



Lämmitysjärjestelmien tehokäyttäytyminen pientaloissa

Ville Savolainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

SAVOLAINEN, VILLE:

Lämmitysjärjestelmien tehokäyttäytyminen pientaloissa

Opinnäytetyö 40 sivua

Toukokuu 2014

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kerätä nykyaikaisten pientalojen lämmitysjärjestelmien sähkönkulutustietoja ja tutkia erilaisten lämmitysjärjestelmien tehokäyttäytymistä. Työssä selvitettiin myös, mitkä asiat vaikuttavat pientalojen tehokäyttäytymiseen. Järjestelmien tehokäyttäytymistä seurattiin laitekohtaisesti kohteisiin asennetuilla verkkopalvelimen kautta etäluettavilla mittalaitteistoilla. Mittalaitteistot asennettiin neljään hyvin eristettyyn omakotitaloon, joiden pää- tai apulämmitysjärjestelmänä on käytetty lämpöpumppua.

Kulutustietoja on tarkoitus kerätä vuoden ajan. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin tutkimaan ensimmäisen seurantaviikon tuloksia. Mittaustulokset on esitetty työssä kuvajoina laite- ja kohdekohtaisesti sekä sisälämpötilan ja pinta-alan mukaan korjattuina.

Tuloksista voidaan päätellä lämpöpumppujen olevan suoraa sähkölämmitystä energiatehokkaampia. Kohteita vertailtaessa mittaustulosten normeeraus on välttämätöntä, joskin hankalaa. Todenmukaista normeerausta varten täytyy kohteisiin tutustua huolellisesti ja lähtötiedot selvittää tarkasti.

tehokäyttäytyminen, energia, kulutus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Building Services

SAVOLAINEN, VILLE:
Power Variation of Heating Systems in Detached Houses

Bachelor's thesis 40 pages
May 2014

The purpose of this thesis was to collect information and data on the heating systems that are nowadays widely used. Four detached houses were monitored during the measurement period. In the design process of these houses the energy efficiency was especially taken into account. In all the monitored houses a heat pump was either the main or a parallel heating system.

The data was collected by using an energy monitoring system called Current Cost and stored on the computer via the Internet. All these four detached houses were monitored for one whole year, but this thesis only shows the results for the first week.

The thesis presents the measurement material house by house and together in diagrams. To help the comparison of different heating systems the material was normalized according to the indoor temperature and the floor area. The results of the study can be utilized for planning smart grids and power grid controls.

Key words: heating system, energy, efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Pientalon energiankulutus Suomessa	7
3	Pientalojen lämmitysjärjestelmät Suomessa.....	9
3.1	Lämmönjakotavat	10
3.2	Lämmön varastointi	10
3.3	Lämmitysjärjestelmän säätö	11
3.3.1	Huonekohtainen lämmityksen säätäminen.....	12
3.3.2	Keskitetty lämmityksen säätäminen.....	12
3.3.3	Yksittäisen laitteen tai järjestelmän käyttäytyminen.....	12
3.4	Tutkimuskohteiden lämmönkehitystavat	14
3.4.1	Sähkölämmitys	14
3.4.2	Ilmalämpöpumppu	15
3.4.3	Maalämpöpumppu.....	15
3.4.4	Ilma-vesilämpöpumppu.....	16
4	Pientalon lämmitysteho	17
4.1	Sijainnin vaikutus lämmitystehoon.....	17
5	Energiankulutuksen mittaaminen	19
6	Kohteiden seuranta	20
6.1	Mittausjärjestelmä.....	20
6.2	Kohde K.....	22
6.2.1	Perustiedot.....	22
6.2.2	Kulutus	23
6.3	Kohde H.....	26
6.3.1	Perustiedot.....	26
6.3.2	Kulutus	26
6.4	Kohde E	29
6.4.1	Perustiedot.....	29
6.4.2	Kulutus	29
6.5	Kohde B	32
6.5.1	Perustiedot.....	32
6.5.2	Kulutus	32
6.6	Kohteiden vertailu.....	35
7	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	39

LYHENTEET JA TERMIT

MLP	Maalämpöpumppu
ILP	Ilmalämpöpumppu
PILP	Poistoilmapumppu

1 JOHDANTO

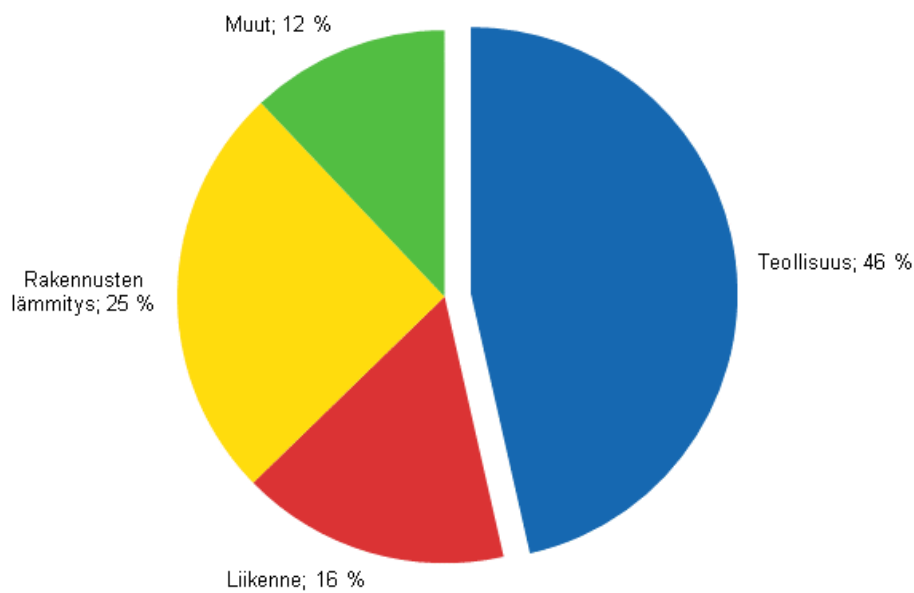
Sähkömarkkinoiden suurin muutos kymmeneen vuosiin oli sähkömarkkinoiden vapautuminen vuonna 1998. Tämän jälkeen sähkömarkkinoilla ei ole tapahtunut suuriakaan muutoksia. Lähes kaikki verkkojen ja liittymien mitoittamiseen liittyvät ohjeistukset ja laskukaavat perustuvat vuosikymmenten takaisiin tilastoihin ja tutkimuksiin. Viime vuosina kiristyneiden energiamääräysten ja energiapoliittisten päätösten ansiosta Suomen rakennuskantaan ja lämmitysjärjestelmiin on tulossa suuri rakennemuutos. Nykypäivänä melkein joka toiseen uuteen omakotitaloon asennetaan joko pää- tai apulämmitysjärjestelmäksi lämpöpumppu. Myös vanhoihin taloihin haetaan energiatehokkuutta ja lisämukavuutta lämpöpumppuilla. Yhteensä Suomessa on lämpöpumppuja jo yli 600 000 kpl. Arvioiden mukaan lämpöpumppujen määrä tulee kasvamaan yli 1 000 000 kappaleeseen. Lämpöpumppuja mainostetaan energiaa säästäviksi, käyttövarmoiksi ja helpokäyttöisiksi. Kaikki mainitut väitteet pitävät pääosin paikkaansa, mutta usein unohtuu esimerkiksi lämpöpumppujen verkosta ottamien hetkellisten teho- ja käynnistysvirta-
piikkien vaikutukset sähköjakeluun. Jo nyt lämpöpumppujen määrä on suuri ja tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Tästä syystä niiden verkkovaikutukset tulisi ottaa huomioon tulevaisuudessa verkon ja sen ohjauksen suunnittelussa. (SULPU Ry, Lämpöpumppujen myyntitilasto)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia neljän omakotitalon lämmitysjärjestelmien sähkötehokäyttäytymistä ja kerätä aineistoa tarkempaa tutkimusta varten. Sähkönkulutuksen muuttuminen entistä hetkellisemmäksi aiheuttaa verkkoyhtiöille ja sähköntuottajille ongelmia. Suomessa onkin käynnissä useita hankkeita, joissa kartoitetaan älykkäiden jakeluverkkojen ja tuntikohtaisen laskutuksen käyttöönottoa.

Tutkimuskohteiden suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota energiatehokkuuteen. Kohteiden pää- tai lisälämmitysjärjestelmänä on käytetty lämpöpumppua. Vastavanlainen rakennuskanta on vielä melko harvinaista, mutta kohteet kuvaavat todennäköisesti tulevaisuudessa yleistyvää rakentamiskulttuuria. Kohteet soveltuvat näiltä osin hyvin tutkimukseen ja kuvaavat hyvin tulevaisuuden tarpeita ja vaatimuksia.

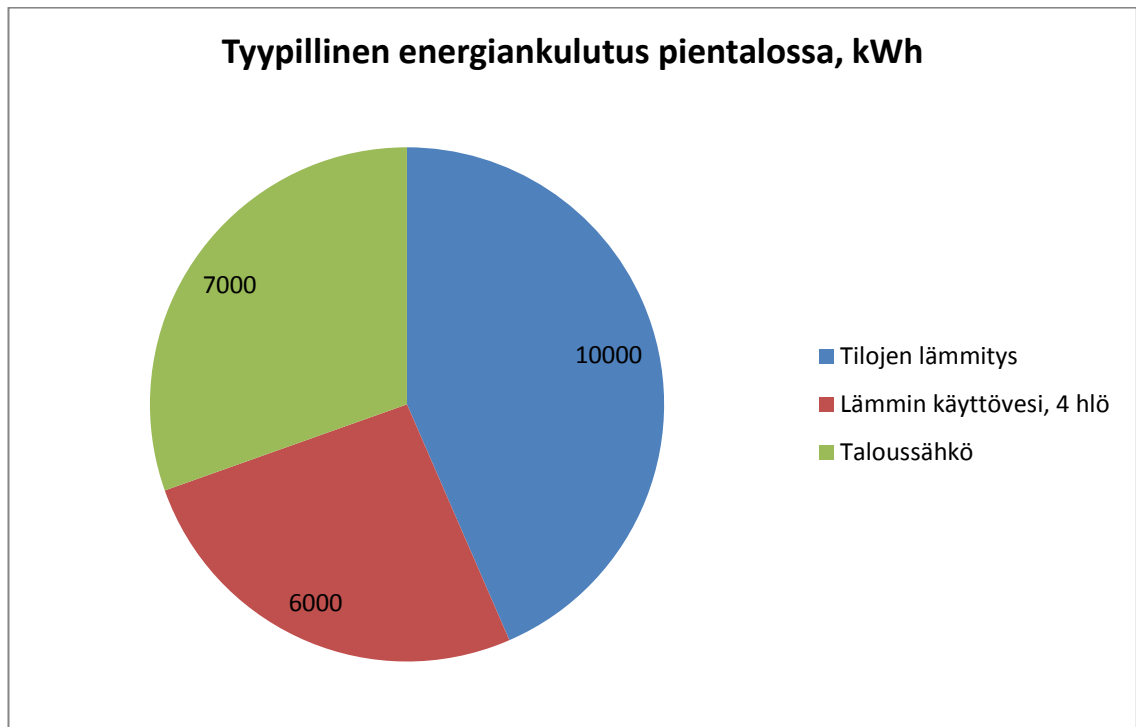
2 Pientalon energiankulutus Suomessa

Suomen suhteellisen kylmästä ilmastosta johtuen rakennusten lämmittämiseen kuluu 25 % osuus Suomen kokonaisenergiasta (kuvio 1). Rakennuksia suomessa on noin 1,5 miljoonaa kappaletta, joista 85 % on erillisiä pientaloja. Kerrospinta-alaa Suomen rakennuskannassa on yli 450 miljoonaa neliometriä. Kerrosalasta 63 % on asuinrakennuksia. Pientalon keskimääräinen pinta-ala vuonna 2010 oli 108,4 neliometriä. Pientalojen yhteenlaskettu pinta-ala oli vuonna 2010 120 miljoonaa neliometriä, joka vastaa noin neljäsosaa Suomen rakennuskannan pinta-alasta. Suomen kokonaisenergiankulutuksesta kuluu siis 6-7 % pientalojen lämmittämiseen. (Tilastokeskus, Rakennuskanta 2012), (Tilastokeskus, Asuntokanta 2010)



Kuvio 1. Suomen energiankulutuksen jakaantuminen (Tilastokeskus, Energian hankinta ja kulutus 2013)

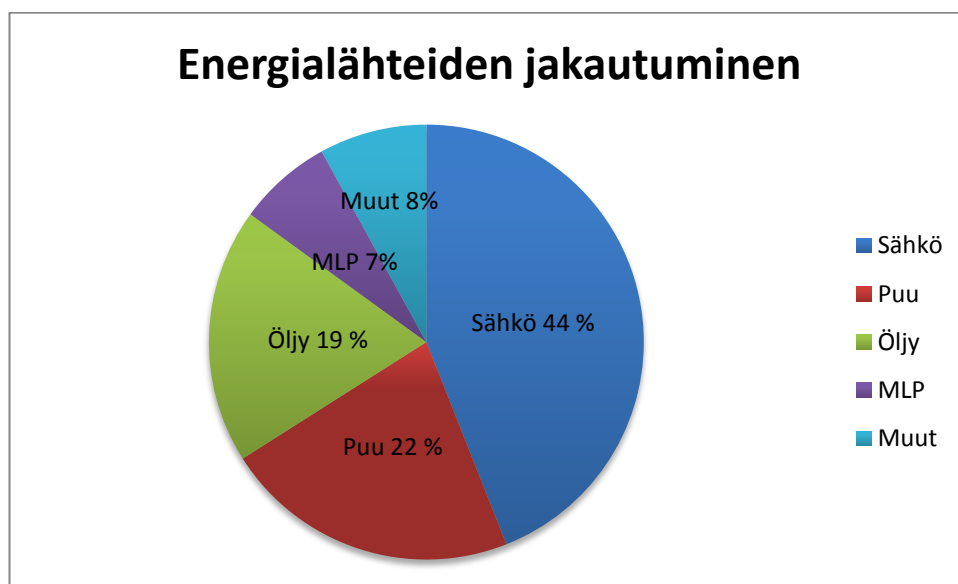
Pientalossa energian kulutus jakautuu karkeasti kolmeen osaan: tilojen lämmittämiseen, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ja taloussähkön osuuteen. Uusissa taloissa lämmittämiseen kuluu 40-45 % kokonaisenergiasta (kuvio 2). Vanhoissa taloissa lämmitysenergian osuus saattaa olla huomattavasti enemmän.



Kuvio 2. Tyypillinen energiankulutuksen jakautuminen suomalaisessa pientalossa (Energiatehokaskoti.fi, Lämmitys)

3 Pientalojen lämmitysjärjestelmät Suomessa

Suurin osa pientalojen lämmitysenergiasta tuotetaan sähköllä (kuvio 3). Sähkölämmitteisten talojen osuus Suomessa vuonna 2011 oli 44 %. Seuraavaksi yleisin lämmönlähde on puu 22 %:n osuudella ja kolmanneksi yleisin öljy 19 %:lla. Maalämpö löytyy 7 %:sta omakotitaloista. Maalämpö kuitenkin yleistyy nopeasti ja uudiskohteista jo joka toinen varustetaan maalämpöpumpulla. Saneerauskohteissa varsinkin öljylämmitys on menettänyt asemiaan lämpöpumpuille. On kuitenkin melko yleistä, että taloa lämmitetään useammalla kuin yhdellä lämmitysjärjestelmällä. (Vihola & Heljo, 2012; Motiva, Maalämpöpumppu)



Kuvio 3. Pientalojen lämmityksen energialähteiden jakautuminen Suomessa vuonna 2011 (Vihola & Heljo, 2012)

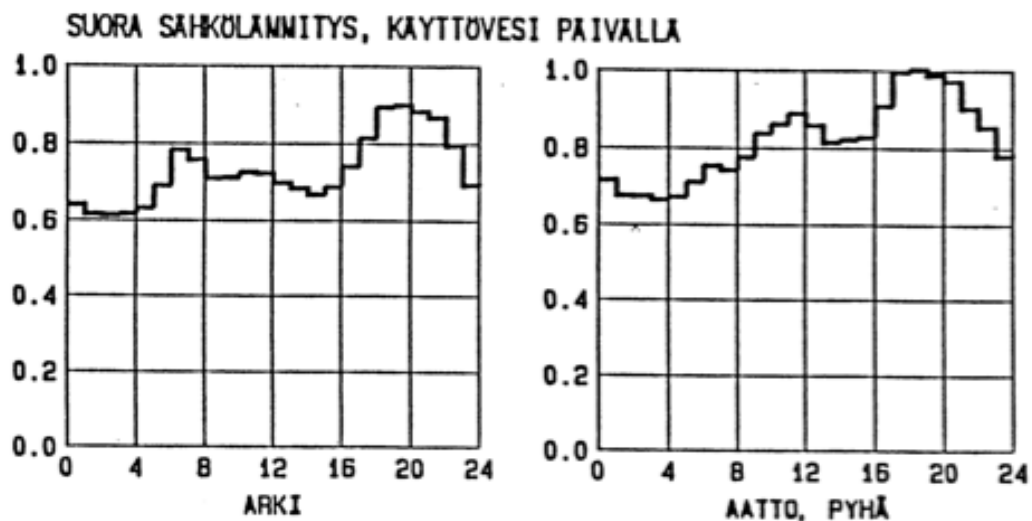
Lämmitysjärjestelmät jaetaan yleensä pää- ja apulämmitysjärjestelmiksi. Järjestelmiä luokitellaan myös lämmönjakotavan, lämmön varastoinnin, säätö- ja ohjaustyyppien sekä lämmönkehitystapojen mukaan. Kaikki edellä mainitut vaihtoehdot vaikuttavat omalta osaltaan lämmitysjärjestelmän tehokäyttämiseen. (Energiatehokaskoti.fi, Lämmitys)

3.1 Lämmönjakotavat

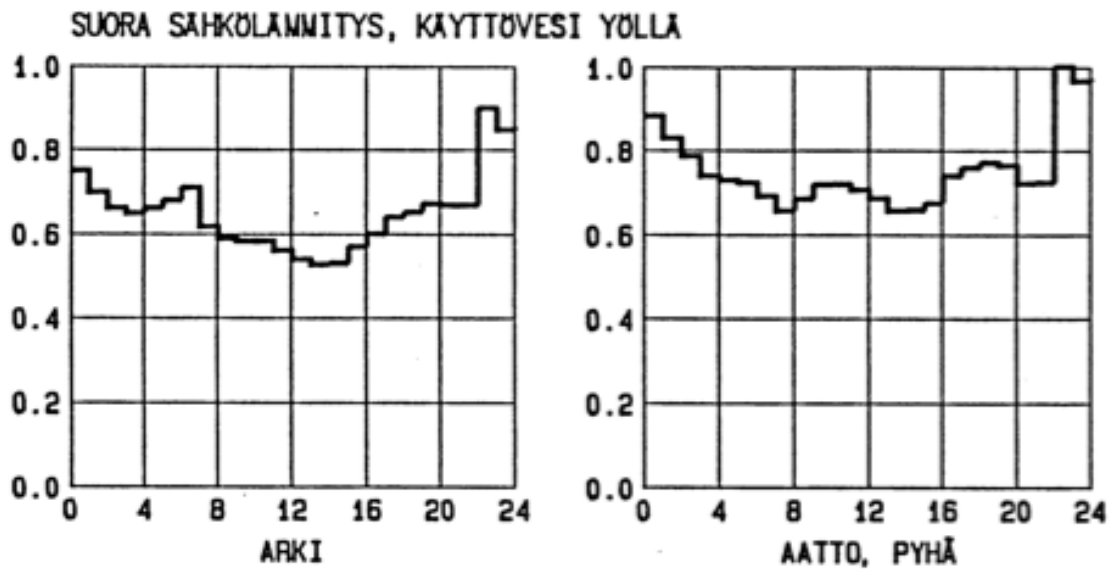
Lämmönjakotavat voidaan jakaa karkeasti keskuslämmityksiin ja huonekohtaisiin lämmityksiin. Keskuslämmityksessä lämpö jaetaan useimmiten veden avulla joko lattia- tai patterilämmitysverkolla. Keskuslämmityksen energialähteenä voi käyttää lähes mitä tahansa energialähdettä tai niiden yhdistelmiä. Energian lähdettä on myös helppo vaihtaa tarvittaessa. Huonekohtaisessa lämmityksessä energialähteenä on useimmiten sähkö. Huonekohtaisessa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan suoraan kohteessa sähköpattereilla tai lattialämmityskaapeleilla, jolloin ylimääräisiä apulaitteita ei tarvita.

3.2 Lämmön varastointi

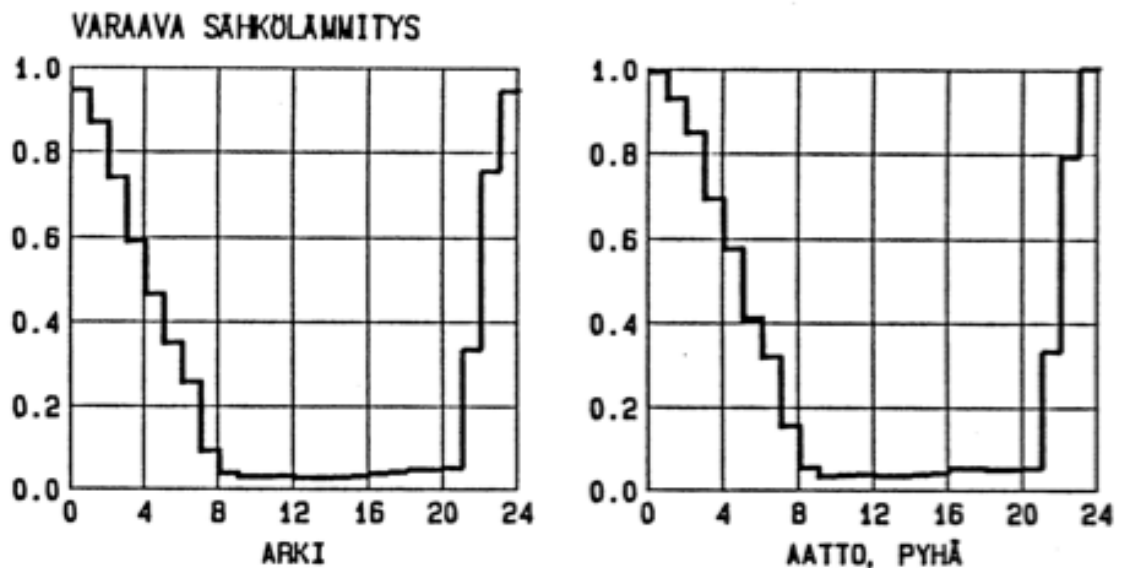
Energiaa voidaan varata erilaisiin lämminvesivaraajiin tai johonkin massaan energian ollessa halvempaa, tai kun energiaa on paremmin saatavilla esimerkiksi aurinkokeräimistä. Yleisin esimerkki on suora, osittain varaava tai epäsuora sähkölämmitys. Suorassa sähkölämmityksessä sähköteho jakautuu tasaisemmin koko vuorokauden ajalle, kuten kuviosta 4 voidaan todeta. Varaavissa ja osittain varaavissa järjestelmissä kulutus painottuu enemmän yöaikaan (kuvat 5 ja 6)



Kuvio 4., Suoran sähkölämmityksen tehokäyttäytyminen arki- ja pyhäpäivänä (Sener SA 1-87)



Kuvio 5. Osittain varaavan sähkölämmityksen tehokäyttäytyminen arki- ja pyhäpäivänä. (Sener SA 1-87)



Kuvio 6. Varaavan sähkölämmityksen tehokäyttäytyminen arki- ja pyhäpäivänä. (Sener SA 1-87)

3.3 Lämmitysjärjestelmän säätö

Lämmityksen säätötavalla on oma merkityksensä yksittäisten pientalojen tehokäyttäytymisessä. Suurempia kiinteistömassoja tutkittaessa lämmityksen säätöjärjestelmien ja yksittäisten laitteiden aiheuttamat nopeat sähköverkon kuormitukset tasoittuvat. Yleisesti pientalojen lämmitystä säädetään joko huonekohtaisesti tai keskitetysti. Säätötapa on riippuvainen lämmitysmuodosta.

3.3.1 Huonekohtainen lämmityksen säätäminen

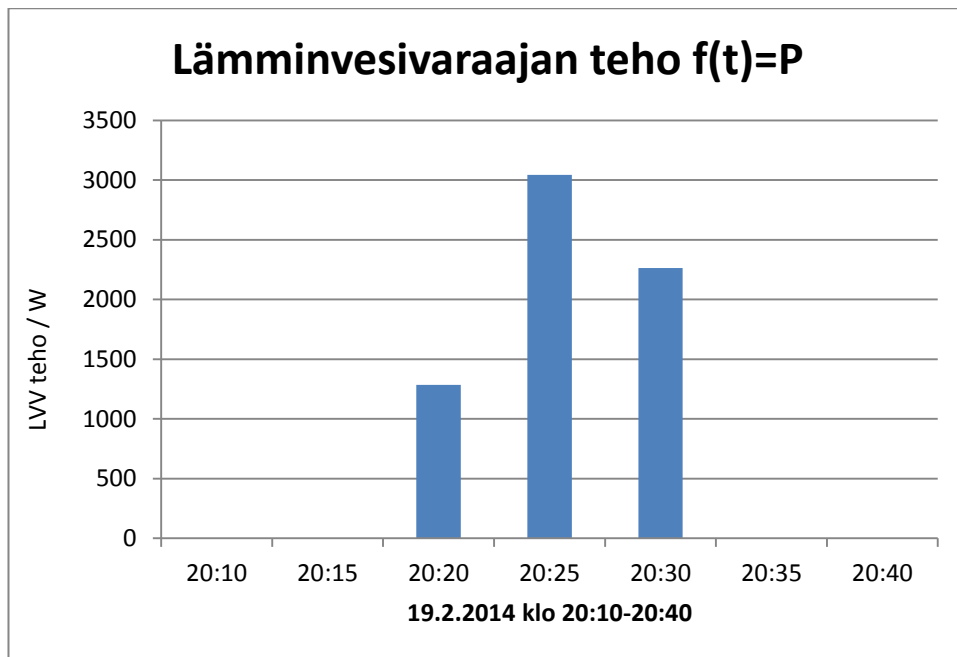
Huonekohtaista lämmityksen säätöä käytetään pääsääntöisesti vesikiertoisten lattia- ja patterilämmitysverkostojen sekä sähkölämmitysten kanssa. Huonekohtaisessa säädössä jokainen huone, pois lukien vähäiset tilat kuten vaatehuoneet, varustetaan huonekohtaisella termostaatilla tai lämmityskalustekohtaisella termostaatilla. Huonekohtaisen lämmityksen ohjauksen etuja ovat hyvä asumismukavuus ja tarkemman säädettävyyden ansiosta energiatehokkuus. Ihminen huomaa jopa yhden asteen lämpötilavaihtelut. Tästä syystä huonekohtaisten termostaattien hystereesi, eli lämpötilan vaihteluväli on $\pm 0,2-0,5$ astetta.

3.3.2 Keskitetty lämmityksen säätäminen

Keskitettyä lämmityksen säätöä käytetään pääsääntöisesti vain kun lämmönvälityksineenä käytetään ilmaa. Ilmalämmitysjärjestelmissä kaikkiin tiloihin puhalletaan yhtä lämmintä ilmaa. Keskitetyssä lämmityksensäädössä huonelämpötilaa mitataan joko yhdestä paikasta tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää useiden antureiden halutulla tavalla korjattua lämpötilaa. Tämä aiheuttaa haasteita, jos halutaan pitää esimerkiksi makuuhuoneen lämpötilaa muita tiloja matalampana.

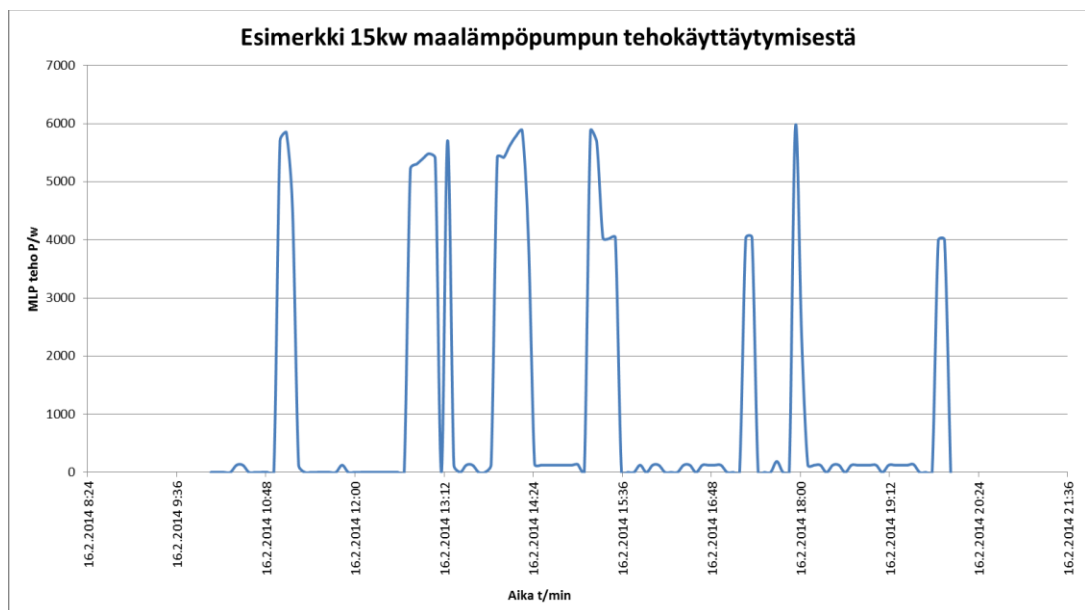
3.3.3 Yksittäisen laitteen tai järjestelmän käyttäytyminen

Pientalon rakenteiden lämmönvarauskyvyn ansiosta pientalojen sisälämpötila muuttuu hitaasti ulkoisista tekijöistä huolimatta. Vaikka sisälämpötilan muutokset ovat pieniä, niin lämmitysjärjestelmät ja niiden laitteet toimivat kuitenkin pääsääntöisesti ON/OFF-periaatteella. Laitteiden kuormat menevät joko päälle tai sammuvat ja näin aiheuttavat lyhytkestoisia tehopiikkejä sähköverkkoon. Kun esimerkiksi huoneen tai lämminvesivaraajan lämpötila laskee alle halutun arvon, termostaatti kytkee vastuksen päälle. Lämpötilan taas noustessa yli asetetun arvon, termostaatti kytkee vastukset pois päältä. Kolmiportaisissa järjestelmissä lämmitysvastuksia voidaan yleensä kytkeä päälle tai pois kolmiportaisesti. Esimerkiksi kokonaistehon ollessa 3 kW voidaan tehoa säädellä kolmella 1 kW vastuksella, kuten kuviossa 7.



Kuvio 7. Lämminvesivaraajan tehokäyttäytyminen, kohde E

Lämpöpumput käyttäytyvät vastaavalla tavalla. Lämpöpumppujen kompressorit menee päälle ohjauksen niin vaatiessa, ja kun asetettu lämpötila on saavutettu, kompressorit sammuu (kuvio 8). Kompressorin ottama sähköteho on noin kolmannes lämpöpumpun nimellistehosta. Esimerkiksi kohteen H 15 kW maalämpöpumppu ottaa verkosta 4-6 kW suuruisen sähkötehon (Kuvio 8).



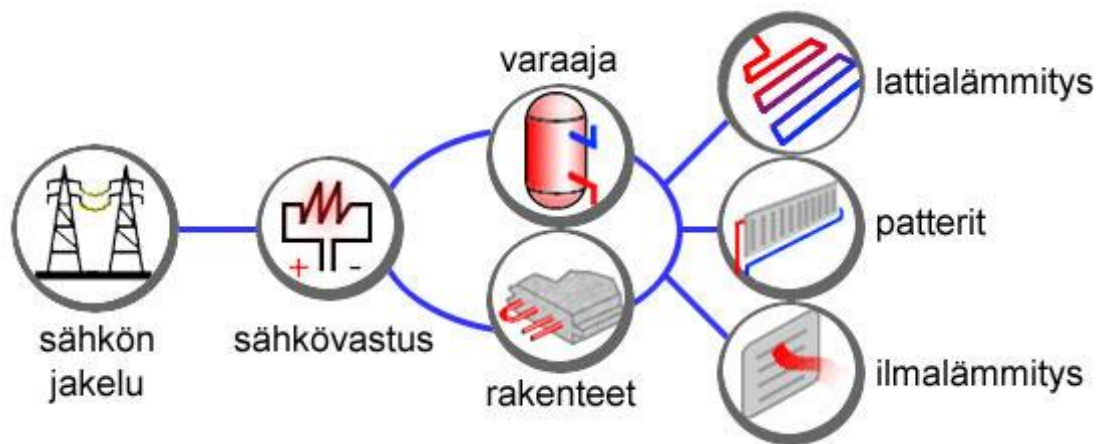
Kuvio 8. 15kW maalämpöpumpun ottama sähköteho, Kohde H

3.4 Tutkimuskohteiden lämmönkehitystavat

Tutkimuskohteissa on käytetty nykypäivän trendien mukaisia, vähän energiaa kuluttaviin taloihin sopivia lämmönkehitystapoja, kuten sähkölämmitystä ja erilaisia lämpöpumppuja sekä näiden yhdistelmiä. Lämpöpumpuilla kerätään ympäristöön varastoitunutta lämpöenergiaa ja siirretään sitä rakennuksen sisälle. Lämpöä voidaan kerätä esimerkiksi ilmasta, maasta tai vedestä.

3.4.1 Sähkölämmitys

Sähkölämmitysmuotoja on paljon erilaisia. Yleisimmät sähkölämmitysmuodot on esitetty kuvassa 1. Sähkö voidaan muuttaa lämpöenergiaksi vastuksien tai säteilijöiden avulla. Vastuksia käytetään lattialämmityskaapelissa, sähköpattereissa sekä lämminvesivaraajissa. Säteilylämmittimiä ovat esimerkiksi kattolämmityselementit. Sähkölämmityksen hyötysuhteena voidaan yleensä pitää arvoa 1.



Kuva 1. Sähkölämmitysjärjestelmät (Energiaverkko, Sähkölämmitys)

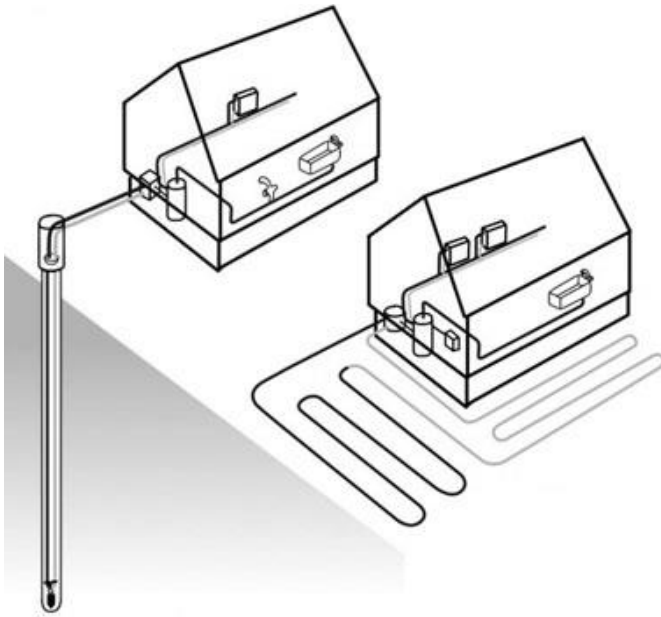
3.4.2 Ilmalämpöpumppu

Ulkoilmasta suoraan sisäilmaan lämpöä tuottavaa lämpöpumppua kutsutaan ilmalämpöpumpuksi. Ulkoyksikön keräimen läpi kierrätetään puhaltimella ulkoilmaa, josta energia siirretään höyrystimellä kylmäaineeseen. Kylmäainetta kierrätetään kompressorin avulla höyrystimestä lauhduttimeen, jossa kylmäaine taas tiivistyy ja vapauttaa lämpöenergiaa. Vapautunut energia puhalletaan sisäilmaan sisäyksiköstä, jolloin se leviää tasaisesti.

3.4.3 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla hyödynnetään rakennuksen ympäröivään maahan tai vesistöön sitoutunutta lämpöenergiaa. Yleisin talteenottotapa on lämpökaivon poraaminen maahan tai kallioon. Keruupiiri voidaan toteuttaa myös vaakatasoon noin metrin syvyyteen asennettavalla putkistolla, tai ankkuroimalla se vesistön pohjaan. Erilaiset keruupiirit on esitetty kuvassa 2. Lämpöpumpun tuottamasta lämmöstä noin 2/3 saadaan keruupiiristä ja 1/3 tuotetaan sähköllä. (SULPU Ry, Lämpöpumpputyypit)

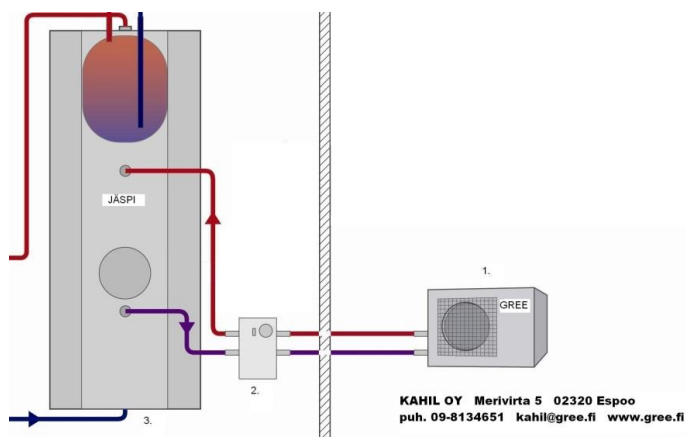
Keruupiirissä kierrätetään jäätymätöntä nestettä, joka lämpiää muutaman asteen kieroksensa aikana. Kierron aikana nesteeseen varautunut lämpöenergia siirretään höyrystimellä kylmäaineeseen, joka siirretään kompressorin avulla lauhduttimeen. Lauhduttimessa kylmäaine tiivistyy ja vapauttaa energiaa, jolla varataan esimerkiksi lämminvesivaraajaa. Maalämpöpumpulla voidaan lämmittää sekä rakennus, että lämmin käyttövesi. (SULPU Ry, Lämpöpumpputyypit)



Kuva 2. Maalämpöpumpun keruupiirin periaatekuva (Suomela, Säästöä lämpöpumpulla)

3.4.4 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpulla energia otetaan talteen ulkoilmasta ilmalämpöpumpun tapaan, mutta energia siirretään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Tämä mahdollistaa myös lämpimän käyttöveden lämmittämisen. Ilma-vesilämpöpumppu ei yleensä riitä kattamaan koko rakennuksen energiatarvetta. Lämmitysteho vaje voidaan tuottaa esimerkiksi ylimääräisillä sähkövastuksilla. Ilma-vesilämpöpumppu soveltuu hyvin kohteisiin, joissa maaperän laadusta johtuen ei voida käyttää maalämpöpumppua. Ilma-vesilämpöpumppu on myös edullisempi hankintahinnaltaan. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3. (SULPU Ry, Lämpöpumpputyypit)



Kuva 3. Vesi-ilmalämpöpumpun toimintaperiaate (GREE, muokattu)

4 Pientalon lämmitysteho

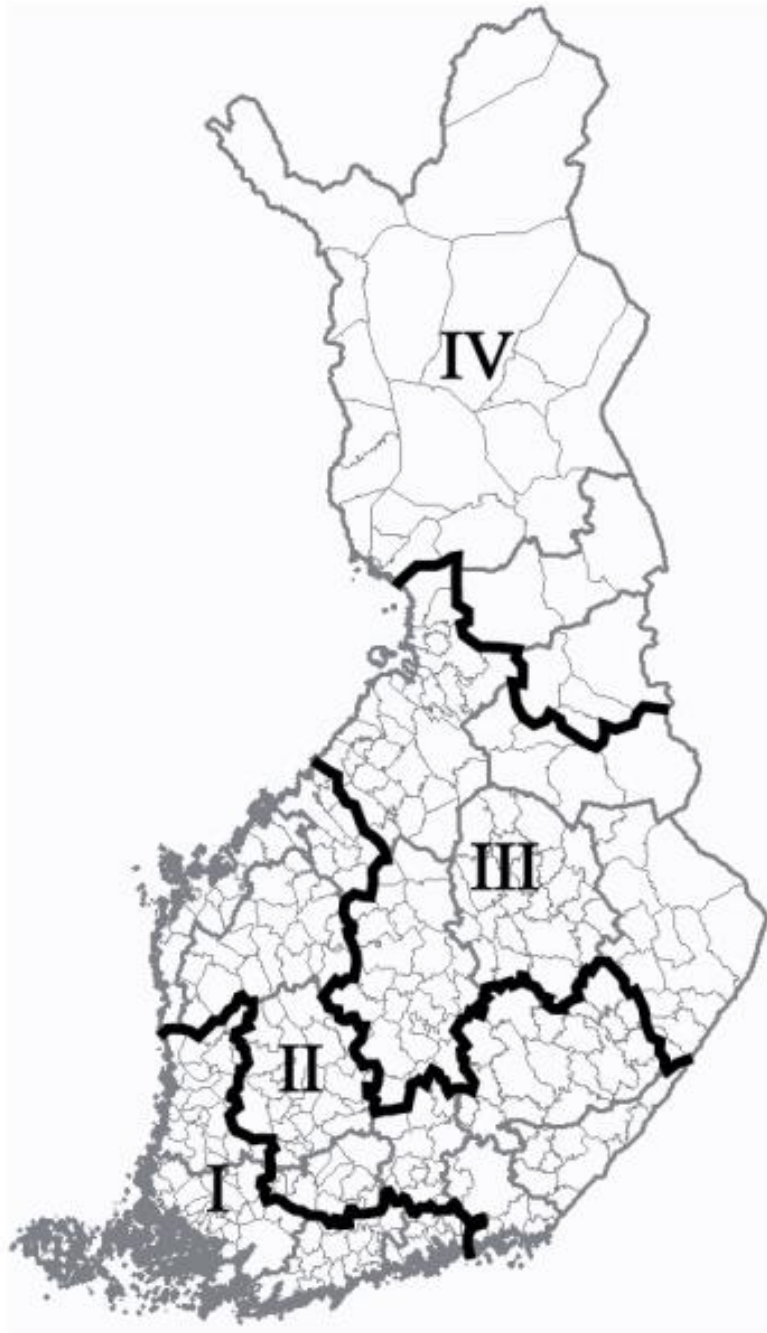
Lämmitystehon tarpeeseen vaikuttavat rakennuksen maantieteellinen sijainti, rakenteiden lämpöhäviöt, ilmanvuoto sekä ilmanvaihto. Pientalojen lämmitystehontarve kannattaa laskea tilakohtaisesti, jolloin saadaan samalla selvitettyä tilakohtaisten lämmityslaitteiden teho. Rakennusta voidaan lämmittää myös jaksollisesti tai osa-aikaisesti, tällöin lämpöä varastoidaan esimerkiksi rakenteisiin tai lämminvesivaraajaan. Tämän kaltaisissa tapauksissa lämmitysjärjestelmän teho on suurempi kuin jatkuvalämmitteisissä järjestelmissä. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 ”Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta” kappaleesta 9 löytyy ohjeet pientalon lämmitystehon määrittämiseen. (RakMK D5, 9)

4.1 Sijainnin vaikutus lämmitystehtoon

Pientalojen lämmitystehon tarve määritetään paikkakunnan mitoittavan ulkoilman lämpötilan mukaan. Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen. Säävyöhykkeiden lämpötilatiedot pohjautuvat havaintoasemien mittauksiin vuosilta 1980-2009. Säävyöhykkeet näkyvät kuvassa 4 ja mitoittavat lämpötilat taulukossa 1. Lämmitystehon määrittämisessä ei oteta huomioon auringon säteilylämpöä. Sisäiset lämpökuormat otetaan huomioon vain, jos ne ovat huomattavia ja jatkuvasti käytössä. (RakMK D5, 9)

Taulukko 1, Mitoittavat ulkolämpötilat vyöhykkeittäin (RakMK D5)

<i>Taulukko L2.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.</i>		
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4



Kuva 4, Suomen säilytysalueet (RakMK D5)

5 Energiankulutuksen mittaaminen

Koska energian hinta on noussut viime aikoina huomattavasti, se luo paineita omakotiasujille seurata ja tarkkailla omaa energiankulutustaan. Tähän tarkoitukseen myydään ja markkinoidaan valtavasti erilaisia laitteita ja järjestelmiä. Energiankulutuksen seuranta tulisi jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon. Varsinkin vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien ja lämpimän käyttöveden energiankulutuksen mittaamiseen tarvitaan tieto veden virtaamasta, sekä meno- ja paluueden lämpötiloista.

Useimmiten pientaloissa lämmin käyttövesi lämmitetään itse, joten energianseuranta voidaan toteuttaa asukasta tyydyttävällä tarkkuudella seuraamalla lämmitykseen käytetävän raaka-aineen kulutusta, oli kyseessä öljy, puu tai vaikka sähkö.

Energiankulutuksen mittaamisella ja seurannalla pystytään vaikuttamaan asumiskustannuksiin ja asumisesta aiheutuviin ympäristörasituksiin. Hyvänä esimerkkinä tästä on kerrostalojen varustaminen huoneistokohtaisilla vesimittareilla. Kerrostalomuotoisten asunto-osakeyhtiöiden hoitokuluista kuluu yli kolmannes energiakustannuksiin, joista kolmasosa vedenlämmittämiseen. Käyttöveden lämmittämiseen kuluu siis 10-12 % hoitokuluista. (Talotekniikka-lehti, Huoneistokohtainen vedenmittaus)

Tilastollisesti on pystytty osoittamaan, että huoneistokohtainen vedenmittaus vähentää lämpimän käyttöveden kulutusta 30 %. Säästö on siis 4 % luokkaa hoitokuluista.

200 euron suuruudessa hoitovastikkeessa tämä tarkoittaa 8 euroa kuukaudessa ja 96 euroa vuodessa. 50 huoneiston asunto-osakeyhtiössä säästö on jo 4800 euroa vuodessa. (Talotekniikka-lehti, Huoneistokohtainen vedenmittaus)

Vielä toistaiseksi suomalaisten kotitalouksien sähkönkulutusta mitataan ja laskutetaan käytetyn sähköenergian perusteella. Lähitulevaisuudessa ollaan kuitenkin siirtymässä älykkäiden sähköverkkojen mukana tehopohjaiseen ja tuntikohtaiseen hinnoitteluun. Tuntikohtaisella sähkönhinnoittelulla pyritään jakamaan kotitalouksien sähkönkulutusta ja näin vaikuttamaan huippukulutuksiin. Kotitaloudet voivat siis vaikuttaa sähkönhintansa menemällä esimerkiksi saunaan muuna kuin huippukulutuksen aikana.

6 Kohteiden seuranta

Hankkeessa tutkittavia kohteita pyritään seuraamaan koko vuoden ajan. Tutkimuskoh-teista mitataan taloteknisten järjestelmien sähkönkulutusta. Tämä sisältää ilmanvaihdon, pää- ja apulämmitysjärjestelmien, lämpimän käyttöveden lämmityksen sekä suurimpien yksittäisten laitteiden kulutuksen. Ilmanvaihtokoneet on syytä ottaa huomioon raken-nusten lämmittämiseen kuluva sähköenergiaa mitattaessa, koska ne sisältävät usein esi-ja/tai jälkilämmitysvastuksen.

Tässä opinnäytetyössä tutkimme mittausjakson ensimmäisen viikon mittaustuloksia jokaisen seurannassa olevan neljän kohteen osalta. Tutkittava viikko oli viikko 8 (16-22.2.2014). Viikon keskilämpötila oli $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tutkimuksessa on mukana kaksi maa-lämpökohdetta (kohteet B ja H), yksi vesi-ilmalämpöpumppukohde (kohde K) ja yksi suora sähkölämmityskohde (kohde E).

6.1 Mittausjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmien sähköenergian mittaukset suoritettiin ”Current Cost” -merkkisellä laitteistolla. Laitteisto on suunniteltu pientalojen sähkönkulutuksen seuran-taan. Kulutustietoja voidaan seurata reaaliajassa, mutta myös kulutustietojen tallentami-nen ja analysointi pidemmällä aikavälillä onnistuu. Kulutustietoja voidaan seurata joko näyttöpäätteestä tai internetselaimella verkon välityksellä. Näyttöpäätteessä on myös lämpötila-anturi, jonka avulla voidaan seurata kohteen sisälämpötilaa. Laitteisto tallen-taa tiedot viiden minuutin välein. Laitteisto sisältää näyttöpäätteen, verkkosovittimen ja mittalaitteet virtamuuntajineen (kuva 5). Tutkimuksessa on hyödynnetty myös Tampe-reen Sähkölaitoksen kaukolämpö-osaston mittaamia ulkolämpötiloja. Ulkolämpötilat on esitetty kuvaajissa tunnin tarkkuudella.



Kuva 5. ”Current Cost” -mittalaitteisto (diyhomeautomation.com)

Tutkimusaineistoa varten kohteista määritettiin tärkeimmät kuormat, joita mittaamalla saadaan kartoitettua kiinteistön taloteknisten järjestelmien sekä suurimpien yksittäisten kuormien sähkötehot ja energian kulutukset. Taloteknisiin järjestelmiin lukeutuivat mm. lämpöpumput, sähkölämmitykset ja ilmanvaihtokoneet esilämmityksineen. Yksittäisinä kuormina tarkoitetaan esimerkiksi saunan kiuasta tai kuivausrumpua. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan taloteknisten järjestelmien käyttäytymistä.

Yksittäisen laitteen mittaus suoritettiin asentamalla virtamuuntaja mitattavaa laitetta syöttävän kaapelin vaihejohtimen ympärille. Kolmivaiheisten laitteiden syötöissä virtamuuntajat asennettiin jokaisen vaihejohtimen ympärille. Virtamuuntajat sijoitettiin pääsääntöisesti ryhmäkeskuksiin (kuva 6), mutta tilanpuutteen vuoksi osa mittalaitteista jouduttiin asentamaan myös suoraan mitattavien laitteiden sisään.



Kuva 6, Mittalaitteiston lähettimet

6.2 Kohde K

6.2.1 Perustiedot

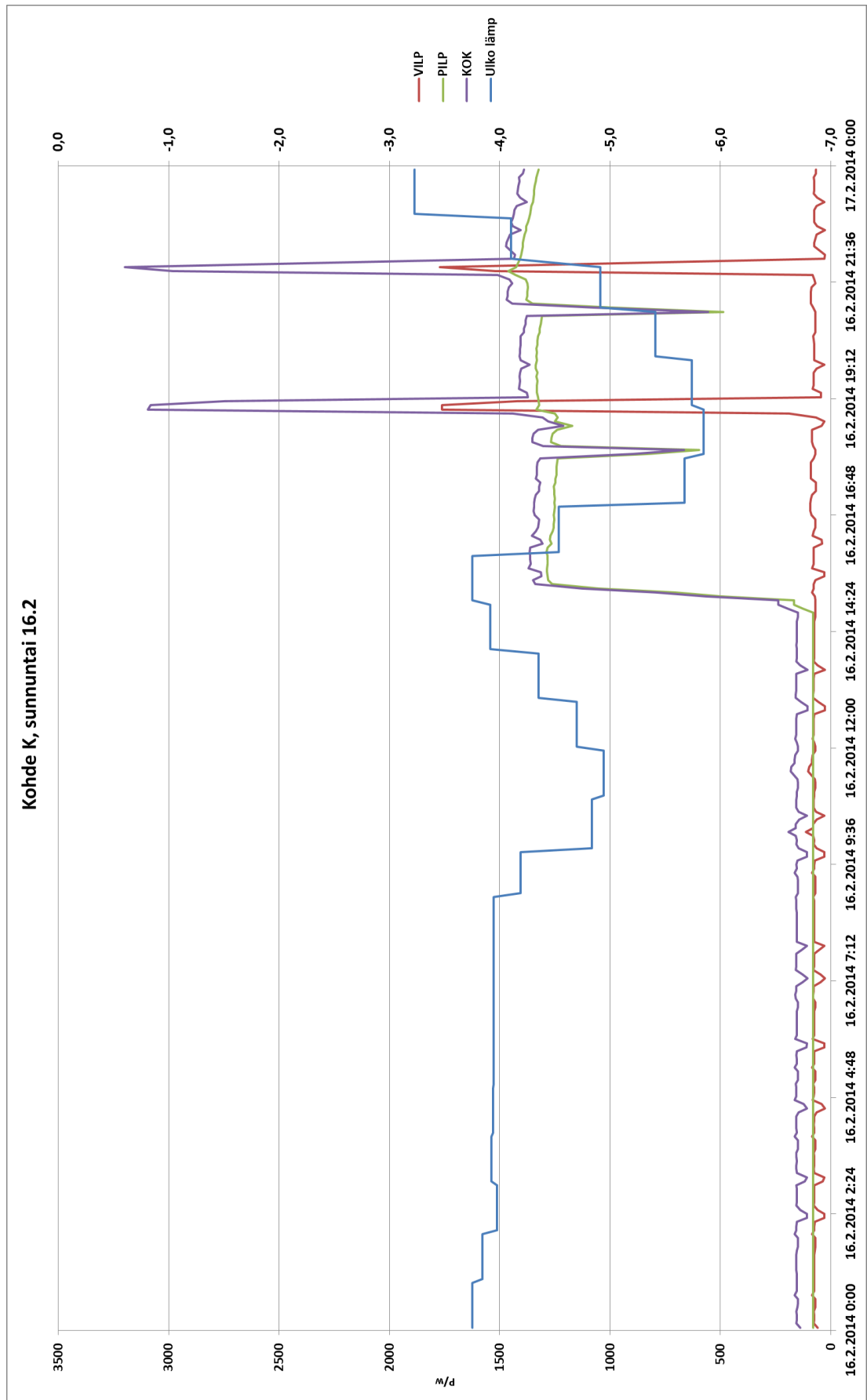
Kohteen K perustiedot on esitetty taulukossa 2. Kohteen ilmatilavuus on 648 m^3 , joka on huomattavan paljon suhteutettuna kohteen pinta-alaan.. Rakennuksen lämmittämiseen käytetään poistoilmalämpöpumppua ja lämmin käyttövesi tuotetaan vesi-ilmalämpöpumpulla. Lämmönjakotapana käytetään pääsääntöisesti ilmanvaihtojärjestelmää ja kylmimpään vuodenaikaan myös vesikiertoista lattiälämmitystä.

Taulukko 2, Kohteen K perustiedot

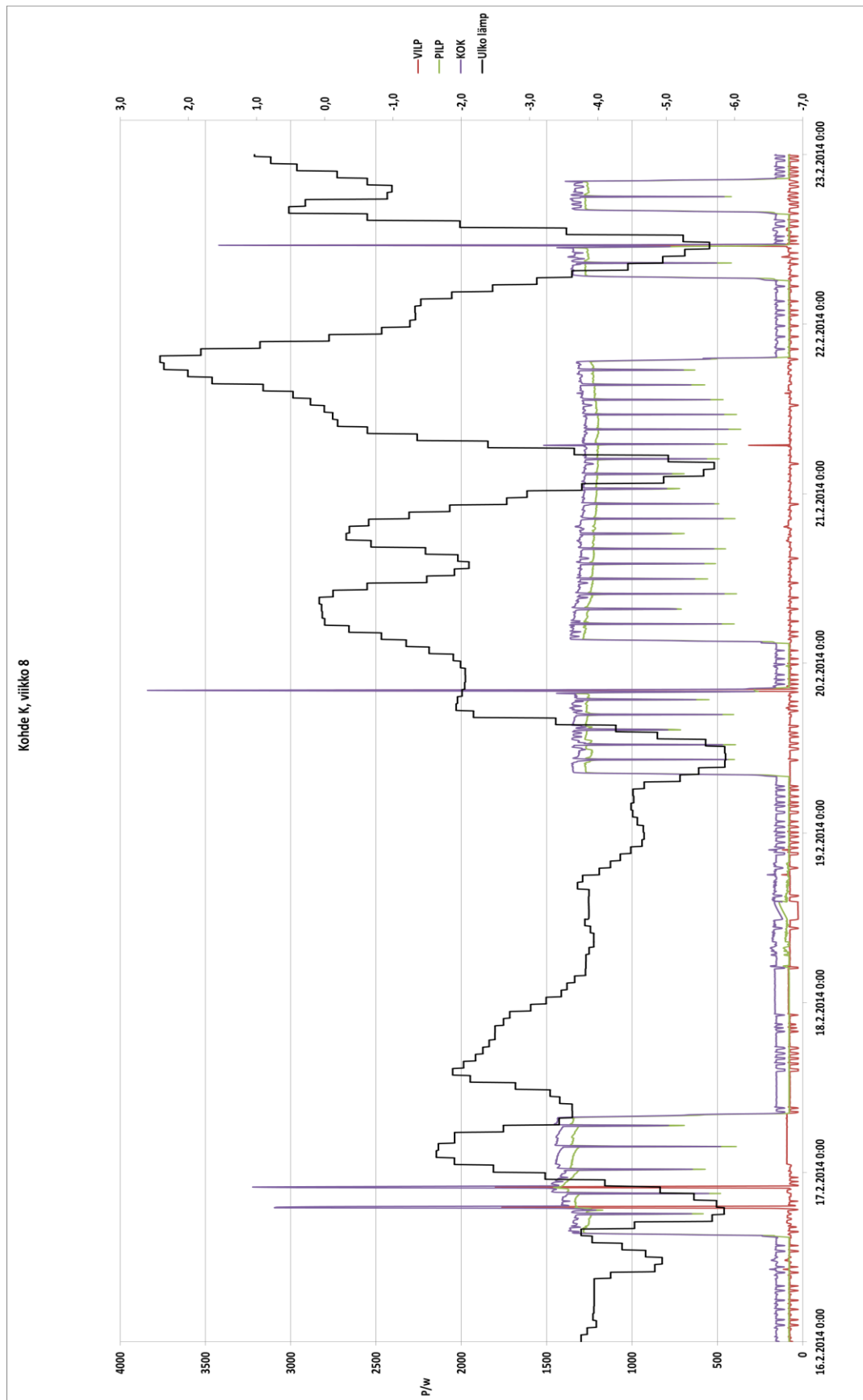
	Kohde K	
Pinta-ala	163,6	m ²
Päälämmitysjärjestelmä	PILP 2 kW ja VILP 4,5 kW,	
Apulämmitysjärjestelmä		
Lämmönjakotapa	Ilmalämmitys + vesik. lattialämmitys	
Energialuokka	A	
Asukkaiden lkm.	2	hlö
Sisälämpötila	22	°C

6.2.2 Kulutus

Kohteessa ei ollut asukkaita paikalla seurantaviikon aikana. Tuloksista voidaan tarkastella pelkän rakennuksen lämmittämiseen tarvittavaa energian määrää. Kohteiden kuluksista on esitetty sunnuntain 16.2 kulutus kuviossa 9 ja koko viikon 8 kulutus kuviossa 10. Kuviossa 9 ja 10 on esitetty ulkolämpötila, vesi-ilmalämpöpumpun ja poistoilmapumpun energiankulutus sekä niiden yhteenlaskettu kokonaiskulutus.



Kuvio 9. Kohde K kulutus 16.2



Kuvio 10. Kohde K kulutus viikolla 8

6.3 Kohde H

6.3.1 Perustiedot

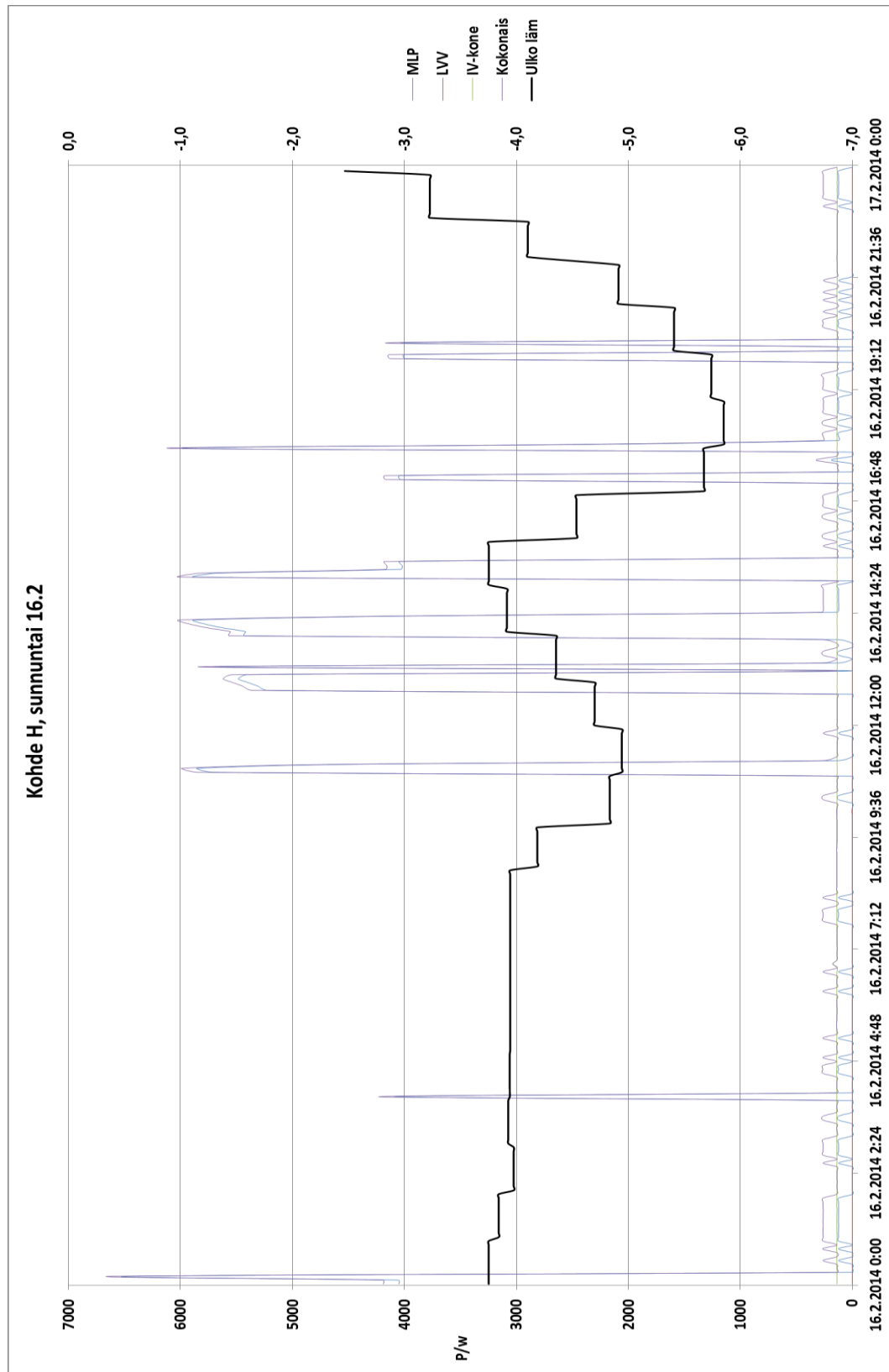
Kohteen H perustiedot on esitetty taulukossa 3. Kohde H on tutkimuskohteista kerros-pinta-alallisesti suurin. Rakennus on kolmikerroksinen ja alin kerros on maanpinnan alapuolella. Kohteessa on 15 kW maalämpöpumppu ja kaksi 170 m syvää lämmönke-ruukaivoa. Lämmönjakotapana käytetään vesikiertoista lattialämmitystä.

Taulukko 3, Kohteen H perustiedot

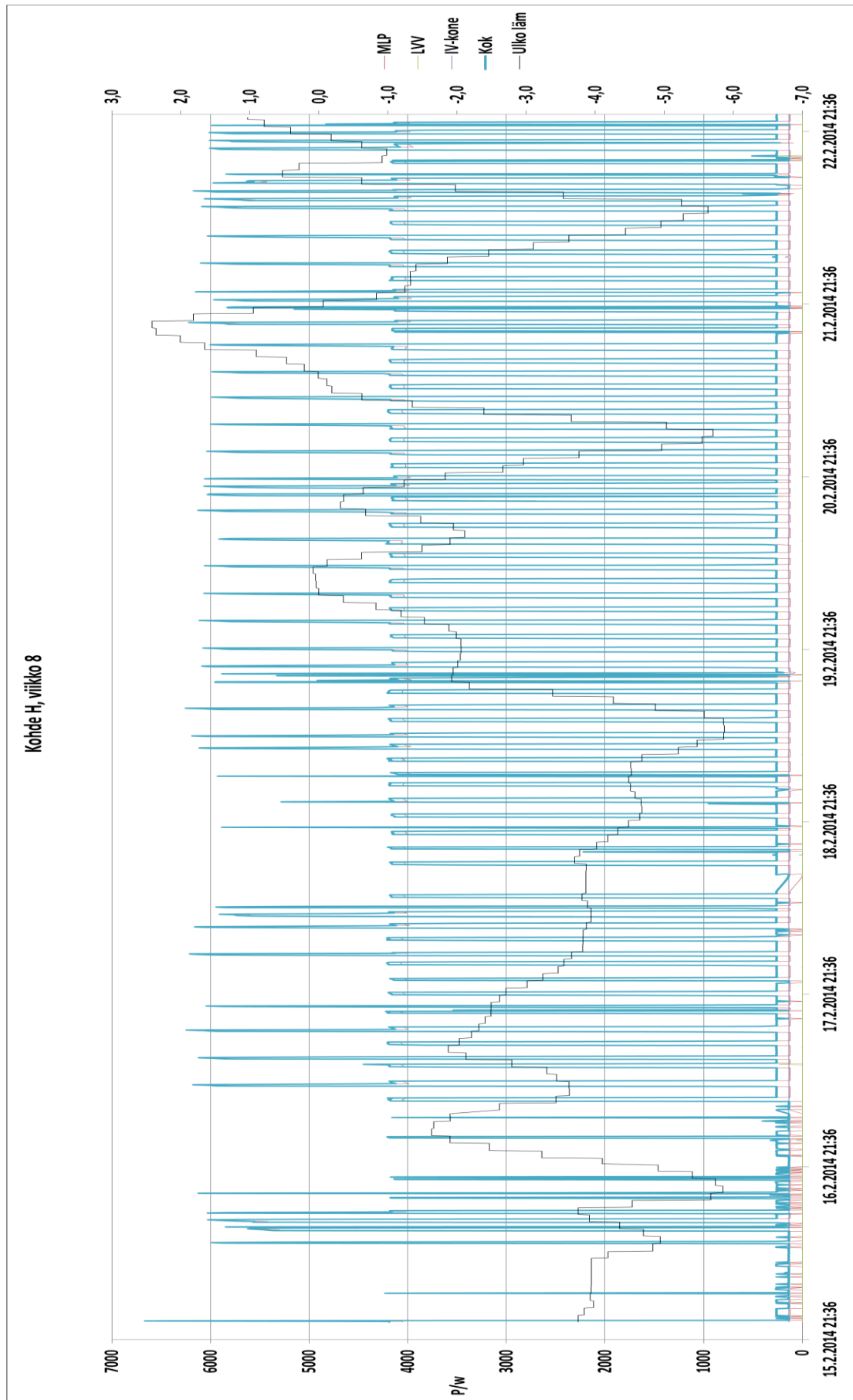
	Kohde H	
Pinta-ala	390	m ²
Päälämmitysjärjestelmä	MLP, Jämä 15 kW	
Apulämmitysjärjestelmä		
Lämmönjakotapa	Vesik. lattialämmitys	
Energialuokka	A	
Asukkaiden lkm.	4	hlö
Sisälämpötila	21	°C

6.3.2 Kulutus

Kuviossa 11 on esitetty kohteen H kulutus sunnuntaipäivänä 16.2. Kuviossa 12 on esi-tetty kohteen H viikon 8 kulutus. Kuvioissa 11 ja 12 on esitetty ulkolämpötila ja maa-lämpöpumpun, lämminvesivaraajan ja ilmastointikoneen kulutus sekä niiden yhteenlas-kettu kokonaiskulutus.



Kuvio 11, Kohteen H kulutus 16.2



Kuvio 12, Kohteen H viikon 8 kulutus

6.4 Kohde E

6.4.1 Perustiedot

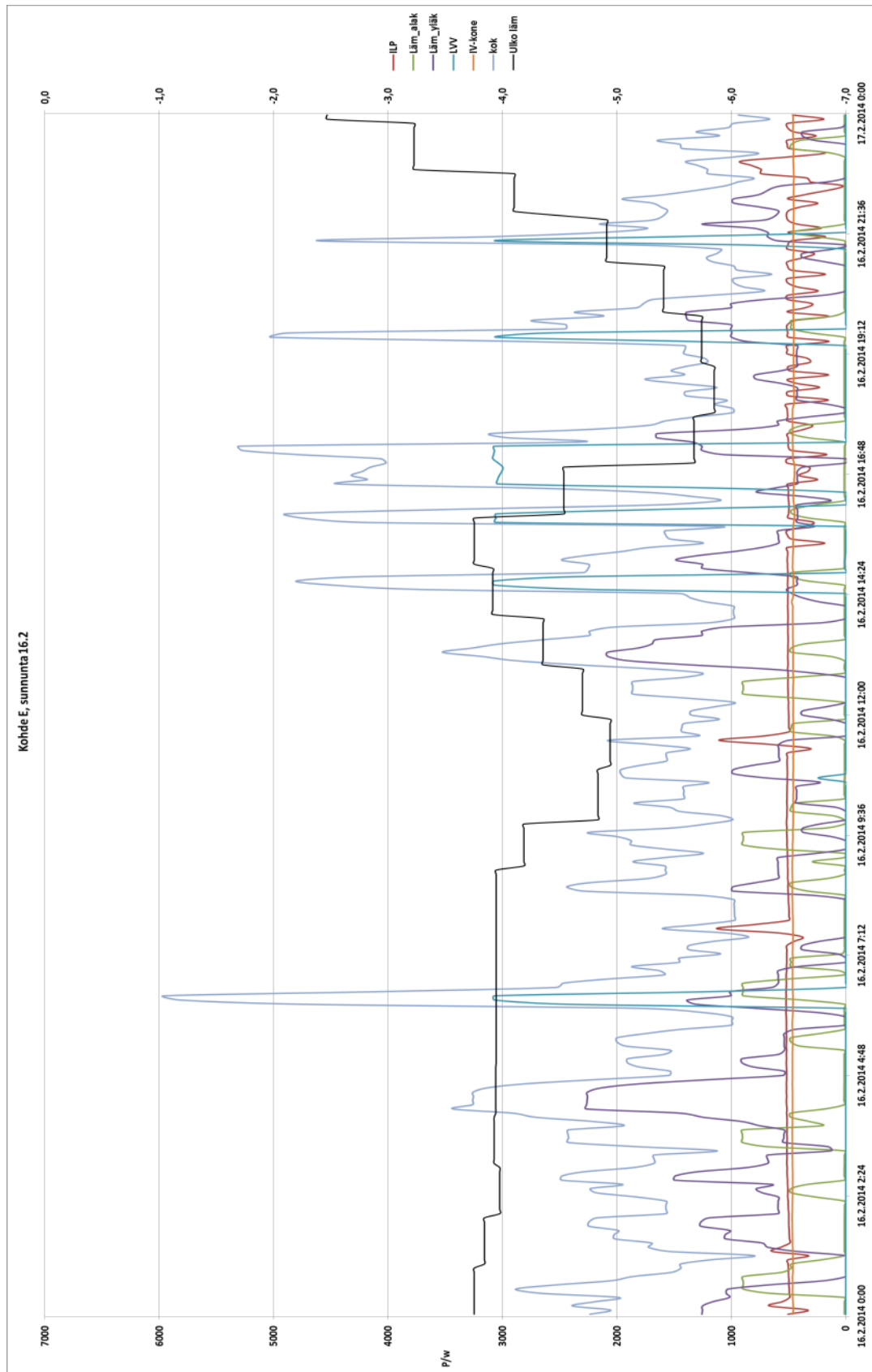
Kohteen E perustiedot on esitetty taulukossa 4. Kohde on sähkölämmitteinen ja ainut seurankohde, jossa ei käytetä keskitettyä lämmitysjärjestelmää. Lämpö tuotetaan tilakohtaisesti lattialämmityskaapeleilla. Lisäksi kohteessa on ilmalämpöpumppu, joka on sijoitettu keskeiselle paikalle.

Taulukko 4, Kohteen E perustiedot

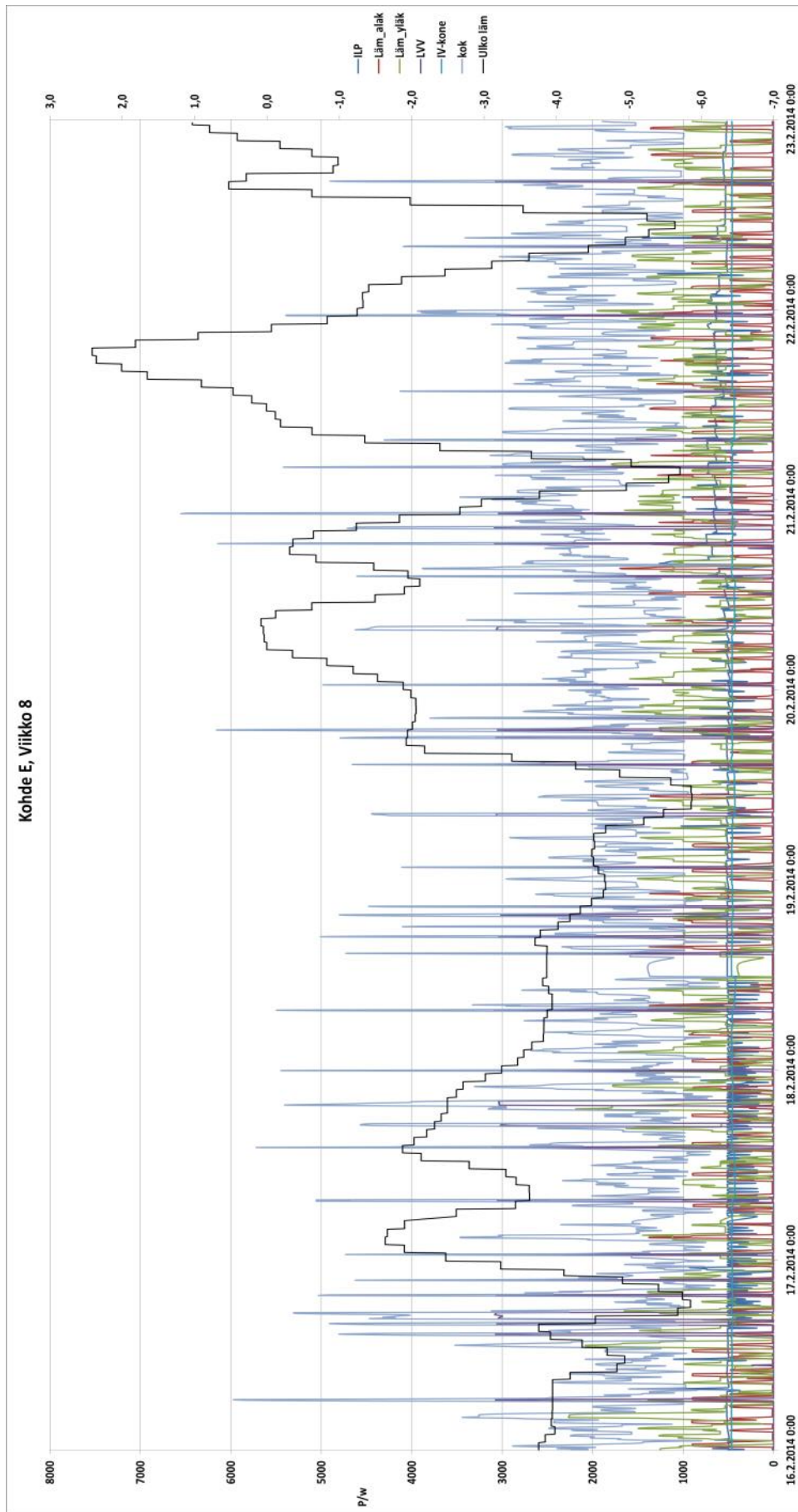
	Kohde E	
Pinta-ala	119	m ²
Päälämmitys-järjestelmä	Sähköinen lattialämmitys	
Apulämmitys-järjestelmä	ILP	
Lämmönjakotapa	Sähköinen lattialämmitys	
Energialuokka	A	
Asukkaiden lkm.	3	hlö
Sisälämpötila	22	°C

6.4.2 Kulutus

Kuviossa 13 on esitetty kohteen E kulutus sunnuntaipäivänä 16.2. Kuviossa 14 on esitetty kohteen E viikon 8 kulutus. Kuvioissa 13 ja 16 on esitetty ulkolämpötila ja ilmalämpöpumpun, lämminvesivaraajan, lattialämmityskaapeleiden ja ilmastointikoneen kulutus ja niiden yhteenlaskettu kokonaiskulutus.



Kuvio 13, Kohteen E kulutus 16.2



Kuvio 14, Kohteen E kulutus viikolla 8

6.5 Kohde B

6.5.1 Perustiedot

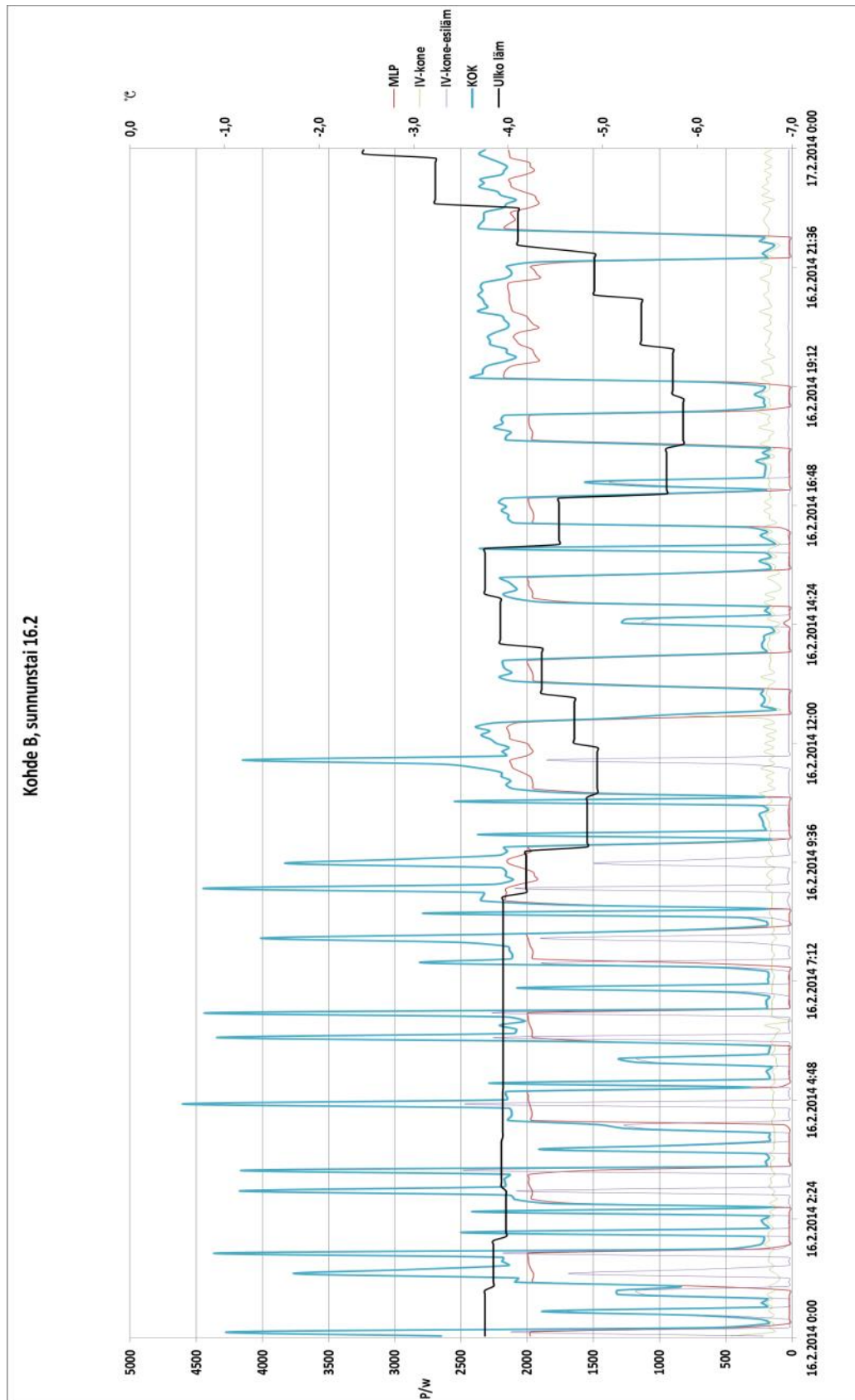
Kohteen B perustiedot on esitetty taulukossa 5. Kohteen sisälämpötila on vertailukoh-
teiden korkein. Kohde on myös yksikerroksinen ja pohjaratkaisu on L-kirjaimen malli-
nen, joten ulkoseinäpinta-ala on suhteellisen suuri. Kohteessa on ollut käytössä erillinen
sähkötoiminen ilmastoinnin esilämmityslaite.

Taulukko 5, Kohteen B perustiedot

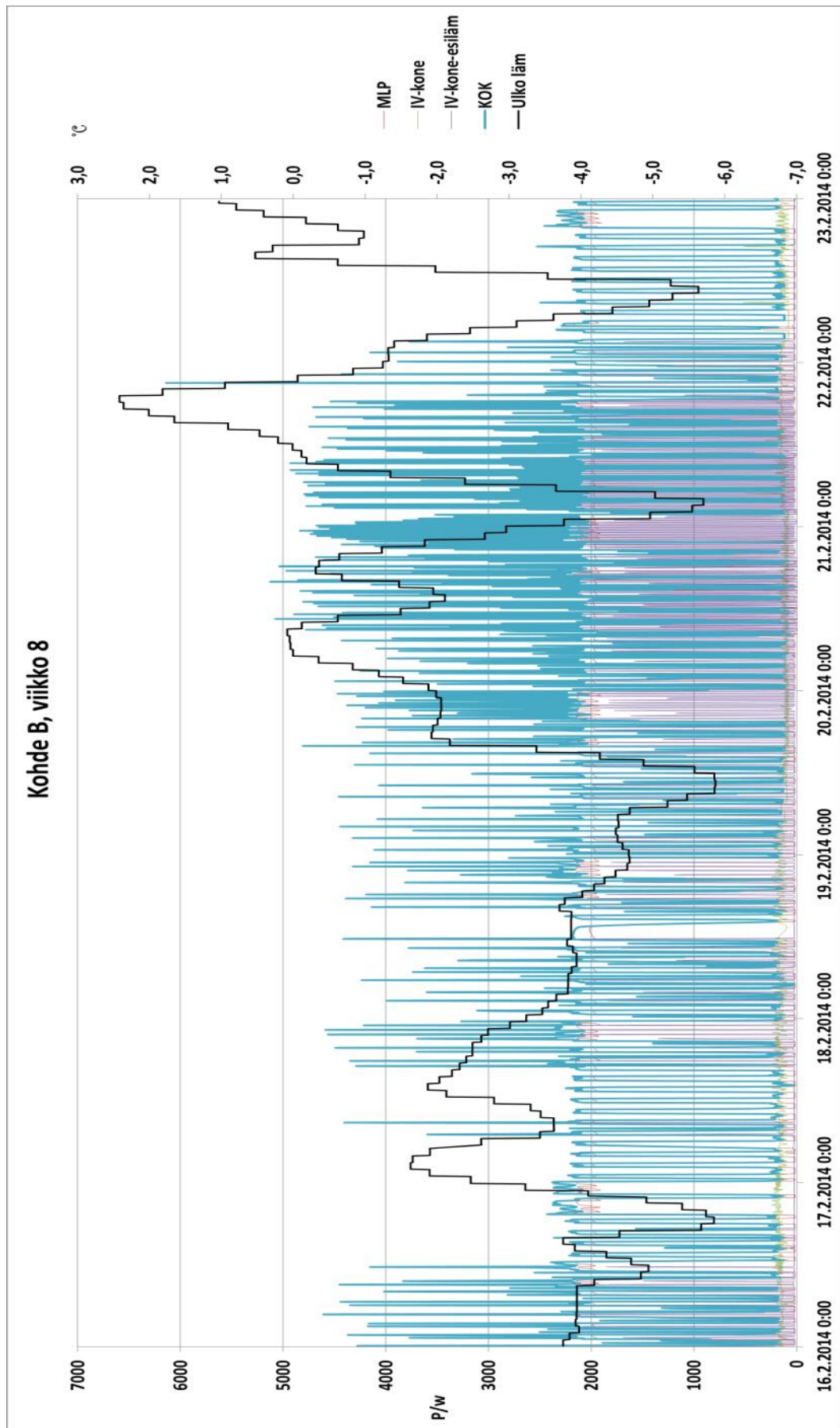
	Kohde B	
Pinta-ala	215	m ²
Päälämmitys-järjestelmä	Maalämpöpumppu (Nibe 1245-6), teho?	
Apulämmitys-järjestelmä		
Lämmönjako-tapa	Vesikiertoinen lattia	
Energialuokka	A	
Asukkaiden lkm.	3	hlö
Sisälämpötila	23,5	°C

6.5.2 Kulutus

Kuviossa 15 on esitetty kohteen B kulutus sunnuntaipäivänä 16.2. Kuviossa 16 on esi-
tetty kohteen B viikon 8 kulutus. Kuvioissa 15 ja 16 on esitetty ulkolämpötila ja maa-
lämpöpumpun, ilmastoinnin esilämmityksen ja ilmastointikoneen kulutus ja niiden yh-
teenlaskettu kokonaiskulutus.



Kuvio 15, Kohteen B kulutus 16.2



Kuvio 16, Kohteen E kulutus viikolla 8

6.6 Kohteiden vertailu

Kohteiden lämmitystehojen vertailun helpottamiseksi mittaustuloksia normitettiin sisälämpötilan mukaan. Kaikki arvot korjattiin vastaamaan 21 °C käyttäen 5 % / 1 °C sääntöä. Sääntö on yleisesti käytetty energiankulutuksen säästöjä laskettaessa. Käytännössä se tarkoittaa, että yhden asteen lämpötilan pudotus tarkoittaa keskimäärin viiden prosentin säästöä lämmityskustannuksissa. Tarkan korjauskertoimen määrittäminen on melko monimutkaista. Korjauskertoimeen vaikuttaa esimerkiksi rakenteiden energiatehokkuus, lämmönkehitysmenetelmä ja raaka-aineen hinta. 5 % korjauskerrointa voidaan kuitenkin käyttää tässä opinnäytetyössä vakiintuneen laskutavan mukaisesti.

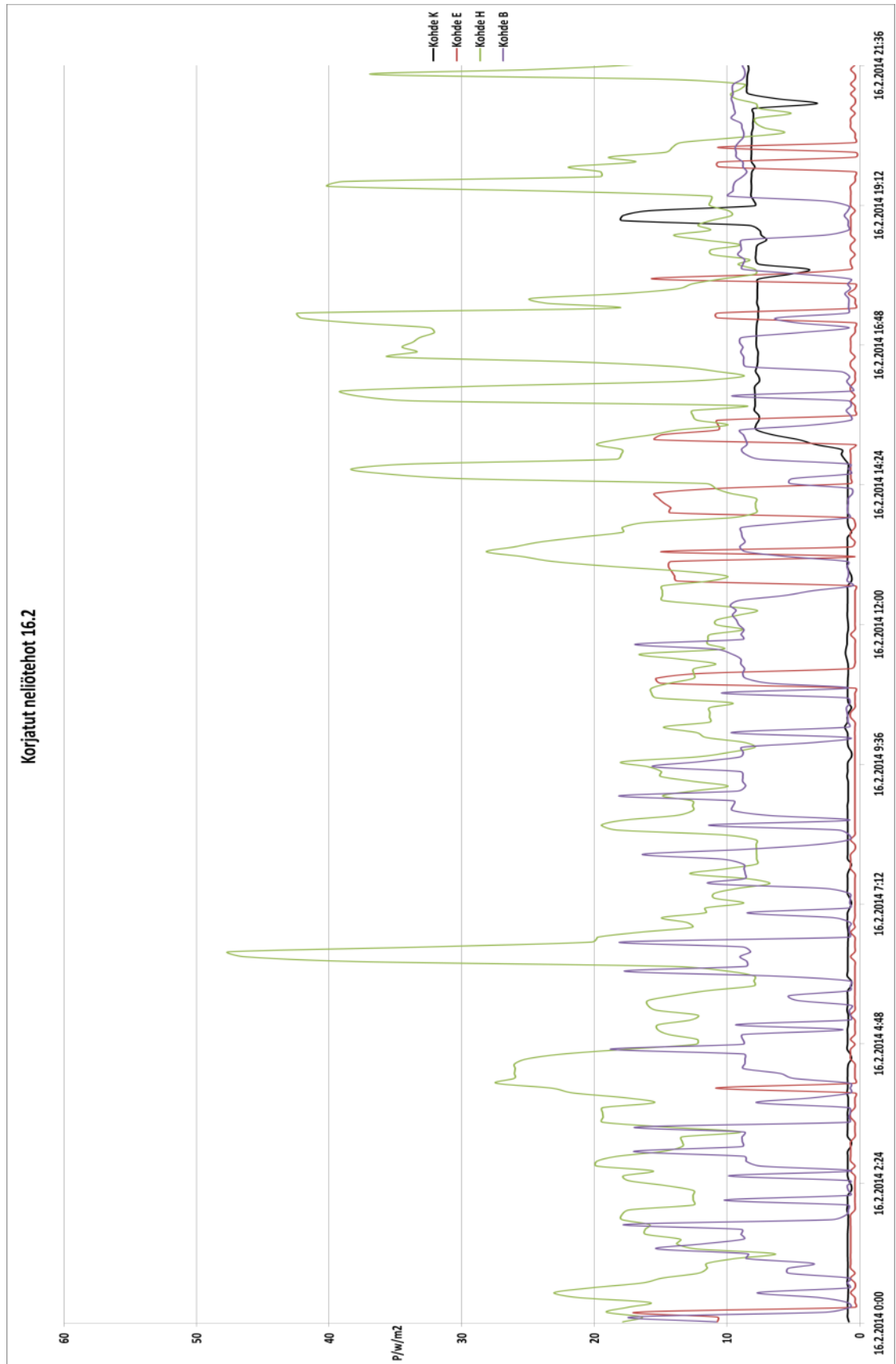
Kohteiden tehot on jaettu myös pinta-alan mukaan. Neliötehot kertovat paremmin rakennuksen energiatehokkuudesta kuin absoluuttiset kulutukset. Samalla tavalla eristetyistä rakennuksista isompi kuluttaa luonnollisesti enemmän energiaa. Kohteiden lämmityksen korjatut keskitehot ja neliötehot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6, Kohteiden korjatut lämmityksen keskitehot ja keskineliötehot viikolla 8

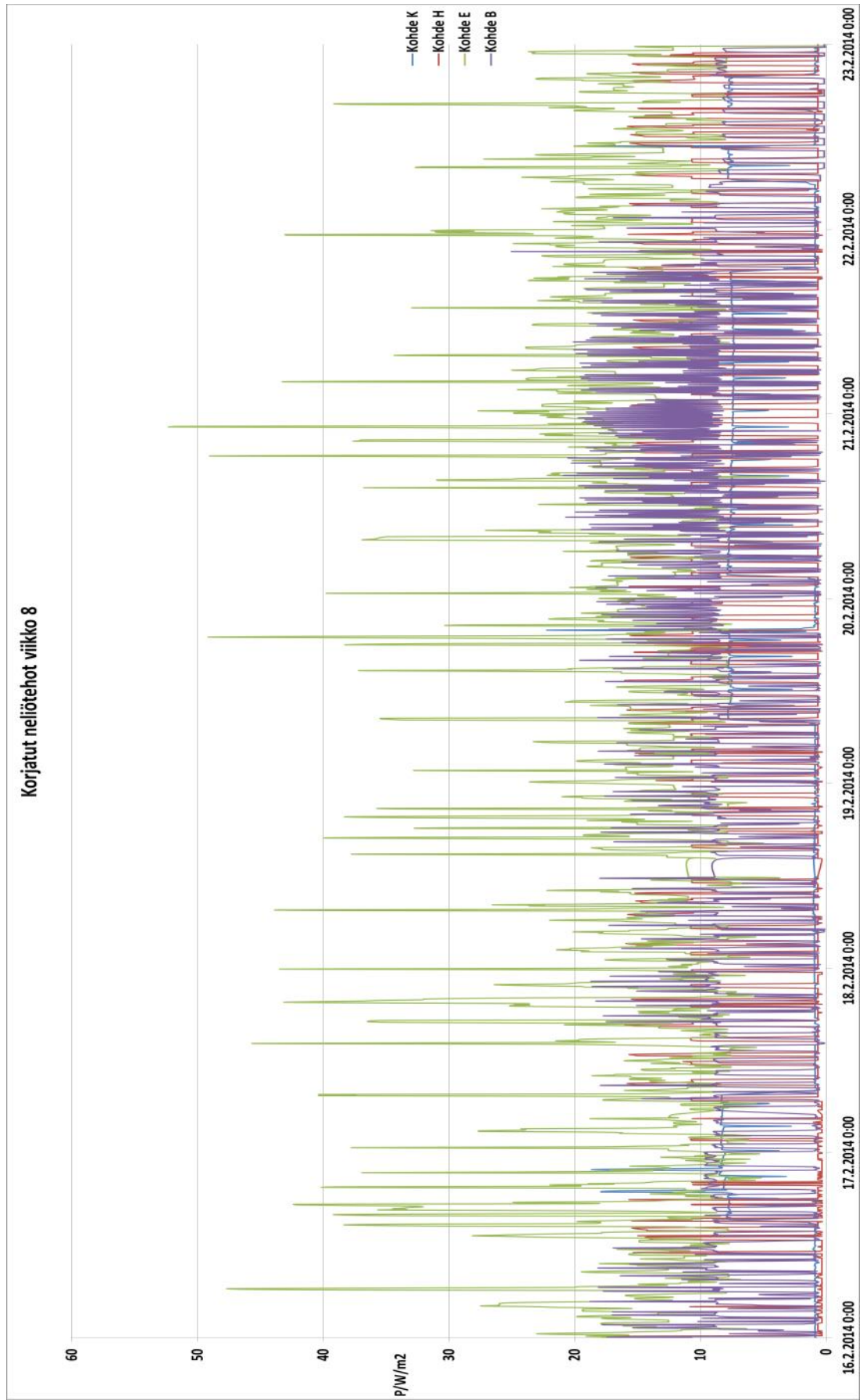
Kohde	K	H	E	B	
Läm.m.	PILP+VILP	MLP	SÄHKÖ + ILP	MLP	
Keskiteho	692	1 533	1 937	1 594	W
Kor. keskiteho	4,0	3,9	15,4	6,5	W/m ²

Taulukon 6 korjatuista neliöllisistä keskitehoista voidaan päätellä, että maalämpökohdeet kuluttavat 2-4 kertaa vähemmän sähköä kuin sähkölämmityskohde. Huomioitavaa on, että kohteessa K ei ollut asukkaita paikalla seurantaviikolla. Tästä voidaan päätellä, että ilmalämpötekniikkaan perustuvan lämmitysjärjestelmän kulutus on maalämpöpumppua heikompi, mutta suoraa sähkölämmitystä parempi. Viikolla 8 mittausjakson aikana keskiulkolämpötila oli -2,7 °C.

Kuviossa 17 on esitetty sunnuntaipäivän 16.2 kaikkien kohteiden korjatut neliötehot ja kuviossa 18 on esitetty viikon 8 kaikkien kohteiden korjatut neliötehot. Kuvioista 17 ja 18 huomataan, että sähkölämmityskohteen suhteellinen kulutus on huomattavasti muita järjestelmiä suurempi.



Kuvio 17, Kohteiden korjatut neliötehot 16.2



Kuvio 18, kohteiden korjatut neliötehot viikolla 8

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kerätä nykyaikaisten omakotitalojen lämmitysjärjestelmien sähkönkulutustietoja ja perehtyä siihen, mitkä asiat vaikuttavat lämmitysjärjestelmien tehokäyttäytymiseen. Sähkönkulutustietoja kerääminen neljässä kohteessa saatiin aloitettua ja mittausjakson alkupään tuloksia analysoitua. Kun dataa saadaan kerättyä enemmän vaihtelevissa ulko-olosuhteissa, niin eri lämmitysjärjestelmien erot tulevat selvemmin esille.

Asianmukaisen mittauskaluston hankinta osoittautui melko haasteelliseksi ja laitteiston asentaminen omakotitalojen ryhmäkeskuksiin oli tilanpuutteen vuoksi vaikeaa. Mahdollinen energian seurantajärjestelmä tulisi sen vuoksi ottaa jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa huomioon.

Työssä esitellyt kulutuskuvaajat eivät yksiselitteisesti kuvaa mikä lämmitysjärjestelmistä on kokonaisuudessa paras tai järkevin. Työssä ei ole otettu kantaa esimerkiksi hankinta- ja huoltokustannuksiin tai käyttömukavuuteen. Työn tutkimusjakson, viikon 8 aikaisista tuloksista voidaan päätellä lämpöpumppujen säästävän vähintään 50 % sähkönkulutuksesta verrattuna suoraan sähkölämmitykseen.

LÄHTEET

SULPU Ry, Lämpöpumppujen myyntitilasto

<http://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/SULPU%2C%201%C3%A4mp%C3%B6pumpputilasto%202013%2C%20kuvaajat.pdf> Luettu 16.3.2014

Tilastokeskus, Rakennuskanta 2012

http://www.tilastokeskus.fi/til/rakke/2012/rakke_2012_2013-05-24_kat_002_fi.html

Luettu 16.3.2014

Tilastokeskus, Asuntokanta 2010

http://www.stat.fi/til/asas/2010/01/asas_2010_01_2011-10-20_kat_001_fi.html

Luettu 16.3.2014

Tilastokeskus, Energian hankinta ja kulutus 2013`

http://www.stat.fi/til/ehk/2012/04/ehk_2012_04_2013-03-22_kuv_014_fi.html

Luettu 15.3.2014

Energiatehokaskoti.fi, Lämmitys

http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys

Luettu 15.3.2014

Vihola & Heljo, 2012 Lämmitystapojen kehitys 2000-2012 Aineistoselvitys

Motiva, Maalämpöpumppu

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu Luettu 15.3.2014

Energiaverkko, Sähkölämmitys

http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/koti_ja_energia/omakotitalo/sahko.htm Luettu 15.3.2014

SULPU Ry, Lämpöpumpputyypit <http://www.sulpu.fi/lampopumpputyypit>

Luettu 16.3.2014

Suomela, Säästää lämpöpumpulla

<http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammitys-energiaAnna/Saastoa-lampopumpulla-esittelyssa-maalampopumppu-50579> Luettu 15.3.2014

GREE, Vesi-ilmalämpöpumpun toimintaperiaate

<http://www.gree.fi/index.php?page=1006&lang=1#laitteisto> Luettu 16.3.2014

RakMK D5, 9

Rakennusmääräyskokoelma D5

Talotekniikka –lehti, Huoneistokohtainen vedenmittaus

http://www.talotekniikka.eu/tate-lehti/fi_FI/huoneistokohtainen_vedenmittaus/

Luettu 15.3.2014

diyhomeautomation.com

<http://www.diyhomeautomation.com.au/energy-monitoring/28-current-cost-envir.html>

Sähköenergialiitto Ry, Sener, verkostosuositus Sa 1- 87