

# ASUNTO-OSAKEYHTIÖN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Ville Isoniemi

Opinnäytetyö

28.4.2010

Talotekniikan koulutusohjelma

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULUTIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Talotekniikka	Insinööriyö	32	+	3
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
LVI-tekniikka	2010			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Asunto Oy Kiimingin Käpylinna	Ville Isoniemi			
Työn nimi				
Asunto-osakeyhtiön energiatehokkuuden parantaminen				
Avainsanat				
energiankulutus, energiansäästö				

Työssä selvitettiin asunto-osakeyhtiön energiatehokkuuden parantamisvaihtoehtoja. Tutkimus tehtiin asunto-osakeyhtiö Kiimingin Käpylinnan käyttöön. Työhön on sisällytetty energialaskelmiin tarvittavat kaavat ja lähtötiedot.

Työn tekeminen aloitettiin asukaskyselyllä, jonka avulla saatiin tietoa nykyisten ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien käytöstä ja toimivuudesta. Energialaskelmat aloitettiin lähtötietojen hankkimisen jälkeen. Energialaskelmiin tarvittavat määräykset ja ohjeet löytyivät pääasiassa Suomen rakentamismääräyskokoelman osista C4, D2 ja D5. Energiatehokkuusluvun ja -luokan määrittämiseen tarvittavat määräykset ja ohjeet löytyivät Energiatodistusoppaasta. Energialaskelmista saatujen tietojen mukaan arvioitiin eri energiatehokkuuden parantamisvaihtoehtojen kannattavuutta.

Ilmalämpöpumpulla saataisiin säästettyä energiaa jopa 67 - 87 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa, jos sitä käytetään pelkästään rakennuksen lämmitykseen. Ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika olisi 3 - 4,5 vuotta. Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtokoneella saataisiin säästettyä energiaa 16,8 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja parannettua sisäilman laatua. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon takaisinmaksuaika olisi 30 - 40 vuotta. Huoneilman lämpötilatermostaateilla saataisiin tasoitettua asuntojen sisäilmanlämpötilaa ja samalla säästyisi energiaa. Näillä energiatehokkuuden parantamisvaihtoehtoilla ei ole vaikutusta energiatehokkuusluokkaan.

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	5
2 TUTKIMUSKOHDE .....	6
3 ASUKASKYSELY .....	7
4 LASKENNALLISEN JA TOTEUTUNEEN ENERGIANKULUTUKSEN VERTAILU.....	8
4.1 Energiankulutuslaskelmat.....	8
4.1.1 Lämpöhäviöenergiat .....	8
4.1.2 Käyttöveden lämmitystarve .....	13
4.1.3 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat.....	14
4.1.4 Laitesähköenergiankulutus .....	15
4.1.5 Lämpökuormat.....	16
4.1.6 Lämmitysenergiankulutus.....	19
4.1.7 Rakennuksen energiankulutus .....	20
4.2 Laskennallinen ja toteutunut energiankulutus.....	20
5 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISVAIHTOEHDOT .....	22
5.1 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.....	22
5.2 Ilmalämpöpumppu .....	25
5.3 Huoneilman lämpötilatermostaatit .....	27
6 JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISVAIHTOEHDOISTA .....	28
7 YHTEENVETO .....	29
LÄHTEET .....	31

## LIITTEET

Liite 1. Asukaskyselylomake

Liite 2. Lämmönläpäisykertoimet

Liite 3. Rakennuksen lämpöhäviöenergiat ja lämpökuormat

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Asunto Oy Kiimingin Käpylinna -taloyhtiön antamasta aiheesta. Tehtävänä on selvittää taloyhtiön energiatehokkuuden parannusvaihtoehtoja.

Tavoitteena työssä on löytää taloyhtiölle paras teknisten järjestelmien uudistusvaihtoehto ja saada Kiimingin Käpylinnan asukkaille mahdollisimman energiatehokkaat ja sisäilmaolosuhteiltaan hyvät asuinolosuhteet. Järjestelmien uusimisvaihtoehdon löytämiseksi lasketaan rakennuksen teoreettinen energiankulutus ja sitä verrataan rakennuksen toteutuneeseen energiankulutukseen. Syyt mahdollisiin eroihin päätellään energiankulutuslaskelmista ja parannustoimenpiteet arvioidaan sen mukaan.

Asukkaille laaditaan kyselylomake, josta selviävät asukkaiden ilmanvaihtokoneen käyttötapa sekä ajatukset sisäilman laadusta. Energialaskelmia varten selvitetään kaikki tarvittavat lähtötiedot. Energialaskelmat tehdään Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, joka on laadittu Suomen rakentamismääräyskoelman osan D5 kaavoja käyttäen. Taulukko on laadittu talotekniikan koulutusohjelman kurssilla, jonka nimi on Rakennusten energiatalous.

Työssä selvitetään myös teknisten järjestelmien uusimisen kustannukset sekä takaisinmaksuajat ja tehdään taloyhtiölle ehdotus teknisten järjestelmien uudistamistoimenpiteistä. Järjestelmät, joista työssä otetaan selvää, ovat koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmalämpöpumppu ja huoneilman lämpötilatermostaattit.

## 2 TUTKIMUSKOHDE

Taloyhtiö, johon energialaskelmat tehdään, on Asunto Oy Kiimingin Käpylinna. Rakennus on rivitalo, joka on rakennettu vuonna 2005 ja sijaitsee Kiimingin Jäälissä.

Rivitalon asuntojen yhteispinta-ala on 551 m<sup>2</sup>, johon sisältyy seitsemän asuntoa, joiden koko vaihtelee 66 - 90 m<sup>2</sup> välillä. Koko rakennuksen ilmatilavuus on 1 380 m<sup>3</sup> ja bruttopinta-ala 585 m<sup>2</sup>. Ilmanvaihtojärjestelmänä asunnoissa on koneellinen poistoilmanvaihto, jota säädetään Vallox-talotuulettimella. Ilmanvaihtojärjestelmään kuuluvat raitisilmaventtiilit sijaitsevat tuuletusikkunoissa. Asuntojen lämmitysjärjestelmänä on sähköinen varaava lattialämmitys. Lämmitystermostaattien anturit ovat laatassa. Kuudessa asunnossa on lisäksi tulipesä.

Taloyhtiön asukkaat eivät ole olleet tyytyväisiä asuntojensa sisäilmanlaatuun ja energiankulutukseen. Asunnoissa on ilmennyt vetoa, ja ilman lämpötilan säätö on ollut vaikeaa, eikä tasaista lämpötilaa ole saavutettu etenkin talvella. Tämän vuoksi taloyhtiön asukkaat halusivat ottaa selvää mahdollisista vaihtoehdoista, jotka voisivat parantaa sisäilman laatua ja energiatehokkuutta asunnoissa.

### 3 ASUKASKYSELY

Ilmanvaihtokoneen käytön sekä sisäilmanlaadun selvittämiseksi asukkaille toimitettiin asukaskyselylomake (liite 1). Kyselyn tarkoituksena oli saada käsitys siitä, miten asukkaat ilmanvaihtokonetta käyttävät sekä mitä puutteita sisäilmanlaadussa on. Liitteessä 1 on esitetty kyselyn tulokset.

Ilmanvaihtokoneen tehoa säädetään talotuulettimesta, jossa on asennot 1 - 4, eli mitä isompi luku on, sitä suurempi teho. Asukkaiden käyttämä normaali asento talotuulettimessa on sekä kesäisin että talvisin asento 1 tai 2. Asentoa 3 ja 4 asukkaat käyttävät, kun ovat suihkussa tai saunassa ja kun laittavat ruokaa. Aika, jolloin ilmanvaihtokone on täydellä teholla, on keskimäärin talvella tunti vuorokaudessa, ja kesällä vaihtelua on tunnista 4 tuntiin vuorokaudessa.

Raitisilmaventtiilien käytössä on hieman vaihtelevuutta eri asukkailla. Suurimassa osassa asunnoista venttiilit ovat kesäisin täysin auki ja talvisin ne on säädetty pienemmälle. Osassa asunnoista venttiilit ovat yleensä aina kiinni, ja osassa venttiilejä säädelään riippuen siitä, missä huoneissa oleskellaan.

Kolmessa asunnossa asukkaat eivät tunteneet vetoa ollenkaan, mutta muissa asunnoissa veto tuntuu raitisilmaventtiileiden läheisyydessä. Huoneilman lämpötilaa säädetään termostaateista, joiden lämpöanturit ovat lattiassa. Lämmitystermostaattien säätö tuottaa asukkaille vaikeuksia, koska tasaista lämpötilaa ei saavuteta. Raitisilmaventtiileistä tulee tupakan savunhajua ja takasta tulee joskus savunhajua.

Yhteenvetona kyselylomakkeesta voi todeta, että ilmanvaihtokoneen tehonsäätö on asukkailla hallussa, mutta raitisilmaventtiilit pitäisi aina olla auki, jotta ilma vaihtuisi asunnoissa suunnitellulla tavalla. Savunhaju takasta on seurausta siitä, että raitisilmaventtiilit ovat kiinni. Silloin korvausilma tulee savuhormista.

## 4 LASKENNALLISEN JA TOTEUTUNEEN ENERGIAN- KULUTUKSEN VERTAILU

Energialaskelmat suoritettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 2007 mukaan, joka sisältää rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennan ohjeet. Näissä ohjeissa esitettyä laskentamenetelmää voidaan käyttää rakennuksen energiankulutuksen, ostoenergiankulutuksen, lämmitystehon ja kesäaikaisen sisälämpötilan arviointiin. Tarkoituksena on arvioida rakennuksen energiankulutusta laskennallisesti ja verrata sitä toteutuneeseen energiankulutukseen.

### 4.1 Energiankulutuslaskelmat

Energiankulutus lasketaan vaiheittain seuraavasti:

1. lämpöhäviöenergiat (vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto)
2. käyttöveden lämmitystarve
3. lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat
4. laitesähköenergiankulutus
5. lämpökuormat
6. lämmitysenergiankulutus
7. rakennuksen energiankulutus
8. ostoenergiankulutus.

#### 4.1.1 Lämpöhäviöenergiat

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia ( $Q_{joht}$ ) lasketaan kaavalla 1 (D5. 2007, 18).

$$Q_{joht} = \Sigma H_{joht} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 1}$$

$\Sigma H_{joht}$  = rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K

$T_s$  = sisäilman lämpötila, °C

$T_u$  = ulkoilman lämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Ulkoseinien, yläpohjan, ikkunoiden sekä ovien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö ( $\Sigma H_{joh\text{t}}$ ) lasketaan kaavalla 2 (D5. 2007, 18).

$$\Sigma H_{joh\text{t}} = \Sigma(U_{ulkosein\ ä} A_{ulkosein\ ä}) + \Sigma(U_{yläpohja} A_{yläpohja}) + \Sigma(U_{ikkuna} A_{ikkuna}) + \Sigma(U_{ovi} A_{ovi}) \quad \text{KAAVA 2}$$

$U$  = rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m<sup>2</sup>K)

$A$  = rakennusosan pinta-ala, m<sup>2</sup>

Lämmönläpäisykertoimien laskentataulukot ovat liitteessä 2.

Rakennuksen lämmönläpäisykertoimet (U-arvot) lasketaan kaavalla 3 (C4. 2003, 5).

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad \text{KAAVA 3}$$

$\Sigma R$  = rakennusosan kokonaislämmönvastus, (m<sup>2</sup>K)/W

Lämmönvastus (R) lasketaan kaavalla 4 (C4. 2003, 5).

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \text{KAAVA 4}$$

$d$  = ainekerroksen paksuus

$\lambda$  = lämmönjohtavuus, W/(mK)

Alapohjan läpi johtuva lämpöenergia ( $Q_{joh\text{t},maa}$ ) lasketaan kaavan 5 mukaan.

$$Q_{joh\text{t},maa} = (U_{alapo\text{hja}} A_{alapo\text{hja}})(T_s - T_{maa,kuukausi})\Delta t/1000 \quad \text{KAAVA 5}$$



Alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila ( $T_{\text{maa, vuosi}}$ ) lasketaan ulkoilman vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla 6 (D5. 2007, 19).

$$T_{\text{maa, vuosi}} = T_{\text{u, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, vuosi}} \quad \text{KAAVA 6}$$

Maan kuukausittainen keskilämpötila ( $T_{\text{maa, kuukausi}}$ ) lasketaan maan vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla 7 (D5. 2007, 19).

$$T_{\text{maa, kuukausi}} = T_{\text{maa, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, kuukausi}} \quad \text{KAAVA 7}$$

$T_{\text{u, vuosi}}$  = ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C

$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$  = alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C

$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$  = alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero, °C

Rakenteiden läpi johtuvan lämpöenergian laskennassa käytettiin taulukon 1 lähtötietoja.

*TAULUKKO 1. Johtumislämpöenergian laskennassa käytetyt lähtötiedot*

$T_s$	21	°C	$A_{\text{yläpohja}}$	551	$\text{m}^2$
$T_u$	*	°C	$A_{\text{alapohja}}$	551	$\text{m}^2$
$\Delta t$	**	°C	$A_{\text{ikkuna}}$	57,1	$\text{m}^2$
$U_{\text{ulkoseinä}}$	0,32	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	$A_{\text{ovi}}$	31,6	$\text{m}^2$
$U_{\text{yläpohja}}$	0,18	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	$T_{\text{u, vuosi}}$	2,76	°C
$U_{\text{alapohja}}$	0,19	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	$T_{\text{maa, vuosi}}$	7,76	°C
$U_{\text{ikkuna}}$	1,35	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$	5	°C
$U_{\text{ovi}}$	1,35	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$	*	°C
$A_{\text{ulkoseinä}}$	80,1	$\text{m}^2$			

\*löytyy Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukoista, jokaisella kuukaudella oma arvonsa

\*\*jokainen kuukausi lasketaan erikseen

Rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia ( $Q_{\text{vuotoilma}}$ ) lasketaan kaavalla 8 (D5. 2007, 20).

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 8}$$

Vuotoilman ominaislämpöhäviö ( $H_{\text{vuotoilma}}$ ) lasketaan kaavalla 9 (D5. 2007, 20).

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i C_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}} \quad \text{KAAVA 9}$$

$\rho_i$  = ilman tiheys,  $\text{kg/m}^3$

$C_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti,  $\text{Ws}/(\text{kgK})$

$q_{v,\text{vuotoilma}}$  = vuotoilmavirta,  $\text{m}^3/\text{s}$

Vuotoilmavirta ( $q_{v,\text{vuotoilma}}$ ) lasketaan kaavalla 10 (D5. 2007, 20).

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} V / 3600 \quad \text{KAAVA 10}$$

$n_{\text{vuotoilma}}$  = rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h

$V$  = rakennuksen ilmatilavuus,  $\text{m}^3$

3600 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Rakennuksen vuotoilmakerroin ( $n_{\text{vuotoilma}}$ ) lasketaan kaavalla 11 (D5. 2007, 21).

$$n_{\text{vuotoilma}} = \frac{n_{50}}{25} \quad \text{KAAVA 11}$$

$n_{50}$  = rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h

Vuotoilman lämmityksen tarvitseman energian laskennassa käytettiin taulukon 2 lähtötietoja.

**TAULUKKO 2. Vuotoilman lämmityksen tarvitseman energian laskennassa käytetyt lähtötiedot**

$T_s$	21	°C
$T_u$	*	°C
$\Delta t$	**	°C
$\rho_i$	1,2	kg/m <sup>3</sup>
$C_{pi}$	1 000	Ws/(kgK)
$V$	1 380	m <sup>3</sup>
$n_{50}$	4 ***	1/h

\*löytyy Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukoista, jokaisella kuukaudella oma arvonsa

\*\*jokainen kuukausi lasketaan erikseen

\*\*\*arvioitu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukosta

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ( $Q_{iv}$ ) lasketaan kaavalla 12 (D5. 2007, 22).

$$Q_{iv} = \Sigma(H_{iv}(T_s - T_u)\Delta t)/1000$$

KAAVA 12

$T_s$  = sisäilman lämpötila, °C

$T_u$  = ulkoilman lämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö ( $H_{iv}$ ) lasketaan kaavalla 13 (D5. 2007, 22).

$$H_{iv} = \rho_i C_{pi} q_{v,poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a)$$

KAAVA 13

$\rho_i$  = ilman tiheys, kg/m<sup>3</sup>

$C_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, Ws/(kgK)

$q_{v,poisto}$  = poistoilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$t_d$  = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$  = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk

$r$  = muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan

$\eta_a$  = ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitseman energian laskennassa käytettiin taulukon 3 lähtötietoja. Ilmavirta on arvioitu ilmanvaihtokertoimen 0,5 1/h mukaan. (D2. 2010, 10).

*TAULUKKO 3. Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitseman energian laskennassa käytetyt lähtötiedot*

$T_s$	21	°C
$T_u$	*	°C
$\Delta t$	**	°C
$q_{v,poisto}$	0,211	m <sup>3</sup> /s
$\rho_i$	1,2	kg/m <sup>3</sup>
$C_{pi}$	1 000	Ws/(kgK)
$t_d$	24	h/24h
$t_v$	7	vrk/7vrk
$r$	1	
$\eta_a$	0	

\*löytyy Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukoista, jokaisella kuukaudella oma arvonsa

\*\*jokainen kuukausi lasketaan erikseen

#### 4.1.2 Käyttöveden lämmitystarve

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia ( $Q_{lkv,netto}$ ) lasketaan kaavalla 14 (D5. 2007, 26).

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

KAAVA 14

$\rho_v$  = veden tiheys, kg/m<sup>3</sup>

$C_{pv}$  = veden ominaislämpökapasiteetti, kJ/kgK

$V_{lkv}$  = lämpimän käyttöveden kulutus, m<sup>3</sup>

$T_{lkv}$  = lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

$T_{kv}$  = kylmän käyttöveden lämpötila, °C

3 600 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Taulukossa 4 on esitettynä käyttöveden lämmityksen tarvitseman energian laskennassa käytettyjä lähtötietoja.

*TAULUKKO 4. Käyttöveden lämmityksen tarvitseman energian laskennassa käytetyt lähtötiedot*

$\rho_v$	1 000	kg/m <sup>3</sup>
$C_{pv}$	4,2	kJ/kgK
$V_{lkv}$	216	m <sup>3</sup>
$(T_{lkv}-T_{kv})$	50	°C

### 4.1.3 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat

Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia ( $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ ) lasketaan kaavalla 15 (D5. 2007, 28).

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,kehitys häviöt}} + \text{KAAVA 15}$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,jakelu häviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutus häviöt}} +$$

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,varaaja häviöt}}$$

$Q_{\text{lämmitys,tilat,kehitys häviöt}}$  = tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys,tilat,jakelu häviöt}}$  = tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutus häviöt}}$  = tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}}$  = tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys,tilat,varaaja häviöt}}$  = tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh

Lämpimän käyttöveden kiertojohton lämpöhäviöenergia ( $Q_{lkv,kiertohäviöt}$ ) laske-  
taan kaavalla 16 (D5. 2007, 31).

$$Q_{lkv,kierto\ häviöt} = Q_{lkv,kierto\ häviöt,omin} A_{br}$$

KAAVA 16

$Q_{lkv,kierto\ häviöt,omin}$  = lämpimän käyttöveden kiertojohton lämmityksen tarvitse-  
ma ominaislämpöenergia, kWh/brm<sup>2</sup>

$A_{br}$  = rakennuksen bruttoala, brm<sup>2</sup>

Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergian laskennassa  
käytetyt lähtötiedot on nähtävissä taulukossa 5.

*TAULUKKO 5. Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergian  
laskennassa käytetyt lähtötiedot*

$Q_{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}$	0	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$Q_{lkv,kiertohäviöt,omin}$	15	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi
$Q_{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}$	0	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$A_{br}$	585	brm <sup>2</sup>
$Q_{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}$	15	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi			
$Q_{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}$	4	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi			
$Q_{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}$	0	kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi			

Luovutus- ja säätöhäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista jakamalla  
häviö eri kuukausille seuraavasti: marras-, joului-, tammi- ja helmikuu kukin 15  
%, loka-, maalii- ja huhtikuu 10 % sekä touko- ja syyskuu 5 % vuotuisesta läm-  
pöhäviöenergiasta. Kesällä tilojen lämmitysjärjestelmässä ei yleensä ole luovu-  
tus- ja säätöhäviöitä. (D5. 2007, 29.)

#### 4.1.4 Laitesähköenergiankulutus

Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus ( $W_{laitesähkö}$ ) on valaistussähköön,  
ilmanvaihtojärjestelmän sähköön ja muun laitesähköön yhteenlaskettu kulutus il-  
man lämmitykseen ja tilojen jäähdytykseen käytettyä sähköä. Laitesähköener-  
giankulutuksen laskennassa voidaan käyttää taulukkoa 6, josta esitetään ra-  
kennustyyppikohtaisia ominaissähköenergiankulutuksen arvoja. Rakennuksen

laitteiden sähköenergiankulutus lasketaan ominaissähköenergiankulutuksen ja bruttopinta-alan tulona. (D5. 2007, 33.)

*TAULUKKO 6. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja rakennustyypeittäin*

Rakennustyyppi	Laitteiden sähkönkulutus yhteensä	Valaistus- järjestelmä	Ilmanvaihto- järjestelmä	Muut laitteet
	$W_{\text{laitesähkö}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{valaistus}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{ilmanvaihto}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{muut laitteet}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi
Asuinkerrostalo	<b>50</b>	7	10	33
<b>Rivitalo</b>	<b>50</b>	7	7	36
Pientalo	<b>50</b>	7	7	36

#### 4.1.5 Lämpökuormat

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia rakennuksen bruttopinta-alaa kohden ( $Q_{\text{henk}}$ ) saadaan taulukosta 7 (D5. 2007, 39).

*TAULUKKO 7. Henkilöiden luovuttama vuotuinen ominaislämpöenergia eri rakennustyypeissä*

Rakennustyyppi	$Q_{\text{henk}}$ kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa
Asuinkerrostalo	17
<b>Rivitalo</b>	<b>11</b>
Pientalo	8

Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta osa tulee rakennuksen sisälle. Lämpökuormaksi tuleva osuus ( $Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ ) arvioidaan olevan 70 % tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta kaavan 17 mukaisesti (D5. 2007, 41).

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma}} = 0,7Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$$

**KAAVA 17**

Lämpimän veden käytön yhteydessä lämpöä vapautuu rakenteisiin ennen veden johtamista viemäriin kautta ulos rakennuksesta. Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta lämpökuormaksi ( $Q_{\text{lkv,kuorma}}$ ) tuleva

osuus arvioidaan olevan 50 % ja käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta lämpöenergiasta 30 % kaavan 18 mukaisesti (D5. 2007, 41).

$$Q_{lkv,kuorma} = 0,3Q_{lkv,netto} + 0,5Q_{lkv,häviöt}$$

KAAVA 18

Koska sähköenergiankulutus on määritetty taulukon 6 mukaan, saadaan sähkölaitteista ja valaistuksesta vapautuva lämpökuormaenergia ( $Q_{säh}$ ) taulukosta 8 (D5. 2007, 42).

*TAULUKKO 8. Valaistuksesta, ilmanvaihtojärjestelmästä ja muista laitteista lämpökuormaksi tuleva vuotuinen energia bruttopinta-alaa kohden eri rakennustyypeissä*

Rakennustyyppi	$Q_{säh}$ kWh/brm <sup>2</sup> vuodessa
Asuinkerrostalo	32
<b>Rivitalo</b>	<b>32</b>
Pientalo	32

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia ( $Q_{aur}$ ) saadaan laskettua kaavalla 19 (D5. 2007, 43).

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g$$

KAAVA 19

$G_{säteily,pystypinta}$  = pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m<sup>2</sup>kk)

$F_{läpäisy}$  = säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

$A_{ikk}$  = ikkuna-aukon pinta-ala, m<sup>2</sup>

$g$  = valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

Taulukossa 9 on ikkunoiden kautta tulevan auringon säteilyenergian laskentaan käytettyjä lähtötietoja.



**TAULUKKO 9. Ikkunoiden kautta tulevan auringon säteilyenergian laskennan lähtötiedot**

$Q_{\text{säteily,pystypinta}}$	*	kWh/m <sup>2</sup>	$A_{\text{ikk,etelä}}$	31,2	m <sup>2</sup>
$F_{\text{läpäisy}}$	0,6		$A_{\text{ikk,länsi}}$	0,24	m <sup>2</sup>
$g$	0,495		$A_{\text{ikk,pohjoinen}}$	25,7	m <sup>2</sup>

\*jokaisella kuukaudella ja ilmansuunnalla oma arvonsa, löytyy Suomen rakentamismääräyskoelman D5 taulukoista

Lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä ( $Q_{\text{sis,lämpö}}$ ), lasketaan kaavalla 20 (D5. 2007, 47).

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad \text{KAAVA 20}$$

Rakennuksen lämpökuormaenergia ( $Q_{\text{lämpökuorma}}$ ) lasketaan kaavalla 21 (D5. 2007, 47).

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys,kuorma}} + Q_{\text{lkv,kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} \quad \text{KAAVA 21}$$

Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste ( $\eta_{\text{lämpö}}$ ) lasketaan kaavalla 22 (D5. 2007, 47).

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad \text{KAAVA 22}$$

Kaavassa 22  $a$  on numeerinen parametri, joka riippuu aikavakiosta  $\tau$ . Se lasketaan kaavalla 23 (D5. 2007, 48).

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad \text{KAAVA 23}$$

Kaavassa 22  $\gamma$  on lämpökuormaenergian suhde lämpöhäviöenergiaan ja se lasketaan kaavalla 24 (D5. 2007, 48).

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{lämpöhäviö}}} \quad \text{KAAVA 24}$$

Lämpöhäviöenergia ( $Q_{\text{lämpöhäviö}}$ ) lasketaan kaavalla 25 (D5. 2007, 48).

$$Q_{\text{lämpöhäviö}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} \quad \text{KAAVA 25}$$

Kaavassa 23 aikavakio  $\tau$  lasketaan kaavalla 26 (D5. 2007, 48).

$$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H} \quad \text{KAAVA 26}$$

Kaavassa 26  $H$  on rakennuksen ominaislämpöhäviö eli johtumisen, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu ominaishäviö.  $C_{\text{rak}}$  on rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti. Laskennassa käytetty  $C_{\text{rak}}$  on 70 Wh/(brm<sup>2</sup>K) (D5. 2007, 49).

#### 4.1.6 Lämmitysenergiankulutus

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus ( $Q_{\text{lämmitys}}$ ) on tilojen lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian yhteenlaskettu kulutus ja se lasketaan kaavalla 27 (D5. 2007, 16).

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lkv}} \quad \text{KAAVA 27}$$

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus ( $Q_{\text{lämmitys,tilat}}$ ) lasketaan kaavalla 28 (D5. 2007, 16).

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} \quad \text{KAAVA28}$$

Rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiatarve ( $Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ ) lasketaan kaavalla 29 (D5. 2007, 16).

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad \text{KAAVA 29}$$

#### 4.1.7 Rakennuksen energiankulutus

Rakennuksen energiankulutus ( $E_{\text{rakennus}}$ ) on rakennuksen lämmitysenergian, laitesähköenergian ja jäähdytysenergian yhteenlaskettu kulutus kaavan 30 mukaan (D5. 2007, 16). Jäähdytysenergiankulutusta ei otettu huomioon rakennuksessa, johon opinnäytetyö tehdään, koska jäähdytyslaitteita ei ollut.

$$E_{\text{rakennus}} = Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys,tilat}} \quad \text{KAAVA 30}$$

Rakennuksen energiankulutus on sama kuin ostoenergiankulutus, koska rakennuksen lämmöntuottotapa on sähkölämmitys.

#### 4.2 Laskennallinen ja toteutunut energiankulutus

Energialaskelmien tulokset on esitetty liitteessä 3 kuukausittain. Koko rakennuksen laskennallisessa ja toteutuneessa energiankulutuksessa ilmeni jonkin verran eroa. Toteutunut energiankulutus on laskettu taloyhtiön kulutustiedoista vuodelta 2008. Muiden vuosien kulutustietoja ei ollut saatavilla. Energiatehokkuusluvut ja energiatehokkuusluokat sekä lämmitystarvelukukorjattu lämmitysenergiankulutus on laskettu Energiatodistusopas 2007, Rakennusten energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen mukaan.

Energiatehokkuusluvun laskemista varten lämmitysenergiankulutus muunnetaan vastaamaan Jyväskylän normaalivuoden lämmitystarvelukua. Lämmitystarvelukukorjattu energiankulutus ( $Q_{\text{lämmitys,norm}}$ ) lasketaan kaavalla 31 (Energiatodistusopas 2007, 34).

KAAVA 31

$$Q_{\text{lämmitys,norm}} = k_2 * \frac{S_{\text{nvpkunta}}}{S_{\text{toteutunutvpkunta}}} * (Q_{\text{lämmitys}} - Q_{\text{lkv}}) + Q_{\text{lkv}}$$

$k_2$  = Ilmatieteen laitoksen määrittelemä paikkakuntaakohtainen korjauskerroin Jyväskylään

$S_{nvpkunta}$  = Ilmatieteen laitoksen määrittelemä normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cd

$S_{toteutunutvpkunta}$  = toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cd

$Q_{lämmitys}$  = toteutunut lämmitysenergiankulutus, kWh

$Q_{lkv}$  = lämpimänkäyttöveden energiankulutus, kWh

Rakennuksen energiatehokkuusluku lasketaan lämmitysenergiankulutuksen ( $Q_{lämmitys,norm}$ ), kiinteistösähkön kulutuksen ( $W_{kiinteistösähkö}$ ) ja mahdollisen jäädytysenergiankulutuksen ( $Q_{jäädytys,tilat}$ ) summana rakennuksen bruttoneliötä (A) kohti kaavassa 32 (Energiatodistusopas 2007, 24).

$$ET = \frac{\Sigma(Q_{lämmitys,norm} + W_{kiinteistösähkö} + Q_{jäädytys,tilat})}{\Sigma A}$$

KAAVA 32

Rakennuksen laskennallinen ja toteutunut energiankulutus sekä lämmitystarvelukukorjatut lämmitysenergiankulutukset ( $Q_{lämmitys,norm}$ ) sekä energiatehokkuusluvut ja luokat ovat näkyvissä taulukossa 10.

TAULUKKO 10. Rakennuksen energiankulutus

Rakennuksen energiankulutus	Kokonaiskulutus kWh/vuosi	$Q_{lämmitys,norm}$ kWh/vuosi	ET-luku kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	ET-luokka
Laskennallinen energiankulutus	128 074	101 614	224	E
Toteutunut energiankulutus	101 106	73 993	176	D
Erotus	26 968	27 621		

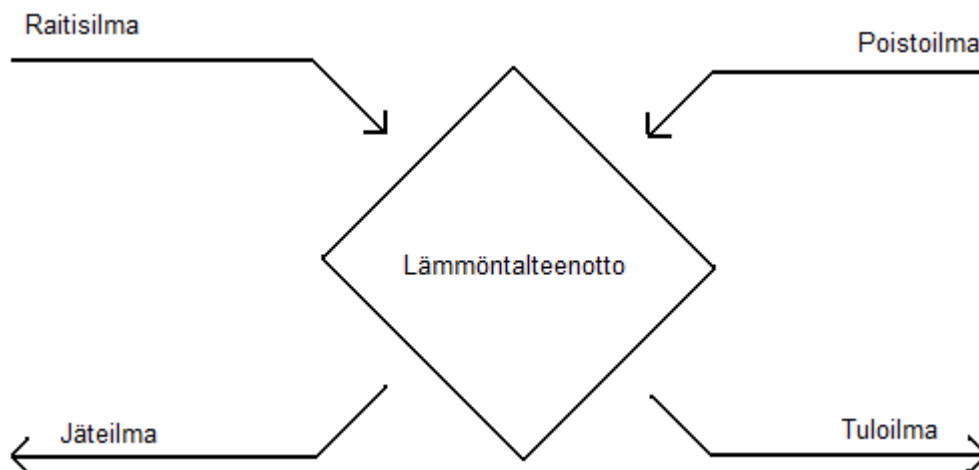
Kuten taulukossa 10 näkyy, on laskennallisessa ja toteutuneessa energiankulutuksessa eroa. Laskennallisessa energiankulutuksessa käytössä olleet lähtötiedot on arvioitu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan. Erot toteutuneeseen johtuvat ilmanvaihtokoneen ilmavirroista ja käyttöajoista, huoneilman lämpötilatermostaattien käytöstä, laitesähkön kulutuksesta ja lähtötiedoista.

## 5 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISVAIHTOEHDOT

Laskennallisesta energiankulutuksesta laskettua lämmitystarvelukukorjattua lämmitysenergiankulutusta voidaan käyttää energiatehokkuuden parantamisvaihtoehtojen määrittämisessä. Ilmanvaihtokoneen hyötysuhteen kanssa laskettua lämmitystarvelukukorjattua lämmitysenergiankulutusta verrataan aikaisempaan lämmitystarvelukukorjattuun lämmitysenergiankulutukseen ja saadaan prosentuaalinen lämmitysenergiesäästö. Toteutuneesta lämmitystarvelukukorjatusta lämmitysenergiankulutuksesta voidaan tämän jälkeen arvioida lämmitysenergiesäästö samalla prosentiosuudella ja laskea uusi energiatehokkuusluku.

### 5.1 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla pyritään säästämään asunnoissa lämmitysenergiaa sekä parantamaan sisäilmanlaatua. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtokoneessa on sisällä lämmöntalteenotto, joka lämmitetään sisältä tulevalla poistoilmalla ja joka lämmittelee samalla ulkoa tulevan ilman. Lämmöntalteenotossa tulo- ja poistoilmat eivät kuitenkaan pääse sekoittumaan. (Kuva 1.)



KUVA 1. Lämmöntalteenoton periaate

Ilmanvaihtokoneena laskelmissa käytettiin ILTO 270M -ilmanvaihtokonetta, joka on suunniteltu alle 110 m<sup>2</sup>:n asunnoille. Kyseisen ilmanvaihtokoneen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ( $\eta_a$ ) on 52 %. ILTO 270M on VTT:n sertifioima ja näin ollen valmistajan konekohtaiset tiedot ovat luotettavia (Swegon ILTO Oy).

Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla saavutetaan koko rakennuksen energiankulutuksessa ja lämmitystarvelukukorjatussa lämmitysenergiankulutuksessa säästöä taulukon 11 mukaisesti.

*TAULUKKO 11. Rakennuksen laskennalliset energiankulutuslukemat*

<b>Rakennuksen energiankulutus</b>	<b>Kokonaiskulutus kWh/vuosi</b>	<b>Q<sub>lämmitys,norm</sub> kWh/vuosi</b>
Laskennallinen energiankulutus	128 074	101 614
Laskennallinen energiankulutus, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	115 815	88 912
Erotus	12 259	12 702
Erotusprosentti	10 %	12,5 %

Taulukon 11 energiankulutuksien erotusprosentin avulla voidaan arvioida rakennuksen toteutuneen energiankulutuksen lämmitystarvelukukorjattu lämmitysenergiesäästö sekä rakennuksen kokonaisenergiesäästö. Samalla selviää, saadaanko koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla muutettua energiatehokkuusluokkaa. Nämä arviot ovat näkyvissä taulukossa 12. Tuloilman jälkilämmitykseen kulutettu energia on otettu huomioon laskelmissa.

TAULUKKO 12. Rakennuksen energiansäästön arviointi

Rakennuksen energiankulutus	Kokonaiskulutus kWh/vuosi	$Q_{\text{lämmitys, norm}}$ kWh/vuosi	ET-luku kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	ET-luokka
Toteutunut energiankulutus	101 106	73 993	176	D
Toteutunut energiankulutus, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	90 995	64 744	161	D
Erotus	10 111	9 249		

Kuten taulukosta 12 näkee, ei energiatehokkuusluokka muutu, mutta lämmitysenergiaa säästyy vuodessa koko rakennuksessa 9 249 kWh eli noin 16,8 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Noin 60 m<sup>2</sup>:n asunnossa säästöä tulisi 1 007 kWh vuodessa ja 100 m<sup>2</sup>:n asunnossa 1 680 kWh vuodessa.

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen energiansäästön hinta-arvioinnissa on käytetty Oulun Energian Siirto ja Jakelu Oy:n sekä Oulun Sähkömyynti Oy:n aikasähkö hinnastoa. Tämän hinnaston avulla saatiin yöenergian hinnaksi 8,18 snt/kWh ja päiväenergian hinnaksi 9,75 snt/kWh. Kun oletetaan, että energiaa kuluu yhtä paljon päivällä ja yöllä, saadaan energian hinnaksi 8,97 snt/kWh. Hinnoissa on otettu huomioon sähkönsiirron ja sähköenergian hinta sekä sähköverot.

Ilmanvaihtokoneen, -kanavien ja päätelaitteiden asennuskustannukset voivat vaihdella riippuen yrityksestä. Asennuskustannusten voidaan kuitenkin arvioida olevan 1 000 – 2 000 €/asunto. Ilmanvaihtokoneen ja lisälaitteiden hinnat on saatu suoraan laitevalmistajan omasta hinnastosta. Taulukossa 13 ovat näkyvissä ilmanvaihtokoneen ja lisälaitteiden hinnat (Swegon ILTO Oy).

TAULUKKO 13. ILTO 270M:n ja sen osien hinnat

Ilmanvaihtokone ja osat	Hinta € (Ovh alv 22%)
ILTO 270M liesikupu/kauko-ohjaus	1 464,00
valokenno jäätymissuojaukseen	274,50
höyrösulun tiivistyslevy	57,34
kattoasennusteline	70,76
läpivientitiivisteet	15,86
suodatinpakkaus	34,16
takkakytkin (ei pakollinen)	115,9
Yhteensä	2 032,52

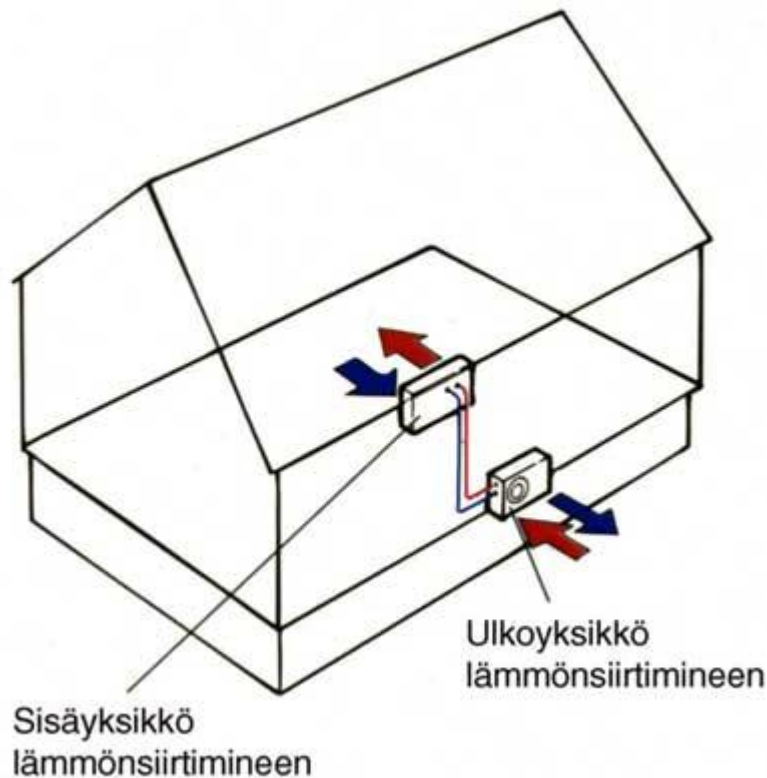
Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon rahalliseksi säästökseen koko rakennuksessa tulisi noin 830 euroa vuodessa. Koko rakennuksen ilmanvaihtokoneet eli seitsemän konetta asennettuna tulisi maksamaan noin 25 000 - 30 000 euroa. Näin ollen takaisinmaksuaika olisi 30 - 40 vuotta.

## 5.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpulla voidaan lämmittää ja viilentää asuntoa tarpeen mukaan. Ilmalämpöpumppu käyttää hyväkseen ulkoilman sisältämää lämpöenergiaa ja muuttaa sen lämmöksi. Erityisen suuriin säästöihin ilmalämpöpumpulla päästään suorasähkö- ja öljylämmitteisissä taloissa. Ilmalämpöpumpulla voidaan säästää jopa puolet lämmityskuluista. Suorasähkölämmitteisissä taloissa hyvän hyötysuhteen eli COP-kertoimen omaava ilmalämpöpumppu säästää itsensä takaisin keskimäärin 3 - 4 vuodessa riippuen sähkön hinnasta. (RefGroup Oy.)

Ilmalämpöpumpun toiminta perustuu jääkaapin tavoin kylmätekniikkaan. Ulkoilmasta sidotaan lämpöenergiaa ulkoyksikössä ja tämä lämpöenergia puristetaan kompressorissa. Kuumakaasun lämpöenergia luovutetaan sisäilmaan sisäyksikössä puhaltimen avulla. Lämmön luovutettuaan kylmäaine kulkeutuu paisunta-venttiilille, jossa kylmäaineen paine laskee ja aine alkaa höyrystyä uutta lämmönkeräystä varten. (RefGroup Oy.)





KUVA 2. Ilmalämpöpumpun periaate (Suomen Lämpöpumpputyhdistys Ry)

Kun ilmalämpöpumppua valitaan, voidaan arvioida, että 1 kW riittää noin 30 m<sup>2</sup> lämmitykseen ja 15 m<sup>2</sup> jäähdytykseen. Laitteen yli- tai alimitoituksesta ei ole hyötyä. Jotta laite toimisi parhaalla hyötysuhteella, tulisi sen käydä normaalisti 50 - 70 % teholla. Ilmalämpöpumppuja saa ostettua alle 1 000 € asennettuna, mutta toimiva ja laadukas ilmalämpöpumppu maksaa 1 500 - 2 500 € asennettuna. Laadukas ilmalämpöpumppu ei jäädy kesällä eikä talvella, ja siinä on hiljainen käyntiäänäni. (Refgroup Oy.)

Ilmalämpöpumpulla saadaan säästettyä huomattavasti lämmitysenergiaa. Ilmalämpöpumpun hyöty energiansäästön kannalta riippuu kuitenkin paljon siitä, käytetäänkö ilmalämpöpumppua jäähdytykseen kesällä. Jos sitä käytetään, säästöt jäävät melko pieniksi. Ilmalämpöpumpulla ei myöskään saada poistettua vedontunnetta raitisilmaventtiilien läheisyydessä.

Energiansäästö on arvioitu TM Rakennusmaailma -lehden lämpöpumpputestin pohjalta. Testin mukaan säästettävän lämmitysenergian ja lämmitykseen kuluvan energian suhdelukuna voidaan pitää 0,5 - 0,65. Kiimingin Käpylinnan koko

rakennuksen lämmitysenergian toteutunut kulutus vuonna 2008 oli 73 993 kWh eli lämmitysenergian säästöä pitäisi tulla noin 37 000 - 48 000 kWh vuodessa eli noin 67 - 87 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Tämä olisi rahallisena säästönä koko rakennuksessa noin 3 300 - 4 300 € vuodessa. Jokaiseen asuntoon asennetut ilmalämpöpumput eli seitsemän ilmalämpöpumppua tulisi maksamaan 10 000 - 16 000 €. Näin ollen takaisinmaksuaika olisi noin 3 - 4,5 vuotta, asunnon koon, sähkönhinnan, ilmalämpöpumpun hinnan ja hyötysuhteen mukaisesti.

### **5.3 Huoneilman lämpötilatermostaatit**

Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluvarvona käytetään yleensä lämpötilaa 21 °C. Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan kesäkauden suunnitteluvarvona käytetään lämpötilaa 23 °C (D2. 2010, 6.)

Huoneilman lämpötilatermostaateilla säädetään huoneilman lämpötilaa. Lämpötilan tarkalla säätämällä voidaan pienentää asunnon lämmitysenergiankulutusta. Vaihtamalla vanhat lattiatermostaatit nykyaikaisiin yhdistelmätermostaatteihin voidaan asuntojen huonelämpötilaa säätää paremmin. Yhdistelmätermostaatti säätää lattialämmitystä ilmanlämpötilan ja lattian lämpötilan mukaan, kun taas lattiatermostaatit vain lattian lämpötilan mukaan. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että kun sisälämpötilaa lasketaan asteella, voidaan säästää 5 % energiankulutuksessa. Laskemalla huoneilmanlämpötilaa 24 - 26 °C:sta 21 - 22 °C:seen voidaan siis vähentää energiankulutusta jopa 10 - 25 %. (Henriksson, 2006.)

Sitä, kuinka paljon energiaa asunnoissa säästyy, on vaikea sanoa. Jos asukas on saanut huoneilman lämpötilan pysymään tasaisena suunnittelulämpötiloissa, ei energiaa välttämättä säästy. Jos taas lämpötilaa ei ole millään saatu tasaiseksi tai se on ollut liian korkea, voi energiansäästöjä tulla huomattavasti.

Uusien Devireg-merkkisten yhdistelmätermostaattien hinnat vaihtelevat 85 - 130 €/kpl välillä. Hintaan vaikuttaa, kuinka paljon termostaatissa on säätömahdollisuuksia. Hinnat on saatu vertailemalla eri sähkötarvikemyymälöiden hintoja.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISVAIHTOEHDOISTA

Jokainen työssä käsitelty energiatehokkuuden parantamisvaihtoehto vähensi rakennuksen energiankulutusta. Laskelmien mukaan ilmalämpöpumpulla olisi mahdollista säästää eniten energiaa, jos sitä käytetään pelkästään lämmityskaudella lämmitykseen. Jos ilmalämpöpumppua käytetään myös jäähdytykseen kesäisin, on energiansäästö huomattavasti pienempi. Ilmalämpöpumpulla ei myöskään saada poistettua raitisilmaventtiileistä asuntoihin syntyvää vedontunnetta.

Laskelmien perusteella koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen avulla saatiin myös hyvin säästettyä energiaa. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton ja tuloilman jälkilämmityksen avulla tuloilma lämmitetään lämpötilaan 17 °C. Vanhassa järjestelmässä tuloilma tulee asuntoihin ulkoilman lämpötilassa eli talvella kylmänä pakkasilmana. Tämä aiheuttaa vedon tunnetta raitisilmaventtiilien läheisyydessä ja samalla vaikeuttaa tasaisen ilmanlämpötilan saavuttamista asunnoissa. Tulo- ja poistoilmanvaihtokoneella saadaan poistettua nämä veto-ongelmat ja samalla tasoitettua sisälämpötilaa.

Huoneilman lämpötilatermostaateilla saadaan myös tasoitettua huoneilman lämpötilaa. Lämmitysenergiaa voidaan myös säästää, kun asunnoissa saadaan lämpötila pysymään tasaisempaan ja lämpötila pystytään paremmin säätämään halutuksi. Energiansäästö riippuu paljon siitä, onko nykyinen lämpötila liian korkea ja onko lämpötilaa saatu pysymään tasaisena vanhoilla termostaateilla.

## 7 YHTEENVETO

Työssä tehtiin Asunto Oy Kiimingin Käpylinnalle selvitys mahdollisista energiatehokkuuden parantamisvaihtoehdoista. Energiatehokkuuden parantamisvaihtoehtoina työssä käsiteltiin koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa, ilmalämpöpumppua sekä huoneilman lämpötilatermostaatteja. Lisäksi työssä otettiin selvää näiden vaihtoehtojen vaikutuksesta sisäilman laatuun.

Työssä perehdyttiin viranomaismääräyksiin ja -ohjeisiin, jotka koskevat rakennuksen energiatehokkuuden laskentaa. Tärkeimpinä asiakirjoina nousivat esille Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5 Rakennuksen energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta, osa C4 Lämmöneristys, osa D2 Rakennuksen sisäilma ja ilmanvaihto sekä Energiatodistusopas 2007 Rakennusten energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen. Näistä asiakirjoista löytyvät tarvittavat tiedot ja ohjeet rakennuksen energiankulutus- sekä energiatehokkuuslaskelmiin.

Energialaskelmien avulla saatiin selvitettyä, kuinka paljon energiaa eri järjestelmillä säästyisi tutkimuskohteessa. Järjestelmien asennus- ja hankintakustannukset arvioitiin vertailemalla useiden eri laitevalmistajien hintoja ja valitsemalla niistä hinta-laatusuhteeltaan paras vaihtoehto. Näiden hintojen perusteella pystyttiin arvioimaan myös takaisinmaksuaikoja.

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtokoneen hankinta- ja asennuskustannukset ovat noin 3 000 - 4 000 €/asunto. Energiansäästöä asunnoissa tulisi vuodessa noin 16,8 kWh/m<sup>2</sup> eli 1,5 €/m<sup>2</sup>, jos ilmavirrat ovat viranomaisohjeiden mukaiset. Takaisinmaksuaika laskelmien perusteella olisi 30 - 40 vuotta. Rakennuksen energiatehokkuusluokka ei kuitenkaan muuttuisi. Sisäilmanlaatu paranisi koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Tuloilma tulisi asuntoihin lämmitettynä, joten vedontunnetta ei pitäisi olla. Takkakytkimellä varustettu ilmanvaihtokone helpottaisi takan sytyttämistä.

Ilmalämpöpumpun hankinta- ja asennuskustannukset ovat noin 1 500 - 2 500 €/asunto. Energiansäästöä tulisi vuodessa noin 67 - 87 kWh/m<sup>2</sup> eli 6 - 7,8 €/m<sup>2</sup>, riippuen ilmalämpöpumpun COP-kertoimesta. Takaisinmaksuaika laskelmien perusteella olisi 3 - 4,5 vuotta, riippuen asunnon koosta, sähkön hinnasta, ilmalämpöpumpun hinnasta ja COP-kertoimesta. Ilmalämpöpumpulla voidaan myös jäähdyttää asuntojen huoneilmaa kesäisin. Jos ilmalämpöpumppua käytetään jäähdytykseen, ei edellä mainittua energiansäästöä saavuteta ja takaisinmaksuaika kasvaa. Ilmalämpöpumpulla ei myöskään voida vaikuttaa asunnoissa ilmenneeseen vedontunteeseen.

Huoneilman lämpötilatermostaatit maksavat noin 85 - 130 €/kpl. Uusilla lämpötilatermostaateilla voidaan vaikuttaa huoneilman lämpötilan tasaisuuteen. Energiaa voidaan näin ollen säästää, jos huoneilman lämpötilaa ei ole saatu pysymään vanhoilla lämpötilatermostaateilla tasaisena. Takaisinmaksuaikoja ja tarkkaa energiansäästöä ei voitu arvioida. Voidaan kuitenkin arvioida, että sisälämpötilaa laskemalla asteella voidaan energiaa säästää 5 %.

## LÄHTEET

C4. 2003. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

D2. 2010. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

D5. 2007. Rakennuksen energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Energiatodistusopas 2007. Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen. Ympäristöministeriö.

Henriksson, Roger 2006. Nykyaikainen termostaatti säästää tehokkaasti energiaa. Sähköala 9/2006 –lehti. Saatavissa:

[http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/energiaa\\_ja\\_ekologisuutta/fi\\_FI/termostaatti/](http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/energiaa_ja_ekologisuutta/fi_FI/termostaatti/). Hakupäivä 29.3.2010.

Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy, Oulun Sähkömyynti Oy. AinaVirta-hinnasto, voimassa 1.9.2009 alkaen. Saatavissa:

<http://www.oulunenergia.fi/file.php?476>. Hakupäivä 16.3.2010.

RefGroup Oy. Tietoa ilmalämpöpumpuista. Saatavissa:

<http://www.ilmalampopumput.fi/>. Hakupäivä 17.3.2010.

Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. Ilma-ilma lämpöpumpun toimintaperiaatekuva. Saatavissa:

[http://www.sulpu.fi/images/stories/images/periaate\\_ilmailma.jpg](http://www.sulpu.fi/images/stories/images/periaate_ilmailma.jpg).

Hakupäivä 17.3.2010.

Swegon ILTO Oy. Ilmanvaihtokoneet. ILTO 270M esite. Saatavissa:

[http://www.ilto.fi/\\_file/4992/Ilto\\_270M\\_esite.pdf](http://www.ilto.fi/_file/4992/Ilto_270M_esite.pdf). Hakupäivä 15.3.2010.

TM Rakennusmaailma 8/2008 -lehti. Lämpöpumppu testi. Saatavissa:  
[http://www.ilmalampopumput.fi/index.php?node\\_id=13894](http://www.ilmalampopumput.fi/index.php?node_id=13894).  
Hakupäivä 17.3.2010.