

Jaana Turunen

1980-luvun talosta hybriditaloksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

10.10.2015

Tekijä Otsikko	Jaana Turunen 1980-luvun talosta hybriditaloksi
Sivumäärä Aika	35 sivua + 1 liite 10.10.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaaja	yliopettaja Aki Valkeapää
<p>Insinööriyössä oli tavoitteena selvittää, miten 1980-luvun sähkölämmitteisestä pientalosta saadaan tehtyä hybriditalo. Hybridilämmitys tarkoittaa useamman eri energialähteen hyödyntämistä sekä huoneiden lämmitykseen että käyttöveden lämmittämiseen eri vuodenaikoina. Hybridijärjestelmässä pyritään ympäristöystävälliseen ja tehokkaaseen energian tuottamiseen.</p> <p>Talosta laskettiin lämpöhäviöt ja energiantarpeet Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisesti. Työssä verrattiin eri lämmitysjärjestelmiä ja tutkittiin vaihtoehtoja lämpöhäviöiden pienentämiseksi. Lisäksi laskettiin eri korjausmenetelmillä saatuja kustannussäästöjä ja investointien takaisinmaksuaikoja.</p> <p>Todettiin, että taloudellinen arviointi on haastavaa. Päädyttiin lopputulokseen, ettei kovin suuria investointeja kannata tehdä vanhaan taloon, koska investointien takaisinmaksuajat ovat liian pitkät. Ilmalämpöpumppu sähkölämmityksen lisäksi on hyvä sijoitus. Lämpöhäviöitten pienentäminen on kannattavaa, erityisesti yläpohjan lisäeristäminen. Tulisijan aktiivisella käytöllä saavutetaan merkittäviä säästöjä.</p> <p>Kustannuksiltaan pienilläkin toimilla voidaan saada merkittäviä säästöjä. Tässä tapauksessa hybridilämmityksen sijaan voidaan ehkä puhua "hybriditoimenpiteistä". Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää vastaavan pientalon lämmityksen suunnitteluun.</p>	
Avainsanat	hybridilämmitys, ilmalämpöpumppu, sähkölämmitys

Author Title Number of Pages Date	Jaana Turunen Upgrading the heating system of a 1980's single-family house 35 pages + 1 appendices 10 October 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC engineering for Building Services
Instructor	Aki Valkeapää, Principal Lecturer
<p>The goal of the final year project was to find a solution to how a single-family house with electric heating from the 1980's could be retrofitted with hybrid heating system, i.e. a system that uses different sources of energy for heating and the production of hot water in different times of the year.</p> <p>Calculations were done to establish the heat losses and energy needs of the house. Further, various heating systems were compared. Alternative methods to reduce heat losses were studied.</p> <p>As a result it was established that it is not cost-effective to make very large investments in the old house, because the payback period for would be too long. On the other hand, the installation of an air source heat pump in addition to the electric heating would be a good investment. Another good method to reduce the heating costs would be the isolation of the attic floor. An active use of the fireplace would also result in major savings.</p> <p>In conclusion it can be said that small actions can result in substantial savings. In the case of the single-family house, "hybrid heating" is not the right term. Instead, one could talk about "hybrid action". The results of the project can be used in the design of the heating of a similar single-family house.</p>	
Keywords	hybrid heating, air source heat pump, electric heating

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohdetalo	3
2.1	Yleiskuvaus kohteesta	3
2.2	Kohteen rakenteet	3
2.3	Kohteen talotekniikka ja sen nykytila	4
3	Pientalon lämpöhäviöt	4
4	Keinoja ostoenergiankulutuksen pienentämiseen	5
5	Lämmitysjärjestelmävaihtoehdot	7
6	Lämmitysjärjestelmän tehostaminen täydentävillä järjestelmillä	9
6.1	Ilma-ilmalämpöpumppu	9
6.2	Ilma-vesilämpöpumppu	10
6.3	Tulisijat	10
6.4	Aurinkolämmitys	11
6.5	Hybridilämmitys	13
6.5.1	Jäspi Ecowatti 13K -hybridivaraaja	13
6.5.2	Tulikiven Jouni-vesitakka	15
6.5.3	Aurinkopaketti Solar	17
7	Kohderakennuksen energiankulutuksen tarkastelua	18
8	Kohteen lämmitysratkaisujen tarkastelua	21
9	Lämmitysjärjestelmän valinta kohteeseen	27
9.1	Toshiba-ilmalämpöpumppu	27
9.2	Ilmapumpun valintaan vaikuttavia seikkoja	27
10	Energiansäästötoimien kustannusten vertailua	28
10.1	Lisäeristys, ovien ja ikkunoiden tiivistäminen	29
10.2	Nykyinen lämmitysjärjestelmä	30

11	Korjauksien vaikutukset E-lukuun	30
12	Päätelmät	31
	Lähteet	32
Liite	Liite 1, Energialaskelma 1	

Lyhenteet

COP Coefficient Of Performance, COP. Kerroin kertoo, kuinka paljon saadaan sähköenergiaa muutettua lämpöenergiaksi, kun ulkolämpötila on +7 astetta. Esimerkiksi laitteen merkintä COP 4 tarkoittaa, että yhdellä kilowattitunnilla sähköä saadaan neljä kilowattituntia lämpöä.

E-luku Energialuku kertoo, paljonko energiaa talo kuluttaa vuodessa lämmitettyä pinta-alaneliötä kohti.

Energiakorjaaminen

Energiakorjaamisella tarkoitetaan kaikkia korjaus- tai muita toimenpiteitä, jotka merkittävästi pienentävät vuotuista rakennuksen energian, veden tai sähkön kulutusta.

Hybridilämmitys

Hybridilämmitys tarkoittaa usean eri energialähteen hyödyntämistä lämmitykseen ja käyttöveden lämmittämiseen eri vuodenaikoina. Hybridijärjestelmässä pyritään ympäristöystävälliseen ja tehokkaaseen energian tuottamiseen.

LTO Ilmanvaihtokoneessa oleva lämmöntaiteenotto-laite, joka ottaa poispuhallettavasta ilmasta lämmön talteen. Saadulla lämmöllä lämmitetään huoneeseen tulevaa ilmaa.

Nykyarvomenetelmä

Investoinnin nykyarvo N on käyttöaikana saatavien vuotuisten säästöjen nykyarvon ja hankinta- sekä käyttökustannusten nykyarvon erotus. Hanke on kannattava, jos nykyarvo on positiivinen.

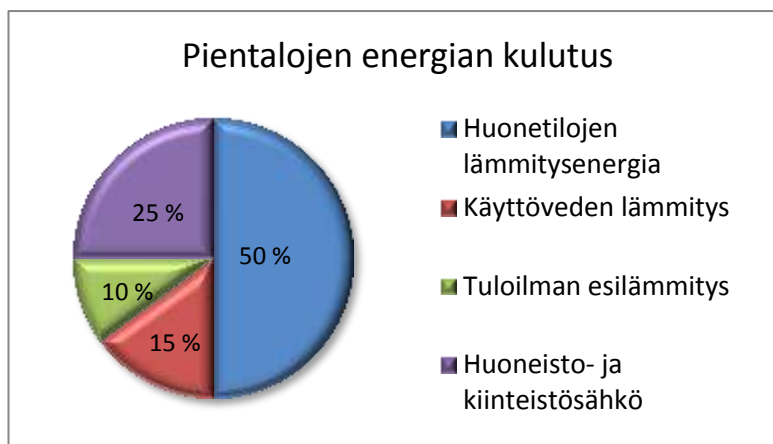
U-arvo U-arvo eli lämmönläpäisykerroin ilmaisee rakennuksen eri rakennusosien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi on lämmöneristys.

1 Johdanto

Suomessa omakotitaloista yli puolet on rakennettu yli 30 vuotta sitten. Ennen vuotta 1990 valmistuneita pientaloja on Suomessa noin 828 000, joista sähkölämmitteisiä on noin 474 000 [1]. Sähkölämmitys on erityisesti pientalojen lämmitysmuoto, sillä noin 40 prosenttia pientaloista käyttää ensisijaisena lämmönlähteenä sähköä. Sähkölämmitteiset rakennukset ovat tilavuudeltaan pieniä, mutta niitä on määrällisesti paljon.

Suora sähkölämmitys (huonekohtainen sähkölämmitys) on yleensä edullisin lämmitysmuoto investointina, mutta vastaavasti energiakustannukset ovat kalliimmasta päästä. Suoran sähkölämmityksen etu on erittäin korkea energiatehokkuus lämmön jakamisessa. Suorassa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan aina huoneen sen hetkisen tarpeen mukaan. Suorasähkölämmitys reagoi nopeasti lämpötilavaihteluihin esimerkiksi auringon huoneeseen tuomaan lisälämpöön. [2, s. 28.]

Pientalon energiankäytöstä puolet kuluu lämmitykseen, kuudesosa vedenlämmitykseen ja loppuosa kuluu sähköön ja ilmanvaihtoon (kuva 1).



Kuva 1. Energiakulutuksen jakautuminen pientalossa [3].

Lämpimän käyttöveden osuus asuinrakennuksen energiankulutuksesta on merkittävä. Keskimäärin jokainen suomalainen käyttää vettä 155 l/vrk. Lämmintä vettä käytetään keskimäärin 40–50 l/vrk henkilöä kohden. [4] Asukkaiden käyttötottumuksilla on suuri vaikutus lämpimän käyttöveden kulutukseen.

Sähkönkulutuksen kasvu on suurelta osalta asuntojen lämmitykseen liittyvää sähkönkäyttöä. Asuntojen sähkönkäytöstä valaistukseen kuluu enää kahdeksan prosenttia. Televisioiden osuus on kolme prosenttia asuntojen sähkönkäytöstä. Tietotekniikan laitteiden osuus asuntojen sähkönkäytöstä on nykyisin neljä prosenttia. Autolämmityksen osuus kotitalouksien sähkönkäytöstä on vastaavasti kolme prosenttia. [5] Muita sähkönkulutuksen kohteita ovat lisä- ja tukilämmityksenä käytetyt ilma- ja ilma-vesilämpöpumput, lattialämmityksen kiertovesipumput sekä koneellisen ilmanvaihdon tuloilman lämmittäminen sähköllä. [6]

Energiakorjaamisella tarkoitetaan korjaus- tai muita toimenpiteitä, jotka merkittävästi pienentävät rakennuksen energian, veden tai sähkön kulutusta. Pyritään lisäämään uusiutuvien energialähteiden, kuten auringon, tuulen ja maalämmön käyttöä. Kiinnitetään huomiota kestäväen kehityksen mukaiseen energian tuotantoon, jolloin ostettavan energian määrä pienenee. Energiakorjaustoimenpiteitä ovat esimerkiksi rakennuksen seinien sekä yläpohjan lisäeristämisen, ikkunoiden vaihtaminen energiatehokkaimmiksi, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton asentaminen tai maalämpöön siirtyminen. [7] Energiaremontin lähtökohtana on rakennus ja sen sijainti. Vaikka samantyyppisille rakennuksille voidaan suositella samoja energiakorjaustoimenpiteitä, korjausratkaisut ovat aina tapauskohtaisia.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, miten sähkölämmitteisen 80-luvun elementtipientalon lämmitysjärjestelmä päivitetään 2010-luvulle. Työn tavoitteena on eri lämmitysvaihtoehtojen tutkiminen ja etsiä niistä taloudellisin ja toteutuskelpoisin vaihtoehto. Ajatuksena on muuttaa talo ns. hybriditaloksi, joka käyttää uusiutuvaa ja ympäristöystävällistä energiaa.

2 Kohdetalo

2.1 Yleiskuvaus kohteesta

Energiaremontin kohteena on yksikerroksinen suorasähkölämmitteinen vuonna 1986 valmistunut pientalo (kuva 2). Omatalo-elementtitalo sijaitsee Joensuussa. Talon lämmin asuinpinta-ala on 120 m². Talon yhteydessä on autotalli.



Kuva 2. Kohdetalo

Talossa on tiiliverhous. Katto on peltiharjakatto. Talossa on puhelinkaapelointi ja kaapeli-TV. Sähköjärjestelmien ja laitteiden käyttöikä on noin 30–50 vuotta. Sähkö- ja tiedonsiirtojärjestelmät jätetään tarkastelun ulkopuolelle.

2.2 Kohteen rakenteet

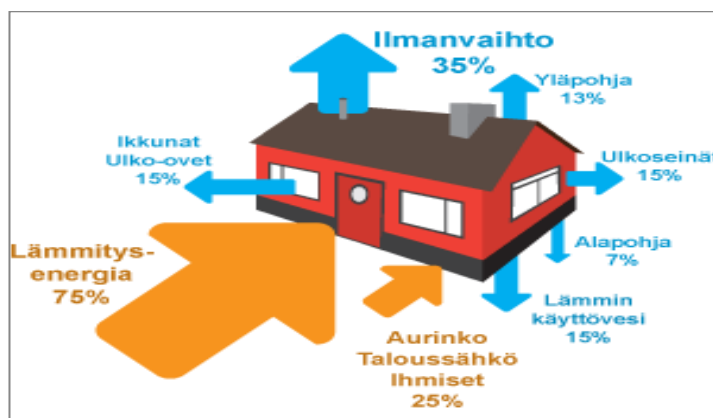
Talon harjakatto on peltiä. Kylmässä ullakkotilassa on 300 mm mineraalivillaa. Julkisivuna on tiiliverhous. Ulkoseinä on 350 mm paksu, josta on 210 mm mineraalivillaa. Sisäpuolella on lastulevyseinä. Alapohja on 50 mm:n teräsbetonilaatta, jonka alla on 100 mm:n lämmöneriste ja sokkelin reunalla on 50 mm:n lisälämmöneriste. Lattiamateriaalina asuinhuoneissa on parketti ja kosteissa tiloissa laattalattia.

2.3 Kohteen talotekniikka ja sen nykytila

Talotekniikka on alkuperäinen. Kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto. Vesijohdot ovat kuparia ja osittain suojaputkessa olevaa muoviputkea. Viemärit ovat muovia. Vesi- ja viemäriputket ovat hyvässä kunnossa. Lämminvesivaraaja on alkuperäinen ja sen tekninen käyttöikä on umpeutunut. Talon päälämmitysjärjestelmä on suorasähkölämmitys. Kosteissa tiloissa on mukavuuslattialämmitys. Lisäksi talossa on varaava takka olohuoneessa ja puuliesi keittiössä.

3 Pientalon lämpöhäviöt

Pientalon lämpöhäviöiden suuruus riippuu käytetyistä eristemateriaaleista, eristeiden paksuudesta, ikkunoiden lämpöteknisistä ominaisuuksista, vaipan tiiviyydestä sekä rakennuksen koosta ja maantieteellisestä sijainnista.



Kuva 3. Pientalon energiavirrat [8].

Pientalossa puolet lämmitysenergiasta johtuu ulkovaipan (seinät, yläpohja, alapohja, ikkunat ja ovet) läpi. Huomattava osa, reilu kolmannes, lämmöstä häviää ilmanvaihdon kautta (kuva 3). Lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon tarkoituksena on kuvata rakennuksen eri rakennusosien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi on lämmöneristys.

Taulukko 1. Energiatehokkuusvaatimuksia eri vuosikymmeninä [9, s. 12.].

	C3 1976	C3 1978	C3 1985	C3 2003	C3 2007	C3 2010	D3 2012	?
Ulkoseinä, W/(m ² K)	0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17	
Yläpohja, W/(m ² K)	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09	
Maanvarainen alapohja, W/(m ² K)	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16	
Ikkuna, W/(m ² K)	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0	
Lämpöhäviön kompensatoraja, %				10	20	30	vapaa	
Ilmanpitävyys 50 Pa paine-erolla				$n_{50}=4,0$	$n_{50}=4,0$	$n_{50}=4,0$	$q_{50}=4,0$	
LTO:n vuosihyötysuhde, %				30	30	45	45	
Iv:n ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)				2,5	2,5	2,5	2,0	
E-luku 150 m ² talolle, kWh/(m ² a)							162	lähes nolla

Talojen tiiveysvaatimukset ovat kasvaneet vuosien varrella. Rakentajien huolellisuudesta riippuu, tuleeko talosta tiivis vai ei. Rakennusmateriaaleilla ja rakennustavalla ei ole juurikaan merkitystä ilmanpitävyyteen. Rakennuksen ilmavuotolukua pienennetään tilkitsemällä ulkovaippaa. Kun ilmavuotoja tukitaan ja eristävyyttä parannetaan, on muistettava huolehtia ilmanvaihdosta. [10, s. 23.]

4 Keinoja ostoenergiankulutuksen pienentämiseen

Pientalon omistajat usein keskittyvät miettimään lämmitysjärjestelmää. Tärkeämpää olisi miettiä, voidaanko talon lämmitysenergian tarvetta vähentää muuten, esimerkiksi muuttamalla käyttötottumuksia tai parantamalla seinien ja ikkunoiden eristystä sekä tiiveyttä.

Käyttötottumuksien muuttaminen on halvin keino vähentää ostoenergian tarvetta. Suihkussa oloaikaa lyhennetään. Ei pidetä tarpeettomasti sähkölaitteita päällä esim. saunan kiuasta tai autonlämmitystä. Seurataan sähköenergian kulutusta säännöllisin väliajoin. Alennetaan veden lämpötilan asetusarvoa varaajassa ainakin kesäajaksi. On muistettava, että veden lämpötila on ainakin käytävä 60–65 asteessa, Legionella-bakteerin ehkäisemiseksi. Säädetään lämpötilat huonekäytön mukaisesti.

Hyvä keino on myös **olemassa olevan lämmitysjärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen**. Vaihdetaan uudet sähköpatterit ja elektroniset termostaatit ja sääde-

tään kodinohjausjärjestelmä pienentämään lämmitystä ja ilmanvaihtoa, kun asukkaat ovat poissa kodistaan.

Tehdään **ikkunaremontti**. Ikkunarakenteiden korjausvaihtoehtoja ovat ikkunoiden perusparannus, lisälasisien tai etuikkunan asentaminen ja ikkunoiden uusiminen karmeineen. [12, s. 77.] Ikkunaneliömetrin läpi kulkee noin 5–6 kertaa niin suuri lämpöteho kuin ulkoseinäneliömetrin läpi. Määräysten mukainen U-arvo saavutetaan erikoisrakenteisella kolmilasisella tai tavanomaisella nelilasisella ikkunalla. Ikkunoiden läpi tulee myös auringon säteilyenergiaa. Tätä ilmaisenergiaa voidaan hyödyntää pienentämään lämmityskustannuksia lämmityskauden aikana syksyllä ja keväällä. [12, s. 69.]

Tiivistämättömän ikkunan lämpövuoto voi olla tiivistettyyn nähden kaksinkertainen. Sisäpuite tulee tiivistää täysin ja ulkopuute siten, että sekä alhaalta että ylhäältä jätetään noin 5 cm tiivistämättä. Näin ikkunaan saadaan hallittu ilmanvaihto. Lämpöhäviö ikkunalasien kautta riippuu lasiväliden paksuudesta. Lasi ei eristä lämpöä, mutta lasivälissä oleva ilma eristää. [13, s. 20.]

Tehdään taloon **energiaremontti**. Esimerkiksi lisätään lämpöeristeitä ja paksunnetaan seinärakenteita. Energianhinta tulee todennäköisesti nousemaan rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennuksen lämmitystarpeen pienentämiseen tähtäävät investoinnit ovat aina kannattavia takaisinmaksuaikojen lyhentyessä. [14]

Otetaan **tukilämmitys** käyttöön, joka asennetaan varsinaisen lämmitysmuodon lisäksi. Esimerkiksi sähkölämmityksen lisäksi laitetaan ilmalämpöpumppu-, aurinkokeräin- tai vesitakkajärjestelmä.

Rakennukseen **vaihdetaan lämmitysjärjestelmä**. Esimerkiksi sähkölämmitys korvataan maalämpöjärjestelmällä ja vesikiertoisella lattialämmityksellä.

Talon energiantarpeella on vaikutusta lämmitysjärjestelmän valintaan. Suureen taloon kannattaa hankkia järjestelmä, joka käyttää edullisempaa energiaa. Rakennuspaikasta riippuu, mitä järjestelmiä on valittavana. Kaukolämpö ja maakaasulämmitys ovat mahdollisia, vain jos rakennus on kaukolämpö- tai maakaasuverkon lähellä. Maalämpöpumppua harkittaessa on tutkittava maaperä, sopiiko se vaakaputkistolle tai onko peruskallio riittävän lähellä maanpintaa, jotta voidaan tehdä porakaivo. Puulämmitys on

yleinen haja-asutusalueilla, missä puun hankkiminen ja varastointi on helpompaa kuin taajamissa.

Kerran valittua järjestelmää ei voi myöhemmin yleensä helposti muuttaa ja yleensä muutos tulee kalliiksi. Lisäksi lämmitystavan valinta vaikuttaa suuresti asumismukavuuteen ja rakennuksen käyttökustannuksiin. Yhtä ainoaa ja oikeaa lämmitysjärjestelmää ei ole, sillä kaikissa on sekä hyviä että huonoja puolia.

Lämmitysjärjestelmää valittaessa joudutaan yhteen sovittamaan monet asiat; perheen tarpeet, taloudelliset seikat, ympäristöasiat, rakennuksen haasteet ja lämmitysjärjestelmän mahdollisuudet jne. Kannattaa selvittää, voidaanko talon lämmitystarvetta pienentää esimerkiksi paremmalla eristyksellä tai ilmatiiveydellä. Korjauskohteissa kannattaa miettiä, voidaanko päälämmitysjärjestelmän rinnalle hankkia täydentäviä lämmitysjärjestelmiä.

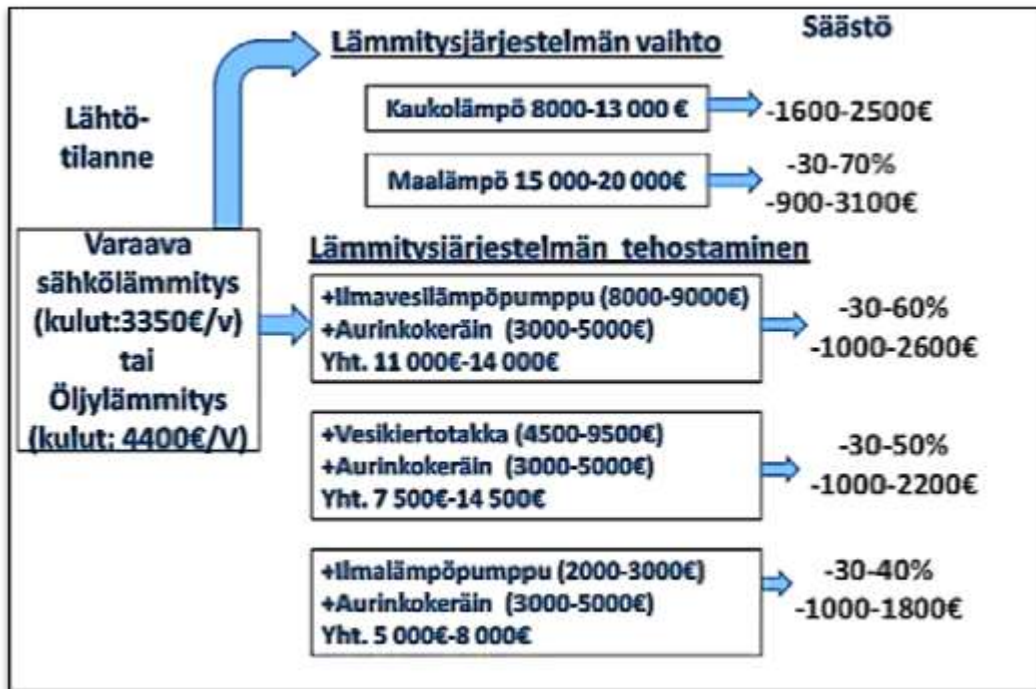
5 Lämmitysjärjestelmävaihtoehdot

Sähkölämmitys voidaan vaihtaa käytännössä seuraaviin uusiutuvia energialähteitä hyödyntäviin lämmitysratkaisuihin: kauko-, pelletti-, hake-, puu- tai maalämpölämmitys.

Kaukolämpöä on helppo käyttää, mutta se ei ole kaikkialla tarjolla. Rakennuksen on sijaittava kaukolämpöverkon läheisyydessä. Pellettilämmitys tarvitsee tilaa pellettien varastointiin ja vaatii säännöllistä huoltoa ja automatiikkaan. Hakelämmitys toimii kuten pellettilämmityskin lähes automaattisesti, mutta vaatii tuhkapitoisuuden takia yleensä enemmän huoltoa. Puu- ja hakelämmitystä harkittaessa on syytä miettiä etukäteen, mistä polttoainetta hankitaan ja missä sitä säilytetään. Puulämmitys vaatii asukkailta enemmän työtä kuin muut lämmitystavat.

Maalämmössä on tonttikohtaisia rajoituksia, siinä on pienemmät käyttökustannukset, mutta korkea alkuinvestointi. Maalämpö sopii uusiin ja paljon lämpöenergiaa tarvitseviin kohteisiin. Maalämpöpumpun investointikustannukset ovat melko suuret, mutta käyttökustannukset ovat edulliset. Saneerauskohteiden investointi on suurempi kuin uudistalojen kohdalla. Erityisesti pientalojen ja matalaenergiatalojen kohdalla järjestelmän takaisinmaksuaika on melko pitkä, 10–15 vuotta. [15]

Lämmityksen aiheuttamat kustannukset koostuvat lämmitysjärjestelmän investointikustannuksista ja käyttökustannuksista. Lämmitysjärjestelmän valinnassa kannattaa ajatella koko rakennuksen elinkaarta ja energian hintojen muuttumista tulevana vuosina. Lämmitysjärjestelmien investointilaskelmien laskenta-aika on pitkä. Erityisesti energian hintojen välisiä suhteita on hankala arvioida kauas 30 vuoden päähän.



Kuva 4. Lämmitysjärjestelmän muuttamisen kustannukset ja säästöt [16].

Kuvassa 4 on arvioitu, mitä maksaa varaavan sähkölämmityksen vaihtaminen tai täydentäminen toisella lämmitysmuodolla. Lämmitysjärjestelmän tehostaminen on kannattavampaa kuin lämmitysjärjestelmän vaihto.

Suoran sähkölämmityksen muuttaminen varaavaksi lämmitykseksi vaatii myös vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän perustamisen, käytännössä patteri- tai lattialämmitysverkoston tekemisen. Sähkölämmityksen rinnalla voidaan käyttää tukilämmitysjärjestelmiä. Täydentävillä lämmitysjärjestelmillä talon koko lämmöntarpeen kattaminen ei onnistu, mutta niillä voidaan pienentää ostettavan sähköenergian määrää. Tällaisia täydentäviä lämmitysjärjestelmillä ovat lämmönsiirtimillä varustetut tulisijat, aurinkolämpöjärjestelmät ja ilmalämpöpumput.

6 Lämmitysjärjestelmän tehostaminen täydentävillä järjestelmillä

6.1 Ilma-ilmalämpöpumppu

Ilma-ilmalämpöpumppu eli lyhennettynä Ilmalämpöpumppu koostuu kahdesta osasta: ulkoyksiköstä ja sisäyksiköstä. Ilmalämpöpumpun ulkoyksikön höyrystinpatterin läpi puhalletaan ilmaa noin tuhat kuutiota tunnissa. Tällöin ilma jäähtyy noin viiden asteen verran. Jäähtymisessä saadulla energialla höyrystetään putkistossa kiertävää kylmäainetta. Ulkoyksikössä sijaitseva kompressori puristaa höyryn suurempaan paineeseen ja lämpötilaan. Ulkoyksikön kompressori kierrättää lämmenneen kylmäainehöyryn sisäyksikköön. Siellä kylmäaine lauhtuu nesteeksi ja luovuttaa lämmön talon lämmitykseen. Ilma puhalletaan ilmalämpöpumpun sisäyksikön lauhdutinpatterin läpi talon sisäilmaan. Lopuksi lauhtunut kylmäaine palautuu ulkoyksikköön uudelleen höyrystettäväksi.

Ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä leviää lämpöä rakennusmuodosta ja tilan koosta riippuen 30–100 m²:n alueelle. Väliseinät ja sokkeloiset huoneratkaisut haittaavat merkittävästi lämmön siirtymistä muihin huoneisiin. Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö asennetaan yleensä eteistilaan oven yläpuolelle, kaksikerroksisissa taloissa portaikkoon. Ulkoyksikkö ruuvataan talon seinään tai sijoitetaan telineelle lumirajan yläpuolelle. [17]

Ilmalämpöpumpun tuottaman lämmön määrä riippuu ulkoilman lämpötilasta. Mitä matalampi ulkolämpötila on, sitä vähemmän lämpöä voidaan tuottaa. Ulkoilman laskiessa alle -20 asteen on ilmapumpun suorituskyky huono. Ilmapumpulla ei pystytä Suomessa kattamaan talven kylmimmän kauden lämmitystehontarvetta. Sen käyttö on järkevintä suoran sähkölämmityksen rinnalla, jolloin sähköä säästyy erityisesti keväällä ja syksyllä.

Ilmalämpöpumppu soveltuu kaikkiin talotyyppeihin uusiin sekä vanhoihin taloihin. Ilmalämpöpumppu sopii hyvin tukilämmitykseen sähkölämmityksen rinnalle tai esimerkiksi autotallin päälämmitysjärjestelmäksi. Ilmalämpöpumppu ei lämmitä käyttövettä. Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää sisäilman viilentämiseen. Se myös suodattaa ilmaa edellyttäen, että suodatin puhdistetaan säännöllisesti. Ilmapumpun automaattitoimintoa ei pidä käyttää talvella. Kun takassa poltetaan puita, tehdään ruokaa tai aurinko lämmittelee, automaattiasennossa ilmapumppu viilentää, jotta lämpötila pysyisi vakiona. 15–

20 asteen pakkasessa pumppu tuottaa vain sen verran lämpöä kuin se kuluttaa sähköä. Silloin laite kannattaa sammuttaa. [10, s. 24]

Asennettuna ilmalämpöpumpun kustannus on noin 1 500–2 500 euroa. Energiasäästöä saadaan noin 3 000 kWh vuodessa. Säästön suuruus vaihtelee muun lämmitysjärjestelmän säädöistä, rakennuksesta ja ilmalämpöpumpun käyttötavasta. Ilmalämpöpumpulla voidaan tuottaa tyypillisesti 30–40 prosenttia huonetilojen lämmitysenergiasta. [18]

6.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilma-vesilämpöpumppu on hyvä ratkaisu silloin, kun ei voida tehdä maalämpöä. Ilma-vesi-lämpöpumpun etuna verrattuna maalämpöpumpuun on halvempi hankintahinta sekä se, että se voidaan asentaa sellaisiin kohteisiin, joihin maalämpöpumpun asennus ei maaperästä johtuen ole mahdollista. Ilma-vesilämpöpumppu sopii paremmin lattialämmityksen kuin patteriverkoston yhteyteen. Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan lämmittää myös käyttövesi noin +50 asteen lämpötilaan saakka, jonka jälkeen loppulämpö on tuotettava esimerkiksi sähkövastuksella.

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan kattaa talon lämmitystarve yleensä –15 asteeseen saakka. Sitä alemmilla ulkolämpötiloilla tarvitaan sähkövastuksia. Investoinnin suuruus on yleensä noin 7 000–14 000 euroa pientalossa. [19]

6.3 Tulisijat

Tulisijoilla lämmittäminen on perinteinen lämmitystapa, sillä voidaan kattaa merkittävä osa pientalon lämmitystarpeesta. Tulisija on myös varalämmönlähde sähkökatkojen aikana. Parhaita ovat massiiviset tulisijat, niiden rakenteisiin varautunut lämpö siirtyy huoneeseen pienellä teholla pitkän ajan kuluessa. Varaavalla tulisijalla on mahdollista tuottaa kolmasosa talon lämmitystarpeesta. Tulisijan käyttäminen on erityisen suositeltavaa sähkölämmitteisessä talossa. Puuta kannattaa polttaa reilusti kovien pakkasten aikana, jolloin lämmitystarve on suuri.

Puun käytöllä on merkitystä päästökuormituksen pienentämisessä sekä energiaomavaraisuuden kasvattamisessa. Hiilidioksidin osalta polttopuu on neutraali, eli puu käyttää kasvaessa saman verran hiilidioksidia kuin se palaessaan sitä tuottaa. Muut ympäristöä kuormittavat palamistuotteet, esimerkiksi haitalliset hiilivedyt ja hiukkaspäästöt ovat nykyaikaisissa oikein lämmitetyissä tulisijoissa vähäiset. [20, s. 29.]

Vesikiertoiset tulisijat mahdollistavat lämmön varaamisen vesivaraajaan veteen. Tulisijan sisään asennetaan lämmönsiirrin, jossa kiertää vesi. Takassa lämmennyt vesi siirtyy vesivaraajaan, josta se voidaan hyödyntää lämmitykseen tai lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Lämpöä voidaan ottaa talteen myös hormista. Lämmön talteenotto hormista parantaa tulisijan hyötysuhdetta ja vähentää puun tarvetta. Tulisija tuottaa aina lämpöä myös huoneilmaan, joten sen käyttö veden lämmityksessä kesällä ei ole mielekäästä. Vesikiertoinen takka ei luovuta lämpöä yhtä paljon huoneilmaan kuin perinteinen takka.

6.4 Aurinkolämmitys

Aurinkoenergialla voidaan tuottaa sekä lämpöä että sähköä. Aurinkoenergiaa hyödynnetään tuottamalla sähköä aurinkopaneeleilla ja lämpöä aurinkokeräimillä. Suomessa saadaan auringosta energiaa keskimäärin 1 000 kWh vuodessa. Vain keskitalvella, joulutammikuussa, kun aurinko on matalalla tai kokonaan horisontin takana, aurinkoenergiaa ei saada talteen. [21]

Yleensä aurinkokeräimiä käytetään lämpimän käyttöveden valmistukseen mutta suurempi hyöty saadaan, jos aurinkokeräimet liitetään myös vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Jos aurinkokeräimet on kytketty lämmitysjärjestelmään, voidaan aurinkolämmöllä tuottaa jopa 25–35 % huoneitten lämmitystarpeesta. [22]

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää rakennuksen lämmittämisessä sekä passiivisesti että aktiivisesti. Passiivisen aurinkoenergian saatavuutta voidaan lisätä rakennuksen suuntaamisella ja sijoittamisella tontilla, talon muodolla ja ikkunoiden koolla sekä rakennusmateriaaleilla. Aktiivisessa aurinkoenergian hyödyntämisessä auringonsäteily muunnetaan lämmöksi aurinkokeräimillä. Auringon säteilyn passiivinen tai aktiivinen hyödyntäminen säästää uusiutumattomia luonnonvaroja ja vähentää talon muun lämmitysenergian tarvetta. Aurinkoenergian hyödyntäminen ei aiheuta suoria päästöjä,

mutta aurinkokeräinten valmistus ja pieni käyttösähkön tarve aiheuttavat välillisiä ympäristövaikutuksia. [23]

Tyhjiöputkikeräimissä lämmönkeruuputkisto on sijoitettu tyhjiöksi imetyn lasiputkilon sisälle. Tyhjiö toimii eristeenä. Tyhjiöputken sisäpinta on pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella. Tyhjiöputkien takana voi olla heijastuspinta, jolla aurinkoenergiaa kerätään myös putken takaa. Tyhjiöputkirakenne lisää aurinkoenergian keräämistä, koska rakenne ei ole riippuvainen säteilyn tulosuunnasta. Lisäksi voidaan hyödyntää hajasäteilyä, eli lämpöä saadaan talteen myös pilvisellä säällä. [24] Tyhjiöputket voidaan asentaa pystyasentoon, jolloin talvella lumi valuu helpommin niiden pinnalta ja näin saadaan enemmän tehoa alkukeväällä ja loppusyksyllä, silloin kun aurinko paistaa matalammalta. Tässä huonona puolena on se, että kesäaikainen teho pienenee.

Tasokeräimessä keruuputkisto on kupariputkea, joka on asennettu vaakatasoon. Jokaiseen putkeen on liitetty absorptiopinnan kasvattamiseksi sivulevyt. Levyt ja putket ovat pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella, joka imee lämpöenergian mutta ei luovuta sitä ulospäin. Keräinputkisto on sijoitettu eristettyyn koteloon. Aurinkoon päin oleva taso on erikoispinnoitettua lasia. Tällainen vähärautainen lasi päästää läpi lämpösäteilyn paremmin kuin normaali lasi. [25]

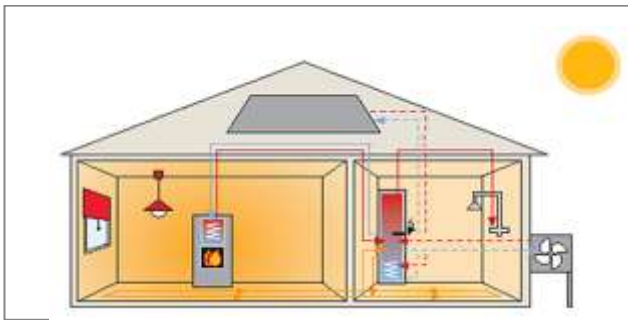
Eräänlaisena passiivisen ja aktiivisen aurinkolämmitystekniikan välimuotona on pidettävä rakennusosien käyttämistä aurinkoenergian hyödyntämisessä. Näistä esimerkkinä on aurinkoenergian keräämiseksi tarkoitettu viherhuone. [26, s. 337.] Viherhuone voi olla käytännössä lasiveranta tai lasitettu parveke, joka on auringon puolella. Se estää liiallisen lämmön siirtymisen huoneeseen, mutta siitä voidaan johtaa lämmintä ilmaa tarvittaessa huoneeseen. Viherhuoneen ja huoneen välinen seinä toimii aurinkolämmön varaajana. Talvisin viherhuone toimii kuten tuulikaappi. Se estää sisältä lämmön siirtymistä ulos. Aurinkoenergian hyödyntäminen suoraan edellyttää isoa ikkuna-alaa eteläjulkisivussa ja huonejärjestelyä, jossa eniten lämpöä vaativat tilat ovat heti ikkunan takana. Nämä oleskelutilat toimivat aurinkokeräiminä. Auringon lämpö varastoituu lattiaan ja seiniin. Monet rakennusmateriaalit toimivat lämpövarastona. Raskaat materiaalit (esim. kivi, betoni, hiekka, tiili jne.) myös tasoittavat lämpötiloja. [27, s. 59.]

Käyttöveden lämmittämiseen tarvitaan arviolta 5–8 m² keräinpinta-alaa. Huoneiden lämmitys mukaan luettuna tarvitaan 10–12 m² keräinpinta-alaa. Keräin tuottaa energiaa yhden neliömetrin alalta yleensä 250–400 kWh vuodessa. Aurinkokeräimellä saadun

energian rahallinen arvo neliometriä kohden on noin 20–30 euroa vuodessa energian hinnasta riippuen. Pientaloon sopiva keräimen koko on 8–12 neliometriä. Järjestelmä maksaa asennettuna noin 4 000–5 000 euroa. [28]

6.5 Hybridilämmitys

Hybridilämmitys tarkoittaa useamman eri energialähteen hyödyntämistä lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen eri vuodenaikoina. Hybridijärjestelmässä pyritään ympäristöystävälliseen ja tehokkaaseen energian tuottamiseen.

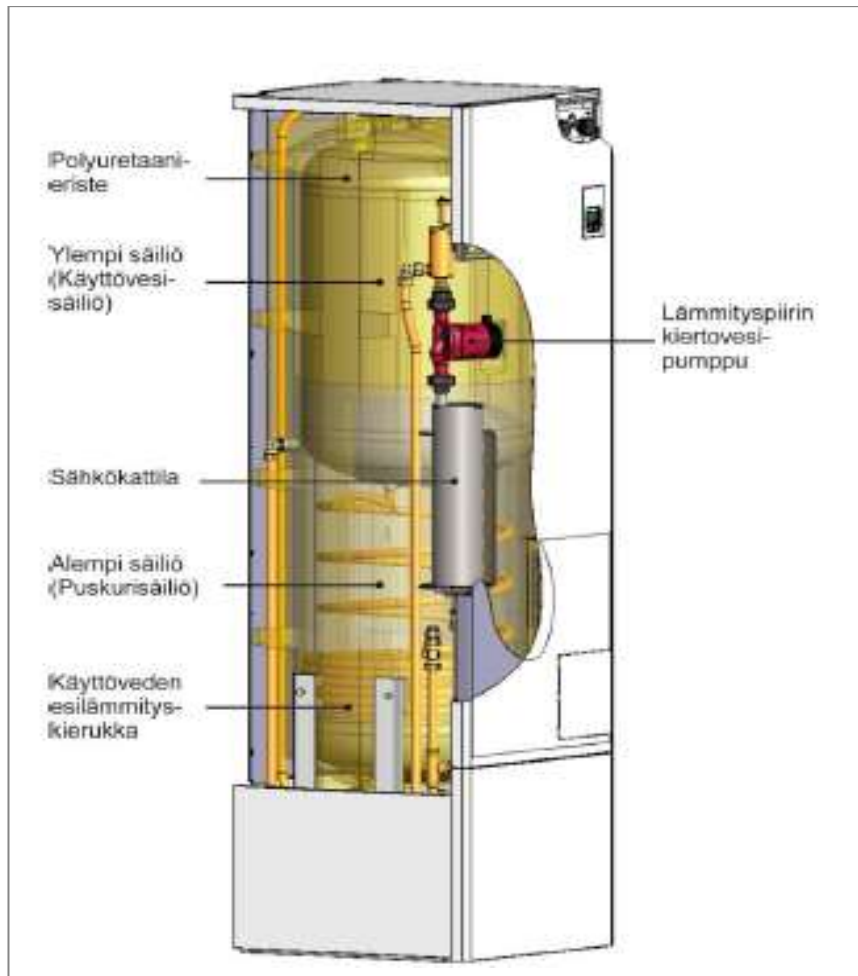


Kuva 5. Hybridilämmitys [29]

Kuvassa 5 hybridivaraajaan johdetaan lämmintä vettä vesitakasta ja aurinkokeräimistä. Ilma-vesilämpöpumpusta on myös johdettu lämmintä vettä varaajaan. Varaajassa esilämmitettyä vettä lämmitetään lisää varaajan sähkövastuksella.

6.5.1 Jäspi Ecowatti 13K -hybridivaraaja

Ecowatti on omakotitaloihin ja rivitaloihin kehitetty lämmityslaite. Se mahdollistaa useiden erilaisten lämmönlähteiden rinnakkaiskäytön. Ecowattiin voidaan kytkeä ilmavesitai maalämpöpumppu, veteen varaava takka, aurinkokeräin tai muu tilapäinen tai toissijainen lämmönlähde. Ecowatti 13 K -malli sisältää tehtaalla asennetun aurinkokierukan. Jäspi Ecowatti on täysin suomalainen tuote. [30]



Kuva 6. Jäspi Ecowatti 13K -hybridivaraajan toimintaperiaate [30]

Ecowatti (kuva 6) koostuu kahdesta 150 l:n säiliöstä. Alempi toimii puskurisäiliönä. Se huolehtii lämmityksestä. Ylempi säiliö huolehtii puolestaan käyttöveden lämmityksestä ja toimii käyttövesisäiliönä. Lämmityssäiliöön on asennettu kuparinen käyttövesikierukka, jonka läpi kylmä käyttövesi virtaa. Käyttövesi esilämmitetään lämmityssäiliön kuparikierukassa. Lämpö siirtyy alasäiliöstä veden mukana sekä lämmityskierto on että kierukan läpi virtaavan käyttöveden mukana käyttövesisäiliöön. Käyttövesisäiliössä vesi kuumennetaan 4,5 kW:n sähkövastuksella loppulämpötilaan. [30]

Ecowatin lämmitysautomaatiikka huolehtii, että lämpimän käyttövedettä riittää, ja että lämmityksen menoveden lämpötila on oikea. Laitteen automaatiikka kykenee ohjaamaan kahta lämmityspiiriä ja aurinkojärjestelmää. Jos tulisijalla tai aurinkokeräajällä tuotettu lämpö ei riitä, otetaan avuksi sähkövastukset. Käyttäjä ohjaa järjestelmää säätöyksikön näyttöpaneelin avulla. Käyttäjä voi valita tarkoitukseen sopivan lämmitystavan tar-

peidensa mukaan. Kuvassa 7 näytön alla olevien nuolinäppäinten avulla siirrytään valikosta toiseen ja muutetaan asetusarvoja.



Kuva 7. Ohjauspaneeli [30]

Ecowatti Tulisija PAK -varustepaketilla yhdistetään Jäspi Ecowatti -sähkökattilan tulisijaan. Hankintahinta on arviolta noin 700 euroa ja Jäspi Ecowatti -vedenlämmitin/kattila 13kW K:n (aurinkokierukalla) hinta-arvio on noin 4 600 euroa. [30]

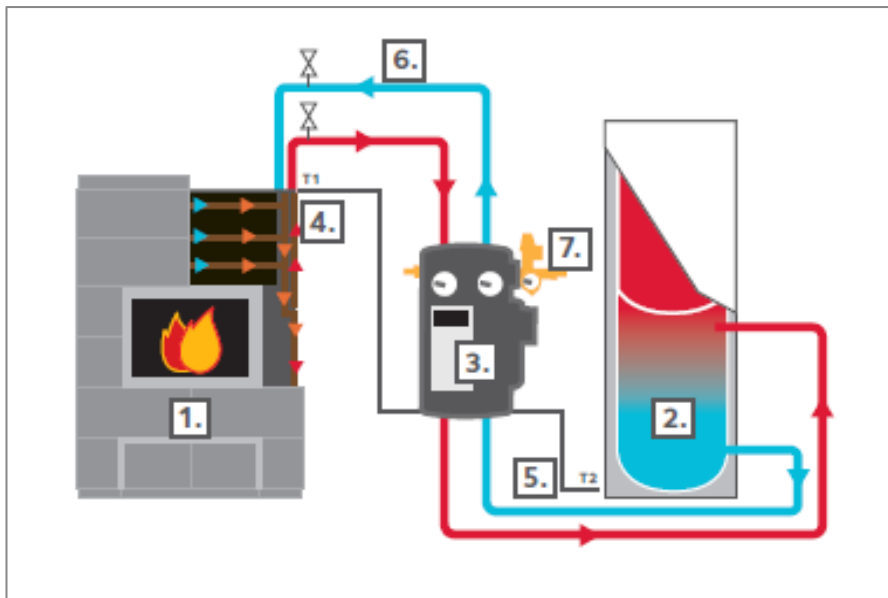
6.5.2 Tulikiven Jouni-vesitakka

Tulikivi Green W10 -lämmitysjärjestelmällä voi siirtää merkittävän osan tulisijan tuottamasta energiasta kodin eri tilojen lämmitykseen tai lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Veteen voidaan siirtää takan tuottamasta energiasta noin 30–50 % (kuva 8). [31] Tulikivi Green W10 -järjestelmässä on kaksi erilaista lämmönsiirripakettia: alaliitos- ja yläliitospaketti. Alaliitospaketti asennetaan, kun tehdään perinteinen tulisijan hormiliitos alhaalta (kuva 9). Alaliitospaketissa lämmönsiirtimet asennetaan takan molemmille sivuille, päälle, taakse ja etuseinään luukun yläpuolelle.



Kuva 8. Jouni-vesitakka [31]

Lämmönsiirtimellä varustettua tulisijaa käytetään normaalisti. Jos tulisijaa käytetään ja pumppu on pysähtynyt, esimerkiksi sähkökatkon aikana, on syytä varmistaa, että varoventtiili ja paisunta-astia toimivat. Sähkökatkoksen jälkeen ja jos tulisijaa on lämmitetty, järjestelmän paine on tarkistettava ja tarvittaessa täytettävä sekä järjestelmä on ilmatava. [31]



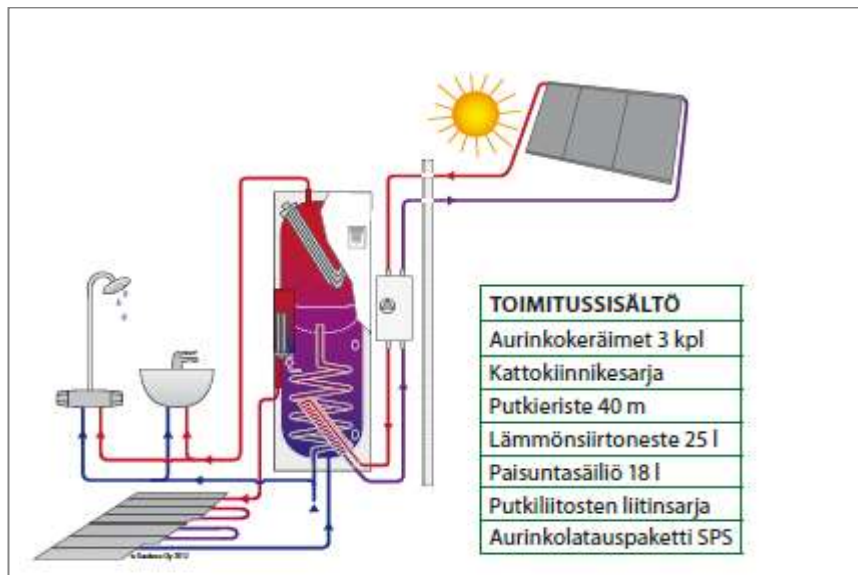
Kuva 9. Green W10 -järjestelmän toimintaperiaate [29]

Green W10 -järjestelmä koostuu kuvan 9 mukaisista osista:

1. Tulikivi W10 -vesilämmitysjärjestelmä ja takka
2. Hybridivaraaja sisältää käyttöveden tuoton sekä lämmityspiirin,
3. Pumppuryhmä,
4. Tulisija-anturi,
5. Varaaja-anturi,
6. Ilmauslaitteet,
7. Paisuntasäiliö ja varolaitteet pumppuryhmässä.

6.5.3 Aurinkopaketti Solar

Auringon ilmaisenergian avulla sähköä säästetään kesäaikana käyttöveden lämmityksessä.



Kuva 10. Jäspi Ecowatti solar [29]

Aurinkolämmityspiiriin sopiva keräinpaketti on esim. Jäspi Ecowatti Solar PAK. Kuvan 10 paketti sisältää mm. aurinkokeräimet (3 kpl, yht. noin 6 m²), pumppuyksikön, paisuntasäiliön, lämmönsiirtonesteen ja kattokiinnikesarjan. Ecowatti voidaan tilata myös tehtaalla valmiiksi aurinkokierukalla asennettuna. Solar PAK -varustepaketti on itsenäinen kokonaisuus, joka voidaan asentaa myös jälkikäteen.

7 Kohderakennuksen energiankulutuksen tarkastelua

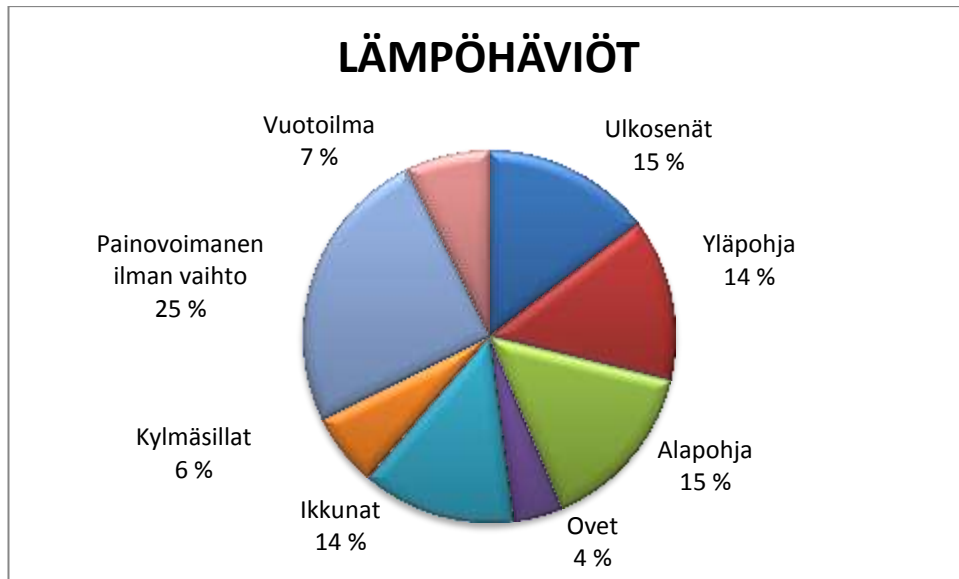
Kohderakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve on laskettu kuukausitason laskentamenetelmällä rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisesti. Painovoimaisen ilmanvaihdon vuotuinen lämmitysenergian tarve on arvioitu käyttämällä ilmanvaihtoker-toimelle arvoa 0,45 1/h.

Laskennassa on käytetty säävyöhykkeen III säätietoja. Rakenteiden pinta-alat ja U-arvot, kylmäsiltojen pituudet, ikkunoiden pinta-alat, suuntaus, U-arvo, g-arvo ja ikkunoihin liittyvät kertoimet on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 1. Yhteenveto kohderakennuksen lämmitysenergian tarpeesta lähtötilanteessa ennen korjaustoimenpiteitä.

	Q _{US}	Q _{YP}	Q _{Ovi}	Q _{AP}	Q _{kylmäsilat}	Q _{ikk, koil}	Q _{ikk, lounas}	Q _{ikk, yht}	Q _{vuotoilma}	Q _{iv, painov.}	Q _{tila}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	592	570	173	343	255	249	291	540	295	1010	3778
Helmikuu	518	499	151	334	224	218	255	473	258	884	3340
Maaliskuu	501	482	146	396	216	211	246	457	249	854	3302
Huhtikuu	367	353	107	410	158	155	181	335	183	626	2539
Toukokuu	248	239	72	423	107	104	122	227	124	423	1863
Kesäkuu	150	145	44	384	65	63	74	137	75	256	1256
Heinäkuu	107	103	31	343	46	45	53	98	53	182	963
Elokuu	148	142	43	316	64	62	73	135	74	252	1174
Syyskuu	234	225	68	280	101	98	115	213	116	398	1635
Lokakuu	346	333	101	262	149	145	170	316	172	589	2268
Marraskuu	450	433	131	254	194	189	221	410	224	767	2863
Joulukuu	550	529	160	509	237	231	270	502	274	937	3697
kWh yht.	4210	4050	1227	4254	1816	1772	2071	3843	2096	7180	28677
kWh/ (m ² a)	35,1	34	10	35	15	15	17	32	17	60	239

Rakennuksen kokonaislämpöhäviö on 28 677 kWh (taulukko 1). Yläpohjan kautta lämpöä johtuu ulos vuodessa 4 050 kWh:n verran. Ikkunoiden kautta lämpöä johtuu 3 843 kWh vuodessa. Painovoimaisen ilmanvaihdon kautta johtuu vuodessa 7 180 kWh. Rakennuksen vaipan kautta lämpöä johtuu (28 677–7 180) kWh eli 21 497 kWh vuodessa.



Kuva 11. Kohderakennuksen lämpöhäviöitten jakautuminen ennen energiakorjaustoimenpiteitä (taulukko 1).

Lämpöhäviöt alapohjan kautta ovat 15 %, samoin ulkoseinien kautta, kokonaislämpöhäviöstä. Ikkunoiden sekä yläpohjan kautta johtuu lämpöä 14 %, ja ovien kautta neljä prosenttia. Loppuosa häviöstä muodostuu kylmäsilloista, rakenteiden liitosten vuotokohdista ja painovoimaisesta ilmanvaihdosta.

Ennen energiakorjaustoimenpiteitä tilojen lämmitysenergian tarpeesta katetaan lämpökuormilla 6 549 kWh (kuva11, taulukko 2), joten tilojen **nettolämmitysenergian ennen eristystä on 22 128 kWh vuodessa.**

Taulukko 2. Yhteenveto kohderakennuksen lämpökuormista ennen korjaustoimenpiteitä (liite 1).

Vaipan lämpökuormat								
				Ko	Lo	Yht.	Yht.	
	Q _{valaistus}	Q _{laitteet}	Q _{henk}	Q _{aur}	Q _{aur}	yht. Q _{aur}	yht. Q _{lämpökuorma}	Q _{sis,lämpö}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	71	161	107	9	16	25	364	364
Helmikuu	65	145	97	25	77	103	409	409
Maaliskuu	71	161	107	70	139	208	548	548
Huhtikuu	69	156	104	108	207	314	643	642
Toukokuu	71	161	107	180	287	468	807	801
Kesäkuu	69	156	104	172	248	420	749	722
Heinäkuu	71	161	107	161	258	418	758	683
Elokuu	71	161	107	113	218	331	670	652
Syyskuu	69	156	104	68	176	243	572	570
Lokakuu	71	161	107	27	74	101	440	440
Marraskuu	69	156	104	10	25	35	363	363
Joulukuu	71	161	107	5	7	12	352	352
kWh yht.	841	1892	1261	947	1732	2679	6673	6549
kWh/(m ² a)	7	16	11	8	14	22	56	55

Alapohjan ja ulkoseinien kautta johtuu lämpöä paljon, mutta alapohjan lisäeristäminen on vaikeaa ja kallista, samoin myös tiiliverhotun ulkoseinän lisäeristäminen. Valitaan tutkittavaksi korjauskohteeksi yläpohjan lisäeristäminen ja ikkunoiden uusiminen. Yläpohjaan lisätään vanhan eristeen päälle 200 mm puhallusvillaa. Nettolämmitysenergian tarve on eristämisen jälkeen 20 115 kWh vuodessa. Lämmitysenergiaa säästyy vuodessa 2 025 kWh. Energian hinnan ollessa 12,2 snt/kWh, tulee säästöä 247 euroa säästöä vuodessa. 200 mm:n lisäeristys 120 m² alalle merkitsee 24 m³ puhallusvillaa. Kotitalousvähennyksen jälkeen jää maksettavaksi 870 euroa. Takaisinmaksuajaksi jää noin 3,5 vuotta.

Ikkunoiden energiatehokkuutta parannetaan, siten että uusitaan ikkunat. Vanhojen ikkunoiden U-arvo on 1,5 W/m²K ja uusien 1.0 W/m²K. Nettolämmitysenergian tarve on eristämisen jälkeen 20 854 kWh vuodessa. Pelkästään ikkunoiden uusimisella säästetään 1 274 kWh vuodessa. Käyttökustannuksissa säästetään 155 € vuodessa. Ikkunaremonttien hinnat vaihtelevat melko paljon. Ikkunoiden uusimisen hinta omakotitaloon

asennustöineen on noin 10 000 euroa. Yhden ikkuna-aukon hinta asennustyön kanssa on 250–700 euroa. Jos tilataan pelkät materiaalit ja osat, kohtuullinen hinta omakotitaloon on 3 000–5 000 euroa. [32] Valitaan keskihintaiset ikkunat ja oletetaan ikkunaremontin hinnaksi 7 000 euroa. Investoinnin takaisinmaksuajaksi tulee 45 vuotta. Yksistään ikkunoiden uusiminen energiataloudellisesti ei ole kannattavaa.

8 Kohteen lämmitysratkaisujen tarkastelua

Kohteen lämmitysratkaisuvaihtoehtoja (taulukko 3) tarkasteltiin elinkaarikustannuslaskelmilla. Laskelmien lähtökohtana (taulukko 4) käytettiin rakennuksen lämmitysenergian tarvetta yläpohjan lisäeristämisen jälkeen, joka todettiin hyvin kannattavaksi toimenpiteeksi jo edellä.

Taulukko 3. Tarkasteltavat tapaukset, kun yläpohjan eristystasoa parannettu.

Tapaus A	Suora sähkölämmitys ja varaava takka 30 %
Tapaus B	Suora sähkölämmitys ja varaava takka 70 %
Tapaus C	Maalämpöpumppu
Tapaus D	Vesitakka ja aurinkokeräimet
Tapaus E	Ilmalämpöpumppu ja varaava takka 70 %
Tapaus F	ILP ja varaava takka 70 %, ei lisäeristystä

Taulukko 4. Laskennan lähtöarvot

Lämmitysenergian netto tarve	22128	kWh/a
Lämmitysenergian netto tarve, YP lisäeriste	20115	kWh/a
Sähkön hinta	0,122	€/kWh
Puun hinta, 50/50 koivu/havupuu	47	€/i-m ³
Polttopuun laskenta-arvot	1400	kWh/p-m ³
Pinokerroin	1,67	
Laskentakorko	2	%
Lämmitysenergian hinnan nousu	5	%
Tarkastelu-aika	30	v
Maalämmön hyötysuhde	0,6	
Varaavan takan hyötysuhde	0,8	
Vesitakan hyötysuhde	0,8	
Ilma-ilmapumpun hyötysuhde	0,3	
SPF-luku (ILP)	2,8	

Taulukko 5. Järjestelmien investointikustannukset

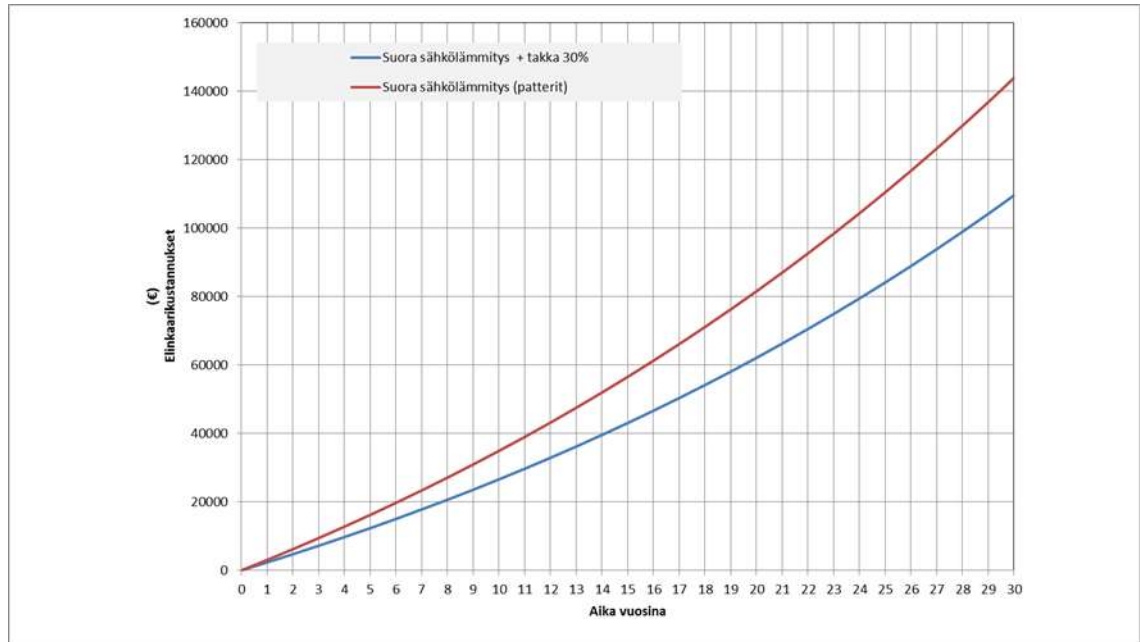
Suora sähkö, patterit	0 €
Tapaus A, suora sähkölämmitys ja varaava takka 30 %	0 €
Tapaus B, suora sähkölämmitys ja varaava takka 70 %	0 €
Tapaus C, maalämpöpumppu	25 000 €
Tapaus D, vesitakka ja aurinkokeräimet	25 500 €
Tapaus E, ilmalämpöpumppu ja varaava takka 70 %	2 000 €
Tapaus F, ILP ja varaava takka 70 %, ei lisäeristystä	2 000 €

Olemassa olevasta sähkölämmityksestä ei synny investointeja. Varsinaisen lämmitys-järjestelmän vaihtamisesta esim. maalämpöön tulee huomattavia investointikustannuksia. (taulukko 5)

Taulukko 6. Elinkaarikustannukset eri tapauksissa

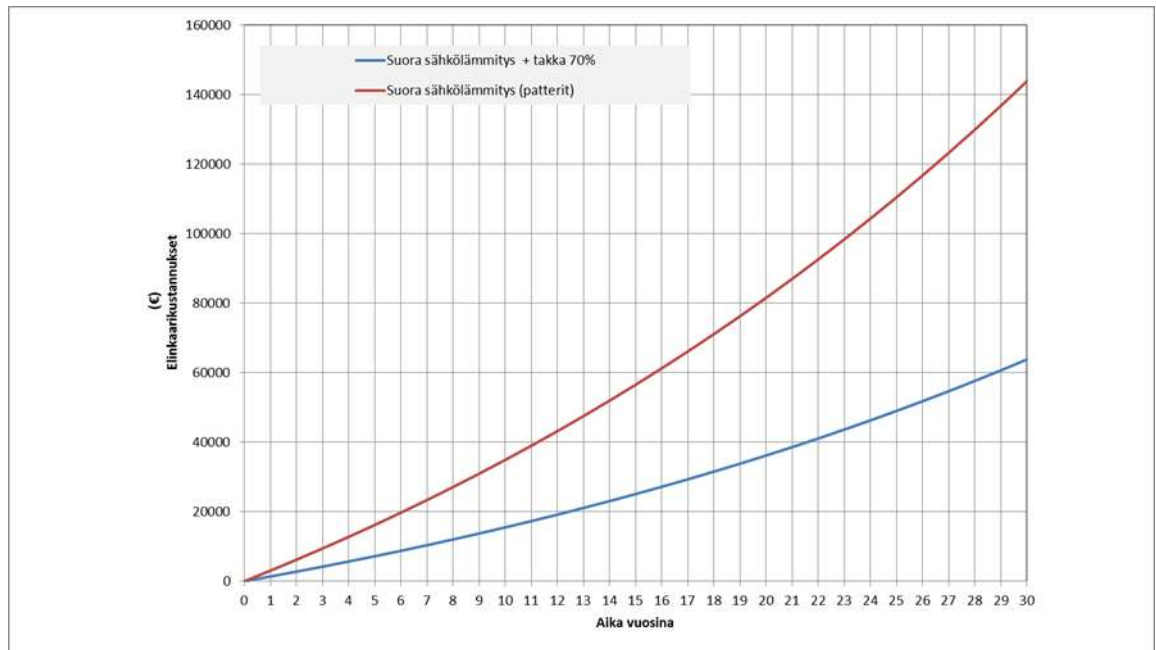
	Vuotuisten kustannusten nykyarvo
Suora sähkö, patterit	143 903 €
Tapaus A, suora sähkölämmitys ja varaava takka 30 %	109 581 €
Tapaus B, suora sähkölämmitys ja varaava takka 70 %	63 817 €
Tapaus C, maalämpöpumppu	98 597 €
Tapaus D, vesitakka ja aurinkokeräimet	5 911 €
Tapaus E, ilmalämpöpumppu ja varaava takka 70 %	43 845 €
Tapaus F, ILP ja varaava takka 70 %, ei lisäeristystä	45 446 €

Tapaus D, vesitakka ja aurinkokeräimet, on elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto vuotuisten kustannusten mukaan ja sähköpatterilämmitys kallein (taulukko 6).



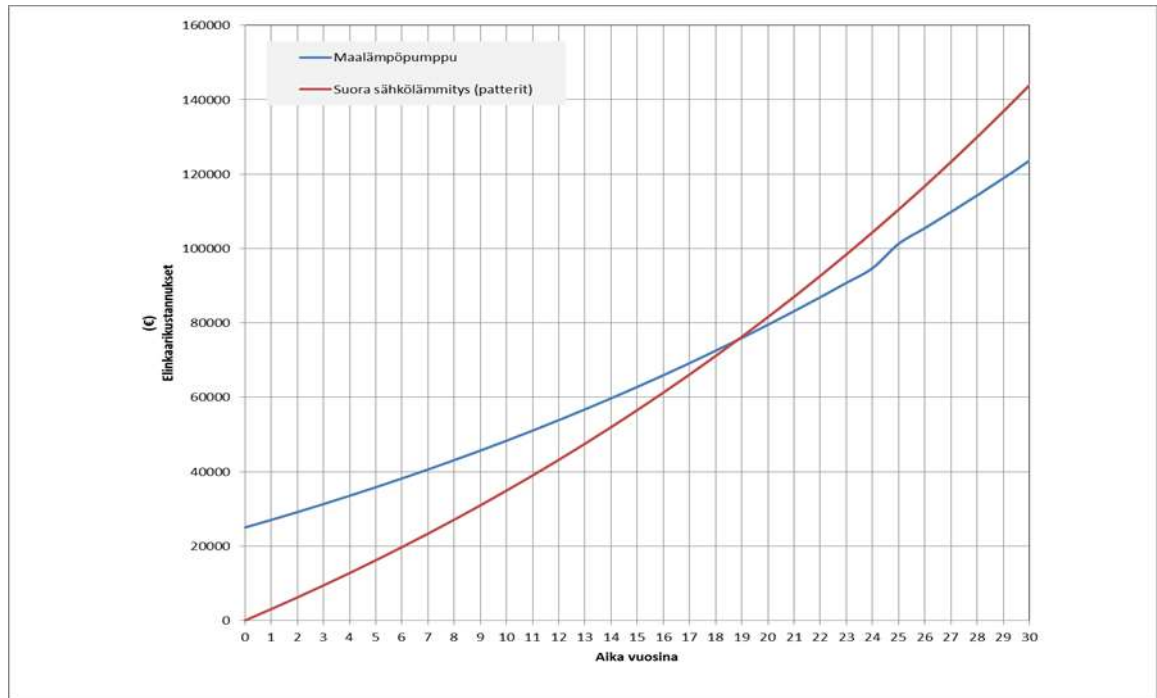
Kuva 12. Tapaus A. Suora sähkölämmitys 70 % ja varaava takka 30 %

Kuvassa 12 kuvataan tilannetta, jossa lämmitys tapahtuu pääosin sähköpatterilla. Koviilla pakkasilla lisälämmitetään varaavalla takalla. Oletetaan, että puun polttamisesta saadaan 30 prosenttia koko vuoden lämmön tarpeesta. Kuvassa 13 kuvataan tilannetta, jossa puun polttamista lisätään reilusti.



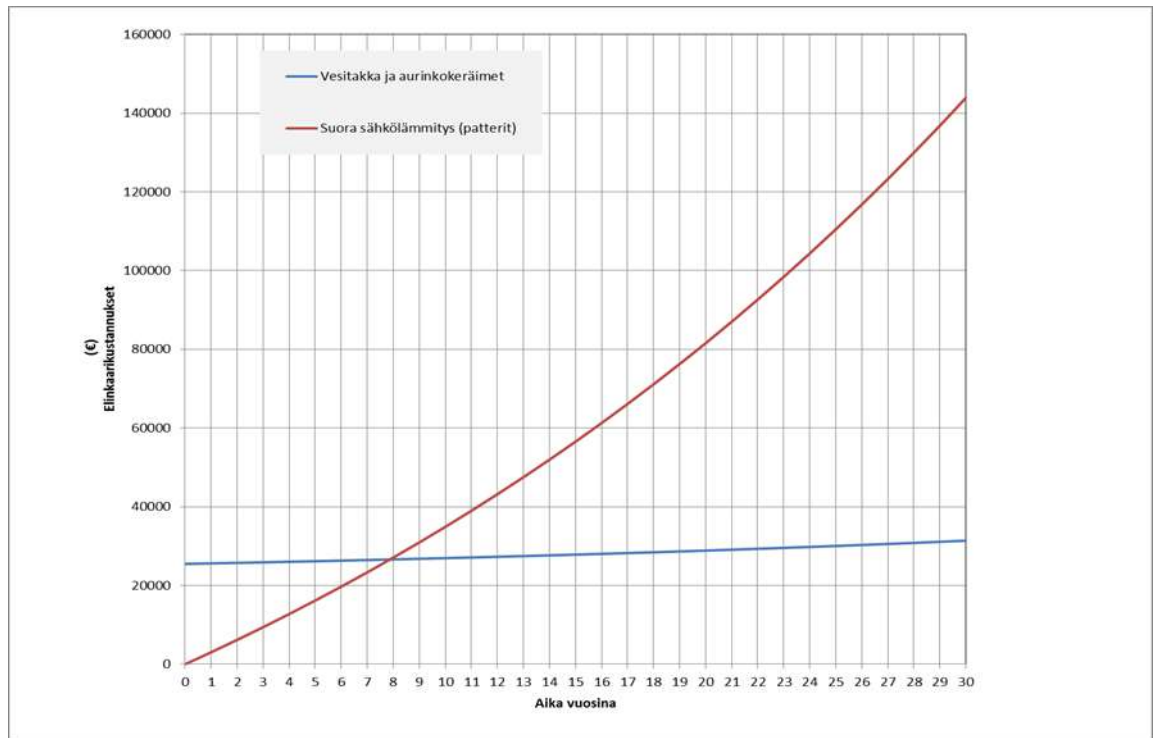
Kuva 13. Tapaus B. Suora sähkölämmitys 30 % ja varaava takka 70 %

Lämmitysjärjestelmänä on nykyinen suorasähkölämmitys, jota verrataan maalämpöjärjestelmään ja lämmön jakelu toteutetaan vesikiertoisella lattialämmityksellä.



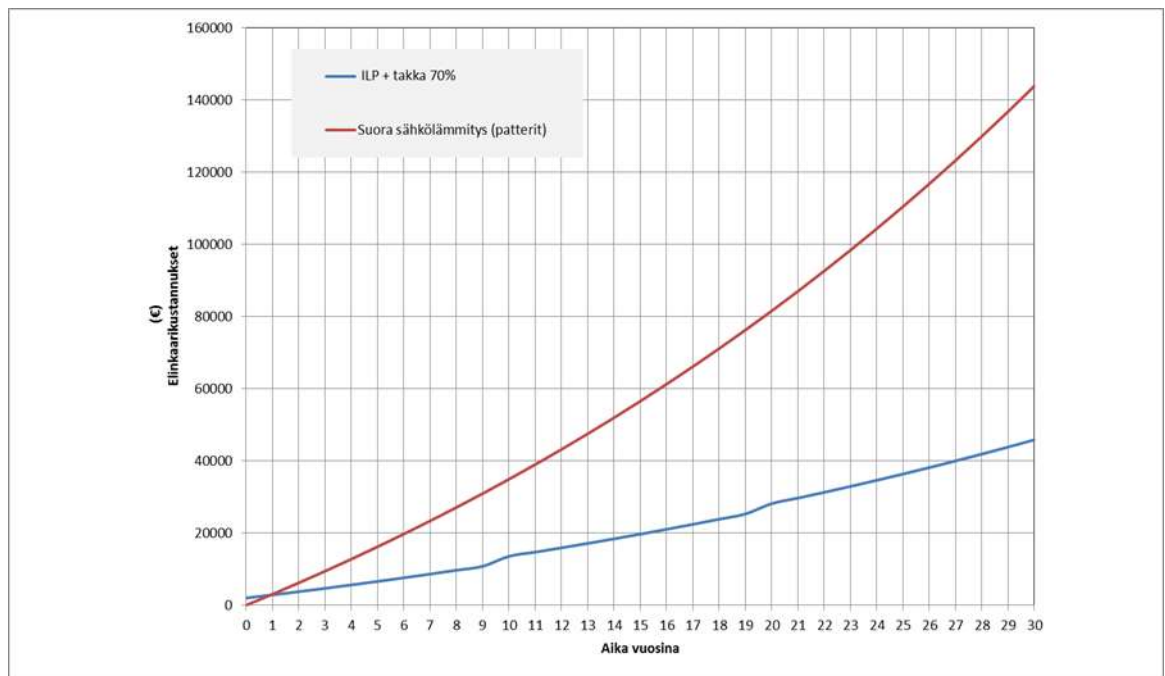
Kuva 14. Tapaus C. Maalämpöpumppu

Kuvan 14 mukaan maalämpö on kannattavaa 19 vuoden päästä investoinnista. Siihen asti suorasähkölämmitys tulee edullisemmaksi. Vesitakkajärjestelmää verrataan suoraan sähkölämmitykseen. Vanhan takan purkukustannuksia ei ole huomioitu laskelmissa.



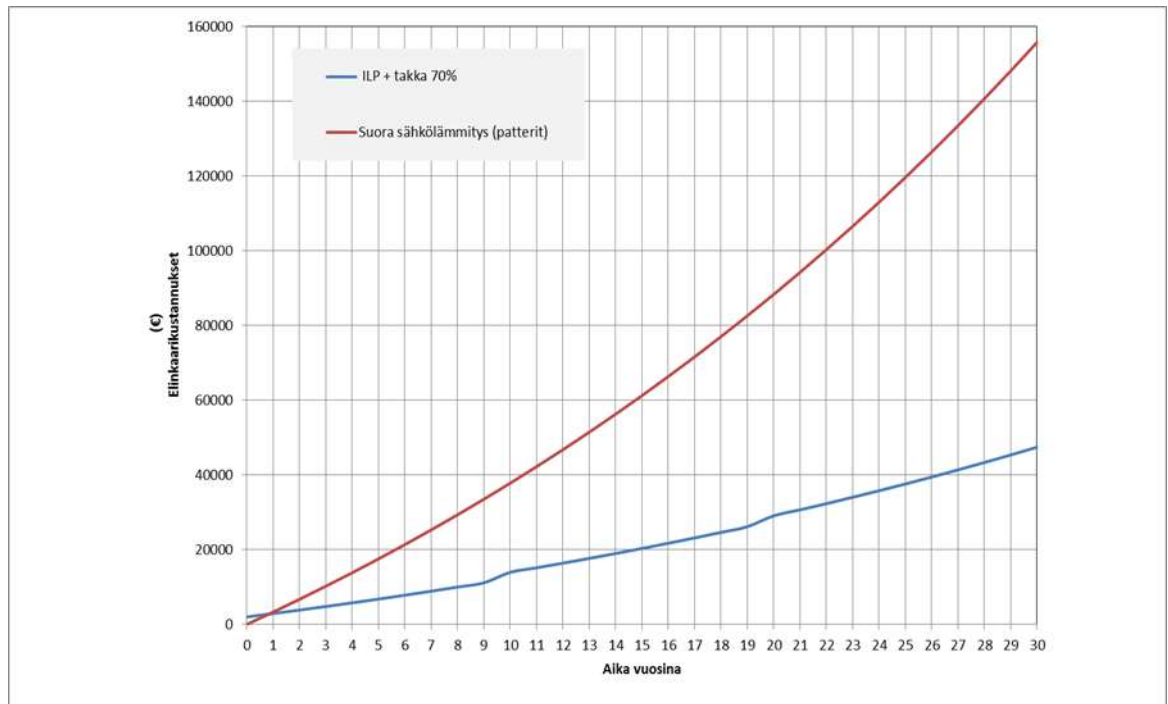
Kuva 15. Tapaus D. Vesitakka ja aurinkokeräimet

Kuvan 15 mukaan vesitakka on kannattavaa 8 vuoden päästä investoinnista. Siihen asti suora sähkölämmitys tulee edullisemmaksi.



Kuva 16. Tapaus E. Ilmalämpöpumppu ja varaava takka 70 %

Yhdistelmä sähkölämmitys-, ilmalämpöpumppu ja tulisija -järjestelmä on kokonaisedullisin vaihtoehto. Jo ensimmäisen vuoden jälkeen ilmalämpöpumpun ja takan yhdistelmä on kannattavampi verrattuna suoraan sähkölämmitykseen (kuva 16).



Kuva 17. Ei lisäeristys, ILP ja takka

Vaikka yläpohjaa ei lisäeristettäisi, ilmalämpöpumpun hankintahinta saadaan säästyneinä käyttökustannuksina vajaassa vuodessa (kuva 17).

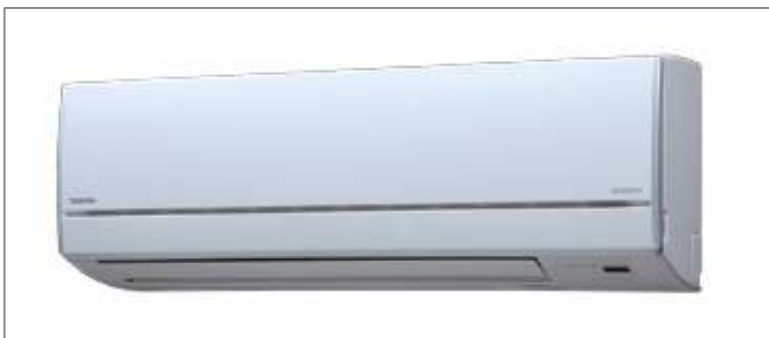
9 Lämmitysjärjestelmän valinta kohteeseen

Kohteeseen valittiin sähkö-, ilmalämpöpumppu- ja tulisijajärjestelmä. Tässä kohteessa se on nykyisellä sähköhinnalla 12,2 snt/kWh edullisin lämmitysmuoto. Jos sähköenergian hinta nousisi esimerkiksi 30 snt/kWh, maalämpö- tai hybridijärjestelmä olisi kannattava investointi.

Ilmalämpöpumppu on käytössä koko vuoden, vain kovilla pakkasilla se ei ole päällä. Kesällä ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös jäähdytykseen. Talvella lämmitetään takkaa ja käytetään puuta niin paljon kuin mahdollista.

9.1 Toshiba-ilmalämpöpumppu

Kohteeseen valittiin Pohjolan olosuhteisiin kehitetty Toshiba Nordic -ilmapumppu, mallimerkiltään RAS-25KVP2-ND (kuva 18).

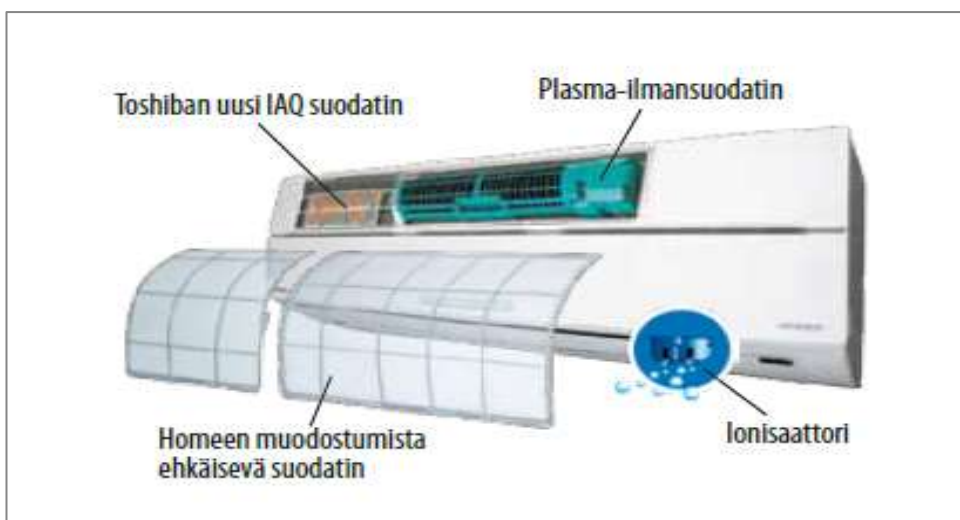


Kuva 18. Toshiba Nordic -ilmalämpöpumpun sisäyksikkö [33].

9.2 Ilmapumpun valintaan vaikuttavia seikkoja

Toshiba Nordic -ilmalämpöpumpussa on korkea lämmöntuottoteho. Maksimiteho lämmityskäytössä on 6,5 kW. COP-arvo on 5,10. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että 1 kW:lla sähköä saadaan parhaimmillaan 5,10 kW lämpöenergiaa. Myös laitteen viilenysteho on poikkeuksellisen korkea, 3,5 kW. Energiankulutus on energialuokkaa A. Erittäin hiljainen sisäyksikkö 21–43 dB. Se on helposti puhdistettava. Suodattimet (kuva 19) voidaan huuhtoa vedellä. Hyvät ilman suodatusominaisuudet osittain pestävä ja homeen muodostumista ehkäisevä esisuodatin, hajua poistavat ionisaattori ja plasma-

ilmasuodatin, sekä viruksia ja bakteeria tuhoava IAQ-suodatin. Ionisuodattimen negatiivisesti varautuneet ionit tuhoavat savun, pölyn ja hiukkaset.



Kuva 19. Suodattimet [34]

Toshiba Nordic -ilmalämpöpumpun hinta lokakuussa 2014 asennettuna oli 2 200 euroa. Asennustyön osuus on noin 600 euroa. Asennustyöstä saa kotitalousvähennyksen. [33]

10 Energiansäästötoimien kustannusten vertailua

Käyttötottumusten muuttaminen ei maksa mitään (taulukko 7). Eristys ja tiivistystyöt voi tehdä itse useissa tapauksissa, joten jäljelle jää eristysmateriaalin hankintahinta.

Taulukko 7. Energian säästötoimien hintavertailua

1	Käyttötottumuksien muuttaminen (esim. suihkussa oloaika)	Halvin
2	Olemassa olevan järjestelmän tehostaminen (esim. patterisäädöt, ikkunoiden tiivistäminen)	
3	Tukilämmitysmuodon käyttöönotto (esim. ilmalämpöpumppu, takassa tulen pitäminen)	
4	Energiaremontti (esim. lisäeristäminen)	
5	Lämmitysjärjestelmän vaihtaminen (esim. maalämpö)	Kallein

10.1 Lisäeristys, ovien ja ikkunoiden tiivistäminen

Kokonaislämmityksen tarve pienenee, kun lämpöhäviöt estetään lisäämällä eristettä yläpohjaan ja varmistamalla ovien ja ikkunoiden tiiveys. Talosta poistuu lämmintä ilmaa kolmea eri reittiä, ulkovaipan raoista ja rei'istä, ulkovaipan läpi ja ilmanvaihdon mukana. Omakotitaloissa ilmavuotoja tulee seinän ja yläpohjan liitoksista sekä ovista ja ikkunoista. Ilmapitävyuden parantaminen tarkoittaa melko pieniä toimenpiteitä, joita jokainen voi tehdä itse. Lisäeristäminen taas vaatii isoja remontteja ja ammattilaisia. [10, s. 19–21.]

Yläpohjan eristäminen on halpa tehdä ja materiaalikulut palautuvat nopeasti takaisin. Ainoa ennakkovaatimus on, että talon höyrysulku on kunnossa, jotta kosteus ei tiivisty kattoon ja aiheuta hometta. Eristystyö itsessään ei ole vaikea. Suurimman haasteen asettaa yleensä se, että yläpohjan käyntisilta on uusittava. [35, s. 8.]

Energialasi pysäyttää vedon ja kylmäsaiteilyn. Jos ikkunan puitteet ovat puiset, ikkunaan voi asentaa energialasin. Erityslasin pinnalla on ohut metallioksidipinnoite. Metallipinnoite sallii auringonsäteiden läpikulun, mutta sisälle tuleva lämpö heijastuu takaisin huoneeseen, koska auringon säteily koostuu lyhyistä ja lämpösäteily muodostuu pitkistä aalloista. Lisälasin voi asentaa myös itse. Lasi leikattuna ja listoitettuna hinta on noin 80 €/m². [35, s. 74.]

Lämminvesivaraajan putkien eristäminen, kun eristetään lämminvesiputket 20 mm paksulla eristeellä, niin säästöä tulee arviolta 400–600 euroa vuodessa. 20 mm:n eristeputki maksaa noin 3 €/m. Helpoin keino on eristää putket valmiilla vaahtomuoviputkieristeellä ja teipata saumat huolella tiiviiksi ilmastointiteipillä. [35, s. 78.]

Kohteeseen valittiin tehtäväksi seuraavia rakennusteknisiä parannuksia: yläpohjaan lisätään omana työnä puhallusvillaa 20 cm sekä tutkitaan seinän ja yläpohjan liitoksen tiiveys ja lämpimän autotallin ovet vaihdetaan. Samoin pukuhuoneen ulko-ovi vaihdetaan tiiviimpään, koska huoneessa on lattialämmitys ja siitä on käynti ulos takapihalle. Kaikki ikkunat tiivistetään. Olohuoneen isot ikkunat ovat etelään. Olohuoneen kohdalle suunnitellaan viherhuonetta.

10.2 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

Tässä kohteessa ei kannata tehdä suuria investointeja, kuten lämmitysjärjestelmän muuttamista. Puulla lämmittäminen on edullisinta, mutta työläintä. Puuta menee 6 pinokuutiota vuodessa. Ilma-ilmapumpun hankinta vähentää takassa poltettavan puumäärän 4,3 pinokuutioon. Yläpohjan eristäminen vähentää puun määrän alle 3 pinokuutioon. Nykyiset ikkunat kannattaa tiivistää. Sähköpatterit ovat käyttökelpoisia, koska ne reagoivat nopeasti lämpötilavaihteluihin. Niillä saadaan nopeasti huonekohtainen lämpötilan muutos. Samalla ne toimivat varalämmön lähteenä. Tarkistetaan patterien ja termostaattien kunto. Termostaatit on asetettava muutamaa astetta alemmaksi kuin ilmalämpöpumpun lämpötilan.

11 Korjauksien vaikutukset E-lukuun

Energialuokka ja E-luku eivät anna todellista kuvaa rakennuksen lämmitysenergia kuluksista, kun päälämmitysmuotona on sähkö. Ero johtuu laskentatavasta ja erityisesti sähkölle annetusta energiamuotokertoimesta 1,7. [36] Seuraavaksi tarkastellaan vuonna 1980 valmistunutta omakotitaloa, jonka nettoala on 147 m². Talon energialuokka muuttuu lämmitysmuodon myötä. Jos lämmitysmuoto olisikin kaukolämpö, päästäisiin ulkovaipan remontoinnilla luokkaan D, ja jos samalla uusittaan ilmanvaihto, päästään luokkaan C. Sähkölämmitystalossa ilmanvaihdon uusimisella ulkovaipparemontin yhteydessä ei ole vaikutusta. Rakennus jää edelleen E energialuokkaan. [37, s. 91–93.]

Kansalaisten toive oikeudenmukaisemmasta pientalojen energiatodistuksesta on toteutumassa. Pientalojen energialuokat tulevat jatkossa perustumaan laskennalliseen kulukseseen ilman energiakerrointa. Laskennallinen energian kulutuskin voi johtaa harhaan. Kansalainen kaipaa vuokraus- tai kaupantekotilanteessa arviota todellisesta kulutuksesta. Asuntokaupassa laki velvoittaa esittämään energiatodistuksen, mutta monessa tapauksessa sekä ostaja että myyjä ovat yhtä mieltä todistuksen tarpeettomuudesta. Todistuksesta ei ole lisätua myyntiin. Todistus on pelkkä laskelma eikä kerro todellisista luvuista. [38]

12 Päätelmät

Sähkölämmitteisessä pientalossa energialuokka ja E-luku eivät anna todellista kuvaa rakennuksen lämmitysenergia kulutuksesta. Erityisesti silloin kun käytetään tukilämmitysmuotoina uusiutuvia energiamuotoja: puuta, aurinkoa ja lämpöpumppuja. Talo voi olla ikäisekseen erinomaisessa kunnossa ja energiapihi.

Mittava lämmitysjärjestelmävaihto ei ole taloudellisesti kannattavaa pienissä omakotitaloissa, koska lämmitettävää alaa on vähän ja investoinnin takaisinmaksuajat ovat pitkät. Sähköpatterilla lämmitettäessä lähes kaikki lämpö tulee huoneilmaan eikä jää rakenteisiin tai putkistoihin. Sähkön hinnan roima korotus muuttaisi muut lämmitysjärjestelmät kilpailukykyisiksi.

Tutkittavassa kohteessa sähkölämmitysjärjestelmää ei vaihdettu. Tässä kohteessa päädyttiin ensisijaisesti pienentämään lämpöhäviötä yläpohjan eristämällä ja ikkunarakojen lämpövuotojen tukkimisella. Sähköpatterilämmitystä täydennettiin ilma-ilmalämpöpumpulla. Takkapuita varattiin talven varalle reilut kolme pinokuutiota. Kylmien lattioiden varalle tehtiin rakennusteknisiä toimenpiteitä eli sokkelin routaeristyksen lisäksi sekä talvella sokkelin lumeaminen.

Tarkasteltavassa kohteessa vesivaraajan uusinta on välttämätöntä. 30 vuoden tarkastelujaksolla, joten hybridivesivaraajan hankintaa kannattaa harkita. Tulevaisuuden lämmitysjärjestelmien mahdolliseen hyödyntämiseen on hyvä varautua pakollisten hankintojen osalta.

Tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia ja arvioita voidaan pitää suuntaa antavina. On muistettava, että jokainen rakennus, sen sijainti ja asukkaiden käyttötottumukset ovat tekijöitä, jotka tekevät talosta ainutkertaisen energian kulutuksen suhteen. Kustannuksiltaan pienilläkin toimilla voidaan vaikuttaa energian säästöön, voidaan puhua kenties hybridilämmityksen sijaan "hybriditoimenpiteistä". Vesitakka on hyvä, mutta tutkitun järjestelmän takaisinmaksuaika on pitkäkö. Jos kohteessa olisi ollut sähköpatterilämmityksen sijaan ennestään vesikiertoinen patterilämmitys, tilanne olisi toinen. Mielenkiintoinen lisätutkimuskohde olisi vesikiuas, voisiko puukiukaan avulla lämmittää käytävää?

Lähteet

- 1 Sähkölämmitys. Päivitetty viimeksi 1.8.2013. Verkkodokumentti. Motiva Oyj <http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys>. Luettu 2.1.2015.
- 2 Harju, Pentti. Matilainen Veijo. 2001. LVI-tekniikka korjausrakentaminen, Opetushallitus, Suomen LVI-liitto.
- 3 Energiakoulu omakotitalon rakentajalle 1. 2015. Verkkodokumentti. Rakentaja.fi <<http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/motiva/energiakoulu1.htm>>. Luettu 3.1.2015.
- 4 Veden kulutus. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oyj. <http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus>. Luettu 2.1.2015.
- 5 Sähkön kulutus. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oyj. <http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/sahkonkulutus>. Luettu 2.1.2015.
- 6 Huoneistokohtaisen vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutuksessa. 2013. Verkkodokumentti. Motiva Oyj. <http://www.motiva.fi/files/8300/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_Tutkimusraportti.pdf >. Luettu 3.1.2015.
- 7 Pientalojen energiaremonttipalvelut. 2012. Verkkodokumentti. VTT. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T41.pdf>>. Luettu 2.1.2015.
- 8 Omakotitalon energiakustannukset rakennusvuosittain. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oyj <<http://image.slidesharecdn.com/omakotitalonenergiatehokkuudenparantaminen-140923062429-phpapp01/95/omakotitalon-energiatehokkuudenparantaminen-3-638.jpg?cb=1411471606>>. Luettu 5.1.2015.
- 9 Kurnitski Jarek, 2012. Energiämääräykset 2012-kirja. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
- 10 Laitinen, Jussi. 2010. Pieni suuri energiakirja opas energiategokkaaseen asumiseen. Sitra 289: Into Kustannus Oy.
- 11 Virta Jari, Pylsy Petri. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Sitra 332, Kiinteistöalan Kustannus Oy.

- 12 Kilpeläinen Mikko, Hekkanen Martti, Seppälä Pekka, Riippa Tommi. 2006. Pientalon tekninen laatu Tähtiluokitus, opas pientalon rakennuttajille ja suunnittelijoille, Helsinki: ympäristöministeriö.
- 13 Mikkola, Juulia. 2011. Ikkunakirja Perinteisen puuikkunan kunnostaminen. Porvoo: Kustannusosakeyhtiö Moreeni.
- 14 Lämmitysjärjestelmän valinta. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oyj. <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta>. Luettu 2.1.2015.
- 15 Maalämpöpumppu. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oyj. <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu>. Luettu 5.1.2015.
- 16 Lämmitystapojen vertailulaskuri. Päivitetty viimeksi 14.10.2013. Verkkodokumentti. Motiva Oyj <<http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>>. Luettu 20.1.2015.
- 17 Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oyj <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä>. Luettu 2.1.2015.
- 18 Tukilämmitysjärjestelmät. 2013. Verkkodokumentti. Energiatehokaskoti.fi <http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/tukilammitysjarjestelmat>. Luettu 11.1.2015.
- 19 Hyytiäinen, Heikki. 2000. Pientalon tulisijat. Tampere: Rakennustieto Oy.
- 20 Hybridilämmitys (aurinko, yhdistelmät) . 2015. Verkkodokumentti. Kaukoranta Oy <<http://www.kaukora.fi/hybridilammitys>>. Luettu 10.1.2015.
- 21 Erkkilä, Vesa, Mattila, Vesa Ville. 2003. Aurinkolämpöopas rakentajille ja suunnittelijoille. Motiva Oyj. Sarmala.
- 22 Aurinkoenergia – sähköä ja lämpöä auringosta.2014. Verkkodokumentti. Energiatehokaskoti.fi <http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/aurinkoenergia>. Luettu 12.1.2015.
- 23 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Helsinki. Suomen LVI-liitto ry.
- 24 Tasokeräimen toiminta. 2012. Verkkodokumentti. Promecon.fi <<http://www.promecon.fi/page10.html>>. Luettu 2.1.2015.
- 25 Kemoff, Tapio. 2012. Asuinrakennuksen kuntotarkastusopas. Rakennustieto Oy.

- 26 Erat, Bruno. 2010. Aurinko-opas aurinkoenergiaa rakennuksiin. Helsinki. Aurinkotekninen yhdistys ry. Rakennusalan Kustantajat RAK.
- 27 Aurinkokeräin. 2014. Verkkodokumentti. Wikipedia, vapaa tietosanakirja. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkoker%C3%A4in#Tyhji.C3.B6putkiker.C3.A4in>>. Luettu 12.1.2015.
- 28 Aurinkokeräimet. 2015. Verkkodokumentti. Motiva Oyj. <http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet>. Luettu 12.1.2015.
- 29 Tulikiven Green W10 -suunnitteluohje. 2013. Verkkodokumentti. Tulikivi Oyj <http://www.tulikivi.fi/mallisto/mallisto09/asennusohjeet/ES1165_suunnitteluohje_green_W10_FIN.pdf>. Luettu 25.1.2015.
- 30 Jäsپی Ecowatti. Esite. 2015. Verkkodokumentti. Kaukoranta Oy. <http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Jaspi_Ecowatti_0513_web.pdf>. Luettu 25.1.2015.
- 31 Ecowatti K + Tulikivi Jouni ,Täydellinen vesitakkajärjestelmä. 2015. Verkkodokumentti. Tulikivi Oyj <<http://www.maalampotukku.fi/product/223/ecowatti-k--tulikivi-jouni-taydellinen-vesitakkajarjestemaf>>. Luettu 14.2.2015.
- 32 Ikkunaremontti. 2015. Verkkodokumentti. Tiedox.fi <<http://www.tiedox.fi/lkkunaremontti-/lkkunaremontti+tai +uusien+ikkunoiden+hankinta>>. Luettu 14.2.2015.
- 33 Ilmalämpöpumppu. 2015. Verkkodokumentti. Lämpöykkönen Oy <http://lampoykkonen.fi/tuotteet/ilmalampopumput/?snsrc=aws_cb676b21373f9fb83f3481c18f7e80dc35145349975&snkw=toshiba%20ras&gclid=CLyOy5XAzcQCFSYYwwodrD0AYw>. Luettu 2.2.2015.
- 34 Toshiba. 2015. Verkkodokumentti. Maailmalämpö.fi. <http://www.maailmalampo.fi/sites/maailmalampo.fi/files/toshiba_super_daiseikai_6_0.pdf>. Luettu 2.2.2015.
- 35 2015 TALOSI: Arvo nousee ja kunto säilyy. Säästä energiaa. 2015. Tee Itse. Bonnier Publications Oy.
- 36 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012, Suomen Rakentamiskokouksen osa D5, Helsinki: ympäristöministeriö
- 37 Pylsy Petri. 2012. Taloyhtiön energiatodistus – mitä, miten, milloin? Helsinki. Kiinteistöalan Kustannus Oy.
- 38 Makkonen, Heini; Pientalot eroon kertoimista. Karjalainen 1.4.2015.

- 39 Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskentaohjeet D5 1985, Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d5_1985.pdf>. Luettu 6.5.2015

Energialaskelma 1

ENERGIALASKELMA 1							
Rakennuskohde							
Osoite							
Rakennuksen käyttötarkoitus	Pientalo						
Rakennusvuosi	1986	Krs lukumäärä	1	x	35		
Lämmitetty nettoala	120	m ²					
Ilmanvuoroluku q ₅₀	4	m ³ /(h m ²)					
Rakennusvaipan umpiosat	A	U	U x A	%			
	m ²	W/m ² K	W/K				
Ulkoseinät	98,0	0,28	27,4	27,32			
Yläpohja	120,0	0,22	26,4	33,46			
Alapohja	120,0	0,30	36,0	33,46			
Ulko-ovet	4,0	2,00	8,0	1,12			
Ikkunat	16,7	1,50	25,0	4,65			
yhteensä	358,7		122,9	100,0			
Kylmäsiilat	Y _k	l _k	Y _k l _k				
	W/mK	m	W/K				
AP-US	0,1	49,80	4,98				
YP-US	0,05	49,80	2,49				
US-US (sisänurkka)	-0,04	10,60	-0,42				
US-US (ulkonurkka)	0,04	39,20	1,57				
US-I	0,04	68,40	2,74				
US-O	0,04	12,20	0,49				
yhteensä			11,84				
Ikkunat Ilmansuunnittain	A	U	g-arvo	F _{kehä}	F _{varjostus}	F _{verho}	F _{läpäisy}
	m ²	W/m ² K					
Pohjoinen	0,0	1	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Koillinen	7,7	1,50	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Itä	0,0	1	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Kaakko	0,0	1	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Etelä	0,0	1	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Lounas	9,0	1,50	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Länsi	0,0	1	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Luode	0,0	1	0,57	0,75	1	0,6	0,45
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta SFP-luku		LTO	LTO jäätymisen			
	tulo	poisto	η _t	η _{a,ivkone}	esto		
	m ³ /s	m ³ /s	%	%	°C		
pääkone	0,000	0,039					
erillispoistot							
Ilmanvaihtojärjestelmä							
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde	Lämmitys-j. hyötysuhde	Lämpö kerroin	Apulaitteiden sähkönkäyttö W			
Tilojen lämmitys							
Ilmanvaihdon lämmitys							
LKV:n valmistus							
LKV:n käyttö	dm ³ /(m ² a)		yhteensä	m ³ /a			
	600		72				
Sisäiset lämpökuormat	henkilöt	käyttöas	laitteet	käyttöaste	valaistus käyttöaste		
	W/m ²		W/m ²		W/m ²		
	2	0,6	3	0,6	8	0,1	
C_{trak} omin	110	Wh/m ² K					