

Jukka Saukko & Tapio Käräjäoja

**KERROSTALON ENERGIA TEHOKKUUDEN
PARANTAMINEN**

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2013**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Syyskuu 2013	Tekijä/tekijät Jukka Saukko Tapio Käräjäoja
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Kerrostalon energiatehokkuuden parantaminen		
Työn ohjaajat Yrjö Muilu, Jari Halme		Sivumäärä 45 + Liitteet 6
Työelämäohjaaja Kyösti Terentjeff		
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia kerrostalokiinteistöjen lämpövuotoja ja tehdä selkeitä ohjeita asukkaille ja taloyhtiölle, sekä parannusehdotuksia kerrostalolen energiatehokkuuden parantamiseksi. Toimeksiantajana työlle oli Sami Alaraatikka isännöitsijäyhtiöstä. Opinnäytetyö käsittelee Krapuvirran 1982 ja 1985 rakennetut kerrostalokiinteistöt Oulaisissa.</p> <p>Työn pääkohteena oli selvittää, mistä kylmää ilmaa vuotaa sisään asuntoihin ja liikehuoneisiin, sekä tutkimme mahdollisia parannuskeinoja kyseisiin kohteisiin. Työssä käsiteltiin yleisesti energiatehokkuusstandardeja ja missä kohteissa energiatodistusta tarvitaan.</p> <p>Työssä tehtiin laskelmia ikkunoiden sekä ovien energiahäviöistä ja vertailtiin vanhoista ikkunoista saatuja lukuja uusiin ikkunoihin ja paljonko niistä syntyisi mahdollista säästöä. Lisäksi käsiteltiin energiatehokkuus (ET-luku) arvoja sekä ominaiskulutusta.</p>		
Asiasanat Energiatodistus, energiatehokkuus, lämpökuvaus		

ABSTRACT

Unit Ylivieska unit	Date September 2013	Author/s Jukka Saukko Tapio Käräjäoja
Degree programme Electrical engineering		
Name of thesis Improving the energy efficiency of an Apartment building		
Instructors Yrjö Muilu, Jari Halme		Pages 45 + Appendices 6
Supervisor Kyösti Terentjeff		
<p>The purpose of this thesis was to study the thermal leaks of apartment buildings and to make clear guidelines for residents and housing companies as well as suggestions for improving the energy efficiency of apartment buildings. The client of the project was Sami Alaraatikka from the property management company. The buildings that were studied in the thesis were the high-rise buildings of Krapuvirta housing company, built in 1982 and 1985 and located in Oulainen.</p> <p>The main focus of the work was to find out where there are cold air leaks in the high rise apartment homes and business premises as well as to study possible improvements to these sites. In addition, the thesis focused on discussing general energy efficiency standards and the types of buildings that require the energy certificate.</p> <p>The study was carried out by doing calculations of the thermal leaks in old windows and doors, and comparing these to new energy efficient windows. It was also estimated how much money the new windows would save. In addition, the thesis dealt with energy efficiency ratio values and specific consumption.</p>		

Key words

Energy certificate, energy efficiency, thermal imaging

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TIETOA RAKENNUKSISTA	2
3	ENERGIATEHOKKUUSSTANDARDIT	5
3.1	Rakennusten energiatehokkuus	5
3.2	Energiatodistus	6
3.2.1	Pienet asuinrakennukset	7
3.2.2	Uudisrakennukset	8
3.2.3	Pientalot ja enintään kuuden asunnon taloyhtiöt	9
3.2.4	Suuret taloyhtiöt	9
3.2.5	Taloyhtiö ja asukas	9
3.3	Ikkunoiden energiatehokkuus	10
4	KRAPUVIRRAN KIINTEISTÖJEN ENERGIANKULUTUS	13
4.1	Kaukolämmön kulutus	13
4.2	Sähkönkulutus	13
4.3	ET-luku ja ominaiskulutuksen laskenta	14
5	LÄMPÖKUVAUKSET	18
5.1	Yleistä	18
5.2	Kuvausmenetelmät	18
5.3	Lämpövuodon määritelmä ja laskenta	19
5.4	Liikehuoneistot	21
5.5	Asuinhuoneistot	24
5.6	Korjausten kannattavuus taloudellisesti	26
6	TAPOJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEEN	27
6.1	Ikkunat	27
6.1.1	Asuinhuoneistot	27
6.1.2	Liikehuoneistojen ikkunat	30
6.2	Parvekkeen ovet ja -lasitus	31
6.2.1	Parvekeövet	31

6.2.2 Parvekkeen lasittaminen	33
6.3 Poistoilman talteenottojärjestelmä	35
6.3.1 Yleistä	35
6.3.2 Toimintaperiaate	36
6.3.3 Hyötysuhde	37
6.4 Patteriverkoston perussäätö	40
6.4.1 Yleistä	40
6.4.2 Teoria	40
6.4.3 Perussäädön hyödyt	41
7 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	44
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tarkastelee kahden kerrostalokiinteistön ja niihin sisältyvien tilojen energiatehokkuuden parantamista. Opinnäytetyössä tutkimme rakennusten lämpövuotoja, ja tarkoituksena oli tuottaa selkeitä ohjeita taloyhtiölle ja yksittäisille asukkaille. Lisäksi tutkimme energiatehokkuusstandartteja liittyen rakennusten- ja ikkunoiden energiatehokkuuteen.

Tutkimuksemme sisältyy kaksi kerrostalokiinteistöä sekä rakennuksissa olevat liiketilahuoneistot. Tutkimamme asuinkiinteistöt on rakennettu vuosina 1982 ja 1985. Lisäksi kuvasimme kerrostalokiinteistöjä lämpökameralla, jotta saisimme käsityksen kohteen nykytilanteesta. Kuvatessa ilmeni selkeitä vuotokohteita, joita on mahdollista korjata.

Opinnäytetyön alussa tutustumalla kohteeseen rakennuspiirustuksiin ja tutkittiin aikaisempien vuosien energiankulutuksia. Teimme kyselyn asukkaille kartoittaaksemme, missä huoneistoissa on alhaisia lämpötiloja sekä ilmanvetoa. Vastauksen perusteella otimme yhteyttä tutkittaviin huoneistoihin ja liikkeisiin lämpökamerakuvausta varten. Kuvausten jälkeen tutkimme ja pohdimme tuloksia, joiden perusteella aloimme suunnitella parannusvaihtoehtoja.

2 TIETOA RAKENNUKSISTA

Krapuvirran kiinteistöt sijaitsevat Oulaisissa, osoitteissa Oulaistenkatu 24 ja Oulaistenkatu 26. Vanhempi kerrostalo on rakennettu vuonna 1982, ja uudempi on rakennettu vuonna 1985. Kiinteistöt omistaa ja niitä ylläpitää Isännöitsijätoimisto Raimo Alaraatikka Ky.

Taloissa on alun perin ollut öljylämmitys. Kiinteistöt on liitetty kaukolämpöön vuonna 1992. Kiinteistöihin on uusittu laatoitus ja asfaltointi vuonna 2005. Rakennuksiin on uusittu tasakatolle huopakate vuonna 2006 taloon osoitteessa Oulaistenkatu 24 ja vuonna 2007 taloon osoitteessa Oulaistenkatu 26. Liikehuoneistojen ulko-ovien uusiminen tehtiin vuonna 2009. Rakennuksissa on koneellinen poistoilmanvaihto.

TAULUKKO 1. Kerrostalokiinteistön tiedot.

Kiinteistöjen kokonaispinta-ala	2583 m ²
Kerrosala yhteensä	3425 m ²
Kiinteistö 24	1745 m ²
Kiinteistö 26	1680 m ²
Tilavuus	5830 + 5150 m ³
Liikehuoneistojen kerrosala	453 m ²
Bruttotilavuus	10980 m ³
Asuntoja	24 + 22

Kiinteistöön on lähivuosina tiedossa olevia korjaus- ja perusparannustöitä. Sokkelin pinnoitus on suunnitteilla vuodelle 2013. Sammaleenpoisto tullaan tekemään tiilijulkisivusta. Ikkunat ja parvekeovet tiivistetään tai uusitaan. Ovipuhelimet uusitaan. Liikehuoneisiin tehdään kattoremontti. Parkkialueella tehdään piharemontti. Käyttövesiputket mahdollisesti uusitaan 5...10 vuoden kuluessa.



KUVIO 1. Kerrostalot osoitteissa Oulaistenkatu 24 ja Oulaistenkatu 26.



KUVIO 2. Kerrostalot pihan puolelta nähtynä.

3 ENERGIATEHOKKUUSSTANDARDIT

3.1 Rakennusten energiatehokkuus

Suomen, kuten koko EU:n, energiankäytöstä rakennusten osuus on noin 40 prosenttia. Energiatehokkuus aikaansaadaan rakenteilla, taloteknisillä järjestelmillä ja tuotteilla sekä niitä yhdistävillä palveluilla. (SFS RY 2008.)

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), hyväksyttiin vuoden 2002 lopulla. (2002/91/EY.)

Standardisarja koostuu 43 standardista ja 20 tukistandardista, jotka voidaan luokitella seuraavasti:

1. Standardit, joissa määritellään rakennusten energiatehokkuus, energiasertifiointi, kokonaisenergiankulutus, primäärienergia ja CO₂-päästöt, energiankulutuksen arviointi ja energiatehokkuusluokitus.
2. Rakennusfysiikan standardit, joissa määritellään laskentamenetelmät esim. johtumisesta tai ilmanvaihdosta aiheutuvalle lämmönsiirrolle, lämpökuormille ja kesälämpötiloille, auringon säteilylle sekä rakennuksen lämmitykseen ja jäähdytykseen tarvittavalle energialle.
3. Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien luokittelun ja määrittelyn sisältävät standardit.
4. Huoneiden lämmitykseen sekä kotitalouksien lämminvesijärjestelmiin keskittyneet standardit. Ne käsittelevät lämmöntuotannon tehokkuutta, lämmön siirron ja luovutuksen tehokkuutta ja kotitalouksien lämminvesijärjestelmiä.

5. Tukevat standardit. Ne käsittelevät rakennusten valaistusjärjestelmiä (ml. päivänvalon osuus), rakennusjärjestelmien säätöjä ja automaatiota kiinteistöhuollossa, sisäilmaston luokittelua ja toteuttamiskelpoisten lämmöntuotantomenetelmien taloudellisia näkökohtia.
6. Standardit tarkastuksia varten. Ne käsittelevät lämmityskattiloita ja -järjestelmiä, jäähdytys- ja ilmastointijärjestelmiä ja ilmanvaihtojärjestelmiä. (SFS RY 2008.)

3.2 Energiatodistus

Energiatodistus kertoo rakennuksen energiatehokkuuden. Energiatodistuksen tavoitteena on antaa kuluttajille mahdollisuus seurata rakennusten energiakulutusta, riippumatta siitä mikä lämmitysmuoto on, sekä mahdollistaa vastaavien rakennusten energiatehokkuuden vertailu. Energiatehokkuutta mitataan energialuokka-asteikolla A-G, joka on sama kuin kodinkoneiden energialuokka-asteikko. Perustekijät hyvälle energialuokalle ovat hyvä ulkovaipan ilmanpitävyys ja lämmöntalteenottolaitteen tehokkuus. (Energiatodistus.info 2013.)

Energiatodistuksessa kerrotaan rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia, laite- tai kiinteistösähkö, jäähdytysenergia sekä niiden pohjalta laskettu, bruttopinta-alaan suhteutettu energiatehokkuusluku. Energiatodistuksen päämäärä on kiinnittää huomiota energiatehokkuuteen, koska säästämällä energiaa voi kuluttaja säästää rahaa ja samalla vähentää hiilijalanjälkeä. Energiatodistuksesta voi lukea energiamäärän, minkä rakennus käyttää. Hyvä luokitus kertoo myös rakennuksen laadukkaasta rakentamisesta.

Vuoden 2008 alussa tuli voimaan laki energiatodistuksesta, ja ympäristöministerin asetukset energiatodistuksesta. Energiatodistuksen taustalla on EU-direktiivi jolla EU-maat yrittävät vähentää kasvihuoneilmiötä parantamalla energiatehokkuutta rakennuksissa. (Energiatodistus.info 2013.)

Energiatodistus on pakollinen:

- kaikille rakennuksille, joille haetaan rakennuslupaa 1.1.2008 jälkeen
- olemassa oleville rakennuksille myynnin tai vuokrauksen yhteydessä, ei pientalot tai alle seitsemän asunnon asuinrakennukset.

Energiatodistusta ei vaadita:

- rakennuksilta, joiden pinta-ala on enintään 50 m²,
- vapaa-ajan asunnoilta, joita käytetään korkeintaan neljä kuukautta vuodessa,
- suojelluilta rakennuksilta
- väliaikaisilta rakennuksilta, jonka suunniteltu käyttöaika on enintään kaksi vuotta
- teollisuus- ja korjaamorakennuksilta tai
- kirkoilta tai muiden uskonnollisten yhdyskuntien omistamilta rakennuksilta, joita käytetään vain kokoontumiseen. (Energiatodistus.info 2013.)

3.2.1 Pienet asuinrakennukset

Energiatodistus on pientaloille sekä enintään kuuden asunnon taloyhtiöille vapaaehtoista, jos rakennuslupa on haettu ennen 1.1.2008. Energiatodistus on pakollinen pientaloille sekä enintään kuuden asunnon taloyhtiöille, jos rakennusluvan on

hankkinut 1.1.2008 jälkeen. Energiatodistuksen antaa pientaloille pätevästi erillisen energiatodistuksen antaja.

Pientalojen energiatodistus on voimassa 10 vuotta ja siihen tulevat:

- pinta-alat
- U-arvot (rakennusosien lämmönläpäisykertoimet)
- massiivisuus rakennuksen ominaisuuksien pohjalta
- ilmanvuotoluku
- vedenkulutus (määräytyy henkilömäärästä jonka laskentaperusteena on asunnon makuuhuoneiden lukumäärä +1)
- laitesähkökulutus (vakioarvo)

Sähköenergian kulutuksen laskenta on määritelty asetuksessa rakennustyyppi-kohtaisesti erikseen pienille asuinrakennuksille. (Energiatodistus.info 2013.)

3.2.2 Uudisrakennukset

Energiatodistus edellytetään pääsääntöisesti kaikilta uudisrakennuksilta rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Rakennuslupahakemukseen liitettävässä energiaselvityksessä on oltava pääsuunnittelijan antama energiatodistus. Ennen rakennuksen käyttöönottoa pääsuunnittelijan on varmennettava energiatodistus. Uudisrakennuksen energiatodistus perustuu aina laskennalliseen energiakulutukseen. Tämän jälkeen energiatodistus perustuu toteutuneeseen kulutukseen. (Energiatodistus.info 2013.)

3.2.3 Pientalot ja enintään kuuden asunnon taloyhtiöt

Pääsuunnittelijan antama pienen uudisasuinrakennuksen energiatodistus on voimassa 10 vuotta. Olemassa olevan rakennuksen erillisen tarkastuksen yhteydessä annettava energiatodistus on voimassa 10 vuotta. Erillinen energiatodistus sisältää aina myös huomioita ja toimenpide-ehdotuksia rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi. (Energiatodistus.info 2013.)

3.2.4 Suuret taloyhtiöt

Pääsuunnittelijan antama uudisrakennuksen energiatodistus on voimassa 4 vuotta. Olemassa olevan rakennuksen energiakatselmukseen perustuva tai erillinen energiatodistus on voimassa 10 vuotta. Erillinen energiatodistus sisältää aina myös huomioita ja toimenpide-ehdotuksia rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi. (Energiatodistus.info 2013.)

3.2.5 Taloyhtiö ja asukas

Energiatodistus on pakollinen taloyhtiölle, jossa on enemmän kuin kuusi asuntoa, kun kiinteistö tai sen tiloja myydään tai vuokrataan. Energiatodistus on aina rakennus- tai rakennusryhmäkohtainen eikä esimerkiksi asuntokohtainen. Olemassa olevan rakennuksen energiakatselmukseen perustuva tai erillinen energiatodistus on voimassa 10 vuotta, muuten voimassaoloaika on uudisrakentamista koskien määräysten mukainen.

Energiatodistuksen voi antaa:

- energiakatselmoija energiakatselmuksen yhteydessä
- erillisen energiatodistuksen antaja eli henkilö joka täyttää säädetyt pätevyysvaatimukset
- yhtiön isännöitsijä tai hallituksen puheenjohtaja isännöitsijätodistuksen osana

Isännöitsijätodistukseen sisältyvä energiatodistus päivitetään käytännössä kerran vuodessa, ja se on isännöitsijätodistukseen sisältyvänä voimassa kuten isännöitsijätodistus. Isännöitsijä voi antaa vain toteutuneeseen energiankulutukseen perustuvan energiatodistuksen. Taloyhtiön isännöitsijä ja taloyhtiön hallituksen puheenjohtaja ovat asemansa perusteella kelpoisia antamaan hallinnoimansa taloyhtiön isännöitsijätodistukseen sisältyvän energiatodistuksen. Sähköenergian kulutuksen laskenta on määritelty asetuksessa rakennustyyppikohtaisesti erikseen suurille asuinrakennuksille. (Energiatodistus.info 2013.)

3.3 Ikkunoiden energiatehokkuus

Ikkunat ovat rakennuksen vaipan huonoimmin lämpöä eristävä rakenneosia. Ikkunat eivät ole pelkästään lämpöä hukkaavia rakenneosia – niiden kautta saadaan rakennukseen auringon säteilyä, joka pienentää valaistukseen ja lämmitykseen tarvittavaa energiaa. Ikkunoiden lämmöneristyskykyä on yleensä kuvattu muiden rakenneosien tapaan lämmönläpäisykertoimella, eli U-arvolla (yksikkö W/m^2K).

Pelkkä U-arvo ei kuitenkaan kerro kaikkea ikkunan energiatehokkuudesta. Auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin, g-arvo, kertoo kuinka hyvin ikkuna hyödyntää auringon säteilyenergiaa. Lisäksi koko ikkunarakenteen (lasi, karmit ja puitteet) ilmantiiveys on energiankulutuksen kannalta merkittävä asia. (Motiva 2012.)

Ikkunoiden energialuokitus on kehitetty, jotta kuluttajat voisivat mahdollisimman helposti vertailla eri ikkunamallien energiatehokkuutta. Energialuokituksessa lasketaan U-arvon, g-arvon sekä ikkunan ilmanpitävyyden mukaan vertailuarvo E, jonka yksikkö on kWh/m²,a. Esimerkiksi E-arvo 100 kWh/m²,a tarkoittaa, että jokainen ikkunaneliömetri kuluttaa 100 kWh energiaa vuodessa. (Motiva 2012.)

TAULUKKO 2. Ikkunoiden energiatehokkuusluokat.

Luokka	E-arvo
A++	≤ 45
A+	< 65
A	< 85
B	< 105
C	< 125
D	< 145
E	< 165
F	< 185
G	≥ 185

EnergiaIKKUNA

Valmistaja
Malli

Yritys Oy
Ikkunamalli 123

Vähän kuluttava



Paljon kuluttava

E-arvo (laskennallinen vuotuinen
energiankulutus, kWh/m²/a)

00

(Perustuu luokitusjärjestelmän laskenta-
kaavaan ja 1,23 x 1,48 m kokoiseen ikkunaan)

$$E = 140 \times U - 160 \times g + 20 \times L$$

Todelliseen energiankulutukseen vaikuttavat
myös sisälämpötila, ilmasto ja ilmansuunta

Lämmönläpäisykerroin (U), W/m ² K	0,00
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy (g)	0,00
Ilmanvuoto (L), m ³ /m ² , h	0,00

Vapaaehtoinen energiamerkintä.

"Energiaikkuna" on Puutuoteteollisuus ry:n
rekisteröimä tuotemerkki

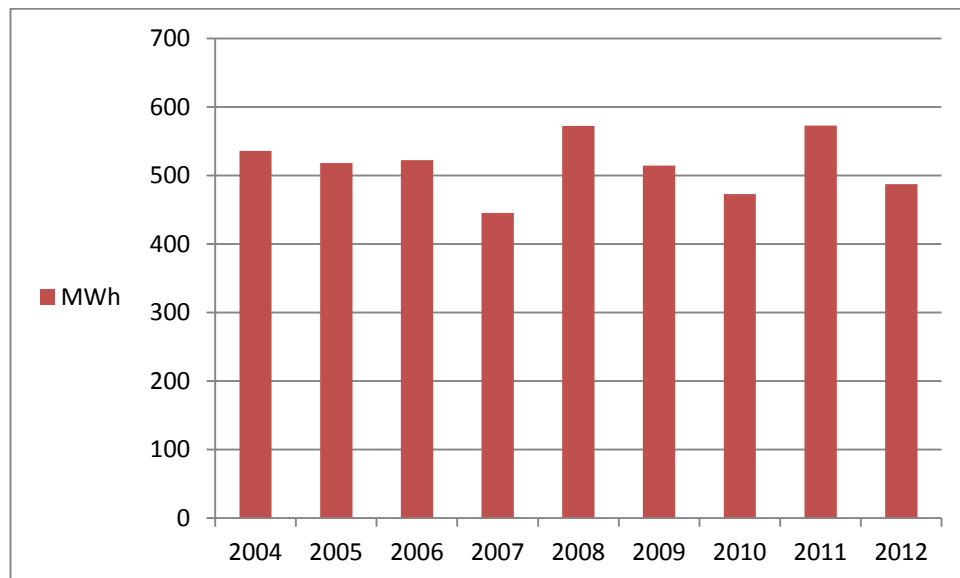


KUVIO 3. Ikkunan energiatehokkuuden ilmoittaminen (Motiva 2013 b.)

4 KRAPUVIRRRAN KIIINTEISTÖJEN ENERGIANKULUTUS

4.1 Kaukolämmön kulutus

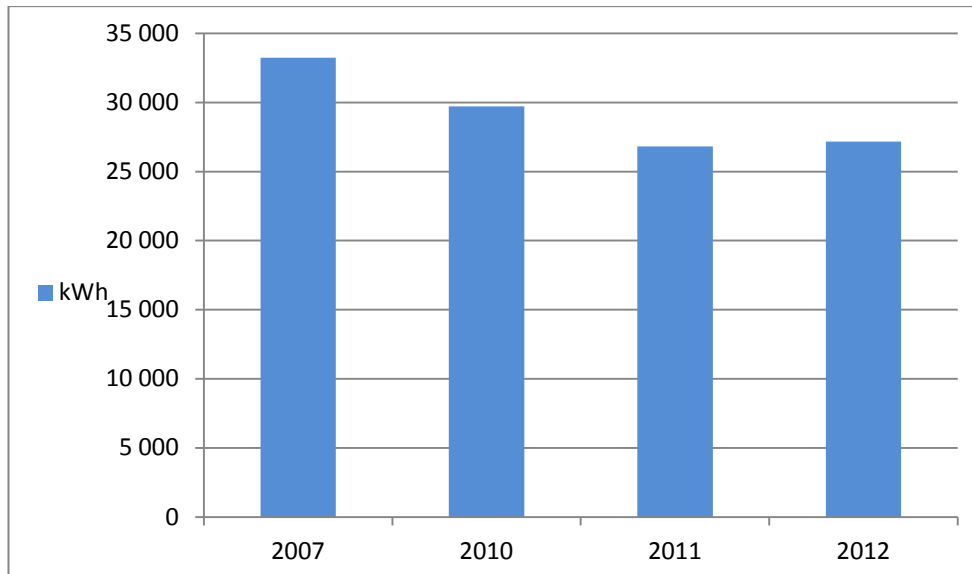
Vuosina 2004...2012 kaukolämmön kulutus on ollut 440...580 MWh.



KUVIO 4. Kerrostalojen kaukolämmön kulutus vuosilta 2004...2012.

4.2 Sähkönkulutus

Kerrostaloissa on sähkönkulutuksen vaihtelu ollut todella pientä vuosien varrella. Kerrostalo Oulaistenkatu 26 käyttää enemmän kiinteistösähköä, noin 17 000 kWh. Kerrostalo Oulaistenkatu 24 n. 10 000 kWh, koska siinä on enemmän liikehuoneistoja sähkökäyttäjinä



KUVIO 5. Kerrostalojen yhteinen sähkönkulutus vuodessa

4.3 ET-luku ja ominaiskulutuksen laskenta

Ominaiskulutus kuvaa asiakkaan lämmönkulutusta yhtä rakennuskuutiometriä kohden (kWh/m³) vuodessa.

Energiatehokkuus luku (ET-luku):

$$\text{ET-luku} = \frac{\text{kWh}_s + \text{kWh}_K}{A} \quad (1)$$

missä kWh_s on sähkönkulutus (kWh), kWh_K on kaukolämmönkulutus (kWh) ja A on bruttopinta-ala (m²).

Sähkön ominaiskulutus:

$$\text{Ominaiskulutus} = \frac{\text{kWh}_s}{V} \quad (2)$$

missä kWh_s on sähkönkulutus (kWh) ja V on yksikön tilavuus (m³).

TAULUKKO 3. Rakennuksen ET-luvun ja ominaiskulutuksen laskenta

Suure	Arvo
Pinta-ala yhteensä	2583 m ²
Tilavuus	10980 m ³
Sähkönkulutus	33250 kWh/a
Kaukolämmönkulutus	499060 kWh/a
ET-luku	161 (D) kWh/brm ² /vuosi
Ominaiskulutus	3,0 kWh/rm ³

Energiatehokkuus luku perustuu toteutuneisiin kulutustietoihin vuodelta 2007. ET-luvulla 161 rakennukset saavat energiatehokkuusluokituksessa arvosanan D.

TAULUKKO 4. Kerrostaloyhtiön energian kulutus

Vuosi	Kaukolämmönkulutus	Sähkönkulutus	Ominaiskulutus
2007	499 MWh	33 250 kWh/a	3,0 kWh/rm ³
2010	473 MWh	29 726 kWh/a	2,7 kWh/rm ³
2011	573 MWh	26 826 kWh/a	2,4 kWh/rm ³
2012	487 MWh	27 166 kWh/a	2,4 kWh/rm ³



Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 3 mukainen.

KUVIO 6. Energiatodistus

RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS			
Energiatehokkuusluvun laskenta			
Lämmitysenergian kulutus		519192 kWh/vuosi	
Kiinteistösähkön kulutus		33250 kWh/vuosi	
Jäähdytysenergian kulutus		0 kWh/vuosi	
Yhteensä		552442 kWh/vuosi	
Rakennuksen bruttoala		3425 brm ²	
Rakennuksen energiatehokkuusluku		161 kWh/brm²/vuosi	
Toteutuneet energian ja veden kulutukset			
Kulutuskohte	Kulutus	Yksikkö	Vuosi
Lämmitysenergia			
Kaukolämpö	499060	kWh	2007
Kiinteistösähkö			
Mitattu kiinteistösähkö	33250	kWh	2007
Jäähdytysenergia			
Kaukojäähdytys		kWh	
Jäähdytys­sähkö		kWh	
Vedenkulutus			
Kokonaiskulutus	2468	m ³	2007
Lämpimän veden kulutus		m ³	
Toteutuneiden kulutusten muuntaminen energiatehokkuusluvun laskentaa varten			
Vertailupaikkakunta: Oulainen			
Normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla: 5170			
Vuoden 2007 lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla: 4648			
Paikkakunta­kohtainen korjauskerto­in Jyväskylään k ₂ : 0.94			
Lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde: 1			
Lämpimän käyttöveden energiakulutus: 40% * 2468 * 58 kWh/vuosi = 57257,6 kWh/vuosi			
Lämmitysenergian kulutus: 0.94 * (5170 / 4648) * (499060 - 57257,6) + 57257,6 = 519192			
Rakennuksen sisäilma­sto sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä			
Painovoimainen ilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Ulkoilmaventtiilit	<input type="checkbox"/>
Koneellinen poistoilmanvaihto	<input checked="" type="checkbox"/>	Tuloilman suodatus	<input type="checkbox"/>
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Lämmöntalteenotto	<input type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa: <u>Kaukolämpö</u>		Jäähdytys	<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihdon ilmavirrat on mitattu ja todettu riittäviksi vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihtojärjestelmä on puhdistettu ja tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmastoinnin kylmä­laitteiden kunto ja energiatehokkuus on tarkastettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Lämmitys­järjestelmä on tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>

KUVIO 7. Energiatodistus

5 LÄMPÖKUVAUKSET

5.1 Yleistä

Jaoimme tammikuussa jokaiseen asuntoon kyselylomakkeen asukkaille (LIITE 1). Vastausten mukaan kartoitimme kylmät huoneistot, joissa kävimme kuvaamassa mahdollisia lämpövuotoja. Suoritimme kerrostalon lämpökamerakuvaukset 20.2.2013 yöpakkasten jälkeen. Kuvauspäivänä soitimme asukkaille. Tarkistimme, olivatko he kotona ja sovimme, milloin tulemme kuvaamaan huoneiston. Aloitimme kuvaukset viidessä liikehuoneistossa, joissa oli eniten lämpövuotoja joista tiedettiin ennakkoon. Kyselyn perusteella kävi ilmi, että eniten kylmiä huoneistoja oli pohjoispuolella, jotka kartoitimme kyselyihin vastanneiden ihmisten perusteella. Kyselylomakkeen vastaukset (LIITE 2-4.)

5.2 Kuvausmenetelmät

Kuvaajan ammattitaito punnitaan vasta kuvia tulkittaessa ja lämpökuvausraporttia tehdessä. Onnistuneenkin kuvan voi tulkita väärin, mikä johtaa hyvin helposti väärään lopputulokseen, pahimmillaan jopa turhiin korjaustöihin. (Luiro 2012.)

Lämpövuotojen etsintä ja korjaus vaatii tekijältään osaamista. Ensin on varmistuttava vuotokohdista, joiden perusteella tehdään korjaussuunnitelma. Paras keino vuotokohtien löytymiseen on lämpökamerakuvaus. Vuotokohtien korjaaminen vaatii työn tekijältä suunnitelmallisuutta ja ongelmanratkaisukykyä, sillä jokainen vuotokohta vaatii omanlaisensa korjaustoimenpiteet. (Luiro 2012)

5.3 Lämpövuodon määritelmä ja laskenta

Lämpövuodon suuruus määritellään lämpötilaindeksillä (TI), joka määrittelee korjausluokan ja korjaustarpeen (TAULUKKO 5)

Lämpötilaindeksi:

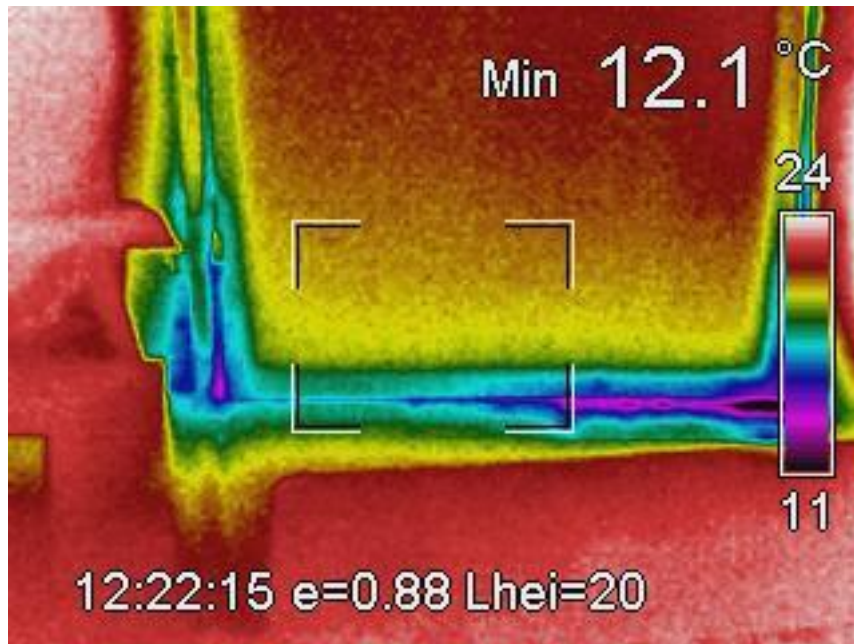
$$TI = \frac{(T_{sp} - T_o)}{(T_i - T_o)} \times 100 \% \quad (3)$$

missä T_{sp} on sisäpinnan lämpötila, T_o on ulkoilman lämpötila ja T_i on sisäilman lämpötila. Lämpötilat ilmaistaan Celsius-asteina.

TAULUKKO 5 . Korjausluokkien määritelmä.

Korjausluokka	Määritelmä
1 korjattava, lämpötilaindeksi $TI < 61 \%$	Pinnan lämpötila ei täytä asumisterveysohjeen välttävää tasoa (ilmavuoto, eristevika). Tämä heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa (esim. kosteusvauriot).
2 korjaustarve selvitettävä, $TI = 61...65 \%$	Korjaustarve on erikseen harkittava. Kohde täyttää asumisterveysohjeen välttävän tason, mutta ei täytä hyvää tasoa
3 lisätutkimuksia, $TI = 66...70 \%$	Kohde täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta tilan käyttötarkoitus huomioiden on olemassa kosteus- ja lämpötekni- sen toiminnan riski. Rakenteen kosteustekninen toiminta on tarkistettava tai tehtävä muita lisätutkimuksia (esim. tiiviysmittaus).
4 hyvä, $TI > 70 \%$	Kohde täyttää hyvän tason vaatimukset. Ei korjaustoimenpiteitä.

Lämpötilaindeksillä voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpötekni- stä lämpö- tekni- stä toimivuutta. Lämpötilaindeksin laskemiseksi on määritettävä huoneilman lämpötila, ulkoilman lämpötila ja sisäpinnan lämpötila. (Paloniitty, Kauppinen 2006, 45.)



KUVIO 8. Erään asuinhuoneiston parvekkeen huoneenpuoleinen väliovi.

TAULUKKO 6. Lämpötilaindeksi kuvion 8 esimerkissä.

Ominaisuus	Arvo
Oven sisäpinnan lämpötila T_{sp}	11 °C
Ukolämpötila T_o	-22 °C
Sisälämpötila T_i	21 °C
Lämpötilaindeksi TI	34 %

Korjausluokan määritelmä on 1 eli korjattava. Todennäköisin syy tässä on parvekkeen ulko-oven tiiviste ja ilmavuodot, jotka on nähtävissä.

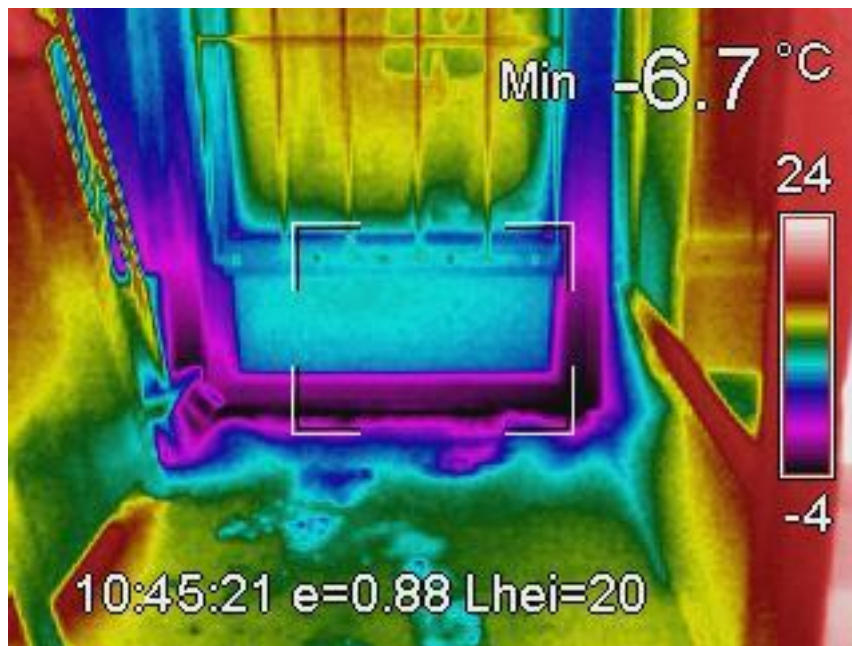
5.4 Liikehuoneistot

Liikehuoneistoissa tutkimme oven reunoja ja sitä edustavaa betonilattiaa, ikkunoiden reunoja, rakennelmien ulkokulmauksia sekä seinien lämpötiloja.

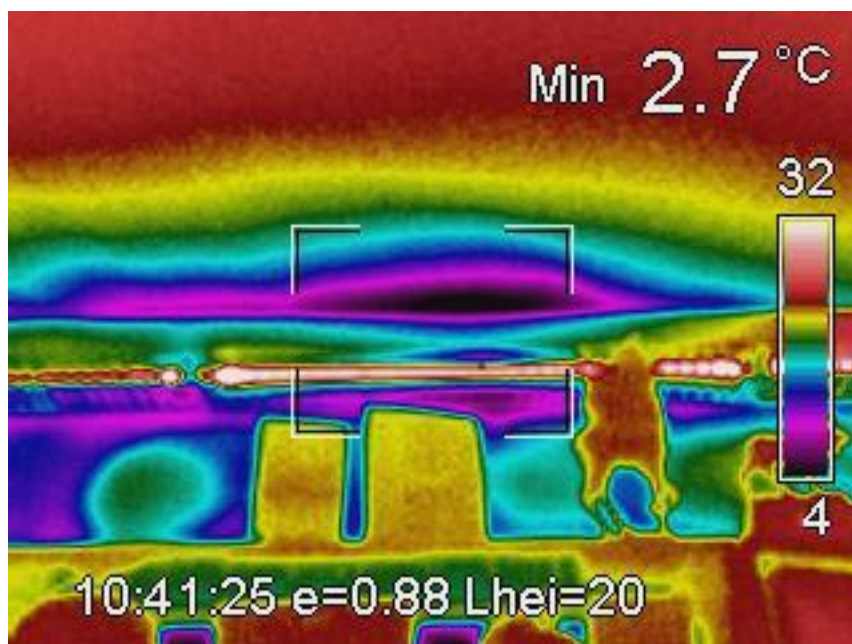
Ulko-ovet oli uusittu vuonna 2009, ja niissä on tuulikaappi. Uudet ovet eivät näytäneet lämpövuotoja mutta sitä ympäröivät rakennelmat on lämpötilaltaan pakkasen puolella. Myös muut liikehuoneistojen ulkoseinää vasten olevissa rakenteissa on lämpöhäviöitä katon ja lattian reunoissa. Tämä johtunee eristyksien ohuudesta liikehuoneistojen rakennelmissa.



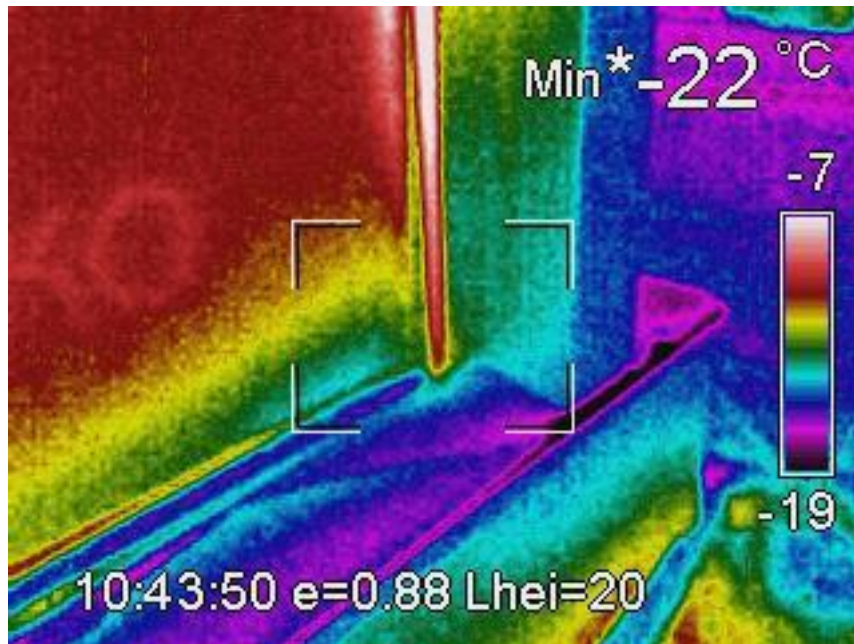
KUVIO 9. Liikehuoneistot



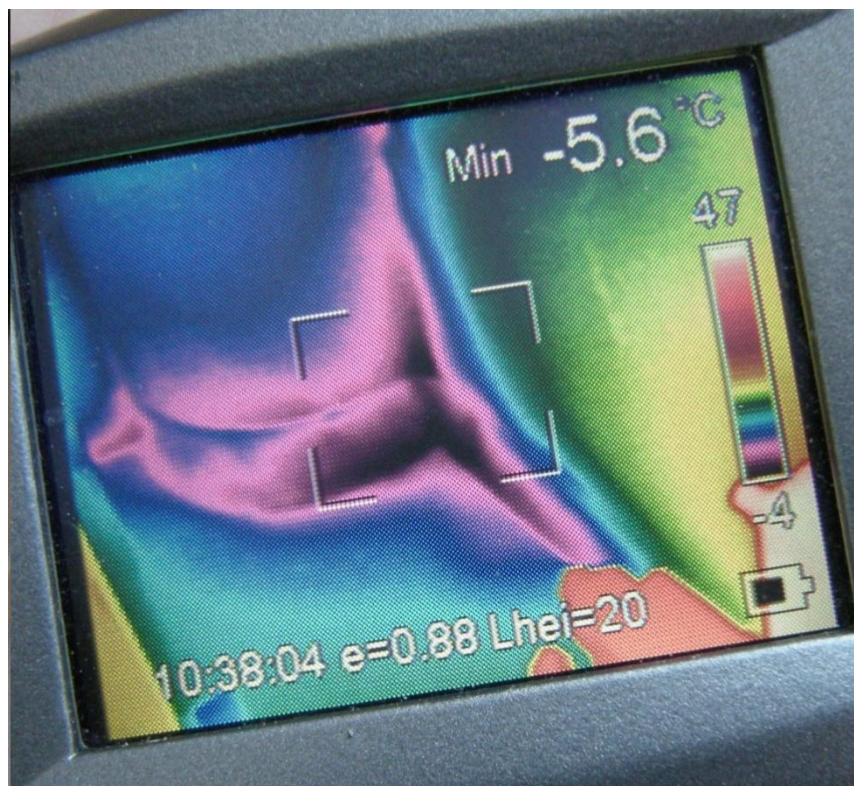
KUVIO 10. Lämpökamerakuva tuulikaapin ulko-oven sisäpuolelta



KUVIO 11. Lämpövuoto katon yläreunassa loiste-putkivalaisimien takana



KUVIO 12. Liikkeen ikkunanurkkaus ulkopuolelta.



KUVIO 13. Liikehuoneiston ulkonurkan lämpötila on -4 °C.



KUVIO 14. Liikehuoneiston nurkka, josta lämpökamerakuva otettu.

Liikehuoneistot, jotka sijaitsivat päätykulmauksissa, ovat kylmimpiä suuren ikkunapinta-alan takia. Edellä olevista kuvista näkee selvästi lämpövuodot.

5.5 Asuinhuoneistot

Asuinnoista ilmeni, että kohderakennusten eri huoneistoissa kuvaukset osoittivat, että jokaisessa huoneistoissa oli samankaltaiset lämpövuodot muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Esimerkkinä on eräs päätyhuoneisto, jossa ulkoseinien nurkat ovat ilmeisesti huonosti eristettyjä tai pettäneet ajan saatossa. Lisäksi huoneen päätyseinän viereinen yläkaappi oli selvästi muuta huoneistoa 15 °C kyl-

mempi, mikä on merkki lämpövuodosta rakenteissa. Alemmasta kuvasta käy ilmi seinän lämpövuoto.



KUVIO 15. Makuuhuoneen ikkunan viereisen seinän lämpövuoto ulkonurkassa.

5.6 Korjausten kannattavuus taloudellisesti

Lämpövuodon korjausten taloudellista kannattavuutta on vaikea arvioida. Yleisen käsityksen mukaan helposti korjattavat vuodot on taloudellisesti kannattavaa korjata, kuten esimerkiksi yleinen ikkunan ja seinän välinen vuoto. Laajat ulkovaipan korjaukset, joilla pyritään parantamaan rakennuksen lämpötaloutta, ovat harvoin kannattavia pelkkinä energiasäästöinvestointeina. Jos rakenteita joudutaan avaamaan enemmän lämpövuotoa korjatessa ja korjaustyö vie enemmän asentajan työtunteja, muuttuu korjaus helposti taloudellisesti kannattamattomaksi. (Luiro 2012, 6, 8-9.)

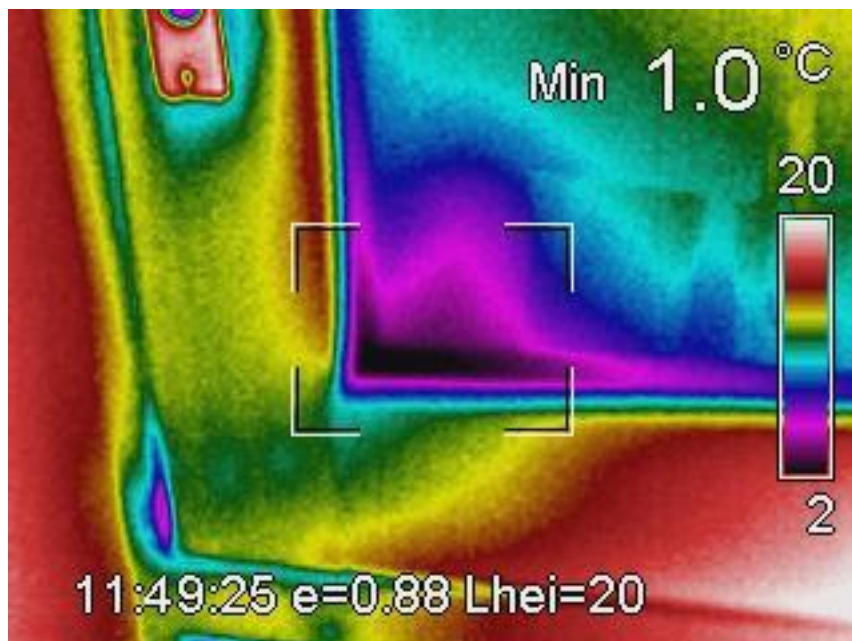
6 TAPOJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEEN

Kohderakennusten lämpöhäviöitä tulee ikkunoista ja parvekkeen ovista sekä tuuletusluukuista. Lämpökuvia otettaessa ulkolämpötila oli - 22 °C.

6.1 Ikkunat

6.1.1 Asuinhuoneistot

Asuinhuoneistoissa on edelleen alkuperäiset kolminkertaiset ikkunat, jotka on asennettu rakennusvaiheessa vuosina 1982 ja 1985. Karmien ja puitteiden väliset eristykset ovat kuluneet. Seuraavassa on lämpökameralla otettuja kuvia ikkunoista asuinhuoneistoista. Kuviossa näkee, miten ikkunat vuotavat lämpöä.



KUVIO 16. Lämpökamerakuva ikkunasta

Seuraavassa on laskettu ikkunoiden energian kulutusta. Ikkunat ovat MSK-mallisia sisäänaukeavia kolmipuitteisia kolmilasisia ikkunoita. Ikkunoiden U-arvo on $2,0 \text{ W/m}^2$, joka on tyypillinen 1970- ja 1980-luvulla rakennetuissa rakennuksissa. Kaukolämmön arvona käytimme $64,70 \text{ €/MWh}$. Laskimme energiankulutuksen ja -häviön kerrostalon asuinhuoneiden ikkunoiden pohjalta, jotka ovat 26 rakennuksella $110,04 \text{ m}^2$ ja 24 rakennuksella $180,32 \text{ m}^2$.

Ikkunoiden energiankulutus:

$$E = A E_I \quad (4)$$

missä E on ikkunoiden energiakulutus (kWh), A on Ikkunoiden pinta-ala (A) ja E_I on Ikkunoiden E-arvo (kW/m^2).

Ikkunoiden energiahäviö:

$$E_{IH} = E \epsilon_K \quad (5)$$

missä E_{IH} on ikkunoiden energiahäviö (kWh), E on ikkunoiden energiankulutus (kWh) ja ϵ_K on kaukolämmön hinta (€/MWh)

TAULUKKO 7. Nykyisten asuinhuoneistojen ikkunoiden (luokitus F) energiankulutus ja -häviö

Ikkunoiden pinta-ala	290,36 m ²
Ikkunoiden E-arvo	200 kW/m ²
Ikkunoiden energiankulutus	58 072 kWh
Energiahäviökustannus	3757,72 €

Verrataan vanhaa kolmilasista ikkunaa uuteen energiatehokkaaseen ikkunaan ja miten paljon uusilla ikkunoilla voitaisiin säästää. Vertailukohteena käytimme Watti Eko-energiaikkunaa, jonka arvot löytyivät valmistajan sivuilta. U-arvo 0,66 W/ m², ja ikkunoiden E-arvo 42 kW / m². Uudet arvot alla olevassa taulukossa.

TAULUKKO 8. Uusien ikkunoiden (luokitus A++) energiankulutus ja -häviö

Ikkunoiden pinta-ala	290,36 m ²
Ikkunoiden E-arvo	42 kW/ m ²
Ikkunoiden energiankulutus	12 181,68 kWh
Energiahäviökustannus	188,2 €

Vertailussa uudet ikkunat vähentävät kaukolämmön kulutusta noin 40 000 kWh joka perustuu TAULUKKO 7. ja 8. ikkunoiden energiankulutuksen erotukseen. Vuotuinen säästö rahallisesti olisi vuosittain 3190 €.

6.1.2 Liikehuoneistojen ikkunat

Liikehuoneistoissa on alkuperäiset kaksinkertaiset lasi-ikkunat. Nykyisten lasien U-arvo on $2,0 \text{ W/m}^2$. Vertailussa käytimme huippunykyäikäistä auringonsuoja-selektiiviä ulkolasia. Sisälasina oli normaali selektiivilasi, välitiloissa on argonkaasu. Niiden U-arvo on vain $0,65 \text{ W/m}^2$.

TAULUKKO 9. Nykyisten liikehuoneistojen ikkunoiden (luokitus F) energiankulutus ja energiahäviö

Ikkunoiden pinta-ala	99,25 m ²
Ikkunoiden E-arvo	200 kW/ m ²
Ikkunoiden energiankulutus	19850 kWh
Energiahäviökustannus	1284 €

TAULUKKO 10. Uusien ikkunoiden (luokitus A+) energiankulutus ja -häviö

Ikkunoiden pinta-ala	99,25 m ²
Ikkunoiden E-arvo	65 kW/ m ²
Ikkunoiden energiankulutus	6451,25 kWh
Energiahäviökustannus	417 €

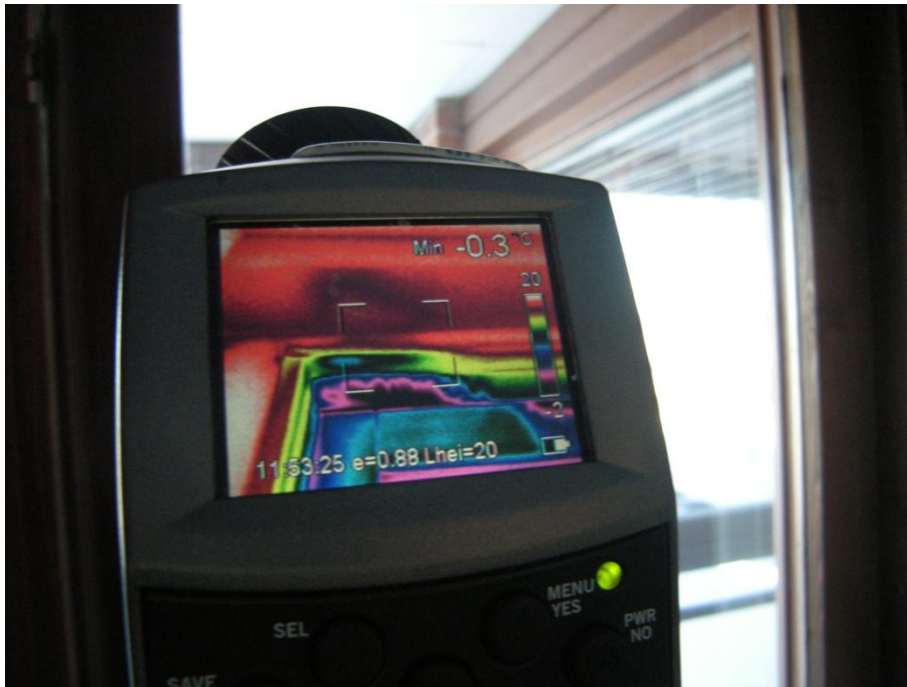
6.2 Parvekkeen ovet ja -lasitus

6.2.1 Parvekeovet

Parvekkeen tuplaovet ovat rakennusaikaista perua. Niissä on yksinkertainen lasi. Ovien tiivisteet ovat kuluneet aikojen saatossa ja menettäneet eristämiskykynsä. Niissä on eristevikoja ja ilmavuotoja. Lisäksi parvekkeen sisäoven tiivisteet ovat kuluneet tai pudonneet pois. Osa asukkaista on laittanut omia tiivisteitä oviin. Kerrostaloissa on vain joissakin asunnoissa lasitettu parveke, joka oli vapaaehtoinen hankinta. Suurimmassa osassa asuntoja parvekkeella ei ole minkäänlaisia parvekelaseja.



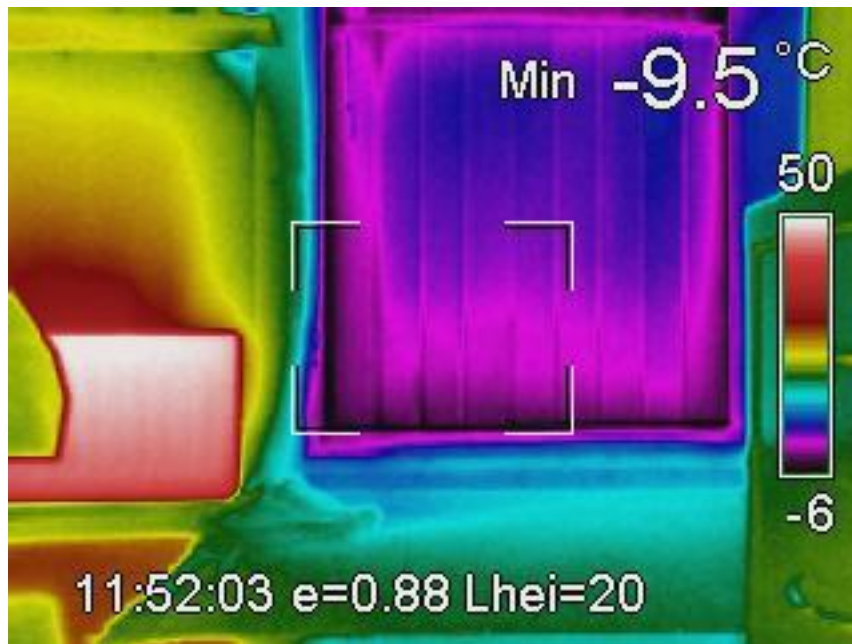
KUVIO 17. Kerrostalon Oulaistenkatu 26 julkisivu sisäpihalta maaliskuussa



KUVIO 18. Parvekkeen ulko-oven yläreunassa on ilmavuoto



KUVIO 19. Parvekkeen ulko-oven yläreunassa on ilmavuoto, kuvattu samasta kohdasta kuin KUVIO 18.



KUVIO 20. Parvekkeen ulko-ovessa on eristevika, vieressä on lämpöpatteri.

6.2.2 Parvekkeen lasittaminen

Parvekkeen lasittaminen muodostaa puskurivyöhykkeen rakennuksen ja ulkotilan väliin. Tämä vyöhyke pienentää lämpötilaeroja ja siten julkisivun lämpöhäviöitä 15-20% lasitetun parvekkeen kohdalla.

ARA:n tutkimukseen viitaten lasitettujen parvekkeiden huoneistojen sisälämpötilat olivat keskimäärin 0,5 astetta kylmempiä kuin lasittamattomien. Lasitettujen parvekkeiden ilmanottoakkunat saavat täten 0,5 astetta lämpimämpää tuloilmaa huoneistoon ja samalla estävät suoran kylmän vedon huoneistoon. Näin asukkaat olivat useassa asunnossa reagoineet vähentyneeseen vedontunteeseen ja säätäneet itse sisälämpötilansa jopa yli 1,0 astetta viileämmäksi. Motiva Oy arvion mukaan sisälämpötilan laskeminen yhdellä asteella tuottaa 5 % energiansäästön rakennuksen mittakaavassa.

Energiansäästö kerrostalohuoneistossa Suomessa oli 3,4...10,7 %, keskimäärin 5,9 %. Eniten energiaa säästy 1970-luvun elementtikerrostaloissa. Etenkin tuloilmaratkaisu vaikutti energiansäästöön.

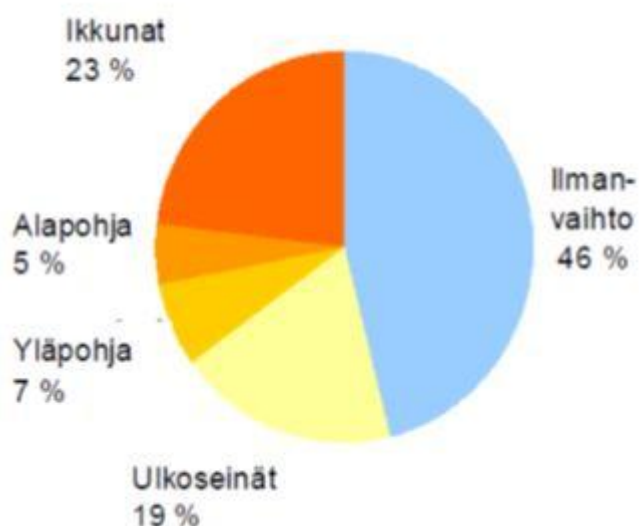
Energiansäästön edellytyksenä on, ettei parvekettä lämmitetä millään ylimääräisillä laitteilla ja että laseja pidetään lämmityskaudella ensisijaisesti kiinni sekä kesällä auki. (Hilliaho 2013.)

6.3 Poistoilman talteenottojärjestelmä.

6.3.1 Yleistä

Nykyisellään rakennuksella on vain käytössä koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Toisin sanoen järjestelmä poistaa lämmintä ilmaa hukkaan talvella. Tämän seurauksesta järjestelmä ei ole energiatehokas. Rakennusten energiatehokkuutta voitaisiin parantaa huomattavasti ottamalla käyttöön poistoilman talteenottojärjestelmä.

Suomen kerrostalokannan ilmanvaihto 1960-luvulta aina 2000-luvulle asti on toteutettu pääosin koneellisella poistolla. Näissä kerrostaloissa koneellisen poiston lämpöhäviöt ovat VTT:n tutkimuksen mukaan jopa 46 % kokonaislämpöhäviöistä. Poistoilman lämpö voidaan nykytekniikalla ottaa tehokkaasti talteen ja palauttaa kiinteistön lämmitykseen (Enermix 2013.)



KUVIO 21. Kerrostalojen energiahäviöt

6.3.2 Toimintaperiaate

Poistoilman lämmöntalteenottoyksikkö sijoitetaan kiinteistön katolle huippuimurin yhteyteen. Poistoilman lämmöntalteenottoyksikössä on lämmönvaihdin, jossa kiertää viileä, noin 0-asteinen lämmönkeruuneste. Kun kiinteistöstä poistuva lämmin ja kostea sisäilma virtaa lämmönvaihtimen läpi, huoneilmasta siirtyy lämpöenergiaa lämmönvaihtimessa kiertävään lämmönkeruunesteeseen. Lämmönvaihtimeen tuleva sisäilma on 21...22-asteista ja siitä poistuva ilma 4...5-asteista. (Senera Oy 2013.)

Lämmönkeruuneste kiertää rakennuksen sisälle asennetussa tai rakennuksen ulkoseinään kiinnitetyssä omassa koteloidussa putkistossaan. Lämmönkeruuneste siirtää poistoilmasta talteen saadun lämmön lämpöpumpulle. Lämpöpumppu hyödyntää poistoilmasta talteen otetun lämmön lämpimän käyttöveden tai rakennuksen lämmönjakoverkostossa kiertävän veden lämmityksessä.

Poistoilman lämmön talteenottojärjestelmä on yksinkertainen toteuttaa ja sen avulla voidaan saavuttaa huomattavat säästöt lämmitysenergian kulutuksessa. (Senera Oy 2013.)

6.3.3 Hyötysuhde

Hyötysuhde on periaatteessa paljasluku joka on aina < 1 . Käytännössä hyötysuhde useimmiten ilmoitetaan prosentteina.

Hyötysuhteen laskentakaava:

$$\eta = \frac{antoteho}{ottoteho} = \frac{P_{anto}}{P_{otto}} \quad (6)$$

Hyötysuhde ei ole aina yksikäsitteinen. Käytännössä hyötysuhteella tarkoitetaan monesti, kuinka tehokkaasti tuotetta voidaan muuttaa toiseksi. Esimerkiksi polttoainetta sähköksi.

$$\eta [\%] = \frac{P_{anto}}{P_{otto}} \cdot 100 \quad (7)$$

Lämmöntalteenoton hyötysuhde kuvaa, kuinka suuri osa lämmöstä saadaan talteen. Seuraavana esimerkkilasku LTO hyötysuhteen laskemiseksi lämpötiloineen.

TAULUKKO 8. Esimerkkilaskun lämpötilat

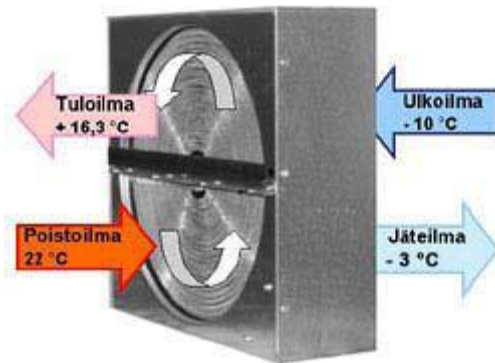
Ulkoilma	-10 °C
Tuloilma	16,3 °C
Poistoilma	22 °C
Jäteilma	-3 °C

Lämpötilaero lasketaan poisto- ja ulkolämpötilan erotuksella $22+10=32$

Huoneen lämpenemä lasketaan ulko- ja tuloilman summalla $10+16,3=26,3$

Lopuksi huoneen lämpenemä jaetaan lämpötilaerolla.

$$\eta = \frac{26,3}{32} \cdot 100 = 82\% \quad (8)$$



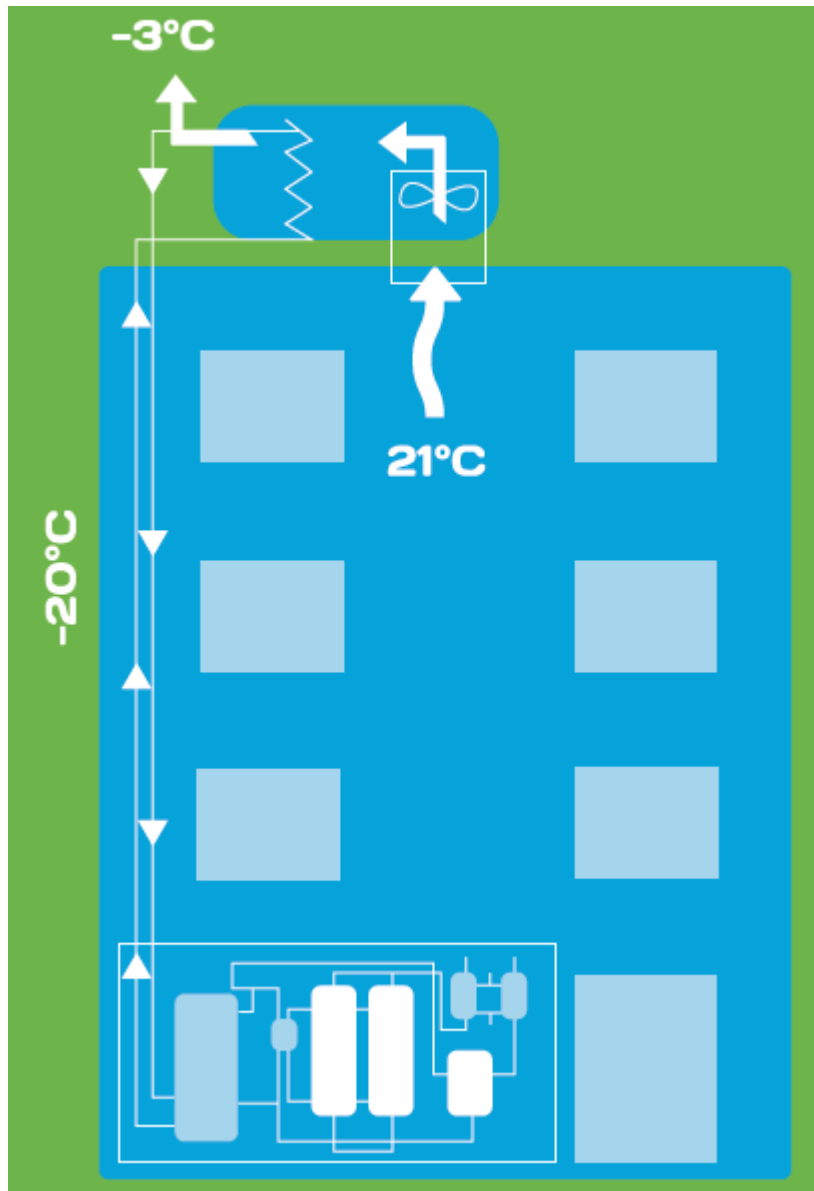
KUVIO 22. Pyörivä LTO, edeltävän esimerkkilaskun arvoilla.

Laitevalmistajat ilmoittavat yleensä lämpötilahyötysuhteelle standardin mukaisissa testausolosuhteissa mitatun arvon. Yleensä lämmöntalteenoton (LTO) kautta johdettavat tulo- ja poistoilmavirrat eivät ole yhtä suuret, ja tällöin myös poistoilman lämpötilahyötysuhde on eri kuin tuloilman. Standardin mukaan voidaan hyötysuhteet tulo- ja poistoilmalle testata myös erisuurilla ilmavirroilla.

(Talotekniikka.eu 2013.)

Hyötysuhde riippuu myös olosuhteista. Vuosihyötysuhde kuvaa vuoden aikana talteen otetun lämpömäärän suhde ilmanvaihdon lämmityksen vuodessa tarvitsemaan lämpömäärään. (Talotekniikka.eu 2013.)

Vuosihyötysuhteessa otetaan huomioon se, että ulkoilman ollessa hyvin kylmää voidaan lämmöntalteenottoa joutua rajoittamaan lämmönsiirtimen jäätyksen estämiseksi, ja että kesällä ei rakennuksessa ole lämmitystarvetta, jos ulkoilma on vain vähän viileämpää kuin huoneilma. (talotekniikka.eu 2013.)



KUVIO 23. Poistoilman talteenottojärjestelmän periaatekuva.

6.4 Patteriverkoston perussäätö

6.4.1 Yleistä

Kyselylomakkeista ilmeni lämpötilojen epätasaisuuksia eri huoneistojen välillä. Vesikiertoinen patterilämmitys on alkuperäinen ja vanha. Asuinhuoneistojen lämpötilaero lisää energian kulutusta, koska ihmisten omapäinen säätely aiheuttaa turhaa lämpimän veden pumppausta eri huoneistojen ja kerrosten välillä. Arvioiden mukaan Suomen asuinrakennuskannasta on tällä hetkellä puutteellisesti perussäädetty noin 75 % (Motiva 2013 a.)

6.4.2 Teoria

Patteriverkoston perussäädön avulla pyritään saamaan oikeat ja suunnitellut vesivirrat lämmitysverkoston eri osiin. Perussäädön asetuksista riippuu, kuinka suuri vesimäärä verkoston eri osissa kiertää. Koko verkoston lämmöntuottoa säädetään ulkolämpötilan mukaan menoveden lämpötilaa muuttamalla verkoston vesivirtojen määräytyessä pääasiassa perussäädön asetusten perusteella. (Saato 2013.)

Termostaattiset patteriventtiilit säätävät käytön aikana pattereiden vesivirtoja huonelämpötilan perusteella, suurentaen tai pienentäen niitä. Tällöin huonelämpötila saadaan pysymään lähes vakiona ilmaislämmöstä huolimatta. Patterin teho määräytyy vesivirran ja menoveden lämpötilan perusteella. (Saato 2013.)

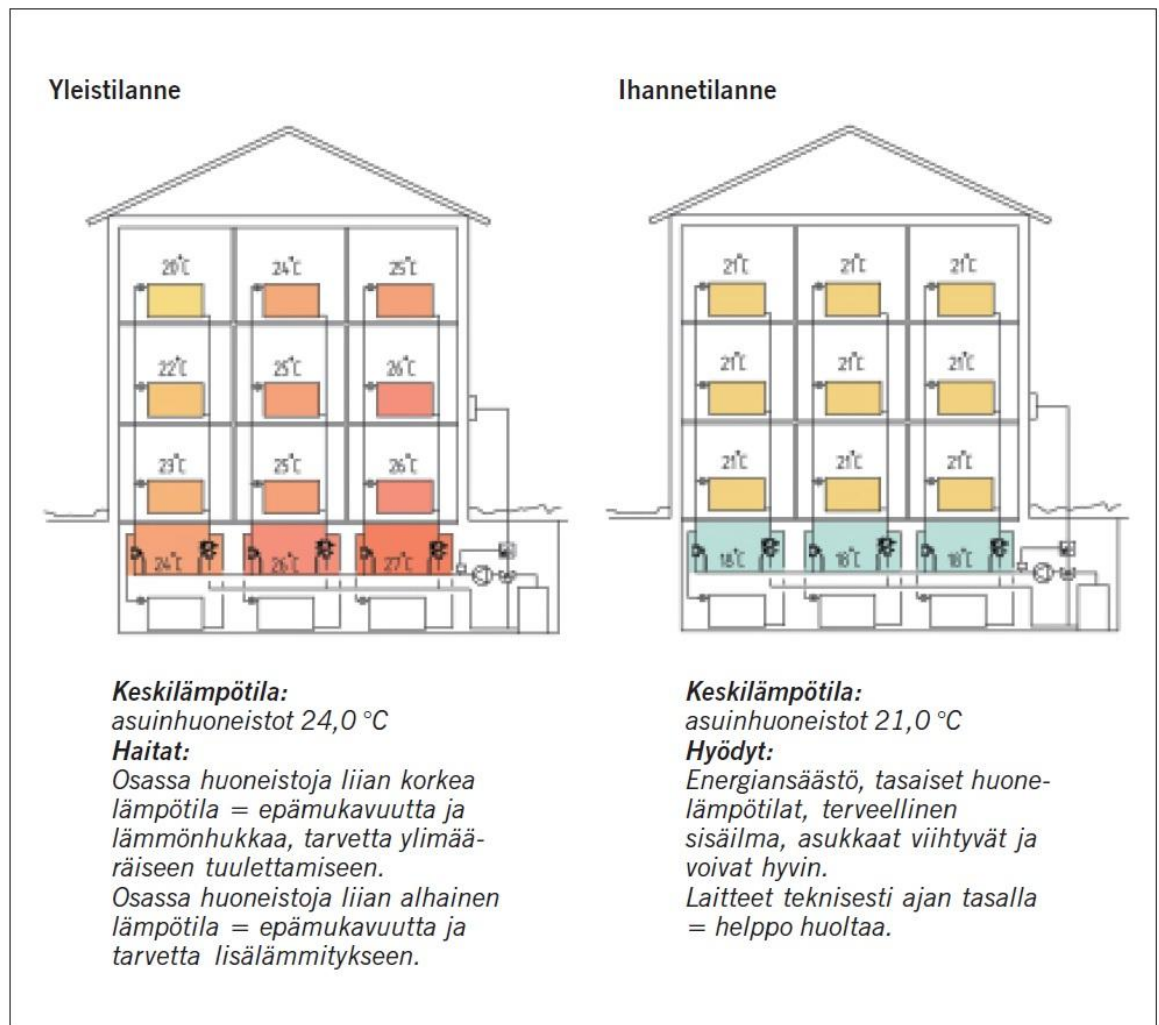
Jos samalla menoveden lämpötilalla patterin vesivirtaa nostetaan, huoneessa oleva senhetkinen kulutusteho jäädyttää patterissa kiertävää vettä vähemmän, koska vesivirta on suurempi. Tästä seuraa, että patterin paluuv veden lämpötila nousee. Huonelämpötila nousee suurentuneen patteritehon vuoksi. (Saato 2013.)

Tästä seuraa, että samalla huonelämpötilan ja ulkolämpötilan erot kasvavat ja lämpöhäviöt kasvavat. Kulutusteho kasvaa. Saavutetaan tasapainotila, patteriteho ja kulutusteho tulevat samaksi, mutta huonelämpötila on noussut jonkin verran. Liian suuri vesivirta joissakin huoneissa nostaa huonelämpötilaa, jos patteriventtiin termostaatti ei ole kytkettynä. (Saato 2013.)

6.4.3 Perussäädön hyödyt

Yhden asteen ylälämpötila aiheuttaa noin 5 %:n lisäyksen rakennuksen lämmityskustannuksissa. Perussäädöllä vaikutetaan oleellisesti lämmitysenergian kulutukseen varsinkin useamman asunnon kiinteistöissä, jolloin tasaiset huonelämpötilat tuovat energiansäästöä 10...15 %. (Motiva 2013.)

Ylälämpötilojen poistuminen vähentää allergiaoireita sekä kuivan ilman ja pölyn aiheuttamia ongelmia. Alilämpötilojen poistaminen puolestaan vähentää kosteutta ja siitä johtuvia bakteri- ja homeongelmia. Perussäädön tuloksena asumismukavuus paranee yli- ja alilämpötilojen tasaantuessa, ja samalla säästetään energiaa. (Motiva 2013.)



KUVIO 24. Lämmitysverkoston perussäätö (Motiva 2013 c)

7 YHTEENVETO

Tutkimme mahdollisia lämpövuotoja asuin- ja liikehuoneistojen rakenteista, mitä tutkimme kyselylomakkeiden vastausten perusteella. Asukkaat suhtautuivat tutkimukseen myönteisesti lämpökuvausten aikana. Onnistuimme paikantamaan lämpövuotoja eri paikoista. Eniten palautetta tuli ikkunoista ja parvekeovista. Näitä voi parantaa ainoastaan uusimalla vanhat ikkunat ja parvekkeen ovet sekä lasittamalla parvekkeet.

Kaikkien asuin- ja liikehuoneiden ikkunoiden uusimisella tulisi säästää kaukolämmön kulutuksesta pois 59 289 kWh, mikä tarkoittaa rahallista säästöä 4435 € vuodessa.

Vuonna 2012 kaukolämmön kulutus oli 487 032 kWh. Patteriverkoston perussäädöllä on mahdollista säästää 10...15 % energiakulutuksesta. Mutta todellinen säästö nähdään vasta perussäädön tekemisen jälkeen. Mahdollista säästöä 10 % alenemisella laskettuna on 47 000 kWh vuodessa. Myös 30 vuotta vanhan patteriverkoston uusiminen lähivuosina, mahdollistaa paremman energiatehokkuuden.

Poistoilman lämmöntalteenotto järjestelmällä säästö on kausikohtaista, se säästää eniten talvikuukausina. Vaikka järjestelmä kuluttaa sähköä, sen hyöty on moninkertainen. Teoreettinen laskelma säästökuluista 50 % hyötysuhteella vuoden 2012 kaukolämmön kulutuksesta tulee tuottamaan säästöä 243 518 kWh vuodessa.

LÄHTEET

Energiatodistus.info 2013. Mikä energia todistus on. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.energiatodistus.info/?page_id=5. Luettu 15.10.2013.

Enermix Oy, 2013. Kerrostalon poistoilman lämmön talteenotto. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.enermix.fi/kerrostalon-poistoilman-talteenotto>. Luettu 15.10.2013.

Enermix Oy, 2013. KUVIO 21, KUVIO 22 ja KUVIO 23. Www-kuva. Saatavissa: <http://www.enermix.fi/kerrostalon-poistoilman-talteenotto>. Luettu 15.10.2013.

Hilliaho, K. 2013. Parvekelasittamisen energiasäästövaikutukset. Nettiartikkeli. Www-dokumentti. Saatavissa:

[http://www.ara.fi/fiFI/ARAtietopankki/Lahiokehittamisen_tietopankki/Kestava_la_hiokorjaaminen_verkkoartikkelit/Parvekelasittamisen_energiasaastovaikutu\(371\)](http://www.ara.fi/fiFI/ARAtietopankki/Lahiokehittamisen_tietopankki/Kestava_la_hiokorjaaminen_verkkoartikkelit/Parvekelasittamisen_energiasaastovaikutu(371)).

Luettu 15.10.2013.

Hilliaho, K. 2010. Parvekelasittamisen energiataloudelliset vaikutukset. Diplomityö. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6765/hilliaho.pdf?sequence=3> . Luettu 15.10.2013.

Luiro, J. 2012. Lämpövuotojen korjaukset puurakenteisessa taloissa. Opinnäytetyö. Luettu 15.10.2013.

Lämmin ikkuna Oy 2009. Energiaikkuna ja ikkunoiden energialuokitukset. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://lamminikkunat.fi/fin/ikkuna- ja ovimallistot/watti_eko_energiaikkunat/

Luettu 15.10.2013.

Motiva 2013 a. Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston, Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>. Luettu 15.10.2013.

Motiva 2012. Ikkunoiden energiatehokkuus. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energia_luokitus/ikkunoiden_energiatehokkuus. Luettu 15.10.2013.

Motiva.2013 b..Www-dokumentti..Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energia_luokitus/luokitusmerkki. Luettu 15.10.2013.

Motiva 2013 c. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt/lammitusverkoston_perussaato Luettu 15.10.2013.

Saato 2013. Patteriverkoston perussäätö. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://saato.wikispaces.com/1.1+Peruss%C3%A4%C3%A4t%C3%B6>. Luettu 15.10.2013.

Senera Oy 2013. Poistoilman lämmön talteenotto. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.senera.fi/Rivi_ja_kerrostalot/Poistoilman_lammon_talteenotto/. Luettu 15.10.2013.

Suomen Standardisoimisliitto SFS RY 2008. Rakennusten energiatehokkuuteen eurooppalaisia standardeja. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sfsedu.fi/www/fi/energia/rakennustenenergiatehokkuus.pdf>. Luettu 15.10.2013.

Suomen Standardisoimisliitto SFS RY 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.sfsedu.fi/www/fi/rakentaminen_ja_arkkitehtuuri/rakennusten_energiatehokkuus/index.php. Luettu 15.10.2013.

Talotekniikka.eu 2013. Lämmöntalteenotto poistoilmasta. Www -dokumentti. Saatavissa: http://www.talotekniikka.eu/tate-lehti/fi_FI/lammontalteenotto/. Luettu 15.10.2013.

LIITTEET

LIITE 1. Kyselylomake

LIITE 2. Kyselylomakkeen vastaukset

LIITE 3. Suureiden tunnukset ja yksiköt

Kysely huoneistojen lämpöhäviöistä

Teemme tutkimusta kiinteistö osakeyhtiö Krapuvirran huoneistojen lämpöhäviöistä tammikuun aikana.

Huoneiston ja rakennuksen numero: _____

Huoneistonne lämpötila 21.-27.1 viikon ajalta:

ma: ____ ti: ____ ke: ____ to: ____ pe: ____ la: ____ su: ____

Koetteko että asunnossa on kylmä kyllä
ei

Jos kyllä, mistä tulee kylmää ilmaa:

Oletteko käyttäneet muita lisälämmityslaitteita kuten sähköpatteria?

kyllä
ei

Jos kyllä niin mitä:

Omat huomiot ja lisätiedot selvityksen tekijöiden avuksi:

Onko mahdollista, että voimme käydä katsomassa ongelma-kohtia tammi-helmikuussa?

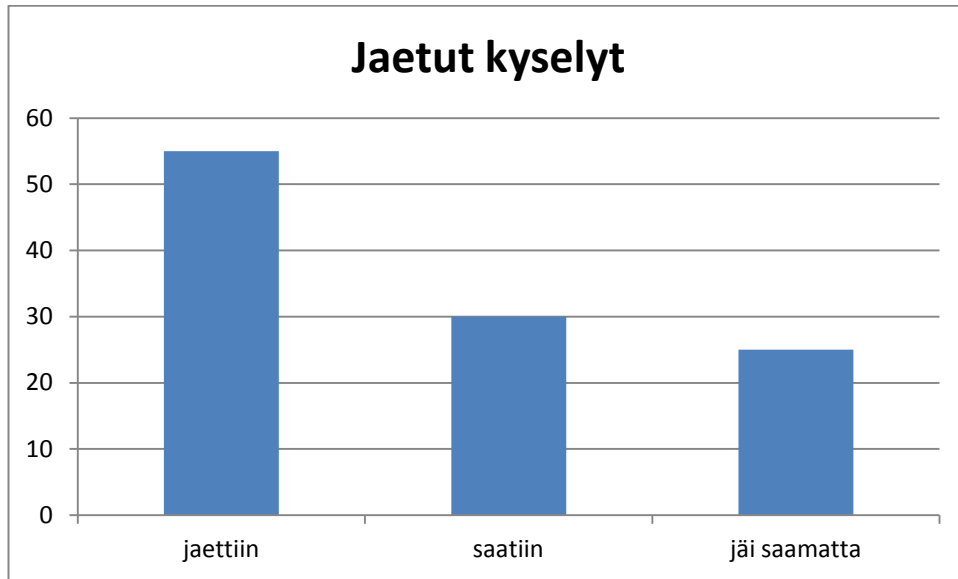
Kyllä
ei

Jos kyllä, puhelinnumero yhteydenottoa varten:

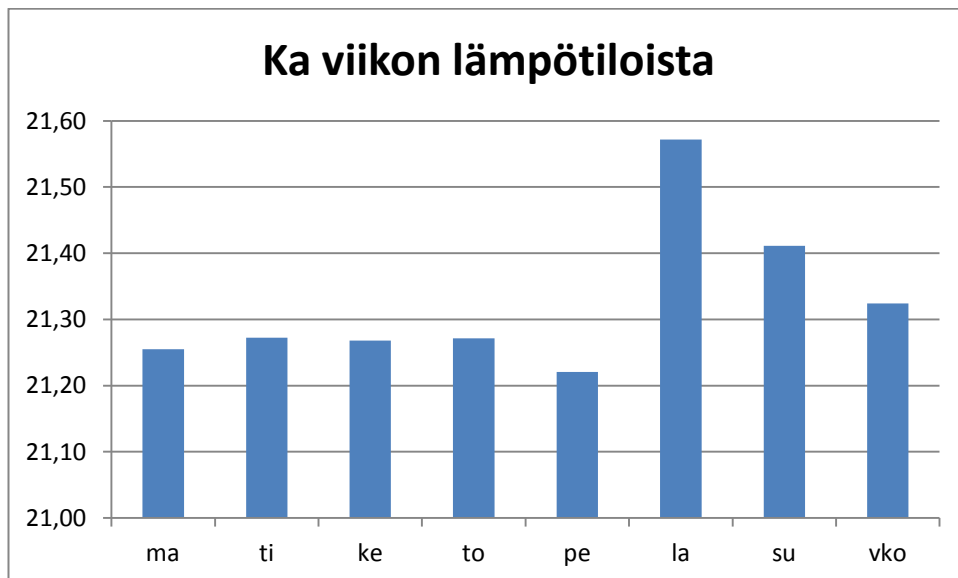
Kyselyiden vastaukset tulee palauttaa 29.1.2012 mennessä Hair & Nails Hende, 26 L11 postilaatikkoon joka on kerrostalojen välisessä syvennyksessä.

Kysely kartoitusta tekevät energiatekniikan insinööri opiskelijat Jukka Saukko ja Tapio Käräjäoja yhteistyössä kiinteistön isännöitsijän kanssa.

LIITE 2/1. Kyselylomakkeen vastaukset

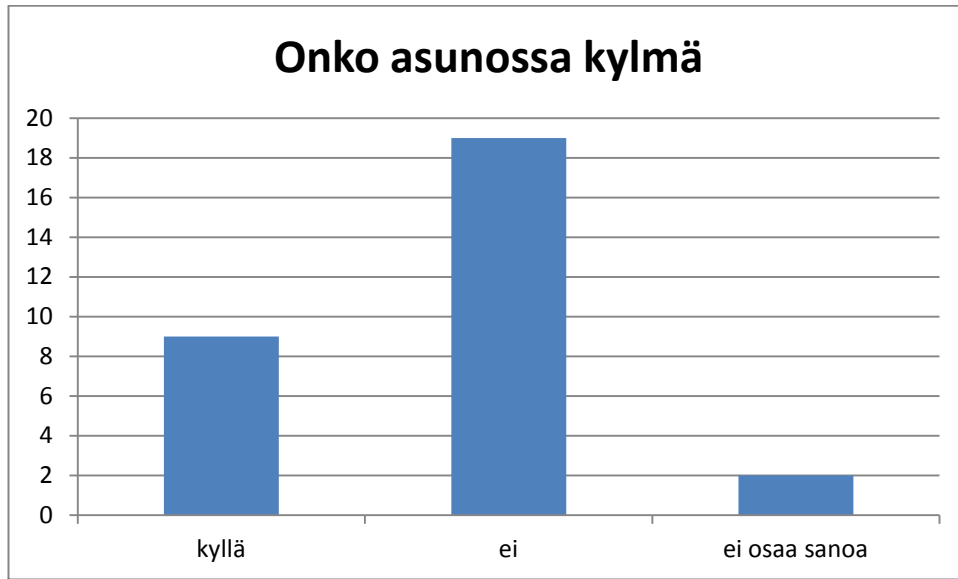


KUVIO 24.

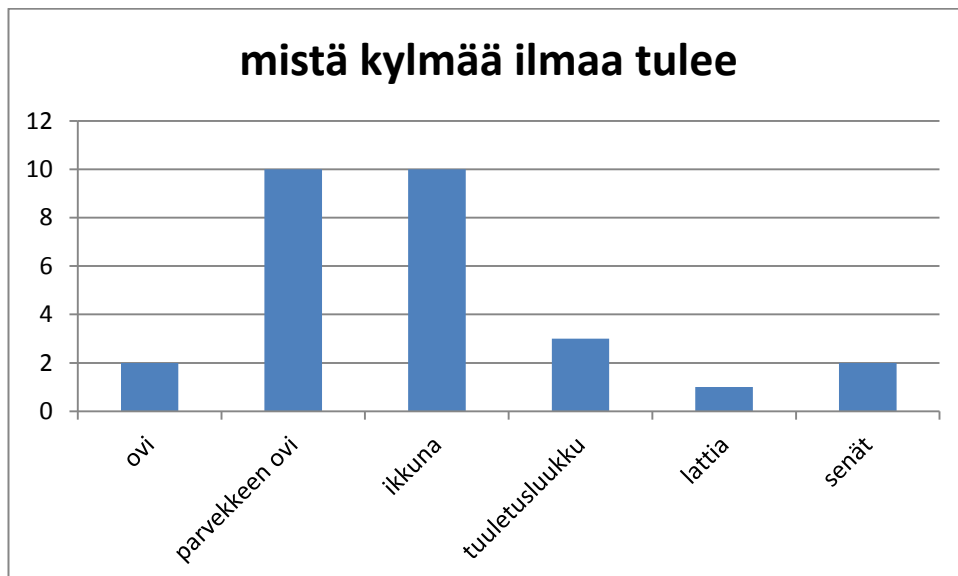


KUVIO 25.

LIITE 2/2. Kyselylomakkeen vastaukset



KUVIO 26.



KUVIO 27.

LIITE 2/3. Kyselylomakkeen vastaukset



KUVIO 28.



KUVIO 29.

LIITE 3. Suureiden tunnukset ja yksiköt

TAULUKKO 11. Yleisiä suureita energiatekniikassa

Tunnus	Suure	Yksikkö
T	termodynaaminen lämpötila	K
t	Celsius lämpötila	°C
Q	lämpömäärä	J
$\phi, (q)$	lämpövirta, lämpöteho	W
$q, (\varphi)$	lämpövirran tiheys	W/m ²
$\lambda, (k)$	lämmönjohtavuus	W/(m · K)
h	lämmönsiirtymiskerroin	W/(m ² · K)
U	lämmönläpäisykerroin	W/(m ² · K)
R	lämmönvastus	m ² · K/W
C	lämpökapasiteetti	J/K
c	ominaislämpökapasiteetti	J/(kg · K)
S	entropia	J / K
s	ominaisentropia	J/(kg · K)
$U, (E)$	sisäenergia	J
u	ominaisenergia	J/kg
H	entalpia	J
$h, (i)$	ominaisentalpia	J/kg
A	pinta-ala	m ²
kWh_s	sähkönkulutus	kWh
kWh_K	kaukolämmönkulutus	kWh
t	aika, ajanjakso	h
T_{sp}	sisäpinnan lämpötila	°C
T_o	ulkoilman lämpötila	°C
T_i	sisäilman lämpötila	°C
V	yksikön tilavuus	m ³
W	laitesähköenergia	J
ET	energiatehokkuusluku	J/m ²
E	energia	J
η	hyötysuhde	%