



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RAKENNUKSEN ENERGIA- TEHOKKUUDEN PARANTA- MISEN OPAS

TEKIJÄ/T: Frans Maunula

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Frans Maunula	
Työn nimi Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen opas	
Päiväys 22.11.2016	Sivumäärä/Liitteet 33/3
Ohjaaja(t) Yliopettaja Harri Heikura ja yliopettaja Heikki Salkinoja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) S.Maunula Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö on tehty Kangaslamilla Asemantiellä sijaitsevan vanhan kunnantalon energiatehokkuuden parantamisen oppaaksi. Opinnäytetyössä on kolme pääaluetta, jotka ovat energiatehokkuus direktiivit ja Suomen energiankäyttö, lämmitysjärjestelmät ja niiden vertailu, sekä kiinteistön energiatehokkuuden parantaminen.</p> <p>Energiatehokkuuden lainsäädäntö ja Suomen energiankäyttö pitää sisällään Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin sekä Suomen tämänhetkisen energiankäytön ja tulevaisuuden tavoitteet.</p> <p>Lämmitysjärjestelmissä ja niiden vertailussa käydään läpi neljä Suomen yleisintä lämmitysjärjestelmää ja niiden toimintaperiaatteita. Vuosittaisissa kustannuksissa on vertailu siten, että paljonko kukin järjestelmä maksaa käyttäjälleen tämän hetkessä tilanteessa sekä kymmenen vuoden kuluttua.</p> <p>Kolmas pää-alue on kiinteistön energiatehokkuuden parantaminen, joka sisältää viisi pääkohtaa. Jokainen osa on tämän hetken vaatimuksien mukainen ja laadittu tämän hetken suositusarvoja käyttäen. Kiinteistön energiatehokkuuden parantamisen osiossa käydään läpi toimiva ilmanvaihto, lämmitysverkon toiminta, energiatodistus ja energiakulutuksen laskeminen. Lisäksi siinä käydään läpi seinien ja yläpohjan suositusten mukaiset lämmönläpäisykerroin toimet ja niiden laskenta.</p>	
Avainsanat Energiatehokkuus, lämmitysjärjestelmä, energiatodistus, ilmanvaihto, lämmönläpäisykerroin	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Frans Maunula			
Title of Thesis A Guide for Improving a Building's Energy Efficiency			
Date	22.11.2016	Pages/Appendices	33/3
Supervisor(s) Principal Teacher Harri Heikura and Principal Teacher Heikki Salkinoja			
Client Organisation /Partners S.Maunula Oy			
<p>Abstract</p> <p>The thesis was made to be an energy efficiency guide of an old town hall in Kangaslampi. The thesis includes three main parts which are energy efficiency directives and Finland's energy consumption heating systems and their comparisons and improving the building's energy efficiency.</p> <p>The first part contains the decree 4/13 issued by the Ministry of Environment on improving a building's energy efficiency during renovation and modification work, the energy efficiency directive of the European Union as well as Finland's current energy consumption and future aims.</p> <p>In the second part, four main heating systems and their principles are presented and explained. After that, the annual consumption and the costs are compared to show the costs of each system both in the current situation and in ten years.</p> <p>The third part, improving the building's energy efficiency, contains five sections. Each section is made by using the current recommended values and requirements. In the section of improving the building's energy efficiency, functional ventilation, heating network, energy certification and calculating energy consumption are discussed as well as the thermal conductivity coefficients of the walls and the roof and their calculation.</p>			
<p>Keywords Energy efficiency, thermal conductivity coefficient, heating system, functional ventilation</p>			

KÄYTETYT LYHENTEET

R_{kek}	Rakennuksen energiankulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, iv}}$	Ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
Q_{jk}	Jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
W_{tilat}	Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus kWh/a
$W_{\text{lkv, pumppu}}$	Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{jäähd, apu}}$	Jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a
$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{valaistus}}$	Valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a
A_{netto}	Rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²
R_{se}	Ulkopuolinen pintavastus (liikkuva ilma)
R_{si}	Sisäpuolinen pintavastus (liikkumaton ilma)
R_{total}	Lämmönvastusten summa
R	Lämmönvastus yksikkö
U	Lämmönläpäisykerroin
d	Eristeen paksuus metreinä
λ	Lämmönjohtavuus (W/mK)
m^2	Neliömetri
K	Kelvin
W	Watti
kW	Kilowatti
kWh	Kilowattitunti
tW	Terawatti

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUSDIREKTIIVI	8
2.1	Ympäristöministeriön asetus 4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä.....	8
3	SUOMEN ENERGIANKÄYTÖN TAVOITTEET	8
3.1	Tulevaisuuden tavoitteet rakennusten energiatehokkuudesta.....	8
4	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN VERTAILU	9
4.1	Kaukolämpö	9
4.2	Lämpöpumput	10
4.3	Öljylämmitys	12
4.4	Lämmitysjärjestelmän vuosittaiset kustannukset.....	13
5	KIINTEISTÖN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN	14
5.1	Energiatodistus ja rakennuksen energiankulutuksen laskeminen	15
5.2	Rakennuksen energiankulutuksen laskeminen E-luku	16
5.3	Lämmitysverkon toiminta ja säätö	17
5.4	Korvausilmaventtiilit.....	17
5.5	Seinien ja yläpohjan lisäeristäminen	19
5.5.1	Ulkoseinän lisäeristäminen	20
5.5.2	Yläpohjan lisäeristäminen.....	21
5.5.3	Lämmönvastuksen ja lämmönläpäisykertoimen laskenta	22
5.6	Rakennuksen lämpökuvaaminen.....	23
5.7	Lämpökuvauksen raportointi ja sen osavaiheet.....	23
6	ASEMANTIEN KIINTEISTÖN ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET.....	24
6.1	Lämmitysjärjestelmä	25
6.2	Kiinteistön ilmanvaihdon toteutus.....	26
6.3	Kiinteistön eristeiden ja lisäeristämisen tarkastelu.....	26
6.4	Asemantien kiinteistön lämpökuvaus.....	28
7	YHTEENVETO.....	30
	LÄHTEET	31

LIITE 1 – LÄMPÖKUVIEN LÄMPÖTILAINDEKSI	35
LIITE 2 – ÖLJYN HINNAN MUUTOS.....	35
LIITE 3 - LÄMPÖKUVAT.....	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä päivitetty opas kiinteistöjen energiatehokkuuden parantamista varten. Työstä löytyy yleisimmät lämmitysjärjestelmät ja niiden vertailut, yleisimmät energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet sekä niiden peruseräatteen. Näitä tietoja sovelletaan Kangaslammella sijaitsevaan Asemantien kiinteistöön ja tehdään korjausehdotukset kohteista, joita tällä hetkellä ei voida toteuttaa.

Työn tavoitteena on saada selkeä ja monipuolinen opas, jota voidaan käyttää suunnittelussa kiinteistön energiatehokkuuden parantamista. Työ on tehty asuin- ja pientaloja varten ja se soveltuukin parhaiten hieman vanhemman asuntokannan kunnostamista suunniteltaessa. Niissä rakenteellinen hengittävyys ja toimintaperiaatteet ovat lähempänä toisiaan verrattuna uusiin nollaenergiankulutusta tavoitteleviin rakennuksiin. Opinnäytetyöstä löytyy ajantasaiset tiedot rakennuksen lämmönläpäisykertoimista, lämmitykseen ja sisäilmaan vaikuttavien järjestelmien toimintaperiaatteista, energiatodistuksen sisällöstä sekä sen laajuudesta. Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa Asemantien kiinteistön omistajalle kattavat tiedot kiinteistön nykyisestä kunnosta energiatehokkuuden näkökulmasta sekä ohjeet, joiden kautta sitä voitaisiin parantaa.

Työn rajaus on tehty niin, että työ kattaa kaikki tärkeimmät lämmitysjärjestelmät ja tehokkaimmat toimenpiteet, joilla rakennuksen enegiatehokkuutta voidaan parantaa. Työssä annetaan monipuolinen kuva mahdollisista parannustoimenpiteistä ja niiden merkityksestä. Opinnäytetyön kohde kiinteistössä on meneillään suuret muutostyöt, joten rakennus ei ole asumiskuntoinen ja tämä vaikutti opinnäytetyössä tiettyjen osa-alueiden laajuuteen. Asemantien kiinteistön energiatehokkuuden parantamisessa keskityttiin tarkastelemaan lämmitysverkoston toimivuutta, ilmanvaihdon toteutusta ja sen mahdollista parantamista. Yläpohjan eristyksen kuntoa ja lisäeristämisen kustannuksia ohjearvon saavuttamiseksi.

2 RAKENNUSTEN ENERGIA TEHOKKUUSDIREKTIIVI

Rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi (2010/31/EU) on EU:n tekemä Kioton sopimuksen pohjalta, johon ovat kaikki jäsenmaat sitoutuneet. Direktiivi vaikuttaa uudis- ja korjausrakentamiseen ja pitää sisällään kolme eri pääaluetta. Nämä ovat energiatodistuksen käyttöönotto, energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset, lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkistukset. Energiatehokkuusdirektiiviä sovelletaan ottamalla huomioon maan ilmaston erityispiirteet, sisäilmalle asetetut vaatimukset ja kustannustehokkuus (Motiva 2016).

2.1 Ympäristöministeriön asetus 4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä

Suomen ympäristöministeriö teki asetuksen 4/13, jolla säädetään rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Asetus astui voimaan 01.09.2013 kaikkien rakennuksien osalta. Asetuksessa annetaan kiinteistön omistajalle kolme tapaa toteuttaa korjaus- ja muutostyöt, joista hän voi valita sopivamman vaihtoehdon. Ensimmäisessä tavassa korjauskohteen uusittujen rakennusosien tulee täyttää nykyvaatimukset. Näitä ovat esimerkiksi korjattujen ikkunoiden, ovien, ulkoseinien, ala- ja yläpohjan lämmönpitävyys. Toinen vaihtoehto rakennuksen standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen laskeminen. Kolmannessa lasketaan rakennuksen E-luku, jota pienennetään vaadittuun tasoon (Ymparisto.fi 2016).

3 SUOMEN ENERGIANKÄYTÖN TAVOITTEET

Suomen energiankulutus ei ole kasvanut 2000- luvulla. Suurin syy tähän on raskaan teollisuuden väheneminen Suomessa ja energiatehokkuuden kasvu. Energian loppukäyttö ja kokonaiskulutus sektoreittain jakautui vuonna 2014 niin, että teollisuus käytti 47%, rakennusten lämmitys 25%, liikenne 16% ja muut 12% (Motiva 2016).

Energia- ja ilmastostrategiassa (vuonna 2008) Suomi asetti loppukäytön säästötavoitteeksi vuoteen 2020 mennessä 37 tW/h, jolloin yhteiskulutus olisi silloin 310 tW/h. Vuoteen 2050 mennessä olisi tarkoitus tehostaa vuoden 2020 tasosta vähitään kolmanneksen verran (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013)

3.1 Tulevaisuuden tavoitteet rakennusten energiatehokkuudesta

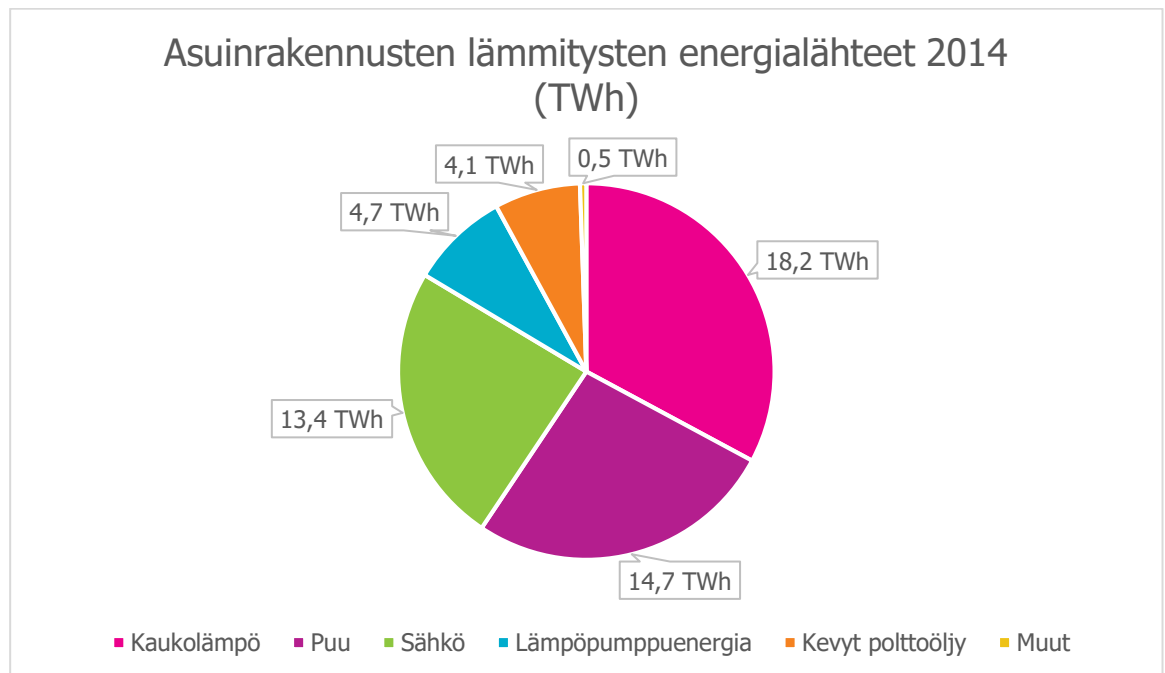
Suomen ympäristöministeriön, maa- ja metsätalousministeriön sekä työ- ja elinkeinoministeriön 2015 tekemässä ilmastopolitiikka suunnitelmassa pyritään pääsemään rakennuksien osalta lähes nollaenergiakulutukseen vuoteen 2020 mennessä. Suomen tavoitteena on vähentää kasvihuon-

ekaasupäästöjä vuoden 1990 tasosta 20% vuoteen 2020 mennessä ja vähintään 40% vuoteen 2030 mennessä. Tällä hetkellä rakennuksissa kuluttaa noin 40% energian kokonaiskulutuksesta ja kasvihuonepäästöjä kertyy 35%. Asumisen kasvihuonepäästöt koostuvat valtaosin lämmityksestä, viidennes menee vedenlämmitykseen ja kolmannes valaistukseen sekä sähkönkulutukseen (Ympäristöministeriö 2016). Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat vuonna 2015 55,7 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Laskua vuoteen 2014 oli noin 6% ja vuoteen 1990 se oli 22% (Tilastokeskus 2016).

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN VERTAILU

Lämmitysjärjestelmää päivittäessä, tai nykyisen vaihtamista uuteen kannattaa valintaperusteita miettiä tarkkaan, koska järjestelmien tyypillinen elinikä on 10-30 vuotta. Yleisimmät järjestelmän valintaan vaikuttavat perusteet ovat polttoaineen hinta (tulevaisuuden hintakehitys), helppohoitoisuus (varmatoimisuus), käyttökustannukset, investointikustannukset, tilantarve ja ekologisuus (hiilidioksi- ja pienhiukkaspäästöt) (Ympäristöministeriö 2016). Suomessa asuinrakennusten lämmityksen energialähteet jakoutuivat vuonna 2014 niin, että järjestys eniten käytetyimmistä vähiten käytetyimpään oli kaukolämpö, puu, sähkö, lämpöpumppuenergia, kevyt polttoöljy ja muut (maakaasu, raskaspolttoöljy, hiili ja turve) (Taulukko 1). Yhteensä lämmitykseen käytettiin vuonna 2014 56 TWh (Tilastokeskus 2014).

Taulukko 1. Asumisen energiankulutus energialähteittäin vuonna 2014 (Tilastokeskus 2014).



4.1 Kaukolämpö

Kaukolämmitys on taajamien lämmitysmuoto ja tällä hetkellä se onkin käytetyin lämmitysmuoto palvelu- ja asuinrakennuksissa. Se kattaakin 46,3% kokonaiskäytöstä (Energia.fi 2015). Kaukolämpöä

tuotetaan lämpö- tai voimalaitoksissa, mistä se johdetaan asiakkaan lämmönjakokeskukseen kaukolämpöverkostoa pitkin. Polttoaineena lämpölaitokset vuonna 2015 käyttivät eniten puuta (pelletti, muu bio), jonka osuus oli 32,5% (kts. taulukko 2, Energia.fi 2015).

Taulukko 2. Kaukolämpö ja sen tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2015 (Energia vuosi 2015).



Kaukolämmitys on vaivaton ja vähän tilaa vievä lämmitysmuoto, koska silloin ei tarvita erillistä lämminvesivaraajaa. Lämminkäyttövesi ja lämmitysvesi saadaan lämmönsiirtimen kautta. Rakennuksen lämmönjakojärjestelmänä käytetään yleensä vesikiertoista patteri- tai lattialämmitystä. Harvinaisempaan lämmönsiirtojärjestelmänä voidaan käyttää myös ilma- tai ilmanvaihtolämmitystä (Energia.fi 2015).

Kaukolämpöön siirrytään useasti, kun päivitetään vanhaa öljy- tai puulämmitteistä kattilaa uuteen. Kaukolämmityksen kustannukset muodostuvat yleensä perusosasta, liittymismaksusta ja energiamaksusta. Kaukolämmityksen energiamaksu ja tehomaksu ovat kasvaneet noin puolella koko Suomessa kymmenen viime vuoden aikana. Energiateollisuus ry on koonnut eri alueiden palveluntarjoajien hinnastoja vuodesta 2005 lähtien. Tarkastelen Varkauden aluelämpö Oy:n hintakehitystä yhden asunnon omakotitaloissa, jonka tilavuus on alle 500m³ ja vuosikulutus alle 18MWh. Vuoden 2006 tammikuussa Varkauden aluelämmön energiamaksu on ollut 37,22€/MWh ja tehomaksu 10,16€/MWh. Hinnat ovat muuttuneet 2016 tammikuuhun niin, että energiamaksu on 62,64 €/MWh:lta ja tehomaksu on 19,29 €/MWh:lta (Energiateollisuus ry 2006, Energiateollisuus ry 2016). Nousua vuodesta 2006 on ollut $100 \cdot (81,93 - 47,38) / 47,38 = 72,92\%$

4.2 Lämpöpumput

Lämpöpumput ovat tällä hetkellä ylivoimaisesti suosituin lämmitysmuoto uusissa pientaloissa. Tällä hetkellä erilaisia lämpöpumppuja on Suomessa noin 730 000 kappaletta ja vuosittainen kasvutahti

on ollut noin 60 000 kappaletta (Suomen lämpöpumppuyhdistys 2015). Lämpöpumppujen suosio johtuu pitkälti energianhintojen jatkuvasta kallistumisesta. Sähkön hinta on noussut viimeisen kymmenvuoden aikana noin 43%, kaukolämpö on kallistunut 72,92% ja kevyt polttoöljy on kallistunut noin 5%. Kevyen polttoöljyn hinnan heittelyt ovat suuria ja niihin vaikuttaa maailman tilanne. Kalteimmillaan ollessa, se oli noussut vuoden 2006 hinnasta 90% (Öljy- ja biopolttoaineala ry 2016). Kyseiset prosentuaaliset hinnan nousut on laskettu kuluttajahinnoista. Lämpöpumppujen suurin kustannuksellinen hyöty tulee siitä, että sen käyttökustannukset ovat sidottu ainoastaan sähköhintaan, jonka kasvu on maltillisinta ja energiatehokkuus suoraan sähkölämmitykseen verrattuna suuri. Tämä johtuu siitä, että lämpöpumppu tuottaa enemmän energiaa kuin käyttää. Lämpöpumppuvalmistajat ilmoittavat tämän COP arvona (Coefficient Of Performance), joka kertoo montako kWh:a lämpöpumppu tuottaa käytettyyn 1 kWh:n verrattuna. Esimerkiksi jos lämpöpumpun COP on 3, niin tämä tarkoittaa, että se tuottaa käytettyä 1 kWh sähköenergiaa kohti 3 kWh:a lämpöenergiaa. Nämä ilmoitetut COP arvot ovat kuitenkin optimaalisissa olosuhteissa saatuja arvoja, joten todelliset käyttösuhteet voivat heitellä suuresti (Motiva 2016).

Lämpöpumput jakautuvat neljään ryhmään, joita ovat maalämpöpumput (MLP), ulkoilma-vesilämpöpumput (UVLP), ulkoilma-ilmalämpöpumput (ILP) ja poistoilmalämpöpumppu (PILP). Eniten näistä asennetaan ulkoilma-ilmalämpöpumppuja, jotka tulevat päälämpöjärjestelmän rinnalle. Vuonna 2015 rakennettiin noin 6000 uutta pientaloa ja niistä noin 3000 varustettiin maalämmöllä ja yhteensä maalämpöpumppuja asennettiin 9000 kappaletta (Suomen lämpöpumppuyhdistys 2016).

Maalämmössä hyödynnetään geoenergiaa, joka on varastoitunutta auringon lämpöenergiaa. Energia on varastoitunut veteen, peruskallioon tai maaperän pintakerrokseen. Järjestelmän hankinta on kallista ja asentaminen suuritöinen verraten muihin lämpöpumppujärjestelmiin. Maalämpö on käyttökustannuksillaan edullisin lämmitysmuoto ja voidaan käyttää ainoana lämmönlähteenä (Motiva 2015).

Ilmalämpöpumppu on täydentävä lämmitysjärjestelmä ja samalla käytetyin Suomessa (yli 500 000 talossa). Se lämmittää huoneilmaa ottamalla lämpöä ulkoilmasta. Ilma-ilmalämpöpumppu on täydentävä lämmitysjärjestelmä ja vaatii rinnalleen täysteho mitoitettun päälämmitysjärjestelmän. Ilmalämpöpumpun hankinta ja asentaminen ovat edullisia suhteessa muihin lämpöpumppuihin. ILP-pumppuja käytetään suurissa määrin sähkölämmitteisissä taloissa, mutta ovat yleistyneet muissakin johtuen jäähdytysominaisuudesta. Pumpun hankinta kannattaa suunnitella asiantuntijan kanssa, että ei vahingossa osta yli- tai alimitoitettua ilmalämpöpumppua (Motiva 2016).

Poistoilmalämpöpumppu tuottaa lämmintä vettä käyttövedeksi ja lämmitykseen. Lämmönlähteenä PILP käyttää rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmaa ja sillä voidaan saavuttaa 40% ostoenergian säästö. Poistoilmalämpöpumppujen investointikustannukset ovat suurehkot. Useimmiten pientaloon investointikustannukset ovat noin 6000-13000 euroa (Motiva 2016). Ilma-vesilämpöpumput ovat lämpöpumppuperheen uusinta tekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu. Se ottaa ulkoilmasta lämpöä ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysverkkoon. UVLP tarvitsee rinnalleen varalämmitysjärjestelmän, koska kovimmilla pakkasilla se tuottaa niin vähän energiaa, että se ei riitä rakennuksen lämmittämiseen. Varalämmitysjärjestelmänä käytetään yleensä ULVP:n omia sähövästuksia. Ilma-

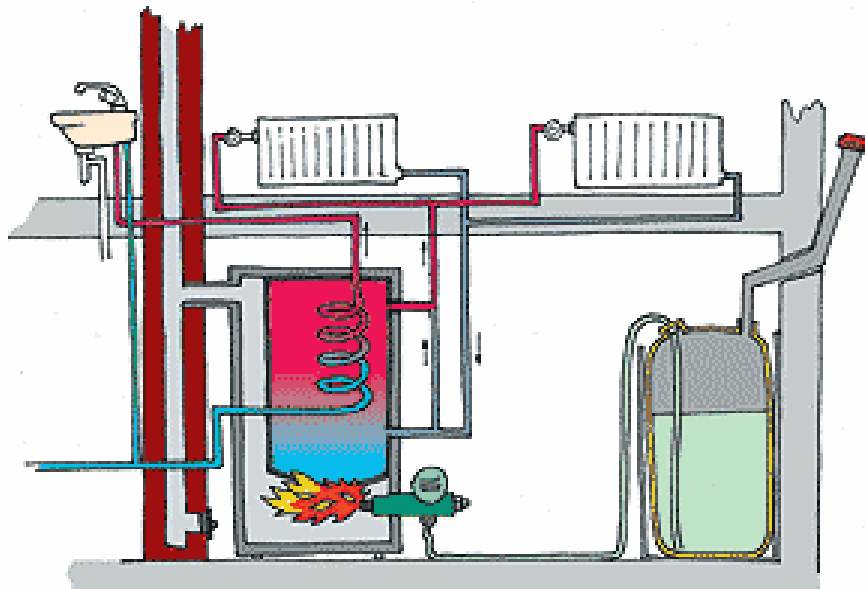
vesilämpöpumpun hankinta hinta vaihtee 7000- 14000 euron välillä. Se on vähemmän kuin maalämpöpumpun hankintahinta ja se antaa vähemmän energiaa vuositasolla (COP 1,4-2,7). ULVP lämmön tuotanto rajoittuu yleensä +50 celsiusasteeseen ja näin ollen ei riitä itsenäisesti rakennuksen käyttöveden ja tilojen lämmitykseen (Motiva 2016).

Lämpöpumppujen vuosittaiset energiakulutuskustannukset riippuvat sähkön hinnasta. Sähköhinnan kehitys viimeisen kymmenenvuoden aikana on ollut 42,83 prosenttia ja se on laskettu energiaviraston ilmoittamilla sähkön energia- ja siirtohintojen muutoksien mukaan (Energiavirasto.fi 2016).

4.3 Öljylämmitys

Öljylämmitys on neljänneksi käytetyin asuinrakennusten lämmitysmuoto. Vuonna 2005 öljylämmitteisiä pientaloja oli 250 000 ja nykyinen arvio on noin 190 000 (Oil.fi 2016). Suurimpia syitä öljylämmityksen vähenemiseen on ollut öljyn hinnan suuri vaihtelevuus. Öljylämmitysjärjestelmien hyötysuhteet ovat huomattavasti parantuneet vuosikymmenien aikana. 1990-luvun alkupuolella valmistetuissa öljylämmitteisten kattiloiden hyötysuhde on ollut 80% luokkaa ja vielä vanhempien 70% luokkaa (Asuntotieto.com (s.a)). Vaihtamalla vanha öljylämmitysjärjestelmä uuteen ja asentamalla rinnalle tukilämmitysjärjestelmän esimerkiksi aurinkolämmön, voi öljynkulutus laskea jopa 80%. Nykyaikaisten öljylämmityskattiloiden hyötysuhde on 90-95% ja liittämällä aurinkolämpöjärjestelmän, voidaan aurinkolämmöllä tuottaa 25-35% lämmön kokonaistarpeesta (Energiakorjaus.info 2013).

Öljylämmitysjärjestelmä koostuu viidestä pääosasta, joita ovat öljysäiliö (käyttöikäarvio 20-50 vuotta), öljypoltin (15 vuotta), lämmityskattila (25-30 vuotta), savuhormi (30-50 vuotta) ja säätölaitteet. Öljylämmitysjärjestelmässä voidaan käyttää myös erillistä lämminvesivaraajaa, jota varataan lämmityskattilalla. Taloissa, joissa on öljylämmitysjärjestelmä (kuva 1), on vesikeskuslämmitys. Lämmitysprosessi tapahtuu siten, että lämmityskattilan vesitilassa olevaa kattilavettä lämmitetään öljypolttimella haluttuun lämpötilaan, joka tyypillisesti on 70-80 °C. Kattilavesi kiertää lämmitysverkostoa pitkin lämmittäen asunnon ja sitä käytetään myös lämpimän käyttöveden lämmitykseen lämmönsiirtimen välityksellä. Lämmitysverkostossa kiertävän kattilaveden lämpötilaa säädetään sekoittamalla siihen lämmitysverkoston paluuvettä niin, että haluttu lämpötila saavutetaan (Motiva 2016).



Kuva 1. Öljylämmityksen vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. (Huhta 2007, 10.)

Öljyjärjestelmien huoltaminen tapahtuu huoltosuunnitelman mukaisesti. Yleensä öljypoltin huolletaan kerran vuodessa ja samalla vaihdetaan suutin. Öljysäiliö olisi hyvä puhdistaa 5-10 vuoden välein. Jotta siis järjestelmä toimisi energiatehokkaasti, tulisi seurata säätö- ja mittalaitteiden oikeaa toimintaa, sekä kattilaveden ja savukaasujen oikeaa lämpötilaa. Jos lämpötilan nousu on 20-30 astetta, kattila tulisi nuohota. Käyttöveden ja lämmitysverkoston lämpötilan tulisi pysyä asetusarvossa, ja savupiipusta tulla valkoista savua (Motiva 2016).

Lämmitysöljyn hinnanvaihtelu kymmenen viime vuoden aikana on ollut suurta. Korkeimmillaan kevytpolttoöljy on maksanut verollisena 117,9 senttiä/litra (Kuluttajahintaseuranta 8/2012). Viimeisin ilmoitettu kuluttajahinta on 77,7 senttiä/litra (6/2016) ja tasan kymmenen vuotta sitten litra on maksanut 62,3 senttiä. Öljyn hinnannousua ei voida kuitenkaan arvioida edellisen tai viimeisen kymmenenvuoden perusteella. Hinnan heitellyt voivat olla vuosittain erittäin suuria ja tähän vaikuttaa merkittävästi suurien öljytoimittajamaiden sisäpoliittinen tilanne. Kymmenen viime vuoden aikana isoin heittäly on tapahtunut vuosina 2010-2011, jolloin polttoöljyn hinta nousi vuoden keskiarvoisesta litrahinnasta 77,7 senttiä/litra jopa 106,9 senttiin/litra. Nousua tässä tapauksessa oli noin 37,6%. Nykyaikaisen öljylämmitysjärjestelmän vuosikulutus 2500 litraa, jolloin kavua edellisvuoteen verrattuna oli 730€. Kymmenen vuoden keskimääräinen kevyenpolttoöljyn hinnan nousu on ollut noin 3,7% (Oil.fi 2016, liite 2).

4.4 Lämmitysjärjestelmän vuosittaiset kustannukset

Vertailemalla neljää käytetyintä lämmitysjärjestelmää ja niiden käyttökustannuksien muutosta viimeisten kymmenen vuoden ajalta, voidaan karkeasti ennakoita seuraavan kymmenen vuoden hintamuutosta. Oikeanlaisen öljyn hinnan tuloksen saamiseksi, pitäisi pystyä tarkemmin arvioimaan nykyiset öljyvarannot ja niiden hupeneminen. Arvioidut kustannukset eivät pidä sisällään järjestelmän investointikustannuksia, vaan perustuvat pelkästään lämmityksenkulutukseen.

Taulukko 3. Vertailtavat asunnot ovat 150m² yksikerroksisia omakotitaloja ja ovat rakennettu vuonna 1960.

	Lämmityskustannukset 2016 (€/a)	Lämmityskustannukset vuonna 2026 (€/a)	
Maalämpö	1363	1987	+45,8%
Kaukolämpö	2621	4937	+88,4%
Sähkölämmitys	3623	5282	+45,8%
Öljy	2720	3772	+38,7%

Tutkimalla (taulukko 3) tuloksia huomataan, että kaukolämmön hintakehitys on ylivoimaisesti suurin. Tekniikan kehittyessä lämmitysjärjestelmien hinnat tulevat alaspäin ja hyötysuhteet kasvavat, mutta lämmitysenergiankulutus pysyy pitkälti samana. Laitteiden investointikustannukset vaikuttavat kuitenkin paljon lämmitysjärjestelmän valintaan. Tällöin tulisikin kiinnittää huomiota lämmityshintojen kehitykseen ja riippuvuuteen tuottajasta. Esimerkiksi rakennuksen päälämmitysjärjestelmänä maalämpö kuluttaa noin kolmanneksen sähköä tuotettua lämpöenergiaa kohden. Maalämmön rinnalle voi rakentaa aurinkosähköjärjestelmä, jolla saadaan pudotettua vielä ulkopuolisen sähkön hankintamäärää. Tällä tavoin hinnan muutokset eivät vaikuta kokonaisvaltaisesti lämmityskustannuksiin.

5 KIINTEISTÖN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Ympäristöministeriön rakennetun ympäristön osaston yliohtaja Helena Säteri sanoo: "Ehjää ja toimivaa ei tarvitse, eikä kannata korjata. Energiatehokas rakennus kuluttaa kuitenkin vähemmän, joten kiinteistön omistajan on järkevää arvioida, mitkä ovat rakennusten korjausten yhteydessä parhaat keinot parantaa energiategokkuutta" (Ympäristöministeriö, tiedote 27.2.2013). Korjausrakentamisessa kiinteistön omistajan tulee tutkia tehtävän investoinnin hyödyt tarkoin ennen korjaustoimen aloittamista. Hänen tulisikin pohtia se, että saavutetaanko remontissa riittävä kustannushyöty, asuinmukavuuden paraneminen vai kenties imagollinen hyöty.

Kiinteistön parempaa energiategokkuutta tavoiteltaessa, yleisimpiä korjauskohteita ovat lämmitysjärjestelmän tehottomien osa-alueiden päivittäminen, uuteen taloudellisempaan järjestelmään vaihtaminen, vanhan järjestelmän rinnalle lisäjärjestelmän asentaminen, ulkoseinien sekä ylä- ja alapohjan lisäeristäminen, lämmitysverkoston toiminnantarkastaminen ja perussäätö. Lisäksi korjausrakentamisen kohteisiin kuuluu ovien ja ikkunoiden kunnon/vaihdon tarpeen arviointi, lämmön talteenotto, ilmanvaihdon toimivuuden tarkastaminen, sekä vedenkulutuksen ja sähkölaitteiden käytön vähentäminen lisälaitteilla ja käyttötottumuksien muuttamisella.

Suomen valtion omistama asiantuntijayritys Motiva on listannut esimerkkejä siitä, että paljonko korjaustoimenpiteistä arvioitu energiansäästö olisi (taulukko 4).

Taulukko 4. Esimerkkejä korjaustoimenpiteistä ja arvioituja säästöjä (Motiva s.a)

Toimenpide	Arvioitu energiansäästö
Ikkunoiden vahto/lisälasi	10-15%
Lämmitys- ja ilmanvaihdonjärjestelmän säätö	10-20%
Lämmön talteenotto	15%
Lisäeristäminen (seinät ja katto)	15-20%
Lämmönjakokeskuksen kattilan uusiminen	10-20%
Sähkölämmityksen vaihtaminen maalämpöön	50-65%
Ilmalämpöpumpun asennus sähkölämmityksen rinnalle avustamaan huonekohtaista lämmitystä	25%
Vedenkulutuksen vähentäminen	10%

5.1 Energiatodistus ja rakennuksen energiankulutuksen laskeminen

Energiatehokkuustodistuksilla pyritään lisäämään rakennuksien energiatehokkuutta ja uusiutuvan energian käyttöä. Vuonna 2013 Suomessa tuli voimaan energiatodistuslaki ja asetukset, jonka pohjana toimii vuonna 2010 uusittu energiatehokkuusdirektiivi. Energiatodistusluokitus (taulukko 5) perustuu lainsäädäntöuudistuksen mukaan laskennalliseen kokonaisenergiatarkasteluun. Uudistuneessa todistuksessa ilmoitetaan toteutunut ostoenergiankulutus, jos tiedot ovat saatavilla (Motiva 2016).

Energiatodistusopas pitää sisällään rakennuksen energiatodistuksen ja kokonaisenergiakulutuksen määrittämisen. Se on uudistettu 1.7.2016 ja uudistuksen on laatinut ympäristöministeriöstä Maarit Haakana (Ympäristöneuvos 2016). Opas on päivitys aikaisemmasta oppaasta, joka on vuodelta 2013.

Energiatodistusta laadittaessa tulee käydä läpi seuraavat osa-alueet. Rakennusosien ja teknisten järjestelmien kunto sekä energiansäästömahdollisuudet, jonka avulla energiatehokkuutta voidaan parantaa kustannustehokkaasti niin, että samalla ei huononnetta sisäilman laatua. Tarkastus tehdään huomioimalla rakennuksen asiakirjoja, havainnoimalla kohdetta ja tarvittaessa asukkaita haastatella. Tarkastus on kohdistettava seuraaviin rakennuksen osiin ja järjestelmiin: rakenteiden ulkoseinät, yläpohja, alapohja, ulko-ovet ja ikkunat, lämmitysjärjestelmä, käyttöveden lämmitysjärjestelmä, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmä, valaistus, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät, joilla on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen (Motiva 2016).

Taulukko 5. Energiatehokkuusluokat (Motiva 2016).

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-Luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 75
B	76 ≤ E-luku ≤ 100
C	101 ≤ E-luku ≤ 130
D	131 ≤ E-luku ≤ 160
E	161 ≤ E-luku ≤ 190
F	191 ≤ E-luku ≤ 240
G	241 ≤ E-luku

Rakennusta (tai sen osaa) myytessä tai vuokrattaessa laki edellyttää myyjän tai vuokranantajan esittämään voimassa olevan rakennuksen energiatodistuksen. Energiatodistus koskee kaikkia vakituisia asuinrakennuksia, joiden pinta-ala on yli 50m². Vuonna 2016 voimaan tullessa uudistuksessa energiatodistuksen piiriin tuli myös kaikki yli 50m² suuremmat varistorakennukset ja erilliset moottoriajoneuvosuojat. Loma-asumiseen tarkoitettuun rakennukseen ei tarvitse hankkia energiatodistusta, ellei tätä käytetä majoituselinkeinoon harjoittamiseen (Motiva 2016).

Energiatodistuksen kevennetyä menetelmää voidaan käyttää rakennuksissa, kiinteistöissä tai enintään kaksi asuinhuoneistoa käsittävässä asuinrakennuksessa, jos myyntihinta on alle 50000 euroa, vuokra on alle 350 euroa kuukaudessa, tai vuokrattaessa/myytessä asuntoa lähisukulaiselle. Lisäksi kevennetyä menetelmää voidaan käyttää silloin, jos myytävää tai vuokrattavaa kohdetta ei esitellä julkisesti, eikä se ole myöskään julkisesti esillä olevassa ilmoituksessa (Motiva 2016).

5.2 Rakennuksen energiankulutuksen laskeminen E-luku

Rakennuksen energiankulutus (Rak_{ek}) tarkoittaa rakennuksen vuotuista sähkölaitteisiin, lämmitykseen ja jäähdytykseen kulutettua energiamäärää. Tuloksena saadaan kiinteistön energialuku, joka on osa energiatodistusta. Laskennassa ei oteta huomioon kiinteistökohtaisia ja kiinteistön ulkopuolisia energiatuotannon häviöitä.

Kaavassa 1 käytetään Ympäristöministeriön rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennassa (6/13) antamia merkien määritelmiä. Kyseiset merkit ja lyhenteet voivat tarkoittaa toisissa laskentakaavoissa eri asioita (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012).

Rakennuksen energiankulutus, kWh/(m²a)

$$Rak_{ek} = \frac{(Q_{\text{lämmitys, tilat}} + Q_{\text{lämmitys, iv}} + Q_{\text{lämmitys, lkv}} + Q_{\text{jk}} + W_{\text{tilat}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{lkv, pumppu}} + W_{\text{jäähd, apu}} + W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}})}{A_{\text{netto}}}$$

(Kaava 1)

R_{Ek}	rakennuksen energiankulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, iv}}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
Q_{jk}	Jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
W_{tilat}	Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus kWh/a
$W_{\text{lkv, pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{jäähd, apu}}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a
$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

5.3 Lämmitysverkon toiminta ja säätö

Lämmitysverkon oikeanlaiseen toimintaan vaikuttavat järjestelmän ja laitteiden kunto, sekä oikein mitoitettut säädöt. Lämmitysverkolle tehtäviä korjaustoimenpiteitä on patterien toimivuuden ja kunnan tarkastaminen, lämmitysverkoston säätö, järjestelmän paine, säätökäyrän asetukset ja patteriverkoston ilmaaminen. Oikeanlaisella verkotoimivuudella saavutetaan säästöjä lämmityskustannuksissa ja lisätään asuinviihtyvyyttä. Motiva (2016) arvioi, että oikein tehty perussäätö voi tiputtaa energiankulutusta 10-15%. Pelkästään jo yhden asteen lämpötilan pudotus voi keskimäärin laskea 5% lämmityskustannuksista (Motiva 2016).

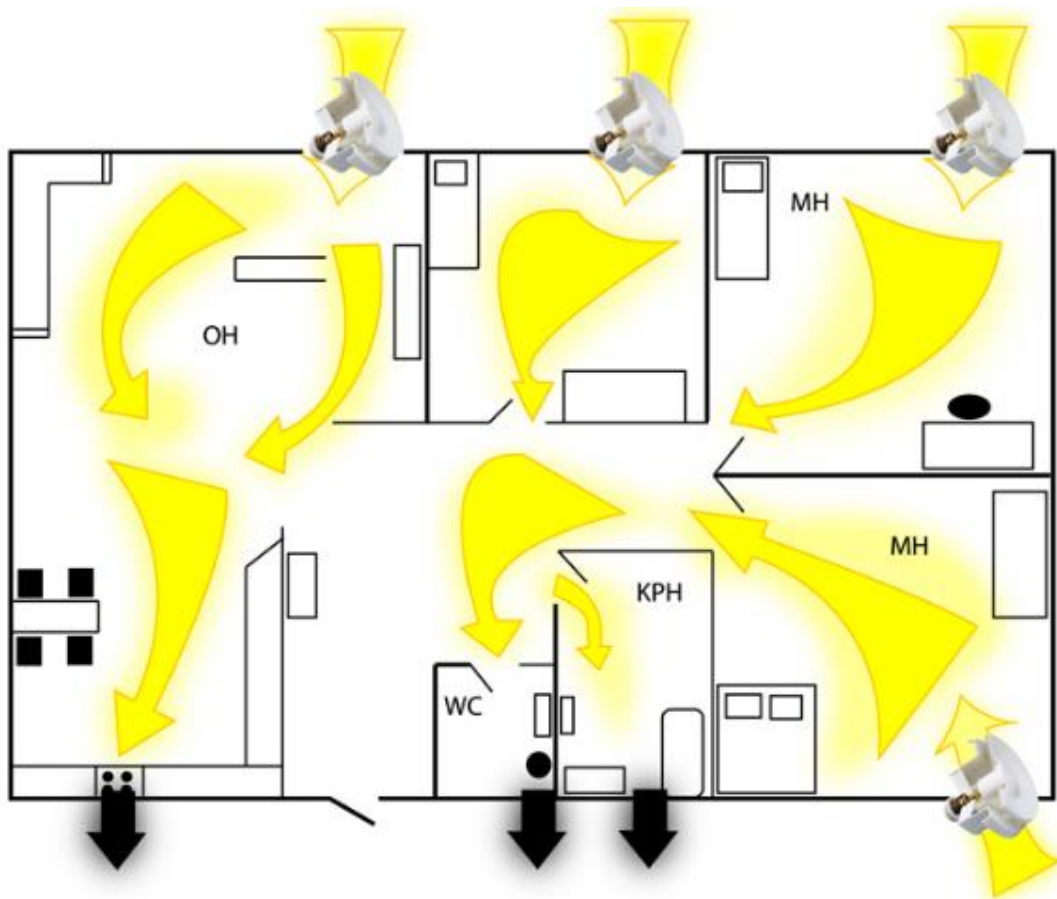
Pattereiden kunnan arviointi tehdään yleensä pintapuoleisesti. Tarkastelussa huomioon otettavia asioita on patterien tasainen lämpeneminen. Patterin yläosan tulee olla tasaisesti lämmin leveysuunnassa ja lämmön laskea patterin alaosaan kohti. Liian kuumat tai kylmät patterit viestivät viallisestä termostaatista tai toimimattomasta venttiilistä. Jos pattereista kuuluu lorinaa tai ne lämpenevät epätasaisesti, syynä tähän voi olla ilmajärjestelmässä. Patterit tulisi aina sijoittaa ikkunoiden alle, jolloin lämpö leviää tasaisesti rakennukseen.

Lämmitysverkon tasapainon tarkastaminen tulee tehdä, kun kiinteistöön tehdään energiatehokkuutta parantavia muutoksia. Näitä ovat rakenteelliset muutokset, esimerkiksi lisäeristäminen sekä julkisivun tai katon korjaukset. Myös lämmönsiirtimien vaihdon yhteydessä tulisi suorittaa perussäätö (Motiva 2016).

5.4 Korvausilmaventtiilit

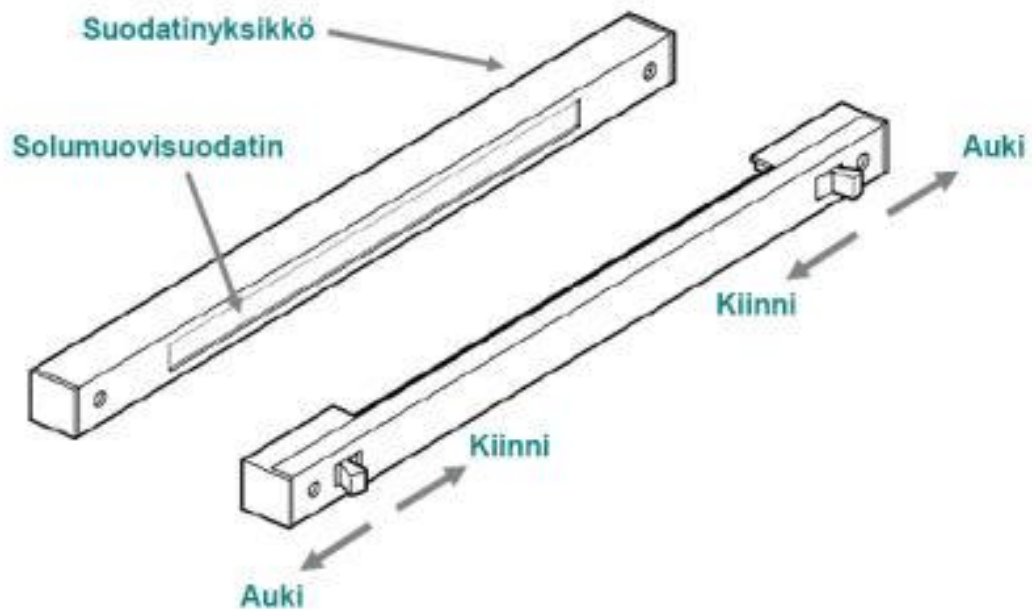
Korvausilmaventtiilien mitoituksen voi tehdä asunnon koon mukaan 0,35 l/s/m², tai henkilömäärän mukaan 6 l/s/hlö (Rakennuksen ilmanvaihto-ohjeet 2010.) Venttiilien asennus tulisi suorittaa mahdollisimman korkealle, jotta kylmä tuloilma kerkeää lämmitä ennen oleskelukorkeudelle laskeutu-

mista (Terveysilma.fi 2016). Korvausilmaventtiileitä ei saa asentaa tiloihin, joissa on poistoilmaventtiilit (kuva 2). Venttiilien asennuksessa on otettava huomioon se, että korvausilmaventtiiliä kahdeksan metrin säteellä ei saa olla ulkoilman laatua pilaavia lähteitä. Näitä ovat esimerkiksi jätteiden säilytys ja autojen pysäköintipaikat (Finlex, 1921 D2s.).



Kuva 2. Venttiilien sijoittaminen (Terveysilma.fi 2016).

Tyypillisiä asunnoissa käytettäviä korvausilmaventtiileitä ovat ulkoseinissä sijaitsevat korvausilmaventtiilit, puisessa tuuletusluukussa olevat venttiilit ja ikkunakarmien yläreunassa olevat pitkänmalliset karmiventtiilit (kuva 3). Näitä edellämainittuja kutsutaan painovoimaiseksi ilmanvaihdoksi. Yleinen epäpuhtauksien erottelukyky on noin 80%. Toinen vaihtoehto on sisäseinässä tai katossa sijaitseva venttiili. Näissä tapauksissa kyseessä on koneellinen ilmanvaihto (Terveysilma.fi 2016).



Kuva 3. Biobe VS-korvausilmaventtiili (Biobe.fi 2016)

Poistoilmanvaihto perustuu paine-eroihin, jossa ilma virtaa isommasta paineesta pienempään. Tilanteissa, jossa korvausilmaventtiileitä ei ole lainkaan, huoneiden korvausilma tulee asuntoon vuotoaukoista. Näitä ovat esimerkiksi lattianraot, ikkunan kehykset ja ulko-ovet. Pahimmassa tapauksessa korvausilma kulkee väärinpäin poistoilmakanavaa pitkin, jolloin naapurin ruoantuoksu ja esimerkiksi tupakanhaju tulevat sisälle (Terveysilma.fi 2016).

Ihminen tarvitsee ulkoilmavirtaa noin neljä litraa sekunnissa, jotta aineenvaihdunnan tuottama hiilidioksidipitoisuus ei nousisi terveydensuojalain raja-arvoa 2700 mg/m³ suuremmaksi. Oikeanlainen sisäilma parantaa asumismukavuutta, työtehoa, nukkumista, vireystilaa ja vähentää huonosta sisäilmasta johtuvia sairauksia (Terveysilma.fi 2016).

5.5 Seinien ja yläpohjan lisäeristäminen

Oikeanlainen eristäminen laskee kiinteistön lämmityskustannuksia, mutta vanhaa rakennusta ei aina kannata lisäeristää. Lisäeristäminen tai vanhan eristeen vaihto kokonaan uuteen ei aina tarkoita pienempiä lämmityskustannuksia. Tilanteissa, joissa eristäminen toteutetaan väärin, haitat voivat olla suurempia kuin hyödyt. Oikeaoppisessa eristämisessä pitää asennuksessa ottaa huomioon se, että kastepistettä ei pääse syntymään eikä rakenteisiin tiivistymään kosteutta. Tämän vuoksi eristämisen suunnittelu suositellaan toteutettavan ammattilaisen kanssa, joka omaa tarpeelliset tiedot rakennusfysiikasta. Eristeitä ei myöskään saa asentaa liian tiukalle tai väljälle, jotta saavutetaan valmistajan ilmoittamat läpäisykertoimet. Lähtökohtana on sisäpinnan höyrytiiveys, rakenteen harveneminen ulospäin, hyvä ilmanpitävyys ja riittävä tuuletus (Energiavarma.fi 2014, Ymparisto.fi 2016).

Yleisimpiä rakennuksen eristyksen korjaustapoja on seinien ja yläpohjan eristeiden vaihtaminen tai lisääminen. Nämä ovat myös huomattavasti edullisempia ja kustannustehokkaampia, kuin alapohjan eristämisen muuttaminen. Lisäeristämistä suunniteltaessa kannattaa ottaa huomioon rakennuksen tulevat korjaustarpeet ja suorittaa ne samaan aikaan. Seinien lisäeristäminen kannattaa suorittaa ulkokuorauksen korjauksen yhteydessä, ja yläpohjan eristämisen suunnittelu ennen kattoremonttia. Silloin on mahdollisuus korottaa kattoa, jos välitila on liian matala ja suositeltavan lämmönläpäisykertoimen saavuttaminen huonontaisi tuuletusta (Energiakorjaus.info 2013, Ymparisto.fi 2016).

5.5.1 Ulkoseinän lisäeristäminen

Seinien lisäeristäminen voidaan suorittaa kahdella tavalla. Suositeltavaa on suorittaa lisäeristäminen rakennuksen ulkopuolelle. Tämä voidaan suorittaa vanhan eristeen poistamisella ja korvaamisella uudella, tai lisäämällä vanhan eristeen lisäksi uusi kerros esimerkiksi levyvillaa. Rakennussäädöksissä vaatimuksen mukainen eristepaksuus ulkoseinässä mineraalivillaa käytettäessä on 150-200mm. (Suomirakentaa.fi 2013.) Rakennusmääräyskokoelmassa ilmoitetaan lähtökohtaiset lämmönläpäisykertoimet (taulukko 6).

Talulukko 6. Vaatimukset rakennuksen vaippaosien lämmönläpäisykertoimille (Ympäristöministeriö 2010)

Vaatimukset rakennuksen vaippaosien lämmönläpäisykertoimille	W/m ² K
Seinä	0,17
Hirsiseinä (keskimääräinen paksuus vähintään 180mm)	0,40
Yläpohja	0,09
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16
Ikkuna, ovi, kattoikkuna	1,0

Jos ulkopuolinen lisäeristäminen ei ole mahdollista, voidaan eristäminen suorittaa rakennuksen sisältä. Tällaisiin kohteisiin voidaan käyttää esimerkiksi polyuretaanilevyä. Ne soveltuvat seinien ja kattojen sisäpuoliseen eristämiseen. Polyuretaanilevyä saa myös levypintaisena, jolloin vältetään eristeen pinnan levyttämistä (Suomirakentaa.fi 2013).

Rakennuksissa, joissa seinien lisälämmöneristäminen ei ole ajankohtaista tai muuten kustannustehokasta, voidaan asumisviihtyvyyttä kuitenkin parantaa. Tällaisia korjaustoimenpiteitä on seinien liittymärakenteiden ja ikkunoiden tiivistäminen. Taulukossa 7 on ilmoitettu tarvittavat eristepaksuudet, jotta saavutettaisiin U-arvo 0,17 (W/m²K) (Suomirakentaa.fi 2013).

Talulukko 7. Ulkoseinän lämmöneristeen lisästarve nykytason saavuttamiseksi (Energiakorjaus.info 2013).

PIENTALON ULKOSEINÄN LÄMMÖNERISTEEN LISÄSTARVE NYKYTASON SAAVUTTAMISEKSI		
	Lämmön- läpäisevyysarvot (W/m ² K)	Tyypillinen lisäläm- mönneristeen pak- suus (mm) U-arvolle ≤ 0,17 (W/m ² K) *
1940-luku	0,65	175
1950-luku	0,52	150
1962	0,47	150
1969	0,41	125
1974	0,41	125
1979	0,29	100
1985	0,28	100
2003	0,25	75
2008	0,24	75
2010	0,17	-
2010 (passiivitalo)	0,09	-
* materiaalin λ-arvo (lämmönjohtavuus) 0,035 W/mK		

5.5.2 Yläpohjan lisäeristäminen

Yläpohjan kautta poistuu jopa 20% lämmitysenergiasta ja lisäeristämällä voidaan saavuttaa takaisinmaksuaika jopa 2-3 vuodessa. Tämä on myös helpompaa kuin muiden rakenteiden lisälämmönneristäminen. Yläpohjan eristäminen voidaan toteuttaa joko lisälämmönneristämällä, tai vaihtamalla vanha eriste kokonaan uuteen. Lisäeristettäessä tulisi kuitenkin rakenteiden kunto tarkastaa. Jos vaurioita ilmenee, tulisi suunnittelu ja korjaus tehdä ammattilaisen kanssa. Yläpohjan tiiviys pitää tarkistaa aina ennen lisäeristämistä. Lievät vuodot voidaan tiivistää paikallisesti, mutta suurien vuotojen ilmetessä täytyy koko yläpohjan höyrusulku uusua. Tilanteissa joissa korjausta ei tarvita, mutta eristystä lisätään, voidaan lisääminen toteuttaa vanhan eristyksen päälle. Tällöin tulee kuitenkin huomioida, että samalla ei tukita tuuletusrakojia. Vanhasta eristeestä tulee kuitenkin poistaa pintakerros ja tummat kohdat. Uuden eristeen tulee myös olla harvempaa, kuin vanhan eristeen. Tällä tavoin vältetään kosteuden kerääntymisellä uuden eristeen pohjaan (Energiakorjaus.info 2013).

Vanhan lämmönneristeen poistaminen ja vaihtaminen uuteen on yleistä rakennuksissa, joissa ei voida lisätä ylä- tai alapuolelle eristettä. Tällä tavoin vältetään myös mahdollisilta sisäilmaongelmilta, jos vanha eriste on päässyt aikanaan kastumaan ja siihen on syntynyt mikrobikasvustoa. Myös höyrusulun ja rakenteiden tarkastaminen onnistuu tällöin helpommin (Energiakorjaus.info 2013).

Yläpohjan lisäeristämisen vaatimukset vuodelta 2012 ovat listattuna taulukossa kahdeksan.

Taulukko 8. Yläpohjan lämmönneristeen lisästarve nykytason saavuttamiseksi (Energiakorjaus.info 2013)

Vuosi tai vuosikymmen, jolloin talon yläpohja on eristetty.	Lämmön- läpäise- vyysarvo (U-arvo) [W/m ² K]	Tyypillinen lisäläm- mönneristeen paksuus, jotta päästään U-arvoon 0,09 (W/m ² K). Eristeen lämmönjohtavuus on 0,035 (W/mK) .[mm]
1940-luku	0,35	300
1950-luku	0,35	300
1962	0,41	300
1969	0,35	300
1974	0,35	300
1979	0,23	240
1985	0,22	240
2003	0,16	180
2008	0,15	160
2010	0,09	0
2012	0,09	0
2012 passiivitalo	0,06	

5.5.3 Lämmönvastuksen ja lämmönläpäisykerroimen laskenta

Lämmönläpäisykerroimen eli U-arvon laskenta aloitetaan laskemalla lämmönvastus eli R-arvo (kaava 2). Lämmönvastuksen yksikkö on m²K/W. Mitä suurempi arvo on, sitä tehokkaampi on eriste. Tilanteissa, joissa lasketaan useammasta materiaalista koostuvan rakenneosan R-arvoa, tulee laskennassa huomioida kaikkien sisä- ja ulkopintojen R-arvot (kaava 3).

$$R=d/\lambda \quad (\text{Kaava 2})$$

$$R_{\text{total}}=R_{\text{se}}+R_1+R_2+R_3+R_{\text{si}} \quad (\text{Kaava 3})$$

Lämmönläpäisykerrointa laskiessa tulee ottaa huomioon EN ISO 6946 standardissa esitettävät laskentaan vaikuttavat tiedot. Näitä on esimerkiksi pintavastukset ja tuuletettujen sekä tuulettamattomien ilmakerrosten lämpövastukset. Lämmönläpäisykerroin on lämmönvastusten summan käänteisluku (kaava 4) ja yksikkönä W/m²K.

$$U = \frac{1}{R_{\text{si}}+R_1+R_2+R_3+\dots R_m+R_{\text{se}}} \quad (\text{Kaava 4})$$

R_{se}	Ulkopuolinen pintavastus (liikkuva ilma)
R_{si}	Sisäpuolinen pintavastus (liikkumaton ilma)
R_{total}	Lämmönvastusten summa
R	Lämmönvastus yksikkö
U	Lämmönläpäisykerroin
d	Eristeen paksuus metreinä
λ	Lämmönjohtavuus (W/mK)
m^2	Neliömetri
K	Kelvin
W	Watti

5.6 Rakennuksen lämpökuvaaminen

Lämpökuvaaminen korjausrakentamisessa mahdollistaa vikojen paikantamisen nopeasti ja rikkomatta rakenteita. Kohteen lämpösäteilyyn ja korjauskohteiden paikantamisen lisäksi lämpökuvaamista voidaan käyttää laadun varmistamisessa. Yleisimpiä paikannettavia vikakohtia ovat rakenteiden hallitsemattomat ilmavuodot. Tästä voikin seurata lämmityskustannuksten nousu ja asuinviihtyvyyden lasku (Raklamit.fi (s.a)).

Lämpökuvausksella voidaan tutkia vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän toimivuutta ja paikantaa tukkeumia. Rakenteiden sisälle sijoitettuja lämmitys tai vesiputkia voidaan paikantaa, sekä tarkastaa mahdollisten vuotojen suhteen. Lämpökuvaaminen on erittäin monipuolinen työkalu kunnossapitopuolen, korjausrakentamisen, uudisrakentamisen ja LVIS - puolen töissä (Raklamit.fi (s.a)).

5.7 Lämpökuvauksen raportointi ja sen osavaiheet

Suunniteltaessa rakennuksen lämpökuvaamista, tulee ensimmäiseksi sopia ja suunnitella lämpökuvaamista tarjoavan yrityksen kanssa kuvauksen laajuus, raportoinnin laajuus sekä kuvaustapa. Tämän jälkeen määritellään hoitovastuu piirustusten hankinnasta, rakennusleikkauksista, U-arvojen selvityksestä ja ilmanvaihdon ohjauksesta. Kiinteistön omistajan on siirettävä 24 tuntia ennen kuvausta kalusteet pois seinien läheisyydestä. Kuvauksen laajuudessa on yleensä kolme tasoa, jonka tilaaja määrittelee tarpeidensa mukaan. Ensimmäisessä tasossa rakennus tai sen osa lämpökuvataan ilman laajempaa kirjallista lausuntoa. Toisessa tasossa tarkastetaan koko rakennuksen lämpötekni- nen toiminta ja tehdään kirjallinen raportti. Viimeisessä tasossa tehdään laaja lämpökuvaus, tarkastetaan sisäilmaolosuhteet ja kosteusvauriot. Tarvittaessa tehdään myös muut tarvittavat mittaukset (RT 18-11228).

Raportointi on kaksiosainen, joka muodostuu mittausraportista ja lämpökuvausraportista. Mittausraportti sisältää lämpökuvauksen tulosteineen ja mittaustietoineen. Lämpökuvausraportti sisältää tarkastelut kohteen lämpöteknisestä kokonaisuudesta, korjaus ehdotuksia ja mahdollisia jatkotoimenpi-

teitä korjausluokituksen saavuttamiseksi. Kuvaajan tulee myös kerätä kuvauksen yhteydessä seuraavat suureet tulosten käsittelyä varten: sääolosuhteet, ulkoilman lämpötila, sisäilman lämpötila, tuulen nopeus ja suunta, paine-ero vaipan yli, sisäilman kosteus ja näköhavainnot (RT 18-11228).

6 ASEMAN TIEN KIIINTEISTÖN ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

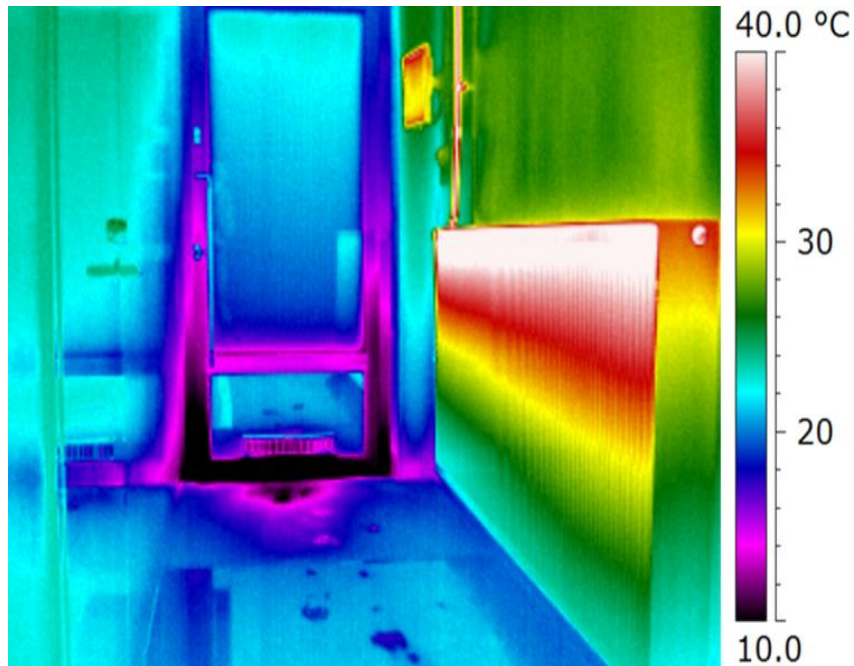
Rakennuksen energiatehokkuuden parantamista suunniteltaessa tulee selvittää kokonaisvaltaisesti rakennukseen liittyvät ongelma-alueet. Monet korjaustoimenpiteet vaikuttavat toisiinsa ja ongelmien syyt ovat seurauksia jostain toisesta ongelmasta. Tällaisia ovat esimerkiksi korkeat lämmitysenergiakustannukset, jotka voivat johtua lämmitysverkon epätasapainosta tai rakenteellisesta vedosta. Korjaustoimenpiteenä ei siis kannata ensimmäiseksi vaihtaa uutta lämmitysjärjestelmää. Energiatehokkuuden parantamisen kohteena toimii Kangaslamilla Asemantiellä sijaitseva vanha kunnantalo (kuva 3). Kiinteistön rakennusvuosi on 1957 ja tehtyjä remonteja on vesi- ja viemäriverkoston saneeraus (1994), lämmitysjärjestelmän vaihto öljylämmityksestä aluelämpöön (2016) ja katon saneeraus (2016).



Kuva 3. Asemantien kiinteistö

6.1 Lämmitysjärjestelmä

Kunnantalon kiinteistölle lämmitysverkon perussäätö on tehty lämmitysjärjestelmän uusinnan yhteydessä 2016. Kiinteistö liittyi Kangaslammin aluelämpöön vuonna 2016 ja lämmönsäätimeksi asennettiin Gebwell Ouman H23 kolmipiirinen pientalosaäädin. Kiinteistön omistaja halusi tarkastuttaa pattereiden oikeanlaisen lämpenemisen ja termostaattien kunnan arvioinnin. Lämmitysverkosto kierrettiin läpi lämpökameralla ja tarkastettiin kaikkien patterien oikeantyyppinen lämpeneminen (kuva 4).



Kuva 4. Oikean tyyppinen lämpeneminen (tammer talotekniikka (s.a))

Pattereiden kuntotarkastuksessa viallisia termostaatteja oli neljä kappaletta, jotka vaihdettiin uusiin. Viidessä patterissa oli alkuperäinen mekaaninen venttiili (kuva 5), jolla säädetään patteriin menevää veden virtausta. Jokainen venttiili oli huonossa kunnossa ja hapettunut. Korjaus vaatisi uuden säätöventtiilin ja termostaatin asennuksen. Jatkotoimenpiteet jäivät asian suhteen kiinteistön omistajan mietittäviksi.



Kuva 5. Hapettunut venttiili

Rakennuksen lämmitysverkkoon kuuluu erillinen autotalli, joka lämpenee vesikiertoisella patterilla. Tallia ei ole eristetty ollenkaan, ja näin ollen se kuormittaa suuresti rakennuksen kokonaislämmitystarvetta. Suurien lämmityskustannusten ja vähäisen käyttötarpeen vuoksi katkaisimme lämpimän vedenkierron autotalliin. Mahdollinen lämmitystarve toteutetaan siis toisella tavalla.

6.2 Kiinteistön ilmanvaihdon toteutus

Kiinteistöön on asennettu aikanaan koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Korvausilmaventtiilit sijaitsevat rakennuksen kellarissa ja ensimmäisessä kerroksessa. Toisessa kerroksessa ei ole korvausilmaventtiileitä, mutta vessasta löytyy poistoventtiili. Ilmanvaihdon riittävydestä ei ole tarkempia tietoja, mutta korvausilmaventtiilien lisäksi rakenteellinen veto on suurehkoa (liite 1). Tarkastamalla poistoilmaventtiilit huomioitiin, että jokainen venttiileistä veti ja korvausilmaventtiileistä puhalti. Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistamisesta ei löytynyt tietoja, mutta tällä hetkellä tyhjillään olevaan rakennukseen sellaista ei kannata tehdä. Käyttötarkoituksen löydyttyä ja remontin valmistuttua puhdistaminen olisi suositeltavaa.

6.3 Kiinteistön eristeiden ja lisäeristämisen tarkastelu

Rakennuksen ulkoseinien sekä yläpohjan eristeet ovat alkuperäiset ja eristysmateriaalina on käytetty purua. Seiniin on sisäpuolelle asennettu jälkikäteen lisäeristeenä 50 mm paksu mineraalivilla ja purukerros seinissä on 125mm. Purun ja seinärakenteen välissä on tuulensuojan eristeenä bitumipaperi. Kiinteistössä ei ole suunnitteilla ulkovuorauksen korjausta, joten lisäeristäminen ei ole ajankohtainen. Suositeltavaa kuitenkin olisi tarkastaa läpivientien vuotokohdat.

Yläpohjan eristeenä toimii 400mm paksu purukerros. Purut ovat silmämääräisesti hyvässä kunnossa, eli niissä ei ole havaittavissa tummumia tai kasvustoa. Rakenteet näyttävät kirkkaille ja puut eivät ole pehmenneet tai tummuneet. Purujen alla on bitumipaperi, jonka kunto vaikuttaa hyvälle. Huoneiden sisäkatto on 15 mm paksua huokoista kuitulevyä, joka toimii myös lämmöneristeenä. Suunnitteilla kesäksi 2017 on yläpohjan lisäeristäminen, joka tapahtuu vanhan purueristeen päälle. Tämä toteutetaan niin, että vanhoista puruista poistetaan pintakerros ja mahdolliset tummat alueet.

Yläpohjan nykyaikainen lämmönläpäisykerroin tulisi olla alle 0,09 W/m²K. Laskennassa selvitetään ensimmäiseksi lämmönvastus, eli R-arvo nykyisistä eristeistä ja lopuksi lasketaan se, että paljonko uutta puhallettavaa eristettä tarvitaan 0,09 W/m²K saavuttamiseksi. Kuitulevun lämmönjohtavuus on 0,055 W/mK ja purun 0,14 W/mK (Finlex 2016). Puhallettavan lisäeristeen lämmönjohtavuus on 0,041 W/mK (Paroc SHT 2).

$$R_{total} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \quad (\text{Kaava 5})$$

Laskemalla kaavalla 5 saadaan:

$$R_{total} = \frac{0,015}{0,055} + \frac{0,4}{0,14} = 3,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Laskemalla kaavalla 4 saadaan:

$$U = \frac{1}{R_{total}} \Rightarrow \frac{1}{3,13} = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Seuraavaksi selvitetään lisäeristeen tarvittava lämmönvastuksen arvo, jotta saavutettaisiin 0,09 W/m²K.

Soveltamalla kaavaa 4 saadaan:

$$\frac{1}{\left(\frac{0,015}{0,055} + \frac{0,4}{0,14} + x\right)} = 0,09$$

$$x = 7,98 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Tarvittava lisäeristeen paksuus saadaan soveltamalla kaavaa 4:

$$7,98 = \frac{x}{0,041}$$

$$x = 0,327 \text{ m}$$

R _{total}	Lämmönvastusten summa
d	Eristeen paksuus metreinä
U	Lämmönläpäisykerroin
R	Lämmönvastus yksikkö
m ²	Neliömetri
K	Kelvin
W	Watti
x	Ratkaistava arvo
λ	Lämmönjohtavuus (W/mK)

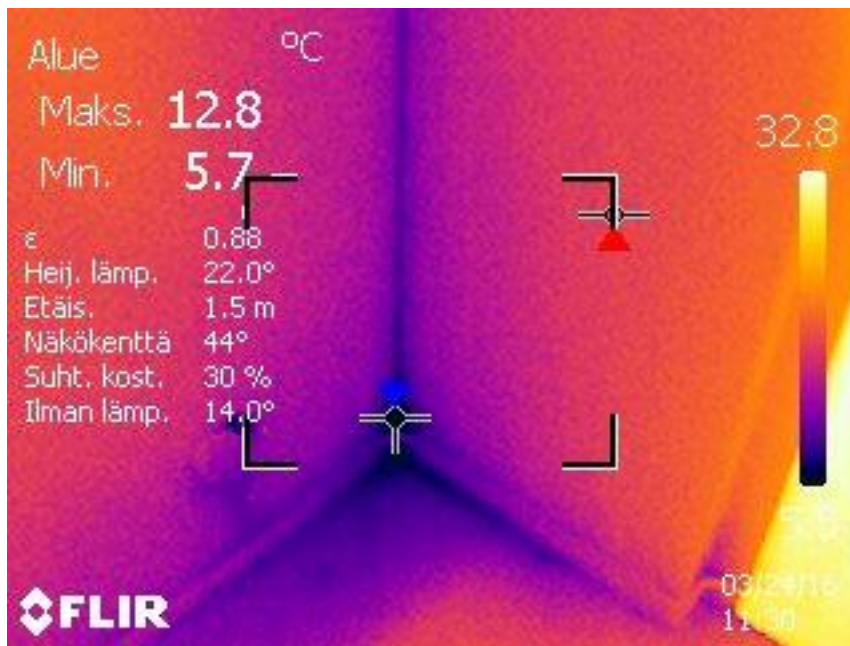
Rakennuksessa yläpohjan eristettäviä neliöitä on noin 195m² ja puhalluseristettä meni yhteensä 63,77 m³. Parocin SHT 2 maksaa alv. 0% 24,45€/säkki ja yhdestä säkistä saadaan noin 0,55m³ (Paroc tuotehinnasto 2016). Yhteensä lisäeristettävälle alueelle meni 116 säkkiä ja kokonaiskustannukset alv. 0% olisi 2836€. Kustannuksiin tulee laskea mukaan vielä puhalluskoneen vuokra.

6.4 Asemantien kiinteistön lämpökuvaus

Osana kuntotutkimusta kiinteistö lämpökuvattiin. Kuvauksen tarkoituksena oli saada selville suurimmat vuotokohtat ja pattereiden oikeanlainen lämpeneminen. Kuvaustuloksista saatu data arvioitiin Excel- taulukossa. Kiinteistön omistaja näkee taulukosta kohteiden lämpötilaindeksin ja sen laadun (Hyvä, välttävä tai huono).

Kattavampaa lämpökuvausta ei kiinteistöön kannattanut tehdä sen keskeneräisyydestä johtuen. Useista huoneista puuttui sisäverhoilu ja huoneiden sisälämpötila kuvaushetkellä oli 13-14 celsiusta. Remontin edetessä suositeltavaa on kuitenkin paneutua Excel- taulukoissa ilmeneviin huonon ja välttävän tason saavuttaneisiin kohtiin. Näiden kohtien korjaaminen vaikuttaa suuresti tulevaisuudessa tehtävän energiatodistuksen E-lukuun.

Asemantien kiinteistön yleisimpiä ongelmakohtia on lattioiden ja seinien yhtymäkohdat (kuva 6) ja ikkunoiden tiivisteiden huono kunto. Lattioiden ja seinien yhtymäkohtien ongelmat voivat johtua monesta eri syystä. Suositeltuja korjaustoimenpiteitä ongelmakohtissa on esimerkiksi sokkelin ulkopuolinen lisäeristäminen. Sokkelia vasten laitetaan 50 millimetriä paksu Styrofoam 300 eristelevy. Tämä toimenpide vähentää sokkelin kautta johtuvaa kylmää ilmaa (Rakentaja.fi 2015.)

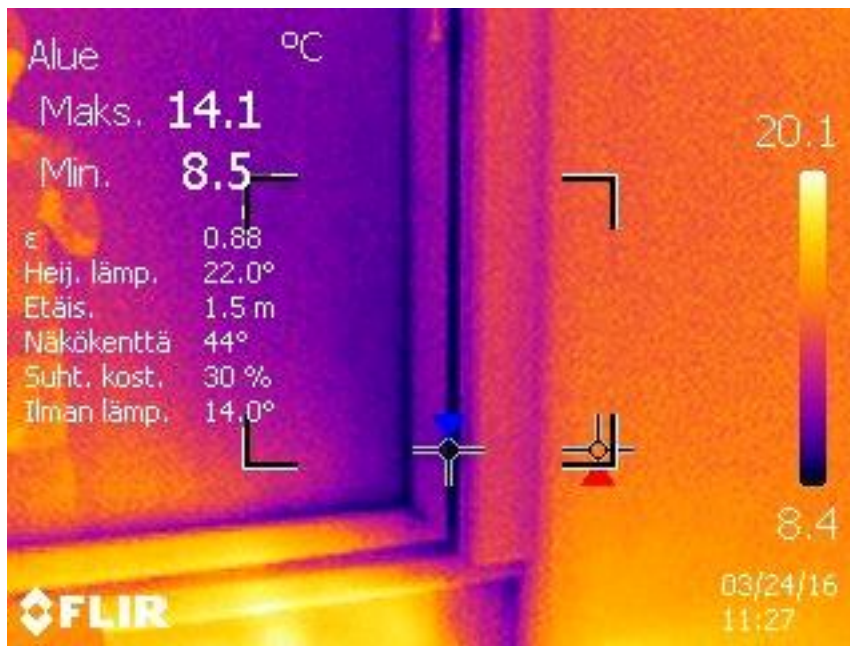


Kuva 6. Lattian ja seinän yhtymäkohta

Ulkovuorauksen vaihdon yhteydessä suositellaan myös vanhojen purueristeiden vaihtoa. Vanhat eristeet voivat olla epätasaisesti levittäytyneet, vajonneet tai puristuneet ja näin ollen läpäisevät ilmaa eritasoisesti. Samalla suositellaan sokkelin ja seinärakenteen yhtymäkohdan eristämistä (Energiakorjaus.info 2013).

Helpoin ja halvin tapa vähentää vuodon tuntua on näissä tilanteissa irroittaa jalkalistat ja tilkitä vuotokohdat esimerkiksi pellavaeristeellä. Pellavaeristeeseen päälle asennetaan nitomalla tai liisteröimällä käyttötarkoitukseen sopivaa paperia ja listoitetaan uudelleen (Perinnemestari.fi 2009).

Kiinteistön toinen ongelmakohta oli ikkunoiden ilmavuodot (kuva 7). Ikkunat olivat muuten hyvässä kunnossa, joten niiden vaihtaminen uusiin ei olisi kustannustehokasta. Suositeltavaa olisi käydä ikkunat läpi yksitellen ja vaihtaa tiivisteet uusiin. Vaihtoehtona tiivisteiden vaihtamiselle voi käyttää ikkunateippiä, jolla teipataan vuotokohdat umpeen. Tämä tapa on nopeampi ja helpompi tehdä, mutta väliaikainen. Ikkunoita avattaessa joudutaan teipit poistamaan. Tämän vuoksi kyseistä tapaa käytetään yleisemmin talvella (Rakentaja.fi 2016).



Kuva 7. Ikkunan vuotokohta

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää rakennuksien energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet ja tehdä niistä monipuolinen opas, jota voitiin soveltaa Asemantien kiinteistössä. Opinnäytetyötä varten selvitettiin puolueettomien tutkimuslaitosten asettamat suositusarvot sekä ohjeistukset.

Työn alussa perehdyttiin energiatehokkuutta korjaavien toimenpiteiden lainsäädäntöön ja Suomen ilmastopolitiikkaan sekä tulevaisuuden tavoitteisiin. Tämän jälkeen käytiin läpi yleisimmät lämmitys-järjestelmät, niiden toimintaperiaatteet ja yleinen hintataso. Lopuksi perehdyttiin energiatehokkuutta parantaviin toimenpiteisiin ja niiden pohjalta laadittiin Asemantien kiinteistölle suositeltavat korjaus-toimenpiteet.

Ilmastonmuutosta hillittäessä asuinrakennusten energiatehokkuus on suuressa osassa ja toimii läh-tökohtana työn tarpeellisuudelle. Opinnäytetyö antaa myös uutta tietoa ja näkökulmia lämmitys-järjestelmän valitsemiselle, sekä tarjoaa tärkeitä huomioita rakennuksen energiatehokkuutta paranta-viin toimenpiteisiin. Esimerkiksi toimivan ilmanvaihdon merkitys energiankulutuksessa ja sisäilman-laadussa nousi lähdekirjallisuudessa vahvasti esille. Lisäksi työ tarjoaa tietoa siitä, miten energiate-hokkuuden parantamisessa voidaan säästää.

Työn tuloksena saatiin aikaan monipuolinen asuinrakennuksien energiatehokkuutta parantava opas ja sitä pystyttiin hyödyntämään Asemantien kiinteistön energiatehokkuuttaparantavien korjaus-toimenpiteiden suunnittelussa. Remontin valmistuttua Asemantien kiinteistössä, päästään kattavammin toteuttamaan opinnäytetyössä olevia tietoja ja saamaan konkreettista hyötyä tehdyille toimenpiteille. Jatkossa työ toimii myös hyvänä pohjana muiden kiinteistöjen energiatehokkuuden parantamista suunniteltaessa.

LÄHTEET

Energiatehokas koti -hanke, lämmitysjärjestelmien elinkaari, päivitetty 19.01.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

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

Energiateollisuus. Energiavuosi 2015- Kaukolämpö. Päivitetty 20.10.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016.

http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2015_-_kaukolampo.html

Energiavarma Oy. Vanhan talon energiatehokkuus – kannattaako lisäeristäminen. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://energiavarma.fi/vanhan-talon-energiatehokkuus-auttaako-energiaremontti/>

Energiavirasto. Sähkön hintavertailu. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.sahkonhinta.fi/>

Motiva Oy, Energiatodistuksen laskentaohjeet, päivitetty 08.11.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistustenlaatijat/laskentaohjeet/>

Motiva Oy, Lämmitysvertailu Eneuvonta, 2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>

Motiva Oy, Lämmöntuotto öljylämmitys, päivitetty 26.9.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen_tutustuminen/lammontuotto_oljy

Motiva Oy, lämpöpumput, päivitetty 1.11.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput

Motiva Oy, Poistoilmalämpöpumppu, päivitetty 12.10.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu

Motiva Oy, Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2016, Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi

Motiva Oy. Patteriverkoston perussäätö. Päivitetty 28.7.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato

Oulun rakennusvalvonta (ympäristöministeriö), Öljylämmitys, julkaistu 2013. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_15_Oljylammitys_2013_02_01.pdf

Oulun rakennusvalvonta. Yläpohjan lisälämmöneristys, kortti 7. Julkaistu 2013. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_7_Ylapohja_2013_02_01.pdf

Paroc Oy. Rakennuksen vaippa. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.paroc.fi/knowhow/energiatehokkuus/rakennusten-suunnittelu/rakennuksen-vaippa>

Perinnemestari. Lisäeristäminen. Julkaistu 2009. Viitattu opinnäytetyössä 22.11.2016

<http://www.perinnemestari.fi/?id=65&id2=177>

Rakennustieto ohjekortti RT 18-11228, 27.06.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-18-11228-energiatodistus/113560/dp>

Rakennustutkimus RTS Oy. Lisäeristys. Päivitetty 19.01.2013. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/lisaeeristys>

RakLamit Oy. Lämpökuvaus. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://raklamit.fi/lampokuvaus/>

Sanoma Media Finland Oy. Perustuksen ja lattian eristyksen korjaus. Julkaistu 19.1.2015. Viitattu opinnäytetyössä 22.11.2016

https://www.rakentaja.fi/artikkelit/10724/perustus_lattia_eristys_isover.htm

Sanoma Media Finland Oy. Tiivistämisen perusteet. Julkaistu 25.7.2016. Viitattu opinnäytetyössä 22.11.2016

http://www.rakentaja.fi/artikkelit/10205/tiivistamisen_perusteet_rakennuskemia.htm

Suomen lämpöpumppuyhdistys, lämpöpumppu tiedote. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.sulpu.fi/-/viime-vuonna-asennetut-60-000-lampopumppua-lisasivat-lahes-1-twh-uusiutuvan-energian-kayttoa-talojen-lammityksessa>

Tammer talotekniikka Oy. Lämpöpattereiden toimivuuden tarkastaminen (s.a). Viitattu opinnäytetyössä 22.11.2016

<http://www.tammertalotekniikka.fi/Artikkelit/Mihin+taloyhti%C3%B6+voi+k%C3%A4ytt%C3%A4%C3%A4+l%C3%A4mp%C3%B6kuvausta+.html>

Tee parannus! -Hanke, Asiantuntijanäkemyksiä energiatehokkuuden parantamisesta. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.teeparannus.fi/parhaatkaytannot/ratkaisuja/>

Terveysilma. Ilmanvaihto. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.terveysilma.fi/fi/ilmanvaihto>

Tilastokeskus, Asumisen energiankulutus, julkaistu 20.11.2015. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://www.stat.fi/til/asen/2014/asen_2014_2015-11-20_tie_001_fi.html

Tilastokeskus, Suomen kansvihuonepäästöt 2015, päivitetty 25.5.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

http://tilastokeskus.fi/til/khki/2015/khki_2015_2016-05-25_kat_001_fi.html

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Lisäeristäminen. Julkaistu 30.6.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Pientalot/Energiatehokkuus/Energiakorjaukset/Lisaeristaminen](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Pientalot/Energiatehokkuus/Energiakorjaukset/Lisaeristaminen)

Ympäristöhallinto, Energiankulutus ei enää kasva, julkaistu 22.4.2015. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastomuutos_ja_energia/Energiankulutus_ei_ena_kasva\(28547\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastomuutos_ja_energia/Energiankulutus_ei_ena_kasva(28547))

Ympäristöhallinto, Kansallinen ilmastopolitiikka, julkaistu 10.5.2013. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[fi/ymparisto/ilmasto_ja_ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansallinen_ilmastopolitiikka](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/ymparisto/ilmasto_ja_ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansallinen_ilmastopolitiikka)

Ympäristöhallinto, olemassa olevan rakennuksen energiatehokkuus, julkaistu 9.9.2013. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Olemassa_olevan_rakennuksen_energiat_ehokkuus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Olemassa_olevan_rakennuksen_energiat_ehokkuus)

Ympäristöministeriö, energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa korjausrakentamisessa, tiedote 27.2.2013. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.ymp.fi/fi->

[FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess\(3871\)](http://www.ymp.fi/fi-Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess(3871))

Ympäristöministeriö. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2003. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

www.finlex.fi/data/normit/1921-D2s.pdf

Ympäristöministeriö. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma 17.5.2013. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

<http://www.ymp.fi/fi->

[FI/haku?n=25247&d=1&s=Rakennuksen+energiankulutuksen+ja+l%C3%A4mmitystehontarpeen+laskenta](http://www.ymp.fi/fi-haku?n=25247&d=1&s=Rakennuksen+energiankulutuksen+ja+l%C3%A4mmitystehontarpeen+laskenta)

Öljy- ja biopolttoaineala ry, kuluttajahintaseuranta vuodesta 2000, päivitetty 10.2016. Viitattu opinnäytetyössä 12.11.2016

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1l_jUasrAh8GkDrImU1mTsPyN8H_ojNV06JbPWuSb3jo/pub?single=true&gid=13&output=html

LIITE 1 – LÄMPÖKUVIEN LÄMPÖTILAINDEKSI

		Kuva	Tsp	Ti	To	TI	Huom	
$TI = (tsp - To) / (Ti - To) \times 100[\%]$	1 kerros	1	3,9	14	-1	32,66667	Lattian nurkka	
	1 kerros	2	12,3	14	-1	88,66667	Seinä	
TI = Lämpötilaindeksi	1 kerros	3	6,4	14	-1	49,33333	Ikkuna	
Tsp = sisäpinnan lämpötila	1 kerros	4	-1	14	-1	0	Lattian nurkka	
Ti = sisäilman lämpötila	1 kerros	5	6,2	14	-1	48	Ikkuna	
To = ulkoilmanlämpötila	1 kerros	6	9,3	14	-1	68,66667	Ikkuna	
	1 kerros	7	8	14	-1	60	Ikkuna	
To=	-1	1 kerros	8	9,8	14	-1	72	Lattian ja seinän sauma
	1 kerros	9	6,2	14	-1	48	Lattian nurkka	
	1 kerros	10	9,5	14	-1	70	Ikkuna	
	1 kerros	11	8,5	14	-1	63,33333	Ikkuna	
	1 kerros	12	8,5	14	-1	63,33333	Ikkuna	
	1 kerros	13	5,7	14	-1	44,66667	Lattian nurkka	
	1 kerros	14	7	14	-1	53,33333	Lattian nurkka	
	1 kerros	15	6	14	-1	46,66667	Ikkuna	
	1 kerros	16	8,3	14	-1	62	Ikkuna	
	1 kerros	17	7,8	14	-1	58,66667	Ikkuna	
	1 kerros	18	7,3	14	-1	55,33333	Ikkuna	
	1 kerros	19	8,3	14	-1	62	Ikkuna	
	1 kerros	20	0	14	-1	6,66667	Ikkuna	
	1 kerros	21	5,4	14	-1	42,66667	Seinän nurkka	
	1 kerros	22	8,6	14	-1	64	Ikkuna	
	2 kerros	23	8	12,9	-1	64,7482	Seinän ja Katon nurkka	
	2 kerros	24	7	12,9	-1	57,55396	Ikkuna	
	2 kerros	25	6,8	12,9	-1	56,11511	Ikkuna	
	2 kerros	26	8,2	12,9	-1	66,18705	Seinän ja Katon nurkka	
	2 kerros	27	6,4	12,9	-1	53,23741	Lattian nurkka	
	2 kerros	28	8,1	12,9	-1	65,46763	Ikkuna	
	2 kerros	29	6,4	12,9	-1	53,23741	Vintin ovi	
	2 kerros	30	6,6	12,9	-1	54,67626	Lattian nurkka	
	Kellari	31	-0,4	12,9	-1	4,316547	Kellari seinä	
	Kellari	32	3	12,9	-1	28,77698	Seinän ja Katon nurkka	
	Kellari	33	3,9	12,9	-1	35,2518	Seinän nurkka	
	Lämmitysputket autotalliin	34	11,9	12,9	-1	92,80576	Seinä	
	Lämmitysputket autotalliin	35	11	12,9	-1	86,33094	Seinä	

11 12,9 -1 86,33094 Katto

Asunto ja muu oleskelutila
Seinänlämpötila
Lattian lämpötila
Pistemäinen Pintalämpötila

välttävä taso TI Hyvätaso TI

81	87	Hyvä
87	97	Välttävä
61	65	Huono

Hyvä
Välttävä
Huono

LIITE 2 – ÖLJYN HINNAN MUUTOS

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

61,9	54,5	76,8	57,4	68,6	104,8	114,2	112	105,2	80,5	65,2
62,7	56,8	78,7	55,6	67,7	102,4	112,9	114,1	105,5	92,6	64,3
63,7	58,1	84,4	52,2	73,9	109,3	117,2	112,7	102	92,1	73
67,5	61,2	86,1	56,4	77,3	110,1	114,5	108,7	103,5	93,5	73,1
69,3	60,5	98,9	57,5	79,7	103,6	110,9	108,1	104,1	95,7	76,2
67,8	62,5	102,5	52,9	80	106,8	105,2	107,4	104	90,3	81,5
68,4	65,4	102,3	57,3	77,8	108	110,6	111,9	104,2	84,3	76,7
71,2	53,4	88,7	64,9	76,7	101,4	117,9	111	105	80	76,2
62,3	67,1	88,7	61,3	78,9	107	117,2	113,6	104,3	79	77,7
60,1	67,1	77,6	63,4	78,1	107,2	117,7	109,9	100,2	77,6	
58,6	73,9	67,3	65,2	81,2	113	112,4	107,6	98,8	78,1	
58,3	72,2	55,1	63	92,5	109,3	109	108,3	86,4	66,4	
64,31667	62,725	83,925	58,925	77,7	106,9083	113,3083	110,4417	101,9333	84,175	73,76667
Muutos edellisvuoden verrattuna	-2,47473	33,79833	-29,7885	31,86254	37,59116	5,986437	-2,52997	-7,70392	-17,4215	-12,3651
Keskiarvo 10-vuoden aikana	3,695471									

LIITE 3 - LÄMPÖKUVAT

