

PIENTALON ENERGIAKUSTANNUSTEHOKKUUS JA LÄMMITYSTAPA

Niko Tolvanen

2011

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

PIENTALON ENERGIAKUSTANNUSTEHOKKUUS JA LÄMMITYSTAPA

Niko Tolvanen

Opinnäytetyö

1.5.2011

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Rakennustekniikka	Insinööriyö	54	+	4
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Talon- ja korjausrakentaminen	1.5.2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
	Tolvanen Niko			
Työn nimi	Pientalon energiakustannustehokkuus ja lämmitystapa			
Avainsanat	energiatehokkuus, lämmitystapa, lämmityskustannukset, rakennuskustannukset, vertailu, eristepaksuus, Excel -laskuri			

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla omakotitalon eristepaksuuden kasvattamisen, iv-koneen lämmöntalteenoton ja tiiveyden parantamisen kannattavuutta ja kustannuksia eri lämmöntuottotavoilla. Rakenteissa erityistarkkailussa oli puu- ja tiilirakenteinen seinä, jossa huomioitiin kokonaiskustannukset. Lisäksi tarkoituksena oli vertailla eri lämmöntuottotapojen hankinta- ja lämmityskustannuksia. Samalla valmistui myös Excel -laskuri, jota voi edelleen kehittää paremmaksi.

Opinnäytetyön kohde oli kuvitteellinen omakotitalo joka sijoitettaisiin Oulun korkeudelle. Kaikki laskennassa käytetty tieto on mahdollisimman uutta tietoa, tai siihen ensisijaisesti pyrittiin. Kaikki kustannustieto pyrittiin hankkimaan vertailemalla jälleenmyyjien tarjouksia ja valitsemaan niistä halvin/tehokkain.

Laskut, kuvat ja diagrammit tehtiin Microsoft Office Excel 2007 -ohjelmalla. Talon piirustukset tehtiin Archicad 11 -ohjelmalla.

Omakotitalon energiaterhokkuutta ja lämmityskustannuksia saa selvästi alennettua eristepaksuuden, LTO:n ja tiiveyden parantamisella. Vertailussa olevista lämmitystavoista edullisimmiksi ja hyväiksi vaihtoehdoiksi osoittautuivat pellettilämmitys ja kaukolämpö.

Degree programme	Thesis	Number of pages	+ appendices
Civil Engineering	B. Eng	54	+ 4
Line	Date		
Option of House Building and Renovation	1 May 2011		
Commissioned by	Author		
	Tolvanen Niko		
Thesis title			
A detached house's energy cost efficiency and heating method			
Keywords			
energy efficiency, heating method, heating costs, building costs, comparison, insulator thickness, Excel counter			

The purpose of this thesis was to figure out improving the cost-effectiveness and profitability by comparing a detached house's insulator thickness, air conditioning unit's heat recovery and tightness with various heating methods. A special attention in a structure was directed to wood and brick wall where was paid attention to overall costs. In this thesis it was also purpose to compare various heating methods from the view of acquisition costs and heating costs. At the same time was created an Excel counter which can still be developed even further.

The subject of this thesis was a fictional detached house, located geographically like Oulu. All information used in calculations is as new as possible or that has been primarily pursued in this thesis. The knowledge of all the costs was pursued to acquire by comparing resellers' offers and picking the most cheapest/efficient offer.

The calculations, figures and diagrams was made with Microsoft Office Excel 2007 program. The layout/blueprints of the thesis was made with Archicad 11 program.

According to this thesis a detached house's energy efficiency is improved and heating costs are clearly decreased by investing on insulation thickness, heat recovery and tightness. The most affordable heating methods were pellet and district heating.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO.....	7
2. OMAKOTITALON ENERGIATEHOKKUUDESTA	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Ulkorakenteet.....	10
2.3 Ilmanvaihto.....	11
2.4 Lämmitystapa.....	12
3. ENERGIAKUSTANNUSTEHOKKUUDEN JA LÄMMITYSTAVAN LASKENTA JA TOTEUTUS.....	13
3.1 Kohteen esittely.....	13
3.2 Rakenteet.....	14
3.2.2 Seinät.....	15
3.2.3 Ylä- ja alapohja	20
3.3 Ikkunat ja ovet.....	25
3.4 Lämmitystavat	25
4. LOPPUTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	31
4.1 Rakenteiden eristyspaksuuden lisäämisen ja LTO:n parantamisen kannattavuus.....	32
4.2 Lämmitysmuodot ja niiden erot	35
4.2.1 Sähkölämmitys.....	35
4.2.2 Pellettilämmitys	36
4.2.3 Kaukolämpö	37
4.2.4 Maalämpöpumppu	38

4.2.5 Puulämmitys	40
4.2.6 Ilmavesilämpöpumppu	40
4.3 Aurinkokeräin lisälämmittimenä.....	46
5 POHDINTA.....	50
LÄHTEET	52
LIITTEET.....	54

1 JOHDANTO

Esimerkkinä opinnäytetyössä oli yksikerroksinen, pinta-alaltaan noin 200 m², maanvaraisella perustuksella oleva harjakattoinen omakotitalo. Talo on suunniteltu sijoitettavaksi Oulun korkeudelle.

Opinnäytetyöni tarkoitus oli laskea teoriassa eristepaksuuden lisäyksen kannattavuus ja tarkastella erilaisia lämmitystapoja ja lisälämmittämiä ja niiden kannattavuutta pidemmällä tähtäimellä. Tavoitteena oli vertailla tämänhetkisiä materiaalin, lämmityslaitteiston ja lämmitykseen käytettävän polttoaineen/energian markkinahintoja. Myös työ- ja asennuskustannukset huomioitiin.

Rakenteiden osalta tarkasteltiin, onko kannattavaa lisätä eristepaksuutta eri lämmitystavoilla, paljonko siitä syntyy säästöä ja mikä on takaisinmaksuaika. Seinää tarkastellaan muita rakenteita tarkemmin: vertaillaan kahta eri seinärakennetta, tiili- ja puurakenteista, ja otetaan huomioon koko seinän materiaali- ja rakentamiskustannukset (kaikki seinän vaiheet ja osat). Seiniä vertaillessa selviäisi siis kummankin seinärakenteen kokonaiskustannukset ja se, kumpaan seinään olisi kustannustehokkaampaa lisätä eristepaksuutta.

Lämmitystapojen vertailun tavoitteena oli selvittää niiden hankinta- ja lämmityskustannukset, esimerkkinä olevalle Oulun korkeudella sijaitsevalle pientalolle. Vertailussa otettiin myös huomioon ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen ja talon tiiveyden parantaminen.

Tarkoituksena oli työn laskennan edistyessä tehdä myös toimiva Excel-pohjainen laskuri. Tarvittavat tiedot syöttämällä laskurista saisi suhteellisen helposti laskettua edellämainittuja asioita. Excel-laskurin valmistuttua hyötynä olisi myös helppo muokattavuus ja muunmuassa eristyspaksuuksien ja lämmitystavan vertailu juuri yksilöityihin kohteisiin, vähemmällä työllä. Laskuria on tarkoitus kehittää eteenpäin ja vielä yksinkertaistaa alkutietojen syöttöä ja lopputulosten saantia.

2. OMAKOTITALON ENERGIATEHOKKUUDESTA

2.1 Yleistä

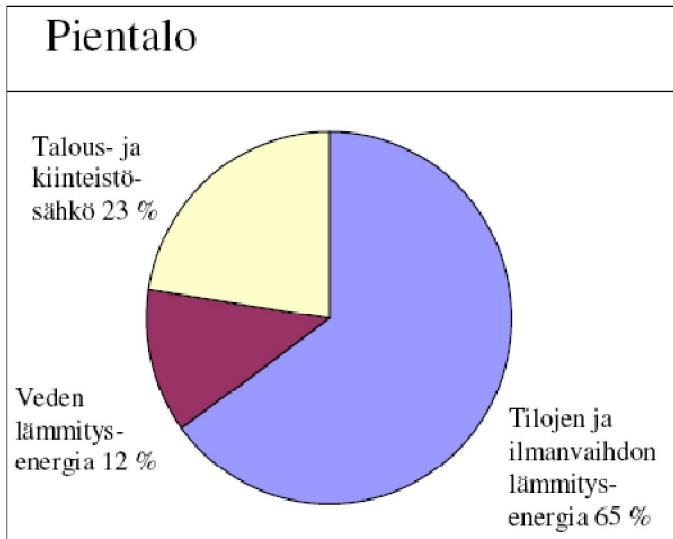
Omakotitalon energiatehokkuuteen vaikuttavat monet asiat, muunmuassa seinän, alapohjan ja yläpohjan materiaali ja paksuus, aukkojen koko ja määrä, lämmitystapa, sähkön- ja vedenkulutus, rakentamistapa sekä ilmanvaihto.

Rakennus- ja kiinteistöala on energiatehokkuuden parantamisen kannalta keskeinen ala Suomessa. Vuoden 2008 alussa tulivat voimaan laki energiatodistuksesta ja laki rakennuksen ilmastointijärjestelmän kylmlaitteiden energiatehokkuuden tarkastamisesta sekä asetukset rakennuksen energiatodistuksesta ja energiatehokkuuden laskentamenetelmästä. Myös energiatehokkuuteen liittyviä rakentamismääräyskokoelman osia on uudistettu. (Energiatehokkuus.)

Ympäristöministeriö on antanut uudet energiatehokkuutta parantavat rakentamismääräykset ja uudisrakentamisessa siirrytään 1.7.2012 alkaen kokonaisenergiatarkasteluun. Määräykset koskevat vain uudisrakentamista. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle määrätään rakennustyyppikohtainen yläraja, joka ilmaistaan niin sanotulla E-luvulla. E-luvun laskennassa huomioidaan rakennuksen käyttämän energian tuotantomuoto. E-luvun laskemisen mahdollistaa se, että eri energiamuodoille on annettu kertoimet, jotka kuvaavat luonnonvarojen käyttöä. Energiamuodoille annetut kertoimet kannustavat käyttämään kaukolämpöä sekä uusiutuvia energianlähteitä, kuten pellettiä ja maalämpöä. Määräysten tiukennus tuo noin 20 prosentin parannuksen nykyisten määräysten vaatimaan energiatehokkuuteen. (Ympäristö.fi, Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu.) VTT:n tutkimus osoittaa energiankäytön jakaantuneen niin, että omakotitalossa suurin osa energiasta menee lämmitykseen (kuva 1).

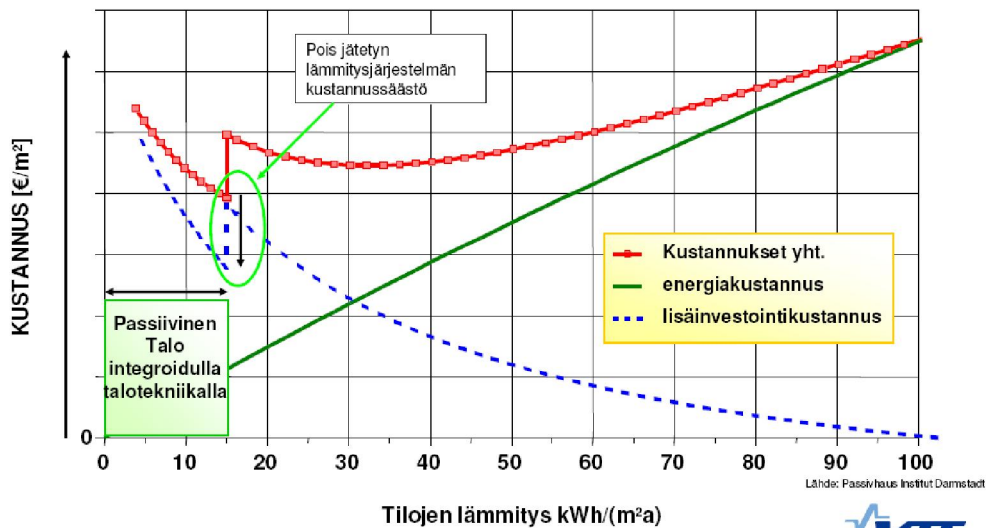
Passiivitalon tilojen lämmitysenergian tarpeeksi on Suomessa nykyisin asetettu 20–30 kilowattituntia bruttoneliötä kohden vuodessa. Primäärienergian tarpeeksi on määritelty 130–140 kWh/m²/a. Passiivitalon määriksen liittyy myös ulko-

vaipan ilmanpitävyys, joka pitää olla alle 0,6 1/h (Nollaenergiatalo tuottaa enemmän kuin kuluttaa)



KUVA 1. Energiankäytön jakaantuminen, esimerkki asumisesta (Shemeikka 2007, 6)

ENERGIATEHOKKUUDEN LISÄYKSEN KUSTANNUSVAIKUTUS YLEISESTI



KUVA 2. Energiatehokkuuden lisäyksen kustannusvaikutus yleisesti (Shemeikka VTT, 14)

2.2 Ulkorakenteet

Ulkorakenteiden, esimerkiksi seinän eristemateriaali ja paksuus vaikuttavat rakenteen U-arvoon, joka kuvaa lämmönjohtumista rakenteen läpi tai toisinsanoen rakenteen lämmöneristämiskykyä. Mitä pienempi U-arvo (esim. 0,09) sitä parempi on rakenteen lämmöneristys ja vastaavasti taas, mitä isompi U-arvo sitä helpommin lämpö karkaa rakenteen läpi. Mitä vähemmän lämpöä rakenteen läpi pääsee karkaamaan sitä vähemmän rakennusta tarvitsee lämmittää ja näin syntyy lämmönsäästöä, mikä vaikuttaa energiatehokkuuteen. Jotta U-arvo ja rakenteen lämmöneristyskyky paranee, tarvitaan hyvä lämmöneristysarvoltaan oleva materiaali ja mitä paksummalti sitä rakenteessa on, sen paremmin se lämpöä eristää. Rakenteiden U-arvoja on lisää taulukossa 1.

Muista energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä mainittakoon vielä konvektio ja aukkojen vaikutus. Konvektio on lämmön siirtymistä virtaavan aineen eli tässä tapauksessa ilman mukana rakenteen läpi. Erilaisten materiaalien läpi menevät virtaukset ovat erilaisia, mikä vaikuttaa lämmön karkaamiseen ja energiatehokkuuteen. Suurin osa rakennuksen ilman mukana virtaavasta lämmöstä karkaa joko hallitussa ilmanvaihdossa tai rakennuksen rakenteiden läpi virtaavassa ilmavirrassa. Rakenteiden läpi virtaavaan ilmaan vaikuttaa se, miten tiiviiksi rakennus on saatu, esimerkiksi höyrynsulun saumojen kohdalta, niin ettei suuria ilmavirtoja pääse syntymään ja näin ollen lämpöä karkaamaan ilman mukana ulos. Rakennuksen tiiviyteen on kiinnitettävä huomiota niin suunnittelussa kuin rakentamisessa.

Aukkojen yhteenlaskettu pinta-ala, U-arvo ja sijoitus vaikuttavat energiatehokkuuteen. Ikkunoiden eristävyys on yleensä aina heikompi kuin ulkoseinällä ja näin lämpöä karkaa ikkunoiden kautta enemmän mitä enemmän ikkunapinta-alaa on verrattuna seinä pinta-alaan. Markkinoilla on eri U-arvolla olevia ikkunaratkaisuja ja näin ikkunan valinta vaikuttaa myös energiatehokkuuteen. Jos ikkuna sijoitetaan rakennuksen eteläseinälle, pääsee sen läpi enemmän auringon säteilyä kuin, jos ikkuna olisi rakennuksen pohjoisseinällä. Tämä taas johtaa siihen, että mitä enemmän ikkunoita rakennuksen eteläpuolella on suhteessa pohjoispuoleen, sitä enemmän aurinko vaikuttaa rakennuksen sisälämpöti-

laan. Auringon lämmöstä voi olla hyötyä talvella (lämmittää pääasiassa sitä huonetta minne paistaa). Jos ikkunat ovat todella suuria, voi rakennuksen jäähdytystarve olla kesällä hyvin tarpeellinen tai kasvaa entuudestaan, jos rakennusta jo jäähdytetään.

TAULUKKO 1. Rakenteiden U-arvoja

Rakennusosa	Normitalo RAKMK 2010	Matalaenergia	Passiivienergia
Ulkoseinät, U-arvo	0,17	0,14	0,09
Yläpohja, U-arvo	0,09	0,09	0,07
Alapohja, maanvarainen, U-arvo	0,16	0,15	0,10
Ikkunat, U-arvo	1,0	0,8	0,8
Ovet, U-arvo	1,0	0,4	0,4
Ilmanpitävyys, vuotoluku n50	2	1	0,6
Lämmöntalteenoton hyötysuhde	45 %	70 %	75 %

2.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon mukana häviävää lämpöä voidaan kutsua hallituksi ilmanvaihdoksi. Lämmön kulkeutuminen ulos ilmanvaihdon mukana on merkittävä lämpöhäviö omakotitaloissa. Lämmöntalteenotto ilmanvaihtokoneessa onkin tärkeä lämmönsäästömenetelmä. Ilmanvaihtokoneen voi myös korvata esimerkiksi poistoilmalämpöpumpulla jolla saa vieläkin paremman vuosihyötysuhteen kuin perinteisellä ilmanvaihtokoneella. Nykymääräyksissä onkin todettu, että rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä (D2, 12.) Vastaava(45 %) lämpöenergiatarpeen pienentäminen voidaan toteuttaa muullakin ratkaisulla kuin lämmöntalteenotolla (D2, 12).

2.4 Lämmitystapa

Suorasähkölämmitys kuluttaa energiaa saman verran kuin sitä tarvitaan. Esimerkiksi jos talon energian tarve lämmitykseen on 20 000 kWh vuodessa, sähköä kuluu melkein tarkalleen saman verran. Mutta kun valitaan lämmitystavaksi esimerkiksi maalämpö, maalämpöpumpun vuosihyötysuhteena voidaan käyttää lukua 2,5 (D5, 9). Tämä tarkoittaa sitä, että aiemman esimerkin mukaisessa suorasähkölämmityksen talossa kuluisikin vain 8000 kWh vuodessa, kun $20\,000\text{ kWh} / 2,5 = 8000\text{ kWh}$. Se on perus maalämpöpumpun vuosihyötysuhde, näin ainakin teoriassa. Vuosihyötysuhde esimerkiksi pellettilämmityksessä taas tarkoittaa sitä, kuinka paljon laitteisto pystyy hyödyntämään polttoaineeseen varastoitunutta energiaa. Polttoainetta käyttävissä lämmityslaitteistoissa vuosihyötysuhde arvo voi olla esimerkiksi 0,8. Polttoaineeseen varastoitunut energia on kerrottava esimerkiksi arvolla 0,8, jotta saadaan lopullinen polttoaineesta irti saatu lämpöenergia.

3. ENERGIAKUSTANNUSTEHOKKUUDEN JA LÄMMITYSTAVAN LASKENTA JA TOTEUTUS

Aluksi piirrettiin kohde, jota käytettäisiin laskennassa hyväksi. Kohde on piirretty Archicad 11 -ohjelmalla. Laskennassa käytettiin Microsoft Excel 2007 -ohjelmaa. Laskennassa käytettiin apuna VTT:n Martti Hekkanen tekemää Energijunior 6.2 Excel -pohjaa, jotta saatiin laskettua pieni osa opinnäytetyötä, eli energiatehokkuusluku ja lämpöenergian tarpeet.

Excel -laskentaa tehtäessä on pidetty mielessä, että samalla syntyy Excel -laskuri, jossa on helppo muokattavuus ja mahdollisimman yksinkertainen tiedonsyöttöratkaisu, jotta sitä voisi tulevaisuudessa käyttää melkein kuka tahansa talonrakentamiseen perehtynyt henkilö. Kuitenkin pääpaino tässä opinnäytetyössä on tulokset ja niiden käsittely ja vertailu.

Laskenta on suoritettu niin, että on luotu kaksi pientalokokoonpanoa. Kokoonpano 1 ja 2 tarkoittavat eri eristyspaksuuksia, U-arvoja rakenteissa, lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta ja ilmanpitävyyslukua. Kokoonpano 1 on suunniteltu U-arvoiltaan ja LTO-vuosihyötysuhteeltaan suunnilleen 2010 rakennemääräysten mukaisesti ja vastaavasti Kokoonpano 2 on suunnilleen nykyaikaisen passiivitalon tasoa tai parempi.

3.1 Kohteen esittely

Kohteeksi piirrettiin huoneistoalaltaan 196,2 m² omakotitalo. Omakotitalo (liite 1) on suunniteltu sijoitettavaksi Ouluun, joten kaikki laskennassa ja muussa huomioon otettavat tiedot on suunniteltu Oulun korkeudelle. Talo on muodoltaan lähes suorakaide, mikä helpotti laskentaa. Kohde on ajateltu rakennettavan seinien osalta sekä puu- että tiilirakenteisena. Talossa on tavallinen kattotuolein tuettu harjakatto. Perustuksena on maanvarainen laatta. Talossa on vesikiertoinen lattialämmitys johon liitettiin eri vertailun mukainen lämmitystapa (esimerkiksi pellettikattila tai maalämpöpumppu).

3.2 Rakenteet

Rakenteissa tarkkailtiin pääasiassa eristepaksuutta ja sen vaikutuksia lämmöneristävyyteen ja materiaali- ja työkustannuksia eristepaksuuden kasvaessa. Kaikki vertailu on teoreettista. Materiaalikustannuksissa otettiin huomioon tämänhetkiset markkinahinnat ja pyydettiin tarjouksia usealta materiaalin toimittajalta ja valittiin aina hinta-laatusuhteeltaa/eristävyydeltään paras. Lopullisissa kustannuksissa on 23 % alv mukana. Lämmöneristyskyky eli U-arvon laskeminen on kaavassa 1 (C4, 3).

$$U = 1 / R_T$$

KAAVA 1.

R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_g + R_b + R_{q1} + R_{qn} + \dots + R_{qn} + R_{se}$$

$$R_1 = d_1 / \lambda_1, R_2 = d_2 / \lambda_2 \dots R_m = d_m / \lambda_m$$

d_1, d_2, \dots, d_m ainekerroksen 1, 2, ... m paksuus, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ ainekerroksen 1, 2, ... m lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus

R_g rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus

R_b maanlämmönvastus

$R_{q1}, R_{q2} \dots R_{qn}$ ohuen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus

$R_{si} + R_{se}$ sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa. Mikäli tasa-aineisen ainekerroksen paksuus vaihtelee rakenteen tason suunnassa, voidaan paksuutena käyttää keskimääräistä arvoa edellyttäen, ettei paikallinen vähimmäispaksuus alita keskimääräistä enempää kuin 20 %.

3.2.2 Seinät

Seiniä tarkasteltiin kokonaisuutena, eli otettiin huomioon kaikki seinän osat kipsilevystä ulkoverhoukseen. Seinissä otettiin huomioon myös kaikkien osien asennus-, materiaali- ja työstökustannukset. Seinissä vertailtiin kahta erillaista seinärakennetta: puurakenteista- ja tiilirakenteista seinää. Vertailussa oli myös eristepaksuuden kasvattaminen kummassakin seinätyypissä ja siitä johtuvat kustannukset kokonaisuudessaan. Seinärakenteiden laskennassa käytetyt kokoonpanot ja U-arvot näkyvät kuvissa 3 ja 4. Puurakenteisen seinän laskennassa otettiin huomioon koolauksen aiheuttamat kylmäsillat, tästä esimerkkinä on kuvassa 5 oleva kylmäsilta -laskelma Kokoonpano 2:sta.

SEINÄ									
Tiiliseinä			Puurunk. Seinä	d	λ	R_f	dT	T	
Ainekerros	λ	R_f	Ainekerros	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[C]	[C]	
d								-10	Ulkolämpötila
R_{se}		0,04	R_{se}			0,04	0,19		
Runkolevy			Tuulensuoja	0,012	0,055	0,22	1,02	-9,81	
0,025	0,037	0,68						-8,79	
Min.villa			"Lisäeristys"	0,05		1,43	6,70		
0,2	0,035	5,71						-2,09	
Tiili			Min.villa + runk.k60C	0,2		4,75	22,28		
0,13	0,48	0,27						20,18	
			Muovikalvo	0,0002		0,02	0,09		
Rsi		0,1						20,28	
			Kipsilevy	0,013	0,24	0,05	0,25		
R_T		6,80						20,53	
			R_{si}			0,10	0,47		
U-arvo		0,147	R_T			6,61		21,00	Sisälämpötila
			U-arvo			0,151			
			"eriste" paksuus	0,2752					
1									
määräys		0,17							

KUVA 3. Seinärakenne(tiili- ja puurunkoinen) ja U-arvo, Kokoonpano 1

SEINÄ									
Tiiliseinä			Puurunk. Seinä	d	λ	R_j	dT	T	
Ainekerros	λ	R_j	Ainekerros	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[C]	[C]	
d								-10	Ulkolämpötila
R_{se}		0,04	R_{se}			0,04	0,11		
Runkolevy			Tuulensuoja	0,012	0,055	0,22	0,60		-9,89
0,025	0,037	0,68	"Lisäeristys"	0,05		1,43	3,90		-9,30
Min.villa			Min.villa + runk.k600	0,4		9,50	25,92		-5,40
0,4	0,035	11,43							
Tiili			Muovikalvo	0,0002		0,02	0,05		20,52
0,13	0,48	0,27	Kipsilevy	0,013	0,24	0,05	0,15		20,58
Rsi		0,1							20,73
R_T		12,52	R_{si}			0,10	0,27		
U-arvo		0,080	R_T			11,37			21,00 Sisälämpötila
			U-arvo			0,088			
\underline{z}			"eriste" paksuus	0,4752					
määräys		0,17							

KUVA 4. Seinärakenne(tiili- ja puurunkoinen) ja U-arvo, Kokoonpano 2

Kylmäsiilat										
Min.villa + runko ("perus"eristys+koolaus)					Tarkastettava alue		[m]	[m]		
							0,6	0,6		
	Alueen mitat			f	d	λ	R_j	f/R		
	Alue	[m]	[m]		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]			
	Pystyrunko									
Puu	Alue a	0,05	0,6	0,0833	0,4	0,12	3,33	0,03	Puu	
Eriste	Alue b	0,55	0,6	0,9167	0,4	0,035	11,43	0,08	Eriste	
	Tarkistussumma			1						
									0,11	
										9,50
Min.villa + runko ("lisä"eristys+koolaus)					Tarkastettava alue		[m]	[m]		
							0,6	0,6		
	Alueen mitat			f	d	λ	R_j	f/R		
	Alue	[m]	[m]		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]			
	Pystyrunko									
Puu	Alue a	0	0,6	0,0000	0,05	0,12	0,42	0,00	Puu	
Eriste	Alue b	0,6	0,6	1,0000	0,05	0,035	1,43	0,70	Eriste	
	Tarkistussumma			1						
									0,70	
										1,43

KUVA 5. Seinärakenne, Kokoonpano 2, Kylmäsiilat

Puurunkoisen seinän ero tiilirunkoiseen seinään on, että alkuperäiseen (Kokoonpano 1) 2010 määräyksillä tehtyyn seinään eristepaksuuden kasvattaminen (Kokoonpano 2:ksi) lisää työvaiheita ja kustannuksia.

Rakentamiskustannuksista Kokoonpano 1:llä puurakenteisen seinän kokonais-
hinnaksi tuli 19 454 € ja Kokoonpano 2:lla 22 045 €. Esimerkkinä laskuista on
Kokoonpano 1:lle tehty Excel -pohja (kuvat 6, ja 7). Kokoonpano 2:n laskelmat
on laskettu samoilla kaavoilla.

SEINÄ (täytetty sillä periaatteella, että vain jos löytynyt halvempi niin lisätty hintoihin, siksi ei joka osassa monesta paikasta hintoja)										
X Min.villa (ajateltu niin, että runko tolpasta "säättyvä" villa kompensoi hukkapalat ja virheleikkoot jne. joten lasketaan suoraan seinän pinta-alan perusteella*kor										
Laskennall. min.villa tarve	m ²	150,64	m ³	37,66	eristys paksuus	0,25	vertailuja 250mm seinä	100+150	Knauf	66,7 €/m ³
Kustannukset	(tark.)						200+50	Knauf	69,9 €/m ³	
Knauf Ecobat(0,035)			1259,4		1259,4	€		Isover	87,2 €/m ³	
Isover KL37 + alv 23%				1647,0	1647,0	€				
Koolaus hukka	20 m						seinät	in koolausta		
48x48 mitallistettu VI	0,64 €/m						250	1259,4	menekki	
Tarve	322,7 m						300	1530,5	100mm	15,1 m ³
Kust	219 €						350	1797,2	150mm	22,6 m ³
							400	2063,8	kust.	
							450	2295,8	100mm	13,12 €/m ³
							500	2562,4	150mm	20,32 €/m ³
							mm	€	100+150 mm	33,44 €/m ³
									yht.kust	1259,4 €
X Tuulensuojalevy										
hukka	3 kpl									
hukka m ²	5 m ²	m ²	€	€/m ²	€	c/mm/m ²	€/m ³			K-rauta(sis. ALV 23%)
hukka kpl	Tuulensuojalevy HO09 12mm(sta	3,24	6,31	1,95	312,3	16,23	162,29			Tuulensuojal. 12mm
hukka m ²	Isover RKL-31 30mm(starkki)	15,12	97,52	6,45	1003,9	53,75	537,48			Runkolevy 25mm
hukka m ²	Isover RKL-31A 45mm(starkki)	14,4	157,68	10,95	1704,3	91,25	912,50			
hukka m ²	BD53 Runkolevy 25mm(starkki)	3,6	16,74	4,65	723,7	38,75	387,50			
hukka m ²	WPB 3N Tuulensuojl 30mm(stark	10,8	89,1	8,25	1284,1	68,75	687,50			
					Halvin	384	"+alv"			
X Kipsilevy										
hukka	3 kpl									
	(120x260)				€					K-rauta
RAW EK 13mm(starkki)	3,12	10,67	3,42	547,2	28,50	284,99				Kipso-levy KEK 13
GEK 13mm(starkki)	3,12	13,41	4,30	687,7	35,82	358,17				Kipso-levy KL 13
RAW N 13 O 13mm(starkki)	3,12	7,23	2,32	370,8	19,31	193,11				
GN 13mm(starkki)	3,12	9,45	3,03	484,6	25,24	252,40				
					Halvin	456	"+alv"			
X Runkotolpat+juoksut										
Tarve 173x48	64,53 m	/	0,6 m	x	3 m	=	322,7 m			
"+ nurkkiin menevä/hukka	10 kpl	=	30 m							
				€/m	€					
Kuusi 173x48	(taloon.com 10.3.2011)		3,31							
Kustannukset					1167					
Kuusi 173x48 T-24 + alv?	(starkki 11.3.2011)		3,51		1236					
Mitallistettu 173x48 T-24	(K-rauta 10.3.2011)		2,40		846					
Kuusi 198x48	(K-rauta 10.3.2011)		2,91		1026					
Alajuoksu + yläjuoksu	173x48 T-24				310					
Naulat					250					
					Halvin	1406				
X Ulkoverhous										
Pohjamaalattu UTV(uk./täyspont./vino prof.)			120 mm							
hyötyleveys			110 mm							
nettomenekki ilman hukkaa			9,1 jm/m ²							
hinta	(taloon.com		1,21 €/m							
menekki + hukka	20 m		1391 m							
Kustannukset					1683 €					
Pohjamaalattu UTV(uk./täyspont./vino prof.)			145 mm							
hyötyleveys			135 mm							
nettomenekki ilman hukkaa			7,4 jm/m ²							
hinta	(taloon.com		1,44 €/m							
menekki+hukka			1135 m							
Kustannukset					1634 €					

KUVA 6. Puurunkoisen seinän rakentamiskustannukset, Kokoonpano 1

Työkustannukset					Pohjamaalattu UTV			120 mm			
					hinta	(K-rauta 10.3.2011)		0,95 €/jm			
					Kustannukset					1321 €	
Koko seinän rak kustannukset				1	Pohjamaalattu UTV			140 mm			
Eritelty eri tiedostossa					hinta	(K-rauta 10.3.2011)		1,10 €/jm			
					Kustannukset					1248 €	
										plus	
Tunnit yht.	375 h			1	Koolaus hukka	20 m					
Rak. mieh. palkka	35 €/h				25x50 PL/VL Sahattu	(K-rauta 22.3.2011)		0,33 €/jm			
					Tarve			472 m			
					Maalit	6 x	150 €			156 €	
					Naulat					900 €	
				1						300 €	
									Halvin	2604	
PUURAKENTEISEN SEINÄN TYÖ KUST. YHT.											13125 €
				1							
					PUURUNK. SEINÄN MATERIAALI KUST. YHT.						6329 €
					PUURAK. SEINÄN KUST. YHT.						19454 €

KUVA 7. Puurunkoisen seinän rakentamiskustannukset, Kokoonpano 1

Kustannuksia laskettaessa, puurunkoisen seinän rakentamisessa on selvästi enemmän työvaiheita kuin tiilirunkoisen. Työvaiheiden laskennasta on tietoa kuvassa 8.

Työtunnit											
vaikka tähän sarakkeeseen tunnit tai tee ite sarakkeet											
			hlö	h	min			kpl	yht.	h	
Alajuoksun asennus			1	4				1	240	4,00	
Rungon sahaus /kappale	tolppa		1		2			109	218	3,63	
(Rungon pystytys) jos osaa ni ei tarvitse erikseen			1		5			109	545	9,08	
Ikkuna ja ovi palkkien paikalleen	laitto kaikki		2	4				1	480	8,00	
Ikkuna ja ovi palkkien sahaus	kaikki		1		20			1	20	0,33	
ikkuna ja ovi paikkojen mitoitus	alajuokssun		2	4				1	480	8,00	
yläjuoksun loveus			1		2			109	218	3,63	
yläjuoksu			1	6				1	360	6,00	
tuulensuoj laitto	runkoon		2	16				1	1920	32,00	
runkoeristeen laitto			2	16				1	1920	32,00	
vaaka kool runkoon			2	16				1	1920	32,00	
vaaka koolaus eristee laitto			2	10				1	1200	20,00	
ulko ovi ass/kpl			2		60			4	240	4,00	
ikkuna ass/kpl kaikki mukana			2		60			12	720	12,00	
koolaus ulkoseinä	pyst tai vaak		2	16				1	1920	32,00	
pystypanelin laitto			2	40				1	4800	80,00	
pystypanelin sahaus			1	8				1	480	8,00	
Höyrynsulku			2	4				1	480	8,00	
Kipsilevy			2	16				1	1920	32,00	
Maalaus			2	20					2400	40,00	
Kaikki yht.										374,68	
vaaka / pysty paneeli ?											
koolaus eristepaksuuden mukaan ?											
vaakapaneelin laitto			2	40				1	4800	80,00	

KUVA 8. Puurunkoisen seinän työpanos

Tiilirakenteiseen seinään on helpompi lisätä eristystä ja se ei vaadi niin mittavaa lisätyötä kuin puurunkoinen, johon joutuu tekemään esimerkiksi lisäkoolausta. Kokoonpano 1:llä tiilirakenteisen seinän kokonaishinnaksi tuli 23 209 € ja Kokoonpano 2:lla 24 328 €

				X Tiilitalo: seinä eriste 275mm			
Työkustannukset				hukka 50 kpl			
			1	Kantava runko	Hinnasto: Tiileri hinnasto sis. Alv 22, 18.3.2011		
Muurari ja apumies					€/kpl	menekki	
500-600 tiiltä/8h pv, mukana esim. palkkien teko				NRT-75	270/130/75	0,79	42 kpl/m ²
	550 tiiltä/pv		1	Menekki kpl			6327,0
Tiiltä muurattavana	11600			Kustannukset			5038
Päivää muurattavaa	22 (550 tiiltä/pv)	(pyör. ylös + 1 hukka pv)		Julkisivu			
Muurarin palkka	35 €/h			MRT-85	285/85/85	0,76	35 kpl/m ²
Apumiehen palkka	21 €/h		1	Menekki kpl			5272,5
Kust. yht.	9896 €			Kustannukset			4045
Min. villan ja runkolelyn asennus				Laasti		€/säkki	NRT MRT
Min. villa				Menekki (mukana 15% hukka)			1,7 1,2
64,53 m / 0,6 m = n. 107,55 väliä			1	Hinta 1000kg/säkki		89	
yhden kuvitteellisen runkotolppavälin täyttö	4 min			Menekki			10756 6327 kg
yht.	7,2 h ---->	8 h		Kulutus säkkejä (kpl)			17
Runkolevy 1200x3000				Kustannukset yht			1520 €
levyjen tare	n. 42 kpl			Tiilen ja laastin kustannukset yht.			10603 €
Yhden levyn asennus(sah)	n. 10 min		1	Eriste			
yht	7,0 h ----->	8 h		Min. villa			1479 €
Asentajan palkka	35 €/h			Tuulensuoja: Runkolevy 1200x3000 25mm			670 €
Kust. yht.	560 €			Kustannukset yht.			2149 €
TIILISEINÄN TYÖ KUST. YHT.		10456 €	1	TIILISEINÄN MATERIAALI KUST. YHT.			12752 €
				TIILISEINÄN KUST. YHT.			23209 €

KUVA 9. Tiilirunkoisen seinän rakentamiskustannukset, Kokoonpano 1

3.2.3 Ylä- ja alapohja

Ylä- ja alapohjan kustannuksissa otettiin huomioon vain eristeen materiaali- ja asennuskustannukset, koska vertailu laskelmissa puu- ja tiilirunkoisen seinän ylä- ja alapohja ovat samanlaiset, eikä opinnäytetyön tavoitteena ollut laskea koko talon rakennuskustannuksia. Tiedoilla voidaan jo laskea eristepaksuuden kasvattamisen lisäkustannukset, toisin kuin puu- ja tiilirakenteisen seinän kohdalla, joissa oli otettava huomioon seinän kaikki materiaalit seinätyyppien keskenäisen eriävyyden takia. Ylä- ja alapohjan kustannuslaskelmissa on silti otettu huomioon kaikki eroavuudet, jotta vertailu olisi totuudenmukaista.

Yläpohja

Yläpohjassa eristeen taso lähtee alapaarteen välistä, alapaarteen alaosaan. Eristeenä yläpohjassa on alapaarteen välissä 100 mm:n mineraalivilla ja siitä ylöspäin on puhallusvillaa. Puhallusvillan määrä riippuu eristeen paksuudesta/kokoonpanosta. Yläpohjan laskennassa käytetyt kokoonpanot ja U-arvot näkyvät kuvissa 10 ja 11. Alapaarteen kylmäsillat otettiin yläpohjan U-arvoa laskettaessa huomioon (kuva 12).

YLÄPOHJA							
			d	λ	R_j	dT	T
		Ainekerros	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[C]	[C]
							-10
		R _g			0,2	0,53	-9,47
		R _{se}			0,04	0,11	-9,36
		Puhallusvilla	0,4	0,045	8,89	23,70	14,34
		min.villa	0	0,035	0	0,00	14,34
		Alapaarre+villa k600	0,1		2,38	6,34	20,68
		Muovikalvo	0,0002		0,02	0,05	20,73
		R _{si}			0,10	0,27	
		R _r			11,63		21
määräys	0,09	U-arvo			0,086		
		eristepaksuus	0,50				

KUVA 10. Yläpohjarakenne ja U-arvo, Kokoonpano 1

YLÄPOHJA						
		d	λ	R_j	dT	T
	Ainekerros	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	[C]	[C]
						-10
	R_g			0,2	0,49	
	R_{se}			0,04	0,10	-9,51
						-9,42
	Puhallusvilla	0,45	0,045	10,00	24,34	
	min.villa	0	0,035	0	0,00	14,92
						14,92
	Alapaarre+villa k600	0,1		2,38	5,78	
						20,71
	Muovikalvo	0,0002		0,02	0,05	
						20,76
	R_{si}			0,10	0,24	
	R_T			12,74		21
määräys	0,09	U-arvo		0,079		
		eristepaksuus	0,55			

KUVA 11. Yläpohjarakenne ja U-arvo, Kokoonpano 2

YLÄPOHJA									
	Tarkasteltava alue	[m]	[m]						
		0,6	0,6						
	Alue	[m]	[m]	f	d	λ	R_j	f/R	
					[m]	[W/mK]	[m ² K/W]		
	Pystyrunko								
Puu	Alue a	0,05	0,6	0,0833	0,1	0,12	0,83	0,10	Puu
Eriste	Alue b	0,55	0,6	0,9167	0,1	0,035	2,86	0,32	Eriste
	Tarkistussumma			1					
									0,42
									2,38

KUVA 12. Yläpohja, kylmäsiilat, Kokoonpano 2

Yläpohjan eristeen materiaali- ja asennuskustannuksista tuli Kokoonpano 1:llä 3 514 € ja Kokoonpano 2:lla 3 844 €. Esimerkkinä laskuista Kokoonpano 1:lle tehty Excel -pohja (kuvio 13). Kokoonpano 2:n laskelmat on laskettu vastaavilla kaavoilla.

				X YLÄPOHJA (otetaan huomioon vain eriste, koska muulla ei vaikutusta vertailukohteisiin/tiitak)	
Työkustannukset eristeen osalta				eriste pinta-ala	n. 217,5 m ²
Min. villa				Puhallusvilla	
Knauf Ecobat 565x870	0,492 m ²		1	paksuus	400 mm
palasta n.	442 kpl			Ekovilla 14kg/säk 0,5m ³ /säk	10,5 €/säk (K-rauta tarjous 4.3.2011)
palasta/paketti	8 kpl			riittoisuus	0,5 m ³ /säk
paketin haku/aukaisu/asennus	5 min			Tarve	87,0 m ³
palasten asennus	n. 4,6 h			tarve säkkiä	174 säk
Asentajan palkka	35 €/h		1	Kust. yht	1827 €
Kust. yht.	161 €			Min. villa	
Puhallusvilla				paksuus	100 mm
Puhallus 0,5 m ³ säkki	n. 5 min			Knauf Ecobat 100mm	3,28 €/m ²
Säkkejä	174 säkkiä			Kust. yht	713,4 €
Puhallus yht.	n. 15 h		1		
Asentajan palkka	35 €/h				
Apumiehen palkka	21 €/h				
Kust. yht	812 €				
			1		
YLÄPOHJAN TYÖ KUST. ERISTEEN OSALTA YHT.				973 €	
					YLÄPOHJAN MAT. KUST. ERISTEEN OSALTA YHT. 2540,4 €
				YLÄPOHJAN ERISTE KUST. YHT.	3514 €

KUVA 13. Yläpohjan rakentamiskustannukset eristeen osalta

Alapohja

Alapohjana on maanvarainen laatta. Eristeenä betonin alla on EPS 100. Kuvasa 14 ja 15 U-arvon laskennassa on mukana maanlämmönvastus. Niissä laskelmissa joissa maanlämmönvastusta ei saanut käyttää, esimerkiksi energiatoistusta laskettaessa, on maanlämmönvastus jätetty pois. U-arvo rakenteelle ilman maanlämmönvastusta on Kokoonpano 1:ssä 0,225. Kokoonpano 2:ssa rakenteen U-arvo ilman maanlämmönvastusta on 0,139.

ALAPOHJA	Ainekerros	d [m]	λ [W/mK]	R_j [m ² K/W]	dT [C]	T [C]
						5 Ulkolämpötila
	R _{se}			0,040	0,08	5,08
	Betoni	0,1	1,7	0,059	0,12	5,21
	Polystyreeni	0,15	0,036	4,167	8,73	13,94
	Hiekka/Sepeli/Sora	0,3		3,200	6,71	20,64
	R _{si}			0,170	0,36	21
	R _T			7,64		
määräys	0,16	U-arvo		0,131		21 Sisälämpötila
		eristepaksuus	0,25			16 Lämpötilaero

KUVA 14. Alapohjarakenne ja U-arvo, Kokoonpano 1

ALAPOHJA		Ainekerros	d [m]	λ [W/mK]	R_j [m ² K/W]	dT [C]	T [C]	
								5 Ulkolämpötila
		R_{se}			0,040	0,06		5,06
		Betoni	0,1	1,7	0,059	0,09		5,15
		Polystyreeni	0,25	0,036	6,944	10,67		15,82
		Hiekka/Sepeli/Sora	0,3		3,200	4,92		20,74
		R_{si}			0,170	0,26		21
		R_T			10,41			
määräys	0,16	U-arvo			0,096			21 Sisälämpötila
		eristepaksuus	0,35					16 Lämpötilaero

KUVA 15. Alapohjarakenne ja U-arvo, Kokoonpano 2

Alapohjan eristeen materiaali- ja asennuskustannuksista tuli Kokoonpano 1:llä 1 933 € ja Kokoonpano 2:lla 3 175 €. Esimerkkinä laskuista Kokoonpano 1:lle tehty Excel-pohja (kuva 16). Kokoonpano 2:n laskelmat on laskettu vastaavilla kaavoilla.

		ALAPOHJA	(otetaan huomioon vain eriste, koska muulla ei vaikutusta vertailukohteisiin(tilitalo/eristepaksuus)			
		eriste pinta-ala	n.	217,5 m ²		
Työkustannukset eristeen osalta						
Styrox 500x1200 ja 1000x1200						
Yhdessä paketissa 5 ja 10		7,5 keskim.				
pakettin asennus(aukaisu/l	4 min					
pakettissa kuutioita	0,6 m ³					
paketteja laitettavana	55,125 pakettia					
pakettin haku	2 min					
Eristeen asennus	7,5 h + 2h hukka					
Asentajan palkka	35 €/h					
Kust. yht	262.9375 €					
ALAPOHJAN TYÖ KUST. ERISTEEN OSALTA YHT.		262.9375 €		ALAPOHJAN MAT.KUST ERISTEEN OSALTA YHT. 1670 €		
				ALAPOHJAN ERISTE KUST. YHT. 1933 €		

KUVA 16. Alapohjan rakentamiskustannukset eristeen osalta, Kokoonpano 1

3.3 Ikkunat ja ovet

Talossa on 12 ikkunaa ja 4 ovea. Ikkunoiden pinta-ala on yhteensä 21,7 m² ja ovien 8,4 m². Ikkunoiden hankintakustannukset ovat Kokoonpano 1:ssä 5598 € ja Kokoonpano 2:ssa 8075 €. Ikkunoiden ja ovien kustannukset ovat suoraan jälleenmyyjältä saadusta tarjouksesta.

3.4 Lämmitystavat

Lämmitystavassa oli vertailussa sähkö-, pelletti-, kauko-, maalämpöpumppu-, ilmavesilämpöpumppu- ja puulämmitys. Myös lämmitys- ja hankintakustannuksissa pyrittiin vertailemaan useamman valmistajan ja myyjän tuotteita ja valitsemaan hyötysuhteeltaan, tietojen/valmistajan luotettavuudelta, toimivuudeltaan ja hinnaltaan paras mahdollinen. Kuten jo edellä mainittiin, kaikki lämmitystavat on ajateltu liitettäväksi vesikiertoiseen lattialämmitykseen. Yleiset vuosihyötysuhteet ja polttoaineen teholliset lämpöarvot eri lämmöntuottotavoilla ovat taulukoissa 2 ja 3. Lämmityskustannukset eri lämmitystavoilla näkyvät kuvissa 17 ja 18. Lämmityslaitteiden hankintakustannukset näkyvät kuvissa 19 ja 20.

Pohjana lämmityskustannuslaskuilla on Energiajunior 6.2 Excel-pohjalla saatu rakennuksen lämmönkulutusarvo, joka on Kokoonpano 1 :ssä 24 708 kWh ja Kokoonpano 2: ssa 12 442 kWh. Energiajunior 6.2:lla saadut energiatodistukset ovat liitteenä (liite 2 ja 3). Luotettavuuden vuoksi liitteenä on myös internetissä koulun tunnuksilla uusimmalla Energiajuniorilla tehty energiatodistus (liite 4). Tulokset poikkeavat hieman toisistaan, todennäköisesti sen vuoksi, että Energiajunior 6.2 -Excel pohjassa on laajempi muokattavuus. Sieltä voi esimerkiksi vaikuttaa rakennuksen käyttöveden- ja laitesähkönkulutukseen tarkemmin.

TAULUKKO 2. Lämmöntuottolaitteiden vuosihyötysuhteita eri lämmöntuottotavoilla (D5, 9.)

Taulukko 3.1. Lämmöntuottolaitteiden vuosihyötysuhteita eri lämmöntuottotavoilla.

Lämmöntuottotapa	Vuosihyötysuhde $\eta_{\text{lämmitys}}$ –
Kaukolämpö	1,0
Sähkölämmitys	1,0
Öljy- ja kaasukattilat, enintään 35 kW	
– tavanomainen kattila	0,87
– matalalämpötilakattila	0,90
– kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,93
Öljy- ja kaasukattilat, yli 35 kW	
– tavanomainen kattila	0,89
– matalalämpötilakattila	0,91
– kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,94
Kaksoispesäkattilat	
– öljylämmitys	0,80
– puulämmitys	0,70
Puupolttoaineita käyttävät lämmöntuottolaitteet	
Pellettikattilat	0,80
Hakekattilat	0,80
Pilkekattilat	0,70
Tulisijat	0,70
Lämpöpumput	
Maalämpöpumppu	2,5
Ulkoilmalämpöpumppu (lämpö vesivaraajaan)	2,0

TAULUKKO 3. Polttoaineiden teholliset lämpöarvot (D5, 9.)

Taulukko 3.2. Polttoaineiden teholliset lämpöarvot.

Polttoaine	Tehollinen lämpöarvo $Q_{\text{polttoaine, omin}}$
Raskas polttoöljy	11,4 kWh/kg
Kevyt polttoöljy	10,0 kWh/dm ³
Maakaasu	10,0 kWh/m ³ n
Polttopuu yleensä (pilkkeet)	4,1 kWh/kg
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)	1300 kWh/pino-m ³
Pilkkeet (koivu)	1700 kWh/pino-m ³
Puupelletit	4,7 kWh/kg
Polttohake	900 kWh/irto-m ³
Kivihilli	6,6 kWh/kg
Palaturve	3,3 kWh/kg
Puubriketit	4,8 kWh/kg

Lämmitys kustannukset: Kokoonpano 1					
Kohteen energian tarve	24708 kWh/v				
Pelletti lämmitys					
Tilastokeskus http://stat.fi/til/thi/2011/01/thi_2011_01_2011-02-17_tau_025_fi.html		Ajankohta	Hinta, e/t	Hinta, c/kWh	Indeksi 2005=100
Teho	4,7 kWh/kg	2010:11:00	249,8	5,26	166,4
Vuosihyötysuhde	0,8	500 kg suursäkki n.0,30€/kg			
Todellinen teho	3,76 kWh/kg				
Kilohinta	0,3 €/kg(500kg suursäkki	1971,4	Kuhmon pelletti, K-rauta tod. hyöty		
Hinta	5,26 c/kWh (Tilastokeskus)		€	kg	€/kg c/kWh
Todellinen hinta (v.hyötys)	6,58 c/kWh (Tilastokeskus)		119	500	0,238 6,33 5,06
					1563,94
Vuosittaiset kustannukset	1564 € suursäkkeinä		Tilastokeskus		c/kWh
Vuosittaiset kustannukset	1625 € (Tilastokeskus)				6,575 5,26
kk kustannukset	135 € (Tilastokeskus)				5,315
Kaukolämpö					
Teho suoraan verrannollinen ostettuun MWh, koska vuosihyötysuhde 1,0					
Oulun Energia hinnaston mukaan http://www.ouluenergia.fi/kaukolampo/hinnastot/kaukolammon_hinnastot					
Liittymismaksu otetaan huomioon Hankinta kustannuksissa					
Perusmaksu	314,64 €/vuosi	(1.1.2011 alkaen)			
Energia	39,31 €/MWh	(1.1.2011 alkaen)			
Vuosittaiset kustannukset	971,3 €/v	(ilman perusmaksua)			
kk kustannukset	80,9 €/kk				
Vuosittaiset kust. Yht.	1286 €/v				
kk kustannukset yht.	107 €/kk				
Sähkön hinta					
Sähkö energia keskihinta	7,68 c/kWh	(+ kk maksu) Kraft&Kultur Yleissähkö toistaiseksi voim. 7.3.2011			
Sähkön siirto keskihinta	6,59 c/kWh	Oulun Energia Yleissähkö 7.3.2011			
Sähkön hinta yht.	14,27 c/kWh				
Sähkölämmitys					
Vuosittaiset kust.	3526 €				
kk kustannukset	294 €				
Maalämpöpumppu					
Vuosihyötysuhde	2,5				
Vuosittaiset kust.	1410 €				
kk kustannukset	118				
Puulämmitys (puulämmitys perusteltua jos omaa puuta/metsää)					
Teho	4,1 kWh/kg	havu- ja se	1300 kWh/pino-m ³	Irtokuutiometri koivu klapi 1000 l	
Vuosihyötysuhde	0,7	koivu	1700 kWh/pino-m ³	m ³	111,29 €
Todellinen teho	2,87 kWh/kg				
Hinta	0 €/kg	havu- ja seka	€/pino-m ³	Uudessa Ariterm 35+ hyötysuhde	
Hinta	c/kWh (Tilastokeskus)	koivu	111,29 €/pino-m ³		
Todellinen hinta (v.hyötys)	0,00 c/kWh (Tilastokeskus)				
Hinta koivuklapi(mottimarket)	6,55 c/kWh (mottimarket.fi)				
Todellinen hinta koivuklapi(r	9,35 c/kWh (mottimarket.fi)				
Vuosittaiset kust.	2311 €				

KUVA 17. Lämmityskustannukset

Lisälämmittimet			
Ilmavesilämpöpumppu			
Vuosihyötysuhde	2		
Vuosittaiset kust.	1763		
kk kustannukset	147		
Ottoteho	2,5 kW	Gree KFRS-9 (2251,5€) http://kauppa.taloon.com	
Hyötysuhde	3,6	2,16 (COP)	(COP tarkoittaa +7 asteessa olevaa hyötysuhdetta)
(Vuosihyötysuhde)	2,0		(teoreettinen, pitää suhtautua varauksella)
Lämmitteä	5 kW		
Voi lämmitteä vuodessa	43800 kWh	8760 h vuodessa	
Oletettu vuositt. Kust.	1763 €		
Ilmanvaihtokone			
Vallox 90 SE L (+1933,25 taloon.com 11.3.2014)			
Vuosihyötysuhde 61,1%	0,6	(laskettu Vallox vuosihyötysuhde laskurilla paikkakunnalla Jyväskylä)	
Sähkö etulämmitys yksikkö	900 W(max)		
Sähkö jälkilämmitys yksikkö	900 W(max)	riittää vain 120 m ² taloon	
Vallox 150 http://kauppa.taloon.com/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=LVI-7912090			
Vuosihyötysuhde 61,0% ~	0,6	(laskettu Vallox vuosihyötysuhde laskurilla paikkakunnalla Jyväskylä)	
Jos sähkö etu ja jälki. lämm.	1000 W		
Sähkönkulutus	150 W	Wallox Digit 2 esitteen mukaan	
Ilmanvaihtokoneella saavutettu energiansäästö:			
	7630 kWh/vuosi		
Ilmanvaihdon kokonaisenergiakulutus (sisältää myös mahdolliset muut poistot):			
	4880 kWh/vuosi		
Koko ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä ilman lämmöntalteenottoa:			
	12511 kWh/vuosi	(Laskettu kohteen ilmanvaihtoon kuuluva sähkö Vallox vhs. Laskurilla)(energiajunior ottaa huomioon lämmöntalteenoton)	
Vuosittais. kust.	1785 €		
Poistoilmalämpöpumppu(korvaa ilmanvaihtokoneen)			
MerAir 21 C			
kompressorin käydessä	550 W		
puhallin	50 W		
Vuosihyötysuhde	0,85	Sähköp. Esa Sormunen MerAir: vuosihyötysuhde tässä tapauksessa on laskettu siten, että laitteen lämmityskauden aikana tuottama energia vähennettynä ottoteholla / ilmanvaihdon lämmityskauden aikana tarvitsema energia.	
Aurinkokeräin			
Heat-pipe 30*2	n.	2887 kWh/v	

D2-rakentamis-
määräysten mukaan lämpötilahy-
daan muuttaa vuosihyötysuhteek-
se luvulla 0,6. 50 %:n lämpötilahy-
vastaa siten 30 %:n vuosihyötysu-

NOPEUS	1	2
Asuinpinta-ala (m ²)	55	100
Ilmavirta (l/s)	20	35
Puhaltimien yhteinen sähkönkulutus (W)	40	60

2.2. Ilmanvaihdon ohjaus

KUVA 18. Lämmityskustannukset.

Hankinta kustannukset: Lämmitys järjestelmät			
Lattia pinta-ala	196,2		
Pellettilämmitys			
Kattila	4179		Ariterm Biomatic +20 pellettikattila ja -poltin(Thermia)
Syöttöruuvisarja	545		Vesitila 140 l
			hyötysuhd 91 %
			teho "8 - 20" kW
asennus	1 000 €	(arvio)	
yht.	5724 €		
Kaukolämpö			
Liittymismaksu			
liittymisjohdon pituus	15	m(oletus/arv)	78€/m
Kustannukset(sis liittymismaks.)	3810	€	Oulun Energia hinnasto 17.3.2011)
Lämmöns. laitteisto			
Laitteisto	3150	€	(Sampo Eco 2009, Lämpöykkönen)
asennus	1750	€	(Hinta-arvio: Lämpöykkönen: 1000-2500€)
paine-erosäädin	300	€	(Lämpöykkönen 18.3.2011)
Yht.	9010	€	
Puulämmitys			
Kaksoiskattila Arimax 52 0	2990	€	
Jäspi YPV 40	1915	€	
Lämminvesivaraaja	2250	€	
asennus	500	€	(arvio)
yht.	4665	€	
Maalämpöpumppu			
Asennettuna porakaivoineen	17000-19000	€	"Avaimet käteen asennettuna + porakaivo" arvio: 17000-19000€(Lämpöykkönen)
Yht.	18000	€	
Ilmavesilämpöpumppu			
Gree KFRS-9	2564,05	€	22.3.2011 http://kauppa.taloon.com/PublishedService?file=page&pageID=9&item
Lattialämmitys			
Putkisto			
Lat.lämm. putki mene	5	m/m ²	Wehofloor asennusohje 4.3.2011: http://www.wehofloor.fi/Link.aspx?id=11172
kiinnityspanta	2	kpl/m	
Lat.lämm.putk. tarve	981	m	
"+" putket jakok.	29	m	
Lät.lämm.putk. yht.	1010	m	
Kustannukset			
Lat.lämm.putki	1,77	€/m	sis. Alv 22%. Wehofloor hinnasto 4.3.211: http://www.wehofloor.fi/FI/WehoFlo
	1,78	€/m	muunnos Alv 22-> 23%
Hinta	Lat.lämm.putki	1802	€
Tarjous:			
			(Lakeuden LVI asennus 14.3.2011)
Tarvikkeet	3000	€	
Asennus	700	€	
yht.	3700	€	

KUVA 19. Hankintakustannukset

Ilmanvaihtokone							
Vallox 150		2227,75 €		22.3.2011	http://kauppa.taloon.com/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=LVI-79		
Poistoilmalämpöpumppu							
MerAir 21 C		3515 €		tarjous valmistajalta 24.3.2011 ja sama hinta	http://kauppa.taloon.com/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=LVI-79		
Aurinkokeräin							
				Aurinkokeräimestä saadaan vuositasolla aurinkoenergialla noin 40-60% kaikista lämpimästä käyttövedestä.			
Tyhjiöputkikeräin HC-58/30, 30 p		1908 €					
Akvair Solar 500 varaaja		2076 €					
Kaikki tarvittava valmiina olevaan esim. pellettilämmityksen tueksi		5567,5 €		(Tarjous: Novafuture 27.3.2011)			
CPC-tyhjiöputkijärjestelmä 300 L varaaja				http://www.jtv-energia.fi/cpc-tyhjioputkijarjestelmat.html	3.4.2011		
		3700 €					
Tyhjiöputkikeräin Heat-pipe HP-20 keräin 58/1800 300 L varaaja		2900 €					
Tyhjiöputkikeräin Heat-pipe 2*30 HP-30 keräin 58/1800 pieni varaaja		2900 € 850 € 3750 €		(arvio)			
Tyhjiöputkikeräin Heat-pipe järjestelmä HP-30 * 2		2400 €		(Tarjous: jtv-energia 6.4.2011)			
Akvair Solar 500(hybridi)		2175 €		vaihtoeht 1			
Jäspi Solar Economy 300(pelkkä Siirtolinja+ 16 €/m+ 15€ 10 m)		900 € 175 €		vaihtoeht 2		Tuotto 2887 kWh	
yht.		4750 €				Muulle järjestelmälle jää	
vaihtoeht 2		3475 €				Kokoonpano 1 kWh	
						Kokoonpano 2 kWh	
CPC-tyhjiöputkikeräin(1,92 m ²) * 4 järjestelmä CPC-9		4275 €		(Tarjous: jtv-energia 6.4.2011)			
Akvair Solar 500(hybridi)		2175 €					
Siirtolinja+ 16 €/m+ 15€ 10 m		175 €					
		6625 €				Tuotto 3686 kWh	

KUVA 20. Hankintakustannukset

4. LOPPUTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuvissa 21 ja 22 on näkyvillä kokoonpanojen perustiedot rakenteista ja niiden kustannuksista ja kuvien energiatehokkuus laatikossa rakennuksen tarvitsema lämpöenergia vuodessa. Kuvissa näkyvä näkymä on myös Excel-laskurin etusivu, johon päivittyvät U-arvot, kustannukset ja energiatehokkuus.

Kokoonpano 1									
Seinät	eriste 250			Kustannukset	muutettu X	Kokoonpano 1			
		λ				Rakenteiden U-arvojen vertaus taso			
	Materiaali	paksuus[m]	[W/mK]	puurakenteinen			osuus	U-arvo	
-	Ulkoverhoisuus	-	-		19454 €	1	Seinä	0,259	0,151 2010 normit täyttävä
	Tuulensuoja	0,012	0,055				YP	0,345	0,086 2010 normit täyttävä
	Min.villa 2	0,05	0,035	tiili			AP	0,345	0,131 Matalaenergiatalo 2010 mukaa
	Min.villa	0,2	0,035		23209 €		Ikkunat	0,037	1,000 2010 normit täyttävä
	HS	-	-				Ovet	0,014	1,000 2010 normit täyttävä
+	Kipsilevy	0,013	0,24			1	Yht. ka.	1,000000	0,166
	U-arvo		0,151						
Yläpohja	eriste 500			Kustannukset					
		λ			3514 €				
-				(ei koko YP kustannuksia, huomioitu vain vertailuun tulevat kustannukset)		1			
	Puhallusvilla	0,4	0,045						
	Min.villa+alapa	0,1	0,035						
	HS	-	-						
+	U-arvo		0,086			1			
Alapohja				Kustannukset					
		λ			1933 €				
-				(ei koko AP kustannuksia, huomioitu vain vertailuun tulevat kustannukset)		1			
	TB-Laatta	0,1	1,7						
	Lämmöneriste	0,15	0,036						
	Maan lämmönvast. Hiekka/		3,2						
+	U-arvo		0,131						
Ikkunat				Kustannukset		1			
				ikkunat (12kpl) ja ovet(4kpl) yhteensä					
	U-arvo		1						
Ovet									
				(K-rauta, tarjous)	5598 €				
	U-arvo		1						
Ilmanvaihto				Kustannukset		1			
	(vaatimus 2010 45%)				1520 €				
LTO	Vuosihyötysuhde	30 %							150 A
Ilmanpitäv.									151-170 B
	Vuotoluku n50	2							171-190 C
									191-230 D
Ikkunoiden pinta-ala raken. kerr. alast.		9,97 %		(vaatimus alle 15)					231-270 E
Ikkunoiden pinta-ala ulkos. ja ikkun. al		12,59 %		(vaatimus alle 50)					271-320 F
									321 G

Energiatehokkuus		
Lämmöntarve kohteen u-anoilla, ilmanvuotol. Ja LTO-%		117,1 kWh/bm ²
Rakennuksen lämmitystehon tarve (tarkiste kW)		11,4 kW
Lämpöenergia/ostettava lämpöenergia vuodessa		24708 kWh/v
Häviöt		24708 kWh/v
US	3442	23,6 %
AP	3987	27,3 %
YP	2619	18,0 %
Ikkunat	3278	22,5 %
Ovet	1263	8,7 %
LTO	-2656	
Rakennuksen energiatehokkuus luokka		B
Rakennuksen energiatehokkuus luku		164 kWh/bm²/v

KUVA 21. Kokoonpano 1.

Kokoonpano 2	Kokoonpano 2	Kokoonpano 2	Kokoonpano 2	Kokoonpano 2	Kokoonpano 2	Kokoonpano 2	Kokoonpano 2
Seinät							
		λ	Kustannukset	muutettu	X	2	Kokoonpano 2
	Materiaali	paksuus[m]	[W/mK]	puurakenteinen			
-	Ulkoverhous	-	-		22045 €		
	Tuulensuoja	0,012	0,055				
	Min.villa 2	0,05	0,035	tiili			
	Min.villa	0,4	0,035		24328 €	2	
	HS	-	-				
+	Kipsilevy	0,013	0,24				
	U-arvo		0,088				
Yläpohja							
		λ	Kustannukset				
	Materiaali	paksuus[m]	[W/mK]		3844 €	2	
-				(ei koko YP kustannuksia, huomioitu vain vertailuun tulevat kustannukset)			
	Puhallusvilla	0,45	0,045				
	Min.villa+alape	0,1	0,035				
	HS	-	-			2	
+							
	U-arvo		0,079				
Alapohja							
		λ	Kustannukset				
	Materiaali	paksuus[m]	[W/mK]		3175 €	2	
-				(ei koko AP kustannuksia, huomioitu vain vertailuun tulevat kustannukset)			
	TB-Laatta	0,1	1,7				
	Lämmöneriste	0,25	0,036				
	Maan lämmönvast.	Hiekka/	3,2				
+						2	
	U-arvo		0,096				
Ikkunat							
				Kustannukset			
	U-arvo		0,8	ikkunat (12kpl) ja ovet(4kpl) yhteensä			
Ovet							
				(K-rauta, tarjous)	8075 €	2	
	U-arvo		0,6				
Ilmanvaihto							
	(vaatimus 2010 45%)			Kustannukset			
LTO	Vuosihiötysuhde		85 %		3515 €		
Ilmanpitävyys							
	(passiivitalo vaatimus 0,6)					2	
	vuotoluku n50		0,6				150 A
							151-170 B
							171-190 C
							191-230 D
							231-270 E
							271-320 F
							321 G
	ikkunoiden pinta-ala raken. kerr. alast.		9,97 %	(vaatimus alle 15)			
	ikkunoiden pinta-ala ulkos. ja ikkun. al		12,59 %	(vaatimus alle 50)			

Rakenteiden U-arvojen vertaus taso		
	osuus	U-arvo
Seinä	0,259	0,088 Passiivitalo 2010 mukaan
YP	0,345	0,079 Passiivitalo 2010 mukaan
AP	0,345	0,096 Passiivitalo 2010 mukaan
Ikkunat	0,037	0,800 Passiivitalo 2010 mukaan
Ovet	0,014	0,600 Passiivitalo 2010 mukaan
Yht. ka.	1,000000	0,121

Energiatehokkuus	
Lämmöntarve kohteen u-anoilla, ilmanuotol. ja LTO-%	60,7 kWh/bm ²
Rakennuksen lämmitystehon tarve (tarkiste kW)	10,0 kW
Lämpöenergia/ostettava lämpöenergia vuodessa	12442 kWh/v
Häviöt	12442 kWh/v
US	2003 18,7 %
AP	2923 27,3 %
YP	2390 22,3 %
Ikkunat	2622 24,5 %
Ovet	758 7,1 %
LTO	-7526
Rakennuksen energiatehokkuus luokka	A
Rakennuksen energiatehokkuus luku	107 kWh/bm ² /v

KUVA 22. Kokoonpano 2

4.1 Rakenteiden eristyspaksuuden lisäämisen ja LTO:n parantamisen kannattavuus

Kun tässä osiossa viitataan aiempaan eristyspaksuuteen tai iv-koneeseen tarkoitetaan Kokoonpanoa 1 ja kun viitataan uudempaan rakenteeseen/iv-koneeseen tarkoitetaan Kokoonpanoa 2. Lisäeristämällä tarkoitetaan eristyspaksuuden kasvattamista rakenteissa. LTO tarkoittaa lämmöntalteenottoa ilmanvaihtokoneessa.

Kuten yhteenvetolaskelmista (kuva 23) näkyy, on eristyspaksuuden lisääminen ja lämmöntalteenoton parantaminen jo pelkästään lämmityskustannusten säästämiseksi kannattavaa. Muita hyötyjä ovat esimerkiksi asumisviihtyvyyden parantuminen kun vedontunne häviää, mutta niitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Eristyspaksuuden lisääminen tuo puurakenteisen omakotitalon hintaan laskelman mukaan 6 640 € lisän ja vastaavasti tiilirakenteisena 5 170 € lisän.

Työssä haluttiin verrata myös sitä, tuleeko tiilirakenteisen seinän eristepaksuuden kasvattaminen halvemmaksi kuin puurakenteisen. Puurakenteisen seinän lisäeristys (paksumpi eristeisen seinän teko) lisää hintaa 21,8 %, vastaavasti tiilirakenteisen seinän lisäeristys lisää hintaa 15,1 %. Uudessa rakenteessa puurakenteinen seinä tulee silti hieman tiilirakenteista seinää halvemmaksi, mutta ero ei ole enää kuin noin 10 % kun se aikaisemmin (Kokoonpanolla 1) oli melkein 20 %. Tästä voi päätellä, että ero pienenee jos eristyspaksuutta entisestäänkin kasvatetaan. Tässä tapauksessa tiili- ja puurakenteisen seinän kustanuseroksi jäi noin 2 280 € (Kokoonpanolla 2).

Tehokkaampaan lämmöntalteenottoon investoiminen on laskelmien mukaan todella kannattavaa, etenkin jos vertaa jokin aika sitten markkinoilla olleisiin hyvin yleisiin 30 % :n LTO:n vuosihyötysuhteella varustettuihin iv-koneisiin. Kokoonpano 1:een valittiin sen vuoksi 30 % :n vuosihyötysuhteella olevan iv-kone. Kokoonpano 2:ssa oleva 85 % :n vuosihyötysuhde näyttää isolta, mutta perustuu valmistajalta juuri tämän opinnäytetyön esimerkkikohdetta varten pyydettyihin laskelmiin. Paremman iv-koneen valitseminen tuo halvempaan verrattuna noin 2000 € lisäkustannuksen. Ilmanvaihdon parantamisen osuus on kWh :na laske- tusta säästöstä 56,7 %.

Rakenteita ja lämmöntalteenottoa parantamalla saatiin yhteensä 12 266 kWh:n säästö vuodessa lämmityksen energiankulutukseen. Kokoonpano 2:n energiantarve on 49,64 % Kokoonpano 1:n energiantarpeesta, eli yli kaksi kertaa vähemmän. Parhaassa tapauksessa esimerkiksi tiiliseinän lisäeristys tuo vajaan 5% lisäkustannuksen, mutta parantaa U-arvoa yli 45 %.

Kustannusvertailussa rakenteisiin ja LTO :hon investoiminen on tarkasteltava lämmitystavan mukaan ja se tuo eri lämmitystavoilla erikokoisen säästön (kuva 23, alareuna). Esimerkiksi suorassa sähkölämmityksessä säästöä kertyy vuodessa noin 1770 € ja eristyspaksuuden kasvattamisen ja paremman iv-koneen valisemisen takaisinmaksuaika on alle neljä vuotta kummallakin seinärakenteella. Huonoimmassakin tapauksessa (tässä lämmitystavalla kaukolämpö) takaisinmaksuaika on alle 14 vuotta. Tästä päätellen rakenteiden eristyspaksuu-

den kasvattaminen ja paremman iv-koneen valitseminen on todella suositeltavaa jos suunnittelee uuden talon rakentamista.

VERTAILUA/YHTEENVETO									
Muistutukseksi									
Tiedot:		eristepaksuus							
Kokoonpano 1	seinä	250							
	YP	500							
	AP	250							
Kokoonpano 2	seinä	450							
	YP	550							
	AP	350							
Rak. Kustannukset		Kokoonpano 1		Kokoonpano 2			1 2		
		€	€	ero	+eristettä	U-arvot		ero	
Seinä	Puurakenteinen	19454	22045	13,32 %	200	0,151	0,088	41,81 %	
	Tiilirakenteinen	23209	24328	4,82 %	200	0,147	0,080	45,66 %	
YP		3514	3844	9,39 %	50	0,086	0,079	8,72 %	
AP		1933	3175	64,25 %	100	0,131	0,096	26,68 %	
					lisä kust.				
Kust. yht	Puurakenteinen	30 499 €	37 139 €	21,77 %	6 640 €				
	Tiilirakenteinen	34 254 €	39 422 €	15,09 %	5 168 €				
Ilmanvaihto/LTO		1 520 €	3 515 €	131,25 %	1 995 €				
Kaikki rakentamis kust. (Kust. Yht + IV)									
	Puurakenteinen	32 019 €	40 654 €	26,97 %	8 635 €	kWh/v			
	Tiilirakenteinen	35 774 €	42 937 €	20,02 %	7 163 €	24708	12442	49,64 %	
Säästöt	yht.	12266 kWh			ilmanvaihdon osuus kWh	6957		56,7 %	
					rakenteiden osuus kWh	5309		43,3 %	
Vielä vertailua toisinpäin									
Kustannukset Puu rak. ja Tiili rak.									
		Puu rak.	Tiili rak.	ero	lisä kust.				
Seinä	Kokoonpano 1	19 454 €	23 209 €	19,30 %	3 755 €				
	Kokoonpano 2	22 045 €	24 328 €	10,35 %	2 283 €				
Lämmitys kustannukset		Kokoonpano 1		Kokoonpano 2			Takaisinmaksu aika rak. + IV		
				ero vuodessa		Puurak.	Tiilirak.		
Sähkö		3 526 €	1 776 €	1 750 €		3,8	3,0		
Pelletti		1 564 €	788 €	776 €		8,6	6,7		
Kaukolämpö		1 286 €	804 €	482 €		13,8	10,7		
Maalämpö		1 410 €	710 €	700 €		9,5	7,4		
Puu		2 311 €	1 164 €	1 147 €		5,8	4,5		

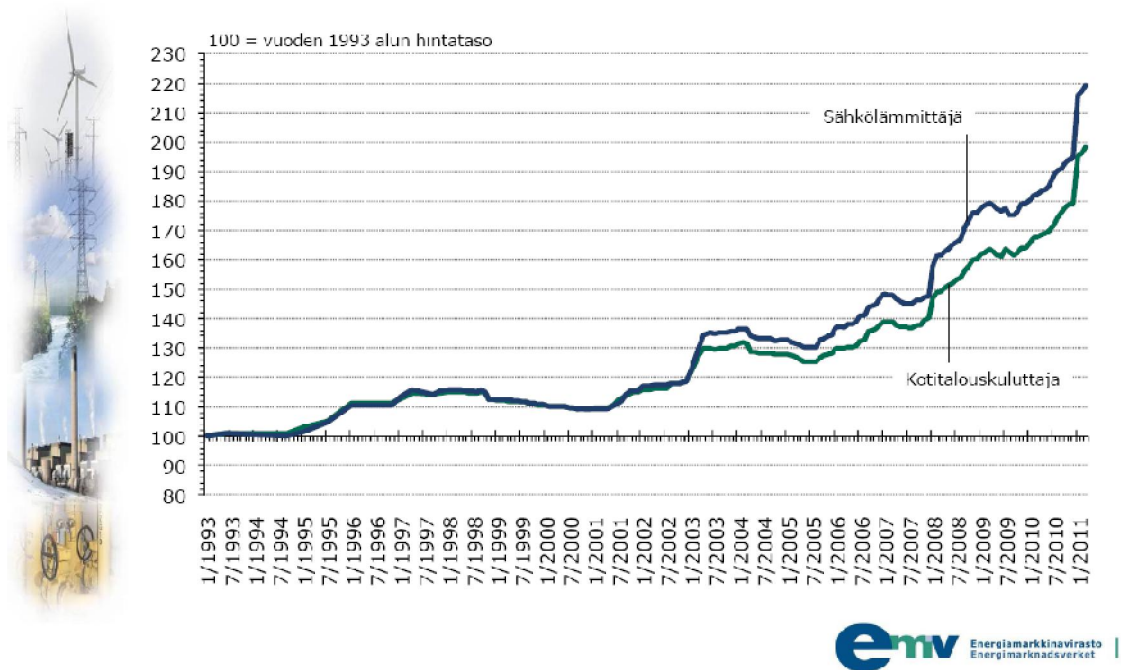
KUVA 23. Yhteenvetoa.

4.2 Lämmitysmuodot ja niiden erot

4.2.1 Sähkölämmitys

Suorasähkölämmitys oli mukana, jotta siitä saisi suoraan tason, jota on helppompaa vertailla muihin lämmitystapoihin. Sähkölämmitys oli mukana myös siksi, että se on ollut aikaisemmin suosittu lämmitystapa. Kaikkia muita lämmitysmuotoja vertaillaan takaisinmaksuajassa sähkölämmitykseen. Sähkölämmityksessä ei ole laskettu mukaan mitään hankintakustannuksia vaan vain pelkkä lämmityskustannus. Kuvassa 24 näkyy sähkön kokonaishinnan kehitys vuodesta 1993.

Kotitalouskuluttajan ja sähkölämmittäjän verollisen kokonaishinnan kehitys



KUVA 24. Sähkön verollisen kokonaishinnan kehitys (sähköenergia ja sähkönsiirto). (Energiamarkkinavirasto.fi, Kalvoja sähkönhinnan kehityksestä)

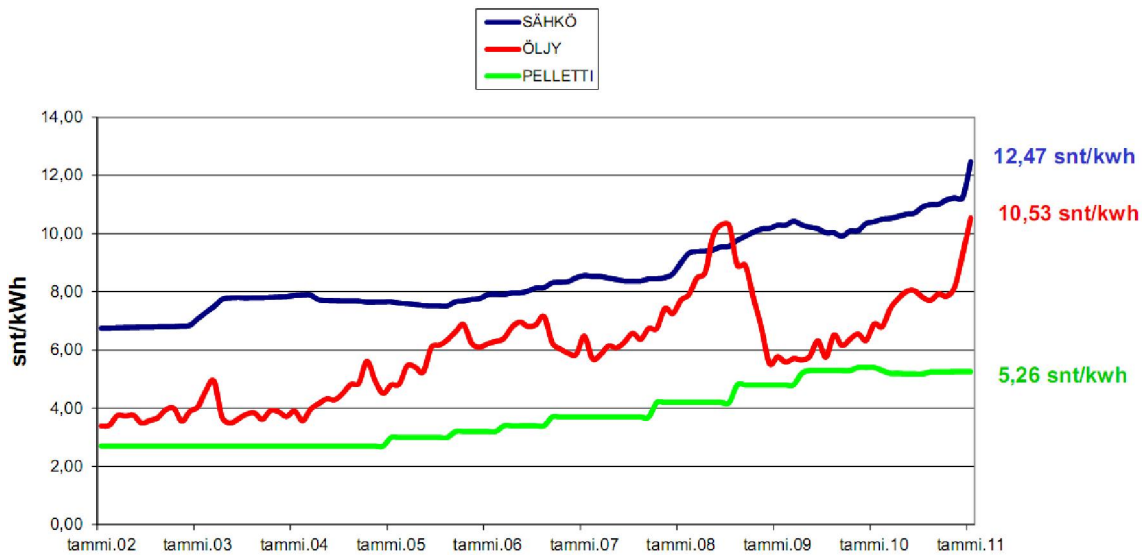
4.2.2 Pellettilämmitys

Pellettilämmitys maksaa itsensä takaisin sähköön verrattuna noin kolmessa vuodessa Kokoonpanolla 1 ja alle kuudessa vuodessa kokoonpanolla 2.

Pellettilämmitys, jopa yllättäen osoittautui suhteellisen halvaksi verrattuna muihin lämmitystapoihin, vaikkakin pelletin hinta on noussut viimeaikoina. Pelletin hinta on noussut vuodesta 2002 vuoteen 2011 94,81% (Pellettienergian hintakehitys, 3). Pelletti on silti halvempaa kuin esimerkiksi sähkö (kuva 25) ja on uusiutuva luonnonvara. Näiden asioiden takia se on hyvin kilpailukykyinen vielä tälläkin hetkellä.

Vaikka työssä käytettiin vuosihyötysuhteena Suomen rakentamismääräyskoelman D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskentaohjeesta saatua arvoa 0,8 (taulukko 2), valmistajan lupaaman paremman 0,91 arvon sijaan, osoittautui pellettilämmitys hyväksi vaihtoehdoksi. Arvoa 0,91 ei käytetty, koska ei ollut luotettavaa tietoa muusta kuin yhdestä pellettikattilan vuosihyötysuhteesta. Arvoa ei myöskään käytetty sen vuoksi, että laskelmat eivät puoltaisi liikaa pellettilämmitystä muihin lämmitystapoihin verrattuna ja että laskelmat olisivat varmasti luotettavia. Pellettilämmityksessä kuluvaa sähköä ei ole otettu huomioon, koska useista kyselyistä huolimatta, valmistaja ei osannut kertoa paljonko sähköä kuluu vuositason esimerkiksi puhaltimeen ja syöttöruuviin, eikä sitä onko vuosihyötysuhteessa jo otettu nämä asiat huomioon. Lisäksi paremman arvon (0,91) pois jättäminen varmasti kompensoi/korvaa reilusti kattilan sähkön kulutuksen. On syytä kuitenkin pitää mielessä kymmenen prosenttiyksikön paremmuus nykyisten pellettikattiloiden mahdollisessa vuosihyötysuhteessa. Paremman vuosihyötysuhteen käyttäminen laskelmissa antaisi vielä paremman tuloksen pelletin hyväksi.

Energian hintakehitys 2002-2011 pienkiinteistöissä snt/kWh (sis.alv.), päivitys
15.1.2011



KUVA 25. Energian hintakehitys 2002-2011 pienkiinteistöissä. (Pellettienergian hintakehitys, 2)

4.2.3 Kaukolämpö

Kaukolämpö maksaa itsensä takaisin sähkölämmitykseen verrattuna noin neljässä vuodessa Kokoonpanolla 1 ja noin yhdeksässä vuodessa Kokoonpanolla 2, ainakin Oulun alueella. Takaisinmaksuaikaan ja kaukolämmönkustannuksiin vaikuttavat sijainti ja alueen kaukolämmön hinta. Hankintakustannuksiin vaikuttaa myös liittymisputken pituus. Vertailussa (kuvat 27 ja 28) on kahden eri liittymisputkipituuden kustannukset. Edellä mainitut mainitut takaisinmaksuajat ovat lyhyemmän 15 metrin liittymisputkella ostetun kaukolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaikoja.

Kaukolämmön hinta on noussut tasaisesti elinkustannusindeksiin verrattuna (kuva 26), mutta viimevuosien jyrkempi nousu kannattaa huomioida kaukolämpöä valittaessa. Tällä hetkellä kaukolämpö vaikuttaisi olevan todella varteentotettava vaihtoehto omakotitalon lämmitysmuotona. Kaukolämmön etu on, että se on huolettomin/itsenäisin heti sähkölämmityksen jälkeen. Kaukolämpöä käytettäessä on kuitenkin riippuvainen aina kaukolämmön jakelijasta. Kaukolämpö

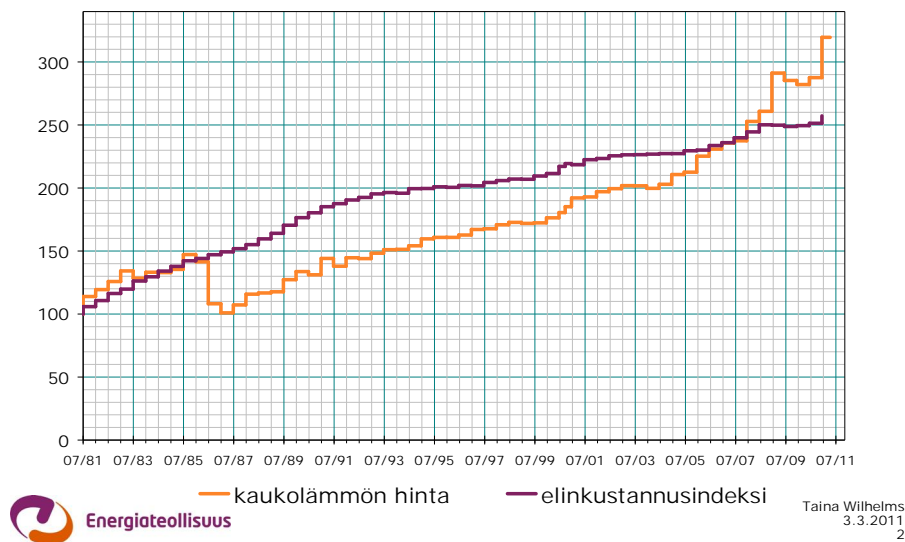
maksaa itsensä takaisin Kokoonpanolla 1:llä pellettiin verrattuna noin 11 vuodessa.

Kun eristepaksuutta kasvatetaan ja vertaillaan pellettiä kaukolämpöön Kokoonpanossa 2, on pelletti jopa hieman halvempi, koska kaukolämmön perusmaksu vie ison osan vuosittaisista lämmityskustannuksista, energian tarpeen pienentyessä. Ero on kuitenkin vain noin 20 € vuosittaisessa tarkateluksessa. Kokoonpanolla 2 pelletti ja kaukolämpö ovat melkein tarkalleen samanhintaisia lämmityskustannuksissa (kuva 31), joskin kaukolämmön hankintakustannukset ovat noin 3000 € kalliimmat.

Kaukolämmön keskihinnan kehitys

1.1.1981 = 100

(hintamuutoksissa huomioitu myös veron muutokset)



KUVA 26. Kaukolämmön keskihinnan kehitys.

4.2.4 Maalämpöpumppu

Maalämmön takaisinmaksuaika sähköön verrattuna Kokoonpanolla 1 on noin 8,5 vuotta ja Kokoonpanolla 2 noin 17 vuotta.

Maalämmön pidempi takaisinmaksuaika johtuu selvästi kalliimmista hankintakustannuksista. Itse maalämmön käyttö/pelkät lämmityskustannukset on vertai-

lun mukaan (kuva 32) Kokoonpanolla 2 koko vertailun halvin ja Kokoonpanolla 1 toiseksi halvin heti kaukolämmön jälkeen. Maalämpöpumpun hankintahinnan määrittä jällenmyyjän tarjous, joka oli suunniteltu porakaivolla avaimet käteen -periaatteella. Laskennassa käytettiin maalämpöä porakaivolla siksi, että muut lämmitystavat olisivat vertailtavissa maalämmön kanssa. Ilman porakaivoa, olettaen että maalämpöputken asentamiseen olisi tilaa, voisi maalämpöpumpun hankintakustannukset mahdollisesti olla halvemmat, erityisesti jos kohde sijaitsee järven vierellä.

Kuten pellettissä maalämmön vuosihyötysuhteena on käytetty D5 rakentamismääräyskokoelmien ohjeen mukaista arvoa 2,5, koska luotettavaa ja varmaa uutta tietoa ei ollut saatavissa. Arvoon 2,5 voi suhtautua kriittisesti, sillä maalämmössä käytetään sähköä joka ottaa auringonlämpöä talteen maasta. Siitä ei löytynyt luotettavaa tutkimustulosta, onko sähkönkulutusta todella mitattu tarkasti vuositasona. Tekniikan kehittyessä, vuosihyötysuhteen parantuessa ja hankintakustannusten pienentyessä maalämpöpumppu olisi lämmityskustannuksiltaan halvempi ja vieläkin kilpailukykyisempi.

Maalämpöpumppu käyttää siis sähköä, joten maalämmön käyttäjä on sähköstä ja sähkön hinnasta riippuvainen. Jos sähköä ruvetaan tuottamaan tai jos tulevaisuudessa kehitetään enemmän uusiutuvaa energiaa käyttäviä sähköntuottotapoja olisi maalämpö todella ekologinen valinta.

Jos hankintakustannukset pienenevät tai talonrakentaja löytää hankintakustannuksiltaan halvemmän tarjouksen, on maalämpö varteenotettava vaihtoehto. Tällä hankintakustannuksella maalämpö jää kustannusvertailussa muille lämmitysmuodoille.

4.2.5 Puulämmitys

Puulämmitys maksaa itsensä takaisin Kokoonpano 1 :llä vajaassa neljässä vuodessa ja Kokoonpano 2 :lla vajaassa kahdeksassa vuodessa sähköön verrattuna.

Hintatiedoissa ja lämmityskustannuksissa on käytetty markkinoilta saatavaa valmiiksi halottua puuklapia. Yleistä markkinahintaa käytettiin , jotta muita lämmitystapoja voitaisiin verrata puulämmitykseen. Jotta lämmityskustannusvertailusta saadaan puolueettomat hinnat, on oletettava, että kaikki polttoaine on ostettava. Kuitenkin jos puulämmitystä suunnittelevalla on omaa metsää, on puulämmitys varteenotettava vaihtoehto. Vertailussa olevilla kustannuksilla puulämmitys jää kalleimmaksi sähkölämmitystä lukuunottamatta varsinkin Kokoonpano 1 :llä.

Kokoonpano 2 :lla vertailua ei voi sanoa yhtä yksiselitteiseksi. Puulämmitys on silti pelkästään lämmityskustannuksia tarkastelemalla selvästi kallein lämmitysmuoto sähköä lukuunottamatta (kuva 31 ja 32.) Esimerkiksi pellettilämmitys muuttuu puulämmitykseen verrattuna kannattavammaksi kolmen vuoden sisällä kummassakin kokoonpanossa. Hankintakustannukset mukaan ottamalla puulämmitys jää 20 vuoden ajanjaksolla vielä maalämpöä halvemmaksi johtuen maalämpöpumpun suuresta hankintakustannuksesta. Puulämmitys on myös kaukolämpöä edullisempi 20 vuoden aikajaksolla, jos kaukolämpöön tarvitaan pitkä liittymisjohto (kuva 30). Muistettava kuitenkin on, että puulämmitys on kaikista lämmitysmuodoista oletettavasti työläin, koska puuta on lisättävä kattilaan tietyin väliajoin ja koska puut on aina hankittava ja puuvaraston on oltava melko iso.

4.2.6 Ilmavesilämpöpumppu

Ilmavesilämpöpumppu oli mukana päälämmöntuottajana vain teoriassa ja vertailun vuoksi. Ainakaan Oulun korkeudella se ei voisi olla ainoana lämmönlähteenä varsinkaan pakkasilla niin, ettei sähkönkulutus nouse samaan tai suu-

remmanksi kuin suorassa sähkölämmityksessä. Tästä syystä ilmavesilämpöpumpun tuloksia kannattaa katsoa varauksella.

Ilmavesilämpöpumpun lisälämmittimenä toiminen on jätetty opinnäytetyöstä pois opinnäytetyön laajuuden takia. Pois jättämistä puolsi myös se, että vuosihyötysuhdetta on haasteellista soveltaa koviin pakkasiin pelkästään laskemalla ilman testaamista. Siitä olisi myös mahdollisesti aiheutunut totuudesta poikkeavia tuloksia.

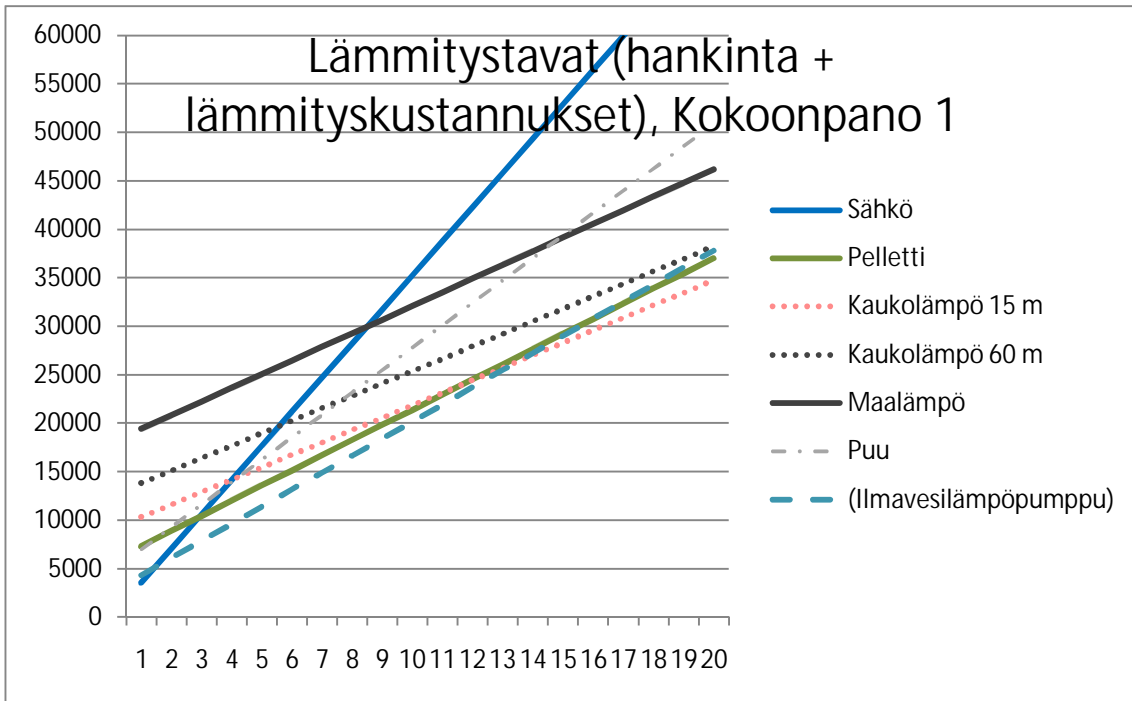
Ilmavesilämpöpumppu voisi olla hyvä lisälämmönlähde sille suotuisina vuodenaikoina ja suotuisilla ulkolämpötiloilla jonkin muun päälämmönlähteen rinnalle. Ehkä myös rakentamisen mennessä kohti 0-energiatasoa voisi ilmavesilämpöpumppu toimia päälämmöntuottajana. Ilmavesilämpöpumppu voisi olla hyvä lämmönlähde, jos se vielä kehittyisi päälämmöntuottajana, kunhan otetaan huomioon, ettei se kuluta liikaa sähköä kovilla pakkasilla tai kovan sähkönkulutuksen aikajakso ei ole liian pitkä.

VERTAILUA JA TAKAISINMAKSUAIKA		Takaisinmaksuaika sähkөөn verrattuna, jos ajatellaan, että sähkölämmiteinen lattialämmitys maksaisi saman verran kuin vesikiertoinen, eli sähkössä ei ole hankintakustannuksia vaan pelkästään lämmityskustannukset ja oletetaan, että sähkön hinta nousee suhteessa saman verran kuin esim pelletin hinta vaikkakin hinnannousu voi olla suurempaa.	
Kokoonpano 1			
Sähkö			
Lämmityskustannukset	3526 €/v		
10 v	35268 €		
20 v	70516 €		
30 v	105773 €		
50 v	176289 €		
Pellettilämmitys			
Kustannukset			
Hankinta	5724 €		
Lämmitys	1564 €/v		
10 v	21363 €		
20 v	37003 €		
30 v	52642 €		
50 v	83921 €		
Takaisinmaksuaika sähkөөn verrattuna	2,92 vuotta	tarkist. 0	
Kaukolämpö			
Kaukolämpö liittymisputken pituus	15 m	Kaukolämpö liittymisputken pituus	60 m
Kustannukset		Kustannukset	
Hankinta	9010 €	Hankinta	12520 €
Lämmitys	1286 €/v	Lämmitys	1286 €/v
10 v	21869 €	10 v	25379 €
20 v	34728 €	20 v	38238 €
30 v	47587 €	30 v	51097 €
50 v	73305 €	50 v	76815 €
Takaisinmaksuaika sähkөөn verrattuna	4,02 vuotta	tarkist. 0	
Takaisinmaksuaika pellettiin verrattuna	11,82 vuotta		
Takaisinmaksuaika sähkөөn verrattuna	5,59 vuotta		
Takaisinmaksuaika pellettiin verrattuna	24,44 vuotta		
Maalämpö			
Kustannukset			
Hankinta	18000 €		
Lämmitys	1410 €/v		
10 v	32103 €		
20 v	46206 €		
30 v	60309 €		
50 v	88516 €		
Takaisinmaksuaika sähkөөn verrattuna	8,51 vuotta	tarkist. 0	
Takaisinmaksuaika pellettiin verrattuna	79,91 vuotta		
Puu			
Kustannukset			
Hankinta	4665 €		
Lämmitys	2311 €/v		
10 v	27772 €		
20 v	50879 €		
30 v	73985 €		
50 v	120199 €		
Takaisinmaksuaika sähkөөn verrattuna	3,84 vuotta	tarkist. 0	
Pelletin takaisinmaksuaika	1,42 vuotta		
(Ilmavesilämpöpumppu) (pystynee tuskin olemaan päälämmöntuottaja, ainakaan Oulun korkeudella)			
Kustannukset			
Hankinta	2564 €		
Lämmitys	1763 €/v		
10 v	20193 €		
20 v	37822 €		
30 v	55451 €		
50 v	90708 €		
Takaisinmaksuaika sähkөөn verrattuna	1,45 vuotta	tarkist. 0	
pellettin takaisinmaksuaika	15,88 vuotta		

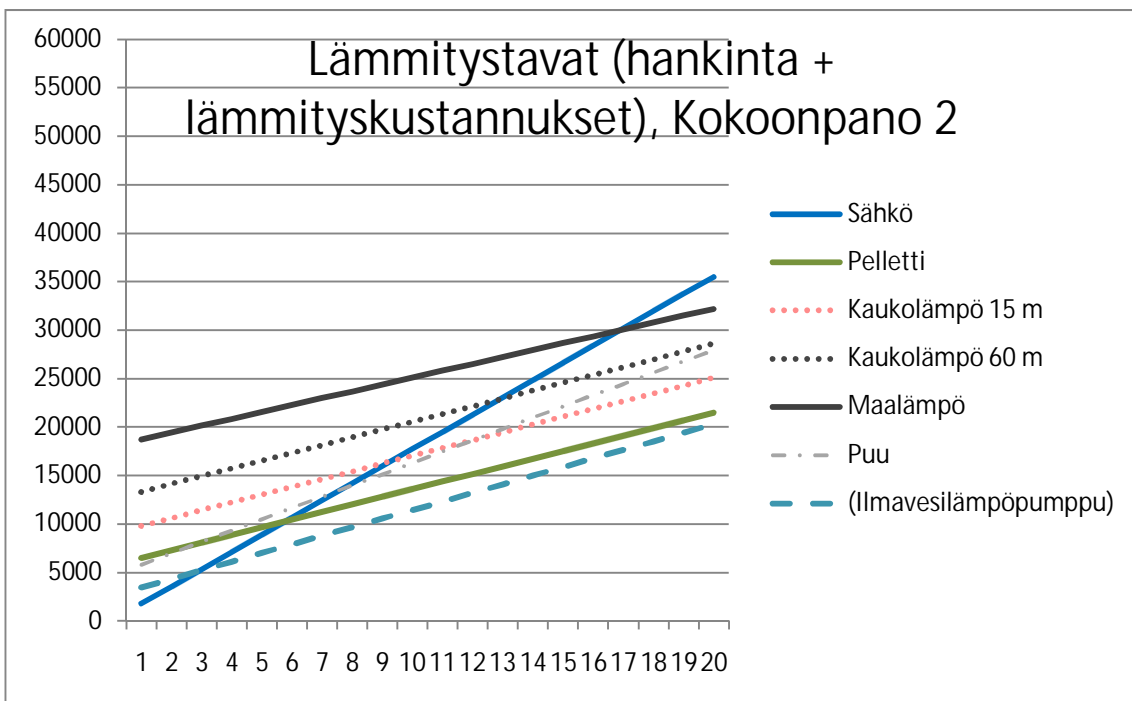
KUVA 27. Lämmitystavan vertailua ja takaisinmaksuaikoja, Kokoonpano 1.

VERTAILUA		Takaisinmaksuaika sähköön verrattuna, jos ajatellaan, että sähkölämmiteinen lattialämmitys maksaisi saman verran kuin vesikiertoinen, eli sähkössä ei ole hankintakustannuksia vaan pelkästään lämmitys kustannukset ja oletetaan, että sähkön hinta nousee suhteessa saman verran kuin esim pelletin hinta, vaikkakin hinnannousu voi olla suurempaa.		
Kokoonpano 2				
Sähkö				
Lämmityskustannukset	1776 €/v			
10 v	17755 €			
20 v	35511 €			
30 v	53266 €			
50 v	88776 €			
Pellettilämmitys				
Kustannukset				
Hankinta	5724 €			
Lämmitys	788 €/v			
10 v	13600 €			
20 v	21476 €			
30 v	29351 €			
50 v	45103 €			
Takaisinmaksuaika sähköön verrattuna	5,79 vuotta	tarkist. 0		
Kaukolämpö				
Kaukolämpö liittymisputken pituus	15 m	Kaukolämpö liittymisputken pituus	60 m	
Kustannukset		Kustannukset		
Hankinta	9010 €	Hankinta	12520 €	
Lämmitys	804 €/v	Lämmitys	804 €/v	
10 v	17047 €	10 v	20557 €	
20 v	25085 €	20 v	28595 €	
30 v	33122 €	30 v	36632 €	
50 v	49197 €	50 v	52707 €	
Takaisinmaksuaika sähköön verrattuna	9,27 vuotta	tarkist. 0	Takaisinmaksuaika sähköön verrattuna	12,88 vuotta
Takaisinmaksuaika pellettiin verrattuna	-203,17 vuotta		Takaisinmaksuaika pellettiin verrattuna	-420,18 vuotta
Maalämpö				
Kustannukset				
Hankinta	18000 €			
Lämmitys	710 €/v			
10 v	25102 €			
20 v	32204 €			
30 v	39306 €			
50 v	53511 €			
Takaisinmaksuaika sähköön verrattuna	16,90 vuotta	tarkist. 0		
Takaisinmaksuaika pellettiin verrattuna	158,68 vuotta			
Puu				
Kustannukset				
Hankinta	4665 €			
Lämmitys	1164 €/v			
10 v	16301 €			
20 v	27937 €			
30 v	39574 €			
50 v	62846 €			
Takaisinmaksuaika sähköön verrattuna	7,62 vuotta	tarkist. 0		
Pelletin takaisinmaksuaika	2,82 vuotta			
(Ilmavesilämpöpumppu) (pystynee tuskin olemaan päälämmöntuottaja, ainakaan Oulun korkeudella)				
Kustannukset				
Hankinta	2564 €			
Lämmitys	888 €/v			
10 v	11442 €			
20 v	20319 €			
30 v	29197 €			
50 v	46952 €			
Takaisinmaksuaika sähköön verrattuna	2,89 vuotta	tarkist. 0		
pellettin takaisinmaksuaika	31,54 vuotta			

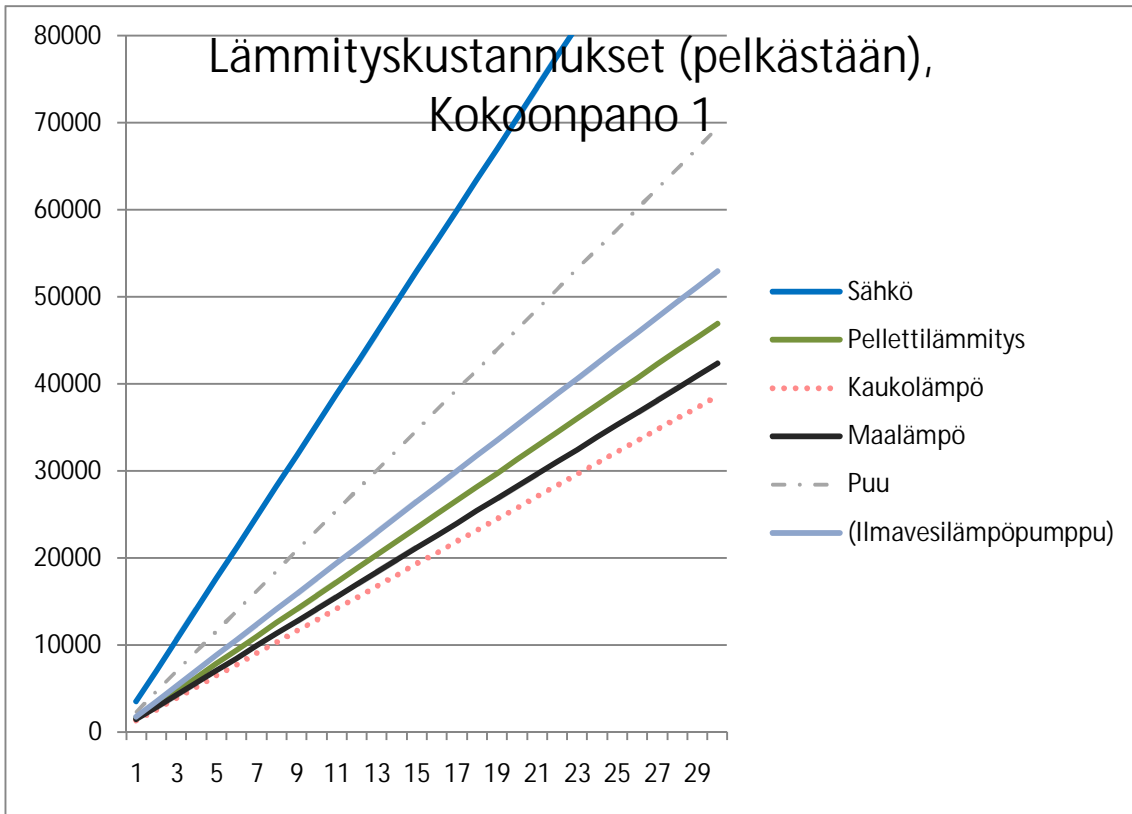
KUVA 28. Lämmitystavan vertailua ja takaisinmaksuaikoja, Kokoonpano 2.



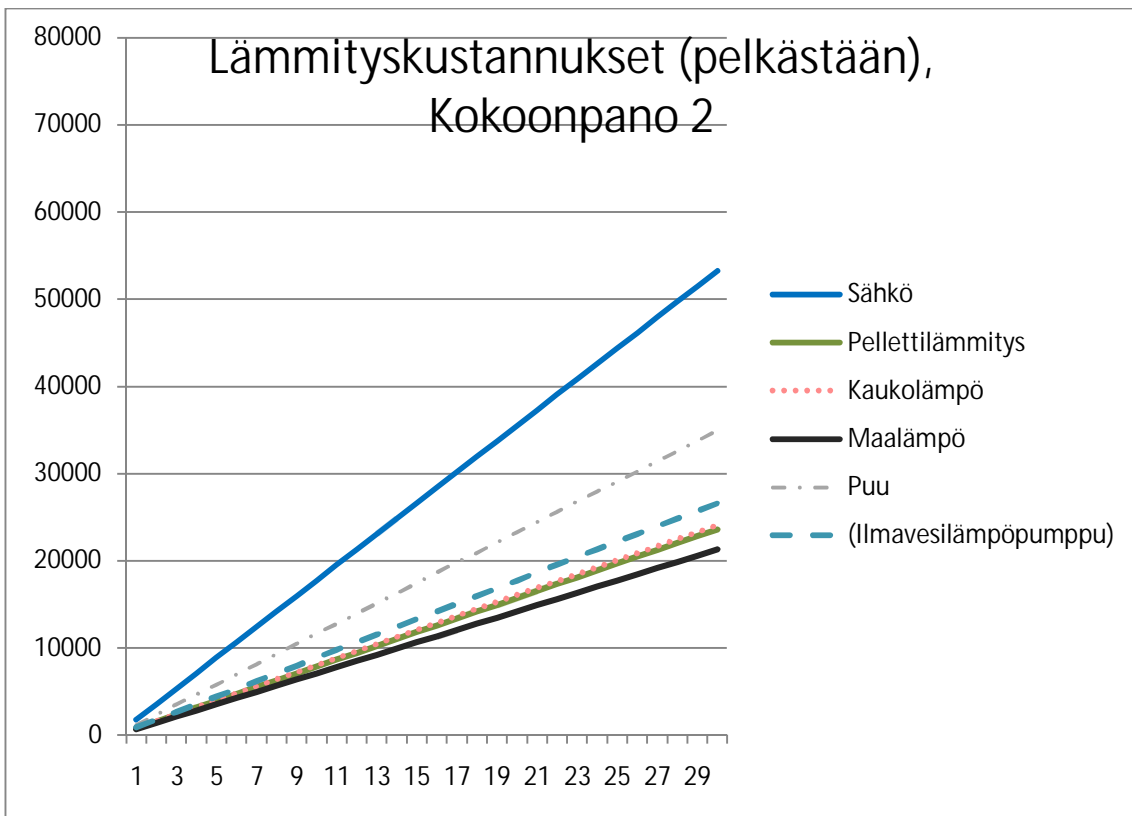
KUVA 29. Hankinta ja lämmityskustannukset yhteensä, Kokoonpano 1.



KUVA 30. Hankinta ja lämmityskustannukset yhteensä, Kokoonpano 2.



KUVA 31. Pelkästään lämmityskustannukset, Kokoonpano 1.



KUVA 32. Pelkästään lämmityskustannukset, Kokoonpano 2.

4.3 Aurinkokeräin lisälämmittimenä

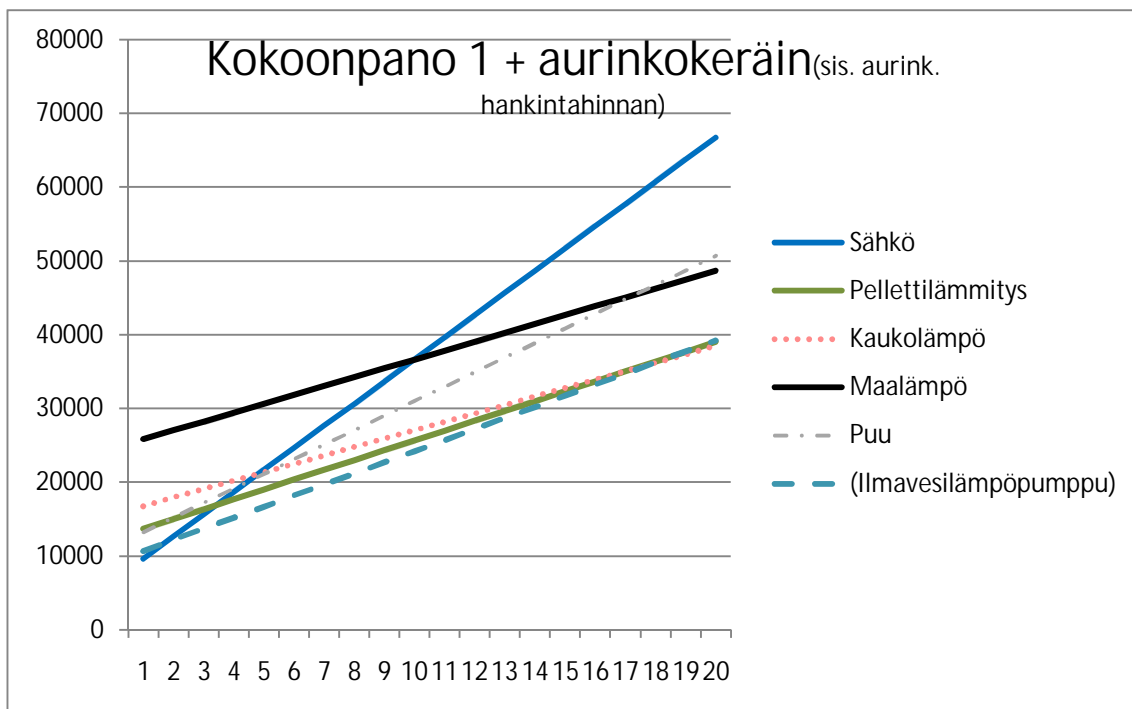
Aurinkokeräin tässä opinnäytetyössä olevalle talolle (liite 1) maksaisi noin 6600 €. Jälleenmyyjä ajoi simulaatioin kyseisellä aurinkokeräimellä kokoonpanoille ja aurinkokeräimen tuotoksi vuodessa tuli noin 3680 kWh. Tällä energiamäärällä olisi tarkoitus lämmitellä käyttövettä auringon esilläoloaikana eli kevästä syksyyn. Tässä tapauksessa päädyttiin valitsemaan tyhjiöputkikeräin. Tyhjiöputkikeräimen hyvä puoli on, että se kerää lämpöä myös pakkasella, johtuen sen hyvästä lämmöneristyksestä, tyhjiöstä. Sen toinen hyvä puoli on se, että koska tyhjiöputkikeräimen keräinosa on putki ja se on pyöreä, aurinko voi paistaa mistä suunnasta tahansa ja keräin säilyttää näin hyötysuhteensa.

Aurinkokeräimestä aiheutuvat lämmityskustannussäästöt näkyvät alla olevasta kuvasta (kuva 33). Säästöä syntyy esimerkiksi pellettilämmityksellä noin 200 € vuodessa. Aurinkokeräimen hankintahinnan ollessa näin korkea, keräimen takaisinmaksuaika nousee tässä tapauksessa liian suureksi sen hankkimisen kannattavuutta ajatellen. Aurinkokeräin, ainakaan tyhjiöputkikeräin Oulun korkeudella tässä rakennuksessa, ei maksa itseään takaisin kovinkaan nopeasti. Esimerkkinä aurinkokeräimestä säästyvistä lämmityskustannuksista on kuvassa 36, jossa on yhdessä pellettilämmitys ja aurinkokeräimellä varustettu pellettilämmitys. Jos rakentajalla on varaa investoida keräimeen, se tarkoittaa kuitenkin ilmaista energiaa asennuksesta eteenpäin. Sähkölämmityksen ollessa kyseessä, aurinkokeräimen asennus voisi hyvinkin olla kannattavaa (kuva 38).

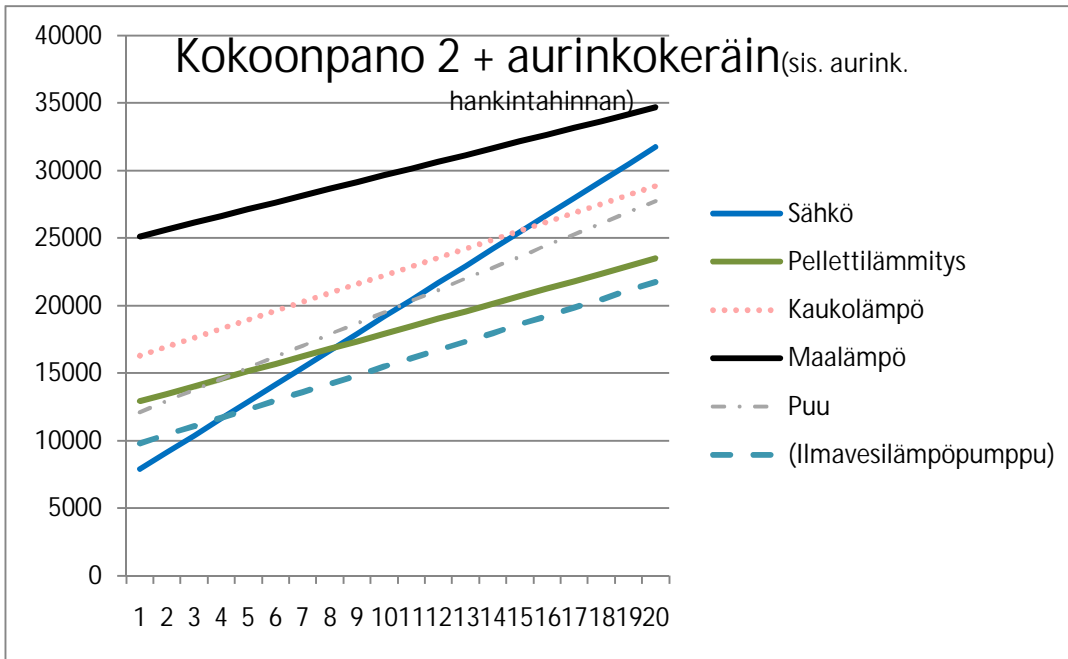
Aurinkokeräimestä tehdyistä laskuista on huomattava, että ne ovat aurinkokeräimen kohdalla hyvin teoreettiset ja virheiden mahdollisuus on selvästi suurempi kuin millään muulla vertailulla tässä opinnäytetyössä, koska todellista testausta ei ole tehty tai sellaisesta ei löytynyt tutkimustuloksia.

Kokoonpanot + Aurinkokeräin				
CPC-9 tyhjiöputki	Tuotto n.	3686 kWh/v		
		Kokoonpano 1	Kokoonpano 2	säästö/v
Sähkö		3 005 €	1 255 €	521 €
Pelletti		1 333 €	557 €	231 €
Kaukolämpö		1 142 €	660 €	143 €
Maalämpö		1 202 €	502 €	208 €
Puu		1 969 €	822 €	341 €

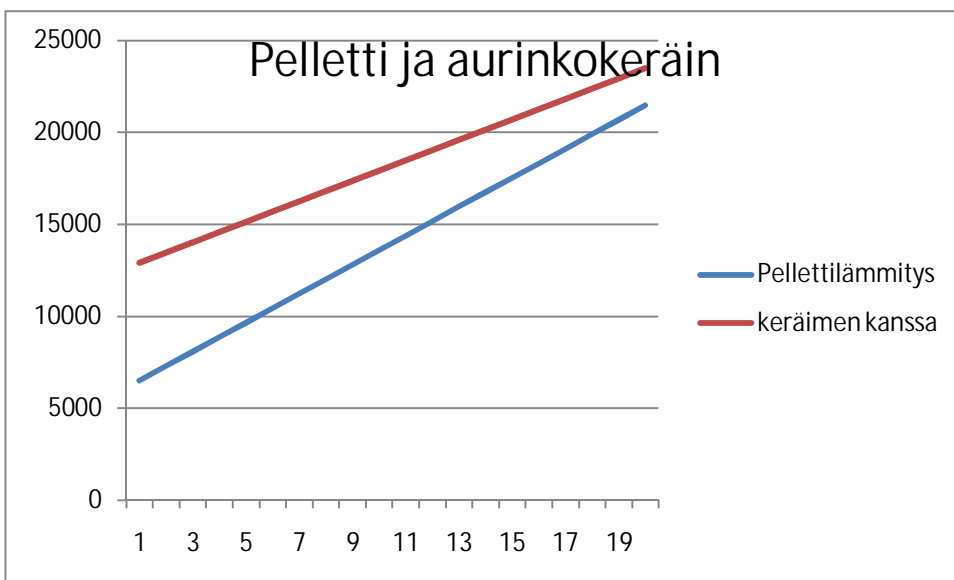
KUVA 33. Lämmityskustannukset vuodessa yhteensä, aurinkokeräin lisälämmitimenä



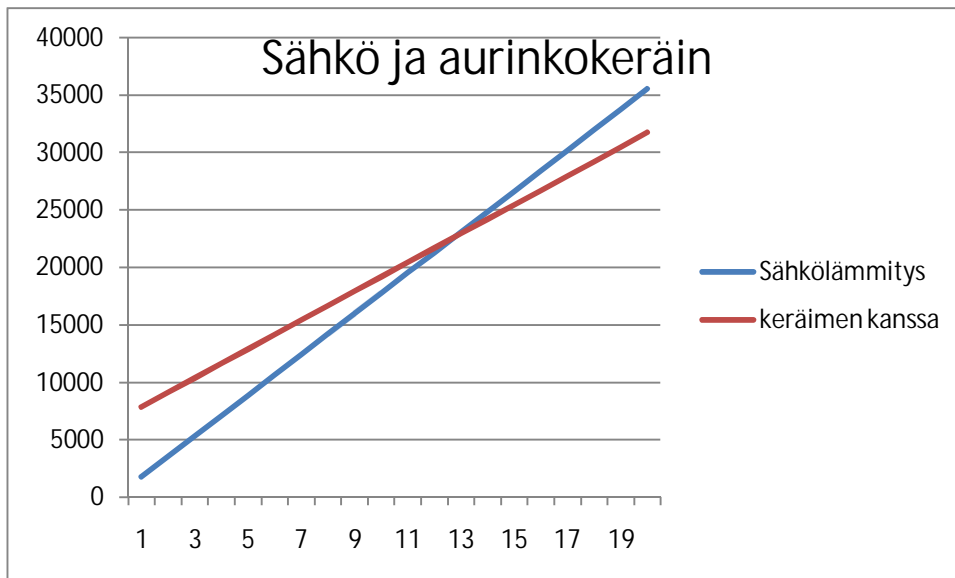
KUVA 34. Kokoonpano 1 aurinkokeräimellä



KUVA 35. Kokoonpano 2 aurinkokeräimellä



KUVA 36 Kustannukset pellettilämmityksellä ja kustannukset pelletillä ja aurinkokeräimellä yhdessä



KUVA 37 Kustannukset sähkölämmityksellä ja kustannukset sähköllä ja aurinkokeräimellä yhdessä.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla omakotitalon eristepaksuuden kasvattamisen, iv-koneen lämmöntalteenoton ja tiiveyden parantamisen kannattavuutta ja kustannuksia eri lämmöntuottotavoilla. Tavoitteena oli myös vertailla hankinta- ja lämmityskustannuksia eri lämmöntuottotavoilla. Samalla valmistuisi myös Excel-laskuri, jota voisi tulevaisuudessa kehittää laskemaan ja vertailemaan kyseisiä asioita vieläkin vähemmällä alkutietojen syötöllä.

Eristyspaksuuden kasvattaminen ja lämmöntalteenoton parantaminen lämmityskustannusten alentamiseksi kannattaa. Takaisinmaksuaika oli yllättävänkin lyhyt, parhaassa tapauksessa jopa vain kolme vuotta. Lämmitystavasta riippuen takaisinmaksuaika oli 3–14 vuotta. Tiilirakenteisen seinän eristepaksuuden kasvattaminen Kokoonpanoon 2 oli suhteessa halvempaa jos verrataan Kokoonpanon 1 seinään. Tässä työssä olleella uudella eristyspaksuudella, puurakenteinen seinä tuli kuitenkin kokonaiskustannuksiltaan halvemmaksi tehdä. Lämmitysmuodoista opinnäytetyössä olevalle talolle hyväksi vaihtoehdoksi ehkä muiden yläpuolelle nousivat pellettilämmitys ja kaukolämpö. Näiden kahden käyttöönoton valinnassa on paljon vaikutusta sillä, mitä halutaan käyttää ja mitä on mahdollista käyttää. Eräässä lehtiartikkelissa kerrottiin, että ympäristöministeriössä on vireillä lainmuutoshanke, jossa kunnat voisivat määrätä alueen asemakaavassa uudisrakennuksen liittämistä kaukolämpöön, jos tällainen on alueella saatavilla. Tämä voisi tarkoittaa tulevaisuudessa kaukolämpöenergian kysynnän kasvaessa, myös kaukolämpöenergian hinnan nopeampaa nousua. Sen toteutuminen on kuitenkin spekulointia.

Opinnäytetyössä haasteellisinta ja eniten aikaa vievää oli hankkia tietoja eri tavoilla, monesta paikasta. Esimerkiksi tarjousten ja toimivuuksien kyseleminen vei paljon aikaa. Internetistä ja sähköpostista oli todella paljon apua. Todella haasteellista oli myös tiedon tiivistäminen ja lisääminen tähän raporttiin. Jouduin jättämään noin puolet Excelin taulukoista pois. Raporttia aloittaessa huomasi aiheen olevan jo melko laaja, minkä vuoksi oli myös haasteellista valita, mitkä asiat jättää raportista pois. Todella aikaa vievää oli, kun jokaiseen asiaan oli perehdyttävä hyvin, jotta osasi soveltaa asioita luotettavasti laskentaan. Esimer-

kiksi lämmitystapoihin ja niiden toimivuuteen tuli todellakin perehdyttyä, ja niistä jäi paljon tietoa tästä raportista pois. Isoimmaksi ongelmakohdaksi osoittautui varmaankin suuren tietomäärän seulominen ja kriittisyys sen luotettavuudessa. Aivan alkuperäinen opinnäytetyöni oli tarkoitus tehdä yritykselle, mutta yritys lakkautettiin kesken opinnäytetyön teon, joten jouduin vaihtamaan aihetta ja aloittamaan uuden opinnäytetyön, ja näin ollen työllä ei ole tilaajaa.

Jollakin aikaa tavoitteessani oli myös tutkia miten paljon eristyspaksuutta kannattaa kasvattaa, eli missä kulkee raja, joka olisi Suomen korkeudella optimaalinen paksuus eri lämmitystavoilla. Tämä oli ehkä merkittävin asia, joka jäi tästä opinnäytetyöstä pois. Aikomus on kehittää Excel-laskuria pikkuhiljaa paremmaksi tämän opinnäytetyön jälkeenkin. Opinnäytetyöhön kokonaisuutena ja tuloksiin olen melko tyytyväinen, vaikkakin työhön meni enemmän aikaa kuin osasi kuvitella.

LÄHTEET

Energiatehokkuus. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=2194> Hakupäivä 19.4.2011.

Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=380376&lan=fi&clan=fi> Hakupäivä 20.4.2011.

Shemeikka, Jari 2007. Rakennusten energiatehokkuus, 6, 14. Espoo: VTT.
Saatavissa:
http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Shemeikka_BAFF240507.pdf Hakupäivä 19.4.2011.

Talentum Oyj, Nollaenergiatalo tuottaa itse enemmän kuin kuluttaa. Saatavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/article117836.ece> Hakupäivä 18.4.2011.

C4 Lämmöneristys, Ohjeet 2003, 3. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennustieto Oy.

D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2010, 12. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennustieto Oy.

D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskenta, Ohjeet 2007, 9. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennustieto Oy.

Pellettienergian hintakehitys, 2 ja 3. Saatavissa:
http://www.pellettienergia.fi/images/stories/tiedostot/energian_hintakehitys_011.pdf
Hakupäivä 27.4.2011.

Energia.fi, Kaukolämmön reaalihinnan kehitys. Saatavissa:
http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/tilastot/kaukolammon_hinta/liitteet/kl-hinta_kehitys.ppt?SectionUri=%2ffi%2ftilastot%2fkaukolampon%2fkaukolammon_hinta
Hakupäivä 28.4.2011.

Energiamarkkinavirasto.fi, Kalvoja sähkönhinnan kehityksestä Saatavissa:
http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kalvoja_sahkon_hinnan_kehityksesta_1103.pdf
Hakupäivä 1.5.2011.

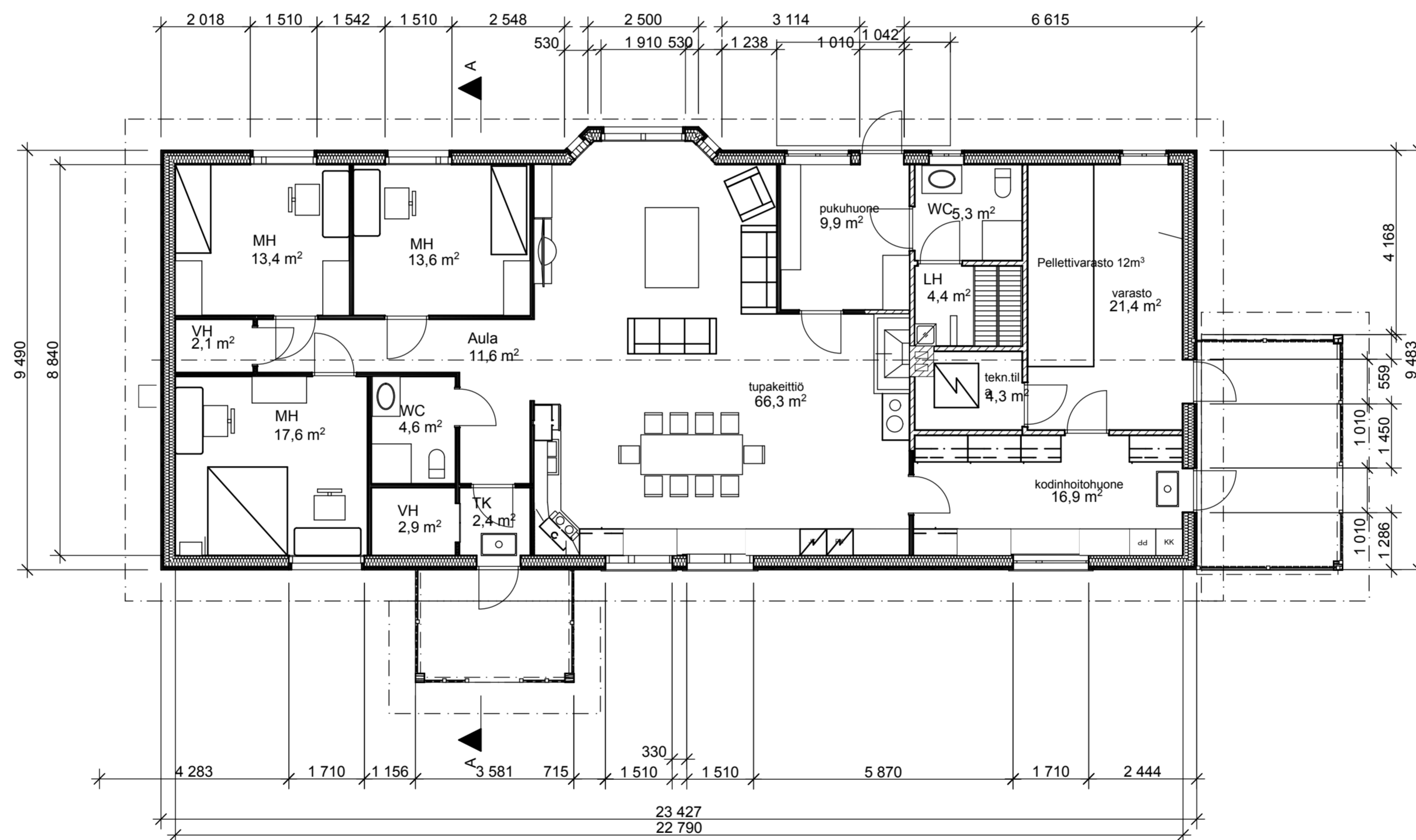
LIITTEET

LIITE 1. Pohjapiirros

LIITE 2. Energiaselvitys, Kokoonpano 1.

LIITE 3. Energiaselvitys, Kokoonpano 2.

LIITE 4. Energiaselvitys (internetissä tehty).



1:100

ENERGIATODISTUS

(VTenergiajunior 6_2, kehitysversio 6.2.08)

Rakennus

Rakennustyyppi

Omakotitalo

Valmistumisvuosi

Osoite

Opinnäytetyö, Oulu

Rakennustunnus

Asuntojen lkm

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

rakennuslupamenettelyn yhteydessä
 erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150	A	-
151-170	B	B
171-190	C	-
191-230	D	-
231-270	E	-
271-320	F	-
321-	G	-
	Paljon kuluttava	

Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm²/vuosi):

164

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: PIENET ASUINRAKENNUKSET

Energiatehokkuusluku perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja Niko Tolvanen	Todistuksen tilaaja
Allekirjoitus	
Todistuksen antamispäivä: 26.3.2011	Viimeinen voimassaolopäivä

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksista. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuksen laajuustiedot

Bruttoala	217,53	brm ²		
Rakennustilavuus	728,76	rak-m ³	Ilmatilavuus	502,27 m ³
Huoneistoala	196,2	hum ²	Henkilömäärä	4

Rakenteet

Rakennusosat	Pinta-ala m ²	U-arvo W/m ² K
Ulkoseinät	150,6432	0,151208
	0	0
Alapohja	201,4636	0,130967
	0	0
Yläpohja	201,4636	0,086021
	0	0
Ovet	8,36	1
	0	0
Ikkunat	21,692	
Pohjoiseen (%)	58,69445	1
Itään (%)	0	1
Etelään (%)	41,30555	1
Länteen (%)	0	1

Tehollinen lämpökapasiteetti $C_{rak\ o\ min} = Wh/brm^2\ K$

Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50}	2,00	1/h
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (LVI-suunnittelija ilmoittaa)	69,6	dm ³ /s, m ²
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	30	%

Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus	98,1	m ³ /vuosi
Huoneistokohtainen kulutusmittaus ja -laskutus	Kyllä	
	Ei	x

Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys	Sisältää käyttöveden lämmityksen	
	Kyllä	x
	Ei	
Lämmönjakotapa		
Lämmönvaraajat		
Lämpimän käyttöveden kiertojohdo	Kyllä	Ei
		x
Kiertojohdoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita		x

Energiatehokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus	24708	kWh/vuosi
Laitesähköenergian kulutus	10876	kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus (LVI-suunnittelija ilmoittaa)		kWh/vuosi
Rakennuksen energiankulutus yhteensä (ilman jäähdytysenergiaa)	35584	kWh/vuosi
Rakennuksen energiatehokkuusluku	164	kWh/brm ² /vuosi

ENERGIATODISTUS

(VTTenergiajunior 6_2, kehitysversio 6.2.08)

Rakennus

Rakennustyyppi

Omakotitalo

Valmistumisvuosi

Osoite

Opinnäytetyö, Oulu

Rakennustunnus

Asuntojen lkm

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

rakennuslupamenettelyn yhteydessä
 erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150	A	A
151-170	B	-
171-190	C	-
191-230	D	-
231-270	E	-
271-320	F	-
321-	G	-
	Paljon kuluttava	

Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm²/vuosi):

107

Energiatehokkuusluvun luokittelusteikko: PIENET ASUINRAKENNUKSET

Energiatehokkuusluku perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja Niko Tolvanen	Todistuksen tilaaja
Allekirjoitus	
Todistuksen antamispäivä: 26 .3.2011	Viimeinen voimassaolopäivä

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksista. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuksen laajuustiedot

Bruttoala	217,53	brm ²		
Rakennustilavuus	728,76	rak-m ³	Ilmatilavuus	502,27 m ³
Huoneistoala	196,2	hum ²	Henkilömäärä	4

Rakenteet

Rakennusosat	Pinta-ala m ²	U-arvo W/m ² K
Ulkoseinät	150,6432	0,087983
	0	0
Alapohja	201,4636	0,096031
	0	0
Yläpohja	201,4636	0,078516
	0	0
Ovet	8,36	0,6
	0	0
Ikkunat	21,692	
Pohjoiseen (%)	58,69445	0,8
Itään (%)	0	0,8
Etelään (%)	41,30555	0,8
Länteen (%)	0	0,8

Tehollinen lämpökapasiteetti $C_{rak\ omin} = Wh/brm^2\ K$

Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50}	0,60	1/h
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (LVI-suunnittelija ilmoittaa)		dm ³ /s, m2
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	85	%

Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus	98,1	m ³ /vuosi
Huoneistokohtainen kulutusmittaus ja -laskutus	Kyllä	
	Ei	X

Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys	Sisältää käyttöveden lämmityksen	
	Kyllä	X
	Ei	
Lämmönjakotapa		
Lämmönvaraajat		
Lämpimän käyttöveden kiertajohto	Kyllä	Ei
Kiertajohtoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita		X
		X

Energiatehokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus	12442	kWh/vuosi
Laitesähköenergian kulutus	10876	kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus (LVI-suunnittelija ilmoittaa)		kWh/vuosi
Rakennuksen energiankulutus yhteensä (ilman jäähdytysenergiaa)	23319	kWh/vuosi
Rakennuksen energiatehokkuusluku	107	kWh/brm ² /vuosi



Energiaselvityksen tulosten yhteenveto

Rakennuskohde: Meikäläinen Matti Osoite: Uusi kohde
 Rakennustyyppi: Omakotitalo
 Pääsuunnittelija: Niko Pvm: Allekirjoitus:
 Selvityksen tekijä: Energiaselvityksen laatija Oamk Allekirjoitus:
 Rakennuslupa Nro: Viranomaismerkintöjä:

1. Rakennuksen ominaislämpöhäviötarkastelu / tasauslaskelma (liite 1)

Lämpöhäviö on % tasauslaskelman D3-2010 vertailutasosta %
 Kyllä Ei
 Suunnitteluratkaisu täyttää vaatimukset
 Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 %
 vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä
 -lämpimissä tiloissa
 -puolilämpimissä tiloissa
 Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen
 Lämpöhäviötaso
 Kyllä Ei
 85 % Vertailu- Suunnittelu-
 arvo arvo

2. Ilmanvaihtojärjestelmä ja rakennuksen tiiveys (liite 2)

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, SFP, kW/m³/s (tyydyttävä < 2,5, hyvä < 2,0 ja erinomainen < 1,5)
 Kohteessa mitattu ilmanvuotoluku (n50), 1/h
 Ilmanvaihtojärjestelmän vuosihyötysuhde, %

3. Rakennuksen lämmitysteho, kW / lämmitysteholaskelma (liite 3)

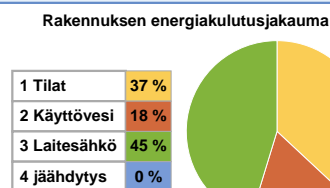
Rakennuksen lämmitysteho, kW

4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho / jäähdytysteholaskelma (liite 4)

Rakennuksen jäähdytystarve Kyllä Ei
 Rakennuksen jäähdytysteho, kW

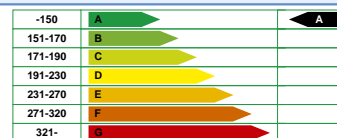
5. Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi / energiankulutuslaskelma (liite 5)

Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi
 Rakennuksen ostoenergia, kWh/vuosi
 Rakennuksen lämmitysenergia
 Tilojen lämmitysenergia
 Käyttöveden lämmitysenergia
 Rakennuksen laitesähkö
 Rakennuksen jäähdytysenergia



6. Energiatodistus, lasketaan Jyväskylän arvoilla / energiatodistus (liite 6)

Rakennuksen ET-luokka (A...G)
 Rakennuksen energiatehokkuusluku ET, kWh/brm²/vuosi



7. Rakennuksen lämmitysenergian säästö - % / energiankulutuslaskelma (liite 7)

Rakennuksen lämmitysenergian kulutus kWh/brm²/vuosi
 Määräysten vähimmäistason sallima rakennuksen
 lämmitysenergiankulutus, kWh/brm²/vuosi ns. vertailutaso
 Rakennuksen lämmitysenergian säästö - %

8. Erityisperustelut, jos poiketaan energiaselvityksen vaatimuksista, esitetään tarvittaessa erillisellä liitteellä 8

1. Rakennuksen ominaislämpöhäviötarkastelu

Ilman tiheys: 1,2 kg/m³
 Ilman ominaislämpökapasiteetti: 1 000 Ws/(KgK)
 Laatumuunnoskerroin m³/h > m³/s: 3 600

Ilmatilavuus: 502,20 m³
 Julkisivun pinta-ala: 180,66 m²
 Maanpäällinen kerrostasoala: 217,50 m²

Vertailuarvo

Suunnittelu-arvo

Rakennusosat**Ulkoseinä (enimmäisarvo: 0,60 W/(m²K))**

139,68 m² x 0,17 W/(m²K) = 23,74 W/K

Yläpohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m²K))

217,50 m² x 0,09 W/(m²K) = 19,58 W/K

Alapohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m²K))

217,50 m² x 0,16 W/(m²K) = 34,80 W/K

Ulko-ovi (enimmäisarvo: -)

8,36 m² x 1,00 W/(m²K) = 8,36 W/K

Ikkuna (enimmäisarvo: 1,80 W/(m²K))

19,09 m² x 1,00 W/(m²K) = 19,09 W/K

13,53 m² x 1,00 W/(m²K) = 13,53 W/K

Yhteensä: 615,66 m² 119,10 W/K

150,60 m² x 0,09 W/(m²K) = 13,55 W/K ✓

217,50 m² x 0,08 W/(m²K) = 17,40 W/K ✓

217,50 m² x 0,10 W/(m²K) = 21,75 W/K ✓

8,36 m² x 0,60 W/(m²K) = 5,02 W/K ✓

12,70 m² x 0,80 W/(m²K) = 10,16 W/K ✓

9,00 m² x 0,80 W/(m²K) = 7,20 W/K ✓

615,66 m² 75,08 W/K ✓

Vuotoilma

1,2 kg/m³ x 1 000 J/kgK x 2,0 / 25 x 502,20 m³ / 3 600 =
13,39 W/K

1,2 kg/m³ x 1 000 J/kgK x 0,6 / 25 x 502,20 m³ / 3 600 =
4,02 W/K ✓

Ilmanvuotoluvun suunnittelu-arvolle < 2,0 vaaditaan lisäselvitys

Vaippa yhteensä: 132,50 W/K

79,10 W/K ✓

Vaipan ominaislämpöhäviön suhdeluvun maksimi: 1,30

0,60 ✓

Ilmanvaihto

1,2 kg/m³ x 1 000 J/kgK x 0,5 x 502,20 m³ / 3 600 x (1 - 0,45) =
46,04 W/K

1,2 kg/m³ x 1 000 J/kgK x 0,5 x 502,20 m³ / 3 600 x (1 - 0,9) =
12,56 W/K ✓

*Ilmanvaihtokoneen LTO:n suunnittelu-arvolle > 45 %
vaaditaan lisäselvitys.*

Vertailurakennuksen lämpöhäviötaso: 178,53 W/K

91,65 W/K ✓

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso: 151,75 W/K

91,65 W/K ✓

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta: ✓
 Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala on sama molemmissa ratkaisuisa: ✓
 U- arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia: ✓
 Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,30: ✓
 Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen: ✓
 Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä: ✓

Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset ja vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa

2. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP: 2,00 kW/m³/s

3. Rakennuksen lämmitysteho

Ilman tiheys:	1,2 kg/m ³	Säävyöhyke:	III
Ilman ominaislämpökapasiteetti:	1 000 Ws/(KgK)	Mitoitettava ulkolämpötila:	-32,0 °C
Laatumuunnoskerroin m ³ /h > m ³ /s:	3 600	Sisälämpötila:	21 °C
Veden tiheys:	1000 kg/m ³	Kylmän ja lämpimän veden lämpötilaero:	50 °C
Veden ominaislämpökapasiteetti:	4,2 kJ/(KgK)	Huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde:	0,9
Rakennuksen bruttopinta-ala:	217,50 m ²	IV:n tuloilman lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Läm. käyttöveden mitoitusvirtaama:	0,360 l/s	Käyttöveden lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Kiertojohdon ominaistehontarve:	0 W/brm ²		

Ulkoseinä	$150,60 \text{ m}^2 \times 0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C}) =$	718 W
Yläpohja	$217,50 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C}) =$	922 W
Alapohja	$217,50 \text{ m}^2 \times 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (21 \text{ °C} - 4,0 \text{ °C}) =$	370 W
Ulko-ovi	$8,36 \text{ m}^2 \times 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C}) =$	266 W
Ikkuna	$12,70 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C}) =$ $9,00 \text{ m}^2 \times 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \times (21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C}) =$	538 W 382 W
		920 W
		3 196 W
Vuotoilma	$1,2 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 1 000 \text{ Ws}/(\text{KgK}) \times 0,6 / 25 \times 502,20 \text{ m}^3 / 3 600 \times (21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C}) =$	213 W
Ilmanvaihto	LTO:n poistoilman lämpötilasuhde = $21 \text{ °C} - 5 \text{ °C} / 21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C} = 0,302$ $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 1 000 \text{ Ws}/(\text{KgK}) \times 0,5 \times 502,20 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,302) \times (21 \text{ °C} - (-32,0) \text{ °C}) =$	3 097 W
Käyttövesi	Lämpimän käyttöveden kierto johdon tarvitsema teho = $0 \text{ W}/\text{brm}^2 \times 217,50 \text{ brm}^2 =$	0 W
	Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho jatkuvalla lämmitystehontarpeella = $1 000 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 4186 \text{ kJ}/(\text{KgK}) \times 0,000360 \text{ m}^3/\text{s} \times 50 \text{ °C} =$	75 348 W
		75 348 W

Huonelämmityksen tehontarve:	$3 196 \text{ W} + 213 \text{ W} + 3 097 - 0 \text{ W} =$	6 506 W
Ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve:		0 W
Käyttöveden lämmitystehontarve:		75 348 W
Rakennuksen lämmitystehontarve:	$6 506 \text{ W} / 0,9 + 75 348 \text{ W} / 0,9 =$	90 949 W

4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho

Rakennuksen jäähdytysteho: 0 kW

5. Rakennuksen energiankulutus

Rakennuksen energiankulutus

Lämmin käyttövesi:	4 258 kWh
Lämmitysjärjestelmä (vesi):	0 kWh
Vaipan johtumishäviöt yht.:	11 188 kWh
Ulkovaipan ilmavuodot:	642 kWh
Hallittu ilmanvaihto:	2 013 kWh
Lämmitysjärjestelmä (tila):	8 308 kWh
Hyödynnetty lämpökuorma:	-13 258 kWh

Rakennuksen lämmitysenergia vertailupaikkakunnalla: 13 151 kWh

Rakennuksen lämmitysenergia, paikkakunnalla: Oulu: 13 718 kWh

Laitesähkö: 10 875 kWh

Tilojen jäähdytys: 0 kWh

Kohteen energiatarve, paikkakunnalla: Oulu: 24 593 kWh

Ostoenergiat

Lämmöntuottolaite:	Pellettikattilat
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde:	1,00
Sähköntuotto- ja muuntolaitteen vuosihyötysuhde:	1,00
Kylmäntuottolaitteen vuotuinen lämpökerroin:	1,00

Rakennuksen lämmitysenergian kulutus

valitulla lämmöntuottolaitteella: 13 718 kWh / 1,00 = 13 718 kWh

Polttoaineenkulutus: Pellettikattilat: (13 718 kWh / 4,7 kWh/kg) = (2 919 kg)

Laitteiden sähköenergia: 10 875 kWh / 1,00 = 10 875 kWh

Jäähdytysenergia: 0 kWh / 1,00 = 0 kWh

ENERGIATODISTUS

Rakennus

Rakennustyyppi: **Pienet asuinrakennukset**
Osoite: **Uusi kohde**
Oulu

Valmistumisvuosi:
Rakennustunnus:

Asuntojen lukumäärä:

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

- rakennuslupamenettelyn yhteydessä
 erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150	A	A
151-170	B	
171-190	C	
191-230	D	
231-270	E	
271-320	F	
321-	G	
<i>Paljon kuluttava</i>		

Rakennuksen energiatehokkuusluku(ET-luku, kWh/brm²/vuosi):

111

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: **Pienet asuinrakennukset**

Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.
Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja:

Niko

Todistuksen tilaaja:

Allekirjoitus:

Todistuksen antamispäivä:

7.4.2011

Todistuksen viimeinen voimassaolopäivä:

7.4.2021

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakenuksen laajuustiedot

Bruttoala	217,50 brm ²	Ilmatilavuus	502,20 m ³
Rakennustilavuus	720,00 rak-m ³	Henkilömäärä	4
Huoneistoala	196,30 hum ²		

Rakenteet

Rakennusosat

	Pinta- ala (m ²)	U-arvo (W/m ² K)		
Ulkoseinät	150,60	0,09		
Yläpohja	217,50	0,08		
Alapohja	217,50	0,10		
Ovet	8,36	0,60		
Ikkunat			g kohtisuora	F kehä
Pohjoiseen	12,70	0,80	0,45	0,75
Etelään	9,00	0,80	0,45	0,75

Tehollinen lämpökapasiteetti $C_{rak\ omin.}$ 70 Wh(brm²K)

Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50}	0,6 1/h
Ilmanvaihdon poistoilmavirta	0,070 m ³ /s

Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus	73,00 m ³ /vuosi
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus	kyllä <input checked="" type="checkbox"/> ei <input type="checkbox"/>

Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys	Pellettikattilat	kyllä <input checked="" type="checkbox"/> ei <input type="checkbox"/>
Sisältää käyttöveden lämmityksen		
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys	
Lämmönvaraajat		
Lämpimän käyttöveden kiertojohdo		kyllä <input type="checkbox"/> ei <input checked="" type="checkbox"/>
Kiertojohdot on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita		kyllä <input type="checkbox"/> ei <input checked="" type="checkbox"/>

Energiatehokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus	13 151 kWh/vuosi
Laitesähköenergian kulutus	10 875 kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus	0 kWh/vuosi
Rakennuksen energiankulutus yhteensä	24 026 kWh/vuosi
Rakennuksen energiatehokkuusluku	111 kWh/brm²/vuosi

YHTEENVETO

Lämpöhäviöt

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Ulkoseinä:	319	302	238	203	108	60	61	63	127	194	211	281	2 166 kWh
Alapohja:	227	219	259	266	275	251	227	210	188	178	172	194	2 666 kWh
Yläpohja:	409	388	305	261	139	76	78	80	163	249	270	361	2 780 kWh
Ulko-ovet:	118	112	88	75	40	22	22	23	47	72	78	104	802 kWh
Ikkunat:	408	387	305	260	138	76	77	80	163	249	270	360	2 774 kWh
Vuotoilma:	94	90	70	60	32	18	18	19	38	58	62	83	642 kWh
Ilmanvaihto:	296	281	221	189	100	55	56	58	118	181	196	262	2 013 kWh

Käyttövesi

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Käyttövesi:	362	327	362	350	362	350	362	362	350	362	350	362	4 258 kWh

Lämmitysjärjestelmät

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Lämmitysenergia yhteensä:	1 726	1 581	1 202	1 151	849	514	531	532	833	1 170	1 470	1 590	13 151 kWh

Sähkölaitteet

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Laitesähkö:	924	834	924	894	924	894	924	924	894	924	894	924	10 875 kWh

Lämpökuormat

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Henkilöt:	148	133	148	143	148	143	148	148	143	148	143	148	1 740 kWh
Lämmitysjärjestelmät:	946	946	631	631	315	0	0	0	315	631	946	946	6 308 kWh
Sähkölaitteet:	591	534	591	572	591	572	591	591	572	591	572	591	6 960 kWh
Aurinko:	39	179	287	442	147	165	138	114	76	141	32	15	1 776 kWh

Jäähdytys

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Jäähdytys:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh

Yhteensä

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Vaipan johtumishäviöt:	1 480	1 409	1 195	1 065	700	485	465	456	688	943	1 001	1 301	11 188 kWh
Sisäiset lämpökuormat:	1 668	1 714	1 695	1 819	1 334	1 100	1 105	1 080	1 231	1 549	1 630	1 644	17 569 kWh
Lämmitysenergia:	1 726	1 581	1 202	1 151	849	514	531	532	833	1 170	1 470	1 590	13 151 kWh
Kohteen energiatarve:	2 650	2 415	2 126	2 045	1 773	1 408	1 455	1 456	1 727	2 094	2 364	2 514	24 026 kWh