KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Matti Ratilainen

OMAKOTITALON SÄHKÖNKULUTUS JA ENERGIATEHOKKAAT RATKAISUT

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013

Karelia AMMATTIKORKEAKOULU	**OPINNÄYTETYÖ** **Toukokuu 2013** **Sähkötekniikan koulutusohjelma** Karjalankatu 3 80200 JOENSUU p. (013) 260 6800

Tekijä
Matti Ratilainen

Nimeke
Omakotitalon sähkönkulutus ja energiatehokkaat ratkaisut

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia omakotitalon sähkön kulutusta ja kuinka kulutusta saadaan pienemmäksi. Kohteena on Vuonisjärvellä sijaitseva omakotitalo, jonka sähkön vuosikulutus vuonna 2012 on ollut 11300 kWh. Kohteen sähkönkulutus tutkittiin. Kohteeseen tehtiin ja ehdotettiin sähköenergiaa säästäviä toimenpiteitä. Kohteessa yhtä huonetta lämmitetään sähköllä. Huone oli ollut aikaisemmin puolilämpimänä varastona. Lämminvesi lämmitetään sähköllä 200 litran lämminvesivaraajassa.

Omakotitalon sähkönkulutuksen ja energiatehokkaita ratkaisuja tutkittiin internetin ja kirjallisuuden avulla. Kohteen sähkönkulutus selvitettiin PKS omawatti -palvelun ja perheen haastattelun perusteella. Perheen arvioiduksi sähkönkulutukseksi saatiin 12112 kWh, josta huoneen ja lämpimän veden lämmityksen kulutus on 9667 kWh. Suihkun suihkupään vedenvirtausta säädettiin pienemmäksi, jolloin lämpimän vedenkulutus suihkussa tulee pienentymään 50 %. Huoneen sähköpatteriin asennettiin ajastin, jolla lämmitys säädetään toimimaan keväällä ja syksyllä vain öisin. Kohteen perheelle ehdotettiin asennettavaksi vedenkulutusmittari, jolloin perhe pystyisi seuraamaan vedenkulutustaan. Kyseisillä toimenpiteillä sähköä saadaan säästettyä 2819 kWh.

Kieli suomi	Sivuja 41 Liitteet 2 Liitesivumäärä 7

Asiasanat
energiansäästö, omakotitalo, sähkönkulutus

THESIS
May 2013
Degree Programme in Electrical Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author
Matti Ratilainen

Title
Electricity Consumption and Energy Efficient Solutions in a Detached House

Abstract

The purpose of this thesis was to investigate electricity consumption in a detached house and how the consumption could be reduced. The subject was a detached house in Vuonisjärvi, with an annual electricity consumption of 11300 kWh in 2012. The subject's electricity consumptions was studied. Energy saving measurement was made and proposed to the subject. In the detached house one room is heated by electricity. The room had been earlier used as a semi-warm storage space. Warm water is heated by a 200 liter boiler.

The electricity consumption and energy efficient solutions were studied by internet and literature material. The subject's electricity consumption was found out by using the PKS omawatti -service and by interviewing the family. The family's approximate electricity consumption was estimated as 12112 kWh, of which the heating consumption of the room and warm water was 9667 kWh. The shower head's water stream was adjusted to a lower value, which will decrease water consumption by 50 %. In the room a timer was installed in the electric heater. The heating was adjusted to operate only at night in spring and autumn. Water consumption meter was proposed to be installed to the detached house. With these measures the family can save 2819 kWh of electricity.

Language	Pages 41
Finnish	Appendices 2
	Pages of Appendices 7

Keywords

energy saving, detached house, electricity consumption

Sisältö

1 Johdanto 5
2 Sähkön hinta 5
3 Omakotitalon laitteet 7
3.1 Lamput 7
3.2 Lämmitysjärjestelmät 8
3.3 Ilmastointijärjestelmät 11
3.4 Muut laitteet 11
4 Omakotitalon sähkönkulutus 12
4.1 Lämmityksen energiankulutus 12
4.2 Lämminvesivaraaja 16
4.3 Laiteiden sähkönkulutus 18
4.4 Valaistuksen sähkönkulutus 19
5 Energiatehokkaat ratkaisut 20
5.1 Huoneitten lämmitys 20
5.2 Käyttövesi 21
5.3 Ilmastointi 23
5.4 Valaistus 23
5.5 Käyttölaitteet 24
6 Sähkönkulutus kohteessa 25
6.1 Sähköllä lämmitettävä makuuhuone 26
6.2 Lämminvesi 28
6.3 Laitteet ja valaistus 31
6.4 Kokonaiskulutus 33
7 Toimenpiteet 34
8 Tulokset 37
9 Pohdinta 38
Lähteet 40

Liitteet

Liite 1 Kohteen lämmitys- ja sähkösuunnitelma
Liite 2 Kohteen sähkönkulutus

1 Johdanto

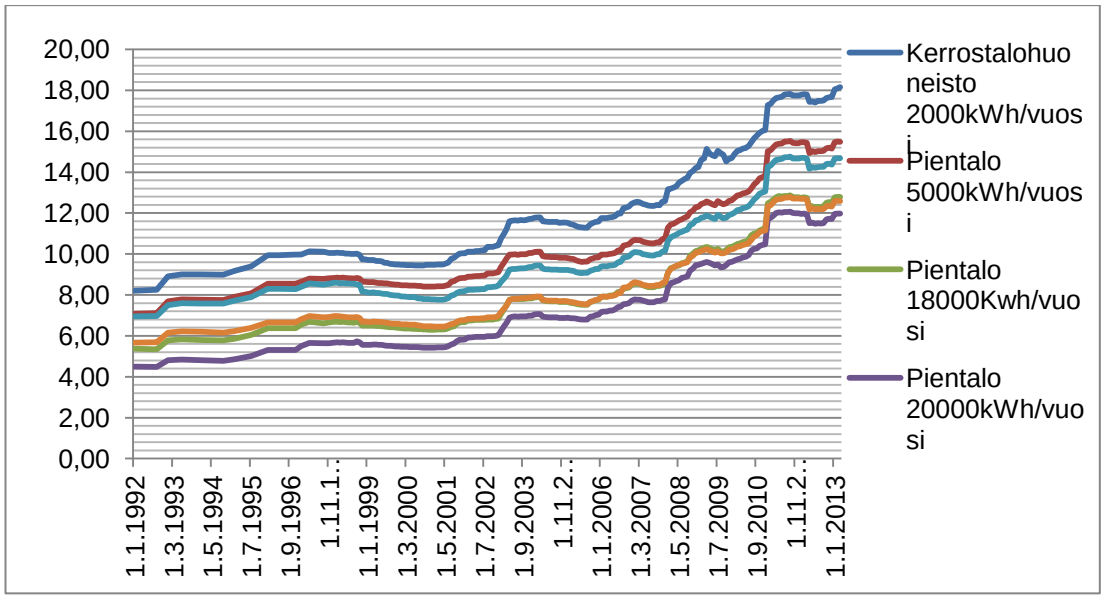
Sähkön hinta on kehittynyt ylöspäin joka vuosi. Monessa omakotitalossa asuvalla perheellä sähkölaskut ovatkin kasvaneet huomattavasti. Sähkön kulutusta voi pienentää monella tavalla. Pienellä toimenpiteellä voidaan saada huomattavatkin säästöt. Isolla toimenpiteellä säästö voi myös jäädä pieneksi. Säästön suuruus riippuu aina omakotitalosta ja sen asukkaista. Tästä johtuen onkin hyvä selvittää talokohtainen kulutus ja sen pohjalta arvioida säästömahdollisuudet.

Omakotitalojen sähkölaskut voivat olla monella perheellä tuhansia euroja. Nämä perheet eivät välttämättä tiedosta omaa kulutustaan ja siksi heidän on vaikea vähentää sitä. Sähkön kulutuksen seuraaminen on nykyään paljon helpompaa kuin aikaisemmin. Monilla sähköverkkoyhtiöillä on asiakkaille omat seurantapalvelunsa, jossa asiakas voi käydä katsomassa omaa sähkönkulutusta. Seurantapalveluissa kulutus voi näkyä joka tunnille. Pohjois-Karjalan Sähkön omawatti -palvelu on yksi tämänkaltaisista seurantapalveluista.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää Vuonisjärvellä sijaitsevan omakotitalon sähkönkulutus sekä sähkönsäästömahdollisuudet. Kohteen sähkönkulutus selvitetään kirjallisuuden perusteella sekä haastattelemalla perhettä. Perheen sähkönsäästömahdollisuudet selvitetään, jonka jälkeen investoinniltaan pienet toimenpiteet toteutetaan.

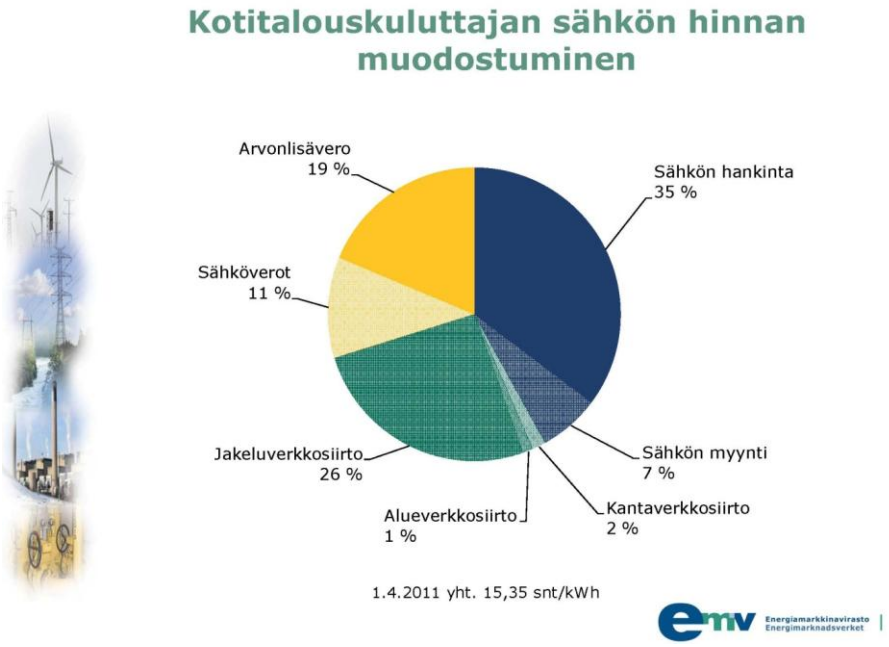
2 Sähkön hinta

Sähkön hinta Suomessa on kehittynyt ja tulee kehittymään jatkuvasti ylöspäin, kuten kuviosta 1 voidaan nähdä. Kuviossa 1 olevat keskihinnat ovat painotettuja koko maan keskiarvoja.



Kuvio 1. Sähkön hinnan kehitys. [6]

Sähkön hinta muodostuu sähköenergiasta, sähkönsiirrosta ja sähköverosta. Hinnan muodostuminen näkyy tarkemmin kuviosta 2. Suomessa voi ostaa sähköenergiaa miltä tahansa Suomalaiselta sähkön myyjältä. Sähkönsiirtoa ei voi Suomessa valita. Sähkönsiirrosta vastaa asiakkaan alueella toimiva sähköverkkoyhtiö. Sähköenergian voi kilpailuttaa esimerkiksi energiamarkkinaviraston sähkönhinta palvelusta [5].



Kuvio 2. Sähkön hinnan muodostuminen. [9]

3 Omakotitalon laitteet

3.1 Lamput

Valaistuksen tarve riippuu vuodenajasta. Keskikesällä valaistusta ei tarvitse juuri ollenkaan, kun taas joulun aikaan valaistuksen tarve on hyvin suuri. Nykyisin markkinoilla on neljä erilaista lampputyyppiä LED-lamput, energiansäästölamput, halogeenilamput ja hehkulamput. Hehkulamput poistuivat markkinoilta vuonna 2012 . Kaupat ja maahantuojat saavat kuitenkin myydä varastonsa loppuun. [17]

LED-lamput ovat pitkäikäisiä ja energiatehokkaita. LED-lamput syttyvät välittömästi eikä niissä ole ongelmajätteitä. LED-lamppu maksaa itsensä takaisin 12–36 kuukauden kuluessa. LED-lamppuja voi käyttää myös ulkona. Saunaan niitä ei suositella, koska liian lämmin käyttöympäristö pienentää LED-lamppujen valontuottoa ja elinikää. [18]

Energiansäästölamput voivat kestää noin 10 kertaa pitempään ja kuluttaa energiaa jopa 75–80 % vähemmän kuin hehkulamput. Energiansäästölamppuja käytetään yleisvalaistuksessa ja käyttökohteissa joissa tarvitaan paljon valoa. Energiansäästölamppuja ei myöskään suositella saunaan eikä käyttökohteissa joissa valoa joudutaan sytyttämään ja sammuttamaan tiuhaan. [19]

Halogeenilamput kuluttavat noin 30 % vähemmän energiaa kuin hehkulamput. Halogeenilamppujen elinikä on kaksinkertainen hehkulamppuun verrattuna. Halogeenilampuilla kannattaa korvata hehkulamput sellaisissa käyttökohteissa joihin energiansäästölamput tai ledit eivät sovellu. Esimerkiksi saunassa, himmennettävissä valaisimissa tai kristallikruunuissa. [20]

3.2 Lämmitysjärjestelmät

Erilaiset lämmitysmuodot ovat puulämmitys, kaukolämpö, maakaasu, maalämpö, pellettilämmitys, poistoilmalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu, varaava sähkö, suora sähkö ja öljylämmitys.[21] Lämmönjaon vaihtoehdot ovat vesikeskuslämmitys, ilmakiertoiset lämmönjakojärjestelmä ja huonekohtainen sähkölämmitys. [13]

Puukattiloiden polttoaineita ovat pilkkeet, halot ja hake. Jo yhdellä lämmityskerralla lämpöä voi riittää jopa vuorokaudeksi. Hyvällä puukattilalla päästään yli 80 % hyötysuhteeseen nimellisteholla. Puulämmitys vaatii kuitenkin asukkailta enemmän työtä kuin muut lämmitystavat. Jos asukas omistaa omaa metsää, niin hän voi hankkia polttoaineen sieltä. [22]

Kaukolämpö tuotetaan voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa. Lämpö siirtyy käyttäjille kaukolämpöverkossa kiertävän kuuman veden avulla. Lämpö siirtyy talon lämmönjakokeskukseen lämmönsiirtimien avulla. Lämmönjakokeskuksessa on oma lämmönsiirrin lämmitykselle ja lämpimälle käyttövedelle. Kaukolämpö on hyvin vaivaton, koska se ei vaadi juurikaan huoltoa tai ylläpitoa. Kaukolämpö sopii tiheästi rakennetulle alueelle sijaitseviin pientaloihin. [22]

Maalämmöllä toteutettu lämmitysjärjestelmä voidaan toteuttaa kallioon poratulla lämpökaivolla, metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla tai vesistöön upotetulla keruuputkistolla. Maalämpöä kerätään maalämpöpumpuilla, jotka pumppaavat maaperän pintakerrokseen tai vesistöihin sitoutunutta aurinkoenergiaa. Maalämpöpumppu tarvitsee toimiakseen sähköenergiaa. Lämpöenergiaa maalämpöpumppu tuottaa kolminkertaisen määrän enemmän mitä se kuluttaa. Investointikustannukset ovat kuitenkin suuret, mutta käyttökustannukset edulliset. [22]

Pelletillä toimiva lämmitysjärjestelmä koostuu kattilasta, polttimesta, siirtoruuvista ja varastosiilosta. Siilon koko omakotitalossa on noin 8 m^2 ja

siihen mahtuu vuoden pelletit. Pelletit ovat hyvin energiatiiviitä. Yksi kuutio pellettejä vastaa 300–330 litraa kevyttä polttoöljyä. [22]

Poistoilmalämpöpumppu saa lämmitysenergian talosta poistettavasta ilmasta. Järjestelmällä ei voida tuottaa kaikkea talon tarvitsemaa lämpöenergiaa. Loppuosa tuotetaan poistoilmalämpöpumpun sähkövastuksilla. Poistoilmalämpöpumpulla saadaan noin 40 %:n taloudellinen säästö verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. [22]

Ilma-vesilämpöpumppu siirtää lämpöenergian ulkoilmasta vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Lämmin käyttövesi voidaan myös lämmittää tällä järjestelmällä. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa myös olemassa olevaan taloon, jolloin se tulee vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle tai rinnalle. Kovimmilla pakkasilla järjestelmällä ei voida kattaa koko talon lämmitystarvetta. Varajärjestelmänä käytetään ilma-vesilämpöpumpun omia sähkövastuksia. Ilma-vesilämpöpumppu tuottaa kaksi yksikköä lämpöenergiaa jokaista käyttämäänsä yksikköä kohti. [22]

Myös sähköä käytetään lämmönlähteenä. Lämpöä tuotetaan joko sähkövastuksilla, sähkövastuksilla varustetulla varaajalla tai sähkökattilalla. Sähkövaraajalla tuotetaan yleensä sekä tilojen lämmitysenergia, että lämpimän käyttöveden tarvitsema lämpöenergia. Sähkökattila tuottaa joka hetki sähkövastuksilla sen lämmitysenergian mitä talo tarvitsee. Lämpö jakaantuu huonetiloihin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Sähkö on lämmitysmuotona helppo ja investointina halpa lämmitysjärjestelmä. Haittapuolena on kallis energia. [22] Sähköpatterit eivät vaadi rakentamisen erikoisratkaisuja. Patterit sijoitetaan yleensä ikkunoiden alle, missä ne parhaiten poistavat vetoa. Sähköpatterin pintalämpötila on normaalikäytössä sama kuin vesikiertoisen lämmityspatterinkin eli noin 70 ºC. Helpon asennettavuuden takia patterilämmitys sopii hyvin peruskorjauskohteisiin, joissa uusitaan lämmitysjärjestelmä. [26]

Öljylämmitysjärjestelmä tuottaa huonetilojen ja lämpimän käyttöveden tarvitseman energian. Öljylämmityskattiloiden hyötysuhde on noin 90–95 %.

Öljylämmitys voidaan myös yhdistää aurinkolämmitykseen, jolloin 25–35% lämmöntarpeesta katetaan aurinkolämpöjärjestelmällä. Tarjolla on myös kaksoispesäkattiloita, jolloin öljyn rinnalla käytetään puuta. Häiriöiden varalta kattilassa on sähkövastukset. [22]

Maakaasun lämmitysjärjestelmä on samankaltainen kuin öljylämmityksessä ja lähes kaikkien öljylämmityskattiloiden polttoaineena voidaan käyttää myös maakaasua. Vuosihyötysuhde maakaasulämmitysjärjestelmällä on yli 90 %. Maakaasulämmityksen markkinaosuus on pieni, koska maakaasua on tarjolla vain joillakin paikkakunnilla. Maakaasu on kuitenkin kilpailukykyinen vaihtoehto. [22]

Vesikeskuslämmitys toteutetaan joko patterilämmityksenä, lattialämmityksenä tai niiden yhdistelmänä. Vesikiertoisissa järjestelmissä on mahdollista käyttää eri energialähteitä rinnakkain. Ilmakiertoisissa järjestelmissä lämpö jaetaan huonetiloihin ilman avulla. Järjestelmiä ovat ilmanvaihtolämmitys, ilmakiertoinen lattialämmitys ja ilmalämmitys. Ilmanvaihtolämmityksessä yhdistyy ilmanvaihto ja lämmitys. Ilmakiertoisessa lattialämmityksessä putkistossa kiertävä lämmitetty ilma lämmittää lattialaatan, joka lämmittää huoneilman. Ilmalämmityksessä huoneilma lämmitetään sähkövastuksilla tai vesipatterilla. Huonekohtainen sähkölämmitys toteutetaan patteri-, lattia-, katto- tai ikkunalämmityksellä. Lämmitystapoja voidaan myös yhdistää. Patterilämmityksessä sähköpatterit asennetaan ikkunoiden alle. Lattialämmitys toteutetaan joko jatkuvatoimisena tai varaavana. Lattialämmitys reagoi hitaasti lämmöntarpeen muutokseen, mutta se on asumisviihtyvyyden kannalta erittäin mukava. Kattolämmityksessä sisäkatossa olevat lämmityskelmut lämmittävät katon verhoilumateriaalin, joka luovuttaa lämmön huoneeseen lämpösäteilynä. Ikkunalämmityksessä ikkunat lämmitetään selektiivikalvoilla. Ikkunalämmitys sopii rinnakkaislämmitysjärjestelmäksi tiloihin, joissa on suuria ikkunapintoja. [13]

3.3 Ilmastointijärjestelmät

Ilmastoinnin tehtävänä on pitää tietyssä huonetilassa tietty ilman lämpötila, kosteus, paine, epäpuhtauksien määrä, nopeus ja mahdollisesti ionipitoisuus. Ilmastointi pyrkii pitämään edellä mainitut suureet tietyn arvoisina. Ilmastoinnin voi toteuttaa joko omavoimaisesti tai koneellisesti, ja se voi olla joko jatkuvaa tai epäjatkuvaa. Omavoimaiset toteutuskeinot ovat ikkunatuuletus ja painovoimainen ilmanvaihto. Ikkunatuuletus on epäjatkuvaa ja painovoimainen ilmanvaihto jatkuvaa. Koneelliset toteutuskeinot ovat koneellinen poisto ja koneellinen poisto ja tulo. [24, s. 228-229]

Ikkunatuuletuksessa ilman vaihtuminen perustuu tuulen aiheuttamaan ristivetoon tai ulko- ja sisäilman tiheyseroista aiheutuvaan virtaukseen. Mitä suurempi sisä- ja ulkoilman lämpötilaero on, sitä tehokkaammin ilma vaihtuu. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilma poistuu hornin kautta ulos. Vastaava tuloilma virtaa sisälle ikkunarakojen ja erityisesti ulkoilmaventtiilien kautta. [24, s.229]

Ilmanvaihtojärjestelmää kutsutaan koneelliseksi poistojärjestelmäksi silloin kun puhallin on sijoitettu vain poistoilmapuolelle. Puhallin saa aikaan ilman liikkeen. Tuloilma virtaa sisälle samalla tavalla kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Järjestelmää kutsutaan koneelliseksi poisto- ja tuloilmajärjestelmäksi silloin kun sekä poisto-, että tuloilmaa varten on erilliset puhaltimet. Järjestelmällä voidaan saada tehokas vedoton ilmanvaihto ulkoisista olosuhteista riippumatta. [24, s. 229]

3.4 Muut laitteet

Omakotitalon käyttölaitteita ovat kodinkoneet, viihde-elektroniikka ja tietokoneet. Sähkölaitteet voivat aiheuttaa noin 30 % sähkönkuluista omakotitaloissa [16]. Osassa talouksissa kulutus on suurempi ja osassa pienempi, riippuen kulutustottumuksesta ja kuinka energiatehokkaita laitteet ovat. Keittiön kodinkoneita ovat kylmäsäilytys-, ruoanvalmistuslaitteet ja astianpesukone.

Kodinhoitohuoneen kodinkoneet ovat pyykinpesukone, kuivausrummut ja kuivauskaapit. Viihde-elektroniikkaa ovat televisio, digiboksi, pelikonsolit, kotiteatterijärjestelmät jne. Tietotekniikan laitteita taas ovat tietokone, modeemi, tulostin, sekä muut oheislaitteet.

4 Omakotitalon sähkönkulutus

Omakotitalossa sähköä kuluttavat lämmitys, ilmastointi, valaistus ja muut käyttölaitteet. Kulutus kesällä on vähäistä, kun taas talvella kulutus on suuri. Talvella sähkönkulutusta suurentaa kylmempi ilma ja valoisuuden puute.

4.1 Lämmityksen energiankulutus

Rakennuksen tarvitsema lämmitysteho ratkaistaan yhtälöllä

$$\varphi_{lämmitys} = \frac{\varphi_{huonelämmitys}}{\eta_{huonelämmitys}} + \frac{\varphi_{tuloilmapatteri}}{\eta_{tuloilmapatteri}} + \frac{\varphi_{lkv}}{\eta_{lkv}} \quad (1)$$

jossa $\varphi_{lämmitys}$= rakennuksen lämmitystehon tarve, W

$\varphi_{huonelämmitys}$= huonelämmityksen tehon tarve, W

φ_{lkv} = käyttöveden lämmitystehontarve, W

$\varphi_{tuloilmapatteri}$= tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W

$\eta_{huonelämmitys}$ =huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa

$\eta_{tuloilmapatteri}$ = ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa

η_{lkv}= käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa. [4, s.51]

Huoneen tarvitsema lämmitysteho saadaan laskettua yhtälöllä

$$\varphi_{huonelämmitys} = \varphi_{joht} + \varphi_{vuotoilma} + \varphi_{iv} - \varphi_{tuloilmapatteri} \quad (2)$$

jossa $\varphi_{vuotoilma}$= vuotoilman lämmitysteho tilassa, W

φ_{joht}= tilojen johtumisteho, W. [4, s.51]

Johtumisteho saadaan yhtälöllä

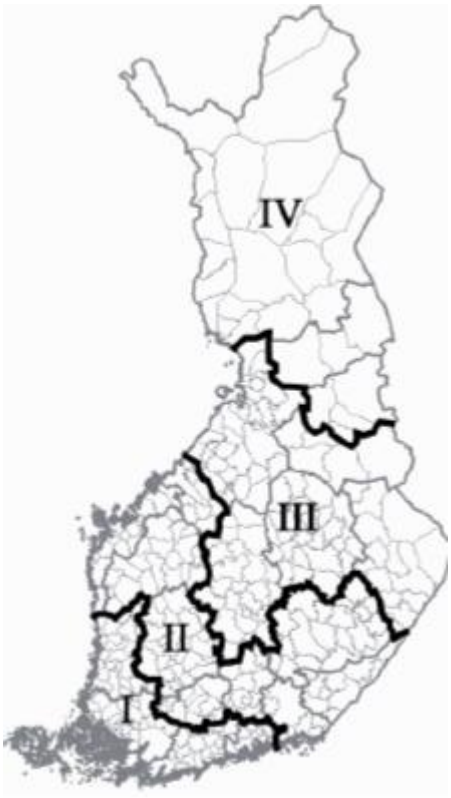
$$\varphi_{joht} = \sum H_{joht}\left(T_s - T_{u,mit}\right) \quad (3)$$

jossa $\sum H_{joht}$ = rakennusosien yhteenlasketty ominaislämpöhäviö, W/K

T_s = sisäilman lämpötila, ºC

$T_{u,mit}$ = ulkoilman lämpötila, ºC. [4, s.51]

Ulkoilman lämpötila saadaan taulukosta 1ja säävyöhyke kuvasta 1.



Kuva 1. Suomen säävyöhykkeet. [4,s.56]

Taulukko 1. Säävyöhykkeiden lämpötilat. [4, s.56]

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila ºC	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila ºC	Lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila ºC
I	-26	+5	+1
II	-29	+4	0
III	-32	+2	-1
IV	-38	0	-5

Ominaislämpöhäviö saadaan yhtälöllä

$$\sum H_{joht} = \sum(U_{ulkoseinä}A_{ulkoseinä}) + \sum\left(U_{yläpohja}A_{yläpohja}\right) + \sum\left(U_{alapohja}A_{alapohja}\right) + \sum(U_{ikkuna}A_{ikkuna}) + \sum(U_{ovi}A_{ovi}) \quad (4)$$

jossa U = rakennusosien lämmönläpäisykerroin, W/(m^{2}K)

A = rakennusosien pinta-ala, m^2. [4, s. 18]

Lämmönläpäisykerroin saadaan yhtälöllä

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (5)$$

jossa R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön. [3, s. 5]

Lämmönvastus saadaan yhtälöllä

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se} \quad (6)$$

jossa $R_{si} + R_{se}$ = seinän sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa, m^{2}k/W

d = ainekerroksen paksuus, m

λ = ainekerroksen normaalinen lämmönjohtavuus, W/mk. [3, s. 5]

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho saadaan yhtälöllä

$$\varphi_{vuotoilma} = H_{vuotoilma}\left(T_s - T_{u,mit}\right) \quad (7)$$

jossa $H_{vuotoilma}$ = vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K. [4. s. 52]

Vuotoilman ominaislämpöhäviö saadaan yhtälöllä

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} \quad (8)$$

jossa ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m^3

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v,vuotoilma}$= vuotoilmavirta, m^3/ s.[4, s. 20]

Vuotoilmavirta saadaan yhtälöllä

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{vuotovirta}V}{3600} \quad (9)$$

jossa $n_{vuotovirta}$= rakennuksen vuotoilmakerroin, 1/h

V = rakennuksen ilmatilavuus, m^3. [4, s. 20]

Rakennuksen vuotoilmakertoimena voidaan käyttää arvoa 0,16 1/h jos ilmapitävyyttä ei tunneta. [4, s. 21]

Rakennuksen tarvitsema nettolämpöenergia ratkaistaan yhtälöllä

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv} - Q_{sis.lämpö} \quad (10)$$

jossa $Q_{lämmitys,tilat,netto}$= rakennuksen tarvitsema nettolämpöenergia

Q_{joht}= rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh

$Q_{vuotoilma}$= vuotoilmaan tarvittava lämpöenergia, kWh

Q_{iv}= ilmanvaihtoon tarvitta lämpöenergia, kWh

$Q_{sis.lämpö}$= lämpökuormien lämpöenergia, kWh. [4, s. 16]

Lämpökuormien lämpöenergialla saadaan rakennuksen lämmityksen tarvetta pienemmäksi. Lämpökuorman lämpöenergiaan vaikuttaa henkilöiden määrä rakennuksessa, tilojen lämmitysjärjestelmä, käyttöveden lämmitysjärjestelmä, valaistus, sähkölaitteet ja ikkunoiden sijainti. Lämpökuormien lämpöenergia saadaan yhtälöllä

$$Q_{sis.lämpö} = \eta_{lämpö}\begin{pmatrix} Q_{henk} + Q_{lämmitys,kuorma} + \\ Q_{lkv,kuorma} + Q_{säh} + Q_{aur} \end{pmatrix} \quad (11)$$

jossa Q_{henk}= henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh

$Q_{lämmitys,kuorma}$ = tilojen lämmitysjärjestelmästä vapautuva lämpöenergia, kWh

$Q_{lkv,kuorma}$= käyttöveden lämmitysjärjestelmästä vapautuva lämpöenergia, kWh

$Q_{säh}$= valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpöenergia, kWh

Q_{aur}= ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia, kWh. [4, s. 47]

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia saadaan yhtälöllä

$$Q_{joht} = \frac{\sum H_{joht}(T_s - T_u)\cdot \Delta t}{1000} \quad (12)$$

jossa Δt = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos. [4, s. 18]

Vuotoilman lämmitämiseen tarvittava lämpöenergia saadaan yhtälöllä

$$Q_{vuotoilma}=\frac{\varphi_{vuotoilma}\Delta t}{1000}. \quad \text{[4, s. 20]} \tag{13}$$

4.2 Lämminvesivaraaja

Rakennuksen käyttöveden energiankulutus muodostuu käyttöveden tarvitsemasta lämpöenergiasta ja vedenkulutuksesta riippumattomasta käyttöveden lämpöhäviöistä (kuvio 3) [27, s. 7]. Käyttöveden lämmitykseen kuluu vuodessa 800–1200 kWh/asukas. Näin ollen lämmitykseen kuluu 20 % jokaisen asukkaan henkilökohtaisesta energiankulutuksesta. Käyttöveden keskimääräinen kulutus on 90 l/vrk. Jotkut voivat kuitenkin kuluttaa jopa kolminkertaisen määrän. [23]

Käyttöveden lämmitykseen tarvittava lämpöenergia ratkaistaan yhtälöllä

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{lkv}(T_{lkv}-T_{kv})}{3600} \tag{14}$$

jossa $Q_{lkv,netto}$ = käyttöveden lämmitykseen tarvitsema lämpöenergia

ρ_v = veden tiheys

c_{pv} =veden ominaislämpökapasiteetti

V_{lkv} = lämpimän käyttöveden kulutus

T_{lkv}= lämpimän käyttöveden lämpötila

T_{kv}= kylmän käyttöveden lämpötila.

Lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona $(T_{lkv} - T_{kv})$ voidaan käyttää arvoa 50 ºC. [4, s. 26]

Jollei perusteltuja syitä lämpimän käyttöveden poikkeavaan kulutukseen ole, niin tällöin kulutus saadaan laskettua yhtälöllä

$$V_{lkv} = \frac{V_{lkv,omin,henk} n \Delta t}{1000} \tag{15}$$

tai

$$V_{lkv} = \frac{V_{lkv,omin} A_{br} n \Delta t}{365} 1000 \tag{16}$$

jossa $V_{lkv,omin,henk}$= lämpimän käyttöveden ominaiskulutus henkilöä kohti vuorokaudessa, dm^3

n = henkilöiden lukumäärä

Δt = ajanjakson pituus, vuorokautta

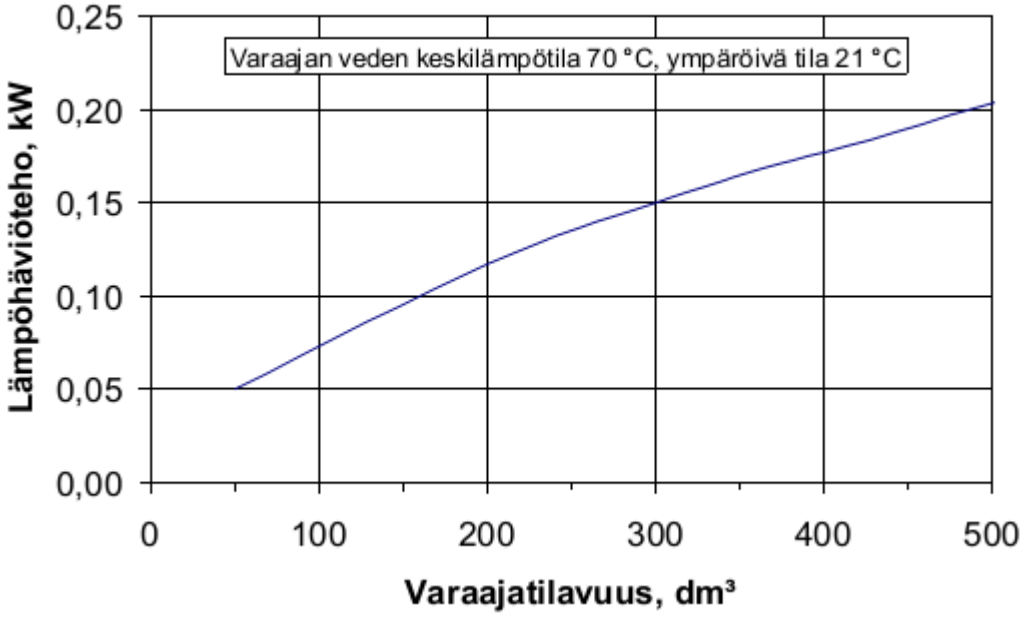
$V_{lkv,omin}$ = lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, m^3

A_{br} = rakennuksen bruttoala, brm^2. [4, s. 26]

Asuinrakennuksissa käytetään henkilöperusteisia arvoja ja muissa rakennuksissa pinta-alaperusteisia arvoja. Lämpimän käyttöveden osuutena voidaan käyttää 40 % kokonaiskulutuksesta jos lähtötietona on käyttöveden kokonaiskulutus. Ominaiskulutukset eri asuinrakennuksille saadaan taulukosta 2. [4, s. 27]

Taulukko 2. Lämpimän veden ominaiskulutukset asuinrakennuksille. [4, s. 27]

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus henkilöä kohti $V_{lkv,omin,henk}$ dm^3/henk vuorokaudessa
Asuinrakennus (huonekohtainen mittaus ja laskutus)	50
Asuinrakennus (muut)	60



Kuvio 3. Lämminvesivaraajan lämpöhäviöteho. [4, s. 30]

4.3 Laiteiden sähkönkulutus

Laitteiden sähkönkulutus on valaistuksen, ilmanvaihtojärjestelmän ja muun laitteiden yhteenlaskettu sähkönkulutus. Sähkönkulutus ratkaistaan yhtälöllä

$$W_{laitesähkö} = W_{valaistus} + W_{ilmanvaihto} + W_{muutlaitteet} \quad (17)$$

jossa $W_{laitesähkö}$= rakennuksen laitteiden sähkönkulutus, kWh
$W_{valaistus}$= valaistuksen sähkönkulutus, kWh
$W_{ilmanvaihto}$= ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh
$W_{muutlaitteet}$= muiden laitteiden sähkönkulutus, kWh. [4, s. 33]

Jos tarkkoja sähkönkulutuksen arvoja ei ole saatavilla. Voidaan käyttää taulukossa 3 esitettyjä rakennustyyppikohtaisia ominaissähkönkulutuksen arvoja [4, s. 33].

Taulukko 3. Rakennustyyppikohtaiset ominaissähkönkulutukset. [4, s. 33]

Rakennus-tyyppi	Laitteiden sähkön kulutus, kWh/brm^2/vuosi	Valaistus-järjestelmä, kWh/brm^2/vuosi	Ilmanvaihto-järjestelmä, kWh/brm^2/ vuosi	Muut laitteet, kWh/brm^2/ vuosi
Asuinkerrostalo	50	7	10	33
Rivitalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36

Laitteiden sähkönkulutus lasketaan yhtälöllä

$$W_{laitesähkö} = W_{laitesähkört} A_{br} \quad (18)$$

jossa $W_{laitesähkört}$= laitteiden sähkönkulutus rakennustyypin mukaan
A_{br}= rakennuksen bruttopinta-ala. [4, s. 33]

Kaikkien laitteiden kokonaissähkönkulutus voidaan laskea laitekohtaisen ominaissähkönkulutuksen perusteella jos sähkölaitteet tunnetaan tarkemmin. Ominaissähkönkulutukset vuodessa saadaan taulukosta 4. [4, s. 37]

Taulukko 1. Laiteryhmien ominaissähkönkulutukset. [4, s. 37]

Laiteryhmä	Asuinkerrostalon kulutus	Pientalon kulutus	Yksikkö
Huoneistosauna	8	8	kWh/lämmityskerta
Autopaikat	150	150	kWh/paikka
Liesi	340	520	kWh/kpl
Mikroaaltouuni	50	55	kWh/kpl
Kahvinkeitin	70	70	kWh/kpl
Astianpesukone	170	250	kWh/kpl
Kuivausrumpu	300	300	kWh/kpl
TV	200	200	kWh/kpl
Video	95	95	kWh/kpl
PC	80	80	kWh/kpl
Jääkaappipakastin	740	270 (jääkaappi)	kWh/kpl
Jää-viileäkaappi	330	330	kWh/kpl
Kaappipakastin	380	380	kWh/kpl
Pyykinpesukone	130	240	kWh/kpl

4.4 Valaistuksen sähkönkulutus

Valaistuksen sähkönkulutus voidaan laskea tilakohtaisesti jos valaistusjärjestelmä tunnetaan tarkemmin. Valaistuksen sähkönkulutus ratkaistaan yhtälöllä

$$W_{valaistus} = \frac{\sum P_{valaistus} A_{huone} \Delta t f}{1000} \quad (19)$$

jossa $W_{valaistus}$ = valaistuksen sähkönkulutus, kWh

$P_{valaistus}$ = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum^2

A_{huone} = valaistavan tilan huonepinta.ala, hum^2

Δt = valaistuksen käyttöaika, saadaan taulukosta 3, h

f = valaistuksen ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin, joka saadaan taulukosta 6. [4, s. 33]

Valaistuksen kokonaissähkötehona voidaan käyttää arvoa 15 W/hum^2 [4, s. 34].

Taulukko 2. Valaistuksen käyttöaika eri asuinrakennuksille. [4, s. 34]

Rakennustyyppi	Tuntia vuodessa
Asuinkerrostalo	550
Rivitalo	550
Pientalo	550

Taulukko 3. Valaistuksen ohjauskerroin. [4, s. 34]

	Ohjauskerroin
läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin	0,70
päivänvalosäädin	0,80
läsnäolotunnistin	0,75
huonekohtainen kytkin	0,90
Huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinille	0,90
Keskitetty päälle / pois	1,00

5 Energiatehokkaat ratkaisut

Lämmityksessä on suurimmat säästömahdollisuudet kotitalouksissa. Lämmitykseen kuuluu sekä huoneitten, että käyttöveden lämmitys. Myös käyttölaitteilla on hyvät säästömahdollisuudet.

5.1 Huoneitten lämmitys

Lisäeristyksellä ja ikkunoiden vaihtamisella voidaan saada huomattavia säästöjä. Säästöjen suuruus riippuu siitä milloin pientalo on rakennettu. 1940-luvun rakennuksista saadaan hyvinkin suuret säästöt aikaan, kun taas 2000-luvulla rakennettuihin omakotitaloista saadut säästöt ovat pieniä. Myös ilmanvaihdon parantamisella saadaan aikaan säästöä. [10, s. 15]

Normaali lämpötila huoneessa on 20-22 ºC. Jokainen 1 ºC:n nousu tuo lämmitykseen lisäkustannuksia. Jos huoneen lämpötila olisi esimerkiksi 21ºC ja päätettäisiin laskea lämpötila 20 ºC:een. Tällöin saatu energiansäästö voidaan laskea yhtälön 12 ja 3 avulla.

$$W_{säästö} = \frac{(\varphi_{joht21} - \varphi_{joht20})\Delta t}{1000}$$

$$W_{säästö} = \frac{(\sum H_{joht}(21 - T_u) - \sum H_{joht}(20 - T_u))\Delta t}{1000} \quad (20)$$

jossa $W_{säästö}$= säästetty energia, kWh

φ_{joht20}= johtumisteho lämpötilassa 21 ºC, W

φ_{joht20}= johtumisteho lämpötilassa 20 ºC, W

Δt = ajanjakson pituus, h.

Yhtälö sievenee muotoon

$$W_{säästö} = \frac{\sum H_{joht}\Delta t}{1000} \quad (21)$$

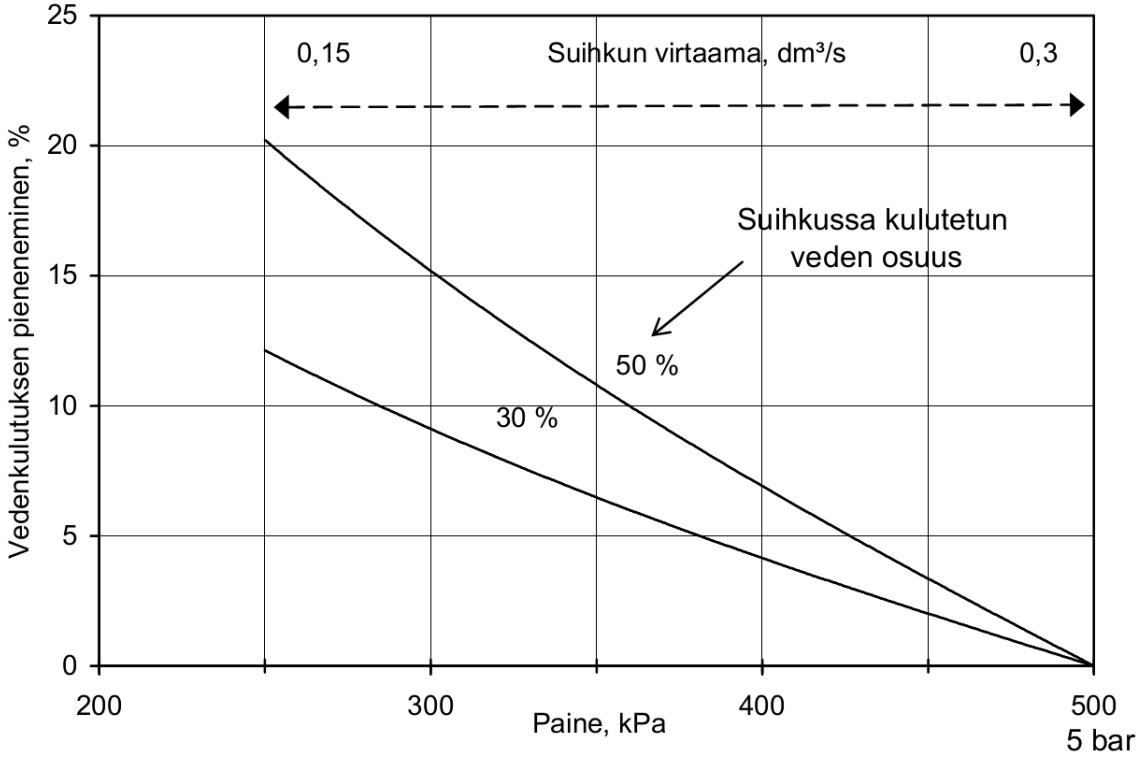
Lämmityskauden voi aloittaa jatkuvalla lämmityksellä, yö- tai iltalämmityksellä. Iltalämmityksen voi aloittaa kun alkusyksyn ulkoilman vuorokautinen keskilämpötila laskee alle +12 ºC:n. Tehokas lyhytkestoinen iltalämmitys on parempi kuin jatkuvasti lämpöä tuottava järjestelmä. Yölämmityksen voi aloittaa kun vuorokautinen keskilämpötila laskee alle +10 ºC:n. Jatkuvaan lämmitykseen siirrytään silloin kun huonelämpötila ei pysy enää arvossa 20...21 ºC. Keväällä ruvetaan käyttämään yölämmitystä kun vuorokautinen keskilämpötila nousee yli 0 ºC:n. [25, s. 20]

5.2 Käyttövesi

Veden kulutusta pystytään vähentämään hyvinkin monella tavalla. Yleensä suuri kulutus johtuu tuhlailevasta kulutuksesta. Vialliset laitteetkin voivat olla tähän syyllisiä. Suurin kulutus tulee suihkussa käymisestä. Säästää voikin helposti lopettamalla turhan veden juoksuttamisen suihkussa. Sama pätee myös käsin tiskaamisessa. Kahden henkilön taloudessa astioiden huuhtominen juoksevalla vedellä voi kuusinkertaistaa huuhteluveden kulutuksen

astianpesukoneeseen verrattuna. Taloudellinen pesu pitää myös huomioida. Pesukoneissa on nykyisin erilaisia säästö- ja vajaatäyttöohjelmia. Ohjelmia kannattaa käyttää jos ei pese täyttä koneellista. Pesulämpötilan voi säätää 40 ºC:een tai sen alapuolelle jos vaatteen pesuohje sen sallii. [23]

Nykyaikaisilla laitteilla ja vesikalusteilla voi säästää puolet veden kulutuksesta verrattuna 15 vuotta vanhoihin koneisiin. Kaksiotehanoilla saadaan käsienpesu tehokkaammaksi. [23] Vesimittarin asentamisella veden kulutus voisi pienentyä jopa 20 %. Esimerkiksi veden kulutus on ollut vuonna 2007 asuinkiinteistöjen energiansäästösopimuksen piiriin kuuluvassa kerrostalokannassa 20 % pienempi niissä huoneistoissa jotka oli varustettu vedekulutusmittarilla [27, s 15]. Säätämällä virtaamat sopiviksi voidaan vähentää turhaa kulutusta. Sopiva virtaama suihkuhanalle riittää 12 l/min ja käsipesuhanalle 6 l/min. Rikkinäiset vesikalusteet kannattaa korjauttaa heti. [23] Paineenalennusventtiilillä voidaan saada aikaan merkittävää säästöä veden kulutuksessa. 200 kPa:n paineenalennuksella vedenkulutus pienenee 10–15%, jos painetaso ennen alennusta olisi 500–600 kPa (kuvio 4). Veden kulutuksen pieneneminen 20 % vähentää lämmitysenergian tarvetta 10 %. [27, s. 10]



Kuvio 4. Suihkun virtaaman vaikutus vedenkulutukseen. [27, s. 10]

5.3 Ilmastointi

Ilmastoinnin ja ilmanvaihdon huonona puolena on se, että lämmitetty ilma poistetaan sisältä ja tilalle otetaan kylmää ilmaa. Lämmitetty poistoilman lämpöenergia voidaan ottaa talteen lämpööntalteenotto- eli LTO-koneella. LTO-kone kerää lämmön ilmanvaihdon tulo- ja poistopuhaltimien yhteyteen asennetulla lämmönvaihtimella. Lämmönvaihtimena voi olla joko levylämmönsiirrin tai pyörivä lämmönsiirrin. [10, s. 34] LTO-koneen hyötysuhde kertoo sen kuinka hyvin kone saa poistoilman lämpöenergian talteen. Loppuosa tuloilmasta joudutaan lämmittämään muilla keinoin.

Levylämmönsiirtimen kiinteässä kennostossa joka toisessa välissä virtaa lämmin poistoilma ja joka toisessa kylmä tuloilma. Poistoilmasta siirtyy lämpöä kennoston seinämien läpi tuloilmaan. Vuosihyötysuhde levylämmönsiirtimillä on tyypillisesti luokkaa 50–65%. [7] Pyörivässä lämmöntalteenottolaitteessa pyörivä lämmönsiirrin lämmittää kylmää ulkoilmaa ja samaan aikaan ottaa talteen poistoilman lämpöenergian [8]. Vuosihyötysuhde pyörivällä LTO-laitteella on tyypillisesti 70–85% [11].

Vanhempaan rakennuskantaan ei ole kovin yksinkertaista varustaa LTO-konetta. Lämmön talteenottoa varten pitää rakentaa tuloilmakanavisto, jolla tuloilma tuodaan huoneisiin esilämmitettynä. Kanavat voidaan joutua asentamaan välipohjaan, jolloin vinttitila pitäisi eristää. [10, s. 42]

5.4 Valaistus

Valaistus vie keskimäärin 22 % osuuden asunnon sähkönkulutuksesta. Lamppujen vaihtaminen energiansäästölamppuihin pudottaa valaistuksen energiankulutusta jopa 75–80 %. Valaistusautomaatiolla saadaan sähkönkulutuksesta pois turha valaistus. Valaistuksessa voidaan käyttää hyväksi hämäräkytkimiä, liiketunnistimia, ajastimia jne. [12]

5.5 Käyttölaitteet

Laitteiden hankintavaiheessa kuluttajan kannattaa olla jo tarkkana, sillä laitteen käyttökustannukset voivat kohota korkeammiksi kuin itse investointi. Laitteissa kannattaa panostaa laatuun, kestävyyteen ja energiatehokkuuteen.

Keittiössä sähköä kuluu eniten ruoan laittoon, astioitten pesemiseen ja säilytykseen. Ruoan laitossa pitää muistaa jättää turha kulutus pois. Turhaa kulutusta saadaan jättämällä neste kiehumaan täydellä teholla, valmistamalla pieniä annoksia uunissa ja liedellä mikroaaltouunin sijaan. Lieden ja uunin jälkilämpö kannattaa myös hyödyntää. Esimerkiksi 200 °C:n lämpötilassa olevassa uunissa on vielä 30 minuutin kuluttua sammuttamisen jälkeen noin 120 °C. Kylmälaitteissa kannattaa huomioida laitteen paikka. Kylmälaite uunin, lämpöpatterin tai ikkunan lähellä voivat heikentää laitteen jäähdytystehoa. Riittävällä ilmankierrolla varmistetaan kylmälaitteelle sen oikea sähköenergian kulutus. Huonolla ilmankierrolla kulutus voi jopa kolminkertaistua. Kylmälaitteet kannattaa myös huoltaa sulattamalla pakastin säännöllisesti, varmistamalla tiivisteiden kunto ja puhdistamalla lauhduttimet. [14]

Kodinhoitohuoneen laitteet kannattaa mitoittaa omiin tarpeisiinsa, koska liian suuri tai pieni kone kuluttaa turhaan. Esimerkiksi jos pyykinpesukoneella pestään usein ja vähän kerrallaan, niin tällöin riittää pienikin pyykinpesukone. Esipesua ja korkeita pesulämpötiloja kannattaa käyttää vain silloin kun tekstiili tai koneen puhtaanapito sitä vaatii. Pyykinpesukoneella on hyvä pestä täysiä koneellisia, koska vajaalla kuormalla pesty koneellinen kuluttaa turhaa sähköä. Pyykinpesukoneen eko-ohjelmaa hyödyntämällä saadaan veden ja sähkön kulutusta pienemmäksi. Tehokkaalla linkouksella pienennetään jäännöskosteutta ja energiankulutusta. Kuivaukseen kuluva aika pienenee, koska pyykin kuivaus koneellisesti kuluttaa enemmän energiaa kuin sen peseminen. Pyykit kannattaakin kuivata ulkona jos mahdollista. [14]

Viihde-elektroniikan laitteet ovat kulutukseltaan pieniä, mutta kokonaisuutena ne voivat kuluttaa enemmän sähköä kuin esimerkiksi astian- ja pyykinpesukoneet. Televisioiden ja tietokoneitten valmiustilat kuluttavat

jatkuvasti turhaan. Onkin järkevää kytkeä laite kokonaan pois päältä, kun kukaan ei käytä niitä. Laitteet voi tarvittaessa liittää virtakatkaisijalla varustettuun jatkojohtoon. Tietokoneen hankintavaiheessa kannattaa olla tietoinen siitä, että kannettavat tietokoneen kuluttavat keskimäärin 10 % tavallisen tietokoneen kuluttamasta sähköstä. Automaattisilla tietokoneen sammutusjärjestelmillä voidaan myös pienentää sähkön kulutusta. [15]

6 Sähkönkulutus kohteessa

Kohteena on Vuonisjärvellä sijaitseva omakotitalo, jossa huoneistoalaa on 115 m^2. Kohteessa on viisi huonetta, keittiö ja sauna. Lämmitysmuotona on puu ja sähkö. Perheessä on kaksi aikuista ja kolme lasta. Suurimmaksi osaksi rakennus lämmitetään varaavalla takalla. Lämpöä ei kuitenkaan riitä kauimmaiseen huoneeseen, joka on aiemmin toiminut puolilämpimänä varastona. Huone lämmitetään sähköllä. Myös kylpy- ja pesuhuone lämmitetään tarpeen mukaan sähköllä. Kohteen ilmastointi on painovoimainen.

Kohteesta on tarve selvittää sähköllä lämmitettävän makuuhuoneen lämmitystehontarve ja -energiankulutus, koska kyseinen huone oli alunperin ollut puolikylmänä varastona autokatoksen puolella. Myös lämminvesivaraajan kulutus selvitetään. Kodinhoitohuone, pesuhuone ja sauna lämpiävät lattialämmityksellä. Lattialämmityksen teho on mitoitettu liitteen 1 mukaan 600 wattiin. Lattialämmityksen termostaatti on asetettu arvoon 10 ºC, kuvan 2 mukaisella tavalla. Kodinhoitohuoneessa lämpöenergiaa antavat myös lämminvesivaraaja, vesipumppu, pakastin ja satunnaisesti pyykinpesukone. 200 litran lämminvesivaraaja luovuttaa lämpöenergiaa huoneeseen kuvion 3 mukaan 0,12 kW, huoneen lämpötilan ollessa 21 ºC.

Kuva 2. Lattialämmityksen termostaatti.

6.1 Sähköllä lämmitettävä makuuhuone

Huoneessa on kaksi kylmää seinää, yksi puolikylmä seinä autokatoksen puolelle ja yksi lämmin seinä. Huoneen ainoa ikkuna osoittaa itään päin. Huone on ollut aikaisemmin puolikylmänä varastona. Puolikylmän tilan U-arvot saadaan taulukosta 5.

Taulukko 4. U-arvot puolilämpimälle ja lämpimälle tilalle. [21, s. 7]

	U-arvo puolilämmin, W/m^2K	U-arvo lämmin, W/m^2K
Seinä	0,26	0,17
Yläpohja	0,14	0,09
Maata vastaan oleva rakennusosa	0,26	0,16
Ikkuna	1,4	1,0

Ratkaistaan lämmitysenergian tarve puolilämpimälle ja lämpimälle tilalle. Ensimmäiseksi ratkaistaan vuotoilman tarvitsema lämmitysteho käyttäen yhtälöitä 7, 8 ja 9. Vuotoilmakertoimen arvona voidaan pitää 0,16 1/h, koska huoneen tarkkaa ilmapitävyyden arvoa ei ole tiedossa.

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{0{,}16 \cdot 30{,}6}{3600} = 1{,}36 \frac{dm^3}{s}$$

$$H_{vuotoilma} = 1{,}2 \cdot 1000 \cdot 0{,}00136 = 1{,}63 \frac{W}{K}$$

Vuonisjärven säävyöhyke saadaan kuvasta 1. Vuonisjärvi sijoittuu säävyöhykkeelle III, jolloin taulukon 1 mukaan mitoituslämpötila on -32 ºC.

$$\varphi_{vuotoilma} = 1{,}63\big(21 - (-32)\big) = 86W$$

Ominaislämpöhäviö voidaan laskea yhtälöllä 4.

$$\sum H_{joht,puolilämmin} = +0{,}26(3{,}46 \cdot 3 \cdot 2 - 1{,}4 \cdot 0{,}9 + 3{,}5 \cdot 3) + 0{,}14 \cdot 10{,}2 + 0{,}24 \cdot 10{,}2 + 1{,}4 \cdot 0{,}9 += 12{,}96 \frac{W}{m^2K}$$

$$\sum H_{joht,lämmin} = 10{,}26 \frac{W}{m^2K}$$

Johtumisteho saadaan yhtälöllä 3.

$$\varphi_{joht,puolilämmin} = \sum H_{joht}\big(T_s - T_{u,mit}\big) = 12{,}96\big(21 - (-32)\big) = 687W$$

$$\varphi_{joht,lämmin} = 544\ W$$

Huoneen tehontarve ratkaistaan yhtälön 2 avulla.

$$\varphi_{huonelämmitys,puolilämmin} = \varphi_{joht,puolilämmin} + \varphi_{vuotoilma} + \varphi_{iv} - \varphi_{tuloilmapatteri} = 687 + 86 = 773\ W$$

$$\varphi_{huonelämmitys,lämmin} = 630\ W$$

Huomioidaan Lämpökuormien lämpöenergia. Henkilöitä huoneensa on yleensä vain yksi. Arvioitu hyödynnettävyys tästä lämpökuormasta on 10 tuntia päivässä. Huoneessa on kannettava tietokone, akvaario ja energiansäästölamppu. Lämmöntuotto ja hyödynnettävyys näillä laitteilla on vähäistä, jolloin näitä ei tarvitse huomioida. Yhden henkilön lämmittävää tehoa voi pitää 70 W [4, s. 39]. Henkilön luovuttama lämpöenergia voidaan ratkaista yhtälöllä

$$Q_{henk} = \frac{\phi_{henk} n \Delta t}{1000} \quad (22)$$

jossa ϕ_{henk}= yhden henkilön luovuttama lämpöteho, W

n = henkilöiden lukumäärä. [4, s. 39]

$$Q_{henk} = \frac{70 \cdot \frac{10}{24} \cdot 6570}{1000} kwh = 192\ kWh$$

Tästä lämpöenergiasta saadaan hyödynnetyksi kaikki. Olettaen, että sähköpatterin termostaatti toimii oikein. Näin ollen voidaan olettaa, että $Q_{sis.lämpö} \approx Q_{henk}$.

Lämmityskauden lämmitykseen tarvittava sähköenergia ratkaistaan yhtälöllä. Keskilämpötila Vuonisjärvellä lämmityskauden aikana saadaan taulukosta 1, joka on -1 ºC. Lämmityskausi kestää 9 kuukautta [4, s. 59]. Ratkaistaan lämmitysenergian tarve lämmityskautena käyttäen yhtälöitä 10, 12 ja 13.

$$Q_{lämmitys,puolilämmin} = \frac{\sum(H_{joht}(T_s - T_{u,keski}) + \varphi_{vuotoilma}) \cdot \Delta t}{1000} - Q_{sis.lämpö} \quad (22)$$

$$Q_{lämmitys,puolilämmin} = \frac{\left(12{,}96\left(21 - (-1)\right) + 86\right) \cdot 9 \cdot 30 \cdot 24}{1000} kWh - 192kWh$$

$$= 2213kWh$$

$$Q_{lämmitys,lämmin} = 1828\ kWh$$

6.2 Lämminvesi

Lämpimän veden ominaiskulutus saadaan taulukosta 2, koska rakennuksessa ei ole omaa mittaria vedenkulutukselle.

$V_{lkv,omin,henk} = 60dm^3$

Vuosittainen kulutus saadaan yhtälöllä 15.

$$V_{lkv} = \frac{V_{lkv,omin,henk} n \Delta t}{1000} = \frac{60 \cdot 5 \cdot 365}{1000} m^3 = 109{,}5m^3$$

Nyt voidaan laskea käyttöveden tarvitsema lämpöenergia vuodessa yhtälöllä 14.

$$Q_{lkv,netto} = \frac{1000 \cdot 4{,}2 \cdot 109{,}5 \cdot 50}{3600} + 0{,}12 \cdot 8760 = 7454\ kWh$$

Kohteessa sauna lämmitetään puulla. Suihkussa käynti vie lämpimän veden lämmittämisen ja veden pumppaamisen verran sähköä. Perhe käy saunassa kaksi kertaa viikossa keskiviikkona ja lauantaina. PKS:n omawatti -palvelusta saadaan sähkönkulutus tunneittain (liite 2). Saunomisesta tuleva sähkön kulutus pystytään selvittämään laskemalla ensiksi keskiarvo sähkön kulutukselle tunneittain jokaiselle kuukaudelle. Keskiviikon ja lauantain keskiarvo kulutukset lasketaan erikseen. Tämän jälkeen selvitetään kuinka paljon keskiviikon ja lauantain kulutus eroaa muun kuukauden kulutuksesta. keskiarvo saadaan laskettua yhtälöllä

$$W_{kkx-x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_{x-x}}{n} \quad (23)$$

jossa W_{kkx-x}= kuukauden sähkön kulutuksen keskiarvo ajalta klo x - x, kWh

W_{x-x}= sähkön kulutus ajalta klo x - x, kWh

n = päivämäärien lukumäärä

Keskiviikon ja lauantain kulutuksen eroavaisuus saadaan yhtälöllä

$$W_{erox-x} = W_{kelax-x} - W_{kkx-x} \quad (24)$$

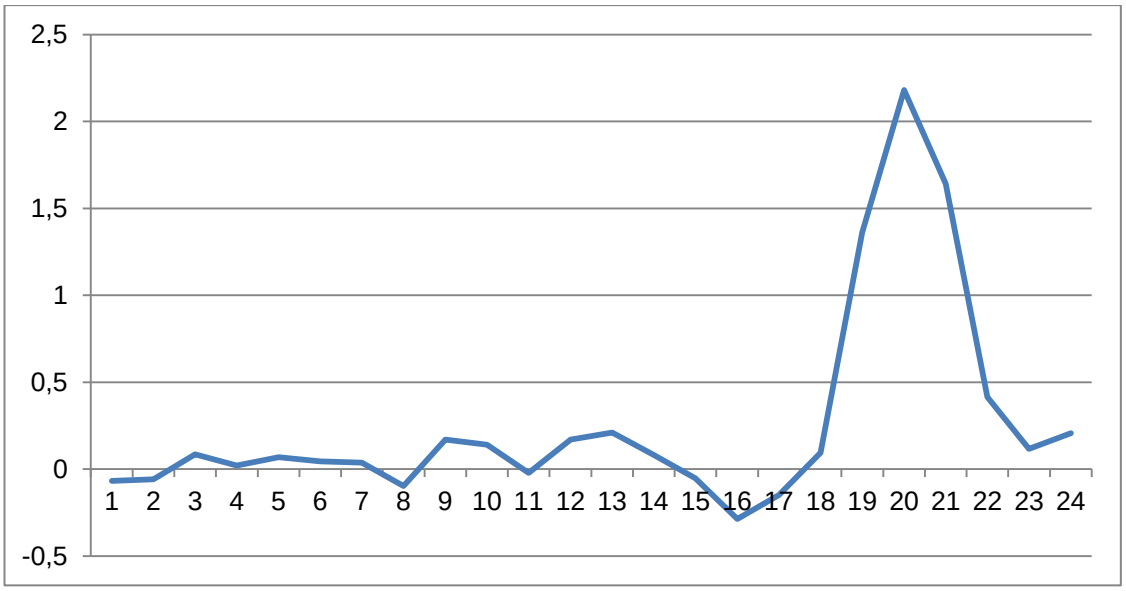
jossa W_{erox-x}= sähkön kulutuksen eroavaisuus ajalta klo x - x, kWh

$W_{kelax-x}$= yhden kuukauden keskiviikkojen ja lauantaitten sähkön kulutuksen keskiarvo ajalta klo x - x, kWh

Jokaiselle kuukaudelle lasketaan eroavaisuus. Tässä tapauksessa elo-huhtikuulle. Tämän jälkeen lasketaan keskiarvo. Kuviossa 5 nähdään laskettu ero muihin päiviin verrattuna. Kuviosta 5 nähdään selvästi saunassa käymisen aiheuttama sähkön kulutus, joka on 5,5 kWh. Vuodessa sähkönkulutus on 572 kWh. Ratkaistaan lämpimän veden kulutus saunoessa yhtälön 14 avulla.

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})}{3600}$$

$$V_{lkv} = \frac{Q_{lkv,netto} \cdot 3600}{\rho_v c_{pv} (T_{lkv} - T_{kv})} = \frac{5{,}5 \cdot 3600}{1000 \cdot 4{,}2 \cdot 50} = 94 dm^3$$



Kuvio 5. Saunapäivien eroavaisuus normaaleihin päiviin, kWh.

Suihkun vedenvirtaus nopeus saatiin juoksuttamalla vettä 10 litran sankoon minuutin ajan. suihkun virtaus nopeudeksi saatiin 10 dm^3/min. Perheen äiti ja vanhin tytär käyvät suihkussa kolme kertaa viikossa. Jokaisella kerralla aikaa kuluu noin 30 minuuttia. Perheen isä ja kaksi nuorinta lasta käyvät suihkussa kaksi kertaa viikossa. Aikaa kuluu jokaiselta noin 15 minuuttia. Veden kulutus suihkussa voidaan laskea yhtälöllä

$$V_{suihku} = q_{suihku}\Delta t \tag{25}$$

jossa V_{suihku}= suihkussa kulutettu vesi, dm^3

q_{suihku}= suihkun virtaama, dm^3/min.

Lasketaan veden kulutus

$$V_{suihku,viikko} = 10\frac{dm^3}{min} \cdot (30 \cdot 3 + 30 \cdot 3 + 15 \cdot 2 + 15 \cdot 2 + 15 \cdot 2)min = 2700dm^3$$

Lämpimänveden osuus suihkuvedestä on 40%. Lämpimän veden kulutus viikossa on 1,08 m^3. Ratkaistaan veden lämmittämiseen kulutettu energia yhtälöllä 10.

$$Q_{suihku,viikko} = \frac{1000 \cdot 4{,}2 \cdot 1{,}08 \cdot 50}{3600} kWh = 63kWh$$

Vuodessa kulutettu energia saadaan yhtälöllä

$$Q_{suihku,vuosi} = Q_{suihku,viikko} \cdot 52 = 3276kWh. \tag{26}$$

Lasketaan veden lämmittämisen kokonaiskulutus suihkun osalta.

$$Q_{suihku} = Q_{suihku,vuosi} + Q_{sauna} = 3276kWh + 572kWh = 3848kWh \quad (27)$$

6.3 Laitteet ja valaistus

Kohteen käyttölaitteet ovat lueteltuina taulukossa 6. Ominaiskulutukset laitteille on saatu taulukosta 2.

Taulukko 5. Sähkölaitteet ja näiden kulutukset.

Laite	Kpl	Kulutus, kWh	Huom.
Televisio	2	200	Yhteensä 400 kWh
Kannettava tietokone	2	80	Yhteensä 160 kWh
Akvaario	1	61	Teho 7 W, koko ajan päällä.
Kotiteatteri	1	-	Kulutus hyvin vähäistä.
Kahvinkeitin	1	70	
Mikro	1	55	
Uuni	1	520	
Jääkaappi	1	330	
Pakastin	1	380	
Rakennuslämmitin	1	50	Teho 5 kW, Muutamia kertoja vuodessa.
Astianpesukone	1	250	
Pyykinpesukone	1	240	
PS3	1	70	Teho 190W, käyttöaika 1h/vrk
Leivänpaahdin	1	-	Kulutus hyvin vähäistä
Vedenkeitin	1	-	Kulutus hyvin vähäistä
Autopaikan lämmitin	1	150	
Yhteensä		2306	

Valaistuksen sähkön kulutuksen selvittämiseksi selvitettiin jokaisen lampun teho. Lamppujen päälläolo aika vuodessa saadaan taulukosta 3, joka on 550 tuntia. Saunan, kylpyhuoneen ja kodinhoitohuoneen lamppujen päälläoloaika on pienempi. Perhe käy saunassa kaksi kertaa viikossa jolloin lamput ovat päällä.

Saunominen kestää arviolta tunnin. Perhe saunoo viikossa 2 tuntia ja vuodessa 104 tuntia. Kohteen valaisimet ovat lueteltuina taulukossa 7.

Taulukko 6. Valaisimet ja näitten tehot.

	kpl	Teho	Lampputyyppi
Eteinen	2	28	energialamppu
Keittiö	3	50	energialamppu
Vessa	1	14	energialamppu
Olohuone	4+4	70	4 lediä ja 4 energialamppua
Makuuhuone 1	1	14	Energialamppu
Makuuhuone 2	1	14	Energialamppu
Makuuhuone 3	1	14	Energialamppu
Kodinhoitohuone	1	14	Energialamppu
Sauna	9	36	Led
Kylpyhuone	6	300	Halogeenilamppu
Autotalli	2+2	60	2 loisteputki ja 2 energialamppua
Ulkotila	1+1	14	Energialamppu ja 300W halogeenilamppu liiketunnistimelle

Autotallin ja ulkotilan halogeenilamppu voidaan jättää laskuista pois, koska näitten kulutukset ovat hyvin pieniä. Valaistuksen energian kulutus saadaan yhtälöllä

$$W_{valaistus} = \sum P_{lamppu} t \quad (28)$$

jossa P_{lamppu}= lampun teho

Lasketaan valaistuksen energian kulutus

$$W_{valaistus} = (28 + 50 + 14 + 70 + 14 + 14 + 14 + 14) \cdot 550 + (36 + 300) \cdot 104$$
$$= 155\ kWh$$

Otetaan huomioon valaistuksen ohjauskerroin, joka on taulukon 4 mukaan 0,9

$$W_{valaistus} = 153 \cdot 0{,}9\ kWh = 139\ kWh$$

6.4 Kokonaiskulutus

Kohteen energiankulutus vuodessa oli vuodelta 2012 11300 kWh. Kuviosta 6 nähdään kuinka sähkön kulutus on kehittynyt päivätasolla. Suurimman osan sähkön kulutuksesta kuluttaa lämminvesivaraaja ja makuuhuoneen lämmitys. Voidaankin laskea kuinka paljon kaikki laitteet kuluttavat sähköä yhtälöllä 17.

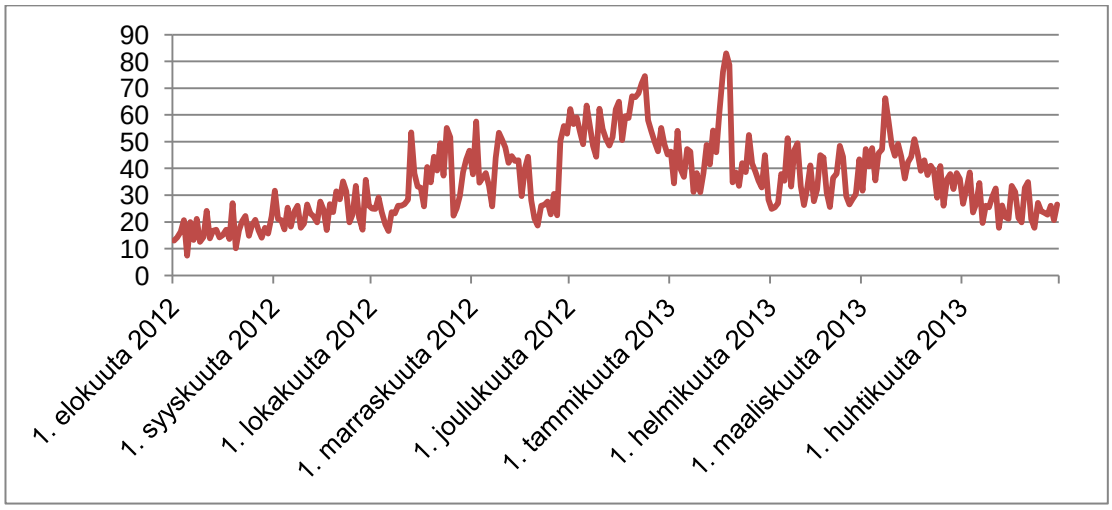
$$W_{laitesähkö} = 139 + 2306 = 2445\ kWh$$

Lasketaan kohteen kokonaiskulutus ja verrataan sitä vuoden 2012 kulutukseen.

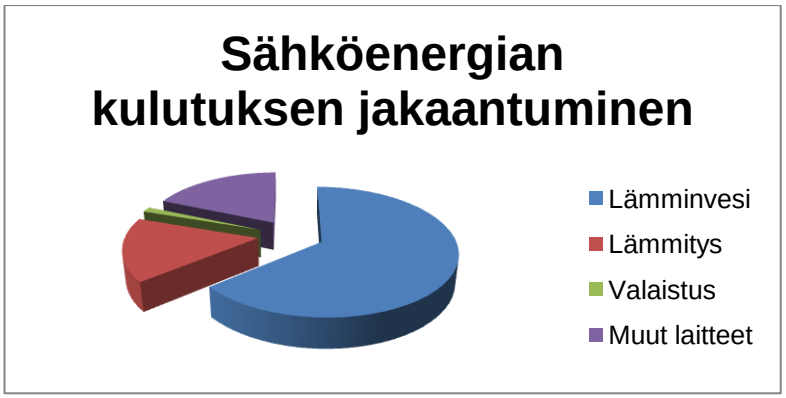
$$W_{kokonaiskulutus} = \ 2213 + 7454 + 2444 = 12112\ kWh$$

$$W_{vertaus} = W_{kokonaiskulutus} - W_{2012} = 12112 - 11300 = 812\ kWh \qquad (29)$$

Kuviosta 5 nähdään kuinka sähkönkulutus on kehittynyt päivätasolla, aineisto saatu liitteestä 2. Huomataan, että vuodenaikojen eri lämpötiloilla ja valoisuudella on merkityksensä kulutukseen. Elokuussa vuonna 2012 sähkönkulutus oli 522 kWh, kun taas joulukuussa sähkön kulutus oli 1762 kWh. Lämmityksen ja valaistuksen kulutukset ovat suuremmat talvella. Kuviosta 7 nähdään kuinka kohteen sähköenergian kulutus jakaantuu. Huomataan, että lämminvesi kuluttaa huomattavan osan kohteen kokonaiskulutuksesta.



Kuvio 6. Sähkönkulutus kohteessa, kWh.



Kuvio 7. Kulutuksen jakaantuminen.

7 Toimenpiteet

Sähköllä lämmitettävän huoneen sähköpatteriin asennettiin ajastin, jolla voi asettaa sähköpatterin lämmittämään vain öisin. Keväällä ja syksyllä lämmitetään huonetta vain öisin. Päivällä pyritään siihen, että ovi jää auki ja lämmin ilma siirtyy makuuhuoneeseen. Lisäeristyksellä saataisiin aikaan 300 kWh:n vuosisäästöt. Tehokkaammalla sähköpatterilla saataisiin lämpötila pysymään paremmin halutussa arvossa.

Suihkussa oli valmiiina säädettävä suihkupää (kuva 3). Suihkupään veden virtaus säädettiin arvosta 10 l/min arvoon 5 l/min. Veden kulutusmittari ehdotetaan asennettavaksi tarpeeksi näkyvälle paikalle, jotta perhe voi tarkkailla omaa kulutustaan ja siten muuttaa kulutustottumusta.

Kuva 3. Suihkun suihkupää.

Perheen käyttölaitteiden energiatehokkuus on hyvä. Olohuoneen viihdejärjestelmä irrotetaan yöksi verkkovirrasta pois. Astian- ja pyykinpesukoneita käytetään vain täysinä ja pesulämpötila säädetään likaisuuden mukaan. Jääkaappi on vain vuoden vanha jolloin tähän ei tarvitse tehdä ollenkaan toimenpiteitä. Pakastin on hankittu 90-luvulla, jolloin sen energiankulutus on isompi kuin uudemmilla. Pakastimen lauhduttimelle annettiin enemmän tilaa (kuva4) ja lauhdutin imuroitiin. Pakastimen jäähdyttimiin on kertynyt jäätä (kuva 5). Pakastin tullaan sulattamaan viimeistään seuraavana talvena.

Kuva 4. Pakastin siirrettiin kauemmas seinästä.

Kuva 5. Pakastimen lauhdutin ja osa jäähdytimestä.

Perheen sähkösopimus kilpailutettiin halvempaan. Perheellä oli ennen kilpailutusta sopimus Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:n kanssa. Liittymänä oli omakoti jäsensähkö yksiaika, jossa alennusta oli 10 %. Kuukausimaksu

liittymällä oli 1,80 €/kk ja energiamaksu 6,73 snt/kWh. Kilpailutus tapahtui sahkonhinta.fi sivun kautta. Liittymäksi valittiin Forssan Energia Oy:n kaksivuotinen yksiaika. Kuukausimaksu liittymällä on 2,55 €/kk ja energiamaksu 5,72 snt/kWh.

8 Tulokset

Kohteen laskettu kulutus on 12112 kWh. Lämpimään veden lämmitykseen kuluu 7454 kWh. Suihku kuluttaa 3848 kWh jolloin muun käyttöveden lämmitykseen kuluu 3606 kWh. Puolilämpimän tilan tehontarve on -32 ºC:n lämpötilassa 770 W, huonetta lämmitetään 750 W sähköpatterilla. Huoneen lämmitys kuluttaa sähköenergiaa vuodessa 2213 kWh. Lämmitykseen kuluu sähköenergiaa yhteensä 9667 kWh. Käyttölaitteet kuluttavat sähköä 2306 kWh ja valaistus 139 kWh.

Toimenpiteiden jälkeen suurin sähköenergiansäästö muodostuu lämpimän veden kulutuksesta. Suihkun säädettävällä suihkupäällä saatiin veden virtausnopeus puolitettua. Olettaen, että suihkussaoloaika ei pitene tällä toimenpiteellä. Sähköenergiaa vuodessa säästyy tällöin 1924 kWh, kun suihkun kuluttamaan lämpimän veden lämmitykseen kuluu 3848 kWh. Kulutusvesimittarin asennuksella voidaan säästää jopa 20 % veden kulutuksesta. Sähköenergiana tämä tarkoittaisi vuodessa 896 kWh, kun lämpimän veden lämmittämiseen kuluu 4479 kWh. Yhteensä veden lämmityksessä voidaan säästää vuodessa 2819 kWh. Lämmityksen säästökohteena on puolilämpimänä toiminut varasto, joka remontoitiin asuinhuoneeksi. Lämmityksen energiatehokkuutta parannettiin asentamalla ajastin sähköpatteriin, jolla lämmitetään huonetta syksyisin ja keväisin vain öisin. Lisäeristyksillä saataisiin vain pienet säästöt, joka ei ole enää kannattavaa. Pakastimen lauhduttimen imuroinnilla ja siirtämisellä parannettiin laitteen energiatehokkuutta

Säästötoimenpiteiden jälkeen kohteen arvioitu sähkönkulutus vuodessa on 9293 kWh. Perhe säästää 23,2 % energiaa aikaisempaan kulutukseen verrattuna. Sähkönsäästö on perheelle merkittävä.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ottaa selvää omakotitalon sähkönkulutuksesta ja energiatehokkaista ratkaisuista. Ongelmana oli saada sähkönkulutusta pienemmäksi kohteessa. Sähkönkulutusta pystyi pienentämään kulutustottumusta muuttamalla ja teknisillä ratkaisuilla.

Perheen sähkönkulutuksen arvioimiseen käytetty lämpimän veden ominaiskulutus on hyvin suuntaa antava. Voidaan olettaa, että todellinen kulutus poikkeaa hieman lasketusta. Kuitenkin laskettu kokonaiskulutus on hyvin lähellä vuoden 2012 kulutusta. Puolilämpimän tilan eristyksistä ei ollut perheellä dokumentteja, jolloin jouduin etsimään rakennusmääräyksistä puolilämpimän tilan U-arvot. Arvot voivat kumminkin hieman poiketa rakennusmääräyksen arvoista.

Käyttötottumusten muuttaminen osoittautui vaikeammaksi kuin osasin olettaa, perheen kolme lasta pitivät siitä huolen. Ehdotin perheelle, että he asentaisivat vettä säästävän suihkupään, jota ei voi säätää. Kohteen lattialämmityksen sähköenergian kulutusta ei tässä opinnäytetyössä laskettu. Koska termostaatti on asennettu arvoon 10 ºC niin kulutus on tällöin normaalia pienempää josta ei voi enää säästää. Kuitenkin tämä vaikuttaa kokonaissähkön kulutukseen. Lämpimän veden lämmitykseen kuluva arvioitu sähköenergia on todennäköisesti pienempi todellisuudessa, sillä perheen muun veden käyttö pitäisi olla yhtä tuhlailevaa kuin suihkussa käynti. Tämän takia lattialämmityksen laskettu sähköenergian puuttuminen ei aiheuttanut suurta eroa

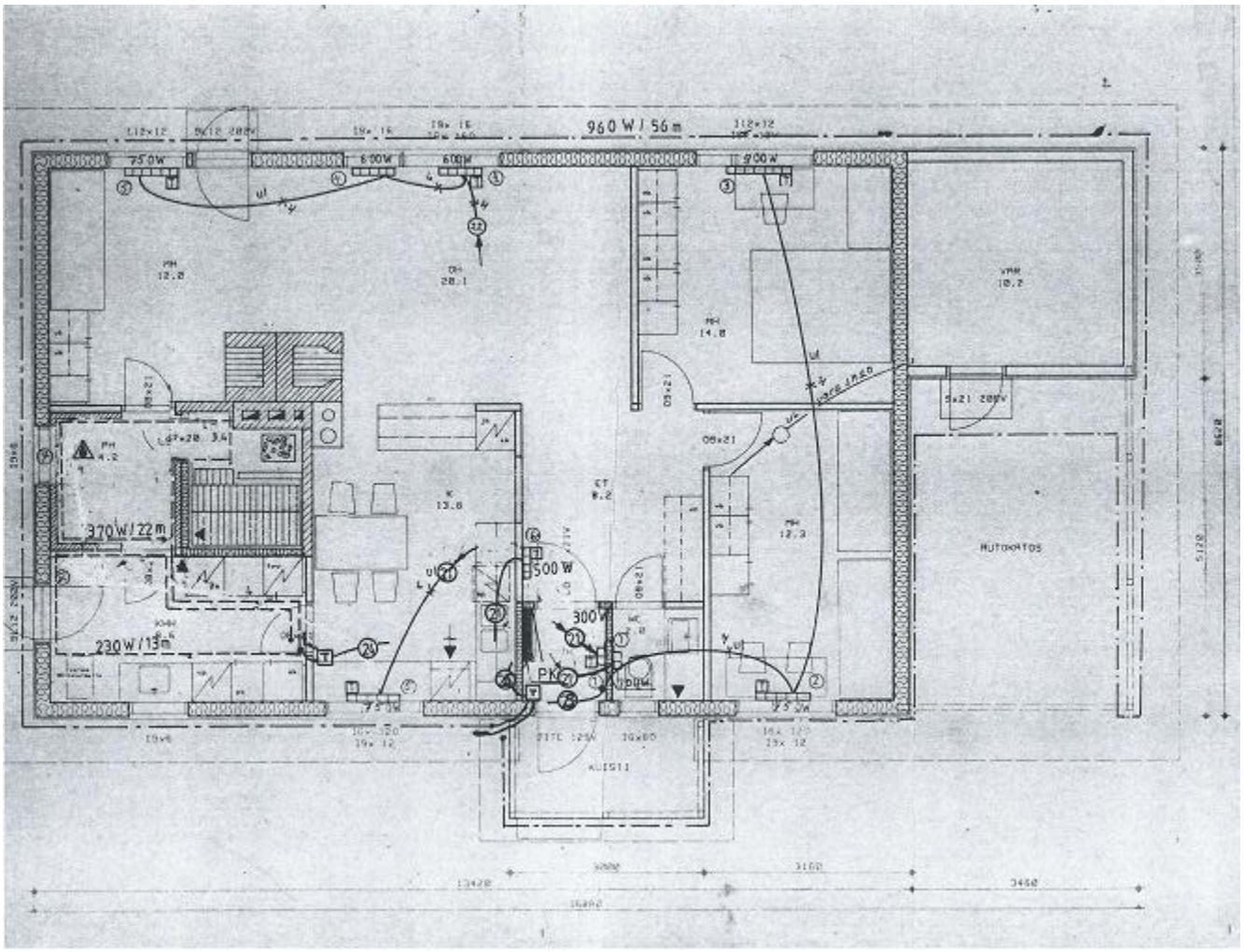
Opinnäytetyöaihe sai alkunsa vierailulla Vuonisjärven kohteessa, jossa keskusteltiin sähkölaskun suuruudesta. Ajattelin, että heidän kulutustaan voisi tutkia ja tehdä tarvittavia toimenpiteitä kulutuksen saamiseksi alhaiseksi.

Lähteet

1. Ahola Anssi & Defega Merkebu Zenebe. Sähköenergiansäästön potentiaali kotitalouksissa. Aalto-yliopisto. Sähkötekniikan laitos. 2010. http://www.ece.hut.fi/enete/Energiansaasto_kotitalouksissa.pdf. Enete-projekti. [Luettu 22.3.2013.]
2. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennetun ympäristön osasto. Ympäristöministeriö. 2008. http://www.finlex.fi/data/normit/34163 C32010_suomi_2212 08.pdf. [luettu 23.3.2013.]
3. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Asunto- ja rakennusosasto. Ympäristöministeriö. 2003. http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf. [luettu 26.3.2013.]
4. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Asunto- ja rakennusosasto. Ympäristöministeriö. 2007. http://www.finlex.fi/data/normit/29520- D5-190607-suomi.pdf. [Luettu 23.3.2013.]
5. Energiamarkkinavirasto. Sähkön hintavertailu. 2013. www.sahkonhinta.fi. [Luettu 15.3.2013]
6. Energiamarkkinavirasto. Sähkönhinnankehitys. 2013. http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehitys1301.xls [Luettu 20.3.2013.]
7. Energiatehokas koti-hanke. Levylämmönsiirrin. 2011. http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto/levylammonsiirrin. [Luettu 20.4.2013.]
8. Energiatehokas koti-hanke. Pyörivä lämmöntalteenotto (LTO)-laite. 2011. http://www.energiatehokaskoti.fi/suunniittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto/pyorivalammonsiirrin.[Luettu 20.4.2013.]
9. Energiateollisuus. Mistä sähkön hinta muodostuu? http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkon-hinta-ja-sopimukset/mista-sahkon-hinta-muodostuu. [Luettu 20.3.2013.]
10. Isosaari, K. (toim.) 2012. Mistä energia taloon? Otavan kirjapaino. Keuruu
11. LVI-talotekniikkateollisuus. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto asunnoissa. 2010. Teknologiateollisuus ry. http://teknologiateollisuus.fi/file/8902/28_lto_vuosihyotysuhde07072010.pdf.html. [Luettu 20.4.2013.]
12. Motiva Oy. Valaistus. 2011. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/valaistus. [Luettu 15.3.2013.]
13. Motiva Oy. Lämmönjaon vaihtoehdot. Motiva Oy. 2012. http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot. [Luettu 20.4.2013.]
14. Motiva Oy. Kodinkoneet. Motiva Oy. 2012. http://www.motiva.fi/koti_ja_asu minen/vaikuta_hankinnoilla/kodinkoneet. [Luettu 23.4.2013.]
15. Motiva Oy. Viihde-elektroniikka ja tietotekniikka. Motiva Oy. 2012. http://www.motiva.fi /koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/viihde-elektroniikka_ja_tietokoneet. [Luettu 23.4.2013.]
16. Motiva Oy. Vaikuta hankinnoilla – hanki harkitusti kodin laitteita. Motiva Oy. 2012. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla. [Luettu 23.4.2013.]

17. Motiva Oy. Hehkulamppu. Motiva Oy. 2013. http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/hehkulamppu/. [Luettu 15.3.2013.]
18. Motiva Oy. LED-lamput(”retrofit”). Motiva Oy. 2013. http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/led-lamput/. [Luettu 15.3.2013.]
19. Motiva Oy. Energiansäästölamppu. Motiva Oy. 2013. http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/energiansaastolamppu/. [Luettu 15.3.2013.]
20. Motiva Oy. Halogeenilamppu. Motiva Oy. 2013. http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/halogeenilamppu/. [Luettu 15.3.2013.]
21. Motiva Oy. Lämmitysjärjestelmän valinta. Motiva Oy. 2013. http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta. [Luettu 20.4.2013.]
22. Motiva Oy. Eri lämmitysmuodot. Motiva Oy. 2013. http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot. [Luettu 20.4.2013.]
23. Motiva Oy. Vesi. Motiva Oy. 2013. http://motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/vesi. [Luettu 27.4.2013.]
24. Niemi, M.J. Vainio, V. 1993. LVI-tekniikka. Porvoo: WSOY.
25. Opetushallitus. Suomen LVI-liitto. 2001. LVI-tekniikka korjausrakentaminen. Vantaa. Tummavuoren kirjapaino Oy.
26. Suomen Sähköopas. 2013. Sähkölämmitys. Opasmedia Oy. http://www.sahkoopas.com/sahkotietoa/lammitys/sahkolammitys/. [Luettu 26.3.2013.]
27. Työryhmämuistio. Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen. Ympäristöministeriö. 2009. http://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmamuistio_Huoneistokohtaisten_vesimittareiden_kaytto_ja_vaikutukset_rakennusten_energiankulutukseen.pdf. [Luettu 15.4.2013

Lämmitys



15.8.88 / PK

Lämmittimille asennetaan
putkitus lattiaan upotettuna

Tilsan sähkömiehet

Mitat Pöt 2/4-88 RT

EKK 105

4 H + K + S

ELPLANERING - SÄHKÖSUUNNITTELU
JAN BJÖRKLUND
PB 5 PL 5 10651 EKENÄS 5 TAMMI ☎ 911-11863

ENSO-TALO EKK 105

Pohjapiirustus

VUONISLAHTI VEHKAPURO 37:6 MAANKÄLÄ

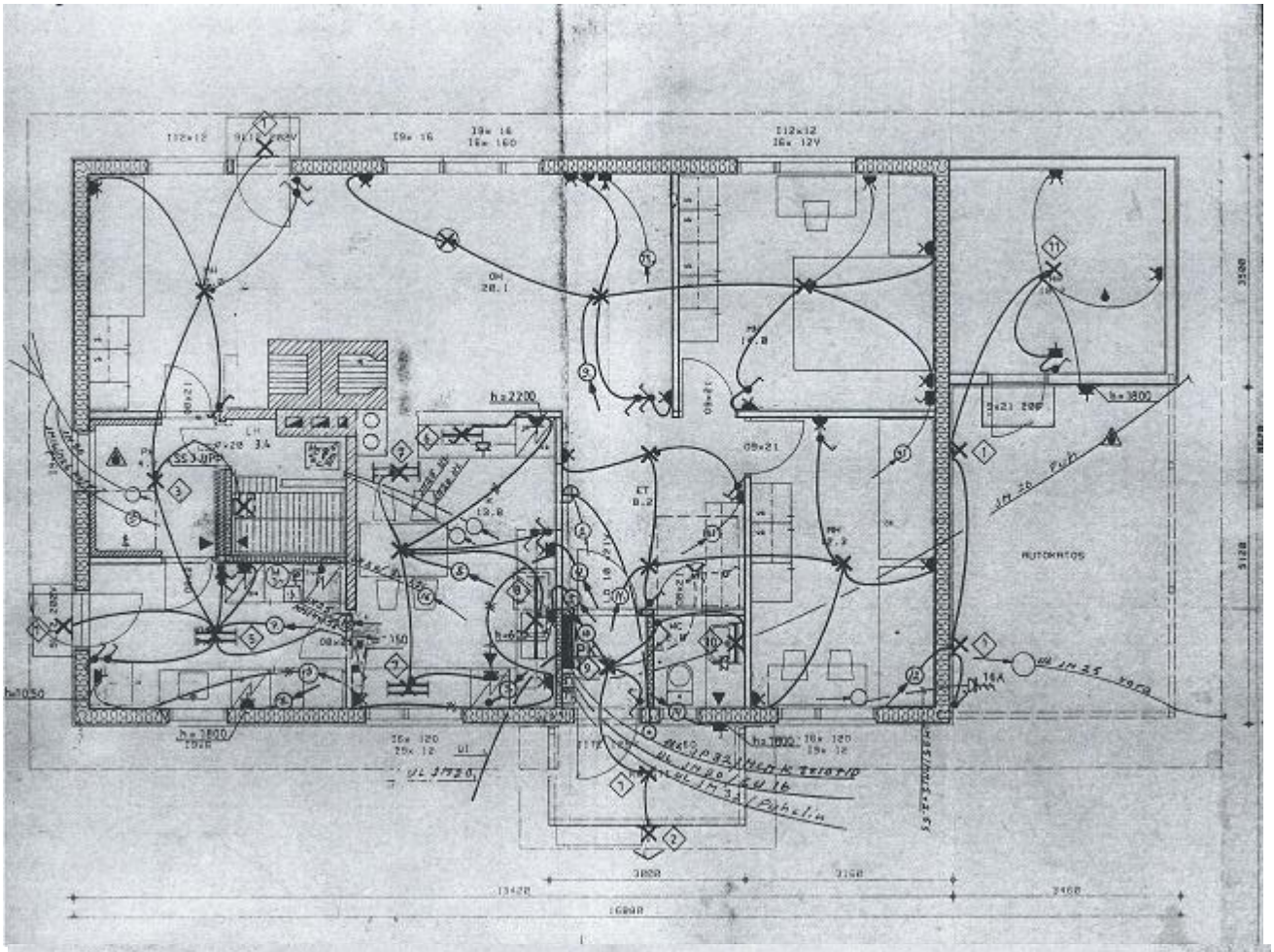
UUDISRAKENNUS

ENSO KOTI

PÄÄPIIRUSTUS

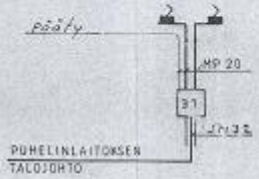
POHJAPIIRUSTUS

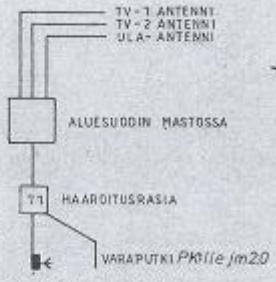
Valaisimet,pistorasiat ja kytkimet.



VALAISIMET

1	Ensto AVR 7	60W	5kpl
2	Ensto AVR 7+numero	60W	1kpl
3	Selcost 4261	60W	1kpl
4	Selcost 4308/40	40W	1kpl
5	Glomex GUP-OP3	L2×18W	1kpl
6	Ensto AVR 8.2	L1×18W	1kpl
7	AS 7126/22	L2×18W	1kpl
8	Glomex GSB 136 LB	L1×36W	1kpl
9	Selcost 4280/MP	60W	1kpl
10	Glomex GSB 118 LSSJ	L1×18W	1kpl
11	Selcost 4311	60W	1kpl





ANTENNIJOHDOT: AJCS 75-5/MP 20

15.8.88 / PK

Mikrotie Asennus

Pietisen sähkömiehet

Muutos 8/4-88 RS

EKK 105

4 H + K + S

Huoneistoala	105.0 m2
Kerrosala	128.0 m2
Tilavuus	380.0 m3

ENSO-TALO EKK 105

Pohjapiirustus

Sähköpisteet

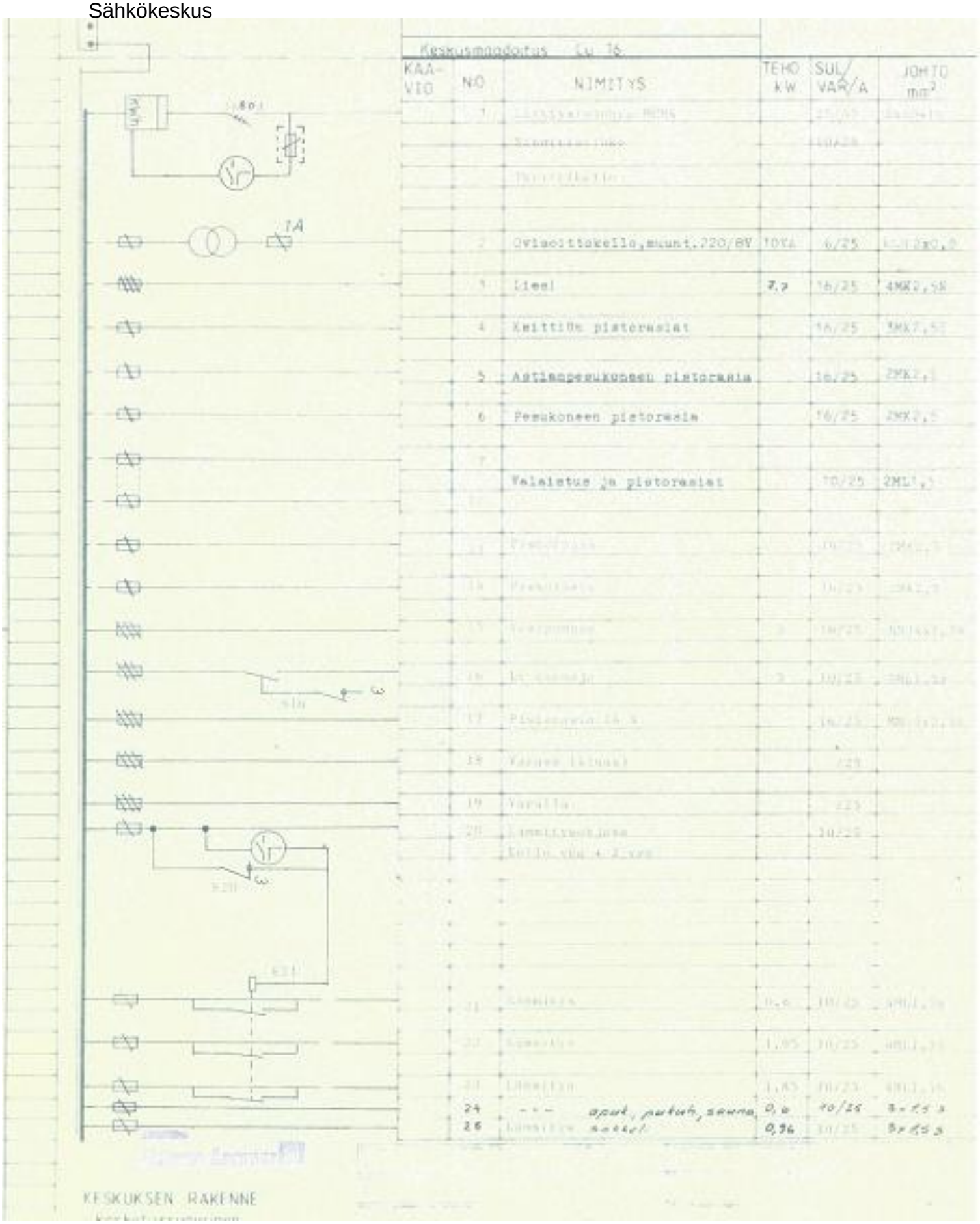
ELPLANERING - SÄHKÖSUUNNITTELU
JAN BJÖRKLUND
PB 5 PL 10651 EKENÄS 5 T:GAARD 911-11883

Del./Pvm. 19.05.1986

VUONISLAHTI VEHKAPURO 376 MAARANALA

UUDISRAKENNUS PÄÄPIIRUSTUS (2

Sähkökeskus



Kulutus tunneittain, kWh

Päivä	Vuorokauden tunti																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.8.2012	0,15	0,14	1,32	0,13	0,1	0,12	0,32	0,26	1,22	0,14	0,11	0,65	0,54	0,69	1,86	0,31	0,37	0,6	0,5	0,49	0,65	0,61	0,49	1,23
2.8.2012	0,19	0,18	0,2	0,19	0,17	0,17	0,29	0,34	0,34	1,85	0,39	0,3	2,29	0,41	0,45	0,34	0,48	0,7	1,02	1,06	0,71	0,48	0,37	0,33
3.8.2012	0,34	0,16	0,14	0,15	1,1	0,1	0,11	0,14	0,29	2,02	0,48	1,14	0,37	0,52	0,23	0,52	0,3	1,41	0,41	1,64	0,48	0,28	1,35	0,14
4.8.2012	0,12	0,1	0,11	0,16	1,18	0,15	0,14	0,13	0,28	0,36	0,44	1,37	0,76	0,23	0,52	0,18	0,52	2,47	1,54	4,08	3,85	0,46	0,25	0,14
5.8.2012	0,12	0,11	1,19	0,12	0,13	0,25	0,4	0,09	1,17	0,13	0,14	0,15	0,13	0,12	0,23	0,11	0,16	1,11	0,14	0,19	0,53	0,38	0,3	0,12
6.8.2012	0,14	0,12	0,12	1,19	0,17	0,27	0,29	0,2	0,13	0,44	0,3	1,25	0,87	0,95	0,52	0,22	0,19	1,74	0,65	1,04	1,83	3,96	2,13	0,22
7.8.2012	0,17	0,17	0,48	0,86	0,13	0,14	0,35	0,24	0,14	0,79	0,94	0,49	0,41	0,47	0,48	0,58	1,52	1,35	0,38	1,62	0,54	0,38	0,35	0,21
8.8.2012	0,12	0,14	0,16	1,16	0,14	0,12	0,25	0,39	0,48	1,69	0,93	0,42	1,44	0,52	0,62	1,11	0,94	0,89	0,48	1,81	3,44	0,36	0,37	0,2
9.8.2012	0,14	0,12	0,12	1,22	0,1	0,1	0,23	0,25	0,45	1,16	0,96	0,77	0,31	0,51	0,29	0,23	0,47	1,6	0,48	1,35	0,44	0,35	0,24	0,62
10.8.2012	0,78	0,11	0,12	0,13	0,13	0,22	0,31	0,14	0,43	1,53	0,34	0,93	1,09	0,96	0,33	0,52	0,65	1,67	0,41	0,79	1,39	0,48	0,37	0,49
11.8.2012	1,29	0,11	0,12	0,1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,35	2,32	1,12	1,25	0,14	0,13	0,22	0,12	1,6	0,72	2,69	4,61	3,92	2,23	0,4	0,4
12.8.2012	0,18	0,14	0,14	0,12	1,09	0,23	0,11	0,11	0,12	0,43	0,34	1,32	0,82	0,22	0,8	0,71	0,9	2,34	1,01	0,63	0,46	0,23	0,14	1,24
13.8.2012	0,14	0,16	0,17	0,16	0,12	0,11	0,17	0,5	1,33	0,46	1,63	1,43	0,26	0,22	0,39	0,94	0,55	0,74	1,19	0,54	2,51	0,61	0,51	0,42
14.8.2012	0,17	0,16	1,27	0,11	0,11	0,13	0,14	0,52	0,53	1,4	1,13	0,61	1,37	1,68	0,4	0,42	0,41	0,74	0,89	0,79	0,7	0,55	0,57	0,26
15.8.2012	0,26	1,23	0,12	0,13	0,16	0,15	0,14	0,39	0,75	0,73	0,24	0,36	0,83	0,67	0,16	0,21	0,28	1,47	0,89	0,79	2,38	0,7	0,55	0,57
16.8.2012	0,46	0,25	1,32	0,21	0,22	0,22	0,24	0,51	0,31	0,17	1,68	1,09	1,1	0,74	0,71	0,15	0,16	0,38	1,03	1,11	0,54	0,5	1,59	0,33
17.8.2012	0,14	0,12	0,12	0,1	0,09	1,21	0,12	0,6	0,47	0,46	0,14	0,3	0,54	1,69	0,85	0,56	0,45	0,52	0,38	2,15	4,09	1,29	0,41	0,22
18.8.2012	0,49	0,94	0,18	0,16	0,16	0,13	1,21	0,87	0,73	0,45	0,51	0,36	0,27	0,35	0,36	1,36	0,17	0,18	0,46	2,72	0,73	0,81	0,59	0,55
19.8.2012	1,69	0,13	0,12	0,14	0,12	0,1	0,25	0,37	1,45	0,58	0,49	2,04	0,98	0,92	0,36	3,19	1,85	1,48	1,68	2,8	4,14	1,48	0,66	0,45
20.8.2012	0,13	0,11	0,78	0,54	0,13	0,24	0,25	0,48	0,32	1,04	0,75	0,2	0,14	0,4	0,32	0,21	0,13	0,14	1,25	0,68	0,32	0,61	0,73	0,37
21.8.2012	0,15	0,81	0,64	0,11	0,1	0,18	0,26	0,38	0,38	0,33	1,65	0,65	0,38	0,77	0,98	0,63	1,88	0,76	0,42	0,27	0,93	1,37	1,99	0,18
22.8.2012	0,17	0,14	0,14	0,14	0,13	0,26	0,3	0,47	1,56	0,3	0,19	0,17	0,33	0,49	0,55	1,34	0,32	1,42	0,5	3,99	2,89	4,09	1,51	0,41
23.8.2012	0,12	0,14	0,12	0,84	0,48	0,11	0,28	0,35	0,15	0,34	1,87	0,34	0,28	0,26	1,68	1,44	0,37	0,37	2,26	2,83	2,89	2,65	0,66	1,41
24.8.2012	1,75	0,17	0,12	0,13	0,34	0,73	0,78	0,31	0,55	0,58	0,5	1,24	0,27	0,34	0,4	0,75	0,41	0,29	0,75	0,75	0,55	0,49	1,59	0,21
25.8.2012	0,22	0,21	0,2	0,19	0,22	0,73	0,31	0,41	0,3	0,13	0,14	0,14	0,13	0,1	1,16	0,14	0,15	0,32	2,19	5,11	3,42	1,42	1,59	0,38
26.8.2012	0,49	1,13	0,19	0,18	0,15	0,13	0,18	0,39	1,44	0,34	0,81	1,57	2,24	0,44	0,43	0,85	0,46	0,37	1,57	4,24	4,24	1,69	0,62	0,23
27.8.2012	1,31	0,14	0,13	0,16	0,16	0,13	1,24	0,46	0,37	0,29	0,86	2,16	0,6	2,3	0,62	0,53	1,04	0,84	0,41	1,54	0,45	0,36	0,37	0,21
28.8.2012	0,26	0,12	0,11	0,11	0,15	0,82	0,48	0,6	0,33	0,29	0,14	1,13	3,06	0,77	0,35	0,36	0,48	0,54	0,54	1,02	1,72	0,48	0,38	0,48
29.8.2012	0,11	0,11	1,22	0,14	0,14	0,14	0,21	0,61	0,47	1,17	0,43	0,89	2,12	0,37	0,38	0,48	1,46	0,38	0,38	0,7	1,99	3,01	0,41	0,48
30.8.2012	0,23	1,08	0,48	0,22	0,21	0,19	0,2	0,55	1,55	0,23	1,2	0,24	0,37	0,34	0,89	0,19	0,42	0,55	0,42	1,44	1,59	0,27	0,46	0,41
31.8.2012	0,38	0,12	0,13	0,11	0,1	1,05	0,35	0,71	0,42	0,12	0,12	0,34	0,92	1,43	0,89	0,51	0,89	0,55	0,42	1,44	4,25	4,66	2,15	0,8
1.9.2012	0,4	0,33	0,39	0,62	0,52	1,4	0,46	0,48	0,62	0,75	0,94	0,66	1,85	1,73	0,8	0,19	0,89	0,72	4,11	4,83	4,24	4,18	1,07	0,49
2.9.2012	0,17	0,18	1,24	0,12	0,13	0,15	0,16	0,48	0,44	1,77	1,07	1,94	1,09	1,52	0,6	1,14	1,05	0,83	0,67	2,3	2,8	1,53	0,38	0,12
3.9.2012	1,27	0,15	0,14	0,15	0,11	0,22	0,32	1,77	0,54	0,4	0,39	0,5	0,68	3,25	1,4	0,66	0,67	0,58	2,52	1,17	1,3	1,66	0,55	0,26
4.9.2012	0,21	1,28	0,17	0,24	0,23	0,24	0,57	0,75	0,68	1,47	0,52	0,43	0,38	0,55	0,6	0,61	0,48	0,76	1,62	1,1	2,31	1	0,52	0,52
5.9.2012	0,33	0,86	0,25	0,23	0,2	0,32	0,57	0,57	1,57	0,6	0,52	0,72	0,43	0,71	0,65	0,24	0,83	1,24	1,32	3,19	4,32	3,2	0,49	0,49
6.9.2012	0,41	0,24	0,22	0,23	0,5	1,23	0,43	0,64	0,55	0,4	0,39	1,6	0,42	0,74	0,57	1,38	0,54	1,83	1,25	0,91	0,63	1,61	0,94	0,66
7.9.2012	0,52	1,19	0,68	0,29	0,3	0,46	0,46	0,63	0,67	1,46	0,54	0,36	0,94	0,79	0,8	1,21	0,5	0,68	3,17	1,38	2,18	4,06	0,66	0,37
8.9.2012	0,29	0,27	0,29	1,02	0,36	0,36	0,61	0,61	1,78	0,69	0,4	0,4	2,11	0,73	0,36	1,83	0,51	1,51	1,35	2,95	4,19	0,66	0,62	0,65
9.9.2012	1,49	0,46	0,37	0,31	0,35	0,35	0,98	0,79	0,46	0,47	0,62	1,46	1,39	0,34	0,36	0,51	1,88	0,5	0,62	0,89	2,59	0,93	0,63	0,34
10.9.2012	0,33	0,32	0,23	0,28	0,32	0,26	1,4	0,81	0,65	0,52	0,36	0,38	0,45	0,81	0,79	1,96	1,64	0,77	1,19	1,22	0,7	1,07	2,53	0,29
11.9.2012	0,3	0,16	0,33	1,28	0,62	0,39	0,5	0,76	0,44	0,65	1,32	0,32	1,61	0,85	0,84	0,87	2,38	2,68	0,88	4,2	4,15	0,72	0,43	0,27
12.9.2012	0,16	0,33	0,23	1,07	0,17	0,44	0,55	0,78	0,56	0,32	0,53	0,76	1,13	0,56	0,84	2,34	0,83	1,3	0,88	1,46	2,71	0,63	0,56	0,71
13.9.2012	0,98	0,13	0,23	0,22	0,19	0,16	0,91	1,35	0,62	1,43	0,71	1,58	0,6	0,69	3,35	1,58	0,73	1,14	1,16	0,72	0,92	1,83	0,88	0,9
14.9.2012	0,26	0,16	0,25	1,27	0,28	0,45	0,5	0,73	0,58	0,37	1,38	0,72	0,51	0,49	0,41	0,67	1,55	1,75	1,04	0,7	0,56	3,62	0,88	0,58
15.9.2012	0,11	0,13	0,16	1,29	0,16	0,15	0,24	0,28	0,35	0,51	1,52	1,65	0,99	1,02	1,78	1,14	0,78	1,59	2,09	4,45	3,88	4	1,05	0,48
16.9.2012	0,19	0,18	0,16	1,21	0,19	0,18	0,15	0,12	0,51	0,92	1,12	1,65	0,65	1,26	1,02	1,25	2,06	0,27	0,39	0,98	0,41	2,61	0,41	0,16
17.9.2012	0,19	0,17	1,25	0,15	0,18	0,17	0,16	0,49	0,35	0,79	1,41	0,76	1,13	0,82	3,2	0,65	0,49	0,2	0,18	0,39	0,88	0,88	0,58	0,36
18.9.2012	0,12	0,16	0,17	0,17	0,11	0,13	0,16	2,07	0,84	0,79	0,68	0,99	3,03	2,26	2,3	1,18	0,49	1,79	1,31	3	2,79	0,82	0,69	0,65
19.9.2012	1,46	0,31	0,31	0,25	0,3	0,35	1,21	1,01	0,78	0,78	1,36	1,79	1,62	0,77	0,9	0,68	1,74	0,51	2,73	1,58	0,77	0,61	1,29	0,53
20.9.2012	0,4	0,39	0,26	0,39	0,41	0,95	1,09	0,88	0,63	0,47	1,38	2,11	0,7	1,02	1,07	2,27	1,67	1,2	0,81	4,48	4,38	3,99	1,22	0,32
21.9.2012	0,33	0,39	0,34	0,33	0,36	1,37	0,35	0,8	0,62	0,56	0,48	2,74	3,69	3,87	0,84	1,18	1,37	1,82	1,01	0,68	2,41	1,8	0,71	0,54
22.9.2012	0,31	0,33	1,4	0,34	0,34	0,34	0,32	0,63	0,77	1,72	0,89	1,77	1,74	1,85	1	0,82	1,64	1,09	2,68	4,44	4,38	4,14	1,68	0,59
23.9.2012	0,55	0,52	0,42	0,51	1,69	0,47	0,43	0,58	0,98	0,69	2,84	1,47	1,07	2,55	1,83	1,48	1,37	2,91	3,66	1,61	0,84	1,15	1,83	0,39
24.9.2012	0,39	0,36	0,35	0,42	1,26	0,53	0,39	0,98	0,66	0,8	1,63	1,22	0,96	0,59	0,73	0,92	1,88	1,61	0,57	0,77	1,08	0,77	0,54	0,5
25.9.2012	1,58	0,47	0,47	0,47	0,46	0,43	0,57	0,78	0,97	1,15	1,42	1,31	1,29	0,96	2,1	2,02	1,07	0,48	0,68	1,04	1,74	0,61	0,39	0,4
26.9.2012	0,44	0,42	1,38	0,37	0,43	0,38	0,47	0,98	3,5	1,34	0,78	2,13	1,47	2,74	0,62	0,33	0,46	0,38	2,18	4,71	4,42	2,2	0,83	0,66
27.9.2012	0,38	0,4	0,83	0,49	0,49	0,44	0,91	0,91	0,78	1,59	0,67	0,67	0,62	0,96	0,49	0,81	0,46	0,71	0,58	0,86	0,84	0,58	0,69	1,46
28.9.2012	0,27	0,3	0,35	0,32	0,31	0,28	0,34	0,64	1,1	0,97	0,36	0,66	0,47	0,49	0,66	0,81	0,47	0,37	1,45	0,75	1,2	3,32	0,69	0,56
29.9.2012	0,38	0,44	1,58	0,34	0,43	0,56	0,43	0,58	0,8	2,25	1,29	2,36	3,05	1,83	0,75	0,34	0,59	1,73	0,87	5,15	4,52	4,12	0,97	0,61
30.9.2012	0,66	0,58	0,48	0,64	0,34	0,65	0,65	0,69	0,78	0,85	0,84	0,75	0,71	1,09	0,8	1,59	1,66	1,39	2,89	1,91	0,88	2,31	1,24	0,28
1.10.2012	0,27	0,31	1,4	0,34	1,74	0,65	0,36	0,76	0,59	1,42	0,44	2,87	0,84	1,94	1,94	1,59	0,59	0,86	0,83	1	0,73	3,23	3,67	0,7
2.10.2012	0,32	1,26	0,35	0,34	0,35	0,37	0,39	0,77	0,52	1,4	0,63	0,5	0,83	0,55	2,44	0,72	2,58	0,6	0,61	0,76	4,03	5,19	1,5	0,34
3.10.2012	0,5	0,23	0,33	0,73	0,86	0,27	0,38	0,88	0,98	1,17	1,11	2,1	0,55	1,22	1,32	2,48	0,8	0,6	0,76	0,86	2,29	1,06	0,62	0,71
4.10.2012	0,32	0,34	0,26	0,33	1,32	0,36	0,38	0,68	0,6	0,38	2,27	2,75	1,24	0,87	0,53	0,6	1,69	0,97	1,61	1,43	2,81	0,75	0,62	0,39
5.10.2012	0,33	0,28	1,2	0,28	0,32	0,36	0,35	0,91	0,52	1,9	1,51	0,9	1,07	0,4	0,33	1,49	0,28	0,47	0,63	0,99				

Lähde:Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. Omawatti-palvelu. 2013. https://omawatti.pks.fi/. [Luettu 1.5.2013]

| | | |

| | | |

| | | |