

Jani Kurkela

T057SN1

ILMANVAIHTOLÄMMITYS
ILMANVAIHDON
PÄÄTELAITTEILLA


Opinnäytetyö
Talotekniikka




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 25.4.2011		
Tekijä(t) Jani Kurkela	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka		
Nimeke Ilmanvaihtolämmitys ilmanvaihdon päätelaitteilla			
Tiivistelmä <p>Ilmanvaihtolämmitykseksi kutsutaan järjestelmää, jossa tuloilman lämpötilaa ja virtaamaa säädetään huonekohtaisesti lämmitys- ja viilennystarpeen mukaan. Työssä käsitellään ilmanvaihtolämmityksen käyttämistä rakennuksen pääasiallisena lämmitysmuotona Suomen olosuhteissa. Erityisesti tutkitaan työn tilaajan RCL Climeconin valmistamia ECO ilmanvaihtolämmittimiä ja niiden soveltuvuutta erilaisiin rakennuksiin. ECO - lämmittimet koostuvat ilmanvaihdon päätelaitteesta ja sen sisään asennetusta sähkövastuksesta. ECO - lämmittimien toiminta perustuu 15 - 17 °C esilämmitetyn tuloilman lämmittämiseen huonekohtaisesti.</p> <p>Ilmanvaihtolämmityksen käyttäminen huonetilojen lämmitykseen edellyttää, että rakennuksen lämmitystekohantarve on riittävän pieni ja rakennus on tarpeeksi tiivis, jotta sisäilmasto-olosuhteet säilyvät hyvinä. Yhdellä ECO: lla saadaan tuotettua suurimmillaan 300 - 400W lämmitysteho riippuen tuloilmavirrasta. Lämmittimien toimintaa ohjataan huonetermostaatin avulla, jonka ohjattavaksi voidaan kytkeä maksimissaan kolme lämmitintä. Järjestelmä soveltuu parhaiten matalaenergia- ja passiivitalojen lämmitykseen, koska lämmitystarpeen ollessa pieni tulee lämmitysjärjestelmänkin olla teholtaan pieni ja nopeasti muutoksiin reagoiva.</p> <p>Ilmanvaihtolämmityksen etuna on se, että erillinen lämmitysjärjestelmä jää rakennuksesta pois, koska tarvittava lämmitysteho huoneisiin tuodaan ilmanvaihdon mukana. Näin ollen ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän investointikustannukset ovat suhteellisen pienet, koska erillistä lämmitysjärjestelmää ei tarvita. Alhaiset investointikustannukset ja järjestelmän yksinkertaisuus tekevät ilmanvaihtolämmityksestä uudisrakentajien kannalta mielenkiintoisen lämmitysvaihtoehdon.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Ilmanvaihtolämmitys, ilmanvaihto, lämmitys, lämmitysmuoto, päätelaite, tuloilma, matalaenergiarakentaminen, passiivitalo			
Sivumäärä 33+6	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli Suomi</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> </table>	Kieli Suomi	URN
Kieli Suomi	URN		
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Martti Veuro	Opinnäytetyön toimeksiantaja RCL Climecon Oy		

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 25.4.2011	
Author(s) Jani Kurkela		Degree programme and option Building services engineering	
Name of the bachelor's thesis Ventilation heating			
Abstract <p>Ventilation heating is a system where the supply air temperature and flow rate can be adjusted depending on the need of heating and cooling of the room. This bachelor thesis deals with ventilation heating and its use in Finland. Especially this bachelor thesis researches individual ventilation heating for each room with the ECO - series products and their suitability for different buildings.</p> <p>ECO ventilation heaters are manufactured by Finnish building engineering company RCL Climecon Ltd. ECO - heaters are supply air devices. ECO's work by heating the preheated supply air and then they adjust the heat depending on each room's heating requirements.</p> <p>Results of this thesis have been obtained by calculating and using facts of ventilation heating with ECO devices.</p> <p>The main result of this thesis was that the ECO heaters are suitable only for low-energy buildings and passive houses. The energy requirement for heating a passive house is only 20–30 kWh per gross square meter per year, and it means that the heating system must work at low power and react quickly to changes.</p> <p>Ventilation heating made by ECO - heaters has cheap investment costs compared for example to the geothermal energy system and therefore it is an interesting alternative from the builders point of view.</p>			
Subject headings, (keywords) heating, ventilation, passive house, heating mode, supply air, low-energy building, passive house			
Pages 33+6	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Martti Veuro		Bachelor's thesis assigned by RCL Climecon Ltd	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TYÖN TAUSTOJA	2
2.1	Tavoite	2
2.2	RCL Climecon Oy	2
2.3	Matalaenergiarakentaminen Suomessa.....	2
3	ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEEN LIITTYVÄT MÄÄRÄYKSET	4
3.1	SRakMK:n osa D2.....	4
3.2	SRakMK:n osa D3.....	4
3.3	SRakMK:n osa D5.....	5
3.4	Ympäristöministeriön moniste 122.....	7
4	ILMANVAIHTOLÄMMITYS	8
4.1	Ilmanvaihtolämmityksen käyttökohteet.....	9
4.2	Ilmanvaihtolämmityksen suunnittelu.....	10
5	ECO – LÄMMITIN	13
5.1	Komponentit	13
5.1.1	Päätelaite	13
5.1.2	Lämmitysvastus	14
5.1.3	Säätölaite.....	14
5.2	Toiminta.....	14
5.3	Käyttöä rajoittavat tekijät	15
6	ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEN TOTEUTTAMINEN ECO-LÄMMITTIMILLÄ	17
6.1	Rakennuksen lämmitystehontarve	17
6.2	Pientalot	18
6.3	Kerrostalot	20
6.4	Automaatio	22
6.5	Ilmanvaihtokone	23
6.6	Jäähdytys.....	23
7	ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEN SOVELTUVUUS PIENTALOON	25
8	ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEN KUSTANNUKSET.....	28
8.1	Vertailu muihin lämmitysjärjestelmiin	29

9	YHTEENVETO	31
---	------------------	----

LIITE/LIITTEET

1 Mallitalo pohjapiirustus

2 ECO - esite

1 JOHDANTO

Suomessa vuonna 2009 energian loppukäytöstä 23 % kului rakennusten lämmitykseen, teollisuuden osuus energian loppukäytöstä oli miltei puolet /1./. Rakennusten energiankulutuksesta 90 – 95 % tapahtuu käytön aikana, eli rakentamisen osuus on alle kymmenen prosenttia. Suomi on sitoutunut noudattamaan Kioton sopimusta, joka edellyttää, että vuosien 2008 – 2012 aikana keskimääräiset kasvihuonepäästöt rajoitetaan vuoden 1990 tasolle. /2./

EU:n energiansäästöohjelmassa energitehokkaiden talojen rakentamisella on keskeinen osuus ja tavoitteena on, että vuosien 2015 – 2020 jälkeen kaikki uudisrakentaminen on lähelle nollaenergiatasoa. /2./ Suomessa pääseminen EU:n tavoitteeseen vaatii suuria ponnisteluja, koska kylmästä ilmastosta aiheutuva pitkä vuosittainen lämmityskausi vaikeuttaa tavoitteeseen pääsemistä.

Kiristyvät rakennusten energiamääräykset ovat osa Suomen kasvihuonepäästöjen vähentämisstrategiaa. Vuoden 2010 alussa voimaan tulleissa määräyksissä rakennusten energiankulutusta vähennettiin noin 30 % ja vuoden 2012 aikana voimaan tulevien määräysten tavoitteena on vähentää 20 % lisää. /2./ Talojen pienen lämmitysenergian kulutuksen myötä huonetilojen lämmitysjärjestelmät voivat olla yhä pienitehoisempia.

Talojen tiiviyden ja rakenteiden parantuessa lämmitysjärjestelmä on mahdollista toteuttaa ilmanvaihtojärjestelmän yhteyteen. Ilmanvaihtolämmitys päätelaitteilla antaa mahdollisuuden nopeasti muutoksiin reagoivaan ja huonekohtaiseen lämmitykseen. Lämmittävillä tuloilman päätelaitteilla saadaan tuotua tarvittava lämmitysteho huoneisiin rakentamismääräysten mukaisilla ilmavirroilla, jotka luovat viihtyisän sisäilman.

2 TYÖN TAUSTOJA

2.1 Tavoite

Työn tavoitteena on selvittää ilmanvaihtolämmityksen mahdollisuuksia rakennuksen päälämmitysmuotona ja asioita joita tulisi ottaa huomioon suunniteltaessa ilmavaihtolämmitystä Suomen olosuhteisiin.

Työssä käsitellään tarkemmin ilmanvaihtolämmitystä RCL Climeconin valmistamilla ECO - lämmittimillä. Tavoitteena on tehdä selvitys siitä, minkä tyyppisiin kohteisiin tuote sopii ja mikä asettaa rajat tuotteen käytölle.

2.2 RCL Climecon Oy

Työn tilaaja RCL Climecon (RCL) on suomalainen talotekniikka-alan yritys, joka valmistaa, kehittää ja markkinoi korkealaatuisia ilmanvaihtotuotteita. RCL - tuotteet on suunniteltu käytettäväksi asuinrakentamisessa, liike- ja toimistorakentamisessa, teollisuusrakentamisessa sekä julkisessa rakentamisessa. Ilmanvaihtolämmitysratkaisut, joita tämä työ käsittelee, ovat RCL: n uusimpia tuoteinnovaatioita /3/

RCL: n tuotantolaitos sijaitsee Kausalassa ja myyntikonttori Helsingissä. Henkilöstöä yhtiön palveluksessa on noin 30. RCL Climeconilla on jälleenmyyjiä Englannissa, Ruotsissa ja Virossa. Vientimaita ovat lisäksi Saksa, Venäjä ja Latvia. /3/

2.3 Matalaenergiarakentaminen Suomessa

Lämmitys- ja jäähdytysenergian tarpeen pienentäminen rakennuksissa on keskeinen osa Suomen energiataloutta ja ympäristönsuojelua, koska lämmitysenergia muodosti vuonna 2009 neljänneksen Suomen kaikesta energian käytöstä. /1/

Matalaenergiarakentamista on Suomessa kehitelty vuosikymmenien ajan, mutta vasta nyt kiristyvien viranomaismääräysten ja tekniikan kehittymisen myötä matalaenergiarakentamisen laajempi käyttöönotto on mahdollista. Kansainvälisten päästöjen vähentämissopimusten myötä matalaenergiarakentaminen on pian ainoa vaihtoehto ra-

kentamiselle ja tämän takia energiatehokas rakentaminen elää tällä hetkellä voimakasta kasvu- ja kehityskautta./4./

Matalaenergiarakentamisessa on kaksi eri tavoitetasoa eli matalaenergiatalo ja passiivitalo. Matalaenergiatalo tarkoittaa normitasoa selkeästi parempaa energiatehokkuutta ja se on toteutettavissa varsin pienilläkin lisäkustannuksilla. Äärimmäisenä muotona matalaenergiarakentamisessa on passiivitalo, jonka lämmitysenergian kulutus on todella pieni. Passiivitaloihin ei ole järkevää rakentaa erillistä lämmitysjärjestelmää, koska lämmitysenergian kulutus on niin pieni, joten lämmönjakojärjestelmää voidaan yksinkertaistaa esimerkiksi ilmanvaihtolämmitystä käyttäen. /4./

Taulukko 1. Tilojen lämmityksen tehontarpeen ominaisarvoja asuinrakennuksille /4/

Rakennustyyppi	Kiinteistön primäärienergian ominaiskulutus kWh/(m ² a)	Tilojen lämmityksen tehontarpeen ominaisarvoja W/m ²	
		Tavallinen talvikäyttö	Mitoitustilanteen huipputeho
Normitalo 2010			
- kerrostalo		30	50
- pientalo		35	50
Matalaenergiatalo			
- kerrostalo	< 180	15 - 20	30
- pientalo	< 180	20 - 30	40
Passiivitalo			
- kerrostalo	< 135	10 - 15	20
- pientalo	< 140	10 - 20	25

3 ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEEN LIITTYVÄT MÄÄRÄYKSET

Seuraavissa kohdissa on tutkittu Suomen rakentamismääräyskokoelmaa (SRakMK) ja muita viranomaisohjeita. Kokoelmista ja asetuksista on poimittu keskeisimpiä määräyksiä ja ohjeita, jotka tulee ottaa huomioon suunniteltaessa ja toteutettaessa asuinrakennukseen ilmanvaihtolämmitysjärjestelmää.

3.1 SRakMK:n osa D2

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 käsittelee rakennuksen sisäilmastolle ja ilmanvaihdolle asetettuja viranomaisvaatimuksia. Ilmanvaihtolämmitystä koskien keskeisimmät määräykset ovat huonetilan ohjeilmavirrat ja oleskeluvyöhykkeen lämpöolosuhteet.

Passiivitalojen ilmanvaihtolämmitykseen riittävät D2 liitteen 1 mukaiset ilmavirrat eli $6 \text{ (dm}^3\text{/s)/hlö}$, ulkoilmavirta tulee kuitenkin olla vähintään $0,35 \text{ (dm}^3\text{/s)/m}^2$, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa $0,5 \text{ 1/h}$ huoneessa, jonka vapaa korkeus on $2,5 \text{ m}$.

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. Oleskeluvyöhykkeen lämpötila ei saa yleensä nousta yli $+25 \text{ °C}$ ja lämpötila lämmityskauden aikana oleskeluvyöhykkeen korkeudella $1,1 \text{ m}$ lattiapinnasta ei saa poiketa suunnitteluarvosta enempää kuin $\pm 1 \text{ °C}$.

3.2 SRakMK:n osa D3

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3 2010 käsittelee rakennusten energiatehokkuutta. Asetuksessa on esitetty energiatehokkuusvaatimukset ja rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskennan ohjeet. D3:sta on valmisteilla uusi versio, joka tulee voimaan vuoden 2012 aikana. Uuteen versioon on tullut paljon lisäyksiä ja osan C3 Rakennusten lämmöneristysmääräykset on siirretty osaan D3.

Ilmanvaihtojärjestelmästä ja lämmitysjärjestelmästä on asetuksessa säädetty, että ne ovat suunniteltava ja rakennettava sellaisiksi, että rakennuksen käyttötarkoituksen

edellyttämät sisäilmasto- ja lämpöolot saavutetaan energiatehokkaasti. Lämmitysjärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon paikalliset sääolot eli mitoitus lämmitysjärjestelmän lämmitysteholle tehdään rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan.

Rakennuksen lämpöhäviö on vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö. Rakennuksen vertailulämpöhäviö on rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö laskettuna määräysten vertailuarvoilla ja tämä arvo ei saa ylittää rakennuksen suunnitteluarvoilla laskettua lämpöhäviötä.

Matalaenergiarakennusta suunniteltaessa, tulisi rakennusten laskennallisten lämpöhäviöiden olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä.

3.3 SRakMK:n osa D5

D5 2007 antaa ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaan. Energiankulutuksen laskentaan käytetään energiatasemenetelmää, jossa energiankulutus lasketaan kuukausittain. Energiatasemenetelmässä saman kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa.

Kun rakennus lämmitetään ilmanvaihtolämmityksellä, on rakennuksen ostettavan lämmitysenergian kulutus tällöin:

$$Q_{\text{lämmitys, osto}} = Q_{\text{lämmitys}} / \eta_{\text{lämmitys}}$$

Kun kyseessä on ilmanvaihtolämmitys ilmanvaihdon päätelaitteilla, on lämmitysmuotona tuolloin sähkö, eli lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde $\eta_{\text{lämmitys}}$ on tuolloin D5 taulukon 3.1 mukaan 1,0. Rakennuksen energiankulutus lasketaan D5:n mukaan seuraavasti:

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

Tilojen lämmitysjärjestelmien energiatehokkuutta laskettaessa on otettava huomioon lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat. Lämpöhäviöitä syntyy lämmön kehityksen, varastoinnin, siirron ja luovuttamisen aikana. Myös säätöjärjestelmä lisää lämpöhäviö-

öitä, koska lämpötilan saavutettua asetusarvonsa lämmitysenergian luovutus loppuu viiveellä, esimerkkinä vesikiertoinen lattialämmitys.

Lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergioille on D5:ssä taulukko, jossa esitetään eri lämmitysjärjestelmille ominaislämpöhäviöt.

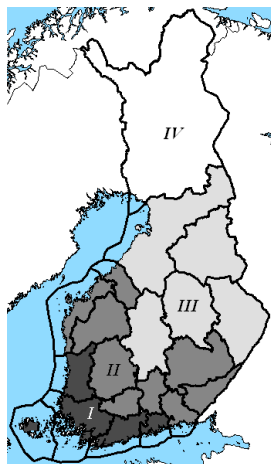
Taulukko 2. Sähköisen ilmanvaihtolämmityksen ominaislämpöhäviöt

Lämmitysjärjestelmä	Lämmitysjärjestelmän ominaislämpöhäviöt Q lämmitys, tilat, häviöt, omin, kWh/brm ²			
	kehitys- häviöt	Jakelu- häviöt	Luovutus- häviöt	Säätö- häviöt
Sähköinen ilmanvaihtolämmitys				
- keskitetty tuloilman lämmitys	0	5	1	4
- huonekohtainen tuloilman lämmitys	0	0	1	1

D5: n liitteessä 1 on esitetty energian laskennassa käytettäviä säätietoja. Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen. Vyöhykkeiden perustana ovat ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemien mittaustulokset.

Taulukko 3 Säävyöhykkeiden mitoituslämpötilat

Vyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	Lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
1	-26	+5	+1
2	-29	+4	0
3	-32	+2	- 1
4	-38	0	-5



Vyöhyke 4. Sodankylä

Vyöhyke 3. Jyväskylä –Luonetjärvi

Vyöhyke 2. Jokioinen

Vyöhyke 1. Helsinki - Vantaa

3.4 Ympäristöministeriön moniste 122

Julkaisu käsittelee ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Moniste antaa ohjeen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämiseksi ja täydentää tältä osin Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.

Lämmöntalteenoton (LTO) merkitys ilmanvaihtolämmityksessä on todella suuri, koska sen avulla pyritään lämmittämään tuloilmaa mahdollisimman paljon. Monisteessa on ohje, kuinka laskennassa on otettava huomioon lämpötilasuhteen heikentäminen, jotta LTO - laitteiston lämmönsiirripinnalle tiivistyvä vesi ei jäätyisi. Asuinrakennuksien jäteilmän minimilämpötilaksi vuosihyötysuhteen laskennassa on määritetty

+5 °C jäätyksen estämisen takia, jos käytössä ei ole laitevalmistajan varmennuttua jäteilman minimilämpötila arvoa. LTO: n toimintaa ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän osana olen selvittänyt tarkemmin kappaleessa 6.5.

4 ILMANVAIHTOLÄMMITYS

Ilmanvaihtolämmitykseksi kutsutaan järjestelmää, jossa tuloilman lämpötilaa ja virtaamaa säädetään huonekohtaisesti lämmitys- ja viilennystarpeen mukaan. Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmä sisältää ilmanvaihdon lisäksi huonelämpötilojen hallintajärjestelmän. Suurimman osan vuotta järjestelmän toiminta perustuu LTO – laitteella tapahtuvaan tuloilman lämpötilan säätöön huonelämpötilan perusteella /3./. LTO lämmittää tuloilmaa rakennuksen poistoilmasta saatavalla lämpöenergialla. Ilmanvaihtolämmitys talon pääasiallisena lämmitysmuotona on kuitenkin vielä harvinaista, mutta mahdollista toteuttaa yhä helpommin rakennusten lämmitystarpeiden pienentyessä.

Lämmitysmuodon suunnittelun edellytyksenä ja lähtökohtana on se, että rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystarve on niin pieni, että lämmittäminen ja jäähdyttäminen pystytään toteuttamaan normaalin ilmanvaihdon mukana. Erillisen lämmitysjärjestelmän jäädessä pois, pienenee rakennuksen toteutus- ja huoltokustannukset. Ilmanvaihtolämmitys mahdollistaa hyvin huoneiden tarpeenmukaisen lämmittämisen, joka taas pienentää käyttökustannuksia.

Ilmanvaihtolämmitys reagoi lämpötilan muutoksiin nopeasti, lämmityksessä ei ole samanlaista viivettä, kuten esimerkiksi vesikiertoisella lattialämmityksellä lämmitettäessä. Nopean reagointikyvyn takia ilmanvaihtolämmitys on erittäin toimiva lämmitysmuoto matalaenergia- ja passiivitaloihin, joissa lämmitystehontarve on pieni.

Perinteisestä 1980 – luvulta lähtöisin olevasta ilmalämmityksestä ilmanvaihtolämmitys eroaa siinä, että ilmanvaihtolämmityksen mitoittamiseen voidaan käyttää D2:n mukaisia ohjeilmavirtoja, eikä tilan lämmittämiseen tarvita palautusilmaa. Ilmalämmityksen ongelmia ovat suuret ilmavirrat ja tästä johtuen suuri tilantarve.

4.2 Ilmanvaihtolämmityksen suunnittelu

Ilmanvaihtolämmitys tulee ottaa huomioon jo arkkitehtisuunnittelussa, koska järkevä pohjaratkaisu talolle luo edellytykset ilmanvaihtolämmityksen toteuttamiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että taloon tulee mahdollisimman vähän nurkkia, välteitä suuria ikkunapintoja ja huonesijoittelu on toteutettu lämmitysjärjestelmän toimintaa ajatellen.

Lähtökohtana lämmitysjärjestelmän suunnittelulle on lämmityksen mitoitusasteen määrittely huonekohtaisesti, laskentaohjeet mitoitukselle löytyvät rakentamismääräyskoelman osasta D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Huonekohtaisten lämpöhäviöiden perusteella tutkitaan riittääkö ilmanvaihtolämmityksen lämpöteho kattamaan huoneiden lämmitystehontarpeen, jos ei riitä, yritetään pienentää rakennuksen vaipan ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä. Muutosten ollessa suuria tulee huomioida rakennuksen elinkaaren taloudellisuus. /4./

Ilmanvaihtolämmityksen lämmitystehon riittävyys tulee tarkastaa huoneisiin mitoitettun ilmanvaihdon ilmavirran ja tuloilmavirran sisäänpuhallusilman lämpötilan perusteella. Suurimpana tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana käytetään +50 °C. Ilmanvaihtokanavat ja kone tulee mitoittaa jäähdytys- tai tehostusilmavirtojen mukaan. Yöviilennyksen käyttö jäähdytykseen edellyttää suuria ilmavirtoja (1,5 – 2,0 dm³/s/m²). /4/

Ilmanvaihtokoneen valinta on tärkeä osa suunnittelua, koska siinä päätetään lämmitykseen käytettävän ilman lämmityksen tuotto. Ilmanvaihtokoneelle määritellään tuloilman lämpötilataso ja tarvittavan lämmitysteho. Lämmityskauden aikana joudutaan ulkoilmaa lämmittämään LTO:n lisäksi ilmanvaihtopatterilla, kun taas välikaudella ulkoilman lämmitykseen riittää pelkkä poistoilmasta talteenotettu lämmitysenergia. Ilmanvaihdolla tuotavan lämmitysenergian lisäksi tulee tarkastella lisälämmityksen tarvetta. Lisälämmitys voidaan toteuttaa esimerkiksi pienillä sähköpattereilla tai lattialämmityksellä. Märkätiloihin ja kivipintaisiin tiloihin suunnitellaan pienitehoinen mukavuuslattialämmitys jonka teho on enintään 30 W/m² /6./

Lämmitysilmän sisäänpuhallukseen käytettävien laitteiden tulee olla tehokkaasti ilmaa sekoittavia. Ilmavirtojen perussäädön helpottamiseksi ja tarpeenmukaisten ilmavirtojen hallinnan kannalta tulisi pientalon ilmanvaihtokanavien paine-erojen olla tehostamattomilla tuloilmavirroilla 20 – 40 Pa ja poistoilmavirroilla 30 – 50 Pa. Perinteiset lautasventtiilit ja tuloilmasäleiköt eivät sovellu lämmitysilmän jakamiseen. Laitteiden lukumäärät ja sijoituspaikat määritellään huonekohtaisesti. Äänitasot tulee tarkastaa laitevalmistajan ohjeista, jotta tehostusilmavirroilla kehittyvä ääni ei nouse liian korkeaksi. /2./

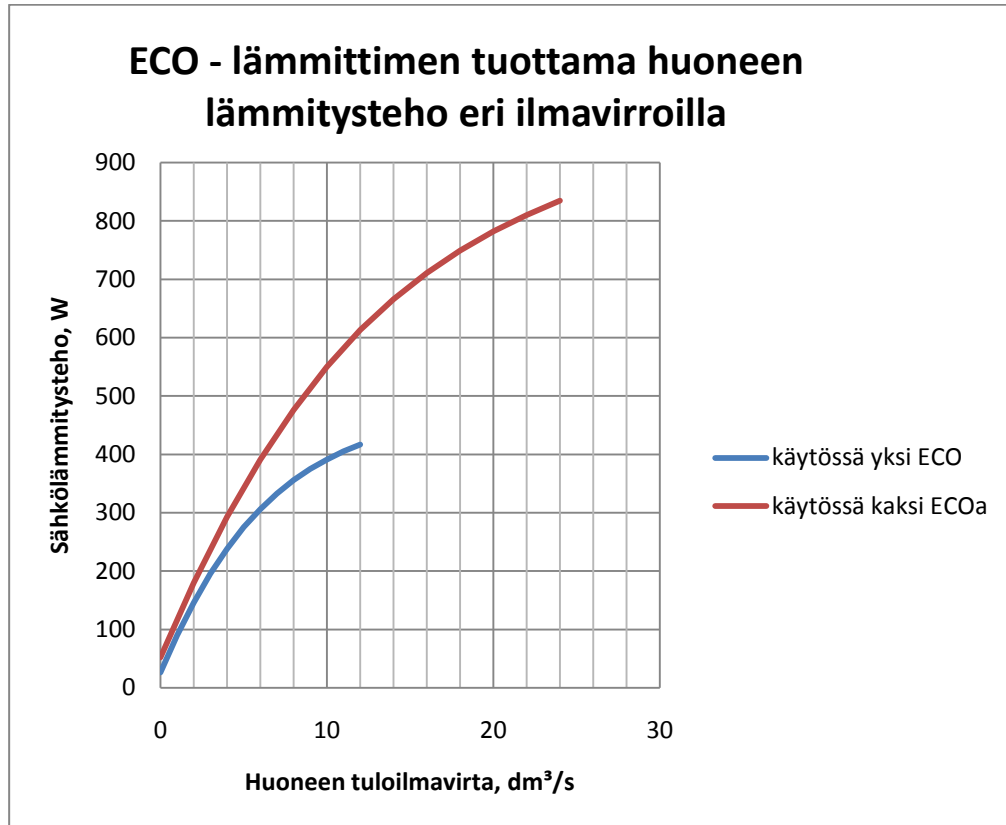
Ilmanvaihtokanaviston suunnittelussa pitää huomioida riittävä tilan tarve ja edellytykset tarkoituksenmukaiselle käytölle. Ilmanvaihdon on pystyttävä tuottamaan hyvä sisäilmasto ilman haitallista äänenkehitystä. Kanavisto kannattaa mitoittaa mahdollisimman lyhyeksi ja helposti huollettavaksi. Kanavisto tulee myös eristää riittävän hyvin lämpöhäviöiden, kondenssin ja haitallisen äänen estämiseksi.

Suositteluvat eristepaksuudet: /4./

- Mahdolliset kylmässä tilassa olevat kanavat, 200mm:n mineraalivillaeriste tai 150mm:n polyuretaanieriste
- Lämmöneristeen sisällä kulkevat kanavat, 100mm mineraalivillaeriste tai 75mm:n polyuretaanieriste
- Lämpimässä tilassa kanavat eristetään tavalliseen tapaan kondenssin estämiseksi

Asennusohjeet tulee määrittellä riittävän hyvin, jotta kokonaisuudesta tulee toimiva ja suunnitelman mukainen. Asennuksessa noudatetaan Talotekniikka RYL 2002, Suomen rakentamismääräyskokoelman ja paikallisten viranomaisten ohjeita. Laittevalmistajien ohjeet tulee myös huomioida asennuksessa. Huolto-ohjeisiin määritellään laitteistojen puhdistusohjeet, kuten lämmöntalteenoton kennojen puhdistus ja ilmanvaihtokanaviston nuohouksen tarve. Ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihtoväli tulee määrittellä, jotta ilmanlaatu säilyy hyvänä. Asukkaalle tulee määrittellä selkeät käyttöohjeet järjestelmän oikean ja tarpeenmukaisen toiminnan kannalta, esimerkiksi ohjeet lämpötilan pudotuksen käytöstä poissaolotilanteissa.

Kuva 2. Huoneen lämmitysteho ECO – lämmittimiä käyttäen. /13, s.10./



Huoneessa 1 ECO	Teho
q _v (dm ³ /s)	φ (W)
0	26
1	90
2	146
3	196
4	238
5	275
6	306
7	333
8	356
9	375
10	391
11	405
12	417

Huoneessa 2 ECO:a	Teho
q _v (dm ³ /s)	φ (W)
0	52
2	180
4	293
6	391
8	476
10	550
12	613
14	666
16	711
18	749
20	782
22	810
24	835

5 ECO – LÄMMITIN

RCL Climeconin valmistamat ECO: t ovat ilmanvaihdon päätelaitteita, joiden sisään on asennettu lämmitysvastus. Tuotteet on kehitetty yhdessä VTT:n kanssa. Lämmittimiä saa tällä hetkellä neljää erilaista mallia, ECO 1, ECO 2, ECO 3 ja ECO 4



Kuva 3. ECO Päätelaite mallit /6./

5.1 Komponentit

ECO:t koostuvat kolmesta erillisestä pääkomponentista, päätelaitteesta, lämmitysvastuksesta ja säätölaitteesta.

5.1.1 Päätelaite

Kuvassa 3 näkyy erilaiset päätelaitemallit, jotka ovat saatavilla lämmittimillä varustettuna. Päätelaite koostuu irrotettavasta etuosasta ja kanavaan kiinnitettävästä pohjalevystä. Tuotteita on saatavilla neljää erilaista mallia, kolme seinäasennettavaa ja yksi kattoasennettava malli. Lämmitinpäätelaitteet on valmistettu ilmanvaihtokanavan halkaisijalle \varnothing d 125 mm. /6/.

Päätelaitteen etulevyn tärkein tehtävä laitteen toiminnan kannalta on saada tuloilma käyttäytymään mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Suuri reikämäärä ei aiheuta suurta paine-eroa etulevyssä, jolloin se saa aikaan riittävän suuren paine-eron tuloilman ja huonetilan välillä. Riittävän suuri paine-ero tuloilmanvirroilla on noin 30 Pa. Paine-erolla pyritään saavuttamaan mahdollisimman hyvä ilman sekoittuvuus huoneessa, jotta lämpöolot pysyisivät tasaisina ja vetoa ei pääse syntymään. /6./

5.1.2 Lämmitysvastus

Keraamisesti pinnoitetun lämmitysvastuksen pinta-ala on suhteellisen suuri ja vastus on itserajoittuva, tämän ansiosta vastuksen pintalämpötila ei pysty nousemaan yli + 80 °C ja näin ollen laite ei tarvitse erillistä ylikuumenemissuojausta. /6./

5.1.3 Säätläite

Säätimen tehtävänä on ohjata huonetilan lämmitystä. ECO säätlaitteen toiminta perustuu suhteelliseen säätötapaan. Mitä lähempänä säätimen asetusarvoa huonelämpötila on, sitä pienemmällä teholla lämmitysvastus tuloilmaa lämmittää. Säätötapa varmistaa huonekohtaisen tarkan säädön ja mahdollisimman pienet huonelämpötilan vaihtelut. /6./



Kuva 4

Säätyksikössä, jossa huoneen lämpötilaa mittaava lämpötila-anturi sijaitsee, ei ole lämpiäviä komponentteja. Näin säädössä ei tapahdu virhettä. Yhden säätimen ohjattavaksi voidaan liittää maksimissaan kolme lämmitintä. /6./

5.2 Toiminta

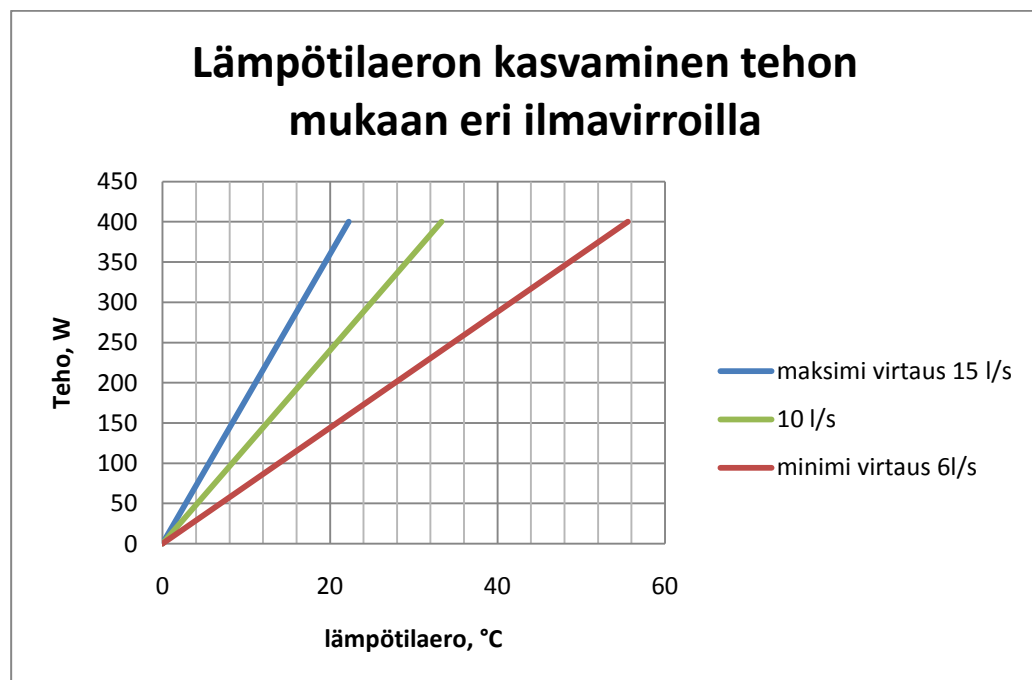
ECO - lämmittimet perustuvat toiminnaltaan 15 °C – 17 °C asteisen esilämmitetyn tuloilman lämmittämiseen huonekohtaisesti. Tuloilma esilämmitetään ilmanvaihtokoneella, josta se johdetaan eristettyä ilmanvaihtokanavaa pitkin päätelaitteelle. Päätelaitteessa oleva keraaminen vastus lämmittää ilman huoneen lämmitystarpeen mukaan. /6./

Lämmitysvastuksen tehoa säätelee huoneen lämmitystehontarve. Huoneessa, johon on sijoitettu ECO, on myös lämpötilan säädin, joka ohjaa ECO - lämmittimen toimintaa. Huoneen käyttäjä voi tämän avulla säätää huoneen lämpötilan mieleisekseen. Säättöalueen keskiasetukseksi tehtaalla on asetettu 21 °C, laitetta voi tällöin säätää välillä 18 °C – 24 °C. /6./

5.3 Käyttöä rajoittavat tekijät

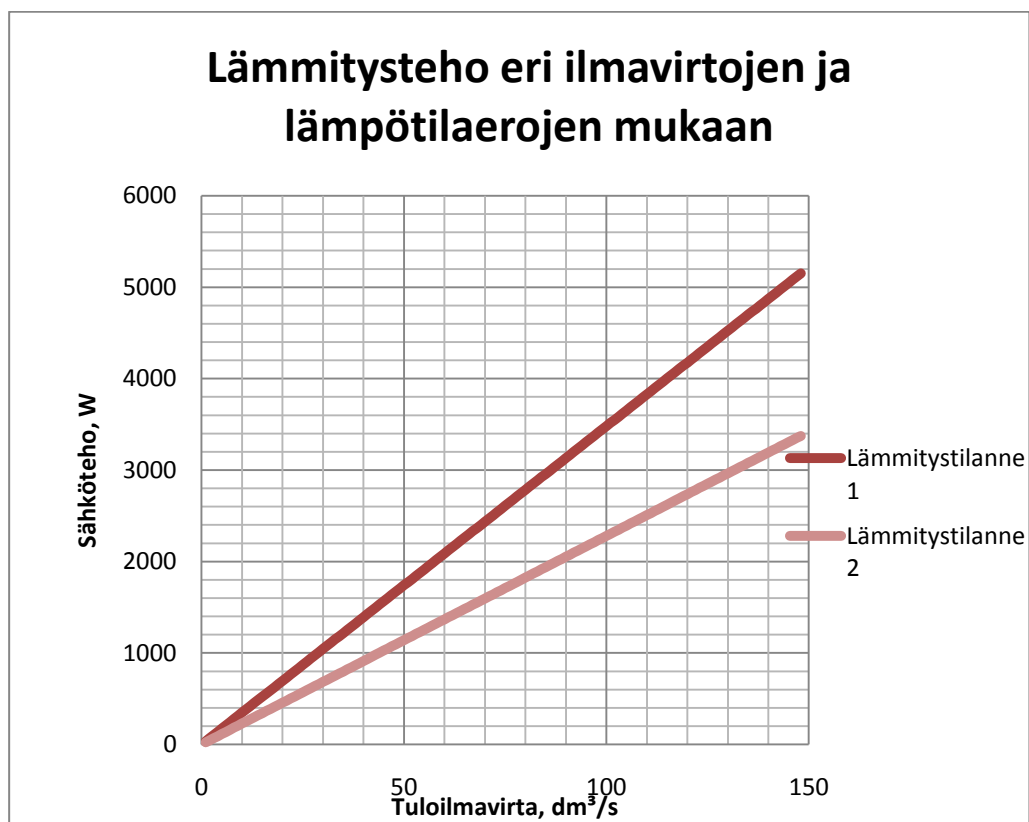
ECO - lämmittimen tuloilman maksimi sisäänpuhalluslämpötila on + 50 °C ja lämmitysvastuksen maksimi lämpötila pitää jäädä alle + 80 °C, jotta vastus ei polta pölyä. Lämmittimen maksimiteho on 300 – 400 W, 8 -15 dm³/s ilmavirta-alueella. Näiden raja-arvojen mukaan on määritetty suurimmat saavutettavissa olevat lämpötilaerot, jotka päätelaitteella pystytään saavuttamaan (kuva 5).

Kuva 5 esittää kuinka paljon ilman lämpötilaa pystytään teoreettisesti kasvattamaan ECOlla ilmavirroilla 6 dm³/s, 10 dm³/s ja 15 dm³/s. Esimerkiksi 300 W teholla voidaan ilman lämpötilaa nostaa noin 42 °C ilmavirran ollessa 6 dm³/s, 25 °C ilmavirralla 10 dm³/s ja noin 17 °C ilmavirralla 15 dm³/s.



Kuva 5

Kuvassa 6 on tarkasteltu lämmitystehon riippuvuutta tuloilmavirrasta kahdessa erilaisessa tilanteessa. Huonelämpötilana on käytetty D2 mukaista lämpötilaa. Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana on tilanteessa 1 käytetty +50 °C:sta, joka on ohjeiden mukainen maksimilämpötila ja tilanteessa 2 +10 °C pienempää lämpötilaa. Esimerkiksi tuloilmavirralla 60 dm³/s (vastaa noin 120 m² pientalon tuloilmavirtaa) ja +50 °C:n sisäänpuhalluslämpötilalla saadaan tuotettua noin 2100 W lämmitysteho. Sisäänpuhalluslämpötilaa pudotettaessa 10 °C, lämmitysteho on noin 1400 W. Sisäänpuhalluslämpötilan muuttuessa yhden asteen verran, muuttuu lämmitysteho noin 3,5 % tuloilmavirran pysyessä vakiona.



Kuva 6

	Lämmitystilanne 1	Lämmitystilanne 2
t_t (°C)	50	40
t_h (°C)	21	21
ρ_i (kg/m ³)	1,2	1,2
c_p (kJ/kgC)	1	1

6 ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEN TOTEUTTAMINEN ECO-LÄMMITTIMILLÄ

Suomessa on toteutettu monia matalaenergia- ja passiivitaloja, joiden lämmitysmuodoksi on valittu ilmanvaihtolämmitys ECO - lämmittimillä. Euroopan pohjoisimpaan passiivitaloon Paroc Arcticaan, Rovaniemellä, on valittu lämmitysmuodoksi ilmanvaihtolämmitys ECO – lämmittimillä. /7./

Uusin innovaatio on kerrostalokohde Helsingin Viikissä, jossa asuntojen lämmitys maksetaan kulutuksen mukaan sähkölaskun yhteydessä. ”Vuokraan sisältyy 17 asteen peruslämmitys, sen jälkeen lämmityksestä maksaa vuokralainen”, sanoo aluejohtaja Harri Savolainen NCC:stä. Peruslämpö toteutetaan kaukolämmöllä ja tämän päälle menevä lämmitys tuotetaan asuntokohtaisesti ilmanvaihtolämmittimillä. Käytännössä asukkaalle jää maksettavaksi 20 °C päälle menevä lämpötila, koska ihmiset ja laitteet lämmittävät 2-3 °C:lla asuntoa. Kyseinen toteutus tapa antaa asukkaalle mahdollisuuden säätää huonelämpötilaa mieltymyksensä mukaan ja samalla tarjotaan mahdollisuus säästää energiaa. /8./

6.1 Rakennuksen lämmitystehontarve

Rakennuksen lämmitystehontarpeet asuinrakennuksissa lasketaan huonekohtaisesti, jolloin pystytään laskemaan huoneen lämmitysteho ja mitoituksen kautta valita huoneeseen sopiva lämmityslaite.

Lämmitystehontarve muodostuu rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, ilmavuodoista ja ilmanvaihdosta. Tilan lämmitysteho mitoitetaan Suomen rakentamismääräyskoelman osan D5 liitteen 1, paikkakuntakohtaisten lämpötilojen mukaan.

Huonelämmityksen tehon tarve $\phi_{\text{huonelämmitys}}$ lasketaan kaavalla:

$$\phi_{\text{huonelämmitys}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{iv}} - \phi_{\text{tuloilmapatteri}} \quad (1)$$

$\phi_{\text{huonelämmitys}}$	huonelämmityksen tehon tarve, W
ϕ_{joht}	tilojen johtumisteho, W
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmitysteho tilassa, W

ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
$\phi_{tuloilmapatteri}$	tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W

$$\phi_{joht} = \Sigma H_{joht} (T_s - T_{u,mitoitus}) \quad (2)$$

ϕ_{joht}	tilojen johtumisteho, W
ΣH_{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mitoitus}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C

$$\phi_{vuotoilma} = H_{vuotoilma} (T_s - T_u) \quad (3)$$

$\phi_{vuotoilma}$	vuotoilman lämmitysteho tilassa, W
$H_{vuotoilma}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mitoitus}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C

$$\phi_{iv} = H_{iv} (T_s - T_u) \quad (4)$$

ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
ΣH_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mitoitus}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C

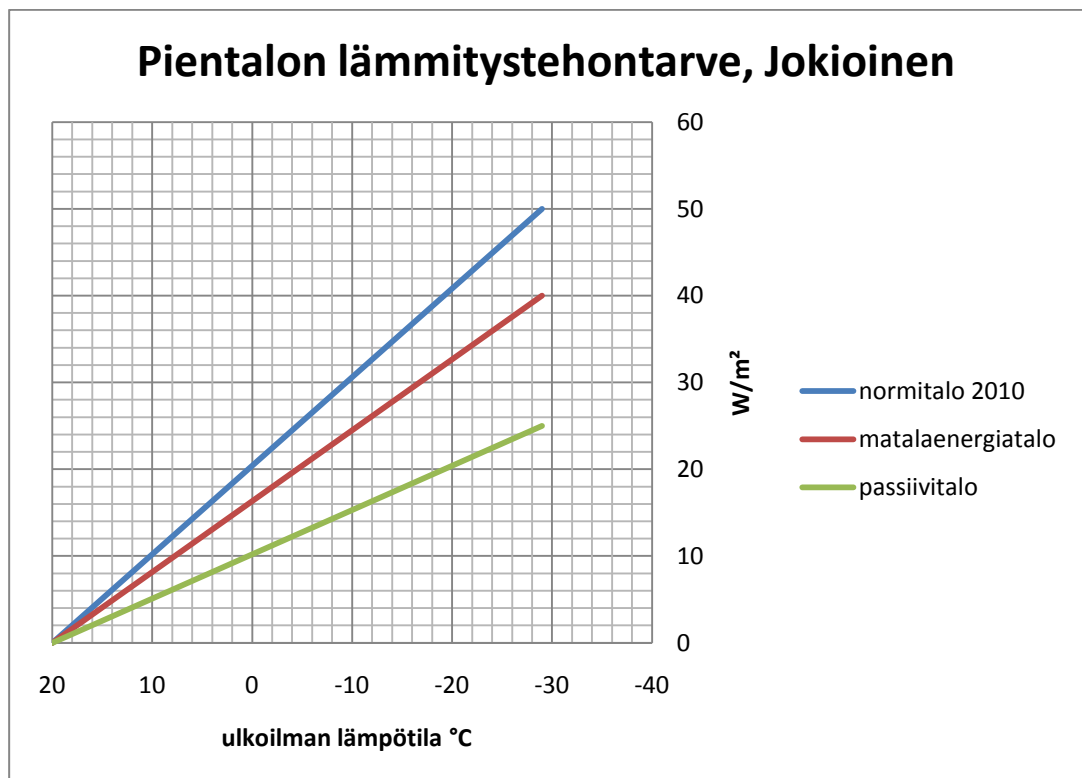
6.2 Pientalot

Tyypillisen pientalon mitoitustilanteen lämmityksen huipputeho on noin 50 W/m², kun rakennus toteutetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 minimivaa-
timustason lämmönläpäisykertoimien mukaan.

Taulukko 4. Pientalojen rakennusvaipan ja ilmanvaihdon määrävien ominaisuuksien ohjeellisia arvoja Jyväskylän ilmastotiedoilla. /4 s.34/

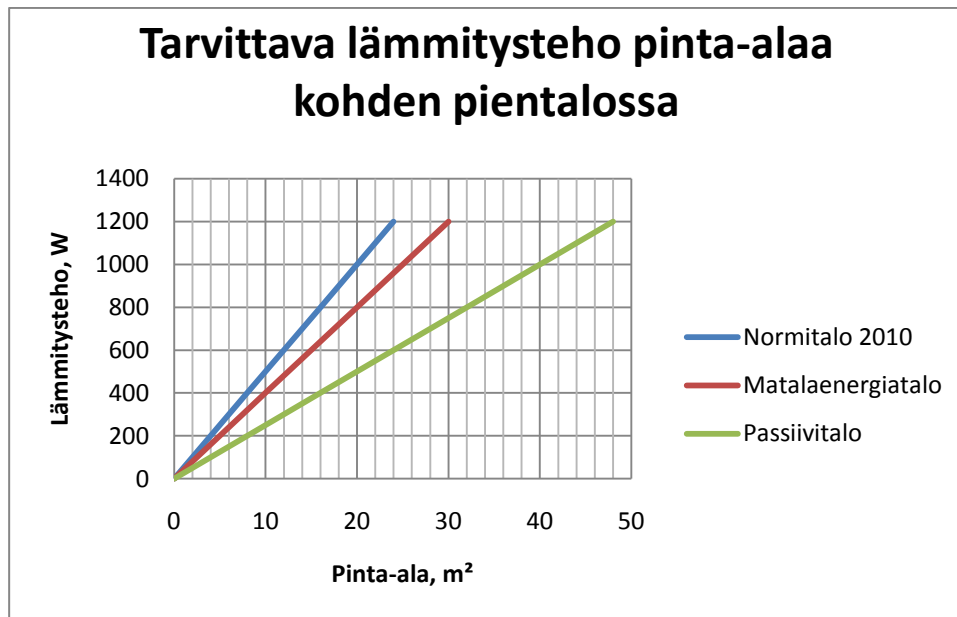
Tekninen tekijä	Normitalo RakMK C3-määräys, 2010	Matalaenergiatalo M- 50	Passiivitalo P- 25
U-arvot, W/m ² K			
-alapohja maanvastainen	0,16	0,12	0,10
-alapohja ryömintätilaan	0,17	0,10	0,08
-alapohja ulkoilmaan	0,09	0,08	0,08
-ulkoseinä	0,17	0,12	0,08-0,10
-yläpohja	0,09	0,08	0,07
-ikkunat	1,00	0,80	0,7/0,8
-ovet	1,00	0,60	0,50
Vaipan ilmanvuotoluku n ₅₀ , 1/h	< 2,0	< 0,8	< 0,6
lämmöntalteenoton vuosi- hyötysuhde %	> 45	> 65	> 80
Ilmanvaihdon ominaissähkö- teho, kW/m ³ /s	< 2,5	< 2,0	< 1,5

Kuva 7:n perusteella nähdään kuinka paljon lämmitystehoa tarvitaan erilaisten rakennustyyppien lämmittämiseen pinta-alaa kohti mitoitussolosuhteissa. Vertailussa on normitalo, joka on toteutettu vuoden 2010 määräystason mukaan, matalaenergiatalo ja passiivitalo. Arvot ovat keskimääräisiä ja ne vaihtelevat aina tapauskohtaisesti.



Kuva 7. Pientalon lämmitystehontarve W/m², Jokioisten säätietojen mukaan

Kuvasta 8 voidaan päätellä, että yhdellä ECOlla pystytään lämmittämään normitalossa noin 8 m² ala, matalaenergiatalossa noin 10 m² ala ja passiivitalossa noin 16 m² ala, jos lämmittimen maksimitehoksi oletetaan laitevalmistajan ilmoittama maksimiteho 400W. Yhden ECO – säätölaitteen ohjattavaksi voidaan maksimissaan asentaa kolme päätelaitetta, tuolloin suurin teoreettinen yhtenäinen ala mitä ECO – lämmittimillä voidaan lämmittää, on normitalossa noin 24 m², matalaenergiatalossa noin 30 m² ja passiivitalossa noin 48 m².



Kuva 8

6.3 Kerrostalot

Tyypillisen kerrostalon mitoitustilanteen lämmityksen vaatima huipputeho on noin 50W/m², kun rakennus toteutetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 minimi lämmönläpäisykertoimien mukaan. Taulukossa 5 on esitetty ohjeellisia arvoja kerrostalojen rakennusvaipalle ja ilmanvaihdolle, eri energialuokan taloille.

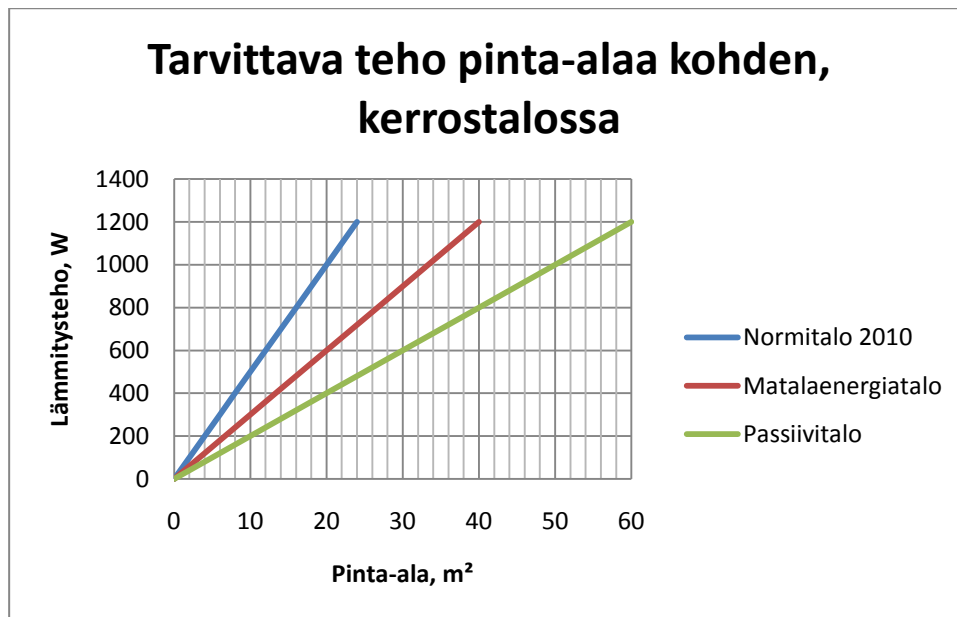
Rakennusvaipan ohjeelliset U-arvot ovat matalaenergiatalossa noin 80 % ja passiivitalossa noin 65 % normikerrostalon 2010 ohjearvoista. Eristeiden paremmuudella ei yksistään päästä passiivitalon vaatimaan energialuokkaan, vaan vaaditaan myös parempaa ilmanvaihtokokonaisuutta ja tiiviimpää rakennusta. Samalla teholla pystytään passiivitalossa lämmittämään noin 60 % ja matalaenergiatalossa 40 % suurempi pinta-ala.

Matalaenergialuokan kerrostaloissa pystytään lämmittämään samalla teholla keskimäärin 25 % suurempi ala kuin matalaenergiapientaloissa. Tämä johtuu kerrostalon vaipan pienemmästä osuudesta suhteessa asuinpinta-alaan. ECO – lämmittimien soveltuvuus matalaenergiakerrostaloihin on parempi verrattuna matalaenergiapientaloihin, koska yhdellä lämmittimellä saadaan lämmitettyä keskimäärin noin 8 – 14 m² ala. ECO – lämmittimillä lämmitettäessä kerrostaloasuntoa ei ole väliä käytetäänkö keskitettyä vai huoneistokohtaista ilmanvaihtoa.

Taulukko 5. Kerrostalojen rakennusvaipan ja ilmanvaihdon määrävien ominaisuuksien ohjeellisia arvoja Jyväskylän ilmastotiedoilla. /4. s 34/

Tekninen tekijä	Normitalo RakMK C3- määräys, 2010	Matalaenergiatalo M-50	Passiivitalo P-25
U-arvot, W/m ² K			
-alapohja maanvastainen	0,16	0,12	0,10
-alapohja ryömintätilaan	0,17	0,10	0,10
-alapohja ulkoilmaan	0,09	0,09	0,08
-ulkoseinä	0,17	0,14	0,12
-yläpohja	0,09	0,08	0,08
-ikkunat	1,00	0,90	0,80
-ovet	1,00	0,60	0,50
Vaipan ilmanvuotoluku n ₅₀ , 1/h	< 2,0	< 0,8	< 0,6
lämmöntalteenoton vuosi- hyötysuhde %	> 45	> 65	> 75
Ilmanvaihdon ominaissähkö- teho, kW/m ³ /s	< 2,5	< 2,0	< 1,5

Kuvasta 9 nähdään, että yhdellä ECOlla pystytään lämmittämään normikerrostalossa noin 8 m² ala, matalaenergiakerrostalossa noin 14 m² ala ja passiivikerrostalossa noin 20 m² ala, jos lämmittimen maksimitehoksi oletetaan laitevalmistajan ilmoittama maksimiteho 400W. Yhden ECO – säätölaitteen ohjattavaksi voidaan maksimissaan asentaa kolme päätelaitetta, tuolloin suurin teoreettinen yhtenäinen ala mitä ECO – lämmittimillä voidaan lämmittää, on normikerrostalossa noin 24 m², matalaenergiakerrostalossa noin 40 m² ja passiivikerrostalossa noin 60 m².



Kuva 9

6.4 Automaatio

Ilmanvaihtolämmityksessä ilmanvaihtojärjestelmä toimii rakennuksen lämmitysjärjestelmänä ja samalla myös jäähdytysjärjestelmänä. Toimiakseen mahdollisimman tehokkaasti, järjestelmä vaatii toimivan säätö- ja ohjausjärjestelmän.

Pientaloissa ja kerrostaloissa automaation toteuttamiseksi riittävät huonekohtaiset digitaaliset säätimet (kuva 4) ja ilmanvaihtokoneessa oleva automaatiojärjestelmä. Pientalojen energiatehokkuuden parantamiseksi, järjestelmään voidaan asentaa ”poissaolokytkin”, joka tarkoittaa lämpötilan pudotusta. Lämpötilan pudotuksen tarkoituksena on pudottaa huonelämpötilaa 3 – 10 °C asetusarvosta, joka pienentää lämmitystehon tarvetta, ja näin ollen tuottaa säästöä lämmityskustannuksiin. Lämpötilan pudotusta voidaan ohjata kodin automaatiojärjestelmän tai erillisen lämpötilanpudotuskytkimen kautta. /9./

6.5 Ilmanvaihtokone

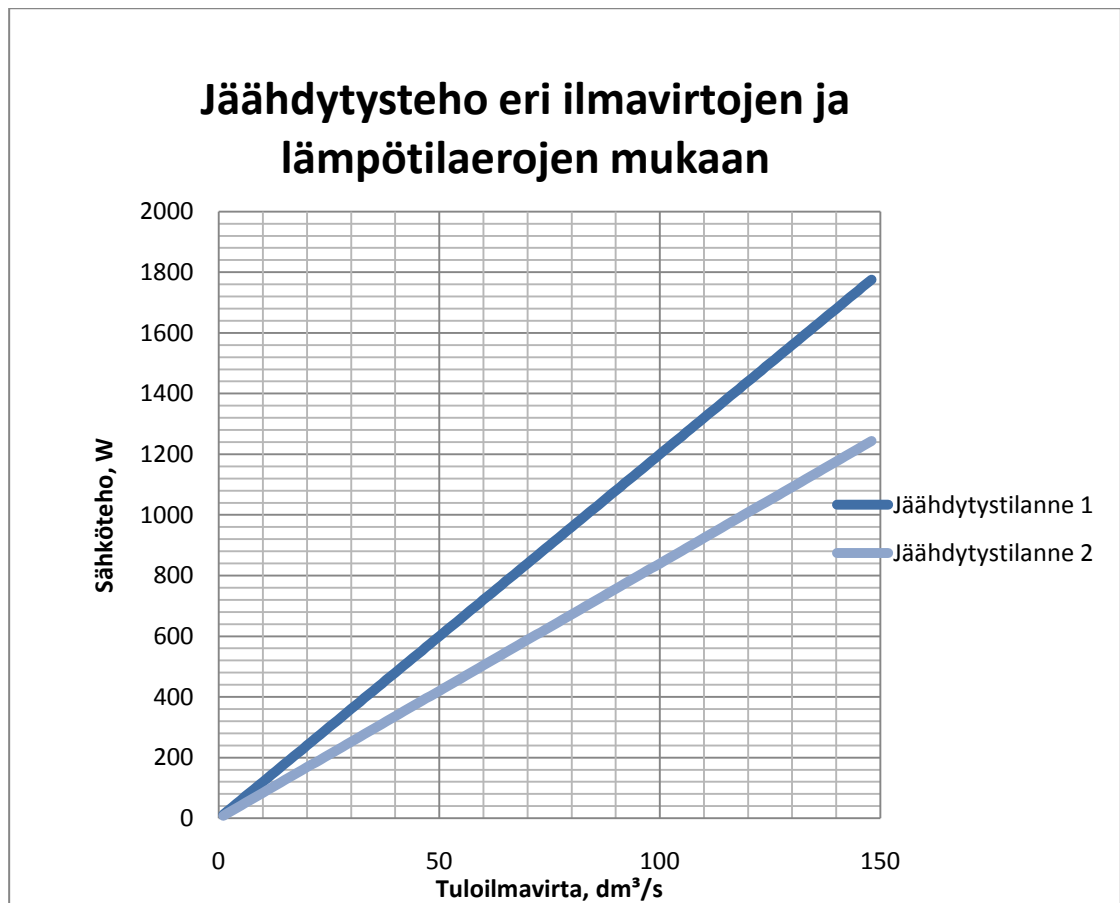
Ilmanvaihtokoneen valinta korostuu, jos lämmitysmuotona on ilmanvaihtolämmitys. Ilmanvaihtokoneen tulee toimia tarpeenmukaisilla ilmavirroilla eri tilanteissa, esimerkiksi kesällä hellekausina tarvitaan yöllä suurempia ilmavirtoja rakennuksen jäähdytystä varten. Energiatehokkuuden ja ilmanvaihtolämmityksen toiminnan osalta ilmanvaihtokoneen tärkein osa on lämmöntalteenottolaitteisto (LTO).

Toimiva ilmanvaihtolämmitysjärjestelmä vaatii hyvän lämmöntalteenottolaitteiston, jotta tuloilmaa pystyttäisiin esilämmittämään mahdollisimman paljon lämmöntalteenoton avulla. LTO:n toiminnan suurin rajoittava tekijä on jäteilman minimilämpötila, joka on + 5 °C, jäätymissuojauksen takia, jos käytössä ei ole laitevalmistajan varmennuttua jäteilman minimilämpötilaa. Tämä heikentää LTO:n vuosihyötysuhdetta, ja rajoittaa samalla tuloilman esilämmitystä. Markkinoilla on pyöriväkennoisia lämmöntalteenottolaitteita, joiden jäteilman ulospuhalluslämpötila voi olla alle +5 °C.

6.6 Jäähdytys

Ilmanvaihtolämmitystalossa ilmanvaihtolaitteisto toimii myös jäähdytysjärjestelmänä. Keskimääräinen vuosittainen hellejakso Suomessa on 10 - 15 päivää. Tällaisessa tapauksessa jäähdytystarvetta voidaan hallita ilmanvaihtojäähdytyksellä, joka toteutetaan viileällä yöilmalla. Yöllä ilmanvaihdon ilmavirtoja tehostetaan riittävästi, jotta rakenteet jäähtyvät. Jos rakennus halutaan jäähdyttää pelkän ilmanvaihdon avulla, pitää rakennushankkeen alkuvaiheissa suunnitella tarkoin rakennuksen sijoittelu tontille ja ikkunoiden varjostukset. Pelkällä ikkunoiden ulkopuolisella varjostamisella pystytään auringon aiheuttamaa jäähdytystarvetta pienentämään jopa 60 %./10./

Rakenteiden suunnittelun merkitys korostuu ilmanvaihtolämmitystalossa jäähdyttämisessä. Rakenteiden lämmönvarauskyky tulisi hyödyntää mahdollisimman paljon niin jäähdytyksessä kuin lämmityksessäkin. Rakenteiden lämpöominaisuuksien tehokas hyödyntäminen riippuu niiden sijainnista oleskelutiloihin nähden, rakenteen massasta, pinta-alasta, pintojen lämmönsiirtokyvystä ja säätöjärjestelmästä. Lämmityksen ja jäähdytyksen säätöjärjestelmän tulee sallia liukuvia asetusarvoja lämpötiloille, jotta rakenteet voivat tarpeen mukaan luovuttaa tai sitoa lämpöä, vallitsevan tilanteen mukaisesti./2./



Kuva 10

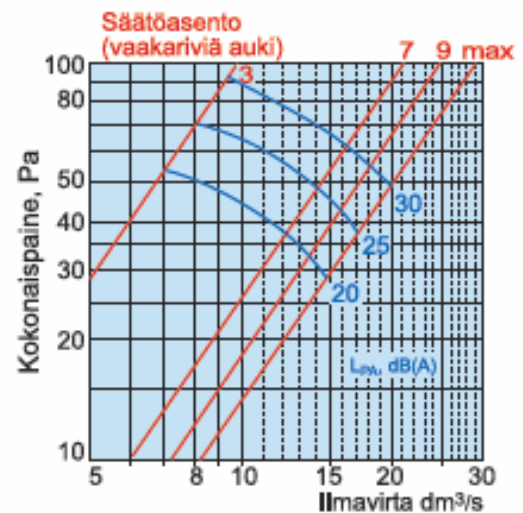
	Jäähdytystilanne 1	Jäähdytystilanne 2
ttuloilma (°C)	15	18
thuoneilma (°C)	25	25
lämpötilaero (°C)	10	7
ρ (kg/m ³)	1,2	1,2
c_p (kJ/kgC)	1	1

Kuvassa 10 on tarkasteltu yöviilennyksen tehoa eri ilmavirroilla ja lämpötilaeroilla. Huonelämpötilana on D2 mukainen oleskeluvyöhykkeen maksimilämpötila ja tuloilman lämpötilana on käytetty hellejaksojen aikaista ulkoilman lämpötilaa yöllä. Ulkoilman lämpötilan ollessa 10 °C:sta viileämpää kuin huoneilma, saavutetaan 100 dm³/s tuloilmavirralla noin 1200 W jäähdytysteho, kun oletetaan ilmanvaihtokanavissa tapahtuva ilman lämpeneminen nollassi. Ulkoilmavirta 100 dm³/s vastaa noin 100 m² pientalossa kaksinkertaistettua tuloilmavirtaa.

Tuloilman jäähdytyksellä huoneisiin pystytään tuomaan 10 – 20 °C:n ilmalla jäähdytystehoa 10 – 40 W/m² riippuen ilmavirran suuruudesta. Pientaloissa ja kerrostaloissa pystytään tuloilman jäähdytys tuottamaan lisäämällä ilmanvaihtokoneeseen jäähdy-

tyspatteri. Jäähdytyspatteria voidaan käyttää talvella ulkoilman esilämmittämiseen, mikä estää lämmötalteenottolaitteistoon kertyvän kosteuden jäätyminen. Jäähdytyspatterissa voidaan käyttää esimerkiksi maakeruupiirin avulla tuotettavaa kylmää.

Ilmanvirtoja kasvatettaessa yöviilennystä varten, tärkeä huomioon otettava tekijä on ilmanvaihtolaitteiston äänenkehitys. Asuintaloissa äänitasoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska pienikin ilmanvaihtolaitteiston kehittämä ääni koetaan helposti haitallisena. Jäähdytysilmavirtoja mitoitettaessa on tarkistettava äänen kehittyminen laitevalmistajan esitteestä.



Kuva 11. ECO 4:n äänenkehitys

7 ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEN SOVELTUVUUS PIENTALOON

Tässä osiossa on tutkittu tarkemmin ilmanvaihtolämmityksen mahdollisuutta 100 m² pientalon (talon pohjapiirustus liite 1) huoneiden lämmittämisessä. Tutkimuksessa on laskettu yksi malli vuoden 2010 rakentamismääräysten mukaan ja kolme tulevien 2012 rakentamismääräysten mukaan. Vuoden 2012 määräysten mukaan on toteutettu kolme erilaista mallia käyttäen ulkoseinässä eri lämmönläpäisykertoimia ja energiankulutusluvun ollessa noin 20 % pienempi kuin 2010 määräysten mukaan toteutetussa mallissa. Sisäilmasto tavoitteet on asetettu kaikissa vaihtoehdoissa sisäilmastoluokituksen S2 tasolle, joka vastaa hyvää sisäilmastoa. Pientalon tiedot ja lämpöhäviöiden laskennan lähtötiedot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6

	2010	2012	2012	2012
		us 0,17	us 0,15	us 0,12
Us (W/m ² K)	0,17	0,17	0,15	0,12
Yp (W/m ² K)	0,09	0,07	0,07	0,07
Ap (W/m ² K)	0,16	0,1	0,1	0,1
ik (W/m ² K)	1	0,85	0,85	0,85
Ovi (W/m ² K)	1	0,5	0,5	0,5
n ₅₀	2	0,6	0,6	0,6
η _{lto}	0,45	0,7	0,7	0,7
t _{ulkoilma} (°C)	-29	-29	-29	-29
t _{sisäilma} (°C)	21	21	21	21

Talon mitoitussulkolämpötilana on Jokioisten säävyöhykkeen lämpötila (taulukko 3). Lämpöhäviöt laskettiin taloon huonekohtaisesti rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan. Taulukossa 8 on esitetty huonekohtaiset lämpöhäviöt, joiden perusteella on valittu tuloilmalämmittimien määrä tilaa kohti.

Taulukossa 7 on suunnitellut huonekohtaiset poisto- ja tuloilmavirrat. Tilojen ilmavirrat on mitoitettu D2 mukaan. Tuloilmavirrat on mitoitettu makuuhuoneisiin henkilömäärän mukaan ja muihin tiloihin pinta – alan mukaan. Poistoilmavirtojen mitoituksen lähtökohta oli tilakohtaiset ohjeilmavirrat, joita muutettiin sen verran, että rakennuksesta tuli hieman alipaineinen.

Taulukko 7

Tila	Q _{vpoisto}	Q _{vtulo}
	dm ³ /s	dm ³ /s
Mh1		12
Mh2		6
MH3		6
OH		10
K	-8	8
Et	-2	
KHH	-12	
SAUNA	-6	6
PH	-12	
WC	-8	
VH	-3	
yhteensä	-51	48

Taulukko 8:n on laskettu huonekohtaiset lämmitystehontarpeet kaikilla neljällä eri mallilla. Näiden arvojen mukaan on mitoitettu ECOjen lukumäärä kuhunkin tilaan. MH1:n on mitoitettu kaksi ECOa yöviilennyksestä johtuvien tehostusilmavirtojen aiheuttaman äänen takia. Märkätiloihin on mitoitettu mukavuuslattialämmitys 30 W/m². Tiloihin, joihin ei tule tuloilmalämmitintä tai lattialämmitystä, joudutaan lämmittämään muilla keinoin esimerkiksi sähköpatterilla.

Taloa toteutettaessa 2010 minimi vaatimusten mukaan (malli 1) ei ilmanvaihtolämmitys riitä täyttämään talon lämmitystehontarvetta ilman lisälämmittämiä. Mallissa 2, ECOt riittävät miltei kattamaan talon lämmitystehontarpeen, mutta tässäkin tapauksessa tarvitaan lisää lämmitystehoa. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi sähköpattereilla tai ilmavirtoja hieman kasvattamalla, esimerkiksi 1 dm³/s lisäys tuloilmavirtaan kasvattaa yhden lämmittimen tehoa 20 – 35 W (kuva 5).

Mallissa 3 ECOt kattavat miltei lämmitystehontarpeen, ja tarvittava lämmitystehon lisäys saadaan aikaan pienillä ilmavirran lisäyksillä. Mallissa 4 on parannettu ulkoseinän u – arvoa 0,03 W/m²K malliin 3 verrattuna. ECOt riittävät kattamaan lasketut lämpöhäviöt ja sopivat näin ollen talon lämmitysmuodoksi ilman lisälämmittämiä lukuun ottamatta vaatehuonetta, johon ei puhalleta lämmitysilmää.

Taulukko 8

Tila	2010 Us 0,17 W	2012 Us 0,17 W	2012 Us 0,15 W	2012 Us 0,12 W	ECO kpl	ECO - lämmit- timien maksimiteho W	Lattialämmitys teho W
MH1	406	319	303	279	2	613	0
MH2	416	326	310	285	1	306	0
MH3	366	294	279	258	1	306	0
OH	571	421	412	398	2	550	0
K	438	319	312	301	1	356	0
ET	273	164	161	156	0	0	0
KHH	343	243	232	214	0	0	225
SAUNA	102	79	74	67	0	0	105
PH	72	43	43	43	0	0	135
WC	75	58	54	49	0	0	75
VH	56	43	41	36	0	0	0
yhteensä	3118	2310	2220	2086	7	2131	540

8 ILMANVAIHTOLÄMMITYKSEN KUSTANNUKSET

Lämmitysjärjestelmien kustannukset muodostuvat investointikustannuksista ja käyttökustannuksista. /4./

Investointikustannukset muodostuvat:

- järjestelmän suunnittelusta
- laitehankinnoista
- asennuskustannuksista
- liityntämaksuista
- lämmitysjärjestelmän tilantarpeesta

Käyttökustannuksia ovat:

- energiakustannukset
- vuotuiset perusmaksut
- huolto ja korjauskustannukset

Ilmanvaihtolämmityksen etuna on, pienet investointikustannukset erillisen lämmitys- lämmitysjärjestelmän jäädessä pois. Ilmanvaihtolämmitys vaatii tehokkaan lämmön- talteenottolaitteiston toimiakseen kustannustehokkaalla tavalla talven pitkilläkin pak- kasjaksoilla. Lämmitysjärjestelmä ei vaadi ylimääräistä tilaa verrattuna esimerkiksi patterilämmitykseen. Erillisiä lämmitysmuodosta aiheutuvia perusmaksuja ei ole, ku- ten esimerkiksi kaukolämmityksessä.

ECO – lämmittimien hinnat RCL – Climeconin hinnastosta:

Taulukko 9. Hinta ECO – lämmitin + säädin

Malli	€/laite
ECO 1	355
ECO 2	359
ECO 3	365
ECO 4	365

8.1 Vertailu muihin lämmitysjärjestelmiin

Tässä kappaleessa on vertailtu ilmanvaihtolämmityksen kustannuksia eri lämmitys-
muotoihin. Laskelman mallina on käytetty www.rakentaja.fi sivuston lämmitysjärjes-
telmien kustannuslaskuria. Vertailu on suoritettu työn osiossa 7 olleeseen esimerkkiti-
lloon. Tarkasteluajanjaksona on käytetty 30 vuotta. Laitteistojen investointikustannuk-
set ovat keskimääräisiä hintoja. Ilmanvaihtolämmityksen osalta on käytetty työn osi-
ossa 7 määritettyä mallitalon mukaista järjestelmää. Mallitaloon on mitoitettu seitse-
män ECO – lämmitintä ja märkätiloihin on mitoitettu mukavuuslattialämmitys. Taulu-
kossa 10 on esitetty energian hinnat.

Taulukko 10. Energian hinnat /11./

Laskelmissa sähköliittymä 3 x 25 A. Energian esimerkkihinnat Porin alueelta.

Lämmitettävä ala	100	m ²	Öljyn hinta	108,24	snt/litra
Asukkaiden määrä	4	henkilöä	Pelletin hinta	249,8	€/1000kg
Sähköliittymän perus- maksut	170,16	€/vuosi	Kaukolämmön teho- maksu	631,6	€/vuosi
Sähköenergian hinta, siirto + myynti	10,42	snt/kWh	Kaukolämmön ener- giamaksu	4,739	snt/kWh

Taulukko 11. Esimerkkitalon lämmitysjärjestelmien kustannusvertailu

	Suorasähkö (ilmanvaihto- lämmitys)	Öljyläm- mitys	Maaläm- pö	Kaukolämpö	Pellettiläm- mitys
Laitteiston hinta, €	5500	9956	14056	10298	14656
Vertailujakson pituus vuosina	30	30	30	30	30
korko, %	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
korko, €	2442	4419	6240	4517	6506
kokonaisinvestointi, €	7942	14375	20296	14869	21162
Huolto					
Huoltokustannus €/vuosi	48	122	112	57	170
Huoltokustannus vertailujaksolle, €	1440	3660	3360	1710	5100
Kokonaisinvestointi vertailujaksolle, €	9382	18035	23656	16579	26262
Laitteistokustannus €/kk	26,06	50,1	65,71	46,05	72,95
Energian kulutus					
Lämmitysenergian kulutus, kwh/(m ² a)	50	50	50	50	50
Käyttöveden lämmitys,kwh/(m ² a)	25	25	25	25	25
Huoneistosähkön kulutus	35	35	35	35	35
Kiinteistösähkön kulutus, kWh/(m ² a)	4	8	7	6	8
Energian tarve yhteensä, kWh/a	11400	11800	11700	11600	11800
Lämmitystavan hyötysuhteet					
lämmitystavan hyötysuhde lämmön- tuotossa %	100	93	232,5	93	91
lämmitystavan hyötysuhde veden lämmityksessä, %	95	93	232,5	93	91
Energian kulutus					
lämmitykseentarvittava energia, kWh/vuosi	7632	8065	3226	8065	8242
Muu käyttösähköenergia kWh/vuosi	3900	4300	4200	4100	4300
Energian kokonaiskulutus kWh/vuosi	11532	12365	7426	12165	12542
Energian hinta					
Lämmönlähteen käyttämän energian hinta, snt/kWh	10,42	10,824	10,42	4,739	5,2
Lämmitysenergian hinta, €	795	873	336	382	429
Käyttösähköenergian hinta, €	577	469	460	451	469
Käytettävän energian kokonaishinta, €/vuosi	1372	1342	796	1465	898
Käytettävän energian kokonaishinta tarkastelujaksolle, €/vuosi	41160	40260	23880	43950	26940
Kokonaiskustannus tarkastelujaksol- le, €	48243	58295	47536	60529	53202
Laskennallinen vuosikustannus, €	1608	1943	1585	2018	1773
Laskennallinen kuukausikustannus, €	134	162	132	168	148

Vertailulaskennan energiankulutusarvot on matalaenergiarakennuksen kulutusarvoja ja talo kuuluu energiatehokkuusluokitukseltaan A+ luokkaan. /4./

Taulukosta 11 selviää järjestelmien investointikustannukset, joista ilmanvaihtolämmitys on selvästi edullisin, ainoastaan kolmasosan verrattuna maalämpöön ja pellettilämmitykseen investointikustannuksiin. Ilmanvaihtolämmityksen huoltokustannuksetkin ovat vertailun pienimmät, koska määräaikaishuoltoja ei tarvita ja järjestelmässä ilmenevät viat on yleensä helposti todettavissa ja nopeasti korjattavissa. Huoltokustannuksiin ei ole laskettu ilmanvaihtojärjestelmälle tehtäviä huoltoja.

Tarkastelujakson ollessa 30 vuotta ilmanvaihtolämmitys tuli noin 1,5 % kalliimmaksi kuin vertailun halvin vaihtoehto eli maalämpö. Ilmanvaihtolämmityksen edulliset investointikustannukset esimerkiksi maalämpöön verrattuna antavat huomattavan rahallisen edun 10 - 20 vuoden tarkastelujaksoilla mitattuna. Maalämpöpumpun arvioitu käyttöikä on talotekniikka.eu verkkosivuston mukaan 15 – 20 vuotta, joka tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtolämmitys tulee huomattavasti edullisemmaksi 30 vuoden tarkastelujaksolla, vaikka laitteisto jouduttaisiinkin uusimaan tarkastelujakson aikana /12./

9 YHTEENVETO

Ilmanvaihtolämmityksen toteuttaminen on kustannustehokas ja tilaa säästävä lämmitysratkaisu, mutta vaatii rakennuksen ominaisuuksilta paljon toimiakseen parhaalla mahdollisella tavalla. Rakennuksen lämpöhäviöt tulee olla riittävän pienet, jotta ECO – lämmittimillä saatava lämmitysteho riittää kattamaan rakennuksen tilojen lämmitystarpeen kovimmillakin pakkasilla. 2010 rakentamismääräysten mukaan toteutettuun normipientaloon ilmanvaihtolämmitys päätelaitteilla ei ole toimiva ratkaisu, koska lämmitysteho ei välttämättä riitä ja rakennus ei ole riittävän tiivis, joka aiheuttaa lämpötilojen voimakasta kerrostumista. Talojen arkkitehtisuunnittelulla on suuri merkitys ilmanvaihtolämmityksen toimivuuteen, koska korkeat tilat ja suuret ikkunapinnat saattavat aiheuttaa lämpötilojen kerrostumista ja vetoa.

Vuonna 2012 voimaan tulevien rakennusmääräysten myötä ilmanvaihtolämmityksen mahdollisuudet kasvavat, koska uudisrakennuksilta vaaditaan noin 20 % parempaa energiatehokkuutta verrattuna 2010 määräyksiin. Nykyisin ilmanvaihtolämmitys soveltuu hyvin matalaenergiarakennuksiin ja passiivitaloihin. Kustannusvertailu osoitti,

että ilmanvaihtolämmitys on kustannuksiltaan erittäin kilpailukykyinen lämmitysmuoto matalaenergiarakennuksissa. Ilmanvaihtolämmitys mahdollistaa hyvin huoneisto-kohtaisen lämmityksen esimerkiksi kerrostaloissa, joka parantaa energiatehokkuutta ja samalla myös asumisviihtyvyyttä.

Ilmanvaihtolämmityksen suurimpina etuina on nopea reagointikyky ja tarpeenmukainen huonekohtaisesti säädettävä lämmitys. Nopea reagointikyky on tärkeää passiivitaloissa, joissa lämmitysenergiaa täytyy olla nopeasti saatavilla. Matalaenergiarakennusten ja passiivitalojen huonelämpötilojen hallintaan riittää suurimmaksi osaksi vuotta ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla tapahtuva tuloilman säätö. Hyvä ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lisää energiansäästöä ja parantaa samalla ECO – lämmittimien tehokasta käyttöä, koska päätelaitteilla tarvittava ilman lämmitystarve pienenee. Mitä pienempi ilmanvaihtokoneen jäteilman ulospuhalluslämpötila sitä paremmalla vuosihyötysuhteella lämmöntalteenotto toimii, markkinoilla on jo regeneratiivisilla lämmöntalteenottokennoilla (pyörivä LTO) varustettuja ilmanvaihtokoneita, joissa jäteilman lämpötila voi olla alle + 5 °C.

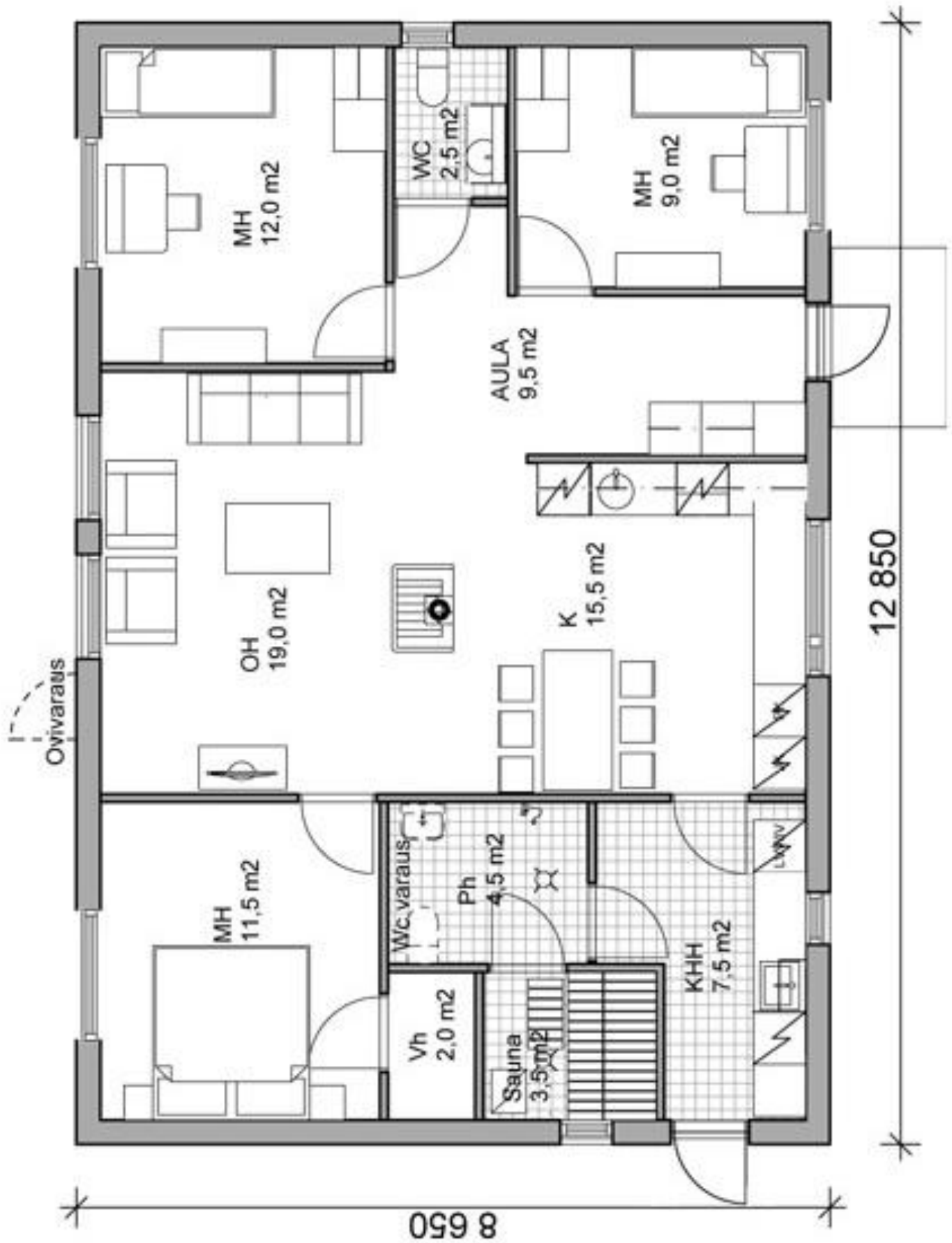
Ilmanvaihtolämmitystalon jäähdytystarve määrittää ilmanvaihtolaitteiston mitoituksen. Käytettäessä yöviilennystä ilmapirrat voivat olla kaksin- tai jopa kolminkertaisia normaaliin ilmanvaihdon käyttötilanteeseen verrattuna, tämä tarkoittaa sitä että ilmanvaihtolaitteiston on oltava laajalla ilmavirta alueella toimiva muuttuvailmavirtainen järjestelmä. Automaatiojärjestelmän merkitys on siis suuri ja samalla myös käyttäjän vastuu järjestelmän tarpeenmukaisesta toiminnasta kasvaa.

Vuoden 2012 rakennusmääräykset vaativat kokonaisenergiatarkastelua, jossa eri osatoenergioille on asetettu eri kertoimet. Tarkastelu suosii etenkin maalämmön, pellettilämmityksen ja kaukolämmön käyttöä. Sähkölämmitykselle on asetettu suurin kerroin, joka pienentää tulevaisuudessa ilmanvaihtolämmityksen energiatehokkuuslukua, mutta tilojen lämmitykseen käytettävän sähköenergian kulutuksen ollessa pieni jää merkitys vähäiseksi.

LÄHTEET

1. Motiva Oy. Energian loppukäyttö. WWW- dokumentti http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/ Päivitetty 14.1.2011. Luettu 10.2.2011.
2. Laine, Juhani & Saari, Mikko. Passiivenergiatalo harkoista. Espoo: VTT. 2009
3. RCL Climecon Oy. RCL Yritysesite. WWW – dokumentti. http://www.rcl.fi/doc/esite/RCLyritysesite_WEB.pdf Päivitetty 2.8.2010. Luettu 11.12.2010.
4. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. RIL 249 – 2009 Matalaenergiarakentaminen. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy. 2010.
5. Saari, Mikko. Energiatehokkaan talon lämmitysratkaisut. Espoo: VTT. 2006
6. RCL Climecon Oy. ECO – Ilmanvaihtolämmittimet. Tuote-esite. Päivitetty 25.11.2010.
7. RCL Climecon Oy. RCL Climeconin ECO – sarjan ilmanvaihtolämmittimet matalaenergiakerrostaloon. WWW – dokumentti. <http://www.rcl.fi/uutiset/> Päivitetty 3.2.2011. Luettu 8.2.2011.
8. Törmänen, Eeva. Peruslämpö 17 astetta, maksa itse lisälämmöstä. Tekniikka ja talous. 19.1.2011.
9. Pietarinen, Petri & Saari, Mikko. VTT Tutkimus, Ilmanvaihtolämmityksen hajautettu automaatio matalaenergiatalossa. 1999.
10. Airaksinen, Miimu & Jahn, Jenni & Nieminen, Jyri. Passiivitalon Arkkitehtisuunnittelu. WWW – dokumentti. <http://virtual.vtt.fi/virtual/northpass/Finland/Documents/> Julkaistu: 3.2.2010.
11. Rakentaja.fi 2011. Päivän luvut. WWW – dokumentti <http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/suorakanava/verkkolehti/paivannumeroinfo.htm> Päivitetty 28.3.2011. Luettu 28.3.2011.
12. Talotekniikka.eu. Kodin lämmitysjärjestelmä. Maalämpö. WWW - dokumentti. http://www.talotekniikka.eu/asuminen/lammitys/fi_FI/lammitys/ Luettu 2.4.2011.
13. Saari, Mikko, Kukkonen, Petri, Paananen, Tapio & Laine, Juhani. Ilmanvaihtolämmityksen- ja viilennyksen mallisuunnitelma. Espoo: VTT. 2010.

LIITE 1.
Mallitalo



 **RCL Climecon®**



ECO-ILMANVAIHTOLÄMMITTIMET

Huonekohtainen ilmanvaihtolämmitys

– paras ratkaisu matalaenergia- ja passiivitaloihin

- + Tarkka huonekohtainen lämmityksen säätö
- + Korkea lämpövihtyvyys
- + Vähäiset ilmakehien lämpöhäviöt
- + Selkeä ja helppokäyttöinen järjestelmä
- + Optimaalinen energiatehokkuus

ECO-ILMANVAIHTOLÄMMITTIMET

RCL Climecon

PASSIIVITALO VAATII OIKEANLAISEN LÄMMITYKSEN

Passiivitalon talotekniikan suunnittelun lähtökohtana ovat mahdollisimman pienet lämmitys- ja viilennystarpeet.

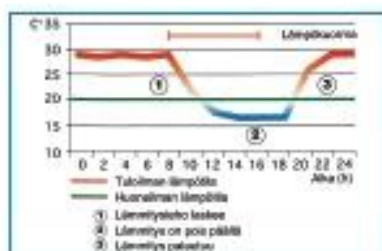
Passiivitalon tilojen lämmitykseen kuluu energiaa parhaimmillaan vain 20–30 kWh/bm² ja huoneiden lämmitykseen 10–20 W/m².

Koska lämmityksen tehontarve on pieni, pitää myös lämmitysjärjestelmän olla teholtaan pieni ja nopeasti muutoksiin reagoiva. Lämpötiloja tulee pystyä säätämään huonekohtaisesti korkean energiatehokkuuden ja lämpöviihtyvyyden aikaansaamiseksi.

PARAS VALINTA: HUONEKOHTAINEN ILMANVAIHTOLÄMMITYS

Passiivenergiatalon lämmitysmuodoksi sopii parhaiten ilmanvaihtolämmitys. Erityisen korkeissa huoneissa voi lämmönlähteenä käyttää lisäksi tulisijaa.

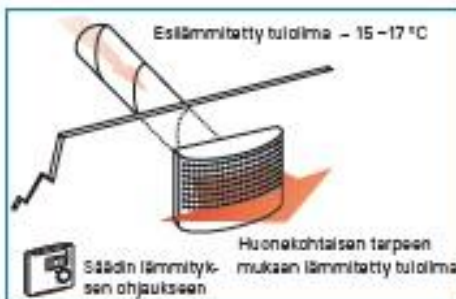
Kun lämmitys toimii huonekohtaisesti, ilmavirtoja ei tarvitse muuttaa lämmitystarpeen mukaan, sillä tuloilman lämpötila säätöä automaattisesti huoneen lämmöntarpeen mukaan.



Yllä kuva osoittaa, miten tuloilman lämpötila putoaa, kun huoneeseen tulee ylimääräinen lämpökuorma. Lämpökuorman voi aiheuttaa esimerkiksi aurinko, tulisija tai ihmiset. Tuloilman lämpötila voi pudota jopa huoneilmpötilaa alhaisemmaksi kompensoiden näin ollen lämpökuorman ja pitien huoneilmpötilan tasaisena.



2



HILJAISTA JA ENERGIATEHOKASTA LÄMPÖÄ

Toiminnaltaan hiljaisten ECO-sarjan ilmanvaihtolämmittimien toiminta perustuu noin 15–17-asteisen esilämmitetyn tuloilman lämmittämiseen huonekohtaisesti.

TARKKA SÄÄTÖ, PARAS VIIHTYVYYS

Säätötavaksi on valittu tarkka suhteellinen säätötapa, millä varmistetaan korkea lämpöviihtyvyys. Mitä kauempana asetusarvosta ollaan, sitä suuremmalla teholla lämmitetään. Kun huoneilmpötila on lähellä asetusarvoa, on käytettävä tehokin pienempi.

Säätöyksikössä, missä huoneilmpötila-anturi sijaitsee, ei ole lämpiäviä komponentteja. Näin säävytetaan mahdollisimman tarkka huoneilmpötilan mittaus.

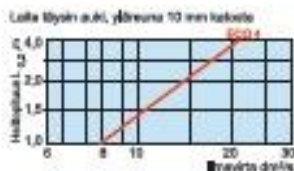
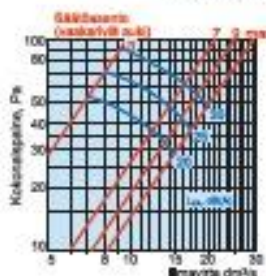
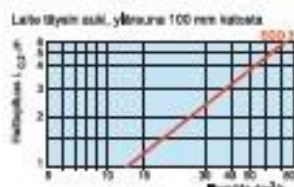
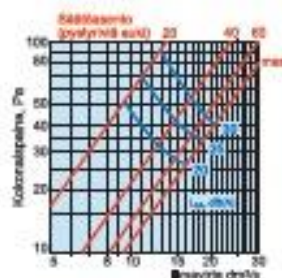
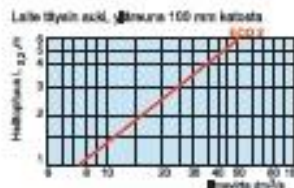
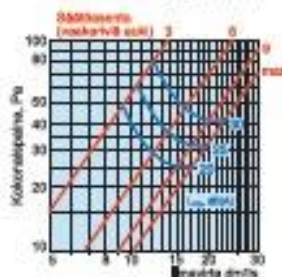
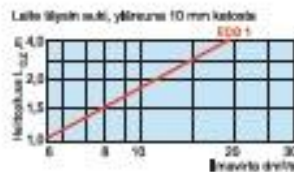
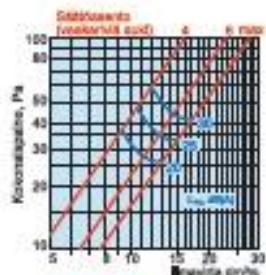
Älykäs järjestelmä reagoi lämpötilan muutoksiin nopeasti pitäen huoneen lämpötilan tarkasti halutulla tasolla.

MUKAVAA LÄMPÖÄ VÄHÄLLÄ ENERGIALLA

ECO-järjestelmä toimii erittäin lyhyissä tarkasti määrättyissä jaksoissa pitäen lämmitysvastuksen pintalämpötilan mahdollisimman alhaisena. Lämmitysvastuksen suuresta pinta-alasta johtuva matala pintalämpötila ei polta pölyä.



RCL 1137



Äänkato nousee, mikäli suojaetäisyys on alle 3 x Ø d:
 • kabinin jälkeen +4 dB (A)
 • t-haaran jälkeen +8 dB (A)

Oktaavitahtotaso Loikt									
Koko	f, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
ECO1	K, dB	0	-4	-1	2	0	-4	-17	-11
ECO2	K, dB	-10	-7	-3	1	1	-6	-15	-11
ECO3	K, dB	-1	-4	-1	1	0	-4	-13	-16
ECO4	K, dB	-8	-6	-5	-1	0	-5	-18	-11
Päätevalmennus									
Koko	f, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
ECO1	ΔL, dB	21	14	9	4	2	4	5	8
ECO2	ΔL, dB	21	14	9	3	2	4	4	5
ECO3	ΔL, dB	20	14	9	5	2	4	6	7
ECO4	ΔL, dB	20	14	8	2	1	4	4	5

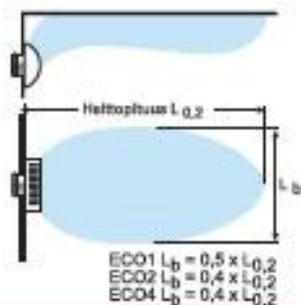
Lw(dB) = Lp(A) + K

ECO-ILMANVAIHTOLÄMMITTIMET

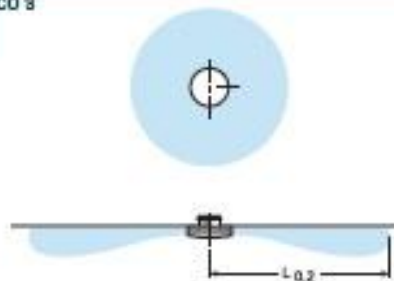
RCL Climecon

PUHALUSKUJUT

ECO 1, ECO 2, ECO 4

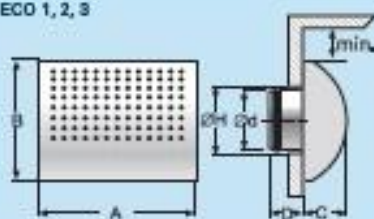


ECO 3



MITTATIEDOT

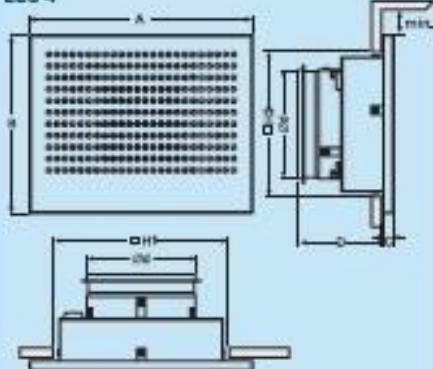
ECO 1, 2, 3



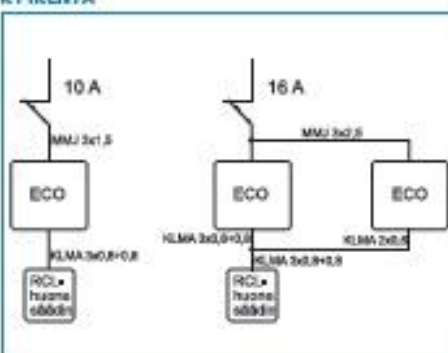
Mitat (mm)

	$\varnothing d$	$\varnothing H$	A	B	C	D	min
ECO1	125	135	200	198	95	40	10
ECO2	125	135	280	177	73	40	70
ECO3	125	135	$\varnothing 255$	-	70	45	580
ECO4	125	(H1)194x(H2)162	250	200	12	55,5	10

ECO 4



KYTKENTÄ



TEKNISET TIEDOT

Ilmanvaihtolämmittimen tekniset tiedot

Jännite 230V / 50 Hz
 Teho max 300-400 W (8-15 dm³/s)
 Johdonsuoja 10 A yhdelle päätelaitteelle
 16 A kahdelle päätelaitteelle
 Kanavakoko $\varnothing 125$ mm

Säätöyksikön tekniset tiedot

Jännite 24 Vac (20-26 Vac)
 Tarkkuus $\pm 0,5$ °C
 Liittimet 1,5 mm²
 Kotelointi IP20, pinta-asennus
 Tehdasasetus Säätöalueen keskipiste 21 °C,
 säätöalueella 18-24 °C

ECO-tuotevalitsehdot

Koodi	Kuvaus
ECO1	Ilmanvaihtolämmitin + säädin
ECOx	Ilmanvaihtolämmitin
ECOT	Säädin

HYVÄ LÄMMITYS PIENILLÄKIN ILMAVIRROILLA

Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluvun pitää passiivitalossa ollessa 0,8 l/h. Tällä vältetään vanhoille taloille tyypilliset veto Haitat ja lämpötilojen voimakkaat korostumiset.

Passiivitalossa toimivaan ilmanvaihtolämmitykseen riittävät jo hyvän sisäilman vaatimusten mukaiset ilmavirrat: 8 dm³/s/henkilö tai 0,5–0,7 dm³/s/m². Kesähoiteilla yöaikaista ulkoilmaa huoneiden viilennykseen käyttäessä tarvitaan suurempia ilmavirtoja.

Passiivitalojen kivipintaisissa märkätiloissa sopiva lämmitysmuoto on pienitehoisen (enintään 30 W/m²) mukavuuslattialämmitys, mikä myös nopeuttaa lattiapintojen kuivumista.

VAIN OIKEANLAINENTUOTE TAKAA TOIMIVUUDEN

Ilmanvaihtolämmityksen päätelaitteiden tulee olla nimenomaan tarkoitukseensa suunniteltuja. Paine-eron tulee olla riittävän suuri, vähintään 30 Pa, parhaan sekoitusasteen ja lämpöviihtyvyyden saavuttamiseksi.

Puhallettaessa lämmintä tuloilmaa ylhäältä seinäpinnalta tai katosta kohti ikkunapintoja ei lämpökorostumia tai vedontunnetta pääse esiintymään.

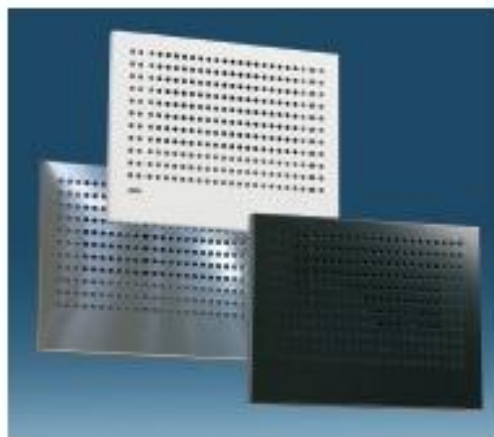
HUONEKOHTAISESTA ILMANVAIHTO- LÄMMITYKSESTÄ ON MONIA ETUJA

- + Huonekohtaisesti säädettävä lämmitys
- + Ilmakanavien lämpöhäviöiden minimoiminen
- + Hajautetun järjestelmän mukanaan tuoma luotettavuus
- + Nopea reagointi huoneessa tapahtuviin lämpökuormien muutoksiin

Nämä seikat vaikuttavat suoraan talon energiankulutukseen, lämpötilojen hallintaan ja sitä kautta lämpöviihtyvyyteen sekä hyvään ja turvalliseen sisäilmastoon.



Suomalaiset RCL Climeconin ECO-luokan on testattu VTT:llä *).
Sähköturvallisuuden takana on SGS
Fimko:n hyväksyntä ja FI-merkki



POISSAOLOKYTKIN PARANTAA ENERGIATEHOKKUUTTA ENTISESTÄÄN

Energiankulutuksen optimointia voidaan vielä parantaa ECO-sarjan portaattomalla lämpötilanpudotuksella. Huonelämpötilan asetusarvoa voidaan poissaolon ajaksi pudottaa 3–10°C asetusarvosta.

Toiminto voidaan aktivoida kodinohjausjärjestelmän potentiaalivapaalla kosketintiedolla tai yksinkertaisimmillaan esimerkiksi ulko-oven viereen sijoitettulla käyttökytkimellä.

HELPPO HUOLTAA – VAIN PUHDISTUSTARPEEN

Järjestelmän tulee olla helposti huollettavissa ja puhdistettavissa. ECO-sarjan tuotteet voidaan helposti avata sekä laitteen että ilmakanavien puhdistusta varten. Mitään muuta huoltoa ei järjestelmä kaipaa.

YHDESTÄ KOLMEEN LAITETTA HUONETTA KOHDEN

Pienemmissä huoneissa kuten makuuhuoneissa riittää tavallisesti yksi ECO-ilmanvaihtolämmitin. Suurempiin huoneisiin kuten olohuoneisiin asennetaan tavallisesti kaksi tai kolme ilmanvaihtolämmitintä. Kaksois- tai kolmoisasennuksissa voidaan huonelämpötilan säätö hoitaa edelleen yhdellä ECO-sarjan ohjauksyksiköllä.

Normaalissa lämmitystilanteessa ECO-ilmanvaihtolämmittimen teho on 30–400 W lämmöntarpeesta riippuen. Itserajoittuvan keraamisen lämmitysvastuksen käynnistysvaiheen virtapiikki on kuitenkin syytä ottaa huomioon mitoituksessa.

ECO-sarjan korkeilla ilma- ja ääniteknisillä ominaisuuksilla, edistyksellisellä suhteellisella säätötavalla sekä korkealaatuisilla komponenttivalinnoilla saavutetaan energiatehokas, hiljainen, viihtyisä ja turvallinen passiivitalon sisäilmasto.