjestelmälle oli internetin yli toimiva etävalvomojärjestelmä. Näin ollen HH-kiinteistöpalvelut Oy:n näkökulmasta toimivin ratkaisu oli kehittää yhdessä FF-Automation Oy:n kanssa valvontalaite asiakkaiden uusien tarpeisiin.

Yhteistyön tuloksena saatiin yksinkertainen, vakio-ohjelmalla varustettu valvonta- ja ohjauslaite pienkiinteistöille tai kerrostaloihin, joissa on kohtuullisen pieni pistemassa. Toimivan laitteen ympärille on pyritty luomaan kokonaispalvelun kattava konsepti kiinteistöjen hallintaan. /10/ Palvelukonseptin yhteyteen on tarkoitus liittää toimiva energiankulutusseuranta, joka täydentää hyvin olemassa olevaa järjestelmää.

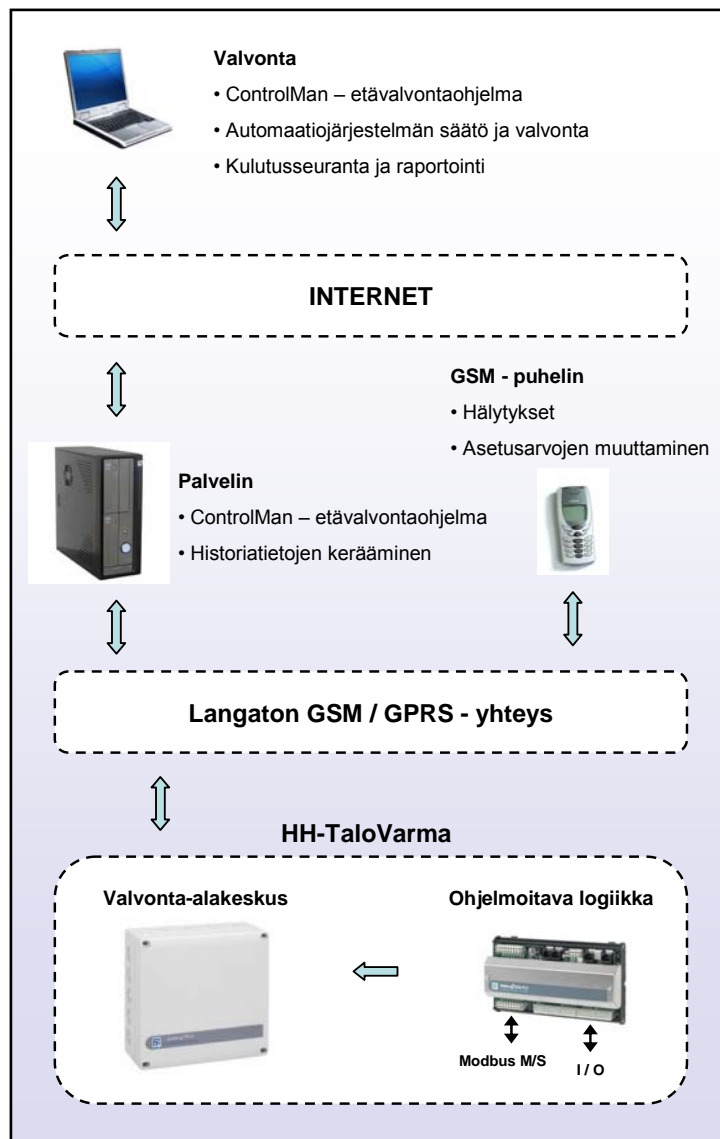
2.1.1 HH-TaloVarma

HH-TaloVarman kiinteisiin perusominaisuuksiin kuuluvat lämpimän käyttövesiverkoston ja patteriverkoston säätötoiminnot sekä näihin liittyvien mittausten ja hälytysten hallinta. Lisäksi laite kerää sähkön, kylmän veden sekä kaukolämmön energiankulutustiedot. Sillä voidaan ohjata myös rajoitetusti ulkovaloja ja yleiskohdeilmastointia. /10/ Kuvassa 4 on esitetty laite pääkomponentteineen.



Kuva 4 HH-TaloVarma

Kiinteistölogiikka on toteutettu FF-Automation Oy:n GSM-RTU-logiikalla. /10/ Valvonta-alakeskus liikennöi GSM-verkoissa ja voi olla yhteydessä huoltomieheen tai valvomoihin halutulla tavalla. Laitteessa on perusohjelma, jota ei tarvitse muuttaa eri kohteiden tarpeisiin. /13/ Parametrien asetukset voidaan toteuttaa huoltoliikkeen tai isännöinnin toimesta GSM-puhelimella, internetin välityksellä tai huoltopäätteellä paikallisesti. Hälytykset lähetetään välittömästi palvelimelle, josta ne voidaan ohjata päivystävän huoltohenkilön kännykkään tai sähköpostiin. /10/ Huoltomies voi ohjata etäällä sijaitsevia laitteita ja muuttaa asetusarvoja internet-valvomopalvelusta käsin tai GSM-puhelimella. /13/ Kuvassa 5 on esitetty HH-TaloVarma-järjestelmän rakenne.



Kuva 5 HH-TaloVarma-järjestelmän rakenne /13/

2.1.2 Tiedonsiirtoyhteys ja kommunikointi

Laite kommunikoi kaksisuuntaisesti palvelimen, GSM-puhelimen ja toisten GSM-RTU-laitteiden kanssa. Kommunikointi tapahtuu langattoman GSM-verkon välityksellä joko käyttäen SMS-sanomia tai GPRS-tiedonsiirtoa tai molempia. Lisäksi GSM-RTU-laite sisältää Modbus-ajurin, joten laite voi kommunikoida esimerkiksi muiden Modbus-logiikoiden tai älykkäiden mitta- ja toimilaitteiden kanssa, kuten energiamittarien kanssa. Palvelin kommunikoi Web-selaimella toimivan etävalvomon kanssa internetin välityksellä. Mittaustiedot voidaan puskuroida GSM-RTU-laitteen muistiin ja lähettää yhden GPRS-pakettiyhteyden tai SMS-sanoman sisällä useamman tunnin mittaukset valvomolle tai mittausraporttina GSM-puhelimeen. /13/

2.1.3 ControlMan-etävalvontajärjestelmä

Laitteen valvomojärjestelmänä toimii ControlMan-valvomopalvelu, joka on selainpohjainen internetin yli toimiva käyttöliittymä. Se on FF-Automation Oy:n ylläpitämä valvomopalvelu GSM-RTU-laitteille. ControlMan on prosessien, koneiden ja laitteiden etävalvontaan, ohjaukseen, huoltoon, ylläpitoon, kunnonvalvontaan ja tekniseen tukeen kehitetty tietokantapohjainen ohjelmistoratkaisu, joka säästää kustannuksia valvottaessa miehittämättömiä hajautettuja kohteita. Valvomopalvelu mahdollistaa älykkyyden hajauttamisen alueille. Palvelu toimii luotettavan internet-palveluntarjoajan palvelinkoneella. /13/

Palveluun sisältyy monipuolisia ominaisuuksia, kuten trendit, hälytykset, gsm- ja sähköpostihälytykset, dynaamiset prosessikuvat, ohjaukset, raportit, dokumentit ja huoltokirjat. Uusien GSM-RTU-laitteiden konfigurointi järjestelmään on myös helppoa ja voidaan tehdä etäkäyttöisesti. /13/

ControlMan-palvelin konfiguroidaan keräämään mittaustietoja ja hälytyksiä langattomasti GSM-RTU-ala-asemilta. Kerätyt tiedot järjestellään aikaleiman ja logiikan tunniste-ID:n mukaisesti palvelimen tietokantaan. Käyttäjä voi tarkastella kerättyjä mittaustietoja graafisten ja dynaamisten trendi-, hälytys- ja prosessikuvanäyttöjen avulla. Hälytykset voidaan määrittellä lähetettäväksi päivystäjän GSM-puhelimeen tai sähköpostiin. /13/

Valvomon ylläpito voidaan suorittaa internetin välityksellä etäkäyttöisesti. Etäylläpito pitää sisällään esimerkiksi käyttäjien, käyttäjäryhmien sekä uusien alasemien lisäykset, mittauksien skaalaukset ja hälytysrajat. Palvelu voi toimia täysin FF-Automation Oy:n ylläpitämänä tai asiakas voi hoitaa haluamansa osan ylläpidosta. Käyttäjä voi ohjata etäällä sijaitsevia laitteita manuaalisesti käyttöliittymän kautta. /13/

2.2 HH-TaloVarman laitekohtaiset ominaisuudet kulutusseurannalle

HH-TaloVarman avulla on mahdollista toteuttaa perinteisten energiamittareiden pulssiluenta tai Modbus-liitännänä älykkäiden dataliitäntäisten energiamittareiden luenta. Logiikan keräämät mittaustiedot voidaan siirtää palvelimen kautta valvomojärjestelmään. Laitteeseen on mahdollisuus liittää vakioasetuksilla vesi-, sähkö- ja lämpömittarit sekä yksi määrittelemättömän mittalaite. Logiikan vakio-ohjelma sisältää valmiiksi määritellyt asetukset kulutustietojen luennalle. /10/

3 ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA

Kiinteistön erilaisten kulutustietojen etämittaus on yleistynyt viime vuosina. Kulutuksen mittaus ja hallinta käsittävät mittaustietojen siirron kulutusta mittaavilta laitteilta ja niitä kerääviltä alakeskuksilta erilaisiin mittaus- ja hallintajärjestelmiin. /4/ Energiankulutuksen seuranta käsittää yleensä lämpö- ja sähköenergian sekä vedenkulutuksen seurannan. /2/

Kiinteistöjen kulutusseuranta luo edellytykset tehokkaalle ja tavoitteelliselle energiankäytön hallinnalle. Seurannalla saadaan hyödyllistä tietoa kiinteistön energiankäytön jakaantumisesta, ajoittaisista vaihteluista ja energiankulutuksen mahdollisista epäkohdista. Kulutusseurannalla saatujen hyötyjen avulla kiinteistön energiankulutukseen pystytään vaikuttamaan. Sen avulla voidaan esimerkiksi

- tuoda esiin kiinteistön energiankulutuksen ongelmakohdat
- vertailla helpommin energiankulutustietoja muun muassa aiempien vuosien kulutustietoihin
- antaa tietoa toteutettujen energiankäytön tehostamistoimenpiteiden todellisista vaikutuksista energiankäyttöön
- antaa budjetointiin lisätietoa ylläpidon vuosittaisista kustannuksista. /17/

Energiankulutuksen seurannassa on tärkeintä se, että kiinteistön energian- ja vedenkulutusta seurataan säännöllisesti. /17/ Oleellista on, että kulutusseurantapalvelu on toteutettu selkeäksi ja helppokäyttöiseksi, jotta kynnys sen käyttöön olisi mahdollisimman pieni. Ongelmana on myös, ettei saatuja kulutustietoja osata tai ehditä analysoimaan, jolloin siitä saatava etu jää hyödyntämättä.

Seurannan tuottamaa palautetietoa energiankulutuksen kehittymisestä on tärkeä välittää myös kiinteistöjen käyttäjille. Tämä voidaan toteuttaa koostamalla määräajoin energiankulutusraportit. Tällä tavoin voidaan kannustaa käyttäjiä toimimaan energiatehokkaammalla tavalla. /17/

Kulutusseurannan toteuttamiseen on olemassa ohjeistuksia, kuten ST-kortit 95.81 ja 95.82. ST-kortissa 95.81, Energian kulutuksen seuranta, annetaan kulutusseurannan tarvitsijalle ja suunnittelijalle yleiskuva seurannan tavoitteista, mahdollisuuksista ja toteutustavoista. ST-kortti 95.82, Energian kulutus- ja kustannusarvion laadinta ja seuranta, on tarkoitettu ohjeistukseksi kiinteistön kulutusseurannan suunniteluun. /2;3/ Tarjolla on myös paljon erilaisia kulutusohjelmia ja -palveluita. Nämä eivät kuitenkaan aina hyödynnä olemassa olevaa automaatiojärjestelmää. Tehokas ja energiaa säästävä keino olisikin tuottaa palvelua, jolla katettaisiin taloteknisten järjestelmien valvonta ja ylläpito sekä samalla tuotettaisiin tärkeää kulutusraportointia ja ennen kaikkea hyödynnettäisiin näiden kulutusseurannan tuottamia tietoja.

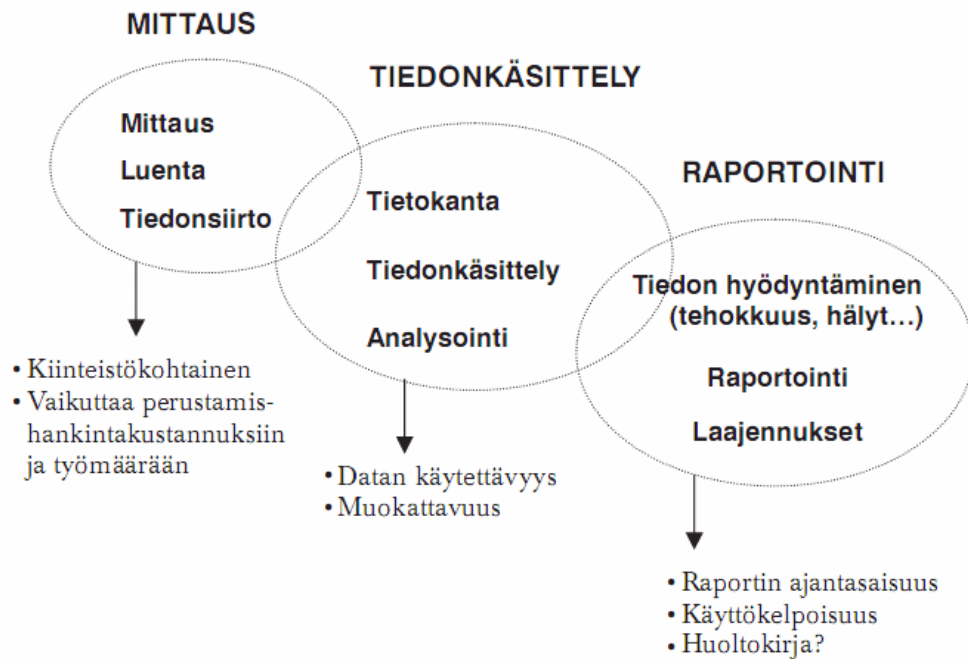
3.1 Lähtökohdat kulutusseurannalle

Energiankulutuksen seurannan tulee perustua kyseisen kiinteistön määrittelemään tavoitteeseen. Tavoitearvoina voidaan pitää esimerkiksi edeltävien vuosien kulutusarvoja, vastaavien kiinteistöjen ja järjestelmien kulutuksia tai laskennallisia energiankulutusarvoja. Siirtyminen toimivaan kulutusseuranta-järjestelmään tuo lisäinvestointeja kiinteistön omistajille, joten investointeja vastaan tulee olla perusteltuja hyötyjä käyttäjille. Hyvin toimiva ja hyödynnetty kulutusseuranta tuo säästöjä ja viihtyvyyttä. /2/

Kulutus seurannan toteutustapa tulee määritellä sen mukaan, mitä hyötyä kulutus seurannalta halutaan. Kiinteistöjen omistajilla voi olla seuraavanlaisia tarpeita, kuten

- energian talousarvion teko, toteutumisen seuranta ja ennustaminen
- oman kiinteistön energiatehokkuuden vertailu muihin
- oman kulutuskehityksen seuranta
- oman energiatehokkuuden kehityksen seuranta
- lähempää tarkastelua tarvitsevien kulutusmuotojen havainnointi
- laitteiden ja järjestelmien toimintahäiriöiden havainnointi
- tehtyjen energiatoimenpiteiden vaikutuksen havainnointi ja arviointi. /2/

Kiinteistöjen koko ja toiminta määrää, mitä asioita kulutus seurannassa otetaan erityisesti huomioon. Kulutus seurantaohjelmistoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös hallitaanko järjestelmällä yksittäisiä kiinteistöjä vai useista erilaisista rakennuksista koostuvaa kiinteistömassaa. /5/ Kuvassa 6 on esimerkki millaisia asioita ja kokonaisuuksia tulisi ottaa huomioon kulutus seurantaohjelmistoja ja -palveluja suunniteltaessa.



Kuva 6 Kulutusseurantaohjelmien ja -palveluiden valintaan ja sisältöön vaikuttavat kokonaisuudet /5/

Energiakustannukset muodostavat usein merkittävän osuuden kiinteistön kokonaiskustannuksista, joten sen seuraaminen on perusteltua. Kulutusseurannan tulokset ja analyysit tulee esittää kiinteistöjen käyttäjille, jotta he voivat verrata omaa käyttäytymistään todelliseen energian kulutukseen. /2/

3.2 Kulutusseurannan merkitys kiinteistöille

Energian ja veden hintojen nousu korostaa kulutusseurannan merkitystä. /6/ Kiinteistön lämmön, sähkön ja veden kulutukset aiheuttavat noin 40 - 45 % ylläpitokustannuksista. /19/ Tavoitteelliseen kiinteistönpitoon kuuluvat säännöllinen energiankulutuksen seuranta ja nopea reagointi havaittuihin poikkeamiin. /6/

Jotta käyttäjä saisi kulutusseurannasta parhaimman mahdollisen hyödyn, tulee tietää mitä käyttötarkoitusta varten kulutusseuranta toteutetaan. Erilaisia energian kulutusseurannan toimintamalleja voi olla esimerkiksi

- laitteiden ja kojeiden toiminnan seuraaminen
- energian kulutus- ja kustannusarvion laadinta ja seuranta
- kulutusvertailu
- energiatehokkuuden seuranta. /2/

Järjestelmällisellä energian kulutuksen seurannalla voidaan estää vähitellen pahenevia ja vaikeasti havaittavia vikoja, jotka lisäävät energiankulutusta ja ylläpitokustannuksia. /19/ Kulutusseurannalla havaittavia vikoja voi olla muun muassa:

- vesivuodot, esimerkiksi vuotavat hanat tai WC -pöntöt
- muutokset rakenteellisissa lämpöhäviöissä, esimerkiksi eristeiden tai tiivisteiden tiiveyden heikentyminen
- laiteviat, esimerkiksi moottorien tai sähkölämmitysjärjestelmien vioista aiheutunut sähkönkulutuksen kasvaminen
- häiriöt ja poikkeamat lämmitysjärjestelmissä.

Edellä mainitut viat ja häiriöt huomataan yleensä vasta kun jokin laite hajoaa, esimerkiksi moottoriin tai järjestelmään tulee isompi häiriö. Kulutusseurannan avulla vikaantuvat kohteet voidaan havaita jo paljon aiemmin. Esimerkiksi vesivuodot tiloissa, jotka eivät ole päivittäin käytössä voidaan havaita poikkeamana normaaliin kulutukseen. Tämä nopeuttaa vikojen havaitsemista ja ennen kaikkea säästää kulutuksessa ja kustannuksissa.

3.3 Kulutustietojen mittaaminen

Kiinteistöjen energiankulutusta on perinteisesti seurattu ainoastaan mittaamalla lämpö- ja sähköenergian sekä vedenkäytön kokonaiskulutusta. Tällöin rakennusautomaatiojärjestelmään liitetään jakelulaitosten toimittamat kiinteistön sähkö- ja lämpöenergian sekä veden päämittarit. Näiden kulutustietojen perusteella on kuitenkin usein vaikea päätellä, mistä syystä kiinteistön energiankulutus vaihtelee. /7/ Yksittäisten laitteiden ja järjestelmien mittaroinnilla saataisiin yksityiskohtaisempia tietoja siitä, mistä kiinteistön energiankulutus koostuu. Suurempien kiinteistöjen kohdalla tämä olisi jopa suositeltavaa, koska sillä saatava hyöty on jo merkittävä.

Dataliityntänä toteutetuilla energiamittareilla kaukoluvulla saadaan päämittareiden energiankulutustiedot luotettavasti ja monipuolisemmin kuin perinteisillä impulssimittauksilla. Mittaustieto välittyy seurantajärjestelmään standardiprotokollasanomana. Lukemat ovat myös samat, joita energialaitokset käyttävät laskuttaessaan kiinteistöä, jolloin seurantajärjestelmästä saatavia kulutustietoja voidaan käyttää paremmin hyödyksi esimerkiksi talousarvioiden teossa. /7/

Energianmittaus automatisoituu lähivuosina ainakin sähkömittarien osalta, kuten Mauri Patrikainen kertoo Kirsi Kärkkäisen kirjoittamassa Energia-lehden artikkelissa. Tämä mahdollistaa energian reaaliaikaisen tuntimittauksen, jolloin myös kulutukseen ja omiin energiankäyttötapoihin on helpompaa reagoida. Artikkelin mukaan lisäksi, että Suomen Energiateollisuus ry tulee edistämään voimakkaasti siirtymistä automaattiseen mittarinluentaan. /25/

3.4 Lämmitysenergiankulutuksen normitus

Lämpöenergian kulutustietojen vertailtavuuden parantamiseksi tulee mitattua mittarilukemaa korjata. Normeerattuun eli korjattuun mittaustulokseen huomioidaan ainakin alueellinen lämmitystarveluku sekä tarvittaessa mahdolliset vakiokuormat, esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia. /1/
Liitteessä 1 sivuilla 1–5 on esitetty laskentaesimerkki lämmitystarveluvun laskemisesta sekä lämpöenergian normituksesta mallikohteeseen. Laskennassa on käytetty seuraavaksi esitettyjä kaavoja.

3.4.1 Lämmitystarveluku

Lämmitystarveluvun avulla korjataan toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia, jotta saman rakennuksen eri kuukausien tai vuosien kulutuksia voidaan verrata toisiinsa. Kuukausittain annettava arvo huomioi eri alueiden erilaisen lämmitystarpeen ja näin ollen eri paikkakunnilla olevien rakennuksien ominaiskulutuksia voidaan myös verrata keskenään. Lämmitystarveluvun käyttö rakennuksien lämmitystarpeen arvioinnissa perustuu siihen, että kiinteistön energiankulutus on likipitään verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. /15/

Lämmitystarveluku määritellään laskemalla yhteen kunkin kuukauden päivittäisen sisä- ja ulkolämpötilan erotus. ST-kortissa 95.82 ohjeistetaan käyttämään lämmitystarvelukua S17, joka lasketaan oletetun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan erotuksen perusteella. Oletettu kantaluku +17 °C tulee siitä, että jäljelle jäävä lämmitystarve saadaan ilmaisenergiana muun muassa auringosta, ilmastoinnista, ihmisistä ja taloussähköstä. Kuukauden lämmitystarveluku on vuorokautisten lämmitystarvelukujen summa ja vuoden lämmitystarveluku on vastaavasti kuukausittaisten lämmitystarvelukujen summa. /15/ Vertailuarvona eli

normaalivuoden lämmitystarvelukuna käytetään vuosien 1971 - 2000 keskimääräistä lämmitystarvelukua. /17/ Ilmatieteenlaitos laskee toteutuneet lämmitystarveluvut kuukausi- ja vuositasolla kuudelletoista vertailupaikkakunnalle. /16/ Lämmitystarvelukua laskettaessa on lisäksi huomioitava, että hyvin toteutettu ja merkittävä ilmaisenenergialähteillä oleva rakennus voi omata paljon alhaisemmankin kantaluvin kuin nykyisellään on määritelty. /1/

Toteutuneet lämmitystarveluvut voidaan laskea myös automaatiojärjestelmästä saatavien toteutuneiden ulkolämpötilojen avulla jo kulutusseurantajärjestelmässä. Tällöin toteutuneita lämmitystarvelukuja ei tarvitse itse syöttää järjestelmään. Kuukausittainen lämmitystarveluku voidaan laskea laskemalla päivittäiset lämmitystarveluvut yhteen. Päivittäinen lämmitystarveluku, S_{17} , lasketaan Ilmatieteenlaitoksen määritelmän perusteella kaavalla 1:

$$S_{17^{\circ}\text{C}} = T_{\text{ulko keskiarvo}} - T_{\text{sisä}} \quad (1)$$

jossa $S_{17^{\circ}\text{C}}$ = päivittäinen lämmitystarveluku
 $T_{\text{ulko keskiarvo}}$ = päivittäinen ulkolämpötilan keskiarvo
 $T_{\text{sisä}}$ = oletettu sisälämpötila, (17 °C) /16/

Kuukausittainen lämmitystarveluku saadaan kun päivittäiset lämmitystarveluvut lasketaan yhteen. Laskennassa ei kuitenkaan oteta huomioon päiviä, jolloin keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. Tällöin oletetaan, että kiinteistöjen lämmitys lopetetaan ja aloitetaan ulkolämpötilan ylittäessä tai alittaessa mainitut rajat. /16/

3.4.2 Normeerukseen käytettävät kaavat

Lämmönkulutuksen normitus suoritetaan Motiva Oy:n määrittelemien laskentaohjeiden mukaan. Korjattuun lämpöenergiankulutukseen otetaan huomioon toteutuneet lämmitystarveluvut ja lämpimän käyttöveden osuus. Normitus voidaan suorittaa saman rakennuksen eri kuukausien tai vuosien kulutusten tai eri kunnissa olevien rakennusten kesken. /16/

Kun halutaan vertailla saman rakennuksen kulutusta eri ajanjaksoina, lasketaan sen normitettu energiankulutus vuosi- ja kuukausitasolla kaavalla 2:

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{\text{N vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \cdot Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (2)$$

jossa	Q_{norm}	=	rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
	$Q_{\text{toteutunut}}$	=	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia → $Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$
	Q_{kok}	=	rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus
	$Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$	=	lämpimän käyttöveden energiankulutus
	$S_{\text{N vpkunta}}$	=	normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
	$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	=	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla /16/

Rakennuksen normitettu energiankulutus valtakunnalliseen vertailupaikkakuntaan Jyväskylään saadaan vuosi- tai kuukausitasolla kaavalla 3:

$$Q_{\text{norm}} = k_2 \cdot \left(\frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \right) \cdot Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (3)$$

jossa k_2 = paikkakuntaakohtainen korjauskerroin Jyväskylään
 $S_{N \text{ vpkunta}}$ = normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
 $S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

Muut muuttujat kuten kaavassa 2. /16/

Rakennuksen normitettu energiankulutus oman alueen vertailupaikkakuntaan saadaan vuosi- tai kuukausitasolla kaavalla 4:

$$Q_{\text{norm}} = k_1 \cdot \left(\frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \right) \cdot Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (4)$$

jossa k_1 = paikkakuntaakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan
 $S_{N \text{ vpkunta}}$ = normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
 $S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

Muut muuttujat kuten kaavassa 2. /16/

Jos käytössä on rakennusautomaatiojärjestelmän avulla saatava toteutunut lämmitystarveluku, saadaan normitettu energiankulutus omalle paikkakunnalle laskettua tarkimmin kaavojen 5 ja 6 avulla. Kunnan normaalikuukauden tai normaalivuoden $S_{N \text{ kunta}}$ lämmitystarveluku saadaan jakamalla vertailupaikkakunnan normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku

kertoimella k_1 , kaava 5. Tämän jälkeen rakennuksen normitettu energiankulutus omalle paikkakunnalle voidaan laskea kaavan 6 avulla seuraavasti:

$$S_{N \text{ kunta}} = \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{k_1} \quad (5)$$

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{N \text{ kunta}}}{S_{\text{toteutunut kunta}}} \cdot Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (6)$$

joissa $S_{N \text{ kunta}}$ = kunnan normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku kaavasta 5
 $S_{\text{toteutunut kunta}}$ = rakennusautomaatiojärjestelmästä saatava toteutunut lämmitystarveluku kyseisessä kunnassa

Muut muuttajat ovat kuten kaavassa 2. /16/

3.4.3 Lämpimän käyttöveden osuus

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei ole juurikaan riippuvainen ulkolämpötilasta ja siksi sen osuus tulee erottaa normitettavasta lämmitysenergiankulutuksesta. Lämmitettävän käyttöveden vaatimaan energiamäärään sisältyvät varsinaisen käyttöveden lämmittämisen vaatiman energiamäärän lisäksi kiertojohtojen lämpöhäviöt. Ne ovat usein merkittäviä ja vanhoissa rakennuksissa käyttövedenlämmitykseen kuluva energiamäärä ja kiertojohtojen lämpöhäviöt saattavat olla samansuuruisia. /16/

Mikäli lämpimän käyttöveden lämmitysenergiankulutusta ei erikseen mitata, se voidaan arvioida. Käytettävissä olevat lähtötiedot määrittelevät arviointitavan.

Seuraavat arviointitavat on suunniteltu asuinkiinteistöille:

- Lämpimän käyttövedenkulutuksen ja kiertojohtojen lämpöhäviöiden voidaan olettaa olevan noin 30 - 40 % asuinrakennuksen vuotuisesta kokonaislämmitysenergiasta.
- Lämpimän käyttöveden kulutus ja kiertojohtojen lämpöhäviöt voi arvioida laskemalla keskimääräisen kuukausikulutuksen kesä-elokuun energiakulutuksen perusteella. Edellytyksenä on, että rakennuksen lämmitys ei ole päällä.
- Jos kulutetun lämpimän käyttöveden määrä on mitattu, sen lämmittämiseen kulunut energia voidaan laskea seuraavalla kaavalla 7:

$$Q_{\text{vesi}} = \rho \cdot c_p \cdot V \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{3600} \quad (7)$$

jossa	Q_{vesi}	= veden lämmittämiseen kuluva energia [kWh]
	ρ	= veden tiheys [1000 kg / m ³]
	c_p	= veden ominaislämpökapasiteetti [4,2 kJ / kg°C]
	V	= veden kulutus [m ³]
	t_2	= lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C
	t_1	= lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5...10 °C
	3 600	= yksikkömuunnoskerroin [kJ → kWh] /16/

3.4.4 Muut normitukseen vaikuttavat tekijät

Vertailtavuutta voidaan vielä parantaa huomioimalla esimerkiksi tietyt vakiokuormat ja ilmastoinnin käyntiajat. Sähkönkulutusta ei yleisesti huomioida kuin sähkölämmitteisissä rakennuksissa. Nämä kuitenkin vaativat usein tuekseen laskennallisia menetelmiä. /1/

3.5 Saatujen kulutustietojen esittäminen

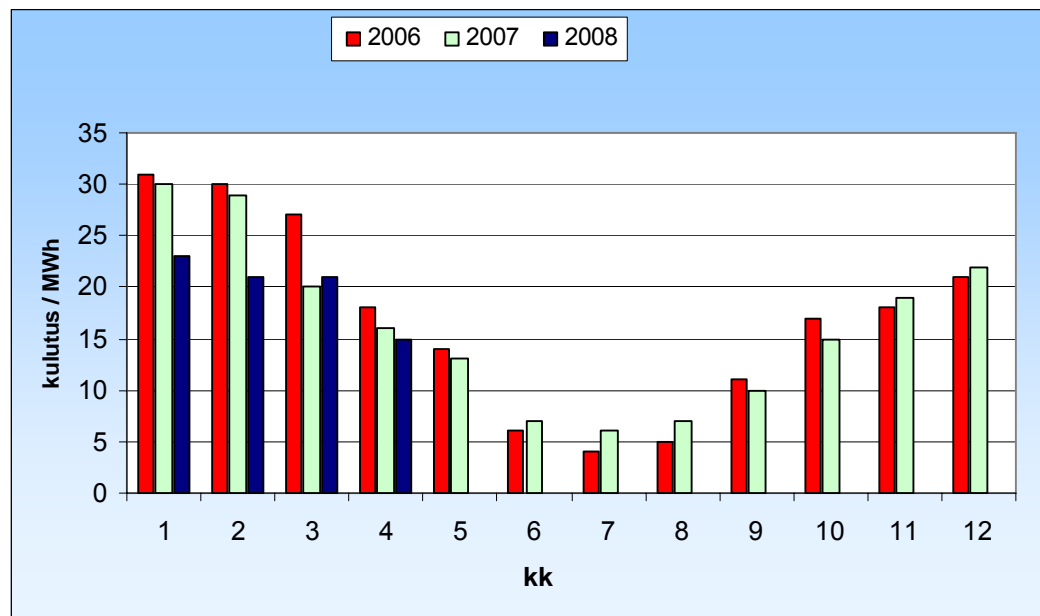
Kun kulutusseuranta toteutetaan valvomoympäristössä, on graafisilla käyttöliittymillä helppo toteuttaa havainnollista seuranta. Yleisin esitysmuoto kulutusseurannalle on pylvädiagrammit. Esitystavan tulee olla mahdollisimman selkeä ja havainnollinen, jotta muutokset kulutuspoikkeamissa voitaisiin nopeasti havaita. Kulutusseurannassa on hyvä yhdistää havainnollisen kuvaajan kanssa numeroin esitettäviä tietoja. Esimerkiksi taulukoissa voidaan esittää muun muassa ominaiskulutuksia, normeerattuja kulutuksia sekä kulutuksen huippu- ja minimiarvoja.

Kulutusseurannan käyttötarkoitus ja tavoite määrittävät seurannan tarkasteluvälin. Vakiintuneina ajanjaksoina on tähän asti ollut kalenterikuukausi ja kalenterivuosi. /2/ Kulutusta mittaavien järjestelmien kehityksen takia voidaan tarkastelujaksoiksi ottaa myös lyhyempiä ajanjaksoja, kuten tunti tai jopa minuutti. Tarvittaessa kulutusta voidaan seurata täysin reaaliajassa.

Käytännössä kuukausi- tai vuositasolla tapahtuva seuranta ei paljasta kulutuksissa tapahtuvia muutoksia riittävän nopeasti. Kuukausittaisesta seurannasta saatava hyöty saadaan usein liian myöhään, varsinkin jos vertailukohtina ovat edellisvuosien kulutukset. Kuukausittaisesta kulutusseurannasta saadaan kuitenkin

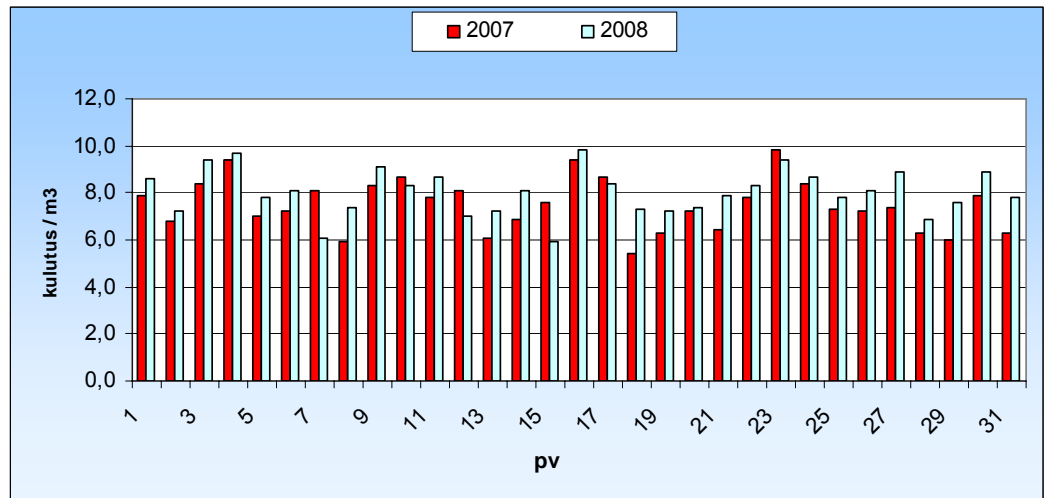
hyvä pohja yleisseurannalle. Kuukausittaisia toteutuneita kulutuksia voidaan vertailla tavoitearvoihin ja niiden pohjalta voidaan tehdä esimerkiksi talousarvioita.

Esittämällä kuvan 7 mukaisesti kunkin kuukauden toteutuneet energiankulutukset pylväsdiagrammeina verrattuna edellisvuosien toteutuneisiin kulutuksiin, voidaan tarkastella helposti kuukausikohtaisia kulutuksia. /1/



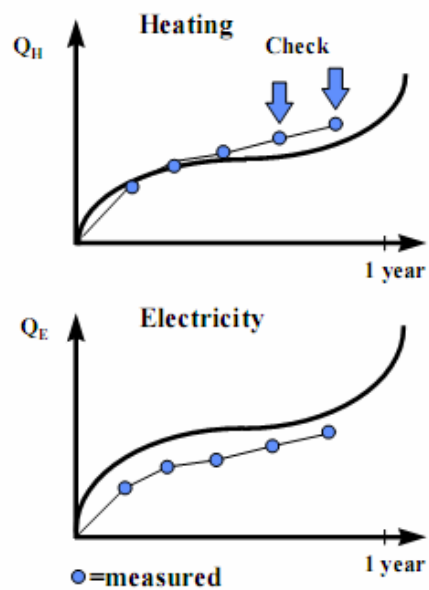
Kuva 7 Kuukausittainen lämpöenergian kulutuksen seuranta vuoden ajalta

Kun kulutuksia seurataan päivittäin, esimerkiksi viikon tai kuukauden ajalta, voidaan kulutuksissa tapahtuvien muutoksien perusteella havaita esimerkiksi ajankohta jolloin vikaantunut laite on nostanut kulutusta. Tällöin muun muassa vesivuotojen tai laitevikojen aiheuttamiin kulutusmuutoksiin voidaan reagoida paljon nopeammin kuin perinteisellä kuukausittaisella seurannalla. Kuvassa 8 on esitetty päivittäinen vedenkulutuksen seuranta kuukauden ajalta.



Kuva 8 Päivittäinen vedenkulutuksen seuranta kuukauden ajalta

Seurantakäyrät voivat kuvata kuluvan vuoden aikana kumuloituvaa kulutusta, kuten kuvassa 9 on esitetty. Toteutuneet kulutukset merkitään kuukausittain kuvaan. Vertaamalla näin syntynyttä käyrää voidaan havaita kulutusmuutokset verrattuna tavoitearvoon. Tällöin pystytään seuraamaan hyvin kokonaiskulutusta ja siinä tapahtuvia poikkeamia. /5/



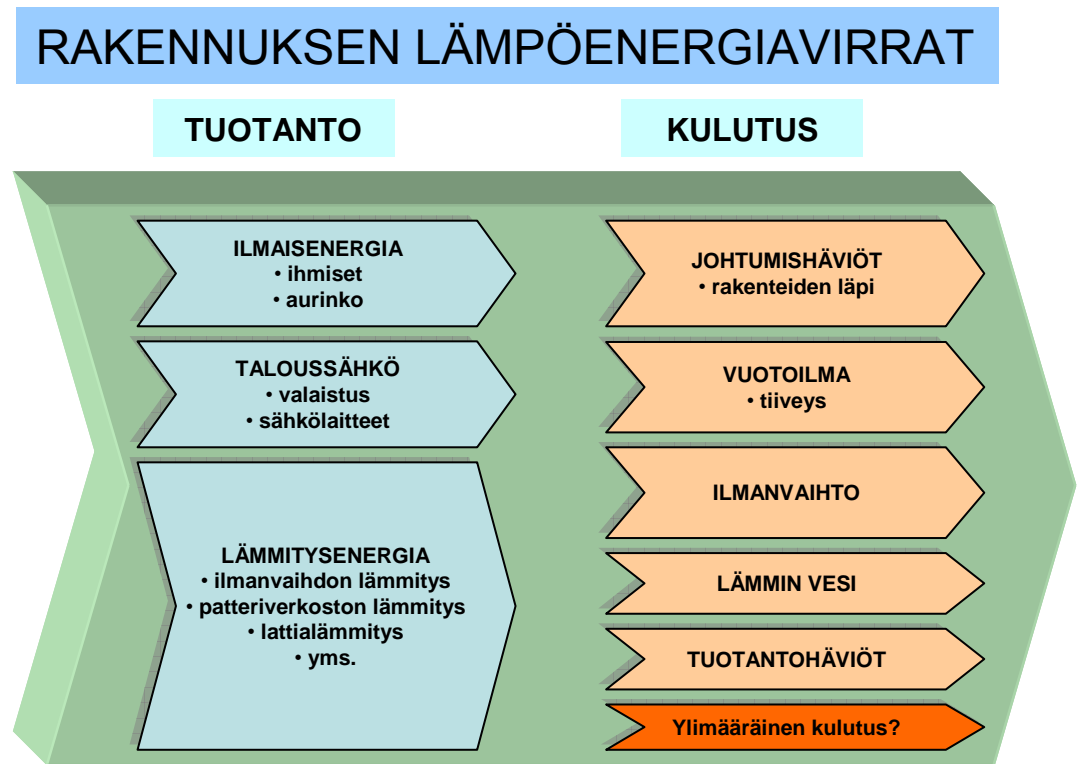
Kuva 9 Toteutuneiden kulutuksien vertaaminen tavoitearvoihin /5/

Tunti tai sitä lyhyemmän ajanjakson seuranta tekee mahdolliseksi siirtyä kulutusseurannasta energiatehokkuuden seurantaan. /6/ Tällöin kulutusta voidaan kuvata esimerkiksi trendikäyränä.

3.6 Tiedon analysointi ja hyödyntäminen

Energiatehokkuuden parantamisessa avainasia on tietää nykyinen energiankulutus ja tuntea kulutuksen aiheuttavat komponentit. Mitä tarkemmin kulutusta mitataan ja ennen kaikkea seurataan ja analysoidaan, sitä tarkemmin voidaan ongelmat havaita. /12/ Kulutusseuranta ei itsessään vähennä energiankulutusta vaan kulutusseurannan antamia tietoja tulee aktiivisesti seurata ja analysoida. Hyöty saavutetaankin vasta silloin kun havaittuihin kulutuspoikkeamiin reagoidaan oikealla tavalla.

Jotta kulutustietoja voidaan analysoida oikealla tavalla, tulee tuntea tekijät, jotka muodostavat rakennuksen kulutusprofiilin. Rakennuksen energiantarve koostuu käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen lämmitystarpeesta, sähköenergiantarpeesta ja jäähdytystarpeesta. Tarve katetaan järjestelmien siirtämällä lämpöenergialla, sähköenergialla ja jäähdytysenergialla sekä henkilöiden luovuttamalla lämpöenergialla, rakennukseen tulevalle auringon säteilyenergialla ja muilla lämpökuormilla. /8/ Kuvassa 10 on esitetty rakennuksen lämpöenergiavirrat, jotka muodostavat lämmöntuotannon ja -kulutuksen.



Kuva 10 Rakennuksen lämpöenergiavirrat

Kulutus on kokonaistase, jossa rakennukseen tuodaan joko osto- tai ilmaisenergiaa, ja se poistuu ilmavuotojen ja poistoilman mukana sekä lämpöhäviöinä vaipan läpi.

/1/ Kun tiedetään miten rakennuksen lämmitysenergia tuotetaan ja mistä rakennuksen kulutus koostuu, voidaan kulutusseurannan tuottamia tietoja analysoida oikein. Jos ylimääräistä kulutusta havaitaan, tulee aloittaa toimenpiteet, joilla voidaan selvittää mikä ylimääräisen kulutuksen on aiheuttanut.

Kun rakennuksen toteutunut kulutus haluttuna ajankohtana jaetaan tilavuudella tai lämmitetyllä bruttoalalla saadaan selville rakennuksen ominaiskulutus.

Rakennuksen ominaiskulutusta voidaan käyttää hyväksi laajemman rakennuskannan tilastoinnissa ja vertailuissa rakennustyypeittäin. /1/

Perinteisin kulutusseurannan toteutusmalli on kulutusvertailu. Toteutuneita kulutuksia verrataan aiempaan tai aiempiin kulutuksiin yleensä vuosi- tai kuukausitasolla. Vertailtavana suurena on usein joko kokonaiskulutus tai jokin

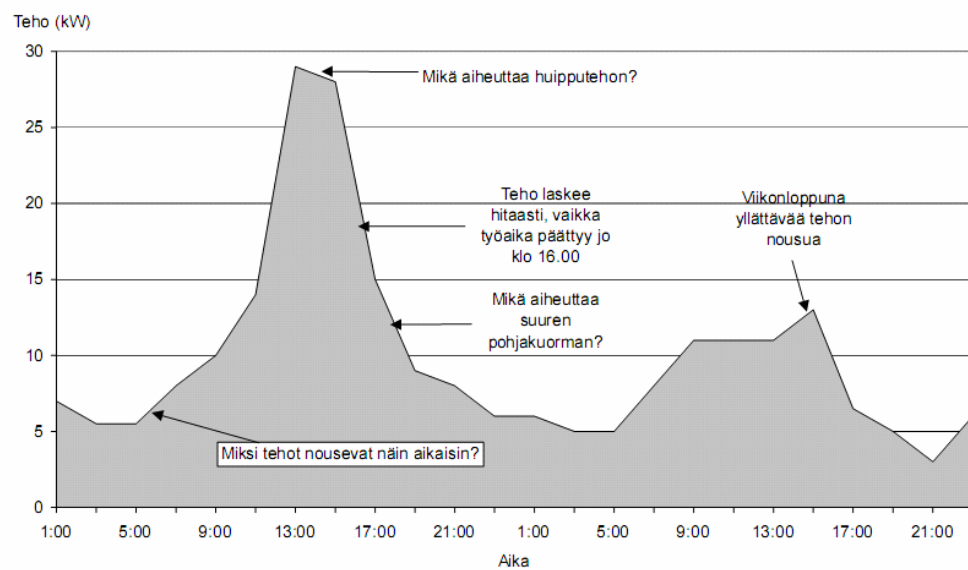
tekijään verrannollinen ominaiskulutus. Vertailun mittana voi olla esimerkiksi rakennustilavuus, Rm^3 ja vertailuyksikkönä kWh/Rm^3 . /2/ Tilastoiduista ominaiskulutuksista voidaan määritellä vertailuhaarukka halutulle rakennuskannalle tai -tyypille. Tämän avulla voidaan arvioida karkeasti päästäänkö rakennuksen toteutuneissa ominaiskulutuksissa yleisiin tavoitteisiin. /1/

Jos kiinteistön järjestelmien ylläpito on ollut kunnossa, ja tekniikka säädetty vastaamaan kiinteistön käyttötarkoitusta, voidaan edellisten vuosien kulutuslukemia käyttää hyvänä pohjana yleisseurannalle. /1/ Kuukausittaisten energiankulutus tavoitearvojen avulla voidaan havaita kiinteistössä tapahtuvat laite- tai käyttötekniisten vikojen aiheuttamat satunnaiset kulutuspoikkeamat. Lisäksi voidaan havaita systemaattisesti kuukaudesta toiseen toistuvat poikkeamat. /5/

Tunneittaisen tiedon avulla voidaan analysoida kiinteistöjen energia- ja vedenkulutuksia eri vuorokauden- tai vuodenaikoina. Tiedon avulla voidaan selvittää muun muassa,

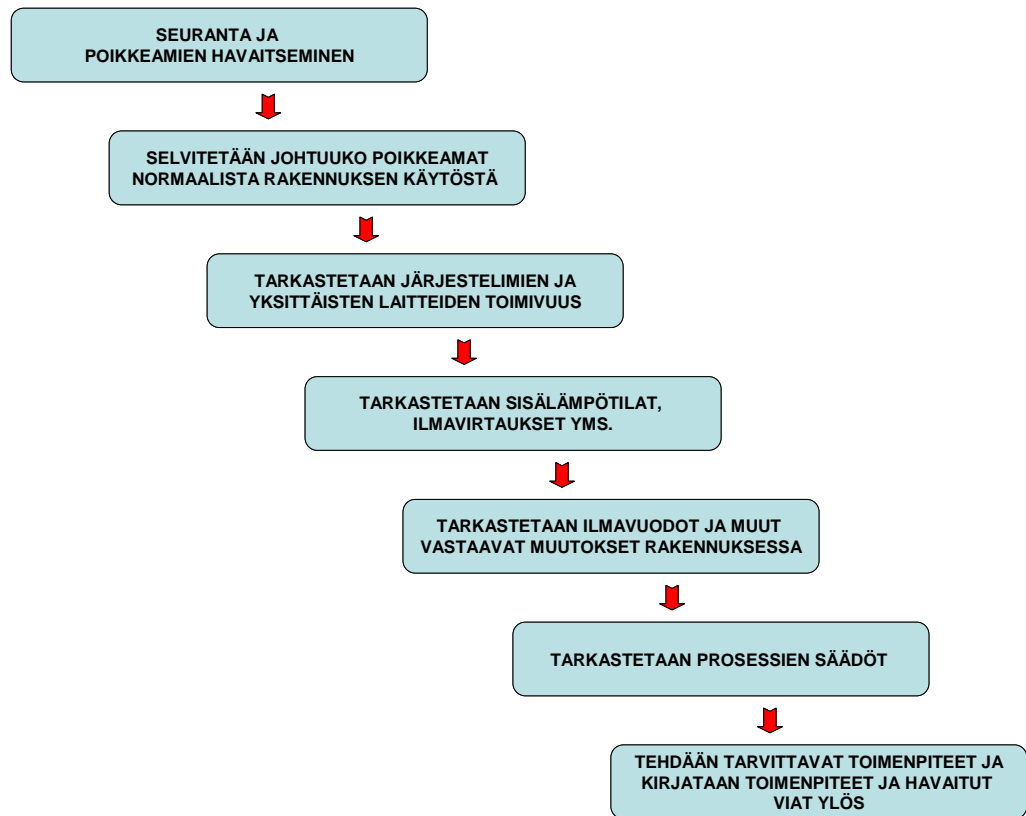
- kuormitusprofiilien jakautumista
- teho- ja kulutusvaihteluita
- ulkolämpötilan vaikutusta kulutukseen
- sähkölämmitysjärjestelmien vaikutusta kokonaissähkökulutukseen
- jäähdytysjärjestelmien vaikutusta kokonaissähkökulutukseen
- loisteho / pätöteho -suhdetta
- loistehon kompensointia
- vedenkulutuksen kulutuspiikkejä
- vesimittarien pysähtymistä yöaikaan. /6/

Tunneittaisen tai lyhyemmältä ajanjaksolta saadun tiedon avulla voidaan tutkia laitteiden ja kojeiden kuten ilmanvaihtokoneiden kuluttamaa energiaa ja saada selville esimerkiksi lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikainen toiminta. Kuvassa 11 on esimerkki tunneittaisen tiedon analysoinnista. Analysoimalla lämmitystä ja käyttöveden kulutusta voidaan arvioida lämpimän käyttöveden osuutta lämmityksen kokonaiskulutuksesta. /6/



Kuva 11 Esimerkki tunneittaisen tiedon analysoinnista /6/

Tiedon analysointi ja tuloksiin reagoiminen on kulutusseurannan tärkein osio olettaen että seurannasta on saatavissa riittävästi informaatiota. Tavoitteellisessa kulutusseurannassa tulisi olla suunnitellut toimintatavat kuinka toimitaan, kun poikkeamia havaitaan. Kuvassa 12 on esimerkki kuinka tällaisessa tilanteessa voitaisiin edetä.



Kuva 12 Esimerkki toimintatavasta kun kulutuspoikkeamia havaitaan

Havaittaessa kulutusseurantajärjestelmän avulla poikkeavia muutoksia normaalista kulutuksesta tulisi ensiksi ottaa selville onko rakennuksen käyttö muuttunut lähiaikoina esimerkiksi varmistamalla ilmastoinnin käyntiajat. Kun tunnetaan tekijät joista kyseisen rakennuksen pääsääntöinen kulutus koostuu, voidaan mahdollisia vikatekijöitä tarkastella paremmin. Energiaa kuluttavien laitteiden ja järjestelmien toimivuus sekä sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät kuten lämpötila ja ilmavirtaukset tarkastetaan. Ylimääräinen kulutus voi johtua myös rakenteellisista vioista joten ilmavuodot ja muutokset rakennuksen eristyksissä tulisi tarkastaa. Samoin prosessien säädöt tarkastetaan. Kun on toimittu ohjeistetulla toimintatavalla, viat voidaan nopeammin ja varmemmin paikallistaa ja ryhtyä toimenpiteisiin. Rakennusautomaatiojärjestelmän lokiin kirjataan havaitut viat ja tehdyt toimenpiteet. Tämä auttaa jatkossa rakennuksen ylläpitoa.

3.7 Raportointi

Historiatietoihin kerrytyistä tiedoista voidaan muodostaa halutuun määrään raportointia. Seurantatiedoista koostetut raportit ovat tehokas keino tarkkailla kiinteistön ja sen teknisten laitteiden ja prosessien toimintaa. Valvomoiden graafiset käyttöliittymät mahdollistavat seurantatietojen esittämisen selkeinä kaavioina ja taulukoina. /1/ Kulutustiedoista voidaan tuottaa myös kustannustietoa kuten talousarvioraportteja ja liitteitä toimintakertomuksiin. Kiinteistöt voidaan ryhmitellä koko ja käyttötarkoitusten mukaan ja verrata niiden energian- ja vedenkulutuksia ja -kustannuksia. /6/

Hyvässä kulutusseurantaohjelmassa tai -järjestelmässä tulee olla monipuoliset numeeriset ja graafiset raportointimahdollisuudet. Raporttien yksityiskohdat määritellään kohteiden käyttötarkoitusten perusteella. Raportointi voi sisältää sähkö- ja lämpöenergian- sekä vedenkulutuksen raportteja vuosi-, kuukausi-, viikko- tai päivätasolla. Käyttötarkoituksesta riippuen raportoinnissa voidaan keskittyä erityisesti esimerkiksi kiinteistön ominaiskulutukseen, kulutustrendiin tai tavoitearvojen vertailuihin. /6/

Mikäli seurantaraportti ei vastaa tarpeita, sen käyttökään tuskin on tehokasta. Raportoinnin sisältöä suunniteltaessa tulee muistaa, että esimerkiksi isännöitsijälle tulee antaa palautetietoa energiankulutuksista eri tavalla esitettynä kuin ammattitaitoiselle kiinteistöhoitajalle. Tyypillisesti kaikkien järjestelmien tuottamat raportit voidaan vähintään tulostaa paperille. Tapauksesta riippuen tulosteessa on erilaiset määrät tietoa kiinteistön perustiedoista, kulutuksen grafiikasta aina kulutuksen vertailuun ja hälytyksiin saakka. Useimmissa tapauksissa mittaushistoriaa voidaan tarkastella myös tietokoneen näytöllä. /5/

Internet-etävalvomon yhteyteen toteutetulla kulutusseurannan raportoinnilla on etuna se, että sen sisältöä voidaan muokata tarpeen mukaan. Raportin sisällössä voidaan keskittyä olennaiseen informaatioon ja raportin havainnollisuus paranee.

Tämän tyyppinen raportointimalli antaa jatkossa paremmat mahdollisuudet sopeuttaa kiinteistöjen tiedot kulloisenkin tarpeen mukaisesti. /5/

4 ENERGIANKULUTUSSEURANNAN SISÄLLÖN MÄÄRITTELY

Energiankulutuksen seurannan suunnittelu HH-TaloVarma-järjestelmän yhteyteen toteutettiin, jotta valvontalaitteen ominaisuuksia kehitettäisiin tämänhetkisiin tarpeisiin. Toimivan kulutusseurannan liittämällä nykyiseen valvomojärjestelmään saadaan lisäksi parannettua valvontalaitteen käyttöarvoa. Kulutusseurannan toteutus ei tuo merkittäviä lisäkustannuksia, koska seuranta ja raportointi voidaan toteuttaa ohjelmallisesti internet-valvomoon.

Kulutusseuranta suunniteltiin erityisesti useita kiinteistöjä hallinnoivien ja huoltavien organisaatioiden, kiinteistöjen isännöitsijöiden ja huoltohenkilökunnan käyttöön. Lähtökohtana sisällön suunnittelulle oli toteuttaa selkeä ja helppokäyttöinen kulutuksen raportointi, joka olisi vaivattomasti käytettävissä. Selainpohjaisuus mahdollistaa helppokäyttöisen ja selkeän esitystavan, koska voidaan käyttää erilaisia valikkorakenteita sekä graafisia kuvia ja taulukoita. Seurannan päätarkoituksena on olla tukena oman kiinteistön energiatehokkuuden vertailussa muihin kiinteistöihin, auttaa laitteiden ja järjestelmien toimintahäiriöiden havainnoinnissa ja tuoda esiin tehtyjen energian säästöön liittyvien toimenpiteiden vaikutuksia.

4.1 HH-TaloVarman kulutusseurannan sisällön määrittely

Kulutusseurannan määrittelyssä huomioidaan muun muassa esitystapa, jolla seuranta toteutetaan, graafiset ja numeroin esitettävät tiedot, seurantajaksot sekä vertailu- ja tavoitearvot. Määrittely luo pohjan seurannan ja raportoinnin toteutukselle.

4.1.1 Esitystapa

Kulutusseuranta on omana osionaan selainpohjaisessa valvomoympäristössä. Helppokäyttöisyyttä ja selkeyttä haettaessa seuranta toteutetaan yhdellä pohjalla, jossa voidaan alavetovalikoin valita seurattava energiamuoto ja seuranta-ajankohta. Päänäkymässä on kohteen yleiset tiedot, joista selviää

- kohteen nimi ja osoite
- rakennustyyppi ja rakentamisvuosi
- lämmitysmuoto
- asuntojen määrä ja lämmitettävä rakennustilavuus.

Kyseinen seurantapohja on pohjana myös kulutuksen raportoinnille. Kuvassa 13 on esillä seurannan päänäkymä ja alavetovalikkojen rakenne.

HH-TaloVarma, Kulutusseuranta		HH-kiinteistöpalvelut Oy		PÄIVÄMÄÄRÄ: 29.4.2008	
KOHDE: As Oy Mallikohde	OSOITE: Mallikohteenkatu 12 A 12, 33300 TAMPERE	KIINTEISTÖTYYPPI: Rivitalo			
RAKENNUSVUOSI: 1996	ASUNTOJEN MÄÄRÄ: 21	LÄMM. RAKENNUSTILAVUUS: 5915 m ³	LÄMMITYSMUOTO: Kaukolämpö		
ENERGIAMUOTO	SEURANTAJAKSO	VUOSI	KUUKAUSI	VK	
Lämpöenergiankulutus Vedenkulutus Sähköenergiakulutus	Vuosi Kuukausi Viikko	v.2008 v.2007 v.2006	Tammikuu Helmikuu Maaliskuu Huhtikuu Toukokuu Kesäkuu Heinäkuu Elokuu Syyskuu Lokakuu Marraskuu Joulukuu	vk.8 vk.9 vk.10 vk.11 vk.12 vk.13 vk.14 vk.15 vk.16 vk.17 vk.18 vk.19	

Kuva 13 Kulutusseurannan päänäkymä ja valikkorakenne

Eri seurantajaksoja ovat vuosi, kuukausi, viikko sekä tunneittainen keskikulutus. Vuositaso on jaettu kalenterikuukausiin ja vastaavasti kuukausi- ja viikkotasot päiviin. Eri energiamuodoilla seurataan kulutusta eri tarkkuuksilla seuraavasti:

- Lämpöenergia: vuosi- ja kuukausitaso
- Vedenkulutus: vuosi-, kuukausi- ja viikkotasot sekä tunneittainen keskikulutus
- Sähköenergia: vuosi-, kuukausi- ja viikkotasot sekä tunneittainen keskikulutus

Seurantamallissa kulutusta voidaan seurata energiamuodoittain. Kulutus esitetään sekä graafisesti pylväsiagrammeina että numeroin. Graafista esitystapaa voidaan hyödyntää sekä kulutusmuutoksien että -poikkeamien havainnointiin ja numeroin esitettyjä kulutuksia kulutustietojen vertailuun sekä historiaseurantaan. Numeroin esitettäviä kulutustietoja ovat,

- toteutuneet kokonaiskulutukset eri ajanjaksoina
- toteutuneet ominaiskulutukset eri ajanjaksoina, esimerkiksi kWh/Rm³
- muutokset vertailuarvoihin prosentteina
- kulutusten huippu- ja minimiarvot
- keskimääräiset kulutukset tiettyinä ajan jaksoina, esimerkiksi l/as/vrk.

Esitettävät kulutustiedot ja seurantajaksot eri energiamuodoilla on valittu yksilöllisesti. Tämä siksi, että saavutettaisiin mahdollisimman selkeä, mutta vastaavasti kutakin seurattavaa energiamuotoa riittävästi informoiva esitystapa. Esimerkiksi lämpöenergian seurannassa ei ole oleellista tarkkailla kulutusta kuukautta lyhyemmillä ajanjaksoilla, koska kulutustiedot eivät olisi enää kovin vertailukelpoisia. Vastaavasti veden- ja sähkönkulutuksen hyödyt saavutetaan vasta tiheämmällä seurannalla, joten veden- ja sähkönkulutusta seurataan tarkemmin.

Seuraavaksi selitetään tarkemmin kulutusseurannan sisältö energiamuodoittain. Liitteessä 2 on suunnitelman mukainen malli kulutusseurannasta energiamuodoittain.

4.1.2 Lämpöenergian kulutuksen seuranta

Lämpöenergian seurannan avulla tarkkaillaan rakennuksen ominaiskulutusta ja vertaillaan toteutuneita kulutuksia tavoitearvoihin. Tavoitearvot voidaan määrittellä esimerkiksi laskemalla rakennuksen lämmitystarve tai vertailemalla kulutuksia vastaavanlaisien rakennustyyppien ominaiskulutuksiin. Toteutuneet kokonaiskulutustiedot antavat lisäksi tietoa kiinteistön talousarvioiden tekemiseen. Seurannan avulla havainnollistetaan erilaisten muutosten vaikutusta lämpöenergian kulutukseen. Tällaisia asioita ovat muun muassa liian korkeiden huonelämpötilojen laskeminen tai rakennuksen huonontuneesta tiiviydestä johtuva kulutuksen kasvaminen.

Toteutuneet lämpöenergian kulutukset esitetään myös normeerattuna. Normeeraus suoritetaan omaan paikkakuntaan verraten, koska pääkohteena ovat samalla alueella olevat kiinteistöt. Tällöin kulutustietoja voidaan vertailla samalla paikkakunnalla olevien vastaavien rakennusten kulutuksiin. Toteutuneista kulutuksista esitetään myös kiinteistön ominaiskulutus rakennustilavuuteen nähden. Tämä helpottaa kulutustietojen vertailua eri rakennuksien välillä. Vuositason seuranta antaa yleiskuvaa rakennuksen lämpöenergian kulutuksesta ja kustannustietoa talousarvioiden tekemiseen. Kuukausitason seurannalla voidaan tarkastella tarkemmin rakennuksen lämpöenergian kulutusta.

Vertailtavuutta parantamaan on toteutuneista kulutuksista laskettu kiinteistön ominaiskulutus rakennustilavuutta Rm^3 kohden. Tämä antaa hyvän kuvan rakennuksen energiatehokkuudesta. Kyseistä rakennusta vastaavalle

rakennustyypille määritellään vertailuhaarukka, johon toteutuneita ominaiskulutuksia verrataan.

Mikäli poikkeavista kulutusmuutoksista halutaan tuottaa hälytyksiä, voidaan kulutusmuutoksille asettaa vaihtelurajat joiden ylittyessä rakennusautomaatiojärjestelmä tuottaa hälytyksen. Liitteessä 2 kuvissa 1–2 esitetään tarkemmin lämpöenergian kulutusseurannan sisältö.

4.1.3 Vedenkulutuksen seuranta

Seurannan tarkoitus on antaa tietoa rakennuksen vedenkäytön kulutustrendistä. Vedenkulutuksen seurannasta saatavia voidaan hyödyntää myös mahdollisten vesivuotojen, kuten vuotavien hanojen ja WC pönttöjen tai putkistovaurioiden havaitsemiseen. Seurantatiedoista on pystyttävä havaitsemaan normaalista kulutuksesta poikkeavat muutokset. Mahdollisia vuotokohtia voidaan havaita kun tarkkaillaan kulutusta ajankohtina, jolloin voidaan olettaa että kulutus on hyvin pieni tai sitä ei ole olleenkaan. Tämä tarkoittaa sitä, että seuranta tulee olla mahdollista myös lyhyemmällä aikavälillä.

Saaduista vedenkulutustiedoista saadaan myös tarkempaa osviittaa talousarvioiden suunnitteluun. Kun vedenkulutus rakennuksen aktiivikäyttöajan ulkopuolella, ylittää asetellun raja-arvon järjestelmä tekee hälytyksen. Liitteessä 2 kuvissa 3–6 esitetään tarkemmin vedenkulutuksen seurannan sisältö.

4.1.4 Sähköenergian kulutuksen seuranta

Sähköenergian kulutuksen seurannasta saatavia tietoja voidaan käyttää kannustamaan tehokkaampaan energian käyttöön. Vedenkulutuksen lisäksi myös sähkönkulutuksen tiedot on tärkeää välittää käyttäjille. Näin ollen käyttäjät voivat esimerkiksi muuttaa kulutustottumuksiaan. Kulutuskäyttäytymisen muutoksilla saaduista hyödyistä voidaan seurannan avulla osoittaa mahdollisesti toteutuneita säästöjä. Tämä edesauttaa vähentämään ylimääräistä kulutusta. Liitteessä 2 kuvissa 7–10 esitetään tarkemmin sähköenergian kulutusseurannan sisältö.

4.2 Kulutusseurannan raportointi

HH-TaloVarma-järjestelmän kulutusseurannan raportointi toteutetaan web-selaimella toimivan valvomo-ohjelman yhteyteen. Käytännössä jo itse seuranta tapahtuu raportointipohjalla ja seurattavan energiamuodon ja ajankohdan voi itse valita tulostettavaan raporttiin. Raportti sisältää muun muassa

- kiinteistön kohdetiedot ja päivämäärät
- seurattavan energiamuodon
- ajanjakson jolla kulutusta seurataan
- graafisesti ja numeroin esitettävät kulutustiedot.

Raportointi on mahdollista tulostaa suoraan internet-selaimen näkymästä. Historiatiedot tallentuvat kolmen vuoden ajalta ja raportti on tarkasteltavissa ja tulostettavissa aina halutulta ajanjaksolta. Etuna on, ettei kulutusraportteja tarvitse säilyttää paperimuodossa. Raportoinnit voidaan tarvittaessa lähettää myös automaattisesti esimerkiksi asiakkaan sähköpostiin.

5 YHTEENVETO

Kulutustietojen automaattinen etäluenta tehostaa kulutustietojen keräämistä. Sillä voidaan välttää luentavirheitä ja puuttuvia mittariluentoja. Välttämällä tietojen syöttöä tai tietojen siirtoa käsin myös mahdolliset virheet luennassa voidaan minimoida. Tällä tavoin taataan myös säännöllinen kulutustietojen seuranta.

Tehokas kulutusseuranta edellyttää automatisoitujen välineiden ja modernin etävalvomom käyttöä. Automaattinen mittariluenta mahdollistaa sen, että reaaliaikaiset kulutustiedot ovat aina saatavilla. Lähtökohta energiatehokkaaseen kiinteistöjen käyttöön on lisäksi aktiivinen kulutustietojen käyttö. Seurannan avulla pystytään reagoimaan nopeammin epätavallisiin tilanteisiin sekä tarkastelemaan kulutusta yksityiskohtaisemmin. Lisäksi seurannan hyödyt voidaan tuoda esille ja tällä tapaa osoittaa, että oikealla kiinteistön hoidolla saavutetaan säästöjä.

Mikäli kulutustietoja hyödynnetään hyvin, voidaan seurannalla optimoida kiinteistön energiankäyttöä. Kulutusseuranta ei itsessään vähennä energiankulutusta, mutta seurannan avulla voidaan kiinnittää huomiota puutteisiin, jotka aiheuttavat ylimääräistä kulutusta. Kulutusseurannasta saatuja tietoja voidaan käyttää yhdessä esimerkiksi energiakatselmuksista saatujen tuloksien kanssa. Tällä tapaa voidaan nähdä, minkälainen on rakennuksen toteutunut kulutus laskennalliseen energiantarpeeseen nähden ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin.

Jotta kulutusseuranta hyödynnettäisiin oikealla tavalla, tulisi kulutusseurannasta toteuttaa kiinteistökohtainen suunnitelma. Toimintasuunnitelmassa otettaisiin huomioon niin määräajoin suoritettava kulutusseuranta kuin toimintatavat kulutuspoikkeamia havaittaessa. Lisäksi tulisi huomioida kuinka kulutustietoja välitetään kiinteistön asukkaille ja käyttäjille.

Viranomaismääräykset edesauttavat työssä tarkasteltujen järjestelmien käytön lisääntymistä. Energiankäytön optimoinnin tärkeys käy ilmi energiamääräyksistä ja sitä koskevista laeista. Syynä tähän ovat sekä vähenevät luonnonvarat että tarve suosia ja käyttää energiatehokkaita ratkaisuja kustannusten pitämiseksi mahdollisimman alhaisella tasolla. Energiansäästöön tähtäävien toimenpiteiden aloittamiseen tullaan tulevaisuudessa mahdollisesti kannustamaan esimerkiksi verohelpotuksien avulla.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet:

1. Bamberg, Harri – Jussila, Tuomas – Laaksonen, Tero – Piikkilä, Veijo – Sahala, Antti – Sahlstén, Toivo – Spangar, Tapani – Sulku, Jukka, Kiinteistövalvomot. Raateluersio, kevät 2008.
2. Kara, Reijo, ST 95.81 Energian kulutuksen seuranta. Sähköinfo Oy. Espoo 2003. 6 s.
3. Kara, Reijo, ST 95.82 Energian kulutus- ja kustannusarvion laadinta ja seuranta. Sähköinfo Oy. Espoo 2003. 10 s.
4. Kontio, Matti, ST 699.10 Kiinteistöjen kaukovalvonta ja ilmoitusten siirto. Sähköinfo Oy. Espoo 2007. 12 s.
5. Leskinen, Mia – Paiho, Satu – Mustakallio, Panu, Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen rakennusten energiatietoisien käytön apuvälineenä. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Espoo 2000. 63 s.
6. Rakennustietosäätiö, LVI 014-10379 Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen tunneittainen seuranta. 2004. 4 s.
7. Sulku, Jukka, ST 710.10 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen. Sähköinfo Oy. Espoo 2007. 11 s.
8. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ympäristöministeriö 2007. 72 s.
9. VTT, Energy Use, Visions and Technology Opportunities in Finland. Edita. Helsinki 2007. 234 s.

Painamattomat lähteet:

10. HH-kiinteistöpalvelut Oy:n sisäinen materiaali liittyen HH-TaloVarma-kiinteistöjenvalvontalaitteeseen.

Sähköiset lähteet:

11. CEN -standardit energiatehokkuusdirektiivin käyttöönoton tukena EU – maissa. [www-sivu] [viitattu 01.05.2008]. Saatavissa: EPBD Buildings Platform, Rakennusten energiatehokkuusdirektiivien tietohuolto, <http://www.buildingsplatform.com>
12. Energiakolmio Oy. [www-sivu] [viitattu 01.05.2008]. Saatavissa: <http://www.energiakolmio.fi/>
13. FF-Automation Oy. [www-sivu] [viitattu 01.05.2008]. Saatavissa: <http://www.ff-automation.com>
14. HH-kiinteistöpalvelut Oy. [www-sivu] [viitattu 02.04.2008]. Saatavissa: <http://www.hhkp.fi>

15. Ilmatiteen laitos. [www-sivu] [viitattu 15.04.2008]. Saatavissa:
<http://www.fmi.fi>
16. Lämmitystarveluku esite. [www-sivu] [viitattu 01.05.2008]. Saatavissa:
<http://www.motiva.fi/julkaisut/kiinteisto-japalveluala/>
17. Motiva Oy. [www-sivu] [viitattu 03.04.2008]. Saatavissa:
<http://www.motiva.fi>
18. SFS-Standardisointi. [www-sivu] [viitattu 12.05.2008]. Saatavissa:
<http://www.sfs.fi>
19. Suomen Talokeskus Oy. [www-sivu] [viitattu 15.04.2008]. Saatavissa:
<http://www.suomentalokeskus.fi/>
20. Taloyhtiö.net. [www-sivu] [viitattu 30.04.2008]. Saatavissa:
<http://www.taloyhtio.net/>
21. Tilastokeskus, Rakennuskantatilasto 2006. [www-sivu] [viitattu 11.05.2008]. Saatavissa:
http://www.stat.fi/til/rak/2006/rak_2006_2007-05-23_tie_001.html
22. Työ- elinkeinoministeriö. [www-sivu] [viitattu 06.05.2008]. Saatavissa:
<http://www.tem.fi/>
23. Ympäristö.fi, Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. [www-sivu] [viitattu 15.04.2008]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Artikkelit:

24. Asuntojen energiankäytölle tulee toinenkin kiristyskierros, Tekniikka ja Talous-lehti. [www-sivu][viitattu 22.09.2008]. Saatavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/article77408.ece>
25. Kärkkäinen, Kirsi. Energiamittaus automatisoituu lähivuosina, Energia-lehti 6/2007. [lehtiartikkeli].

Lämmitystarveluvun (S17) laskeminen

▪ oletettu sisälämpötila 17 °C (muu lämpö saadaan mm. taloussähköstä, ihmisistä ja auringosta)

▪ Laskentakaava:

$$S_{17^{\circ}\text{C}} = T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulkolämpötilakeskiarvo}}$$

▪ Kuukausittainen lämmitystarveluku saadaan kun päivittäiset lämmitystarveluvut lasketaan yhteen. Laskennassa ei kuitenkaan oteta huomioon päiviä, jolloin keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. Tällöin oletetaan, että kiinteistöjen

▪ esimerkiksi

	ma	ti	ke	to	pe	la	su
$T_{\text{keskiarvo}} / ^{\circ}\text{C}$	8	7	11	6	7	9	8

	ma	ti	ke	to	pe	la	su	yhteensä
$S_{17^{\circ}\text{C}}$	9	10	6	11	10	8	9	63

KÄYTTÖVEDEN LÄMMITTÄMISEEN KULUVA ENERGIA

- Laskentakaava:

$$Q_{\text{lämmin käyttövesi}} = \rho \cdot c_p \cdot V \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{3600}$$

$Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$ = veden lämmittämiseen kuluva energia [kWh]

ρ = veden tiheys [1000 kg/m³]

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2 kJ/kg°C]

V = vedenkulutus [m³]

t_2 = lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C

t_1 = lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5...10 °C

3 600 = yksikkömuunnoskerroin [kJ→kWh]

- Lähtöarvot:

$$\begin{aligned} t_1 &= 7 \text{ °C} \\ t_2 &= 55 \text{ °C} \end{aligned}$$

	2007	tammi	helmi	maalis	huhti
V / m^3	3 006	265	229	235	247

- Tulokset:

	2007	tammi	helmi	maalis	huhti
$Q_{\text{lämminvesi}} / \text{MWh}$	168,3	14,8	12,8	13,2	13,8

NORMITUS KUN VERRATAAN SAMAN RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUSTA ERI AJANKOHTINA

• Laskentakaava:

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \cdot Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus [kWh]

$Q_{\text{toteutunut}}$ = rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia [kWh]

Q_{kok} = rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus [kWh]

$Q_{\text{lämminkäyttövesi}}$ = lämpimän käyttöveden energiankulutus [kWh]

$S_{N \text{ vpkunta}}$ = normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

• Lähtöarvot:

	2007	tammi	helmi	maalis	huhti
$Q_{\text{toteutunut}} / \text{MWh}$	194,0	23,0	21,0	21,0	15,0
$Q_{\text{lämmink.vesi}} / \text{MWh}$	168,3	14,8	12,8	13,2	13,8
$S_{N \text{ vpkunta}}$	4 502	734	681	614	411
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	4 062	576	528	588	349

• Tulokset:

	2007	tammi	helmi	maalis	huhti
$Q_{\text{norm}} / \text{MWh}$	196,8	25,2	23,4	21,3	15,2

• Rakennuksen ominaiskulutus (lämpöindeksi): **33,3 kWh / m³**

NORMITUS JYVÄSKYLÄÄN

- Laskentakaava:

$$Q_{\text{norm}} = k_2 \cdot \left(\frac{S_{\text{N vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \right) \cdot Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

k_2 = paikkakunta-kohtainen korjauskerroin Jyväskylään

$S_{\text{N vpkunta}}$ = normaalivuoden tai -kuukauden (1971-2000) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

- muut muuttujat kuten edellä

- Lähtöarvot:

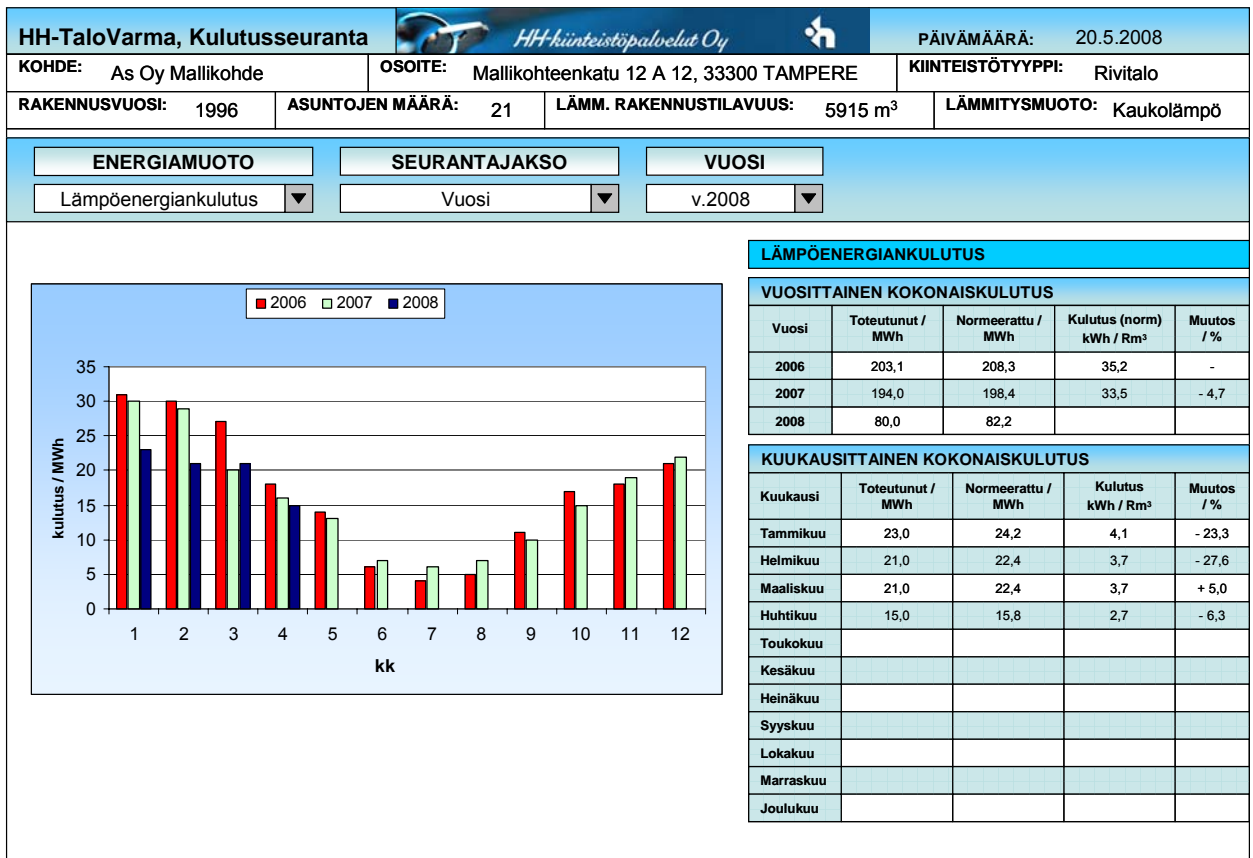
$$k_2 = 1,08$$

	2007	tammi	helmi	maalis	huhti
$Q_{\text{toteutunut}} / \text{MWh}$	194,0	23,0	21,0	21,0	15,0
$Q_{\text{lämmink.vesi}} / \text{MWh}$	168,3	14,8	12,8	13,2	13,8
$S_{\text{N vpkunta}}$	4 502	734	681	614	411
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	4 062	576	528	588	349

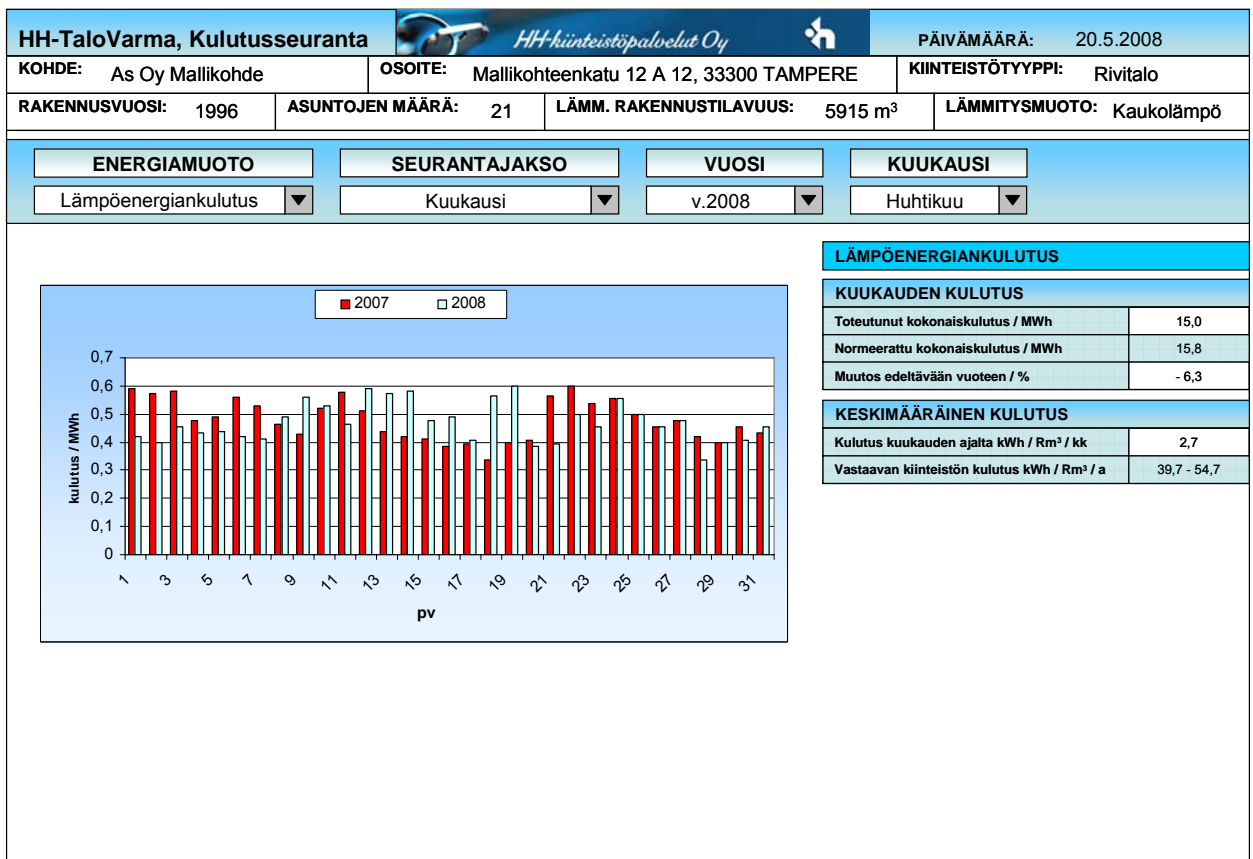
- Tulokset:

	2007	tammi	helmi	maalis	huhti
$Q_{\text{norm}} / \text{MWh}$	199,1	26,1	24,2	22,0	15,3

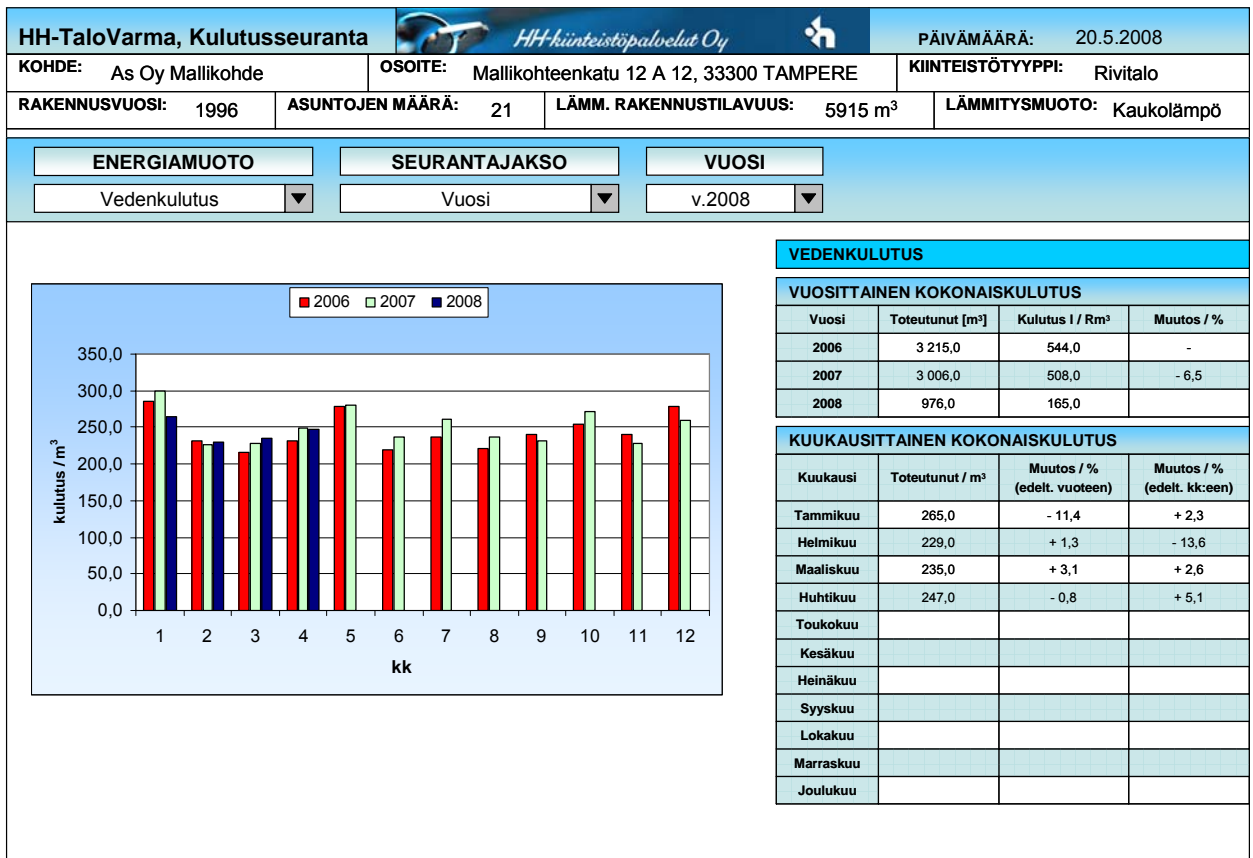
- Rakennuksen ominaiskulutus (lämpöindeksi): 33,7 kWh / m³



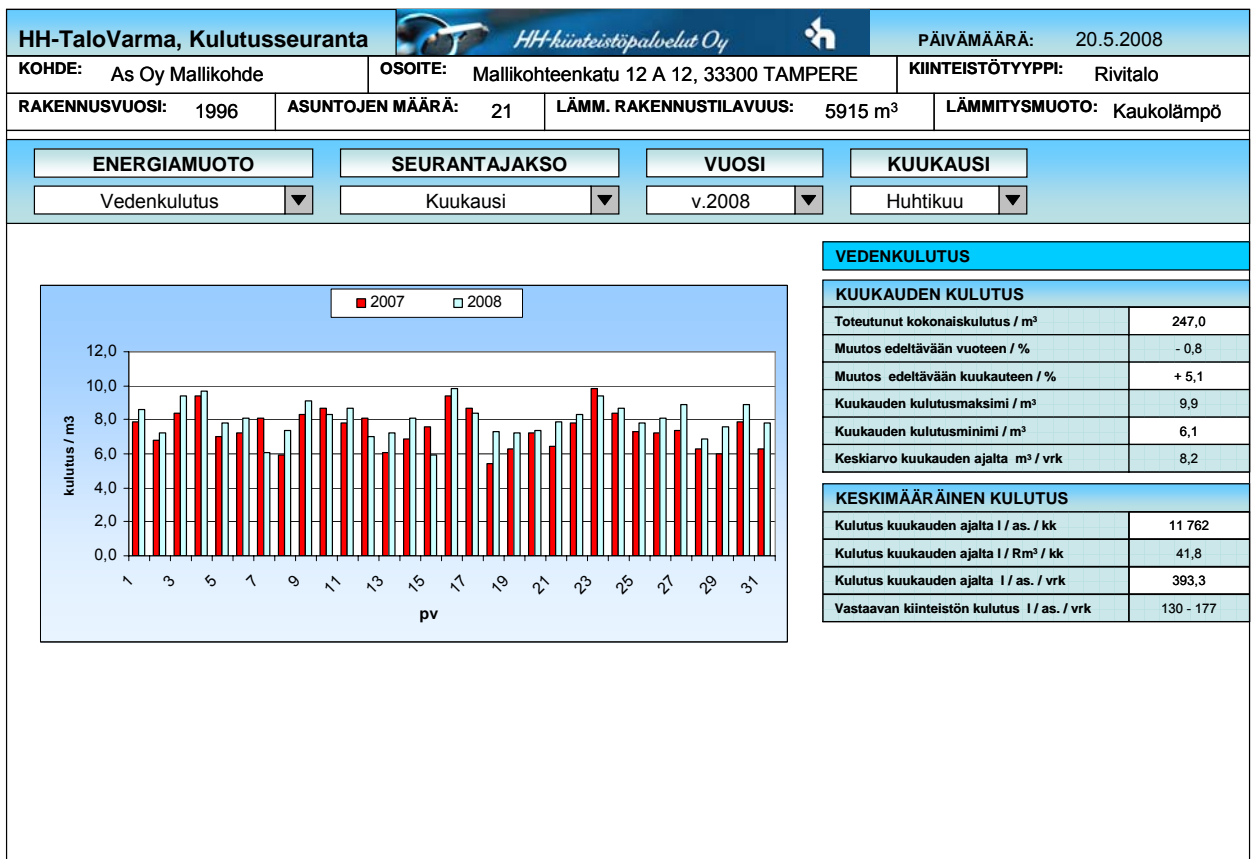
Kuva 1 Lämpöenergian kulutusseuranta vuositasolla



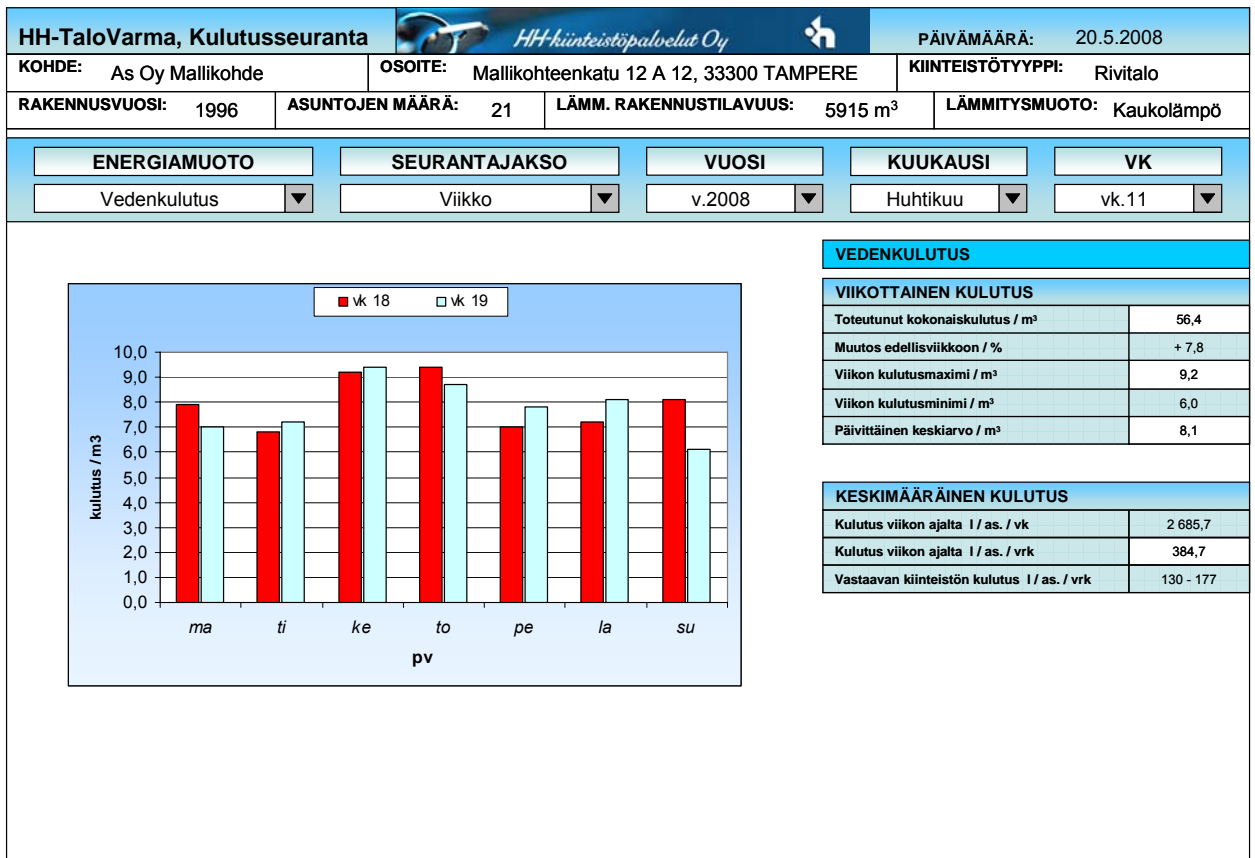
Kuva 2 Lämpöenergian kulutusseuranta kuukausitasolla



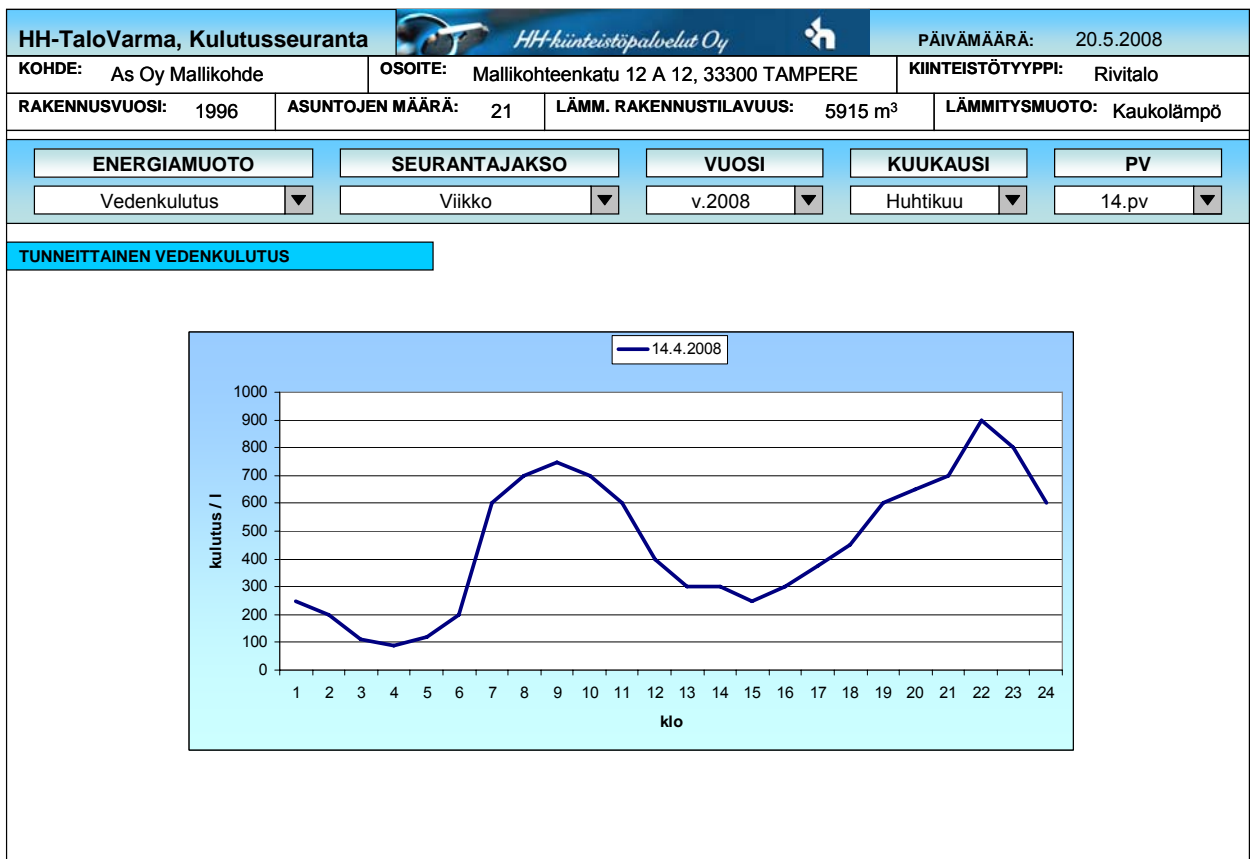
Kuva 3 Vedenkulutuksen seuranta vuositasolla



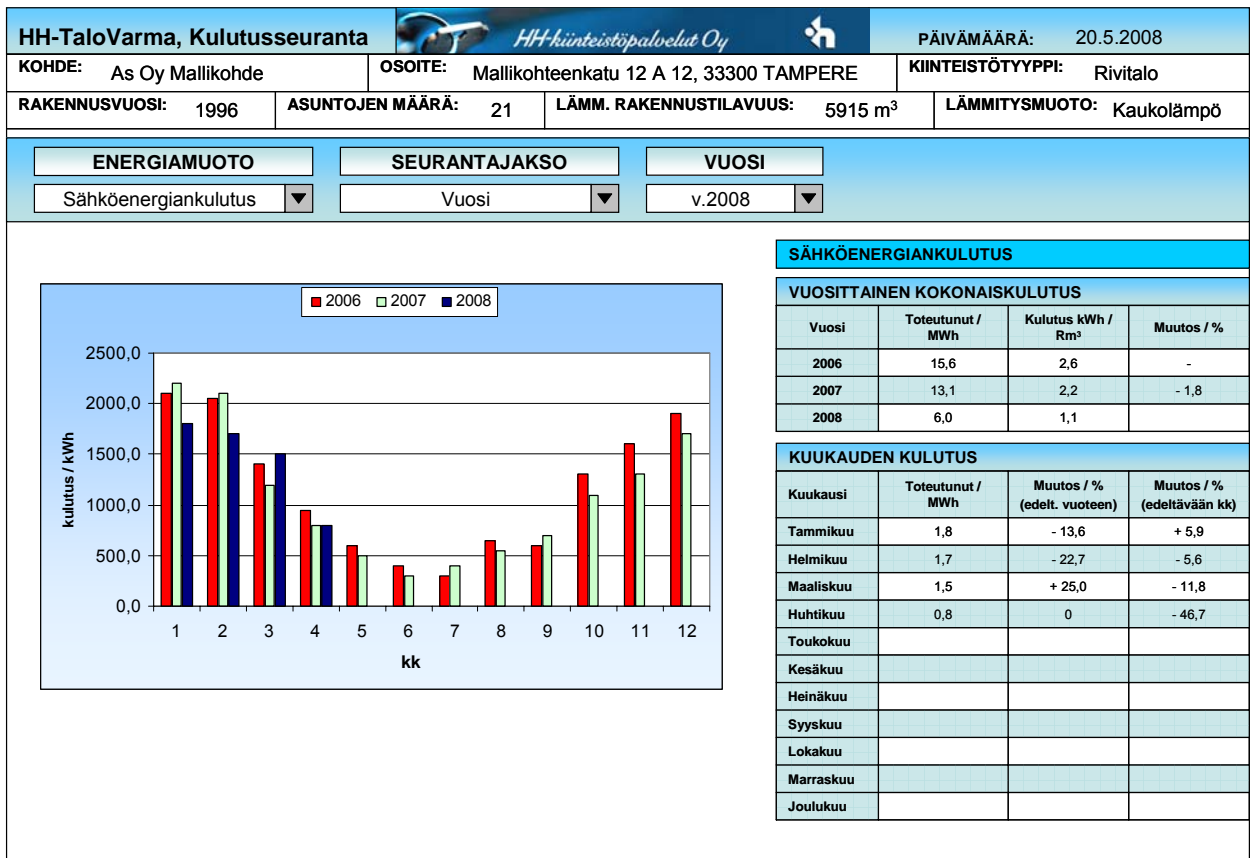
Kuva 4 Vedenkulutuksen seuranta kuukausitasolla



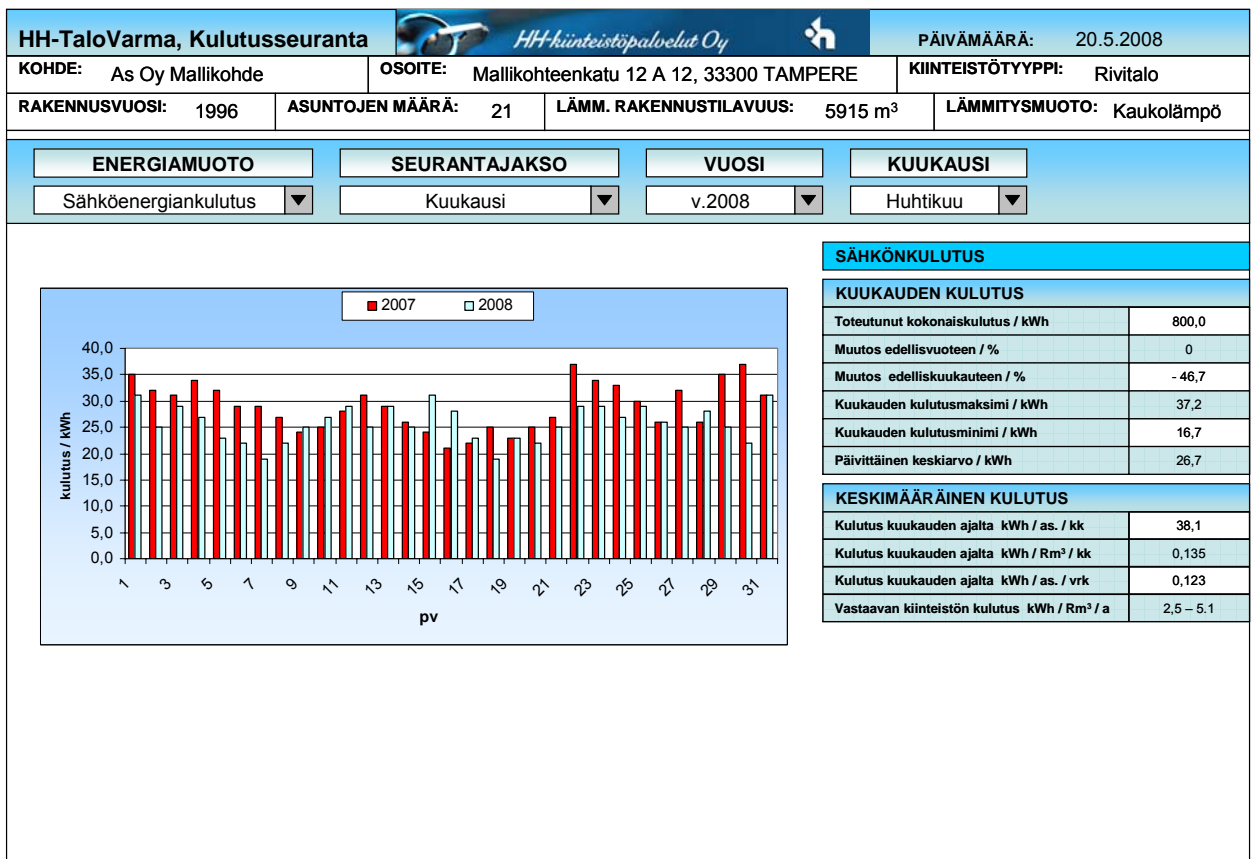
Kuva 5 Vedenkulutuksen seuranta viikkotasolla



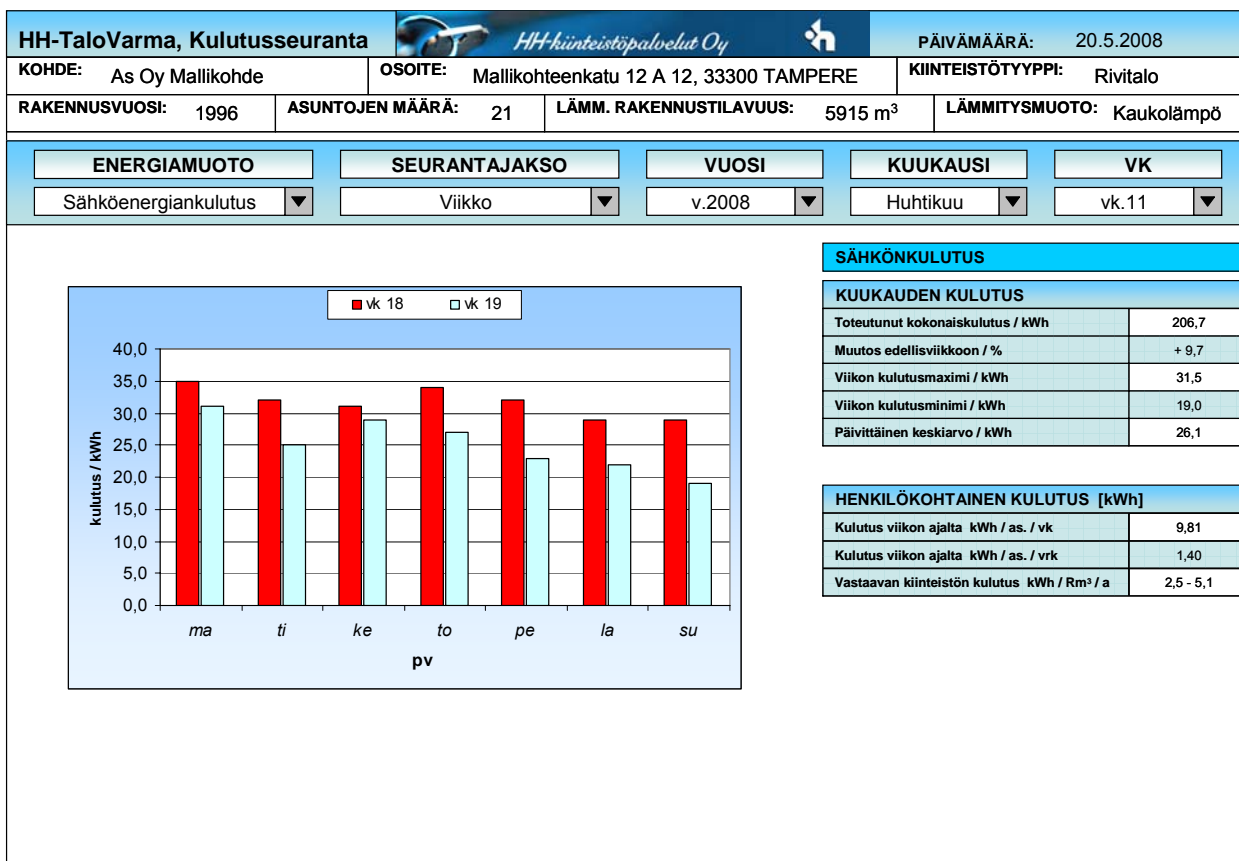
Kuva 6 Tunneittainen vedenkulutuksen seuranta



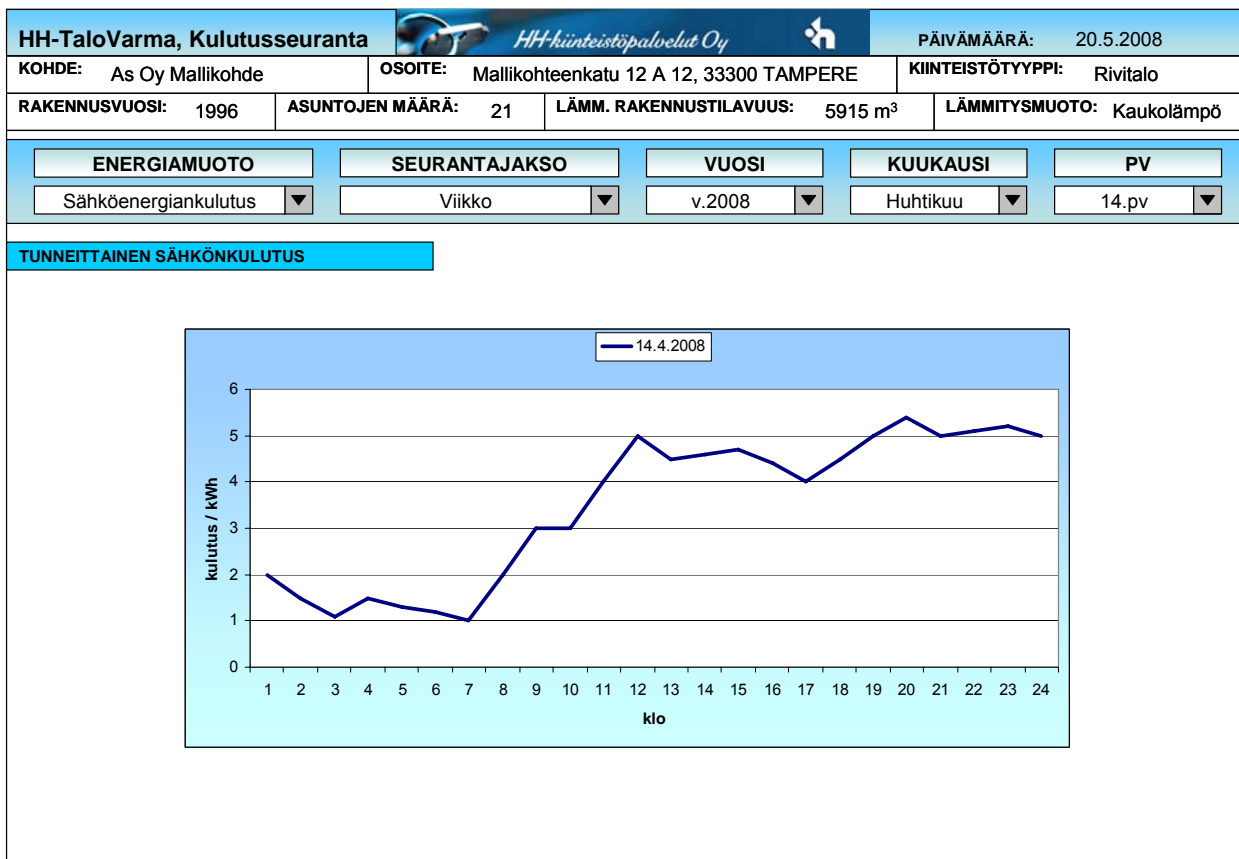
Kuva 7 Sähköenergian kulutusseuranta vuositasolla



Kuva 8 Sähköenergian kulutusseuranta kuukausitasolla



Kuva 9 Sähköenergian kulutusseuranta viikkotasolla



Kuva 10 Tunneittainen sähköenergian kulutusseuranta