

# PIENTALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEN TALOUDELLISUUS

Mikko Hämäläinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2010

Rakennustekniikka  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) HÄMÄLÄINEN, Mikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 08.06.2010
	Sivumäärä 51	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi PIENTALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEN TALOUDELLISUUS		
Koulutusohjelma Rakennusalan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) PITKÄNEN, Seppo, lehtori		
Toimeksiantaja(t) Sisä-Suomen Saneerauspalvelu Ay		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin Sisä-Suomen Saneerauspalvelu Ay:n toimeksiantona. Tavoitteena opinnäytetyössä oli selvittää millaisia taloudellisia vaikutuksia pientalon energiatehokkuuden parantamisella on. Opinnäytetyössä tutkittiin millaisia säästöjä on parhaimmillaan saatu aikaiseksi rakentamista ohjaavia normeja muuttamalla. Opinnäytetyössä tutkittiin myös lämmitysjärjestelmän valintaa puupelletin, öljyn, varaavan sähkön, maalämmön ja kaukolämmön välillä.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin vuoden 1995 rakentamismääräysten mukaisesti tehdyn talon lämmitysenergiankulutus. Tämän esimerkkitalon lämmitysenergiankulutusta verrattiin vastaavaan vuoden 2010 määräysten mukaiseen taloon, vuoden 2012 määräysten mukaiseen taloon sekä passiivitaloon. Lämmitysenergiankulutuksen erotuksista laskettiin euromääräinen ero vuotuisissa lämmityskustannuksissa.</p> <p>Lämmitysenergiankulutus on pienentynyt noin puoleen verrattaessa 1995- taloa vuoden 2010- taloon. Lämmitysenergiankulutus tulee edelleen pienentymään vuoden 2012 alussa 20 %. Rakennettaessa passiivitaloa lämmitysenergiankulutus pienenee vielä vuoden 2012 tasoa paremmaksi, mutta tällöin rakentamisen kokonaiskustannukset nousevat oleellisesti ja sen vaikutus on huomioitava tapauskohtaisesti.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Energiatehokkuus, U-arvo, lisäeristäminen		
Muut tiedot		



Author(s) HÄMÄLÄINEN, Mikko	Type of publication Bachelor´s Thesis	Date 08062010
	Pages 51	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title SAVINGS CAUSED BY IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY IN A ONE-FAMILY HOUSE		
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering		
Tutor(s) PITKÄNEN, Seppo, lecturer		
Assigned by Sisä-Suomen Saneerauspalvelu Ay		
Abstract <p>This bachelor's thesis was commissioned by Sisä-Suomen Saneerauspalvelu Ay. The goal was to find out what kind of economical effects the improvement of the energy efficiency in a one-family house would have. It was studied what kind of savings have been achieved at their best by changing the norms that direct the construction. The choice between the different heating systems, from wood pellets, oil, electricity, ground heat to district heating, was also studied.</p> <p>In the bachelor's thesis the heating energy consumption of a house built according to the construction orders of year 1995 was surveyed. This example house's heating energy consumption was compared to that of a house built according to the construction orders of year 2010 and year 2012 and also to a passive house. From the differences in the heating energy consumptions, the differences in annual heating costs were calculated.</p> <p>The heating energy consumption has been decreased by half when comparing the year 1995 house to the year 2010 house. Heating energy consumption is going to decrease further by 20 % at the beginning of year 2012. When building a passive house, the heating energy consumption is even smaller than in a house built in year 2012, but then it has to be noticed that the overall costs of building will rise essentially and that effect has to be considered case by case.</p>		
Keywords Energy efficiency		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

### SANASTO

1	OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET .....	5
2	RAKENTAMISEN VAIKUTUS YMPÄRISTÖÖN JA EKOLOGINEN RA- KENTAMINEN.....	8
	2.1 Ympäristönäkökulma.....	8
	2.2 Ekologinen rakentaminen.....	9
	2.3 Energiatehokkaan rakennuksen suunnittelu .....	10
3	ENERGIAMÄÄRÄYKSET .....	14
	3.1 Energiämääräykset rakentamismääräyskokoelmassa.....	14
	3.2 Vuoden 2010 ja 2012 energiämääräykset.....	16
	3.3 Energiämääräykset rakentajan kannalta.....	16
4	KÄYTÖN JA ASUMUSTOTTUMUSTEN MERKITYS.....	19
5	RAKENNERATKAISUT .....	22
	5.1 Pientalojen ryhmittely.....	22
	5.2 Eristepaksuudet.....	22
	5.3 Rakenteiden tiiviys.....	23
6	ENERGIATEHOKKUUS KORJAUSRAKENTAMISESSA.....	24
	6.1 Määräykset korjausrakentamisessa.....	24
	6.2 Rakenteiden parantaminen.....	25
7	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT .....	26
	7.1 Jaottelu.....	26
	7.2 Lämmöntuotto.....	26
	7.3 Lämmönjakotapa.....	27
	7.4 Tukijärjestelmät.....	28

<b>8</b>	<b>KUSTANNUSSÄÄSTÖLASKELMAT</b> .....	<b>28</b>
	8.1 Rakennuksen energiankulutus.....	28
	8.2 Lämmitysjärjestelmän valinta.....	29
	8.3 Säästö-laskelma 1995-talo vs. 2010-talo.....	31
	8.4 Säästö-laskelma 1995-talo vs. 2012-talo.....	32
	8.5 Säästö-laskelma 1995-talo vs. passiivitalo.....	33
	8.6 Säästömahdollisuudet korjausrakentamisessa.....	34
<b>9</b>	<b>TYÖN TULOKSET</b> .....	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>POHDINTA</b> .....	<b>42</b>
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>44</b>
	<b>LIITTEET</b> .....	<b>46</b>
	Liite 1. Rakentamismääräysten vaikutus pientalojen energiankulutukseen.....	46
	Liite 2. Polttoaineiden hinnat.....	47
	Liite 3. Lämmitysmuodon valinta 100 m <sup>2</sup> pientalo.....	47
	Liite 4. Lämmitysmuodon valinta 200 m <sup>2</sup> pientalo.....	48
	Liite 5. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. 2010- talo, 100 m <sup>2</sup> .....	48
	Liite 6. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. 2010- talo, 200 m <sup>2</sup> .....	49
	Liite 7. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. 2012- talo, 100 m <sup>2</sup> .....	49
	Liite 8. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs.	

2012- talo, 200 m <sup>2</sup> .....	50
Liite 9. Lämmitysenergiankulutus 1995-talo vs. passiivitalo, 100 m <sup>2</sup> .....	50
Liite 10. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. passiivitalo, 200 m <sup>2</sup> .....	51
Liite 11. Rakennusten energian käyttö ja kasvihuonekaasupäästöt .....	51

## KUVIOT

KUVIO 1. Pientalon, 100 m <sup>2</sup> , lämmitysjärjestelmän valinnan vaikutus vuotuisiin lämmityskustannuksiin.....	37
KUVIO 2. Pientalon, 200 m <sup>2</sup> , lämmitysjärjestelmän valinnan vaikutus vuotuisiin lämmityskustannuksiin.....	38
KUVIO 3. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2010- talo .....	38
KUVIO 4. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2010- talo.....	39
KUVIO 5. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2012- talo.....	39
KUVIO 6. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2012- talo.....	40
KUVIO 7. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. passiivitalo.....	41
KUVIO 8. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. passiivitalo.....	41

## TAULUKOT

TAULUKKO1. Pientalon lämmitysenergiankulutus kWh/v .....	6
--	---

## SANASTO

*COP- hyötysuhde* kertoo kuinka paljon lämpöenergiaa laite luovuttaa verrattuna käytettyyn sähköenergianmäärään.

*Ekologinen rakentaminen* on rakentamista energiaa ja luontoa säästäten.

*Ekotehokkuus* ilmaisee tehokkuutta, jolla inhimilliset tarpeet täytetään käyttäen ekologisia resursseja. *Rakennusalan ekotehokkuus* voidaan ilmaista elinkaaren aikaisten ympäristökuormitusten suhteena arvoon.

*Energialaskelma* selvitetään rakennuksen ostoenergiankulutus. Energialaskelma tarvitaan energiatodistuksen liitteeksi.

*Energiaselvitys* on rakennuslupahakemukseen liitettävä selvitys rakennuksen energiakulutuksesta.

*Energiatehokkuus* on tietyn tuotteen valmistamista mahdollisimman pienellä energiamäärällä.

*Energiatodistuksessa* kerrotaan rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia, laite- tai kiinteistösähkö, jäähdytysenergia sekä niiden pohjalta laskettu, bruttoalaan suhteutettu energiatehokkuusluku

*Kestävä kehitys* on kehitystä, joka tyydyttää yhteiskunnan tarpeet ottamalla huomioon myös tulevat sukupolvet.

*Käyttöikä* on aika, jona rakennus, rakennusosa tai rakennustarvike asianmukaisesti hoidettuna täyttää sille asetetut toimivuusvaatimukset.

*Suunnitteluikä* on suunnittelijan yhdessä tilaajan kanssa määräämä rakennuksen tai rakennusosan käyttöikävaatimus.

*U-arvo* kuvaa, miten paljon tehoa tarvitaan pinta-alaa kohden, jotta saavutettaisiin tietty lämpötilaero eristerakenteen yli.

*Vertailulämpöhäviö* kertoo, kuinka suuri rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö saa enintään olla. Vaatimusten täyttyminen on osoitettava tasauslaskelmalla.

## 1 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

Energiatehokkuus ja elinkaariajattelu ovat nykypäivinä ajankohtaisia keskustelunaiheita. Onhan energiatehokkuudella vaikutusta meidän jokaisen ympäristöön ja myös suoraan tai välillisesti talouteen. Suomen rakentamismääräyksillä on ollut suuri merkitys rakennusten energiatehokkuuden kohoamiseen kotimaassamme. Kuitenkin monesti vielä nykyäänkin ekologiset vaatimukset rakennustoiminnassa otetaan huomioon ainoastaan pakollisten määräysten kautta.

Samalla kun tietoisuus luonnonvarojemme rajallisuudesta ja yhteisen elinympäristömme haavoittuvuudesta kasvaa, nousevat ekologiseen kestävyYTEEN liittyvät asiat yhä enemmän esiin myös rakennus- ja kiinteistöalalla (Rakentajan ekotieto 2000, 8). Ekotehokkaassa rakentamisessa pyritään asettamaan hankkeelle vaatimuksia joita noudattamalla maan ja resurssien käyttö kuormittaa ympäristöä mahdollisimman vähän koko rakennuksen elinkaaren ajan. Kun puhutaan rakentamisesta, jolla on mahdollisimman pienet ympäristövaikutukset, voidaan käyttää nimitystä ympäristöä säästävä rakentaminen tai ekologinen rakentaminen. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 7.)

Ympäristöä säästävään rakentamiseen pyrittäessä nousee tärkeäksi ohjaukeinoiksi informatiivinen ohjaus ja tiedottaminen. Kouluttamalla ja tutkimalla on pyritty luomaan sitä tietämystä ja niitä menetelmiä, joita tarvitaan ympäristöä säästävän rakentamisen kaikilla alueilla. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 7.) Kehitys nykyiseen tilanteeseen on ollut viime vuosikymmeninä verrattain nopeaa. Ennen 1990-lukua ekologinen rakentaminen liitettiin Suo-



messa luonnonläheisiin tai muihin elämäntapaan liittyneisiin kokeiluihin. Tul-  
taessa 1990- luvulle, alettiin ekologisen kestävyuden vaatimus tiedostaa laa-  
jemmin koko rakennus- ja kiinteistöalalla. Vuoden 2000 alusta voimaan astui  
uusi maankäyttö- ja rakennuslaki. Tässä laissa edellytetään, että rakentaminen  
edistää ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehi-  
tystä. (Rakentajan ekotieto 2000, 8.)

Taulukossa 1 on esitetty tavanomaisen ja energiaa säästävän (2010 määräysten  
mukainen) talon lämmitysenergiankulutus. Kuten taulukosta on luettavissa,  
joka puolella on parantamisen varaa.

TAULUKKO 1. Pientalon lämmitysenergiankulutus kWh/vuosi (Energiakoulu  
rakentajalle)

	Tavanomainen talo 126 kWh/m <sup>2</sup> v	Energiaa säästävä talo 60 kWh/m <sup>2</sup> v
Ilmanvaihto	3700 kWh/v	2400 kWh/v
Seinät	3600 kWh/v	1450 kWh/v
Ikkunat	3400 kWh/v	1450 kWh/v
Lattia	3400 kWh/v	1450 kWh/v
Katto	2400 kWh/v	1050 kWh/v
Yhteensä	16500 kWh/v	7800 kWh/v

VTT on laatinut pientalojen ekotehokkuuden arviointiin helppokäyttöiset  
ekomittarit. Niiden avulla rakentaja voi mitata kohteen energiatehokkuutta ja  
ympäristövaikutuksia jo suunnitteluvaiheessa. Esimerkiksi mittareilla lasket-  
tava rakennuksen tiiviysluku kuvaa hyvin rakennuksen energiatehokkuutta.  
VTT:n kehittämiä ekomittareita (EM) on yhteensä viisi. Mittarit ovat vaipan

johtumishäviöluku (EM 1), pientalon lämmöntarve (EM 2), energiatehokkuuden hinta (EM 3), ilmavuotoluku (EM 4) sekä energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten laatupisteet ja -tähdet (EM 5). Ekomittareista laskennallisia ovat mittarit EM 1, EM 2 ja EM 3, kohteessa tehtävään mittaukseen perustuva mittari on EM 4 ja nettikyselyyn rakentuva mittari EM 5. (VTT:ltä ekomittarit 2006.)

Rakennusten energiankulutukseen vaikuttavat hyvin monet tekijät. Rakennettaessa energiatehokasta rakennusta nämä tekijät on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Toisaalta korjausrakennushankkeissa voidaan parantaa esimerkiksi vain yhtä osa-aluetta, jolloin sitä kautta saadaan aikaiseksi säästöjä. Tällaisia rakennuksen energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi vaipan ominaisuudet, sisä- ja ulkolämpötilat, auringon säteilyn vaikutus, tuulen vaikutus, ilmanvaihto ja lämmön talteenotto sekä LVIS- laitteet ja rakennuksen käyttäjien tottumukset ja asenteet.

Tavoitteenani tässä opinnäytetyössä oli tutkia energiatehokkuuden parantamisen taloudellisuutta pientaloissa Suomen oloissa. Tehtävänäni oli selvittää millaisia säästöjä lisääntynyt lämmöneristävyys voi parhaimmillaan tuottaa. Opinnäytetyössä ei otettu kantaa energiatehokkuuden parantamiseen mahdollisesti liittyviin riskeihin kuten kosteuden hallintaan rakenteissa. Opinnäytetyössä ei tarkastella myöskään eristemäärän lisääntymisestä johtuvaa rakentamisen kustannusten nousua ja sen taloudellista vaikutusta eikä päästöjen mahdollisesta pienenemisestä syntyviä vaikutuksia.

Opinnäytetyö tehtiin Sisä-Suomen Saneerauspalvelu Ay:n toimeksiantona. Sisä-Suomen Saneerauspalvelu Ay on pientalojen korjausrakentamiseen erikoistunut yritys, joka työllistää tällä hetkellä kuusi ihmistä. Erikoisosaamiseen kuuluvat pelti- ja huopakattotyöt sekä pientalojen julkisivumaalaukset ja jul-

kisivuremontit. Yritys pyrkii osaltaan toimimaan ympäristöystävällisesti ja tarjoamaan asiakkailleen energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja aina kun mahdollista.

## 2 RAKENTAMISEN VAIKUTUS YMPÄRISTÖÖN JA EKOLOGINEN RAKENTAMINEN

### 2.1 Ympäristönäkökulma

Tutkijoiden mukaan ihmisen toimilla on vaikutusta ilmastonmuutokseen, ja sen haittapuolia olisi pyrittävä rajoittamaan. Energiämääräyksiä on jo tiukennettu ja tullaan edelleen tiukentamaan. Tosin se ei vielä yksin riitä, on myös muutettava tottumuksiamme energian kulutuksen suhteen. (Vapaavuori 2008.)

Suomessa rakennusten energiankulutus vastaa noin 40 %:a kokonaisenergiankulutuksesta. Rakennuskannan suhteellinen osuus kasvihuonepäästöistä on kuitenkin hieman pienempi, noin 30 prosenttia. (Vapaavuori 2008.) Liitteessä 11 on esitetty rakennusten päästöjä ja energiankäyttöä vuonna 2003.

Euroopan unionin jäsenvaltiot ovat vuonna 2007 tammikuussa tehdyn ehdotuksen pohjalta päätyneet siihen, että päästöjä vähennetään 20 %, uusiutuvan energian osuus kasvatetaan 20 %:iin ja energiatehokkuutta lisätään vuoteen 2020 mennessä 20 %. Suomen hallitus esitti 15.10.2009 julkaisemassaan tulevaisuusselonteossa, että Suomen kasvihuonekaasuja pyritään leikkaamaan vähintään 80 prosenttia vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoden 1990 ta-

soon. Toisaalta myös uusiutuvien energialähteiden osuuden kokonaiskulutuksesta pitäisi olla vähintään 60 prosenttia vuonna 2050. (Lommi 2010, 87.)

Yleisesti ottaen hyvinvoinnin lisääminen minimoimalla energiankulutus on järkevää. Energian hinnan suhteen on odotettavissa nousua tulevaisuudessa, joten myös sen takia on järkevää panostaa energiatehokkuuteen.

## 2.2 Ekologinen rakentaminen

Rakentaminen luontoa ja energiaa säästäen on ekologista rakentamista. Tavoitteena on ympäristön mahdollisimman pieni rasittaminen. Kun arvioidaan ympäristörasitetta, on otettava huomioon rakennusmateriaalien valmistus, rakentaminen, rakennuksen käyttö ja lopulta myös rakennuksen purkaminen.

Ympäristöministeriöllä on käytössään ekologisesti kestävä rakentamisen ohjelma, jonka valtioneuvosto hyväksyi joulukuussa vuonna 1998. Ohjelma sisältää neljä strategista tavoitetta, joista ensimmäinen on, että rakentamisen ja kiinteistökannan aiheuttama ympäristökuormitus vähenee oleellisesti. Toisena tavoitteena on, että ympäristöosaamisesta ja ympäristöteknologiasta muodostuu rakennusalan kansallinen kilpailutekijä. Kolmantena ekologisesti kestävä rakentamisen ohjelman tavoitteena on, että rakennus- ja kiinteistöalan valmiudet asiakaslähtöiseen ja ympäristöperusteiseen päätöksentekoon kasvaisivat. Viimeisenä tavoitteena on ekologisen kestävyuden vahvistuminen yhdyskuntien kehityksessä. (Leppäaho 2010.)

Rakentamisen ekologinen kestävyys on tärkeä osa rakentamisen laatua. Veto vastuu ekologisen rakentamisen kehittämisestä on siirtynyt ympäristöministeriöltä rakennus- ja kiinteistöalan yrityksille ja järjestöille. Ympäristöministe-

riön kehittämän ekologisesti kestäväns rakentamisen ohjelman toteutuksen pääpaino on vapaaehtoisuudessa. Ajatuksena on, että perinteistä normiohjausta pidemmälle on mahdollista päästä rakennus- ja kiinteistöalan esimerkkien, kokemusten ja oman kehitystoiminnan avulla. Ekologisesta kestävyydestä olisi saatava yksi kriteeri hyvän rakentamisen kriteerien joukkoon. Muita kriteerejä ovat muun muassa viihtyisyys, turvallisuus ja terveellisyys.

(Leppäaho 2010.)

### 2.3 Energiatehokkaan rakennuksen suunnittelu

#### Rakennusosien ekologisuus

Suurimmat energiansäästöt saadaan aikaan parantamalla vaipan lämmöneristävyyttä sekä vettä säästävien LVI- laitteiden tuomasta lämpimän käyttöveden kulutuksen pienenemisestä. Ulkovaipan eli ylä- ja alapohjan sekä seinien eristyksissä tulee huomioida materiaalit, eristepaksuudet ja rakenteen mahdollinen hengittävyys. Ekologisen rakentamisen kannalta eristevahvuuksissa täytyy tasapainotella ympäristörasituksen ja taloudellisuuden välillä. Rakennuksen vaipan lävistävissä rakennusosissa, kuten ovissa ja ikkunoissa, tulisi noudattaa periaatetta, jonka mukaisesti rakennus olisi suljettava pohjoiseen tai pohjois-koilliseen. Täten rakennus olisi avattava etelän ja lännen suuntaan. Ideana on, että rakennus saa energiaa auringon lämmöstä säteilynä ja toisaalta kylmän pohjoispuolen vaikutus pyritään minimoimaan. Mahdollisuuksien mukaan olisi huomioitava myös puuston vaikutus, tuulen pääsuunta ja tontin vietto. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 35 – 41.)

Rakennuksen energiategokkaan suunnittelun perustana on, että samat toiminnot ja tilat voidaan suunnitella ja toteuttaa vielä vähemmän ympäristöä ja energiaa kuluttavammiksi elinkaarensa aikana kuin mitä ne tänä päivänä

ovat. Hyvän suunnittelun avulla voidaan päästä pienempään energiankulutukseen sekä pystytään parantamaan sisäilman laatua ja yksinkertaistamaan LVIS- tekniikkaa ja sitä kautta parantamaan järjestelmien toimintavarmuutta ja käyttöikä. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 35 – 41.)

#### Tontinkäyttösuunnitelma

Rakennuksen sijoittaminen tontille voi vaikuttaa huomattavasti rakennuksen rakentamisen aikaisiin kustannuksiin. Energiankäytön ja kustannusten minimoimiseksi olisi hyvä pyrkiä minimoimaan maansiirto- ja louhintatarpeet perustusvaiheessa. Sijoittelulla on myös tärkeä merkitys tulevaisuuden kannalta ja sijoittelulla lyödäänkin lukkoon monia jatkorakentamisen reunaehtoja, joilla vaikutetaan tuleviin ratkaisuihin. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 28.)

Energiatehokkuuden kannalta tontinkäytön suunnittelussa tulisi tutkia, olisiko tontille mahdollista jättää varjostavaa puustoa kesäaikaisen yllämmön vähentämiseksi; idässä ja lännessä lehti- ja havupuita matalalta tulevaa auringon säteilyä vastaan ja etelässä ylhäältä tulevaa auringon säteilyä vastaan. Ulkopuoliset energia- ja vesiliittymät tulisi suunnitella lyhyiksi ja yksinkertaisiksi. Huomioon tulisi ottaa myös, että rakennuksen suuntaus vaikuttaa keinovalon tarpeeseen ja lämmitysenergiankulutukseen. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 28.)

#### Rakennustyyppi

Rakennuksen kerrosalan ja ulkovaipan pinta-alan suhteeseen pyritään vaikuttamaan rakennustyyppillä ja rakennuksen ulkomuodolla. Rakennustyyppillä voidaan oleellisesti vaikuttaa myös LVIS- tekniikan hajautukseen ja reititykseen. Suunnitteluvaiheessa rakennustyyppin valinnassa tulisi ottaa huomioon kantavien ulkoseinien toiminnallisesti tarpeettomien kulmien ja nurkkien mi-

nimoiminen, koska ne lisäävät sekä rakennuskustannuksia että energiankulutusta. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 31.)

### Arkkitehtuuri

Arkkitehtisuunnittelussa tulisi pyrkiä tilankäytössä hyvään tehokkuuteen, jolloin huoneistoalan ja rakennustilavuuden suhde on suuri sekä välttämään niin kutsuttuja hukkaneliöitä. Energiatehokkuuden parantamiseksi tulisi rakennuksen ulkomuodon olla yksinkertainen; esimerkiksi kulman sisään vetäminen lisää rakennuksen lämmitysenergian kulutusta. Ikkunoita olisi hyvä sijoitella mahdollisimman paljon kaakkoon, lounaaseen tai etelään päin. On kuitenkin muistettava, ettei ikkunoiden kokonaispinta-ala saa oleellisesti kasvaa. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 32 - 34.)

Varastot ja puolilämpimät tilat rakennuksen ulkoseinään kiinni rakennettuina suojaavat rakennusta kylmältä. Lasikuistit ja lasitetut parvekkeet voivat vaikuttaa oleellisesti rakennuksen lämmitysenergiankulutukseen. Jos lasitettua tilaa lämmitetään ostoenergialla tai oven kautta sisältä tulevalla lämmöllä, talon lämmityskulut nousevat huomattavasti. Siksi lasitettujen tilojen rakentamista tulisikin perustella käytännöllisillä ja toiminnallisilla asioilla, joita ovat esimerkiksi jälleenmyyntiarvon kohoaminen tai tarkoituksen mukaisen lisätilan rakentaminen edullisemmin. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 34.)

### Rakenteiden suunnittelu

Kylmäsillat aiheuttavat energiakuluja ja niitä tulisi välttää. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää nurkkiin, ulkoseinien ja yläpohjan liitoksiin, ovien ja ikkunoiden liitoksiin, parvekkeisiin ja alapohjan ja perustusten liitoksiin. Läpivientien lukumäärä tulisi minimoida ja läpivienteihin tulisi käyttää valmiita läpivien-

tiosia. Ilman- ja tuulensulut tulisi tehdä tiiviiksi. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 38.)

Alapohjissa on energiankulutuksen kannalta huomioitava, että samaan energiakulutukseen päästään pienemmällä lämmöneristemäärällä maanvaraisessa alapohjassa kuin tuulettuvassa alapohjassa eli niin kutsutussa rossi-alapohjassa. Lisäksi jos alapohjassa on lattialämmitys, täytyy lämmöneristeen paksuutta lisätä, jotta lämpöhäviöt pysyvät samoina kuin ilman lattialämmitystä. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 39.)

Yläpohjan osalta huomiota kannattaa kiinnittää yläpohjan lävistyksien määrään ja seinän ja yläpohjan höyryn- ja ilmansulun tiiviyyteen. Korjausrakennuskohteissa yläpohjan lisäeristäminen on helpointa tehdä puhallusvillalla. Tällöin on otettava huomioon puhallusvillan painuminen ja se että rakenteesseen tarvitaan tuuliohjaimet estämään tuulta puhaltamasta villatilaan ja ettei lumi pääse villatilaan missään olosuhteissa. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 39.)

Energiatehokkaiden ikkunoiden valintaan vaikuttaa useasti moni muukin asia kuin vain U-arvo. Suunnitteluvaiheessa huomioon otettavia asioita ovat esimerkiksi valon läpäisy, auringon säteilyn läpäisy, sisäpinnan lämpötila, ikkunan koko ja ruudutus, ilmanpitävyys sekä karmien ja puitteiden lämpötekni- nen rakenne sekä niiden osuus ikkuna-aukon pinta-alasta. Ikkunoiden osalta rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä selektiivikalvot ja täytökaasu. (Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu 1999, 40 – 41.)



## 3 ENERGIAMÄÄRÄYKSET

### 3.1 Energiämääräykset rakentamismääräyskokoelmassa

Suomen rakentamismääräyskokoelmasta löytyy energiatehokkuuteen ohjaavia määräyksiä. Ne eivät ole kaikki samassa paikassa, vaan niitä on osattava hakea rakennusmääräyskokoelman eri osista, kuten osista A, C ja D.

A1-osa käsittelee rakentamisen valvontaa ja teknistä tarkastusta. Sen mukaan rakennuttajan on huolehdittava rakentamisen olennaisten teknisten vaatimusten täyttymisestä. Rakennuttaja tarvitsee myös ammattitaitoista työnjohtoa valvomaan rakennustöitä ja huolehtimaan rakennushankkeen laadunvarmistuksesta. (RakMk osa A1. 2006.)

A2-osa sisältää ohjeita ja määräyksiä koskien rakennusten suunnitelmia ja suunnittelijoita. Rakennuttajan on palkattava pätevyysvaatimukset täyttävät suunnittelijat laatimaan yhteistyössä talon energiatalouden, sisäilmaston ja elinkaarinäkökohtien tavoitteet. Suunnitelmissa on muun muassa tehon- ja energiantarvelaskelmat, jotka esitetään energiaselvityksessä. (RakMk osa A2. 2002.)

Osassa A4 on rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeita koskevia määräyksiä. Rakennuttajan velvollisuutena on huolehtia, että rakennukselle laaditaan käyttö- ja huolto-ohjeet. Ohje sisältää hyvän energiatalouden ja sisäilmaston edellyttämät hoito-, huolto- ja kunnossapitotehtävät. Ohjeessa esitetään muun muassa lämmön ja sähkön kulutuksen tavoitearvot. (RakMk osa A4. 2000.)

C3-osassa ohjeistetaan rakennusten lämmöneristystä. Ikkunoiden, seinien ja ala- ja yläpohjan lämmönläpäisylle eli vaipan lämmöneristykselle asetetaan vaatimukset, vertailuarvot ja enimmäisarvot. Näiden tietojen avulla lasketaan rakennuksen lämpöhäviö. Mainittakoon, että rakennuksen vaipan lämpöhäviö voi olla suurempi kuin vertailuarvoilla laskettu vaipan lämpöhäviö. Tällaisessa tapauksessa lämpöhäviön ylitys on tasattava parantamalla ilmanvaihdon lämmön talteenottoa tai vaipan tiiviyttä. (RakMk osa C3. 2010.)

Lämmöneristystä käsitellään osassa C4. Siinä ohjeistetaan ikkunoiden, seinien ja ala- ja yläpohjan lämmönläpäisykertoimien eli U-arvojen laskenta. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on rakenteen eristävyys. U-arvon yksikkö on W/m<sup>2</sup>K. (RakMk osa C4. 2003.)

D1-osassa on ohjeistusta ja määräyksiä liittyen kiinteistön vesi- ja viemärilaitteistoihin. Siinä määrätään muun muassa, että vesikalusteesta tulevan kuuman veden tulee olla vähintään 55-asteista, mutta ei yli 65-asteista. Lämminvesijohdot ja lämminvesivaraajat kannattaa eristää tehokkaasti lämpöhäviöiden pienentämiseksi ainakin kylmissä tiloissa. (RakMk osa D1. 2007.)

Osassa D2 puolestaan ohjeistetaan sisäilmaston ja ilmanvaihdon laadukasta rakentamista ja suunnittelua. Poistoilmasta on otettava lämpöä talteen tai lämpöhäviötä on pienennettävä jollain muulla tavoin. Koneellinen ilmanvaihto on toteutettava niin, että sähköä ei kulu tarpeettomasti. (RakMk osa D2. 2003.)

Osissa D3 ja D5 käsitellään rakennusten energiatehokkuutta ja rakennusten energiankulutuksen lämmitystehontarpeen laskentaa. D3-osan avulla kootaan rakennuksen energiatehokkuusvaatimukset ja laaditaan energiaselvitys. Rakennusten energiankulutukseen lasketaan kaikki rakennuksen vuoden aikana

tarvitsema lämpö-, sähkö- ja jäähdytysenergia. (RakMk osa D3. 2007.) Osa D5 sisältää ohjeet rakennuksen lämmitystehontarpeen ja energiankulutuksen laskentaan. Rakennuksen lämmitystehontarpeen laskenta osoittaa, kuinka paljon lämmitystehoa rakennus voi huippupakkasilla enimmillään tarvita. Tämän arvon mukaan tulee mitoittaa talon lämmitysjärjestelmä. (RakMk osa D5. 2007.)

### 3.2 Vuoden 2010 ja 2012 energiamääräykset

Vuoden 2010 alussa voimaan tulleet määräykset rakennusten energiatehokkuudesta pienensivät rakennusten energiankulutusta noin 30 %. Ympäristöministeriön tekemien laskelmien mukaan uudet määräykset aiheuttavat uudiskohteissa muutaman prosentin lisäkustannukset. Määräykset tulevat kiristymään jälleen vuonna 2012. Tällöin rakennusten vuotuinen energiantarve tulee vähentymään entisestään noin 20 %. Rakennusten kokonaisenergiälaskelmissa aletaan ottaa huomioon myös energiamuodot eli lämmön ja sähkön lähteilläkin on tulevaisuudessa merkitystä. Tämä auttaa kuluttajaa vertailemaan eri talojen todellisia vuosikustannuksia. (Lommi 2010, 87.)

### 3.3 Energiämääräykset rakentajan kannalta

Pientaloa rakennettaessa täytyy rakennukselle laatia energiaselvitys, energialaskelma ja energiatodistus. Energiaselvitys on liitettävä hakemukseen rakennuslupaa haettaessa. Energiälaskelma tarvitaan energiaselvitystä varten ja energiaselvityksessä on oltava pääsuunnittelijan antama rakennuksen energiatodistus. (Leppäaho 2010.)

## Energiaselvitys

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti on tehtävä energiaselvitys ja se on liitettävä rakennuslupahakemukseen. Energiaselvitystä on myös päivitettävä ja pääsuunnittelijan tulee varmentaa se ennen rakennuksen käyttöönottoa. Energiaselvitys sisältää yleensä kuusi tarkasteltavaa kohtaa: rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkastaminen osan D3 kohdan 2.2 mukaisesti, ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon tarkastelu osan D2 kohdan 4.1.1 mukaisesti ja rakennuksen lämmitystehon tarkastelu osan D3 kohtien 2.4 ja 2.5 mukaisesti. Lisäksi arvioidaan kesäaikainen huone-lämpötila osan D3 kohdan 2.8 mukaan ja tarvittaessa jäähdytystehon määrä. Tarkasteltaviin asioihin sisältyy myös energiankulutus osan D3 kohdan 2.9 mukaisesti ja rakennuksen energiatodistus. (Leppäaho 2010.)

## Energialaskelma

Energialaskelman rakenne pientaloissa saadaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D5. Lähtötietoina tarvitaan säätietoja, sisäilmastotietoja, rakennuksen vaipan rakenteet, rakennuksen brutto-pinta-ala, henkilömäärä ja LVIS-järjestelmien tiedot. Laskelma aloitetaan selvittämällä rakennuksen tilojen lämpöenergiat kuukausitasolla, minkä jälkeen selvitetään käyttöveden lämmitystarve kuukausitasolla. Seuraavaksi lasketaan lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergiat ja laitesähkökulutukset kuukausitasolla. Huomioon otetaan myös henkilöistä, lämmityslaitteista, valaistuksesta ja auringosta syntyvät lämpökuormat ja niiden hyödyntäminen. On pohdittava myös kesäajan sisälämpötilaa ja sen mahdollisesti aiheuttamaa jäähdytysenergian tarvetta. Edellä mainituista asioista saadaan aikaiseksi rakennuksen energiankulutus kokonaisuudessaan kuukausitasolla ja siitä edelleen voidaan laskea ostoenergiankulutus. (Leppäaho 2010.)

## Energiatodistus

Energiatodistus vaaditaan nykyainsäädännön mukaan lähes kaikilta uudisrakennuksilta. Energiatodistuksen tarkoitus on auttaa kuluttajia vertailemaan rakennusten energiatehokkuutta keskenään. Energiatodistuksesta selviää se energiamäärä, jonka rakennus tarvitsee tarkoitustaan vastaavaan käyttöön. Energialuokat ovat asteikolla A-G, joista vähiten energiaa kuluttaa A-luokan rakennus ja eniten G-luokan rakennus. Tällä hetkellä rakennuksen lämmitysmuoto ei vaikuta rakennuksen saamaan energialuokkaan. (Leppäaho 2010.)

Energiatodistus vaaditaan kaikilta uudisrakennuksilta, lukuun ottamatta esimerkiksi teollisuusrakennuksia tai vapaa-ajan asuntoja, joita käytetään korkeintaan neljä kuukautta vuodessa. Todistus vaaditaan 1.1.2009 alkaen myös olemassa olevilta kiinteistöiltä silloin, kun kiinteistö tai sen tiloja myydään tai vuokrataan. Kuitenkin omakotitaloille ja enintään kuuden asunnon asuinrakennuksille todistus on vapaaehtoinen, jos ne ovat valmistuneet ennen lain voimaantuloa 1.1.2008. (Leppäaho 2010.)

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatodistuksesta säädetään erillisen energiatodistuksen antajien pätevyysvaatimuksesta. Pätevyyden hyväksytyt toteajat ovat tällä hetkellä FISE Oy ja Kiinteistöalan koulutussäätiö. Yli kuuden asunnon asuinrakennuksille sekä liike- tai palvelurakennukselle rakennuslupamenettelyn yhteydessä annettu energiatodistus on voimassa neljä vuotta. Kymmenen vuotta ovat voimassa rakennuslupamenettelyn yhteydessä annettu korkeintaan kuuden asunnon asuinrakennuksen energiatodistus, erillinen energiatodistus ja energiakatselmuksen yhteydessä annettu energiatodistus. (Leppäaho 2010.)

## 4 KÄYTÖN JA ASUMISTOTTUMUSTEN MERKITYS

Koska talojen energiatehokkuuteen on nyt kiinnitetty paljon huomiota ja kannattavuuden rajat energiatehokkuuden parantamisessa alkavat tulla vastaan, on huomiota kiinnitettävä yhä enemmän asukkaiden käyttötottumuksiin. Ensisijaisesti huomio kiinnittyy siis asumiseen tarvittavaan sähkөөn ja lämpimään käyttövedeen. Käyttöveden ja sähkön kulutukseen voi jokainen omalla tekemisellään vaikuttaa ja pienentää syntyvää energialaskua. Kyse on asenteista ja tottumuksista ja niitä voidaan muuttaa.

Täysin samantyyppisten rakennusten energiankulutuksessa saattaa olla kymmenien prosenttien eroja riippuen siitä, miten niitä käytetään ja huolletaan. Energiataloutta pystytään merkittävästi parantamaan jo pelkästään energiankäytön tehostamistoimilla.

(Lommi 2010, 89.)

Energia-alan toimijoiden yhteistyöhankkeen Elvarin osana teetettiin kysely tuhannelle sähköyhtiön asiakkaalle koskien heidän mielenkiintoaan energiatehokkuutta ja erityisesti kulutustietoa kohtaan. Pääosa vastaajista ilmoitti olevansa kiinnostunut järkevästä ja tehokkaasta sähkön käytöstä, mutta tietoisuus aiheesta oli heikkoa. Motivoijana ilmoitettiin useimmiten raha ja ympäristökysymykset. (Ylönen 2010, 66.)

Omalla toiminnallaan on mahdollista säästää merkittävästi energiaa veden, lämmityksen ja sähkön kulutuksessa. Koneita ja laitteita uusittaessa tulisi pyrkiä valitsemaan vähän energiaa kuluttavia ja pitkään kestäviä tuotteita. Pitkäikäisyys on koneelle tai laitteelle tärkeää siksi, että käyttökustannukset voivat mahdollisesti nousta hankintahintaa korkeammiksi. (Ylönen 2010, 66.)

### Lämmitysenergian minimointi

Huonelämpötiloja tulisi seurata ja huonelämpötilan tulisi olla n. 20 – 22celsiusastetta. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että huonelämpötilan tiputtaminen yhdellä celsiusasteella säästää lämmitysenergiaa noin viisi prosenttia. Lämmityslaitteita tulisi huoltaa ja puhdistaa säännöllisesti niiden toiminnan tehostamiseksi. Tuuletuksen tulisi tapahtua mahdollisimman nopeasti esimerkiksi läpivedolla, ei esimerkiksi jätetä yhtä pientä ikkunaa moneksi tunniksi auki. Jos talossa on tulisija, kannattaa sen tarjoama lämpö ja viihtyisyys hyödyntää mahdollisuuksien mukaan. (Ylönen 2010, 66.)

### Vedenkulutuksen minimointi

Yhden pientalon asukkaan käyttöveden lämmitykseen kuluu 800 – 1200 kWh vuodessa. Sen osuus yhden henkilön kokonaiskulutuksesta vuositasolla on noin kaksikymmentä prosenttia. Vettä olisi oltava tuhlaamatta tarpeettomasti ja pesulla käynti suoritettava taloudellisesti veden käyttö minimoiden. Vanhat laitteet ja vesikalusteet olisi syytä vaihtaa nykyaikaisiin vähemmän kuluttaviin. Virtauksien säätö tulisi tehdä virtauksien optimoimiseksi ja vesivuodot tulisi korjata mahdollisimman pian niiden havaitsemisen jälkeen. (Ylönen 2010, 66.)

### Valaistus

Valaistukseen kuluva energiamäärä riippuu esimerkiksi käytettävistä lamppuista, valaisimista ja niiden sijoittelusta ja jopa valituista seinäpintojen väreistä. Valoja olisi pyrittävä käyttämään vain silloin kuin niitä tarvitaan, ja mahdollisuuksien mukaan valaisimet voisi kytkeä liiketunnistimien, ajastimien ja hämäräkytkimien taakse. Liiketunnistimia voisi kehittää myös vanhojen valokatkaisimien tilalle toimimaan niin että valot syttyvät huoneeseen tullessa ja sammuvat huoneesta pois lähdettäessä. Toteutuskelpoisena voidaan pitää

myös ajatusta, että koko talon valaistus sammuisi yhdestä painikkeesta ulko-oven lähettyviltä. (YLönen 2010, 66 – 67.)

#### Keittiön energiakulutus

Keittiössä tulisi lämmönlähteet sijoittaa erilleen kylmälaitteista eli esimerkiksi jääkaappi ja uuni eivät sovi vierekkäin. Laitteiden ilmankierto täytyy varmistaa sillä laitteen lämpeneminen voi kasvattaa sen energiankulutuksen moninkertaiseksi. Pakastin tulisi sulattaa säännöllisesti ohjeiden mukaan sekä huolehtia lauhduttimien puhtaudesta ja tiivisteiden kunnosta. Astianpesukonetta tulisi pestä täytenä, jolloin käytetty energia- ja vesimäärä pesukertaa kohden pienentyy. (YLönen 2010, 67.)

#### Pyykinpesu ja kuivatus

Vanhan pyykinpesukoneen tullessa tiensä päähän kannattaa tilalle hankkia tarpeiden mukaisesti oikean kokoinen, energiatehokas ja pitkään kestävä pesukone. Täysiä koneellisia tulisi suosia sekä pesukoneiden eko-ohjelmia käyttäen energiankulutuksen minimoimiseksi. Tehokasta linkousta tulisi suosia jäännöskosteuden pienentämiseksi ja koneen puhdistuksesta tulee huolehtia. (YLönen 2010, 67.)

#### Kodin elektroniikka

Kodin elektroniikan energiankulutus on ollut kasvussa jatkuvasti. Laitteiden energiankulutuksesta iso osa syntyy laitteiden ollessa valmiustilassa odottamassa käyttöä, joten olisikin syytä kytkeä laitteista virta kokonaan pois, silloin kun niitä ei käytetä. Monta laitetta saadaan kytkettyä samaan katkaisijalla varustettuun jatkojohtoon, jolloin kaikista laitteista saadaan virta pois kerralla. (YLönen 2010, 67.)



## 5 RAKENNERATKAISUT

### 5.1 Pientalojen ryhmittely

1940- ja 1950-luvuilla oli yleinen niin kutsuttu rintamamiestalo purueristyksellä tehtynä. Lämmitysenergiankulutus tämän tyyppisissä taloissa on noin 300 kWh/m<sup>2</sup>a. 1980-, 1990- ja 2000-luvuilla lämmitysenergian tarve laskee noin viidenneksellä entiseen verrattuna. Vuoden 2009 määräykset täyttävän talon kulutus on noin 120 kWh/m<sup>2</sup>a. (Lommi 2010, 95.)

Vuoden 2010 alusta uudistuneet määräykset pienentävät entisestään talojen energiankulutusta, aiempaan verrattuna noin kolmanneksen. Vuoden 2010 määräysten mukainen talo kuluttaa noin 70 – 80 kWh/m<sup>2</sup>a. Vielä energiatehokkaampi on matalaenergiatalo, jonka lämmitysenergiankulutus vuodessa on noin 50 kWh/m<sup>2</sup>. Passiivienergiataloksi eli passiivitaloksi kutsutaan rakennusta, jonka lämmitysenergian tarve vuodessa on noin 20 – 30 kWh/m<sup>2</sup>. (Lommi 2010, 95.)

### 5.2 Eristepaksuudet

Seuraavassa käsitellään rakennuksen vaipan rakenneosien lämmöneristysratkaisuja, jotka täyttävät vuoden 2010 määräysten mukaiset vaatimukset. Myös tulevia ratkaisuja on hieman arvioitu.

Yläpohjassa riittää noin 500 mm:ä mineraalivillaeristettä. Passiivitalon tavoite yläpohjassa saavutetaan noin 650 mm:n paksuisella mineraalivillakerroksella. Yleensä yläpohjan eristekerrosta on helppo kasvattaa, kunhan muistetaan ottaa huomioon, ettei yläpohjan tuuletus esty. (Lommi 2010, 96 - 98.)

Seinissä vuoden 2010 määräysten mukainen U-arvo saavutetaan 225 – 275 mm:n paksuisella mineraalivillaeristeellä. Paksuus määräytyy valitun villatyypin ominaisuuksista ja rakennekokonaisuudesta. Passiivitalon ulkoseinä vaatii jo noin 400 mm mineraalivillaeristeen. (Lommi 2010, 96 - 98.)

Maanvarainen alapohjan lämmöneristysvaatimus saavutetaan esimerkiksi noin 225 mm:n paksuisella polystyreenieristeellä. Vastaavalla materiaalilla passiivitalon tasoon pääseminen edellyttää noin 300 mm:ä eristettä. (Lommi 2010, 96 - 98.)

### 5.3 Rakenteiden tiiviys

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 sanotaan seuraavaa: "Sekä rakennuksen vaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia suunnitellusti. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen". (RakMk osa C3. 2010.)

Rakentamismääräysten osassa D3 puolestaan esitetään: " Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään ilmanvuotolukua (n50) 4,0 1/h. Tätä pienempää arvoa voidaan kuitenkin käyttää, jos ilmanpitävyys osoitetaan mittaamalla tai muulla menettelyllä." (RakMk osa D3. 2007.)

Rakennuksen vaipan tiiviys vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen. Ulkovaipan tiiviys vaikuttaa myös kosteuden kertymiseen ra-

kenteessä ja epäpuhtauksien kulkeutumiseen rakenteesta sisätiloihin. (Lommi 2010, 96 - 98.)

Vuoden 2010 lämmöneristysmääräyksissä pientalon tiiviystasoksi on määritetty 2,0 l/h, joka tarkoittaa että vaipan läpi virtaa kaksinkertaisesti rakennuksen ilmatilavuus tunnissa, kun paine-ero ulko- ja sisäilman välillä on 50 Pascalia. Energiatehokkaan hyvän tiiviyyden tavoitetasona pidetään 1,0 l/h. Passiivitalossa tavoite puolestaan on 0,6 l/h. (Lommi 2010, 96 - 98.)

## 6 ENERGIATEHOKKUUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

### 6.1 Määräykset korjausrakentamisessa

Tähän asti korjausrakentamisen energiatehokkuudelle ei ole ollut Suomessa määräyksiä, mutta siihen on tulossa muutos. EU:n energiatehokkuusdirektiiviä uudistetaan, ja sen seurauksena myös korjausrakentamisen puoli saa kansalliset energiatehokkuusmääräykset. (Lommi 2010, 103.)

Yli puolet Suomen noin miljoonasta pientalosta on rakennettu ennen 1980-lukua. Tällaisiin taloihin löytyy nykyisin paljon kannattavia, energiatehokkuutta parantavia korjausratkaisuja. Erityisen kannattavaa energiatehokkuuden parantaminen on muiden korjaustöiden, esimerkiksi julkisivuremontin yhteydessä. (Lommi 2010, 103.)

## 6.2 Rakenteiden parantaminen

Alapohjatyypeistä rossipohjan lämmöneristävyyden parantaminen on helppointa ja järkevintä. Vanhoissa taloissa eristeenä on käytetty sahanpurua, joka saattaa olla painunut tai jopa romahtanut kokonaan pois aiheuttaen kylmän vuotamista sisään. (Lommi 2010, 103 – 105.)

Vanha purueriste voidaan korvata kokonaan uudella eristeellä tai siitä voidaan korvata vain pintakerros. Eristekerroksen päälle on yleensä asennettava tiivis ilman- ja höyrynsulkukerros, joka liitetään tiiviisti seinärakenteeseen. Rossipohjarakenteita voidaan joissain tapauksissa lisäeristää myös alapohjan alapuolelle. Tämä edellyttää, että alapuolella on tarpeeksi tilaa eikä tuuletus saa häiriintyä. (Lommi 2010, 103 - 105)

Ulkoseinä rakenne voidaan lisäeristää ulko- tai sisäpuolelta. Toimenpide on harkittava ja laskettava aina tapauskohtaisesti. Julkisivuremonttien yhteydessä lisäeristys pyritään luonnollisesti sijoittamaan ulkopuolelle, jolloin vanha seinärakenne jää lämpimäksi parantaen seinän kosteusteknistä toimintaa. Ulkopuolisena eristeenä voidaan käyttää esimerkiksi tuulensuojapinnalla varustettua mineraalivilla- tai puukuitueristettä. (Lommi 2010, 103 - 105.)

Yläpohjan lisäeristäminen on yleensä helppoa ja kannattavaa. Esimerkiksi sahanpurun lämmöneristävyyden on kaksi kertaa huonompi kuin mineraalivillalla. Vanhojen ilmansulkujen korjaaminen tai uusiminen on kannattavaa, koska energiaa menee hukkaan yläpohjan ilmavuotojen kautta. Jos yläpohjaa lisäeristetään sisäpuolelta, ei kylmälle puolelle saa jättää höyrynsulkumuovia. Sisäpuoliseen lisäeristämiseen voidaan käyttää esimerkiksi polyuretaanilevyä, jolloin rakennepaksuuskaan ei merkittävästi kasva. (Lommi 2010, 103 - 105.)

## 7 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

### 7.1 Jaottelu

Pientalojen lämmitysjärjestelmät voidaan jaotella esimerkiksi seuraavanlaisiin osiin: lämmönkehityslaitteisiin eli lämmöntuottotapaan, mahdolliseen lämmön varastointiin, lämmönjakotapaan ja sen säätö- ja ohjauslaitteisiin. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.) Tietyissä tapauksissa eri osakokonaisuudet saattavat yhdistyä ja niitä voidaan käyttää ristiin.

Lämmityksentarvetta pientaloissa vaativat asuintilat, puolilämpimät tilat sekä lämmin käyttövesi ja tuloilma. Tilojen lämmitys vie noin 40 – 60 % pientalojen energiankulutuksesta, joten lämmitysjärjestelmän valinnalla ja suunnittelulla on suuri merkitys rakennuksen käyttökustannuksiin. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.)

### 7.2 Lämmöntuotto

Lämpöä voidaan tuottaa hyvin monella eri tavalla. Tässä yhteydessä lämmöntuottotavoista otetaan esille maalämpö, kaukolämpö, suora sähkö, öljylämmitys ja viime aikoina yleistyneet pellettijärjestelmät. Lämmöntuoton apuna voidaan myös käyttää erilaisia apujärjestelmiä kuten takkaa tai ilmalämpöpumppua. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.)

Pellettilämmitys on järjestelmä, joka koostuu kattilasta ja polttimesta sekä varastosiilosta ja siirtoruuvista. Raaka-aineina pelletissä käytetään sahajauhoa, kutterinpurua ja hiontapölyä. Pelleteistä puristetaan pieniä, tiiviitä sylinterei-

tä, joita säilötään varastosiihossa. Siilosta pelletit siirretään siirtoruuvilla polttimelle, joka on suunniteltu erityisesti pellettien polttoon. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.)

Maalämpö on järjestelmä, jossa vesistöön tai maaperään varastoitunutta energiaa kerätään talteen. Maaperään tai vesistöön asennetaan vaak- tai pystyputkitus, jossa kierrätetään jäätymätöntä liuosta. Maalämpöpumppu voidaan mitoittaa koko talon lämmitystarvetta varten tai vain osaksi sitä. Vaakaputkisto tarvitaan noin 400 metriä - 600 metriä, pystyputkistolla tehtynä putkea tarvitaan noin 150 metriä. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.)

Lämpöpumpuista on eri versioita, joista yleisimmät ovat ilmalämpöpumppu, poistoilmalämpöpumppu sekä ilma-vesilämpöpumppu. Ilmalämpöpumppu ottaa ulkoilmasta lämpöä ulkoyksikön välityksellä ja siirtää sitä sisäyksikön kautta sisäilmaan. Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmön talveen poistoilmasta ja ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmön ulkoilmasta siirtäen sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilmalämpöpumput tarvitsevat rinnalle aina jonkin toisen lämmitysmuodon, koska niiden kyky sitoa lämpöä ilmasta pienenee ilman kylmetessä. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.)

### 7.3 Lämmönjakotapa

Lämmönjaosta puhuttaessa tarkoitetaan menetelmää, jolla lämpö siirretään rakennuksen tiloihin. Yleisesti käytettyjä lämmönjakojärjestelmiä ovat esimerkiksi vesikiertoinen lattia- ja patterilämmitys, ilmalämmitys ja huonekohtainen sähkölämmitys. Lämmönjakotapa vaikuttaa rakennuskustannuksiin ja eri lämmönjakotavoilla on myös erilaiset elinkaarikustannukset. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.)

## 7.4 Tukijärjestelmät

Lämmitysjärjestelmien tukijärjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, joilla tuetaan päälämmitysjärjestelmää tarpeen mukaan ja joka voi tietyinä aikoina vuodesta toimia jopa ainoana lämmönlähteenä. Yleisesti käytettyjä tukijärjestelmiä ovat tulisijat, pellettitakat, aurinkolämmitys ja ilmalämpöpumput. (Talotekniikan suunnittelu. n.d.)

## 8 KUSTANNUSSÄÄSTÖLASKELMAT

### 8.1 Rakennuksen energiankulutus

Pientalon kokonaisenergiankulutus jakautuu pääpiirteissään niin, että tilojen lämmitys vie noin puolet kokonaisenergiankulutuksesta, käyttöveden lämmitys 10 – 20 %, tuloilman esilämmitys noin 10 % ja huoneistosähkö 20 – 30 %.

Kun tarkastellaan rakennuksen kokonaisenergiankulutusta, siihen vaikuttavia asioita voidaan tarkastella vielä hieman tarkemmalla tasolla. Vaikuttavia tekijöitä ovat ulkovaipan U-arvot, ikkunoiden- ja ovien U-arvot, lämmin käyttövesi, kiinteistösähkö, lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ja rakenteiden tiiviys. Vaikuttavina tekijöinä täytyy ottaa huomioon myös ulkoilman lämpötilan keski- ja ääriarvot, sisälämpötila, auringon säteily, tuulen nopeus ja suunta rakennuksen vaipalla, rakennuksen lämpö-, vesi- ja sähkölaitteet ja käyttäjien asenteet ja tottumukset. (Yritysten ympäristötietopankki. n.d.)

Yhtä hyvään lopputulokseen on mahdollista päästä monella eri tavalla ja näin ollen esimerkiksi suunnittelijoilla on vapaammat kädet rakenteiden suhteen. Tällä tarkoitan sitä, että rakennuksen kokonaisenergiankulutus täytyy saada tiettyyn rajaan mitattuna kWh:na/brm<sup>2</sup>/v. Joten jos esimerkiksi seinärakenne ei yltä vaadittuun U-arvoon, voidaan se kompensoida parantamalla esimerkiksi lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta.

## 8.2 Lämmitysjärjestelmän valinta

Laskelmissa käytetään kahta esimerkkitaloa, jotka ovat asuinpinta-alaltaan 100 m<sup>2</sup> ja 200 m<sup>2</sup>. Huonekorkeudeksi oletetaan 2,55 metriä ja asukasmäärän oletetaan olevan yhteensä neljä. Vertailtavana lämmitysjärjestelmistä ovat puupelletti, öljy, varaava sähkö, maalämpö ja kaukolämpö.

Laskelmissa otetaan huomioon rakennuksen tilavuus, ominaiskulutus ja polttoaineiden hinnat keskiarvon mukaan (Liite 2). Lisäksi huomioon otetaan eri lämmönkehittimien vuosihyötysuhteet. Laskenta-aikana käytetään 15 vuotta ja korkoprosenttina 5 prosenttia.

Laskennassa täytyy myös tietää lämmitysjärjestelmän investointikustannukset. Tästä saadaan laskettua investointikustannukset yhdelle vuodelle. Kun vuosittaiseen lämmitysjärjestelmän investointikustannukseen lisätään vuosittainen energiakulu, saadaan kullekin lämmitysjärjestelmälle vertailukelpoinen vuosittainen lämmityskulu euromääräisenä.

Tiedot syötettiin osoitteessa [www.biohousing.eu](http://www.biohousing.eu) olevaan energialaskuriin. Laskurin toteuttamisesta on vastannut osana BioHousing-hanketta Jyväskylän ammattikorkeakoulu yhteistyössä VTT:n, Jyväskylän Innovation Oy:n, kansainvälisten projektipartnereiden ja Atlantis Consulting Oy:n kanssa.



Polttoaineiden hintana käytettiin puupelletille 251 €/tonni, öljylle 0,613 €/litra, varaavalle sähkölle 9,68 c/kWh, maalämmölle 10,37 c/kWh ja kaukolämmölle 6,925 c/kWh. Polttoaineiden hinnat ovat päivitetty 19.10.2009. Ominaiskulutukseksi valittiin tässä yhteydessä 40 kWh/m<sup>3</sup>, joka on tyypillinen arvo nykyisillä määräyksillä rakennetulle pientalolle. Käyttöveden lämmitykseen käytetään 4.0 MWh vuodessa ja lämpöenergiantarve vuodessa 100 m<sup>2</sup>:n pientalossa on yhteensä 14.2 MWh ja 200 m<sup>2</sup>:n pientalossa 24,4 MWh. Vuosihyötysuhteiksi valittiin puupelletille 82 %, öljylle 87 %, varaavalle sähkölle 99 %, maalämmölle 2,8 cop ja kaukolämmölle 97 %.

Lämmitysjärjestelmän investointikustannukset riippuvat hyvin monesta tekijästä ja myös sijainnista. Tässä yhteydessä käytetään puupelletille investointikustannuksena 8500 €, öljylämmitykselle 7000 €, varaavalle sähkölämmitykselle 6000 €, maalämpöjärjestelmälle 15000 € ja kaukolämpöjärjestelmälle 6000 €.

Pienemmän, 100 neliömetrin, pientalolle energialaskuri laskee halvimmaksi ratkaisuksi kaukolämmön, jonka lämmityskulut ovat yhteensä 11,2 c/kWh. Toisena ja kolmantena tulevat öljylämmitys ja puupellettilämmitys, 11,8 c/kWh ja 12,1 c/kWh. Kalleimpina ja näin ollen kannattamattomimpina järjestelminä laskuri ilmoittaa varaavan sähkön ja maalämmön, 13,8 c/kWh ja 13,9 c/kWh. Jos oletetaan lämpöenergian vuosikulutukseksi tämän kokoisessa pientalossa esimerkiksi 14200 kWh, kertyy kaukolämmöllä maksettavaa vuodessa 1591 €, kun taas maalämmön käyttö tulisi vuodessa maksamaan 1974 €.

Suuremman, 200 neliömetrin, talon kohdalla tilanne muuttuu hieman. Energialaskurin mukaan maalämmön kannattavuus paranee huomattavasti ja se jää niukasti kaukolämmölle toiseksi lämmityskulujen ollessa 9,6 c/kWh kaukolämmön 9,5 c/kWh vastaan. Olettaen talon kulutukseksi 24400 kWh vuodessa

ovat lämmityskustannukset kaukolämmöllä 2318 € ja kalleimmalla vaihtoehdolla eli varaavalla sähköllä 2952 €.

### 8.3 Säästölaskelma 1995-talo vs. 2010-talo

Seuraavaksi laskettiin esimerkkitalojen vuotuiset lämmitysenergian kulutukset ja näistä aiheutuvat kustannukset vuodessa. Huonekorkeudeksi oletetaan 2,55 metriä ja asukasmäärän oletetaan olevan yhteensä neljä. Tutkitaan kuinka paljon vuonna 1995 rakennetut esimerkkitalot kuluttavat energiaa lämmitykseen ja verrataan sitä 2010- normien mukaan rakennettuun taloon. Lopuksi verrataan säästöjä vuositasolla muutamalla eri lämmöntuottotavalla.

Vuonna 1995 rakennetun talon lämmitysenergian tarve on noin 150 kWh/m<sup>2</sup>a. Vuoden 2010 normien mukaan rakennetun talon lämmitysenergiatarve on luokkaa 70 - 80 kWh/m<sup>2</sup>a. Kun tiedetään polttoaineiden hinnat, voidaan tehdä euromääräisiä laskelmia kustannussäästöistä eri lämmitysjärjestelmillä. Laskelmissa ei ole lisätty lämmitysenergian vuosikulutukseen lämpimän veden osuutta ja myöskään investointikustannuksista syntyviä kannattavuustekijöitä ei oteta tässä yhteydessä huomioon.

Vuositasolla 100 neliöinen pientalo vuoden 1995 normien mukaan rakennettuna kuluttaa noin 15000 kWh. Samankokoinen pientalo vuoden 2010 määräysten mukaan kuluttaa noin 7500 kWh. Lasketaan lämmityksen kustannukset vuodessa molemmissa tapauksissa ja tehdään hieman vertailua.

Liitteen 2 mukaisilla polttoaineen hinnoilla laskettuna vuoden 1995 talon lämmittäminen ilman käyttöveden lämmitystä maksaa puupelletillä 967 € hyötysuhteen ollessa 82 prosenttia. Öljylämmitys tulee maksamaan 1057 €

hyötysuhteen ollessa 87 prosenttia ja varaava sähkö 1467 €. Maalämmöllä kustannuksia kertyy 556 € vuodessa cop:n ollessa 2,8. Kaukolämpö vuosihyötysuhteella 97 prosenttia synnyttää kustannuksia 1071 €.

Puupelletillä lämmittäminen vuoden 2010 normien mukaan tehdyssä talossa maksaa 483 € ja öljyllä lämmittäminen 529 €. Varaavan sähkön käyttäminen lämmitykseen vie 733 € vuodessa, maalämmön 278 € ja kaukolämmön 535 €.

Kahdensadan neliömetrin pientalo vuoden 1995 määräysten mukaan rakennettuna kuluttaa noin 30000 kWh vuodessa. Tämä tarkoittaa puupelletillä 1933 €:n vuosimenoja, öljylämmityksellä taasen 2243 €:n vuosimenoja lämmitykseen. Varaavalla sähköllä hintaa lämmitykselle kertyy vuodessa 2933 €. Maalämmön käyttäminen talon lämmitykseen vaatii vuodessa 1111 € ja kaukolämmön 2142 €.

Vuoden 2010 määräysten mukainen samankokoinen talo kuluttaa noin 15000 kWh vuodessa. Talon lämmittäminen maksaa puupelletillä 967 €, öljylämmitys tulee maksamaan 1057 € ja varaava sähkö 1467 €. Maalämmöllä kustannuksia kertyy 556 € vuodessa cop:n ollessa 2,8 ja kaukolämpö synnyttää kustannuksia 1071 €.

#### 8.4 Säästölaskelma 1995-talo vs. 2012-talo

Vuoden 1995 omakotitalon lämmitysenergian kulutustiedot saadaan suoraan edellisestä kohdasta, mutta lasketaan tähän lisäksi vuoden 2012 määräysten mukaan tehtyjen 100 ja 200 neliöisten talojen kulutukset. Edelleen ei oteta huomioon lämmitysveden lämmittämiseen tarvittavaa energiaa eikä eri lämmitysjärjestelmien investointikustannuksista syntyviä kannattavuuseroja.

Määräykset kiristyvät vuonna 2012 niin, että lämmitysenergiantarve tulee tipumaan entisestään noin 20 prosenttia. Siten 100 neliöinen pientalo kuluttaa lämmitysenergiaa vuodessa noin 6000 kWh ja 200 neliöinen pientalo noin 12000 kWh.

Pienemmässä, 100 neliöisessä talossa, lämmityskuluja kertyy vuodessa puupelletillä 387 € ja öljyllä 423 €. Varaava sähkö kuluttaa energiaa 587 €:n edestä, maalämpö 222 € ja kaukolämpö 428 €. Suurempi, 200 neliöinen talo, kuluttaa puupelletillä 773 € ja öljyllä lämmitettynä 846 €. Varaavalla sähköllä lämmitettynä kustannukset vuodessa ovat 1173 € ja maalämmöllä 444 € sekä kaukolämmöllä 856 €.

#### 8.5 Säästölaskelma 1995-talo vs. passiivitalo

Passiivitalossa lämmitysenergiantarve on noin 25 kWh/m<sup>2</sup>. Vuoden 1995 omakotitalon lämmitysenergian kulutustiedot saadaan suoraan kohdasta 9.3, mutta lasketaan tähän lisäksi 100 ja 200 neliöisten passiivitalojen kulutukset. Laskelmissa ei oteta huomioon lämmitysveden lämmittämiseen tarvittavaa energiaa eikä eri lämmitysjärjestelmien investointikustannuksista syntyviä kannattavuuseroja.

Passiivitaloista pienempi kuluttaa lämmitykseen energiaa 2500 kWh vuodessa. Puupelletillä lämmitettynä rahaa kuluu 161 € ja öljyllä 176 €. Jos taasen on valittu varaava sähkö, kuluttaa se vuodessa 244 €, maalämpö 93 € ja kaukolämpö 179 €. Suuremmassa lämmitykseen kuluu vuodessa 5000 kWh, joka kustantaa puupelletillä 322 € ja öljyllä 352 €. Varaava sähkö kuluttaa 489 €, maalämpö 185 € ja kaukolämpö 357 €.

## 8.6 Säästömahdollisuudet korjausrakentamisessa

Perinteisen rintamamiestalon lämmitysenergiantarve on noin 300 kWh/m<sup>2</sup>a. Puupelletillä 100 neliöisen rintamamiestalon lämmittämiseen kuluu taulukon 2 mukaisilla polttoaineen hinnoilla 1933 €. Öljylämmitys maksaa vuodessa 2114 € ja varaava sähkö 2933 €. Jos valitaan lämmitysmuodoksi maalämpö, on kulut vuodessa 1112 € ja kaukolämmön valinneilla 2142 €. Rintamiestalon, jonka pinta-ala on 200 m<sup>2</sup>, lämmityskulut puupelletillä ovat 3867 €. Öljylämmityksellä kustannukset vuodessa ovat 4228 € ja varaavalla sähköllä 5867 €. Vastaavasti maalämmöllä 2222 € ja kaukolämmöllä 4284 €. Vastaavat arvot vuoden 2010- talolle ovat kuviosta 4 katsottuna noin 4 kertaa pienemmät.

Korjausrakentamisen kannattavuutta ja erityisesti energiatehokkuuden paranemisen myötä syntyviä kustannussäästöjä pidemmällä aikavälillä voidaan laskea erilaisilla investointilaskelmamenetelmillä. Yleisesti käytettyjä menetelmiä ovat nykyarvo-, annuiteetti-, sisäisen koron tai takaisinmaksuajan menetelmät. Tällöin voidaan laskea lisäeristämisen kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa.

### Laskentaesimerkki yläpohjan lisäeristämisestä

Lasketaan esimerkiksi 200-neliöisen pientalon yläpohjan lisäeristämisen kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa. Lisäeristettävää pinta-alaa on noin 200 m<sup>2</sup> ja lisäeristys toteutetaan lisäämällä puhallusvillaa yläpohjaan. Rakenteen U-arvo on ollut 0,22 W/m<sup>2</sup>K ja se parannetaan vastaamaan vuoden 2010 arvoa 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Yläpohjan lisäeristämisestä johtuvaa mahdollista lämpöhäviöiden pientä lisääntymistä muualta vaipan alueelta esimerkiksi seinistä ei oteta huomioon.

Lasketaan lisälämmöneristyksellä saavutettava säästö kaavasta  $\Delta Q_{\text{joht}} = \Delta U * A * S * (24/1000)$ ,

missä

$Q_{\text{joht}}$  = lisälämmöneristyksen aikaansaama energiansäästö, kWh/a

$\Delta U$  = vanhan ja uuden U-arvon erotus, W/m<sup>2</sup>K

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

S = lämmitystarveluku, Kd/a

$$\Delta Q_{\text{joht}} = \Delta U * A * S * (24/1000)$$

$$\Delta Q_{\text{joht}} = (0,22 \text{ W/m}^2\text{K} - 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}) * 5170 \text{ Kd/a} * 200 \text{ m}^2 * (24/1000)$$

$$\Delta Q_{\text{joht}} = 2978 \text{ kWh/a}$$

Oletetaan puhallusvillan hinnaksi 30 €/m<sup>3</sup> puhallettuna, hinta sisältää arvonlisäveroa 22 %. Hinta sisältää myös puhalluksessa tarvittavan laitteiston ja työvoiman. Esimerkkitalossa on ollut ennestään noin 200 mm puhallusvillaa ja sitä lisätään niin, että puhallusvillaa on yhteensä 500 mm. Puhallusvillaa tarvitaan lisää noin 300 mm 200 neliömetrin alueelle eli yhteensä 60 kuutiota. Yläpohjan lisäeristämisen hinta ilman muita mahdollisia lisätöitä kuten tuulihjaimien asentamista yms. on noin 1800 €. (Energiakorjauksia taloyhtiöissä. 2009.)

Lasketaan sijoituksen takaisinmaksuaika 2 %:n ja 6 %:n koroilla. Lasketaan myös annuiteettimenetelmällä onko sijoitus kannattava 25 vuoden tarkastelujaksoilla 2 %:n ja 6 %:n koroilla. Olkoon esimerkkitalossa suora sähkölämmitys jolloin kWh maksaa noin 9,68 c ja vuotuiseksi säästökseksi eli tuotoksi tulee  $(2978 \text{ kWh} * 9,68 \text{ c})/100 = 288,3 \text{ €}$ . Ilman koron huomiointia takaisinmaksuaika olisi tässä tapauksessa reilut kuusi vuotta, tarkalleen ottaen 6,244 vuotta.

Sijoituksen hankintameno on 1800 €, investointiaika 25 vuotta ja vuotuinen nettotuotto 288,3 €. Annuiteettimenetelmällä laskettuna tuloannuiteetti TA on yhtä kuin vuotuinen nettotuotto sillä sijoituksen jäännösarvon oletetaan olevan nolla. Menoannuiteetti MA saadaan laskemalla yhteen vuotuiset kustannukset ja vuotuinen hankintameno. Vuotuiset kustannukset ovat esimerkkitapauksessa 0 € ja vuotuinen hankintameno 2 %:n korolla on  $[(1,02^{25} * 0,02) / (1,02^{25} - 1)] * 1800 \text{ €} = 92,2 \text{ €}$ . Vastaavasti 6 %:n korolla vuotuinen hankintameno on  $[(1,06^{25} * 0,06) / (1,06^{25} - 1)] * 1800 \text{ €} = 140,8 \text{ €}$ . MA on siis 2 %:n korolla 92,2 € ja 6 %:n korolla 140,8 €. Molemmissa tapauksissa tuloannuiteetti on suurempi kuin menoannuiteetti joten sijoitus on kannattava.

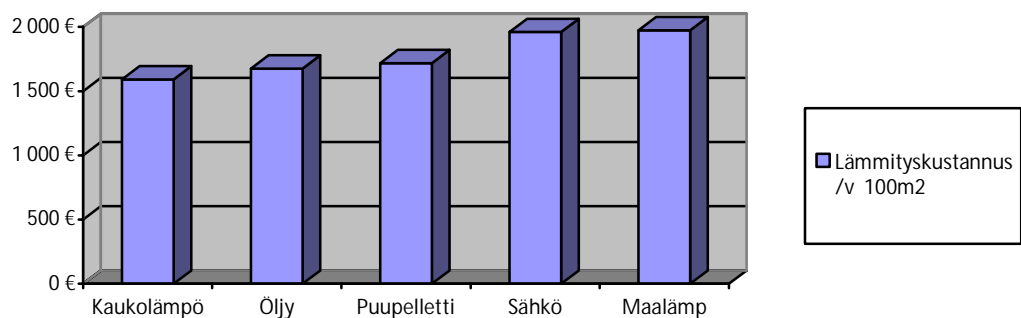
Lasketaan sijoituksen korollinen takaisinmaksuaika kun koroton takaisinmaksuaika on  $1800 \text{ €} / 288,3 \text{ €} = 6,244$  vuotta. Korollinen takaisinmaksuaika 2 %:n korolla noin 6,75 vuotta. Vastaavasti 6 %:n korolla takaisinmaksuajaksi saadaan noin 8 vuotta. Korkoprosentin täytyisi olla yli 15 %, ettei sijoitus enää kannattaisi, jos laskenta-aikana käytetään 25 vuotta. Takaisinmaksuaikojen perusteella lisäeristys on järkevä toteuttaa.

## 9 TYÖN TULOKSET

Tässä luvussa tulokset näytetään diagrammin muodossa asian havainnollistamiseksi. Tarkemmin tulokset on esitetty liitteinä olevissa taulukoissa. Tuloksista ei suoraan voi nähdä tietyn lämmitysmuodon kannattavuutta, sillä siihen vaikuttavat lisäksi monet muut asiat. Tarkastelu on lähes aina tehtävä tapauskohtaisesti ja "omilla" lähtöarvoilla. Tuloksista ei myöskään voi suoraan laskea säästöä lämmityskustannuksissa verrattaessa eri aikakauden nor-

meilla rakennettua vastaavaa taloa, sillä huomioon ei ole otettu esimerkiksi rakentamisen kustannusten nousua.

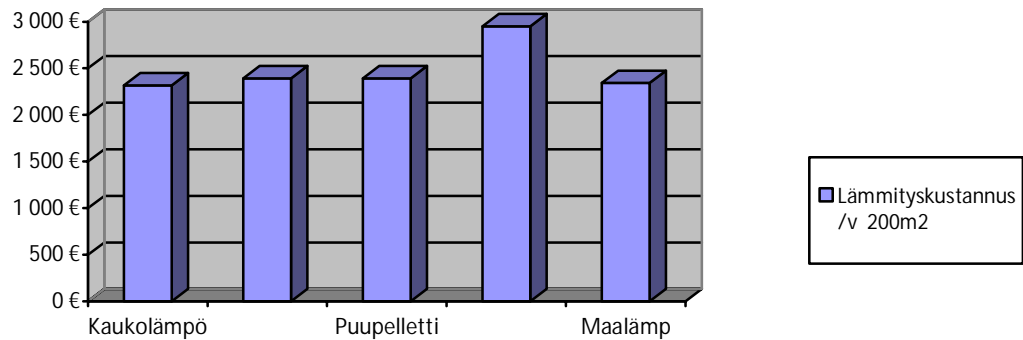
KUVIO 1. Pientalon lämmitysjärjestelmän valinnan vaikutus vuotuisiin lämmityskustannuksiin.



Kuviota 1 tarkastelemalla havaitaan, että pienemmälle 100 m<sup>2</sup>:n pientalolle halvin ratkaisu aikaisemmin tässä työssä määritellyillä lähtötiedoilla on kaukolämpö 1591 €:n vuosikustannuksilla. Kalleimpana voidaan pitää maalämpöä, jonka kalleus johtuu suurista investointikustannuksista. Erot eivät ole kuukausitasolla kovinkaan suuria tämän kokoisessa talossa, joten valinta voisi hyvin perustua esimerkiksi ympäristötekijöihin tai esimerkiksi paikallisiin tietyn lämmitysmuodon kannattavuuteen vaikuttaviin tekijöihin.

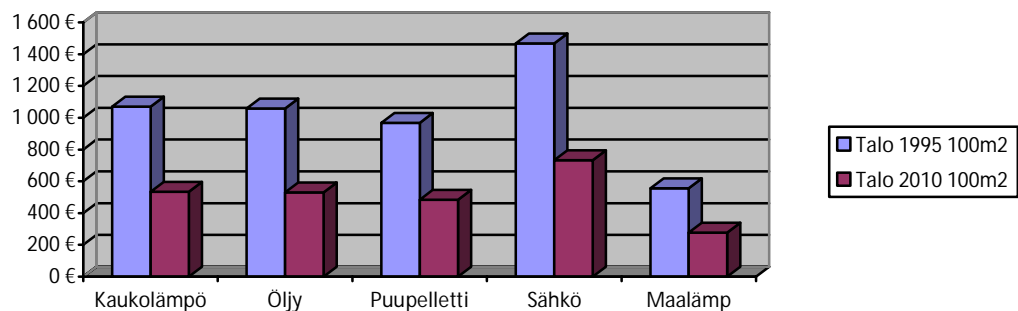


KUVIO 2. Pientalon lämmitysjärjestelmän valinnan vaikutus vuotuisiin lämmityskustannuksiin.



Suuremmissa kohteissa maalämmön kannattavuus lämmitysmuotona paranee huomattavasti, sillä investointikustannusten merkitys pienenee lämmitysenergianhinnasta saatavien säästöjen vuoksi. Sähkölämmitys on kallein vaihtoehto 200 m<sup>2</sup>:n esimerkkitalossa, muut lämmitysmuodot ovat kutakuinkin yhtä kannattava valinta.

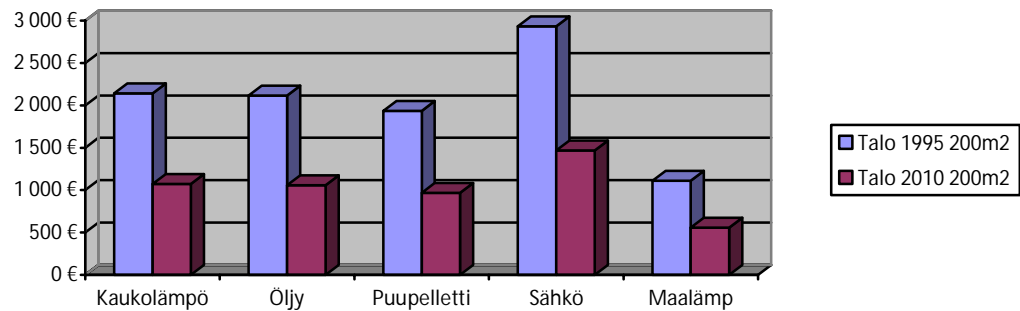
KUVIO 3. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2010- talo



Lämmitysenergian kulutus on tippunut noin puoleen keskiarvo omakotitalossa verrattaessa vuonna 1995 voimassa olleiden määräysten mukaisesti rakennettua taloa vuoden 2010 määräysten mukaan tehtyyn taloon. Sähköläm-

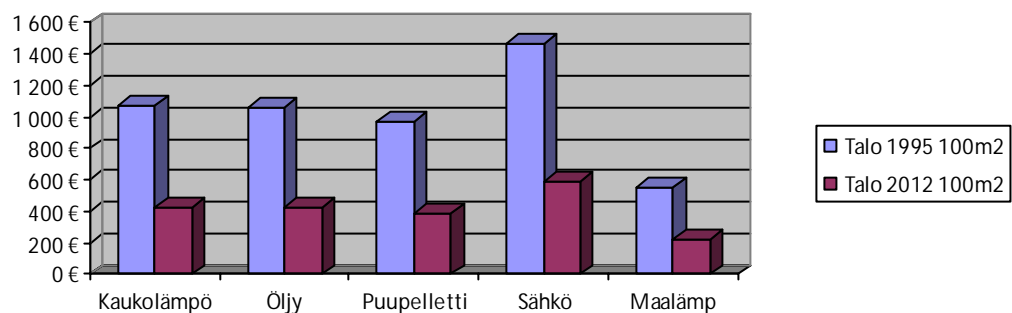
mityksellä vertailuna erotusta vuodessa tulee yli 700 euroa eli noin 60 euroa kuukaudessa.

KUVIO 4. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2010- talo



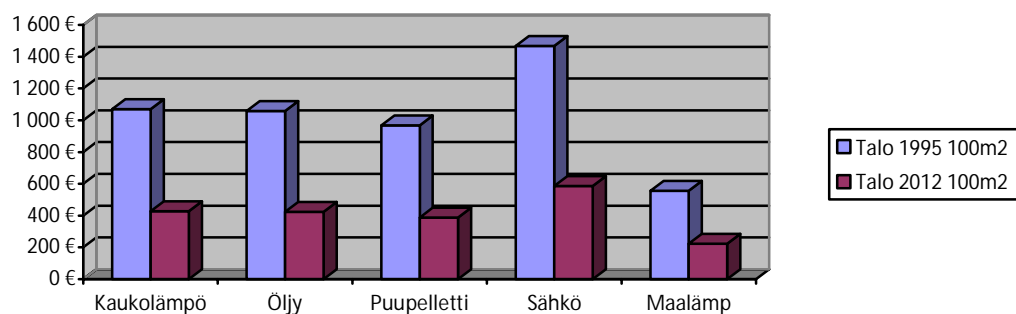
Kuten aiemmin on jo todettu, on lämmitysenergiankulutus pudonnut keski-  
 verto omakotitalossa noin puoleen vuodesta 1995 vuoteen 2010 mennessä. Pa-  
 rin sadan neliömetrin kokoisessa omakotitalossa tämä tarkoittaa kalleimmalla  
 vaihtoehdolla eli sähkölämmityksellä lähes 1500 euron vuotuista lämmitysku-  
 lujen pienenemistä. Kaukolämmön tai öljyn ollessa lämmitysmuotona, säästö-  
 jä syntyy noin 1000 euroa vuodessa.

KUVIO 5. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2012- talo



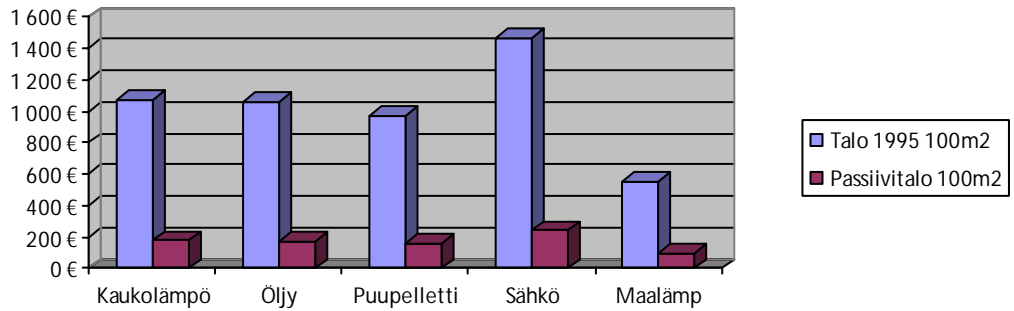
Vuoden 2010 tasosta lämmitysenergiakulutusta koskevat määräykset tulevat kiristymään noin 20 prosenttia vuonna 2012. Kalleimmalla lämmitysmuodolla eli sähkölämmityksellä eroa vuoden 1995 100 neliömetriseen taloon on lähes 900 euroa. Puupelletillä, öljyllä ja kaukolämmöllä lämmitettynä kustannuksissa on vuodessa eroa noin 600 euroa.

KUVIO 6. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. 2012- talo

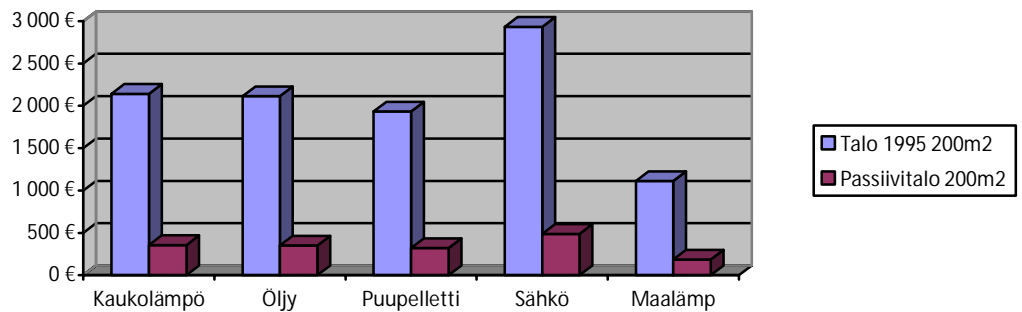


Lämmitysenergiankulutus tulee siis olemaan pienentynyt noin 60 prosenttia vuodesta 1995 vuoteen 2012 mennessä. 30 000 kWh vuodessa kuluttanut kahdensadan neliömetrin talo kuluttaa vuoden 2012 määräysten mukaan toteutettuna enää 12 000 kWh vuodessa. Euroiksi muutettuna sähkölämmitteisen talon kulutus oli ennen lähes 3000 euroa vuodessa, vuonna 2012 reilun 1000 euroa vuodessa eron ollessa lähes 1800 euroa vuodessa eli noin 150 euroa kuukaudessa.

KUVIO 7. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. passiivitalo



KUVIO 8. Lämmityskustannukset vuodessa 1995- talo vs. passiivitalo



Kuvioista 7 ja 8 nähdään passiivitalon lämmitysenergiankulutus vuodessa verrattuna vuoden 1995 määräysten mukaan rakennettuun taloon. Passiivitalossa lämmitysenergiantarve on tippunut yli 80 prosenttia verrattuna vuoden 1995 vastaavaan taloon.

## 10 POHDINTA

Rakentamismääräysten vaikutuksesta rakennusten energiankulutus on pienentynyt huomattavasti ja tulee edelleen pienentymään. Todellinen vaikutus vuotuisiin käyttökustannuksiin on hankala tarkasti määrittää. Lisäksi tulevaisuuden korkokannat, energianhinta ja myös lämpötilat vaikuttavat oleellisesti lämmityksestä aiheutuviin kustannuksiin.

Määräysten mukaisissa taloissa eristemäärän lisääminen on ollut kannattavaa, mutta kannattavuuden raja tulee kuitenkin jossain vaiheessa vastaan. Tämä raja on tietenkin hyvin tapauskohtainen, mutta teoriassa laskettavissa kuitenkin. Ympäristöministeriön tekemien laskelmien mukaan uudet määräykset tuovat uudiskohteissa muutaman prosentin lisän rakennuskustannuksiin. Passiivitalossa huomioon on kuitenkin otettava, että passiivitalon rakentaminen on kalliimpaa kuin normaalitalon rakentaminen ja todelliset kustannussäästöt tulee laskea tapauskohtaisesti.

Jatkona tälle opinnäytetyölle voisi tutkia energiantehokkuuden parantamisen todellisia kustannusvaikutuksia vuotuisiin kokonaiskäyttökustannuksiin pientaloissa. Tällöin huomioon olisi otettava lämmöneristävyyden lisääntymisestä johtuva rakentamisen hinnan kohoaminen. Lisäksi voisi tutkia millainen on päästöjen lisämäärä talon rakentamisvaiheessa ja tarvikkeiden valmistusvaiheessa sekä kuinka paljon pientalon kokonaispäästöt vähenevät. Lisälämmöneristyksellä saavutettavaan kustannussäästöön vaikuttavat toteutunut lämmitysenergiansäästö ja lämmitysenergian hinta. Mitä kalliimpaa lämmitysenergia on, sitä suurempi kustannussäästö lisälämmöneristyksellä saavutetaan. Lisäksi vaikuttaa tarkastelujakson pituus; kustannussäästö kasvaa tarkastelujakson pidetessä. Korkokannan vaikutus kustannussäästöön on huomattava sillä kustannussäästö kasvaa korkokannan aletessa. Entä kohottaako

lisälämmöneristys kiinteistön mahdollista myyntihintaa ja kuinka se vaikuttaa kannattavuuteen? Kuinka huomioidaan asumisviihtyvyyden paranemisen vaikutus lisäeristämisen kannattavuuteen?

Korjausrakentamisessa voidaan huomioida, että verrattaessa perinteisen rintamamiestalon lämmitysenergiankulutusta vuoden 2010 määräysten mukaan rakennettuun pientaloon, niin lämmityskustannukset vuodessa ovat jopa nelinkertaiset. Vanhassa korjausrakennuskohteessa on energiantehokkuuden kannalta joka puolella parannettavaa. Kannattavuus on aina mietittävä erikseen ja esimerkiksi julkisivuremontin yhteydessä voi olla järkevää lisätä myös lämmöneristystä.

Korjausrakentamisen kannattavuuden laskennassa energian kulutuksen arvioinnissa on otettava huomioon muutamia ongelmia. Paljonko on alkuperäisen rakenteen todellinen lämmönläpäisykerroin verrattuna alkuperäisen rakenteen laskennalliseen lämmönläpäisykertoimeen? Lisäksi alkuperäisessä rakenteessa on myös mahdollisesti rakenteellisia sekä työvirheistä aiheutuneita kylmäsiltoja. Huomioitava on myös ulkoseinärakenteen tiivistymisen vaikutus, sekä lisälämmöneristyksen aiheuttamat muutokset alkuperäisen rakenteen kosteuspitoisuuteen sekä lämpötilaan.

Opinnäytetyössäni esittämä yläpohjan lisäeristämisen kannattavuuslaskelma on suuntaa antava, mutta siitä on havaittavissa, että yläpohjan lisäeristäminen on ainakin tietyissä tapauksissa kannattavaa. Toki on muistettava, että yläpohjan lisäeristäminen ei ole kaikissa kohteissa mahdollista; esimerkiksi tuuletusta ei saa tukkia. Samalla periaatteella pystytään laskemaan lisäeristämisen kannattavuutta myös muille rakennusosille, kunhan tiedetään U-arvon muutos, investoinnin hinta ja lämmitykseen käytettävän polttoaineen hinta.

## LÄHTEET

Asuinkiinteistöjen energiankulutus ja säästömahdollisuudet. 2008. Taloyhtio.net-verkkosivusto. Viitattu 7.5.2010.

<http://taloyhtio.net/attachements/2008-11-21T13-22-21756.pdf>

Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu. 1999. Helsinki: Rakennustieto ry

Energiakorjauksia taloyhtiöissä. 2009. Minerec.fi-verkkosivusto. Viitattu 22.4.2010.

[http://www.minerec.fi/pdf/energiakorjauksia\\_talyhtioissa\\_oulu09.pdf](http://www.minerec.fi/pdf/energiakorjauksia_talyhtioissa_oulu09.pdf)

Energiakoulu omakotitalon rakentajalle. n.d. Rakentaja.fi verkkosivusto. Viitattu 5.3.2010.

<http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/kuluttaja/motiva/energiakoulu1.htm>

Energialaskuri, n.d. Omakotitalon lämmitysmuotojen vertailu Biohousing-hankkeen sivustolla. Viitattu 11.4.2010.

<http://www.biohousing.eu.com/heatingtool/Ecalc.asp>.

Leppäaho, J. 2010. Ympäristötekniikan kurssimateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Lommi, J. 2010. Rakentamismääräykset uusiksi. Meidän Talo 1, 85 - 106.

Rakentajan ekotieto. 2000. Helsinki: Rakennustieto ry

RakMk osa A1. 2006. Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 2.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa A2. 2002. Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 2.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa A4. 2000. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 6.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa C3. 2010. Rakennuksen lämmöneristys, määräykset. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 6.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa C4. 2003. Lämmöneristys, ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 6.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemäri-laitteistot. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 6.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa D2. 2003. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 6.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa D3. 2007. Rakennusten energiatehokkuus. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 6.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

RakMk osa D5. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 6.3.2010. <http://ymparisto.fi>, maakäyttö ja rakentaminen, Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Talotekniikan suunnittelu. n.d. Energiatehokas koti- kampanjan verkkosivusto. Viitattu 16.5.2010. [www.energiatehokaskoti.fi](http://www.energiatehokaskoti.fi)

Vapaavuori, J. 2008. Pdf-tiedosto. 17.4.2008. Helsinki. Viitattu 15.4.2010. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=83834>

VTT:ltä ekomittarit. 2006. Viitattu 4.3.2010 <http://www.vtt.fi/uutta/2006/20061024a.jsp>

Ylönen, T. 2010. Sähköala 3/2010, 66 – 67

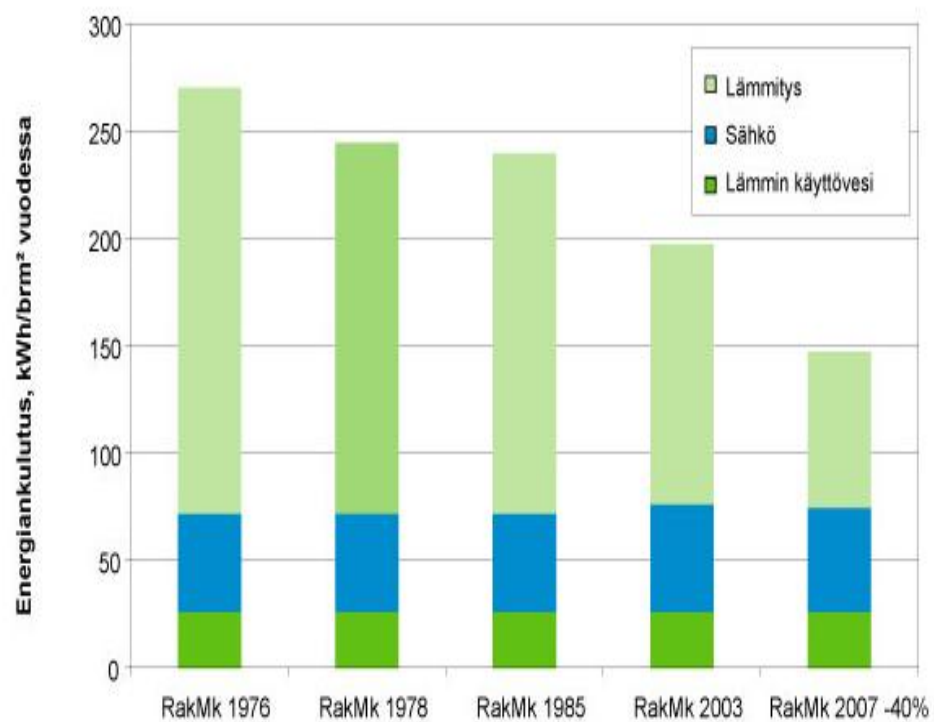
Yritysten ympäristötietopankki. n.d. Turun kaupungin ympäristösuojelutoimiston verkkosivut. Viitattu 26.4.2010. [http://www05.turku.fi/ytietopankki/energia\\_toimitilat.html](http://www05.turku.fi/ytietopankki/energia_toimitilat.html)



## LIITTEET

Liite 1. Rakentamismääräysten vaikutus pientalojen energiankulutukseen  
(Vapaavuori 2008, 2)

- Rakentamismääräysten vaikutus pientalojen energiankulutukseen



Laskelma on tehty Helsingin säätiedoilla.

## Liite 2. Polttoaineiden hinnat 19.10.2009 (Energialaskuri, n.d)

Lämmönlähde	Hinta	Hyötysuhde	Energiasisältö
<i>Puupelletti</i>	251€/tn	82 %	4,75MWh/tn
<i>Öljy</i>	0,613€/l	87 %	10,0kWh/l
<i>Var. sähkö</i>	9,68c/kWh	99 %	
<i>Maalämpö</i>	10,37c/kWh	2,8cop	
<i>Kaukolämpö</i>	6,925c/kWh	97 %	

Liite 3. Lämmitysmuodon valinta 100m<sup>2</sup> pientalo

Koko: 100 m <sup>2</sup>		
Lämmitysenergiankulutus: 14200 kWh/v		
Lämmitysmuoto	Hinta/kWh	Kustannus/v
<i>Kaukolämpö</i>	11,2 c/kWh	1 591 €
<i>Öljy</i>	11,8 c/kWh	1 676 €
<i>Puupelletti</i>	12,1 c/kWh	1 718 €
<i>Sähkö</i>	13,8 c/kWh	1 960 €
<i>Maalämpö</i>	13,9 c/kWh	1 974 €

Liite 4. Lämmitysmuodon valinta 200m<sup>2</sup> pientalo

Koko: 200m <sup>2</sup>		
Lämmitysenergiankulutus: 24400 kWh/v		
Lämmitysmuoto	Hinta/kWh	Kustannus/v
<i>Kaukolämpö</i>	11,2 c/kWh	2 318 €
<i>Öljy</i>	11,8 c/kWh	2 392 €
<i>Puupelletti</i>	12,1 c/kWh	2 392 €
<i>Sähkö</i>	13,8 c/kWh	2 952 €
<i>Maalämpö</i>	13,9 c/kWh	2 343 €

Liite 5. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. 2010- talo, 100m<sup>2</sup>

Rakennusvuosi: 1995		Rakennusvuosi: 2010	
Koko: 100 m <sup>2</sup>		Koko: 100 m <sup>2</sup>	
Energiankulutus: 15 000 kWh/v		Energiankulutus: 7 500 kWh/v	
Lämmitys- muoto	Lämmityskustannuk- set/v	Lämmityskustannuk- set/v	Erotus €/v
Kaukolämpö	1 071 €	535 €	536 €
Öljy	1 057 €	529 €	528 €
Puupelletti	967 €	483 €	484 €
Sähkö	1 467 €	733 €	734 €
Maalämpö	556 €	278 €	278 €

Liite 6. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. 2010- talo, 200m<sup>2</sup>

Rakennusvuosi: 1995		Rakennusvuosi: 2010	
Koko: 200 m <sup>2</sup>		Koko: 200 m <sup>2</sup>	
Energiankulutus: 30 000 kWh/v		Energiankulutus: 15 000 kWh/v	
Lämmitys- muoto	Lämmityskustannuk- set/v	Lämmityskustannuk- set/v	Erotus €/v
Kaukolämpö	2 142 €	1 071 €	1 071 €
Öljy	2 114 €	1 057 €	1 057 €
Puupelletti	1 933 €	967 €	966 €
Sähkö	2 933 €	1 467 €	1 466 €
Maalämpö	1 111 €	556 €	555 €

Liite 7. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. 2012- talo, 100m<sup>2</sup>

Rakennusvuosi: 1995		Rakennusvuosi: 2012	
Koko: 100 m <sup>2</sup>		Koko: 100 m <sup>2</sup>	
Energiankulutus: 15 000 kWh/v		Energiankulutus: 6 000 kWh/v	
Lämmitys- muoto	Lämmityskustannuk- set/v	Lämmityskustannuk- set/v	Erotus €/v
Kaukolämpö	1 071 €	428 €	643 €
Öljy	1 057 €	423 €	634 €
Puupelletti	967 €	387 €	582 €
Sähkö	1 467 €	587 €	880 €
Maalämpö	556 €	222 €	334 €

Liite 8. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. 2012- talo, 200m<sup>2</sup>

Rakennusvuosi: 1995		Rakennusvuosi: 2012	
Koko: 200 m <sup>2</sup>		Koko: 200 m <sup>2</sup>	
Energiankulutus: 30 000 kWh/v		Energiankulutus: 12 000 kWh/v	
Lämmitys- muoto	Lämmityskustannuk- set/v	Lämmityskustannuk- set/v	Erotus €/v
Kaukolämpö	2 142 €	856 €	1 286 €
Öljy	2 114 €	846 €	1 268 €
Puupelletti	1 933 €	773 €	1 160 €
Sähkö	2 933 €	1 173 €	1 760 €
Maalämpö	1 111 €	444 €	667 €

Liite 9. Lämmitysenergiankulutus 1995-talo vs. passiivitalo, 100m<sup>2</sup>

Rakennusvuosi: 1995		Rakennusvuosi: 2012	
Koko: 200 m <sup>2</sup>		Koko: 200 m <sup>2</sup>	
Energiankulutus: 15 000 kWh/v		Energiankulutus: 2 500 kWh/v	
Lämmitys- muoto	Lämmityskustannuk- set/v	Lämmityskustannuk- set/v	Erotus €/v
Kaukolämpö	1 071 €	179 €	892 €
Öljy	1 057 €	176 €	881 €
Puupelletti	967 €	161 €	806 €
Sähkö	1467 €	244 €	1 223 €
Maalämpö	556 €	93 €	463 €

Liite 10. Lämmitysenergiankulutus 1995- talo vs. passiivitalo, 200 m<sup>2</sup>

Rakennusvuosi: 1995		Rakennusvuosi: 2012	
Koko: 200 m <sup>2</sup>		Koko: 200 m <sup>2</sup>	
Energiankulutus: 30 000 kWh/v		Energiankulutus: 5 000 kWh/v	
Lämmitys- muoto	Lämmityskustannuk- set/v	Lämmityskustannuk- set/v	Erotus €/v
Kaukolämpö	2 142 €	357 €	1785 €
Öljy	2 114 €	352 €	1762 €
Puupelletti	1 933 €	322 €	1611 €
Sähkö	2 933 €	489 €	2444 €
Maalämpö	1 111 €	185 €	926 €

Liite 11. Rakennusten energian käyttö ja kasvihuonekaasupäästöt  
(Vapaavuori 2008, 3)