

Juha-Matti Kolari

Lämmöntuotto- ja jakotapojen vertailu pientaloon

Opinnäytetyö
Talotekniikka


Toukokuu 2014



MAMK


University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <h1 style="margin: 0;">MAMK</h1> <p style="margin: 0;">University of Applied Sciences</p> </div>	<p>Opinnäytetyön päivämäärä</p> <p>26.5.2014</p>
<p>Tekijä(t)</p> <p>Juha-Matti Kolari</p>	<p>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</p> <p>Talotekniikan koulutusohjelma</p>
<p>Nimeke</p> <p>Lämmöntuotto- ja jakotapojen vertailu pientaloon – Lämpö-Veikko Ky</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyöni tavoitteena oli vertailla erilaisia lämmöntuotto- ja jakotapoja rakenteilla olevaan pientaloon. Suunnitelmaratkaisuna oli kyseisellä alueella suosiossa oleva varaavasähkölämmitys vesikiertoisella lattialämmityksellä. Vertailtavina lämmöntuottomuotoina oli tarkoitus käyttää maalämpöä ja kaukolämpöä sekä lämmönjakotapoina lattia- ja radiaattorilämmitystä. Asiakkaan puolesta tärkeimmäksi tavoitteeksi asetettiin taloudellisuus tinkimättä laadusta. Huomio kiinnittyi myös asiakkaan kokemuksiin ja toiveisiin eri ratkaisujen suhteen.</p> <p>Lopullisiksi lämmöntuottojärjestelmiksi valittiin varaavasähkölämmitys vesikiertoisella lattialämmityksellä, ilmavesilämpöpumpulla ja aurinkoenergian hyödynnyksellä, maalämpö vesikiertoisella lattialämmityksellä ja kaukolämpö vesikiertoisilla radiaattori- ja lattialämmityksillä. Lämmöntuotto- ja jakotapojen vertailussa otettiin huomioon syntyvät kustannukset niin alkuinvestointien kuin vuosikulutuksenkin mukaisesti. Lämmitysjärjestelmien kannattavuutta toisiinsa nähden verrattiin takaisinmaksulaskelmalla.</p> <p>Suunnitelmaratkaisuna ollut sähkölämmitteinen järjestelmä vaati E-luvun läpäistäkseen suurimman taloudellisen investoinnin, joten suunnitelmaratkaisun vertailemisesta tuli yllättävän haastavaa. Suunnitelmaratkaisun E-luvun raja-arvo ylittyi lähes 25 %. E-luvun pienentämiseksi raja-arvoonsa piti parantaa vaipan tiiveyttä ja vaihtaa ilmanvaihtokone paremman vuosihyötysuhteen omaavaan koneeseen. Suunnitelmaratkaisun suurista investoinneista johtuen hinta kipusi jo ennen varsinaisen vertailun aloittamista yli 20 000 euroa korkeammaksi kuin muilla ratkaisuilla.</p> <p>Suurimmasta taloudellisesta investoinnista johtuen sähkölämmitteinen järjestelmä saavuttaisi kaukolämpöjärjestelmät investointeihin nähden vasta reilun 26 vuoden kuluttua. Laskelmien perusteella maalämpö oli kannattavin lämmöntuottotapa saavuttaen kaukolämpöratkaisut vajaassa neljässä vuodessa.</p>	

Asiasanat (avainsanat) Lämmitysjärjestelmät, energiatehokkuus, E-luku, lämmitysjärjestelmien vertailu, lämmityksen tehontarve		
Sivumäärä 30 + 9	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Martti Veuro	Opinnäytetyön toimeksiantaja Lämpö - Veikko Ky	

DESCRIPTION

 <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 0;">MAMK</p> <p style="margin: 0;">University of Applied Sciences</p>	<p>Date of the master's thesis</p> <p>26.5.2014</p>
<p>Author(s)</p> <p>Juha-Matti Kolari</p>	<p>Degree programme and option</p> <p>HVAC-engineer</p>
<p>Name of the master's thesis</p> <p>To compare heating systems in the single family housing</p>	
<p>Abstract</p> <p>Aim of this study was to compare the different types of heat generation and sharing ways to build in the single family housing. The solution was to plan for that area popular with electric storage heating with hot water underfloor heating. The compared way of producing heat system was to use geothermal energy and district heating, as well as the way of releasing heat were floor and radiator heating. Behalf of the customer as the most important target was set efficiency without sacrificing quality. Attention was focused on the customer experience and wishes of the different solutions in terms.</p> <p>Finally the producing heat system was selected as electric storage heating with hot water underfloor heat with air -water heat pump and solar energy system, geothermal water based floor heating for waterborne heating and radiator or underfloor heating. Heat generation and distribution patterns for comparison took into account the costs of the initial investment than in accordance with their annual use. Heating the profitability of payback calculations were compared between each other. The large investments of the plan solution made the price more than 20 000 euros higher than the other solutions.</p> <p>The solution had a plan for electric system called E ratio of the maximum to pass the economic investment, so plan on comparing the solution was surprisingly challenging. The plan cross sections E ratio limit value was exceeded by almost 25%. E -ratio to reduce the limit value was to improve the tightness of the shell and change the air-handling unit to a better model with better year efficiency.</p> <p>The bigger financial investment due to electric heating system to reach the district heating level of investment was over 26 years. Based on calculations, the geothermal heat was the most profitable way to heat, reaching the district heating solutions in less than four years.</p>	

Subject headings, (keywords) Heating systems, energy efficiency, E-ratio, comparison of heating systems, requirement of heating		
Pages 30 + 9	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Matti Veuro	Master's thesis assigned by Lämpö - Veikko Ky	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LÄMMITYKSEN TEHONTARVE	2
3	ENERGIALUKU	2
3.1	Energialuvun laskenta.....	3
3.2	Energiatodistus	3
4	KOHTEEN ESITTELY	4
4.1	Rakennuksen käyttötarkoitusluokka, käyttö- ja käyntiajat sekä säätiedot.....	4
4.2	Pinta-alat, rakenteet, ilmatilavuus ja kylmäsillat	4
4.3	Ilmanvaihdon toteutus ja vuotoilmaluku	5
5	LÄMMÖNTUOTTOTAVAT KOHTEESEEN	6
5.1	Suora sähkölämmitys.....	6
5.2	Varaava sähkölämmitys.....	7
5.3	Kaukolämpö.....	7
5.4	Maalämpö	8
5.4.1	Maalämpöpumpun toiminta	10
5.4.2	Lämpö maaperästä	11
5.4.3	Lämpö vesistöstä.....	12
5.4.4	Lämpö kallioperästä.....	12
5.4.5	Jäähdytys.....	13
6	LÄMMÖNJAKOTAVAT KOHTEESEEN.....	13
6.1	Vesikiertoinen patterilämmitys.....	13
6.2	Vesikiertoinen lattialämmitys	14
6.3	Ilmalla lämmittäminen	14
7	MUUT LÄMMITYSTAVAT KOHTEESEEN	14
7.1	Varaava tulisija	14
7.2	Poistoilmalämpöpumppu (PILP)	15
7.3	Ilmavesilämpöpumppu (IVLP).....	15
7.4	Ilmalämpöpumppu (ILP)	15
7.5	Aurinkoenergia	16
7.5.1	Aurinkopaneelit.....	16
7.5.2	Aurinkokeräimet	17

8	SUUNNITELMARATKAISU (VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS – VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS + IVLP + AURINKOENERGIA)	17
9	VERTAILTAVAT RATKAISUT	20
9.1	Kaukolämpö – vesikiertoinen lattialämmitys	20
9.2	Kaukolämpö – vesikiertoinen radiaattorilämmitys.....	21
9.3	Maalämpö – vesikiertoinen lattialämmitys.....	21
10	INVESTOINTIEN VERTAILUT	22
11	KANNATTAVUUS JA TAKAISINMAKSUAIKA.....	23
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	26
13	LÄHTEET	28
	LIITE/LIITTEET	
	1 Energiaselvitykset	
	2 Seinien rakennekuvat	

1 JOHDANTO

Usean suomalaisen haaveena on rakentaa omakotitalo. Omakotitalon rakentamisessa suurin rajoittava tekijä on raha. Nykypäivän taloustilanteesta johtuen yhä useammin rakennuttajat pohtivat energiataloudellisten ratkaisujen hyödyntämistä rakennushankkeissaan. Energian säästämiseksi tulee rakennuksen olla tiivis ja lämmitysmuodoltaan sekä lämmityksen jakotavaltaan optimaalinen. Lämmitysmuodon valinta tuottaa jo itsessään ongelmia. Vaihtelu erilaisten ratkaisuiden välillä on suuri. Lämmöntuottotavan valintaan vaikuttavat investointikulut ja kulut, jotka syntyvät käytön aikana. Yleisesti ottaen kalliit investointi- ja käyttökulut mahdollistavat vähemmän energiaa kuluttavan järjestelmän. Halvemmilla investointi – ja käyttökuluilla puolestaan energiankulutus käytön aikana on suurempi. Löytääkseen parhaimman ratkaisun ovat rakennuttajat tärkeiden päätösten edessä.

Lämmitysmuoto ja lämmönjakotavat saatetaan valita muistakin, kuin kustannuksellisista syistä. Tällaisia syitä ovat muun muassa käyttö- ja käyttäjäkokemukset sekä mahdollisimman yksinkertaiset ratkaisut ja helppokäyttöisyys tulevaisuudessa. Lämmitysjärjestelmän valitseminen ei ole ainoa ratkaiseva asia mahdollistamaan energiatehokkuuden. Energiatehokkuudeltaan heikommat lämmitysratkaisut voidaan mahdollisesti kompensoida energiatehokkaammilla rakenneratkaisuilla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää energiatehokkuudeltaan ja kokonaiskustannuksiltaan, sekä käyttäjien kokemusten pohjalta parhaat mahdolliset lämmöntuotto- ja jakotavat pientaloon. Lämmöntuotto- ja jakotavat, joita tässä opinnäytetyössä käsitellään, ovat valikoituneet tilaajan ja rakennuttajan yhteisten toiveiden mukaisesti.

2 LÄMMITYKSEN TEHONTARVE

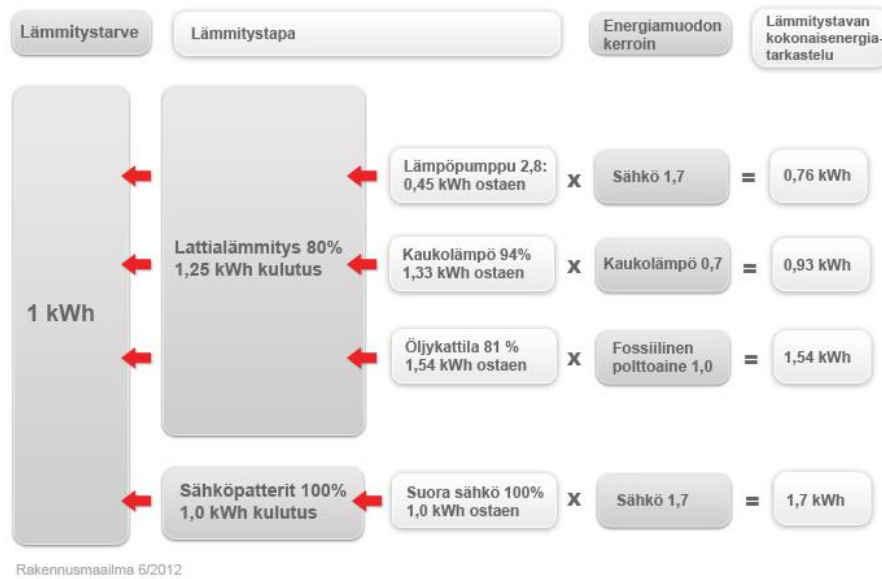
Lämmön tuotto- ja jakotapojen vertailun suorittamiseksi on laskettava rakennuksen lämmityksen tehontarve. Tehontarve riippuu mm. rakennuksen maantieteellisestä sijainnista, rakenteista, lämmitystavoista, ilmanvaihtoratkaisusta ja monista muista teknisistä asioista [6, s. 50]. Lämmityksen tehontarve ilmoittaa, kuinka suuren tehon pää- ja tukilämmitysjärjestelmien on tuotettava rakennukseen [1]. Lämmityksen tehontarpeen yksikkö on kW. Lämmityksen tehontarpeen laskennassa tässä opinnäytetyössä on käytetty dynaamista IDA-ICE-laskentaohjelmaa ja laskentapalvelut.fi osoitteesta löytyvää tehontarpeen laskentaohjelmaa.

3 ENERGIALUKU

Energialuku, eli E-luku, kertoo rakennuksen energiatehokkuuden. E-luvun määrittämiseksi on eri energiamuodoilla omat painotetut kertoimensa määrittämään rakennuksen vuotuista energiankulutusta. Kertoimet vaihtelevat huomattavasti. Sähkön kerroin 1,7 on yli kolme kertaa suurempi kuin uusiutuvien energiavarojen 0,5. Eron suuruus on selitettävissä sähköenergian tuoton ja käytön aiheuttamista haitoista ympäristölle. [22, s. 8.]

E-luku saadaan laskemalla yhteen energiamuotojen kertoimilla painotettu ostoenergian kulutus (Kuva 1.) [22, s. 8]. Ostoenergia tarkoittaa ilmanvaihdon, lämmitysjärjestelmän, jäähdytysjärjestelmän, järjestelmän apulaitteiden, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden erittelyä energiamuotokertoimilla [6, s. 13]. E-luku määritetään rakennuksen nettoalaa kohden yksiköllä kWh/m². E-luku määrittää itsessään myös rakennuksen energialuokan. Energialuokkaa kuvataan kirjaintunnuksilla A-G. (Kuva 2.) Energialuokkaa voi parantaa muun muassa rakenteiden tiiveyttä parantamalla, hyödyntämällä ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa tai käyttämällä tukilämmitysjärjestelmiä.

Energiamuodon kertoimia ei voi suoraan verrata keskenään vaan energialähde on ensin muunnettava lämmöksi.



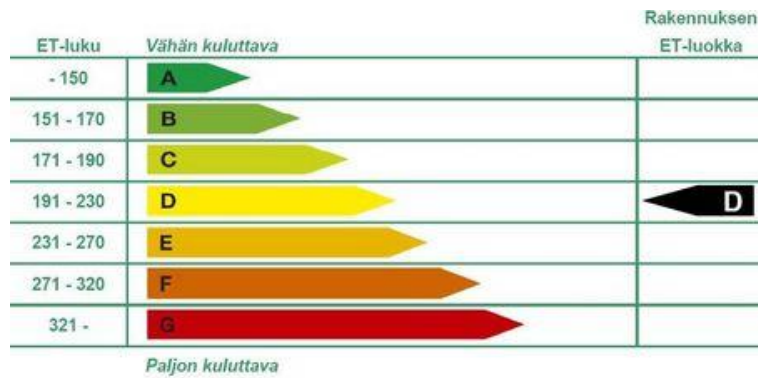
KUVA 1. Kokonaisenergia nettolämmitysenergiantarpeella 1 kWh [40]

3.1 Energialuvun laskenta

Rakennuksen E-luku lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osien D5 ja D3 sekä SFS-EN- standardien mukaisesti huomioon ottaen rakennuksen maantieteellinen sijainti ja rakennuksen käyttötarkoitus [22, Liite 2]. Energialuvun laskenta on tässä opinnäytetyössä toteutettu dynaamisella IDA-ICE ohjelmalla ja laskentapalvelut.fi energialaskuriohjelmalla jokaiselle eri vertailuratkaisulle.

3.2 Energiatodistus

Energialuvun laskennan pohjalta laaditaan rakennuskohtainen energiastodistus. Energiastodistuksen avulla saadaan rakennuksen käyttäjälle teoreettinen laskelma rakennuksen vuositasolla käyttämästä energiasta. Laskelma on teoreettinen, koska rakennuksen käyttäjien tottumukset vaihtelevat suuresti keskenään. Samalla tekniikalla ja rakennustavalla toteutettu rakennus saattavat käytännössä kuluttaa energiaa huomattavasti paljon enemmän erilaisten käyttötottumusten vuoksi. Energiastodistuksen myöntää henkilö, joka on käynyt sen myöntämiseen vaadittavat koulutukset ja koulutuksien pohjalta määrittyvän SULVI:n ja FISE:n järjestämän virallisen energiastodistuksen myöntäjän pätevyystentin hyväksyttävästi läpi.



KUVA 2. Energialuokat [41]

4 KOHTEEN ESITTELY

Jyväskylän Vaajakoskella sijaitsee vuonna 1979 rakennettu purkukuntoinen pientalo. Talolle on annettu purkulupa 14.3.2014 alkaen. Talo tullaan purkamaan kevään 2014 aikana ja tontille tullaan rakentamaan uusi pientalo. Tontin pinta-ala on noin 1300 m² ja maaperä on moreenia. Tontille rakennettava uusi pientalo tulee olemaan lämmitettyä pinta-alaltaan noin 180 m². Tontista noin 300 metrin päässä sijaitsee kaukolämpöverkosto. Verkosto on Elenia Oyn kaukolämpöverkosto.

4.1 Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka, käyttö- ja käyntiajat sekä säätiedot

Dynaamisen laskentaohjelman laskutoimitukset suoritetaan kohteen sijainnista huolimatta aina säävyöhykkeen 1 (Helsinki-Vantaa) tiedoilla [22, s. 30]. Rakennuskohde on käyttötarkoitukseluokassa 1 erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat [22, s.28]. Käyttötarkoitukseluokka rajoittaa suurimmaksi mahdolliseksi E-luvuksi 173- 0,07* A_{netto} kWh/m² [22, s. 9].

Rakennus on normaali asuinrakennus. Henkilöiden oleskelu- ja laitteiden sekä valaistuksen käyttöaikoina ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukon 3 mukaiset standardikäyttöarvot [22, s.19].

4.2 Pinta-alat, rakenteet, ilmatilavuus ja kylmäsillat

Rakennuksen lämmitetyn tilan pinta-ala on 180 m². Ilmatilavuus on 504 m³. Rakennuksen ovien, seinien, ala- sekä yläpohjan pinta-alat ja kylmäsillat on esitetty alla olevissa taulukoissa.

TAULUKKO 1. Rakenteiden pinta-alat ja U-arvot

Rakennuksen vaippa	Ala [m ²]	U [W/(K m ²)]	U*A [W/K]	% kokon.
Ulkoseinät	144.59	0.19	27.30	23.92
Katto	193.33	0.09	17.07	15.96
Alapohja	193.33	0.14	27.42	27.03
Ikkunat	12.37	1.40	17.32	16.68
Ulko-ovet	15.00	1.01	15.09	14.22
Kylmäsiilat			2.49	2.18
Summa ¹ /painotettu keskiarvo ²	558.62 ¹	0.20 ²	114.11 ¹	100.00

TAULUKKO 2. Kylmäsiilat

Kylmäsiilat	Pinta-ala tai pituus	Keskim lämmönjohtuvuus	Summa [W/K]
Ulkoseinä - Välipohja	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Ulkoseinä - Sisäseinä	11.20 m	0.002 W/(K m)	0.022
Ulkoseinä - Ulkoseinä	14.00 m	0.024 W/(K m)	0.336
Ikkuna ympärystymitta	39.00 m	0.008 W/(K m)	0.312
Ulko-ovi ympärystymitta	39.20 m	0.008 W/(K m)	0.314
Katto - Ulkoseinä	61.42 m	0.028 W/(K m)	1.720
Alapohja - Ulkoseinä	61.42 m	0.032 W/(K m)	1.965
Parvekelaatta - Ulkoseinät	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Alapohja - Sisäseinä	15.53 m	0.002 W/(K m)	0.031
Katto - Sisäseinä	15.53 m	0.002 W/(K m)	0.031
Ulkoseinä - Sisänurkka	2.80 m	-0.004 W/(K m)	-0.011
Ulkovaippa	558.62 m ²	-0.004 W/(K m ²)	-2.234
Ylimääräiset häviöt	-	-	0.000
Summa	-	-	2.485

TAULUKKO 3. Ikkunat

Ikkunat	Ala [m ²]	U lasi [W/(K m ²)]	U karmi [W/(K m ²)]	U ikkuna [W/(K m ²)]	U*A [W/K]	g kokonaissäteilyn läpäisykerroin
NE	3.37	1.40	1.40	1.40	4.72	0.69
SW	5.40	1.40	1.40	1.40	7.56	0.69
NW	3.60	1.40	1.40	1.40	5.04	0.69
Summa ¹ /painotettu keskiarvo ²	12.37 ¹	1.40 ²	1.40 ²	1.40 ²	17.32	0.69 ²

4.3 Ilmanvaihdon toteutus ja vuotoilmaluku

Ilmanvaihto tullaan toteuttamaan koneellisella tulo- ja poistoilmalla kaikissa muissa ratkaisuisa, paitsi jos käyttöön päätetään ottaa poistoilmalämpöpumppu. Poistoilmalämpöpumppu ajaa tuolloin koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asian. Ilmanvaihtokoneena tullaan käyttämään Valloxin Digit2 SE konetta [29]. Vuotoilmalukua varten tullaan suorittamaan vuotoilmaluvun mittaus ja rakennustöissä tullaan panostamaan tiiviiseen rakentamiseen silmällä pitäen vuotoilmaluvun mittausta. Vuotoilmalukuna ratkaisuisa tullaan siis käyttämään vertailulämpöhäviöiden laskennassa käytettävää ilmanvuotolukua $2 \text{ m}^3/\text{h}(\text{m}^2)$ [22, s. 14].

5 LÄMMÖNTUOTTOTAVAT KOHTEESEEN

Kohteeseen vertailtavia lämmöntuottotapoja on rajattu tilaajan toiveiden ja käytännön mahdollisuuksien mukaan. Lähialueen taloissa käytetyimmät lämmöntuottotavat ovat sähkö- ja öljylämmitys. Öljylämmitystä ei kuitenkaan ole valittu vertailtavaksi lämmitysmuodoksi. Muutamassa naapurialueen talossa on saneerauksen yhteydessä asennettu maalämpö. Lisäksi Elenia Oy on tehnyt alueen asukkaille kyselyn kaukolämpöön liittymisestä.

5.1 Suora sähkölämmitys

Suora sähkölämmitys perustuu nimensä mukaisesti sähkön suoraan käyttöön lämmitämisessä. Yksinkertaisena ratkaisuna suora sähkölämmitys on halpa ratkaisu. Suorassa sähkölämmityksessä tarvitaan vain termostaatilla varustettuja lämmittimiä tilakohtaisten tarpeiden mukaisesti. Lämmittimet asennetaan huonetilassa yleensä kylmälle seinälle mieluiten ikkunan alle. Lämmittimille tulee sähköjohto ja radiaattorissa oleva termostaatti ohjaa radiaattorin lämmitystehoa ohjauksyksikköön valitun lämpötilan mukaisesti. [2.]

Sähkön hinnan kallistumisesta johtuen suora sähkölämmitys on kallis lämmitysmuoto. Yleisimmin suora sähkölämmitys on käytössä vapaa-ajan asunnoissa. Ympärivuotisiin asuinrakennuksiin on sähköllä lämmitettäessä yleensä käytetty varaavaa sähkölämmitystä.

Suoran sähkölämmityksen energiakulutuksen pienentämiseksi on suositeltavaa käyttää myös muita päälämmitysjärjestelmää tukevia lämmitysjärjestelmiä.

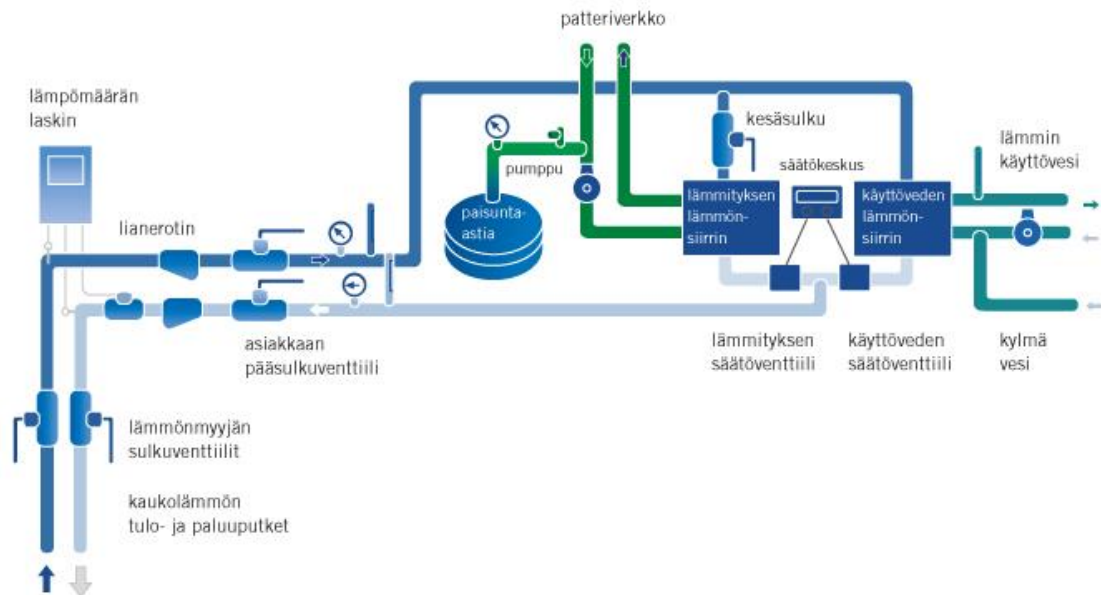
5.2 Varaava sähkölämmitys

Lämmöntuottomuotona myös varaava sähkölämmitys on perustamiskustannuksiltaan halpa, mutta käyttökustannuksiltaan kallis ratkaisu. Varaava sähkölämmitys on myös kalliimpi kuin suorasähkölämmitys. Varaavassa sähkölämmityksessä komponenttien ja laitteiden määrä on suurempi kuin suorassa sähkölämmityksessä. Varaava sähkölämmitys soveltuu parhaiten niukasti energiaa kuluttaviin kiinteistöihin. [3.]

Varaava sähkölämmitys perustuu sähkökattilan ja varaajan toimintaan. Sähkökattila tuottaa tarvittun lämmitysenergian sähkövastuksien avulla. Sähkövaraajan koko on normaalisti 1-2 m² kohteesta riippuen ja sillä katetaan niin tilojen lämmittäminen kuin myös lämmin käyttövesi. Lämmitysenergian tuottamiseen pyritään käyttämään yösähköä, joka on halvempaa. Eli toiminnallisesti sähkökattila varaa varaajaan lämmintä vettä yön aikana, josta energia siirretään käyttökohteisiin. [4.]

5.3 Kaukolämpö

Kaukolämpö perustuu lämpölaitoksessa poltettavasta polttoaineesta vapautuvan lämpöenergian siirtämisestä lämmitykseen. Energian siirtäminen tapahtuu kaukolämpöverkoston avulla. Kaukolämpöverkosto koostuu meno- ja paluuputkista. Verkosto kulkee maan alla. Lämpölaitoksessa tuotettu lämpö ohjataan kuluttajille verkostoa pitkin. Kuluttajakiinteistön teknisessä tilassa sijaitsee lämmönsiirrin, jossa lämpö siirtyy kuluttajan käyttöön (Kuva 3). Jäähdyntynyt kaukolämpövesi virtaa paluuputkea pitkin takaisin kaukolämpölaitokseen.



KUVA 3. Kaukolämmön kuluttajalaitteiden toimintaperiaate [23]

Kaukolämpöä on saatavilla vain taajama-alueilla, koska ei ole kannattavaa tehdä kaukolämpöverkostoa liian pitkän matkan päähän lämpölaitoksesta. Investointina kaukolämpöön liittyminen vaihtelee suuresti eri paikkakuntien välillä. Nykyisen Jyväskylän kaupungin, eli entisen Jyväskylän kaupungin ja Jyväskylän maalaiskunnan alueella on kaksi kaukolämmön toimittajaa. Jyväskylän energia toimii entisen kaupungin alueella, kun taas Elenia Oyn verkko kattaa pääsääntöisesti entisen maalaiskunnan alueita. Tarkasteltava kohde sijaitsee Elenian kaukolämpöverkon alueella. Elenian tarjoaman kaukolämmön liittymismaksu on noin 5 000 €.

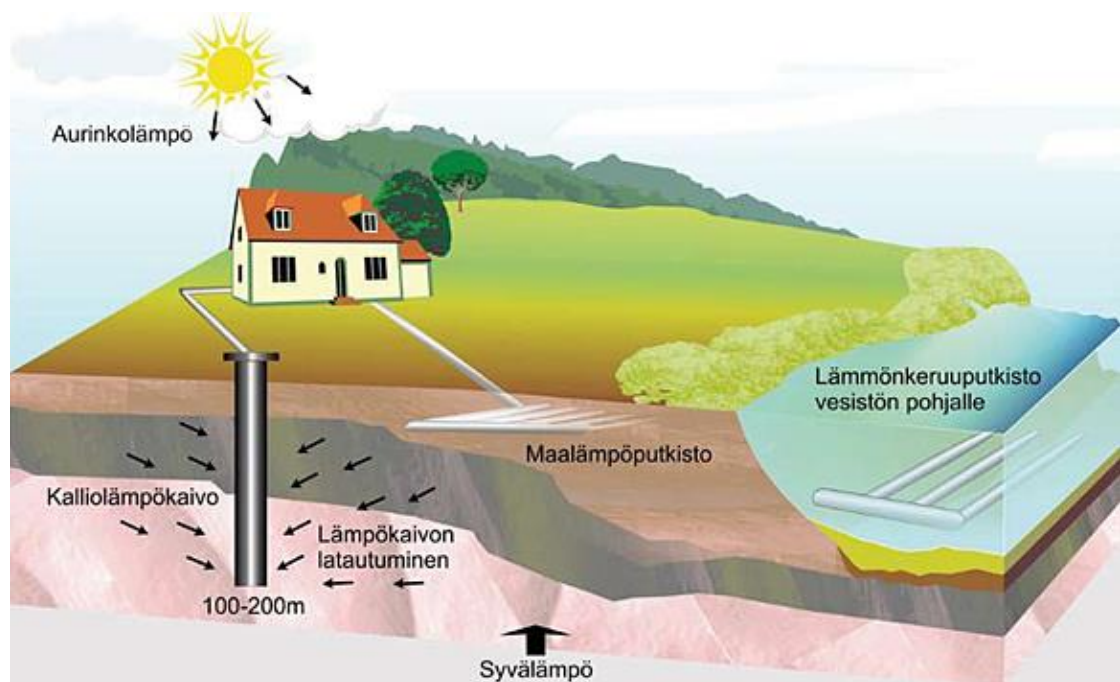
5.4 Maalämpö

Maalämpö on viimeisen kymmenen vuoden aikana yleistynyt lämmittämisen rintamalla Suomessa. Nousun taustalla on ennen kaikkea öljyn ja sähkön hinnan noususta johdettu epävarmuus niiden käyttämisessä lämmitysmuotona. Maalämpö hyödyntää uusiutuvia luonnonvaroja ja on ympäristömyönteinen tapa lämmittää. Maalämpö käyttää myös sähköä lämmöntuotossa. Arviolta noin 2/3 lämmöstä on maaperästä talteen otettua lämpöä ja 1/3 on sähköllä tuotettua lämpöä [6, s. 76].

Maalämpö on yleisimmin käytössä pientaloissa, mutta parhaimman hyödyn saa kohteen ollessa suuri ja lämmityskulujen ollessa suuremmat. Maalämpö perustuu maaperässä olevaan lämpöön. Maaperän pintakerroksissa noin 20 metriin asti on auringon

säteiden tuottamaa lämpöenergiaa [16]. Tästä syvyydestä syvemmälle varastoitunut lämpö on geotermistä lämpöä. Lämpötila riippuu syvyydestä ja maaperän aineesta [7].

Maalämmön toiminta perustuu maaperään asennettavaan keruupiiriin, jonka avulla maaperän lämpöä hyödynnetään tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen. Keruupiirin asennuspaikoista yleisimmät ovat: porakaivo, keruupiiri n. kahden metrin syvyydessä maaperässä ja keruupiirin asentaminen vesistöön (Kuva 4). Jyväskylän seudulla kaikkiin maalämpöratkaisuihin tarvitaan rakennusvalvonnan myöntämä erillinen rakennuslupa [38]. Maalämpö toimii parhaiten, kun lämmönjakotapana on alhaisia lämpötiloja käyttävä järjestelmä.



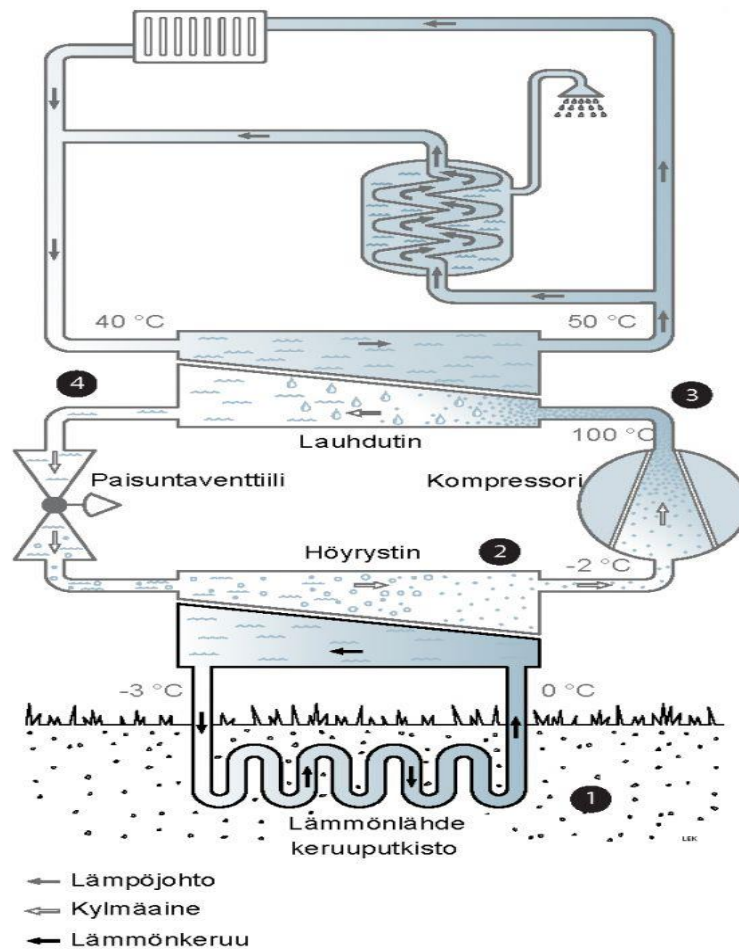
KUVA 4. Maalämpö ja keruupiirit [25]

Maalämpöpumppu mitoitetaan joko täys- tai osatehoisena. Täystehomitoitettulla lämpöpumpulla tuotetaan koko rakennuksen vaatima lämmitysteho ilman erillisiä sähkövastuksia. Kustannuksena se tarkoittaa suurempaa maalämpöpumppua ja isompaa keruupiiriä. Suuremmasta tehostaan johtuen täystehomitoitettu maalämpöpumppu käy toimintansa aikana lyhempinä jaksoina kuin osatehomitoitettu pumppu. Tästä johtuen hyötysuhde kärsii, sillä prosessi ei ehdi aina vakioitumaan luodakseen parhaat käynti-olosuhteet. Täystehomitoitettu maalämpöpumppu peittää kokonaan rakennuksen vaatiman lämmityksen tehontarpeen. [31.]

Osatehomoitettu maalämpöpumppu peittää keskimäärin noin 80 % lämmityksen tehontarpeesta. Tehopeitto tuottaa noin 99 % vuotuisesta lämmitystehontarpeesta. 20 % lämmityksen tehontarpeesta tuotetaan erillisillä sähkövastuksilla, jotka tuottavat lämpöä. Osatehomoitettu maalämpöpumppu suoriutuu lämmittämisestä samoin kuin täystehomoitettu, mutta kovilla pakkasilla sähkövastukset tuottavat tarvitun lisälämmön. Lisävastusten kuluttama energia vastaa vuositasolla muutamista kymmenistä euroista satoihin euroihin kohteen suuruudesta riippuen. Pientalossa kyseinen energian kulutus on noin 20 - 30 euroa. [31.]

5.4.1 Maalämpöpumpun toiminta

Maalämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen olomuodon muuttumiseen prosessissa. Prosessi alkaa höyrystimestä, jossa keruupiirissä oleva liuos kohtaa pumpun sisällä olevan kylmäaineen. Kylmäaine ja liuos eivät kohtaa toisiaan missään vaiheessa kirjaimellisesti, vaan molemmilla on omat piirinsä. Liuos luovuttaa lämmön kylmäaineeseen, joka höyrystyy lämmön vaikutuksesta. Höyry jatkaa matkaansa kompressorin. Kompressorin puristaa höyryä nostaen samalla sen painetta ja lämpötilaa. Saavuttaessaan oikean lämpötilan höyry siirtyy lauhduttimeen, joka lauhduttaa lämmön lämmityspiiriin. Lauhduttimelta neste virtaa paisuntaventtiilin läpi. Venttiili nimensä mukaisesti alentaa paineen jälleen höyrystimen vaatimalle tasolle. [8.] (Kuva 5).



KUVA 5. Maalämpöpumpun toiminta [25]

5.4.2 Lämpö maaperästä

Maaperästä hyödynnettävä lämpö kerätään talteen siihen suunnitellulla keruupiirillä. Keruupiirin asentamiseksi täytyy olla käytettävissä tarpeeksi pinta-alaa, johon keruupiirin voidaan sijoittaa. Parhaiten lämpöä saadaan talteen maaperästä, jossa on kosteutta, kuten esimerkiksi savisesta maaperästä. Keruupiirin pituus riippuu lämmitettävästä kohteesta. Keruupiiri asennetaan maahan vaakatasoon sille erikseen tehty kivantoon noin kahden metrin asennusvälein. [9.] Keruupiiri asennetaan noin kahden metrin syvyyteen. Maakeruupiiristä saatava teho on arvioiden mukaan noin 10 -15 W/m Keski-Suomen alueella [10, s.70].

5.4.3 Lämpö vesistöstä

Lämmönkeruupiiri on mahdollista asentaa myös vesistöön. Vesistöön asentamista suositellaan, jos siihen on mahdollisuus. Keruuputkisto asennetaan vesistön pohjaan painojen avulla. Vesistöön asennetusta keruupiiristä saadaan tehoa irti enemmän kuin maaperään asennetusta keruupiiristä, koska vedestä saa helpommin lämpöä talteen. [11.] Vesistöön asennetusta piiristä saatava teho on arvioiden mukaan noin 15 -20 W/m Keski-Suomen alueella [10, s.70].

Vesistöön asennuksen yhteydessä tulee tehdä paljon selvityksiä liittyen vesistön kelpoisuuteen lämmönkeruun suhteen. Muun muassa tulee ottaa huomioon veden riittävä virtaus putken ympärillä. On myös huomioitava, ettei lämpötila pääse laskemaan alle +1 °C. Jos lämpötila laskee alle yhden lämpöasteen, on putken pinnalle vaara syntyä jäätä, joka mahdollistaa putken nousemisen ylös painoista huolimatta. Putkiston asennussyvyys on myös otettava huomioon, jotta talvella vesistöön syntyvä jää ei pääse vaikuttamaan veden virtaamiseen putken ympärillä. Asennuksen minimisyvyytenä pidetään kahta metriä. [11.] Kustannuksiltaan vesistöön asentaminen sijoittuu kalliimman porakaivon ja halvemmän maakeruupiirin väliin.

5.4.4 Lämpö kallioperästä

Maalämmössä porakaivon poraaminen on yleisin ratkaisu. Syynä ovat lämpökaivojen vähäiset vaatimukset tontin koon suhteen. Tarpeeksi suuren maaperän tai vesistön puutteen vuoksi voidaan maalämpöä hyödyntää poraamalla maaperään niin sanottu lämpökaivo. Lämpökaivon rakentaminen lisää investointikustannuksia, mutta se vie vähiten tilaa. Maan pintakerrokseen verrattuna myös paremman hyödyn saaminen porakaivosta on todistettua. Putkimetriä kohden irti saatava hyöty on syvemmillä maan sisässä noin kaksinkertainen pintakerrokseen verrattuna. [14.]

Lämpökaivon toiminta perustuu kallioperästä talteen otettuun lämpöön. Porattavan kaivon syvyys on vaihtelevasti tehontarpeesta johtuen n. 130 – 200 metrin syvyinen. Kaivon asennetaan kaksi putkea, jotka ovat liitetty alapäistään U-muotoisella metalliputkella. Putkea pitkin kulkee keruupiirin liuos. Putkeen liitetään myös paino, joka laskee putken aivan kaivon pohjaan asti. Jos lämpökaivo ei omatoimisesti täyty vedellä, niin se täytetään, koska vedestä lämpö saadaan paremmin talteen liuospiiriin kuin

tyhjistä reiästä. [15.] Lämpökaivosta saadaan arviolta noin 40 W/m lämpötehoa Keski-Suomen alueella [10, s. 70].

5.4.5 Jäähdytys

Maalämpöä voidaan käyttää kesäaikana myös jäähdyttämiseen. Raitisilmakanavaan voidaan tällöin asentaa ilmanvaihtopatteri. Keruupiirissä kulkeva liuos kulkee patterin läpi viilentäen sitä. Patteri asennetaan jäähdyttämään rakennukseen tulevaa ilmaa. Lämmin ilma kulkee sen lävitse ja liuos jäähdyttää ilman viileäksi. Talvella ilmanvaihtopatteria käytetään esilämmittämään tuloilmaa ja kesällä ilmaa viilennetään.

6 LÄMMÖNJAKOTAVAT KOHTEESEEN

Kohteeseen valikoidut lämmönjakotavat on rajattu yhdessä sekä rakennuttajan, että tilaajan kanssa. Lämmönjakotavoissa on pyritty ratkaisuihin, jotka palvelevat tilaajan mieltymyksiä ja tottumuksia, mutta ovat samalla myös tilaajan mielestä kelvollisia jakotapoja.

6.1 Vesikiertoinen patterilämmitys

Vesikiertoinen patterilämmitys on yleisin käytössä oleva lämmönjakotapa kaukolämmössä. Lämmöntuotolla tuotettu lämpö siirtyy lämmönsiirtimestä patteriverkoston. Lämmintä vettä kierrätetään verkostossa kiertovesipumpun avulla. Verkostossa lämmönluovutukseen käytetään tilakohtaiseen lämmitykseen suunniteltuja seinille asennettavia pattereita. Luovutettuaan lämmön vesi palaa takaisin lämmönsiirtimelle uudelleen lämmitettäväksi [5.].

Lämmityksen tehontarpeen avulla on laskettu erikseen jokaiselle lämmönluovuttimelle teho. Termostaattinen patteriventtiili säätelee veden virtausta patterille. Termostaattisen patteriventtiilin toiminta perustuu sen sisällä olevaan väliaineeseen, joka laajenee ja supistuu huoneilman lämpötilan mukaisesti avaten ja sulkien termostaatin karaa. Patteriverkosto on suljettu verkosto. Toimiakseen verkostossa ei saa olla ilmaa. Kun verkosto on täytetty, ilma poistetaan pattereissa olevien ilmaruuvien avulla.

6.2 Vesikiertoinen lattialämmitys

Vesikiertoinen lattialämmitys on suosittu lämmönjakotapa. Lattialämmitys perustuu lattian alle asennettavaan lämpöputkistoon, jossa kiertää lämmitetty vesi. Lämpöputkiston lisäksi lattialämmitysjärjestelmään kuuluvat jakotukit, tilakohtaiset termostaatit ja toimilaitteet. Lattialämmitysputkisto on liitetty jakotukkiin ja jakotukki säätelee puolestaan jokaisen lämmitysputkistopiirin virtaamia. Tilakohtaisilla termostaateilla puolestaan voidaan säätää lämpötilaa. Termostaatit lähettävät viestin jakotukissa olevalle toimilaitteelle. Toimilaite avaa lämmityspiirin venttiilin, jolloin lämmityspiiri lämpiää. Lämpötilan saavuttaessa suunnitellun arvon, toimilaite sulkee venttiilin [39.]. Lattiasta lämpö nousee ylös kohti kattoa ja leviää näin ollen tasaisesti koko huoneen alalla. Lattian pinnan lämmöstä johtuen huoneen lämpötilaa voidaan pitää alhaisempaa kuin esimerkiksi patterilämmitetyssä ratkaisussa ja silti asumismukavuus pysyy ennallaan.

6.3 Ilmalla lämmittäminen

Ilmalla lämmittäminen perustuu nimensä mukaisesti lämpimän ilman liikkeeseen rakennuksen sisällä. Ilma lämmitetään päälämmitysjärjestelmässä kiertävän veden avulla ja jaetaan hormoneja pitkin ympäri rakennusta. Hormit sijaitsevat rakenteissa ja lämmin ilma jaetaan alhaalta lattian tasalta, josta se nousee painovoimaisesti ylöspäin. [21.]

7 MUUT LÄMMITYSTAVAT KOHTEESEEN

Kohteeseen valitut muut lämmitystavat perustuvat tilaajan toiveisiin. Pientaloon tulee joka tapauksessa varaava tulisija. Ilmalämpöpumpun ja aurinkoenergian hyödyntäminen otetaan huomioon tilannekohtaisesti päälämmöntuottotavasta riippuen.

7.1 Varaava tulisija

Varaava tulisija on nimensä mukaisesti tulisija, joka varaa lämpöä itseensä vapauttaen lämpöä ympärilleen. Suomen sääolosuhteista johtuen lähes jokaisessa omakotitalossa

on varaava tulisija [19, s. 106]. E-lukua laskettaessa tulisijalla voidaan laskea hyödyksi enintään 2 000 kWh/a tulisijaa kohden tilojen lämmityksessä.

7.2 Poistoilmalämpöpumppu (PILP)

PILP perustuu toiminnaltaan poistuvasta ilmasta talteen otetun lämmön hyödyntämiseen tuloilman lämmityksessä. Lämpö voidaan siirtää lämpöpumpun avulla myös käyttöveteen tai lämmitysjärjestelmään. PILP on hankintana kannattava, jos rakennuksen ilmatilavuus ja näin ollen myös vaihtuva ilmamäärä ovat suuri.

PILP ei ole päälämmitysjärjestelmä, vaan se on suunniteltu tukemaan varsinaista lämmitysjärjestelmää, yleensä sähkölämmitystä. PILP saavuttaa noin 40 % säästön suoran sähkön lämmityskuluihin. [17.]

7.3 Ilmavesilämpöpumppu (IVLP)

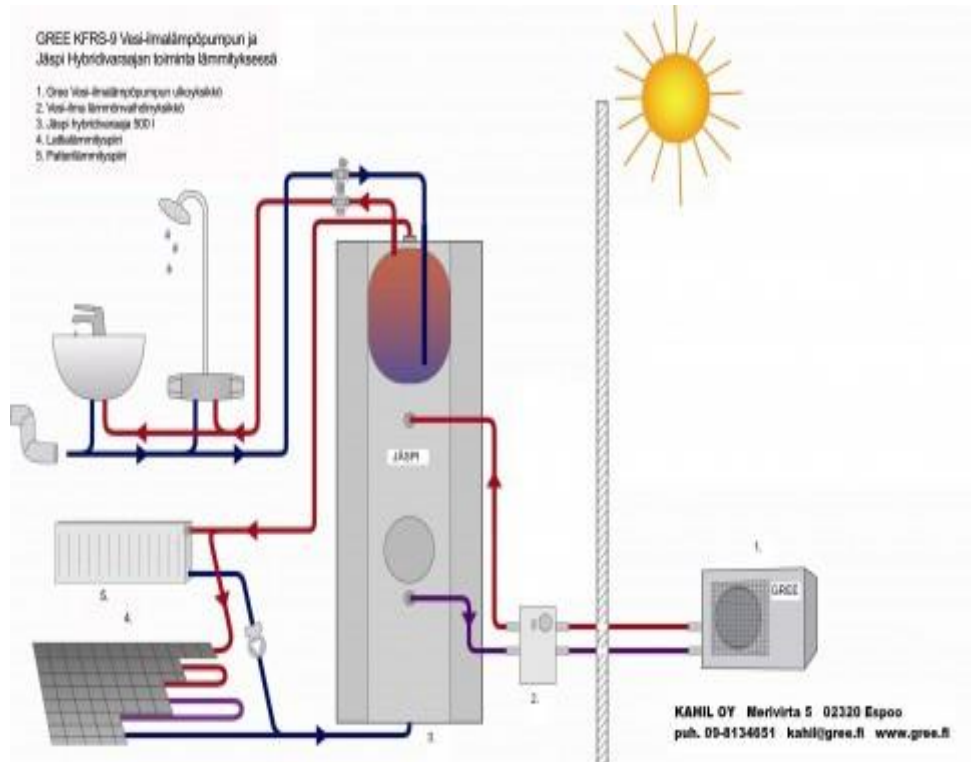
Ilmavesilämpöpumppu (IVLP) on Suomessa vielä kohtuullisen tuntematon laite. Toimintaperiaate on lähes samankaltainen kuin maalämpöpumpussa. Eroavaisuutena on vain se, että maalämpöpumppuun verrattuna höyrystin ottaa energiansa ulkoilmasta. Sisäyksikössä oleva lauhdutin puolestaan luovuttaa energian vesikiertoiseen lämmitykseen. Energian säästämisen maksimoimiseksi IVLP sopii myös käyttöveden lämmittämiseen (Kuva 6).

Päälämmöntuottotapana IVLP ei ole käytännöllinen ratkaisu Suomessa. IVLP alkaa toiminnallisesti heikkenemään, kun ulkoilman lämpötila laskee alle -10 °C. IVLP soveltuu parhaiten apulämmitysjärjestelmäksi sähköllä lämmitettävään rakennukseen. [18.]

7.4 Ilmalämpöpumppu (ILP)

Muihin lämmitysjärjestelmiin kuuluvat myös ilmalämpöpumput, joiden käytöllä ei pystytä kattamaan ympärivuotisessa käytössä olevan asuinrakennuksen koko lämmitystehoa. Ilmalämpöpumput toimivat käytännössä samalla periaatteella kuin IVLP ja PILP, mutta ILP siirtää ulkoilmasta hyödynnettävän energian suoraan sisäilmaan. ILP on suunniteltu apulämmitysratkaisuksi päälämmitysjärjestelmän lisäksi. E-lukua las-

kettaessa ilmalämpöpumpun avulla voidaan saada hyödyksi enintään 1 000 kWh/a jokaista ilmalämpöpumpua kohden. Yleisesti ottaen parhaan hyödyn ILP:sta saa sähkölämmitteisessä rakennuksessa. [19, s. 54 - 57.]



KUVA 6. Ilmavesilämpöpumpun toiminta [26]

7.5 Aurinkoenergia

Aurinko on tuntemamme maailman suurin ja vaikuttavin energianlähde. Auringon maapallolle vuoden aikana säteilemä energia vastaa suuruudeltaan ihmiskunnan käyttämää energiaa n. 15 000 vuoden aikana [20, s.7]. Vain osa edellä mainitusta energiasta on voitu saada ihmisten käyttöön. Suurin osa säteilyenergiasta heijastuu takaisin avaruuteen. Keski-Suomen alueella on säteilyenergiasta käytettävissä noin 400 kWh/m² [35.].

7.5.1 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelien avulla saadaan käyttöön suoraan auringon säteilemää energiaa, joka on sähkön muodossa. Aurinkopaneelit ovat yleensä piistä tai jostain muusta puolijohteesta rakennettuja kennomaisia levyjä. Kennoon on asennettu kaksi piilevyä, joiden välillä syntyy sähköinen kenttä. Sähkö johdetaan suoraan käyttöön. Kennot

ovat yleisesti halkaisijaltaan vain noin 15 cm suuruisia ja yhteen aurinkopaneeliin kennoja mahtuu noin 30 kappaletta [19, s. 86].

7.5.2 Aurinkokeräimet

Aurinkokeräimillä tuotetaan lämpöä niin tilojen lämmitykseen kuin käyttövedenkin lämmittämiseen. Aurinkokeräimet jaetaan kahteen luokkaan: tasokeräimiin ja tyhjiöputkikeräimiin.

Tasokeräimet koostuvat lasi- tai muovilevyn sisään rakennetusta kupariputkijärjestelmästä. Järjestelmässä kulkee jäätymätön liuos, johon lasien väliin jäänyt lämpöenergia siirtyy. Lämpöenergia johdetaan järjestelmästä eteenpäin haluttuun kohteeseen.

Tyhjiöputkikeräimet ovat tehokkaampia kuin tasokeräimet. Tehokkuus perustuu putken pyöreään muotoon. Tyhjiöputkikeräin pystyy keräämään auringon säteitä lähes rajoittamattomasti eri suunnilta toisin kuin tasokeräin, joka kerää parhaiten säteitä vain yhdestä suunnasta kerrallaan. [19, s. 88.]

8 SUUNNITELMARATKAISU (VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS – VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS + IVLP + AURINKOENERGIA)

Suunnitelmaratkaisu perustuu lähialueella olevien pientalojen yleisimpään lämmitysmuotoon, eli suoraan sähkölämmitykseen sähköpattereilla. Poikkeuksena yleisimpään lämmitysmuotoon tällä hetkellä lämmöntuotto tapahtuu varaavalla sähkölämmityksellä ja jakotapana toimii vesikiertoinen lattialämmitys.

180 m² kokoisessa pientalossa E-luvun vaatimus C-luokan täyttymiseksi on $173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$. Toisin sanoen kyseisessä pientalossa C-luokan vaatimuksen täyttää talo, jonka E-luku on $173 - 0,07 \cdot 180 \text{ m}^2 = 160,4 \text{ kWh/m}^2$.

Varaava sähkölämmitys valikoitui suunnitelmaratkaisuksi lähinnä sen takia, että sähköllä lämmittäminen on yleinen lämmitystapa kyseisellä asutusalueella. Opinnäytetyön pohjalta halutaan vertailla, kuinka paljon kyseisellä lämmitysjärjestelmällä on taloudellista eroa valittuihin vertailuratkaisuihin. Kyseistä lämmitysjärjestelmää ei ole pohdittu valittavaksi lämmitysjärjestelmäksi, koska tiedossa on, etteivät nykyiset ra-

kenteet tue sähkölämmitteistä lämmitysmuotoa. Laskenta perustuu investointi- ja käyttökustannuksiin.

Muina lämmitysjärjestelminä käytössä ovat IVLP (NIBE F2030-7), varaava tulisija + aurinkoenergia. Aurinkopaneelien yhteen laskettu pinta-ala on laskennassa 6 m². E-luku ratkaisulla on 208, kun raja-arvona käytetään lukua 160. E-luvun pienentämiseksi ja raja-arvon saavuttamiseksi on tehtävä rakenteellisia tai teknisiä parannuksia. Parannusehdotuksia voivat olla mm. rakenteiden lämmöneristystä parantavat muutokset, iv-koneen toiminnan tehostaminen, rakennuksen ilmanpitävyyden parantaminen, tulisijojen hyödyntäminen ja aurinkoenergian käyttö. [28.] Parannusehdotusten avulla toteutettiin vertailu, jossa otettiin huomioon eri parannusehdotusten vaikutus E-lukuun ja kustannuksiin. Parannusehdotuksia otettiin huomioon seuraavasti: Vaipan lämmöneristävyyden parantaminen eristepaksuutta lisäämällä ja vaihtamalla ovet sekä ikkunat U-arvoltaan parempiin malleihin. Lisäksi Vallox Digit2 SE ilmanvaihtokone joudutaan vaihtamaan paremman vuosihyötysuhteen omaavaan koneeseen.

Ulkoseinien U-arvoksi oli dynaamisella laskentaohjelmalla saatu 0,17 W/K m². Ulkoseinien U-arvoksi vaihdettiin 0,09 W/K m². (Liitteissä tarkemmat yksityiskohdat) Ikkunoiden U-arvot olivat 1,4 W/K m² ja ne vaihdettiin 0,8 W/K m² U-arvon omaaviin ikkunoihin. Ovien U-arvot muuttuivat 1,0 W/K m² -> 0,7 W/K m². Muutosten avulla saatu hyöty oli noin 13 %. **E-luvussa parannus vastaa n. 26 kWh/m².**

Kyseisessä pientalossa vuosihyötysuhde ilmanvaihtokoneelle on Valloxin laskentaohjelman mukaan Digit2 SE ilmanvaihtokoneella noin 52 % [29]. Vuosihyötysuhdetta parantamalla voidaan odottaa jopa 27 kWh/m² parannus E-luvussa 180 m² kokoisessa talossa [28]. Ilmanvaihtokoneen valmistajan lupaama vuosihyötysuhde on 60 % [29]. Vaikka laskennassa käytettäisiin valmistajan ilmoittamana vuosihyötysuhteena 60 %, **olisi hyöty laskentaohjelman mukaan E-luvussa vain noin 8 kWh/m².**

Vaihtamalla koko ilmanvaihtokoneen toiseen saa huomattavasti suuremman hyödyn aikaiseksi. Vallox 145 SE ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhde kyseisessä pientalossa on mitoitusohjelmalla 74,6 % kun taas Digit SE2:lla vastaavasti jo edellä mainiten vain 52 %. Vaihtamalla suunnitellun ilmanvaihtokoneen 145 SE:hen **on hyöty E-luvussa 22 kWh/m².**

Jos parannusehdotukset toteutetaan vaipan lämmönpitävyyttä parantamalla (**26 kWh/m²**) ja maksimoimalla vuosihyötysuhteen Digit2 SE ilmanvaihtokoneessa (**8kWh/m²**), jääään E-luvussa vielä sallitun rajan yläpuolelle. (**208 - 34 = 174 kWh/m²**). Laskennallisesti hyötyä vaipan lämmönpitävyyttä parantamalla ja ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhteen maksimoimisella ei saada ilman suunnitellun ilmanvaihtokoneen vaihtamista paremman vuosihyötysuhteen omaavaan. Valloxin 145 SE ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhteella 74,6 % saadaan tarvittava muutos E-lukuun nähden. Tällöin alkuperäisen ja parannellun E-luvun muutos on **208 - 48 = 160 kWh/m²**. Muutoksilla voidaan osoittaa, että E-luku vaatimus täyttyy. Kustannusten puolesta edellä mainitut investoinnit eivät mahdollista kyseisen lämmitysjärjestelmän valintaa käytännössä. Parannusehdotusten hyötyä hinnan suhteen on havainnollistettu taulukossa 4.

Parannusehdotus	Hyöty (%)	Vaikutus E-lukuun (kWh/m²)	Kustannus (€)	Työ (€)	Investoinnit yhteensä (€)
Ulkoseinien U-arvon parantaminen	n. 8	16	n. 11 000	n. 4 000	n. 15 000
Ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvojen parantaminen	n. 5	10	n. 2 500	Ikkunoiden, ovien ja IV-koneen asennustyöt	n. 2 500
IV-koneen vaihto	n. 11	22	n. 650	ovat yhtä suuret	n. 650
				Lopullinen Hinta: €	18 150

TAULUKKO 4. Sähkölämmitteisen ratkaisun parannusten hinta/hyötysuhde

Investointikustannusten ja hyötyjen suhteesta voidaan huomata, että n. **18 150 €** investoinnilla saavutetaan vasta muutokset, joilla pientalosta tulee kelvoinen kyseiselle sähkölämmitysjärjestelmälle.

Ostosähkön määräksi E-luku laskelman perusteella saatiin 15 883 kWh/a. Laitteiden kuluttama sähkön määrä vuodessa on 5 677 kWh/a. Sähkön hinta Elenia Oy:n välittämänä Vaajakosken alueella on 11,66 c/kWh, joka koostuu sähköenergian hinnasta 5,69 c/kWh, sähkön siirtomaksusta 3,61 c/kWh ja sähkön verosta 2,36 c/kWh. Ostosähkön hinnaksi lämmitysratkaisulle tulee **0,1166 €/kWh * (15 883 – 5 677) kWh/a = 1 190 €/a.**

9 VERTAILTAVAT RATKAISUT

Lämmönjakotapojen vertailussa on otettu huomioon tilaajan toiveet. Vertailtavina ratkaisuinä on yhdistelmiä tilaajan toiveiden pohjalta. Eri yhdistelmien ja muiden ratkaisuun vaikuttavien tekijöiden avulla on tavoitteena löytää toimivin ratkaisu niin energian, taloudellisuuden kuin käytännönkin kannalta.

9.1 Kaukolämpö – vesikiertoinen lattialämmitys

Kaukolämpöliittymä kulkee tällä hetkellä noin 300 metrin päässä pientalon tontin rajasta. Kaukolämpöverkosto sijaitsee Elenia Oy:n alueella. Kohteeseen suunnitellun kaukolämpöpaketin (Alfa Laval Sampo Eco 8G) hinta on noin 4 000 euron luokassa ja asennustöineen ja tarvikkeineen tekniseen tilaan on varattava noin 5 000 euroa.

E-luvuksi laskentaohjelma ilmoittaa 156 kWh/m² a. E-luvun rajana on 160 kWh/m², eli energialuokkana on C. B-luokan asuinrakennukseen vaaditaan E-luvuksi alle 123 kWh/m²a.

Kaukolämmön hinta koostuu seuraavista asioista: Paikkakuntaakohtaisesta perusmaksusta, energiamaksusta sekä arvonlisäverosta [30]. Lisäksi kaukolämpöön liittyttäessä maksetaan liittymismaksu. Liittymismaksu koostuu perusliittymismaksusta + lisäliittymismaksusta. Perusliittymismaksu sisältää enintään 20 m rakennuksen ulkopuolista liittymisputkistoa, energianmittauslaitteet, enintään 4 metriä rakennuksen sisäpuolista liittymisputkistoa ja osuuden paikallisen kaukolämpöjärjestelmän liittymiskustannuksista. Lisäliittymismaksua peritään 150 €/m jokaiselta rajan (4 m sisällä tai 20 m ulkona) ylittävältä putkimetriltä. [33.]

Liittymismaksu kyseiseen pientaloon, jonka vesivirta on 0,16 m³/h on 5 000€ [34]. Jyväskylän kaupungin alueella Elenia Oy:n perus- ja energiamaksu sekä arvonlisävero määräytyvät seuraavasti [32]. Perusmaksu (€/kk) sopimusvesivirran ollessa 0 – 0,35 m³/h lasketaan kaavalla $(1,853 * (1518,71 * V + 85,73)) : 12$. Perusmaksun vuosittainen hinta on siis $1,853 * (1518,71 * 0,16 + 85,37) = 608,4 \text{ €}$ (**50,70 €/kk**). Paikkakunta-kohtainen energiamaksu on 62,23 €/MWh (sisältäen ALV 24 %) [32]. Pientalon laskettu kaukolämmön energiankulutus on 21 119 kWh/a eli noin 21 MWh/a. Pientalon energiamaksu vuodessa on siis $21,119 \text{ MWh/a} * 62,23 \text{ €/MWh} = 1314,2 \text{ €/a}$.

Ostosähkön osuus kaukolämmön yhteydessä on 6822 kWh/a. Laitesähkön kulutus on 5 677 kWh/a. Ostosähkön osuus kyseisessä ratkaisussa on siis $(6\ 822 - 5\ 677) \text{ kWh/a} * 0,1166 \text{ €/kWh} = 133,5 \text{ €/a}$

9.2 Kaukolämpö – vesikiertoinen radiaattorilämmitys

Kaukolämmön toinen selvityksen alainen lämmitysratkaisu on vesikiertoinen radiaattorilämmitys. E-luku laskentaohjelmalla on 151 kWh/m² a. Talon energialuokka on C. Vesikiertoiseen lattialämmitykseen verrattaessa ei ostosähkön osuuteen ole paljoakaan eroa. Ostosähkön ja kaukolämmön energian osuudet radiaattorilämmityksessä ovat hieman pienemmät. Ostosähkön osuus on 6732, josta laitesähkö 5 677 kWh/a ja kaukolämmön energian osuus on 19,971 MWh/a. Ostosähkön hinnan ollessa 0,1166 €/kWh ja kaukolämmön energiamaksun osuuden ollessa 63,23 €/MWh voidaan ostosähkön hinnaksi laskea $0,1166 \text{ €/kWh} * (6\ 732 - 5\ 677) \text{ kWh/a} = 123 \text{ €/a}$ ja energiamaksun hinnaksi voidaan laskea $63,23 \text{ €/MWh} * 19,971 \text{ MWh} = 1262,8 \text{ €/a}$. Kaukolämmön liittymismaksu on edelleen 5 000 €. Paketin tai asennusten hinnat eivät poikkea kaukolämpöratkaisujen välillä.

9.3 Maalämpö – vesikiertoinen lattialämmitys

Maalämmön suhteen ainoa verrattava lämmönjakotapa on vesikiertoinen lattialämmitys. Lattialämmityksen puolestapuhujana esimerkiksi radiaattorilämmitykseen verrattuna on parempi hyötysuhde, koska lämmitykseen tuotettavaa vettä ei tarvitse lämmit-

tää niin lämpimäksi kuin radiaattorilämmitys vaatisi. Maalämpö toteutetaan lämpökaivolla. Kaivon märkäsyvydeksi on Boschin laskentaohjelmalla saatu 123 metriä.

Maalämpö on Vaajakosken alueella lähes yhtä edullinen alkuinvestoinniltaan kuin kaukolämpö. Maalämpöpumpuksi on yhdessä asiakkaan toiveiden mukaisesti päädytty Boschin Compress 5 000 LW/M 6 kW pumppuun [34]. Maalämpö pumpun hinnaksi tulee noin 8 000 euroa. Lämpökaivon poraus ja muut asennustyöt ottaen huomioon teknisen tilan asennukset maksavat noin 10 000 euroa.

Maalämpö itsessään on ilmaista energiaa. E-luvuksi laskentaohjelma ilmoittaa 138, joka vastaa C-luokan asuinrakennusta. Energiasta maksullinen osuus on ainoastaan sähkölaitteiden ja käyttösähkön tarvitsema energia. Laskentaohjelma ilmoittaa maalämmölle lasketuksi ostosähköksi peräti 13,588 MWh/a. Luku pitää tietenkin paikkansa, mutta jotta laskenta olisi vertailukelpoinen, pitää luvusta erottaa käyttösähkön osuus. Käyttösähkön osuus on 5,677 MWh/a.

Sähkön hinnan ollessa edelleen 0,115 €/kWh voidaan maalämmön ostosähkön vuosikulutuksena pitää $0,1166 \text{ €/kWh} * (13\ 588 \text{ kWh/a} - 5\ 677 \text{ kWh/a}) = 909,8 \text{ €/a}$.

10 INVESTOINTIEN VERTAILUT

Investointina ja käyttöönottokustannuksiltaan maalämpö on kaukolämpöä kalliimpi ratkaisu. Vaajakosken alueelle kaukolämpöä toimittavan Elenia Oy:n suuri liittymismaksu tosin pienentää huomattavasti kaukolämmön ja maalämmön välistä hintaeroa. Vaihtoehtoisten lämmitysratkaisujen kustannukset alkuinvestoinneista ja käyttöönotokuluista muodostuvan kokonaishinnan ja vuosittaisten käyttökulujen suhteen ovat ilmoitettuna alla olevassa taulukossa. (taulukko 6)

TAULUKKO 6. Investointien vertailutaulukko

Ratkaisu	Investointikulut	Investoinnit Yhteensä	Käyttökulut/vuosi
KL- Lattialämmitys	Paketti n. 4 000 € + Liittymismaksu 5 000 € + Asennuk- set 5 000 €	n. 14 000 €	Perusmaksu + ener- giamaksu = n. 1 920 €. Ostosäh- kö n. 134 € = 2 055 €
KL-Radiaattorit	Paketti n. 4 000 € + Liittymismaksu 5 000 € + Asennuk- set 5 000 €	n. 14 000 €	Perusmaksu + ener- giamaksu = n. 1 870 €. Ostosäh- kö n. 123 € = 1 995 €
ML- Lattialämmitys	Pumppu n. 8 000 € + Lämpökaivo n. 5 000 € + Asennuk- set 5 000 €	n. 18 000 €	n. 922 €
Varaava sähkö- lämmitys + Au- rinko + IVLP	IVLP 7 000 € + Aurinko n. 5 000 € + Varaaja 2 000 € + Asennukset 6 000 € + Muutokset ra- kennukseen n. 18 000 €	n. 38 000 €	n. 1 190 €

Yllä olevasta taulukosta viimeistään käy selville, että alkuinvestoinnit sähkölämmitys-
järjestelmällä ovat taloudellisesti liian suuret, ettei investoinnissa ole mitään järkeä.

11 KANNATTAVUUS JA TAKAISINMAKSUAIKA

Investoinnin kannattavuuden mittaamiseksi investoinnille tulee laskea takaisinmaksu-
aika. Takaisinmaksuajan pituus riippuu yleensä investoinnin kestosta. Tässä tapauk-

nessä sekä maa- että kaukolämmön investoinnin kestona voidaan pitää teknistä laitteiden kestävyyttä, eli noin 15 - 20 vuotta.

Takaisinmaksuajan laskemisessa vertaillaan investointien suuruutta vuosittaiseen kuluun nähden eri ratkaisujen välillä. Suunnitelmaratkaisuna oli siis alun perin *varaava sähkölämmitys - vesikiertoinen lattialämmitys + IVLP + Aurinkoenergia* ja siihen vertailtavina ratkaisuina *kaukolämpö – vesikiertoinen lattialämmitys, kaukolämpö – vesikiertoinen radiaattorilämmitys* ja *maalämpö – vesikiertoinen lattialämmitys*. Vaikka sähkölämmityksen järjestelmän toteuttaminen on kustannuksiltaan liian suuri toteutettavaksi, verrataan sitä silti muihin lämmitysratkaisuihin. Takaisinmaksuaikojen laskemisen helpottamiseksi käytetään seuraavia lyhenteitä laskujen yhteydessä.

(VS – LL) = Varaava sähkölämmitys – vesikiertoinen lattialämmitys

(KL – LL) = Kaukolämpö – vesikiertoinen lattialämmitys

(KL – RL) = Kaukolämpö – vesikiertoinen radiaattorilämmitys

(ML – LL) = Maalämpö – vesikiertoinen lattialämmitys

Kaukolämpöratkaisujen hinnoissa jakotavasta riippuen on vain noin 60 euron erotus radiaattoreiden eduksi vuositasolla. Kaukolämpöratkaisujen vertailu toisiinsa on siis taloudellisuuden puolesta turhaa. Kaukolämpöratkaisujen vertailu tulisi siis toteuttaa muussa kuin taloudellisessa mielessä. Verrataan siis kaukolämpöratkaisuja maalämpöratkaisuun. Lisäksi verrattavissa on, kuinka kauan kaukolämpöratkaisut ovat sähkölämmitysratkaisua edullisempia taloudellisesti.

Yksinkertaisuudessaan takaisinmaksuaika voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

(1)

$$\frac{\text{Investointi1} - \text{Investointi 2}}{\text{Vuosittainen kustannus2} - \text{Vuosittainen kustannus1}} = a$$

Kun verrataan maalämmön takaisinmaksuaikaa kaukolämpöratkaisuista edullisempaan, muodostuu kaava seuraavasti:

(2)

$$\frac{(ML - LL) - (KL - RL)}{(KL - RL) - (ML - LL)} = a$$

(3)

$$\frac{(18\,000\text{ €}) - (14\,000\text{ €})}{(2\,055\text{ €}) - (922\text{ €})} = 3,5a$$

Maalämpö lattialämmityksellä maksaa alkuinvestointinsa takaisin vajaassa neljässä vuodessa kaukolämmön ratkaisuihin verrattuna.

(4)

$$\frac{(VS - LL) - (KL - LL)}{(KL - LL) - (VS - LL)} = a$$

(5)

$$\frac{(38\,000\text{ €}) - (14\,000\text{ €})}{(2\,055\text{ €}) - (1\,190\text{ €})} = 27,7a$$

Sähkölämmitysjärjestelmällä kestää noin 28 vuotta maksaa itsensä takaisin kaukolämpöön verrattuna.

Koska maalämmön vuosittaiset kulut ovat pienemmät kuin sähkölämmitteisen järjestelmän ja sähkölämmitteinen järjestelmä on kaikkine parannuksineen yli kaksi kertaa kalliimpi kuin maalämpö, on näiden kahden järjestelmän vertaaminen toisiinsa vastaavilla kaavoilla mahdotonta. Sähkölämmitteinen ratkaisu ei koskaan saavuta maalämpöjärjestelmää hinnan perusteella.

Investointina kannattavinta on siis asentuttaa maalämpöpumppu lattialämmityksellä. Toiseksi kannattavin ratkaisu on kaukolämpö joko vesikiertoisella radiaattori- tai lattialämmityksellä. Lämmönjakotavan valinnassa tulisi kiinnittää huomiota enemmän mukavuuteen ja käyttäjäkohtaisiin kokemuksiin, kuin taloudellisuuteen. Taloudellisuuden kannalta lämmönjakoratkaisut kaukolämmössä ovat siis lähes identtiset.

Kannattavuudeltaan heikoin ratkaisu on sähkölämmitteinen järjestelmä. Järjestelmän toteuttamiseksi tarvitaan niin suuret investoinnit, ettei takaisinmaksuaika pysy suunnitelluissa rajoissa.

Opinnäytetyön pohjalta saatujen tuloksien avulla voidaan huomata, että kyseiseen pientaloon paras lämmöntuottomuoto taloudellisuuden kannalta on maalämpö. Lämmönjakotapana optimaalisin vaihtoehto on maalämmön yhteydessä oleva vesikiertoinen lattialämmitys. Kyseisellä lämmitysjärjestelmällä on toiseksi halvimmat alkuin-

vestoinnit. Kun otetaan huomioon myös vuosittaiset kulut, on järjestelmän takaisinmaksuaika vain alle neljä vuotta verrattuna halvimpaan ratkaisuun, eli kaukolämpöön. Kaukolämmössä ei ole käytännöllistä väliä, onko jakotapana lattia- vai radiaattori-lämmitys. Kaukolämpöratkaisut ovat alkuinvestointeina kaikkein halvimpia, mutta suuri ratkaiseva tekijä, joka huonontaa kaukolämpöratkaisua, on Elenia Oy:n hinnoittelu.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla eri lämmöntuotto- ja jakotapoja rakenteilla olevaan pientaloon ensisijaisesti taloudellisuuden pohjalta. Vertailun pohjalta tavoitteena oli saada kokonaiskuva eri lämmitysjärjestelmien valinnan aiheuttamista kustannuksista. Kustannuksien pohjalta puolestaan saatiin yleiskuva siitä, mikä ratkaisusta oli sopivin kyseiseen pientaloon.

Kohde on rakenteilla oleva ja vuoden 2015 aikana valmistuva pientalo. Kerrosala on n. 180 m². Pientalo sijaitsee alueella, jossa on paljon sähkö- ja öljylämmitteisiä pientaloja sekä muutamia saneerattuja maalämpökohteita. Kaukolämpöverkosto sijaitsee noin 300 metrin päässä tontin rajasta. Maaperä tontilla on moreenia.

Yhteistyössä asiakkaan kanssa pohdimme mahdollisia lämmöntuotto- ja jakotapoja. Lämmöntuottotavoista valitsimme vertailukohdaksi varaavan sähkölämmityksen jonka jakotapana toimi vesikiertoinen lattialämmitys. Tukilämmitystapoina ratkaisussa oli IVLP + tulisija + aurinkoenergia. Varaava sähkölämmitys valikoitui vertailuratkaisuksi, koska kyseistä lämmöntuottomuotoa on suosittu alueella. Vaihtoehtoisina ratkaisuina selvisivät myös kaukolämmön kaksi erilaista lämmönjakotapaa: vesikiertoiset radiaattori- ja lattialämmitykset, sekä maalämmön vesikiertoinen lattialämmitys.

Sähkölämmitteinen ratkaisu vaatii nykyään liian suuret taloudelliset satsaukset alittaakseen vaaditun E-luvun asettaman rajan. Laskelmien perusteella E-luku sähkölämmitykselle ylittyi lähes 25 %. E-luvun läpäisemiseksi tehdyt investoinnit puolestaan nostivat sähkölämmitysjärjestelmässä kustannuksia lähes 20 000 eurolla. Näin ollen sähkölämmitysjärjestelmän toteuttamisesta tuli käytännössä mahdotonta.

Kaukolämpöratkaisujen valintaa heikensivät paikallisen kaukolämpöyhtiö Elenian suuret liittymis-, perus-, ja käyttö hinnat kaukolämmölle. Pientaloalueelle suoritettiin myös Elenian toimesta kysely kaukolämpöön liittymisen puolesta, mutta suuret hintaerot tiedossa oleviin Jyväskylän Energian hintoihin saivat kyselyn perusteella paljon negatiivista palautetta. Ottaen huomioon yksinkertaistetun takaisinmaksuajan laskennan jäi jäljelle vain maalämpöjärjestelmä. Maalämpöjärjestelmän hinta ei juurikaan kaukolämmön hinnoista poikennut, mutta käyttökustannuksiltaan maalämmön vuosittainen hinta oli noin puolet halvempi kaukolämmön vastaavista hinnoista. Samalla pystyttiin kumoamaan yleinen ennakkoluulo siitä, että maalämpö olisi investointi- ja käyttöönottokuluiltaan aina se selvästi kallein vaihtoehto. Vaikka maalämpöratkaisu on toteutettavissa olevista ratkaisuista alkuinvestoinneiltaan kallis, niin hintaero kaukolämpöratkaisuihin on vain 4 000 euron luokkaa ja säästö vuotta kohden on noin 1 000 euroa.

13 LÄHTEET

- [1] Pirkko Harsia, Lämmöntarpeen määrittely, lämmön siirtyminen. www-dokumentti <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0505015/1119948180490/1119952720312/1119957895471/1119957951965.html> Päivitetty 28.6.2013, luettu 27.3.2014
- [2] Lämmitysjärjestelmät, WWW-dokumentti, muokattu 29.4.2010, luettu 4.3.2014 http://www.omakotitalo.net/hyvatietaa_lammitys.html
- [3] Suora- vai varaava sähkölämmitys, sähköala.fi, päivitetty 13.8.2012, luettu 4.3.2014 http://www.sahkoala.fi/koti/sahkolammitys/fi_FI/lammonjakotavat/
- [4] Pientalon sähkölämmitysmuodot, Sähköturvallisuuden edistämiskeskus, WWW-dokumentti http://www.stek.fi/sahko_ja_rakentaja/pientalon_sahkolammitys/
- [5] <http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2C2655%2C2710%2C2791%2C2797%2C3185%2C3187>
- [6] <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>
- [7] Geoenergia, Geologian tutkimuskeskus, WWW-dokumentti, päivitetty Ei tietoa, luettu 9.3.2014 <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/geoenergia/>
- [8] Maalämpöpumppu, Maalämpöpumppuinfo, WWW-dokumentti, päivitetty Ei tietoa, luettu 10.3.2014 <http://www.maalampopumppu.info/maalampopumpun-toimintaperiaate/>
- [9] Maalämpö, SENERA, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 10.3.2014 <http://www.senera.fi/Maalampo#5>
- [10] Insinööritoimisto Sarkki & LVI-konsultointi Sarkki Oy, 2013, LVI-Kalenteri 2013
- [11] Vesistölämpö, SENERA, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 10.3.2014 <http://www.senera.fi/Maalampo/Vesistolampo/#4>
- [12] Maalämpöpumppu, Motiva, WWW-dokumentti, päivitetty 6.5.2013, luettu 10.3.2014 http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu
- [13] Energiatodistus, Kiinteistöliitto, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 3.5.2014 <http://www.kiinteistoliitto.fi/42512.aspx>
- [14] Lämpö-/porakaivo, SENERA, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 10.3.2014 http://www.senera.fi/Maalampo/Lampokaivo_porakaivo/

- [15] Maalämpö, Gebwell, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 28.4.2014
<http://www.gebwell.fi/fi/tuotteet/maal%C3%A4mp%C3%B6/>
- [16] Geoenergia, Työ- ja elinkeinoministeriö, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 3.4. 2014 <http://www.tem.fi/files/31269/Geoenergia.pdf>
- [17] Poistoilmalämpöpumppu, Motiva, WWW-dokumentti, päivitetty 7.5.2013, luettu 7.5.2014
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu
- [18] Ilma-vesilämpöpumppu, Motiva, WWW-dokumentti, päivitetty 7.5.2013, luettu 7.5.2014
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu
- [19] Jussi Laitinen, Pieni suuri energiakirja, Intokustannus, 2010
- [20] Heikki Lehto, Tapani Luoma & Anna-Maria Virolainen, Energia yhteiskunnassa, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 2005
- [21] Ilmalämmitys, WWW-dokumentti, päivitetty 26.12.2013, luettu 27.4.2014
<http://www.ilmalammitys.net/>
- [22] Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3. PDF-dokumentti, http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf Päivitetty: Ei tietoa, luettu 7.5.2014 http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf
- [23] Kaukolämpö, Jyväskylän Energia, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 7.5.2014 <http://www.jyvaskylanenergia.fi/energiaopas/isannoitsija-tai-taloyhtion-edustaja/kaukolampo>
- [24] Lämpöä maasta, Geofoorumi, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 7.5.2014 <http://www.geofoorumi.fi/retkella/lampoamaasta.html>
- [25] Maalämpöpumput, Kaukora, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 7.5.2014 <http://www.kaukora.fi/lampopumppulammitys/maalampopumput>
- [26] Vesi-ilmalämpöpumput, Gree, WWW-dokumentti, päivitetty 7.5.2014, luettu 7.5.2014 <http://www.gree.fi/index.php?page=1006&lang=1#laitteisto>
- [27] Kaukolämmön käsikirja, Adato Energia, 2006
- [28] Sähkölämmitys E-luvussa, VTT, WWW-dokumentti, päivitetty 7.5.2014, luettu 7.5.2014 http://www.vttexpertservices.fi/news/201210_sahkolammitys_eluku.jsp
- [29] Vallox Digit2 SE ilmanvaihtokone, Vallox, WWW-dokumentti, päivitetty 26.4.2014, luettu 26.4.2014 <http://www.vallox.com/vallox-digit2-se>

- [30] Kaukolämpöhinnointelu, Elenia, WWW-dokumentti, päivitetty 2.5.2014, luettu 2.5.2014 http://www.elenia.fi/lampo_ja_kaasu/hinnoittelu_kaukolampo
- [31] Lämpöpumpun mitoitus, Ammattiwiki, WWW-dokumentti, päivitetty 5.10.2010, luettu 3.5.2014
http://www.ammattiwiki.fi/wiki/index.php?title=L%C3%A4mp%C3%B6pumpun_mitoitus
- [32] Kaukolämpöhinnasto, Elenia Oy, WWW-dokumentti, päivitetty 3.5.2014, luettu 3.5.2014
<http://www.elenia.fi/sites/default/files/Jyv%C3%A4skyl%C3%A4n%20kaupunkialue%201.11.2013>
- [33] Kaukolämpö liittymishinnasto pientaloihin, Elenia Oy, WWW-dokumentti, päivitetty 3.5.2014, luettu 3.5.2014
http://www.elenia.fi/sites/default/files/Kaukol%C3%A4mm%C3%B6n%20pientalojen%20liittymishinnasto_0.
- [34] Maalämpöpumppuesittely, Bosch, WWW-dokumentti, päivitetty 4.5.2014, luettu 4.5.2014
<http://www.bosch-climate.fi/tuotesivu/laempoepumput/maalaempoepumput/compress5000.html>
- [35] Aurinkoenergia, Aurinkovoima, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 3.5.2014 <http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>
- [36] E-luku, Nilan, WWW-dokumentti, päivitetty 3.5.2014, luettu 3.5.2014
<http://www.nilan.fi/uutiset/e-luku-ja-uudet-rakennusmaaraykset/>
- [37] CO2-raportit, Ilmastovinkit, WWW-dokumentti, päivitetty: Ei tietoa, luettu 3.5.2014 http://www.co2-raportti.fi/?heading=Tarkista-rakennuksen-energialuokan-asunnon-ostoa&page=ilmastovinkit&news_id=26
- [38] Maalämpö luvat, Jyväskylän kaupunki, WWW-dokumentti, päivitetty 7.5.2014, luettu 7.5.2014 <http://www.jyvaskyla.fi/rakennus/ohjeet/maalampo>
- [39] <http://www.aurelialattialammitys.fi/vesikiertoinen-lattialammitys/toiminta/>
- [40] <http://www.elenia.fi/sites/default/files/Jyv%C3%A4skyl%C3%A4n%20kaupunkialue%201.11.2013.pdf>

1 ENERGIASELVITYKSET

1.1 Sähkölämmitys + Aurinko + IVLP

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA				
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus				
Lämmitetty nettoala, m ²	180			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	?			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	?			
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	20990	117	1.70	198.2
Puu	3334	19	0.50	9.3
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4100	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				208
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Erilliset pientalot			
Luokkien rajat asteikolla	A: ...79	B: 80 ... 123	C: 124 ... 160	D: 161 ... 240
	E: 241 ... 370	F: 371 ... 440		

1.2 Sähkölämmitys + Aurinko + IVLP (Parannukset tehty)

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA				
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus				
Lämmitetty nettoala, m ²	180			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	?			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	?			
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	15883	88	1.70	150.0
Puu	3334	19	0.50	9.3
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4100	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				160
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Erilliset pientalot			
Luokkien rajat asteikolla	A: ...79	B: 80 ... 123	C: 124 ... 160	D: 161 ... 240
	E: 241 ... 370	F: 371 ... 440		

1.3 Kaukolämpö – vesikiertoiset patterit

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA				
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus				
Lämmitetty nettoala, m ²	180			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	?			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	?			
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	6822	38	1.70	64.4
Kaukolämpö	21119	117	0.70	82.1
Puu	3334	19	0.50	9.3
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4100	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				156
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Erilliset pientalot			
Luokkien rajat asteikolla	A: ...79		B: 80 ... 123	C: 124 ... 160
	D: 161 ... 240		E: 241 ... 370	F: 371 ... 440

1.4 Kaukolämpö – vesikiertoinen lattialämmitys

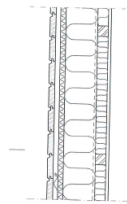
YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA				
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus				
Lämmitetty nettoala, m ²	180			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	?			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	?			
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	6732	37	1.70	63.6
Kaukolämpö	19971	111	0.70	77.7
Puu	3334	19	0.50	9.3
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4100	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				151
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko	Erilliset pientalot			
Luokkien rajat asteikolla	A: ...79		B: 80 ... 123	C: 124 ... 160
	D: 161 ... 240		E: 241 ... 370	F: 371 ... 440

1.5 Maalämpö – vesikiertoinen lattialämmitys

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA				
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus				
Lämmitetty nettoala, m ²	180			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	?			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	?			
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	13588	75	1.70	128.3
Puu	3334	19	0.50	9.3
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	4100	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				138
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokitteluaasteikko	Erilliset pientalot			
Luokkien rajat asteikolla	A: ...79	B: 80 ... 123	C: 124 ... 160	
	D: 161 ... 240	E: 241 ... 370	F: 371 ... 440	

2 SEINIEN RAKENNEKUVAT

2.1 Alkuperäinen seinä U-arvolla 0,17



Ulkoverous

22 mm Koolaus 22x100 1600, huuliverous

25 mm Tuulensuoja ja lämmöneriste ISOVER RKL-EJ-25, saumat teipataan

150 mm Lämmöneriste ISOVER KLL3-150 ja kantava runko 1600

Höyrynsulkuri, esim. ISOVER VARIO

50 mm Lämmöneriste ISOVER KLL3-50 ja koolaus 50x50 1600

13 mm Kipsilevy OYRROC GK-13 tai GK-13

Pintakäsittely huoneistotyyksen mukaan

Lämmöneristyskerroin (osakennossa käytetty lämmöneristyskerroin $\lambda_{0,02}$)

$U=0,17$ W/m²K

Putkiverkko: Ø33 (palo ulkoapäin)

Äänen eristävyyttä:

Oh-levyllä: R'_w=35dB, R'_w+C_w=49dB, R'_w+C_w=49dB

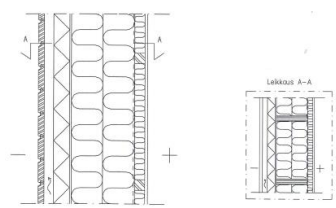
ESD-levyllä: R'_w=35dB, R'_w+C_w=51dB, R'_w+C_w=50dB

Lämmöneristyskerroin:

VERSIO	ERISTYSKERROIN	U-arvo
A	ISOVER KLL3-150 + KLL3-50 + RKL-EJ-25	U=0,17
B	ISOVER KLL3-150 + KLL3-50 + RKL-EJ-25	U=0,18
C	ISOVER KLL3-120 + KLL3-50 + RKL-3I Facobal-25	U=0,17

Huom! Rungon R_f-arvo otetaan huomioon Oprocon ohjeen mukaan.
Huom. U-arvo ei tarvitse korjata.

2.2 Uusi seinä U-arvolla 0,09



- 44 mm Ulkoverhoaus
- 75 mm Rautinkoolla 22x100 k600, lasitelesko
- Tuulensuoja ja lämmöneriste, ISOVER RRL-31 Facade, saumat tapataan
- Kipsilevy Gipsroc GHU 13 Hydro tai Gyproc GTS 9
- 300 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 2x150mm ja kantava runko k600
- Isärynnätku ISOVER VARIO
- 50 mm Kosteus ISOVER k600 + lämmöneriste ISOVER KL-33 50mm
- 13 mm Kipsilevy GYPROC GEX-13 tai GI-13
- Pintamateriaali ja -käsittely huoneistuksen mukaan
- Lämmönsäilyseparoin (tasokennossa käytetty lämmönsäilyseparoin k₂)
- U = 0,086 W/m²K

Lämmönsäilyseparoin

ISOVER	ISOVER	U-arvo
A	ISOVER RRL-31 Facade 75mm + KL-33 200mm + KL-33 50mm	U=0,086
B	ISOVER RRL-31 Facade 50mm + KL-33 250mm + KL-33 50mm	U=0,104
C	ISOVER RRL-31 Facade 50mm + KL-33 200mm + KL-33 50mm	U=0,121

Huom. U-arvo ei tarvitse korjata, ei yhtenäistä kylmätilaa.

LIITE 2(1).

Monisivuinen liite

LIITE 2(2).

Monisivuinen liite

LIITE 2(3).

Monisivuinen liite