



Alexi Hongisto

Hybridilämmitysjärjestelmät pientaloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

18.11.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Aleksi Hongisto
Otsikko: Hybridilämmitysjärjestelmät pientaloissa
Sivumäärä: 32 sivua + 2 liitettä
Aika: 18.11.2021

Tutkinto: Rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine: LVI-tekniikka
Ohjaajat: Lehtori Jyrki Viranko

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan pientalojen lämmityksen toteuttamista usealla eri tavalla eli hybridilämmitysjärjestelmänä. Lämmityksen toteutus energiatehokkaasti on iso osa pientalon käyttökustannuksissa. Lämmitys toteutetaan yhä useammin hybridiratkaisuna, hyödyn tullessa ilmi erityisesti vuodenaikojen vaihdellessa.

Opinnäytetyössä verrataan hankinta-, käyttö- sekä ylläpitokuluja tavanomaisissa hybridikokoonpanoissa. Näiden tulosten avulla tutkitaan, missä tilanteessa kukin hybridivaihtoehto on kustannustehokkain valinta. Opinnäytetyötä varten tutkittiin tausta-aineistoa eri toimijoilta, laitevalmistajilta sekä LVI-alan kirjallisuudesta.

Projektin tietoa kerättiin laaja-alaisesti sekä sitä pyrittiin analysoimaan pientalon kustannusten kannalta. Lämmitystapavertailussa käytettiin noin 10 vuotta vanhaa taloa. Hybridijärjestelmien vertailussa on tuotu esille myös huollettavuus sekä järjestelmien elinkaaren tarkastelu. Kaikkia todellisia kuluja on vaikea verrata teoriassa, sillä ne ovat aina tapauskohtaisia. Tutkielma on kuitenkin vahvasti suuntaa antava arvioitaessa laitteistoja esimerkiksi ennen hankintapäätöstä.

Avainsanat: hybridilämmitysjärjestelmä, pientalo, lämmitys, LVI

Abstract

Author: Aleksi Hongisto
Title: Hybrid Heating Systems in Detached Houses
Number of Pages: 32 pages + 2 appendices
Date: 18 November 2021

Degree: Bachelor of Construction Management
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: HVAC Engineering
Supervisor: Jyrki Viranko, Senior Lecturer

The goal of this final year project was to compare various hybrid heating systems to find out energy efficient solutions for detached houses. The project also aimed to show the investment and maintenance costs of hybrid heating systems.

The methods used in the project were, firstly, to analyse background information from various technical sources, equipment manufacturers and field related literature. Secondly, the results of heating and economy calculations of various heating systems were compared. In the calculations, a 10-year-old house was used as an example. The results showed that the best choice for the house would be geothermal energy with auxiliary heating systems to save costs in the long term, with district heating also a good investment if it is available.

The project proved that the selection of hybrid heating systems must be based on comprehensive calculations for the result to be successful. The final year project strongly suggests that, as the differences of heating systems are significant, energy calculations should never be omitted before a procurement decision.

Keywords: hybrid heating system, detached house, heating, HVAC

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lämmityksen hybridiratkaisut pientaloissa	1
3	Uudisrakennuksissa käytettävät hybridilämmitykset	6
3.1	Kaukolämpö	6
3.2	Maalämpö (MLP)	6
3.3	Poistoilmalämpöpumppu (PILP)	8
3.4	Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP)	8
3.5	Muut lämmitystavat	8
3.5.1	Sähkölämmitys	8
3.5.2	Ilmakiertoinen lämmitys	9
4	Tukilämmitys	9
4.1	Ilmalämpöpumput (ILP)	9
4.2	Tulisijat	9
4.3	Aurinkolämmitys	11
5	Vanhojen järjestelmien päivitys	14
5.1	Öljylämmitys	14
5.2	Sähkölämmitys	15
5.3	Puu- ja pellettilämmitys	15
6	Elinkaari	16
6.1	Huolto- ja ylläpito	16
6.2	Ympäristötekijät	18
6.3	Hyötysuhteen merkitys	18
7	Tutkimusmenetelmät sekä tavoite	20
8	Tutkimustulokset	22
8.1	Vuotuiset kokonaiskustannukset	22
8.2	Takaisinmaksuaika	24

9	Päätelmät	27
	Lähteet	30
	Liitteet	
	Liite 1: Motiva-lämmitystapavertailun tulokset	
	Liite 2: Motiva toimenpiteen taloudellinen kannattavuus -laskelma	

Lyhenteet

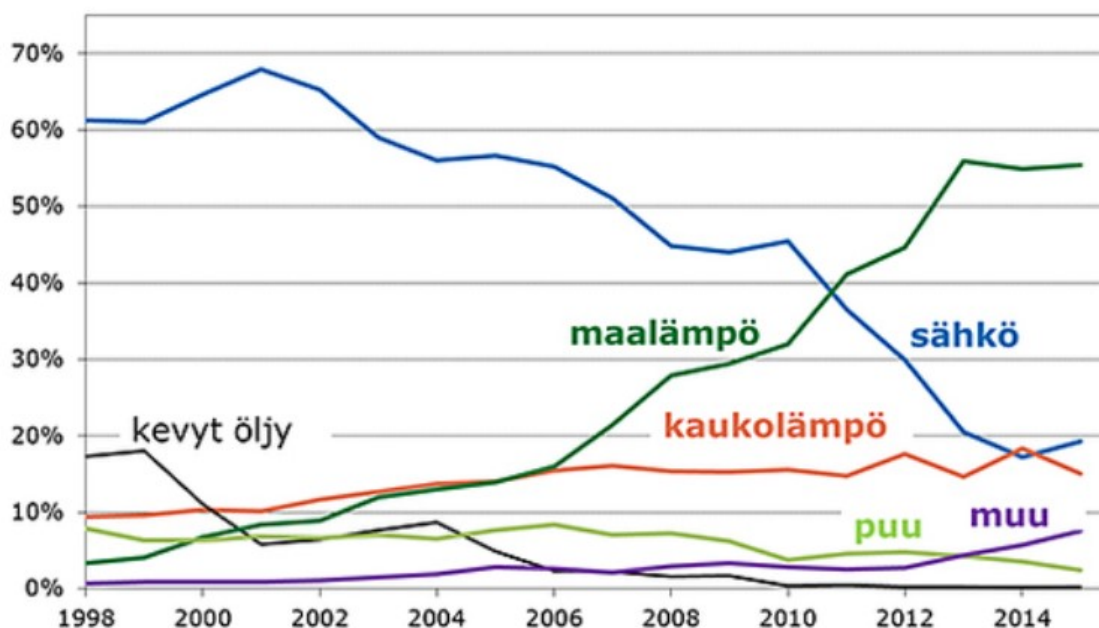
€	euro, Euroopan unionin käyttämä valuutta.
°C	celsiusaste, SI-järjestelmän mukainen lämpötilayksikkö.
ILP:	Ilmalämpöpumppu.
IVLP:	Ilmavesilämpöpumppu, käytetään myös lyhennettä UVLP.
m ²	Neliometri. SI-järjestelmästä johdettu pinta-alan suure.
MLP	Maalämpöpumppu.
NA	Nykyarvo.
PILP:	Poistoilmalämpöpumppu.
TMA	Takaisinmaksuaika.

1 Johdanto

Pellervon taloustutkimuksen mukaan pientalojen asuinmenojen kustannukset ovat kasvaneet edelleen suurimman kuluerän ollessa lämmitys viime vuosina [1, s. 5]. Hybridilämmitysjärjestelmät ovat kasvattaneet suosiota omakotitalojen lämmitysjärjestelminä, sillä yksi tai useampi lämmitysmuoto on usein helppo liittää aikaisemman päälämmitysjärjestelmän rinnalle [2]. Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla erilaisten hybridilämmitysjärjestelmien hyötyjä pientaloissa, joiden koko on noin 150 m². Järjestelmiä verrataan näiden kustannusten, asennusten, käytön sekä ylläpidon osalta. Opinnäytetyössä käydään myös läpi, mitä on otettava huomioon lämmitysjärjestelmiä valittaessa. Laskennassa käytettiin hyväksi Motivan lämmitystapojen vertailulaskuria [3].

2 Lämmityksen hybridiratkaisut pientaloissa

Pientalojen lämmityksessä on käytetty perinteisesti yhtä lämmitystapaa, jonka tukilämmitykseksi on usein asennettu tulisija. 2000-luvulla usean lämmönlähteen asennus on kasvattanut suosiotaan, tavoitteena saada aikaan säästöjä käyttökustannuksissa. Hybridilämmitysjärjestelmässä lämmitetään usein myös käyttövettä, varsinkin jos talossa on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. [2] Päälämmitysjärjestelmäksi uusiin taloihin asennetaan taajama-alueella usein kaukolämpö sen helppouden vuoksi, mutta kaukolämpöverkon ulkopuolella maalämpö on noussut suosituksi energiatehokkaana valintana [4]. Kuvassa 1 esitetään pientalojen rakennuslupien perusteella yleisimpien lämmitysmuotojen markkinaosuudet Suomessa vuosina 1998–2015, ja siitä voidaan nähdä maalämmön suosion kasvu sekä öljy- ja sähkölämmityksen väistyminen uusien pientalojen lämmitysmuotoina [2].



Kuva 1. Lämmitysmuotojen markkinaosuudet pientaloissa vuosina 1998–2015 myönnettyjen rakennuslupien mukaan [2].

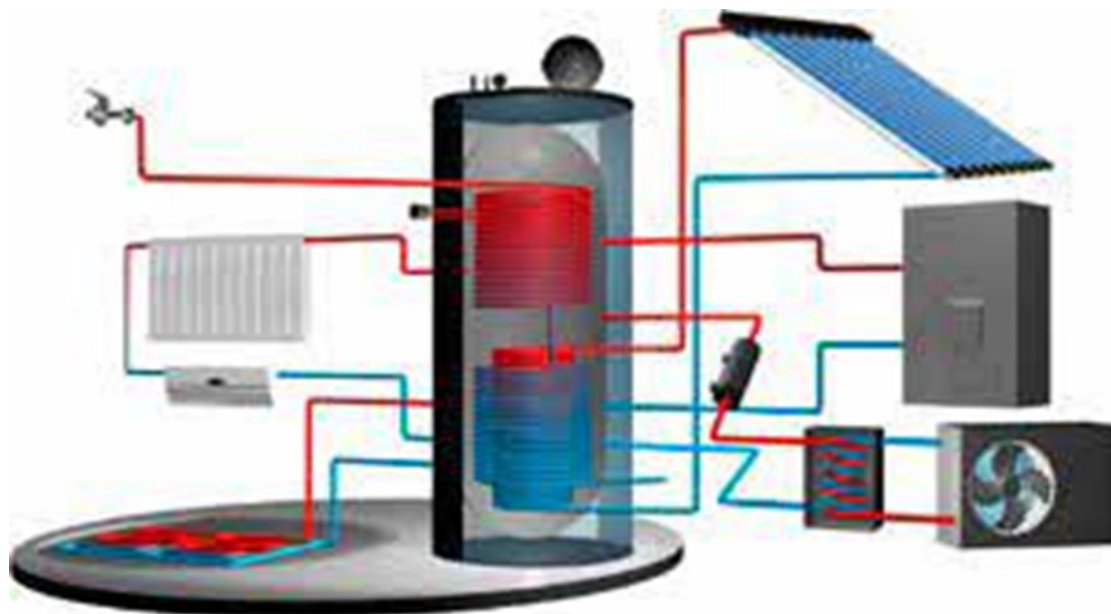
Lähes kaikkiin uusiin omakotitaloihin asennetaan useampi uusiutuva energiaa hyödyntävä lämmitysjärjestelmä. Useamman lämmitysmuodon tarkoituksena on käyttää sen hetkisesti edullisinta lämmitystä. Yleisin lämmönjakotapa uusissa omakotitaloissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Lämmityskuluja voidaan säästää entisestään hybridilämmityksessä, jossa tukilämmitysjärjestelmäksi voidaan asentaa tulisijojen lisäksi aurinkokeräimiä ja ilmalämpöpumppuja. Suorasta sähkölämmityksestä ja öljylämmityksestä ollaan luopumassa niiden käyttökustannusten jatkuvasti kasvaessa vanhemmissa taloissa. [4]



Kuva 2. Suurin osa pientalon energiakulutuksesta on lämmitystä [5, s. 3].

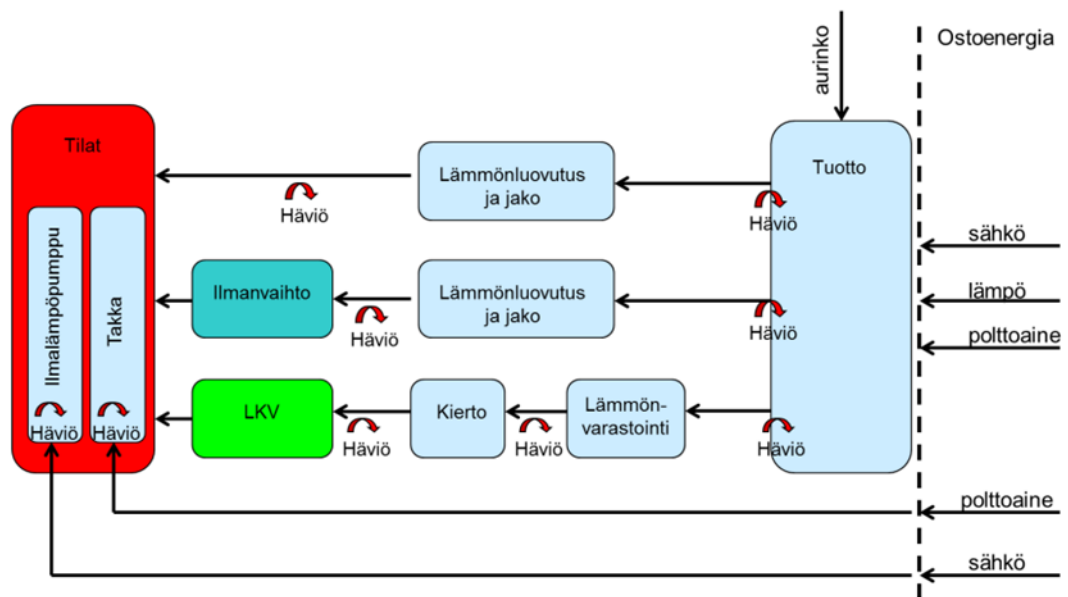
Lämmitysjärjestelmiä pyritään hybridilämmityksessä vuorottelemaan vuoden-aikojen tai vuorokauden mukaisesti, jotta käytettävä lämmitysenergia olisi mahdollisimman kustannustehokasta. Pientalojen energiakulutuksesta suurin osa kuluu huoneilojen sekä käyttöveden lämmittämiseen, kuten kuvasta 2 nähdään. Lämmityskustannusten pienentämiseksi voidaan hyödyntää uusiutuvia ja edullisia lämmitystapoja, esimerkiksi kesällä auringonvalosta saatavaa energiaa ja talvella maalämmön antamaa energiaa. Lämmityksessä on lisäksi huomioitava sähkön hinnan muutokset, mikäli käytössä on sähköä käyttäviä lämmityslaitteita [4]. Eri lämmitysjärjestelmät voivat olla myös samaan aikaan käytössä, mikäli näin voidaan saada taloudellista säästöä. Hybridilämmitysjärjestelmässä on tarkasteltava aina myös sen omavaraisuutta, sillä siten on mahdollista pienentää todellisia käyttökustannuksia [5, s. 24–26]. Omavaraisuutta voidaan parantaa energiaa varastoimalla. Hybridilämmityksessä energiaa voidaan varastoida suuriin vesivaraajiin, jotka voivat olla tilavuudeltaan useita kuutioita. Varaajien suuren koon vuoksi ne on usein järkevämpää asentaa maahan, routarajan alapuolelle, jossa varaajat eivät pääse jäätymään. Tyypillisesti käytössä on kuitenkin pienempi hybridivaraaja, joka on varustettu myös käyttöveden lämmityksellä.

Ne on myös helppo asentaa vanhoihin pannuhuoneisiin, esimerkiksi öljykattilan tilalle. [6]



Kuva 3. Vesikiertoisen hybridilämmityksen sydän on iso ja tehokas varaaja [7].

Hybridijärjestelmän toteutustapaa rajoittaa lämmönjakojärjestelmä. Jos lämmitys tapahtuu vesikiertoisena, on hybridijärjestelmän toteuttaminen usein helpompaa ja edullisempää. Hybridijärjestelmissä varaajina voidaan käyttää matalalämpöjärjestelmiin suunnattuja malleja, joista lämmitys- ja käyttövesi voidaan johtaa asuintiloihin patterien, ilmakonvektorien tai lattialämmityksen avulla, kuvan 3 mukaisesti. Varaajiin on kytketty yleensä myös aurinkokierukka, jolla aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää esim. vain käyttöveden lämmitykseen. Lattialämmityksellä toteutettu vesikiertoinen lämmitys jakaa lämmön tasaisesti ja varaa lämpöä lattiarakenteisiin, joten sen vaatima matala käyttölämpötila sopii hyvin useisiin hybridiratkaisuihin. [8, s. 171–172.] Vesikiertoisessa järjestelmässä syntyy lämpöhäviöitä keskimäärin 15 %, pääasiassa varaajan vaipan läpi sekä termostaattiventtiilien epätarkkuuden johdosta yllilämmityksenä. Optimaalinen lämmönsäätö on tärkeää, kun useita lämmitysmuotoja yhdistetään, jotta järjestelmät toimisivat energiatehokkaasti. [9] Kuvassa 4 havainnollistetaan pientalon lämmityksen lämpöhäviöiden esiintyminen vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä.



Kuva 4. Ympäristöministeriön Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi -las-kentaopas kuvaa, kuinka myös lämpöhäviöt syntyvät hybridijärjestelmissä [10, s. 14].

Suorassa sähkölämmityksessä lisälämmöntuojana on tyypillisesti takka tai ilmalämpöpumppu, joilla pyritään myös kustannussäästöön. Suoralla sähkölämmityksellä lämmitysenergiaa ei varastoidu järjestelmään. Lämmin käyttövesi tuotetaan tällöin sähkötoimisella lämminvesivaraajalla. Sähköisessä lattialämmityksessä energiahäviöt ovat vesikiertoista järjestelmää pienemmät. Sähkön siirtyminen johdotuksissa ei luovuta energiaa samalla tavalla kuin putkiosuuksissa virtaava vesi. [8, s. 196.] Sähkölämmityksellä käyttökustannukset ovat kuitenkin usein kalliimmat, sillä sähkön hinta on korkeampi [4].

Tärkeää hybridijärjestelmää valittaessa on varmistaa, että lämmitysmuodot tukevat toisiaan teknisesti ja taloudellisesti. Toisiaan tukevat järjestelmät saavat toimintaenergiansa eri polttoaineista. Ainakin yksi lämmitysmuoto olisi hyvä olla säästä riippumaton, jotta se olisi toimintavarma lämmitysmuoto läpi vuoden [4].

3 Uudisrakennuksissa käytettävät hybridilämmitykset

3.1 Kaukolämpö

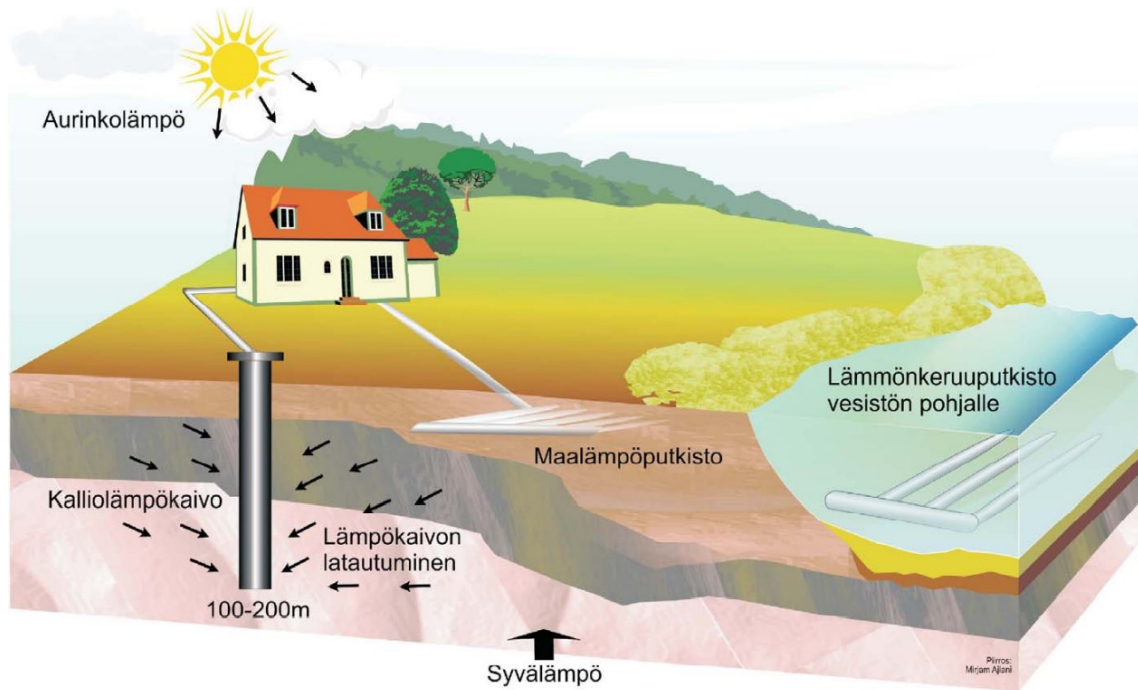
Taajama-alueella kaukolämpö on suosituin tapa kiinteistöjen lämmitykseen, ja sen suosio pientaloissa on noussut kaukolämpöverkon kasvaessa. Se on verrattain edullista, joten se kannattaa ottaa lämmitystapavertailuun, mikäli se on alueella saatavilla. Kaukolämmön käyttökustannukset rakentuvat perusmaksusta sekä energiamaksusta. Kaukolämmön täydentäminen muilla lämmitysmuodoilla ei välttämättä ole kannattavaa, mikäli perusmaksu on korkea asuinalueella. [4] Kaukolämpö ei siis sovellu hybridilämmitykseen täydellisesti sellaisenaan, mutta energianhallinnan kannalta taloon voidaan asentaa esimerkiksi aurinkopaneeleita, joiden tuottamalla sähköllä voidaan kompensoida kaukolämmön vuosikustannuksia.

Lämmönjakokeskuksessa kaukolämmön energia välittyy lämmönvaihtimen avulla lämmitykseen sekä käyttövedelle. Erillistä lämminvesivaraajaa ei tällöin tarvita. Lämpö jaetaan yleensä aina vesikiertoisena, mutta lämmönjako on mahdollista toteuttaa myös ilmalämmityksellä. Samoin ilmanvaihtokoneelle tuleva tuloilma voidaan lämmittää kaukolämmöllä. [2] Kaukolämpöjärjestelmän toteutus on verrattain yksinkertaista, eivätkä sen huolto- ja ylläpitokustannukset yleensä ole korkeita verrattuna muihin järjestelmiin.

3.2 Maalämpö (MLP)

Maalämmöstä saatava energia on lähes ilmaista, sillä se hyödyntää geotermistä lämpöä sekä maaperään tai vesistöön varastoitunutta aurinkoenergiaa. Sen asennuskulut ovat korkeat, mutta hyötysuhde usein muita lämmöntuottotapoja parempi. Suomen talvessa se on tehokkain lämpöpumppu [11, s. 4]. Kuvassa 5 esitetään, kuinka maalämmön hyödyntämiseksi maahan porataan maaperästä riippuen kymmenistä metreistä satoihin metreihin syvä putkisto. Alkoholin ja veden sekoitus lämpenee 3–10 °C:n lämpöiseksi maahan varastoituneen energian ansiosta [8, s. 164]. Maan pinnalla kiertovesipumppu pyörittää nestettä, joka

höyrystää itse lämpöpumpun kylmäaineen. Sen lämpötilaa nostetaan edelleen kompressorilla, kunnes energia siirtyy lauhduttimen avulla talon sekä käyttöveden lämmitykseen. Putkisto voidaan asentaa myös vaakatasoon, mikäli sen po-raaminen suoraan alas on hankalaa sekä joissain tapauksissa vesistön pohjalle. [11, s. 4–5.]



Kuva 5. Maalämmön hyödyntämistapoja [12, s. 7].

Asentaminen vaatii toimenpideluvan, eikä sitä ole välttämättä mahdollista asentaa, jos maaperä on pohjavesialuetta tai hiekkamaata. Oikein asennettuna maalämmöllä pystytään tuottamaan lämmitys- ja käyttöveden tarve ympäri vuoden, ilman sähkövastuksen apua. Se on mahdollista mitoittaa toimimaan myös osittain. [11, s. 5.] Maalämmön rinnalle on mahdollista liittää myös jokin muu lämpöpumppu, kuten poistoilmalämpöpumppu. Maalämmön hyöty korostuu suurimmassa taloissa verrattuna muihin lämmitysratkaisuihin. Sen etuna on myös, että sitä voidaan käyttää viilentämiseen kesäaikana [13, s. 6].

3.3 Poistoilmalämpöpumppu (PILP)

Poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen talon poistoilmasta lämmön hyödyntäen sitä talon vesikiertoiseen lämmittämiseen. Samalla se lämmittää tuloilman ja käyttöveden, joten erillistä ilmanvaihtokonetta ei tällöin tarvita. Toimintaa voidaan tehostaa kylmillä ilmoilla tulisijan käytöllä. Pumppuun kuuluu myös usein sähkövastus, jota voidaan käyttää tukilämmittimenä. Poistoilmalämpöpumppu on edullinen ja helppotoiminen. Sen tehokas toiminta vaatii matalaenergiatalon, jossa on hyvä eristys. Se toimii hyvin myös pienemmissä taloissa. Monissa mal-leissa voidaan lisäksi viilentää asuntoa kesällä. [14]

3.4 Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP)

Pieneen taloon sopii myös ilma-vesilämpöpumppu. Lämpö otetaan ulkoilmasta ja siirretään vesikiertoiseen lämmitykseen. Tämän vuoksi teho ei yksinään riitä, vaan se tarvitsee toisen lämmitysjärjestelmän toimiakseen. [2] Hybridilämmityksessä sen tukena on hyvä käyttää tämän vuoksi tehokasta toista lämmitysjärjestelmää, kuten sähkövastusta tai tulisijaa. Tulisija voi olla esim. vesikiertoinen, jolloin siitä saadaan jaettua lämpö tasaisemmin. Kovilla pakkasilla järjestelmä on ajoittain sulatettava ulkoyksikköön kertyvän jään vuoksi. Se on hyvä vaihtoehto osaksi hybridijärjestelmää edullisuutensa vuoksi, mikäli esim. maalämpöä ei ole mahdollista asentaa. [14]

3.5 Muut lämmitystavat

3.5.1 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys ainoana lämmönlähteenä on usein energiatehokkuuden kannalta heikoin ratkaisu korkeiden käyttökustannusten vuoksi [4]. Pienissä taloissa sähkölämmityskin voi kuitenkin olla toimiva ratkaisu. Jos sähkölämmitykseen päädytään, on sen soveltaminen hybridikäytössä aina toissijainen. Sitä voidaan käyttää yhdessä esim. ilma-vesilämpöpumpun kanssa [14].

Sähkölämmitys on toimintavarmuutensa vuoksi hyvä varalämmitysjärjestelmä yhdistettynä muihin lämmitysmuotoihin [2].

3.5.2 Ilmakiertoinen lämmitys

Ilmakiertoinen lämmitys ei ole kovinkaan suosittu Suomessa, sillä se vaatii suuren ilmakehän puhallustehon, jotta lämmitys toimisi kylmillä keleillä. Joihinkin on asennettu lisäksi ilmakiertoinen lattialämmitys. Usein näiden järjestelmien muuttaminen kannattavaksi hybridijärjestelmäksi tapahtuu liittämällä niihin vesikiertoinen lämmitys lämmönvaihtimen avulla tai lämpöpumppu [2].

4 Tukilämmitys

4.1 Ilmalämpöpumput (ILP)

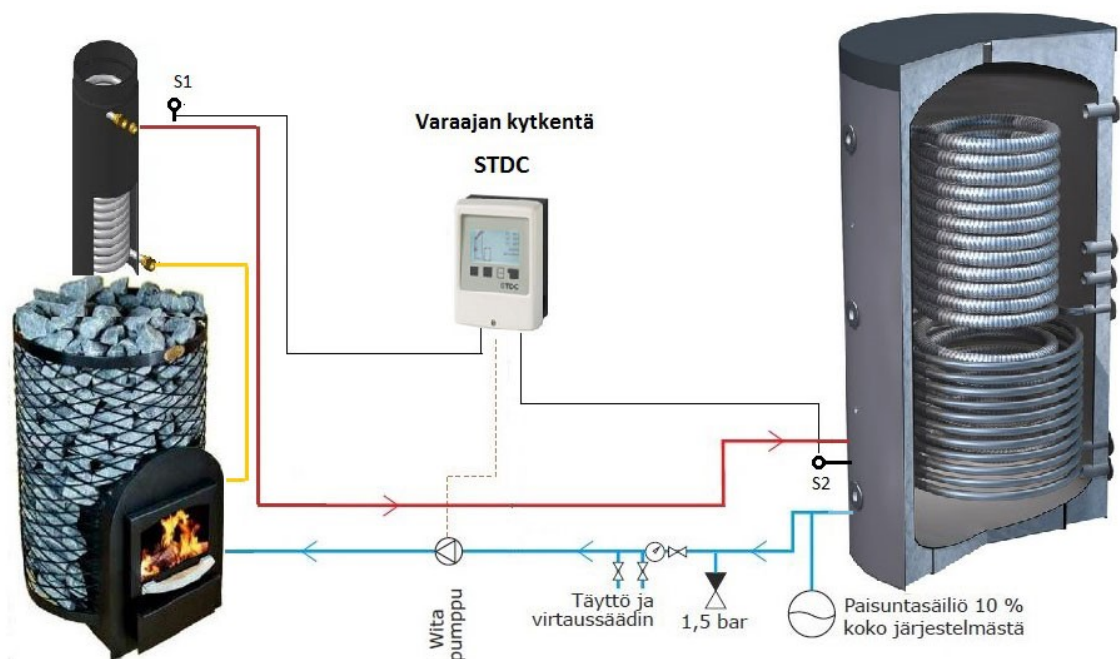
Ilmalämpöpumput sopivat tukilämmitykseksi hyvin, sillä ne on helppo asentaa ja niillä on kohtalaisen hyvä hyötysuhde lämpökertoimen ollessa noin 2–3. ILP hyödyntää ulkoilmaan varastoituneen lämpöenergian kylmäaineen välityksellä sisätilojen lämmityksenä. Tämän vuoksi sen käyttö ei ole talvella kannattavaa, vaikka monet mallit pystyvät toimimaan vielä -20 °C:n lämpötilassa. [2] Paras hyöty saavutetaan keväisin ja syksyisin. Kesällä etuna on viilennys, jolloin järjestelmä toimii toisinpäin, pumppaamalla lämmintä sisäilmaa ulos. Viilennys kuluttaa kuitenkin paljon energiaa, joten sitä kannattaa käyttää harkiten. Haasteena ilmalämpöpumppujen asentamisessa on yksiköiden optimaalinen sijoitus. Puhallettavan ilman tulisi levitä tasaisesti sisäyksiköstä. Ulkoyksikön sijoittamisessa on huomioitava mahdolliset melu- sekä ulkonäköhaitat. ILP:n tarjoama teho on noin 35 % koko talon lämmitysenergian tarpeesta. [3]

4.2 Tulisijat

Tulisijat ovat kehittyneet pientalojen lämmityskäytössä viime vuosikymmeninä. Niillä voidaan tarvittaessa lämmittää koko talo, mutta usein ne ovat

lisälämmönlähteenä pientaloissa erityisesti kovilla pakkasilla [4]. Suurin osa omakotitaloista on varustettu tulisijalla Suomessa. Erityisesti sähkölämmittävissä taloissa niillä pyritään säästämään kustannuksissa. Varaavat takat, vesikiertoiset takat ja kiukaat ovat hyötysuhteeltaan noin 80 %, sillä suurin osa palamisenergiasta vapautuu lämpönä. Haasteina tulisijojen käytössä ovat puun saatavuus, varastointi, ylläpito sekä lämmittämiseen tarvittava aika. [4] Puu on uusiutuva ja vähäpäästöinen polttoaine, mutta väärin poltettuna se voi aiheuttaa päästöjä, jotka haittaavat ympäristöä. Puiden poltosta aiheutuvat pienhiukkaset ovat ongelma erityisesti pientaloalueilla. 40 % Suomen pienhiukkaspäästöistä aiheutuu pientalojen lämmityksestä. [15]

Vaihtoehtoinen tukijärjestelmä lämmitykseen on pellettilämmitys. Se toimii osin sähköllä, sillä siinä on puhaltimet ja automatiikka. Hyötynä on säiliö, johon mahtuu usean päivän lämmityspelletit. Pellettien poltto ei myöskään aiheuta pienhiukkaspäästöjä yhtä paljon kuin puunpoltto. Lämmitystehon säätö on myös helpompaa kuin perinteisissä tulisijoissa. [8, s. 22.]

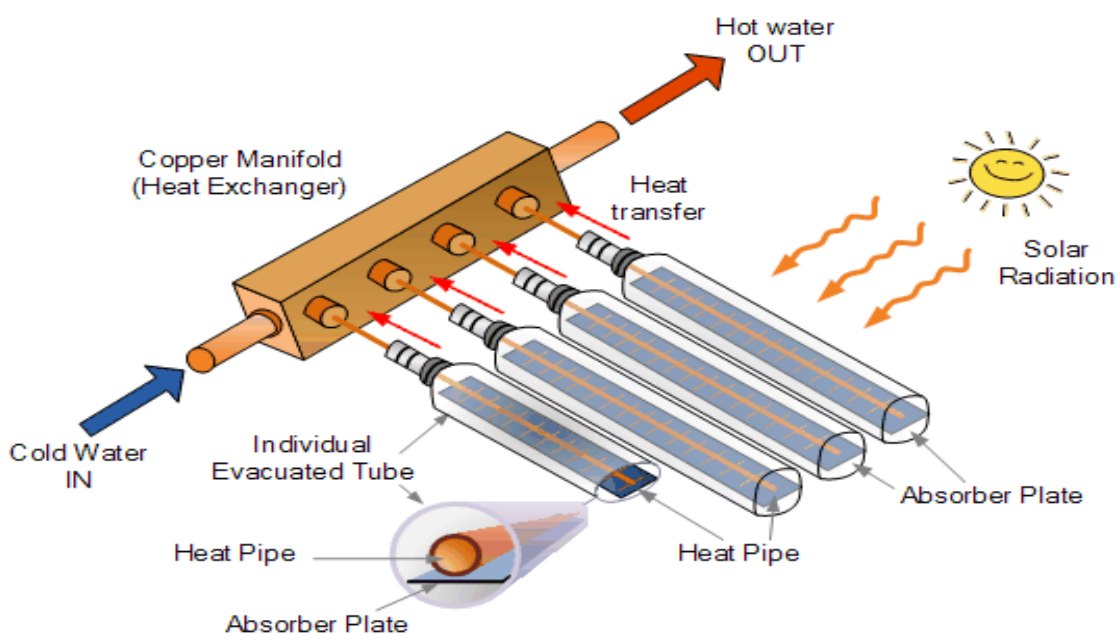


Kuva 6. Vesikiertoinen kiuas on myös mahdollista kytkeä hybridijärjestelmään [16].

Takat, kiukaat sekä pellettijärjestelmät on mahdollista kytkeä vesikiertoiseen järjestelmään, jolloin voidaan saada merkittäviä taloudellisia säästöjä. Kuvassa 6 on periaatepiirros vesikiertoisesta kiukaan kytkemisestä varaajaan. Järjestelmään voidaan integroida iso hybridivaraaja, jolloin edellisen illan lämmitysenergia voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi seuraavan päivän käyttöveden lämmityksessä [2].

4.3 Aurinkolämmitys

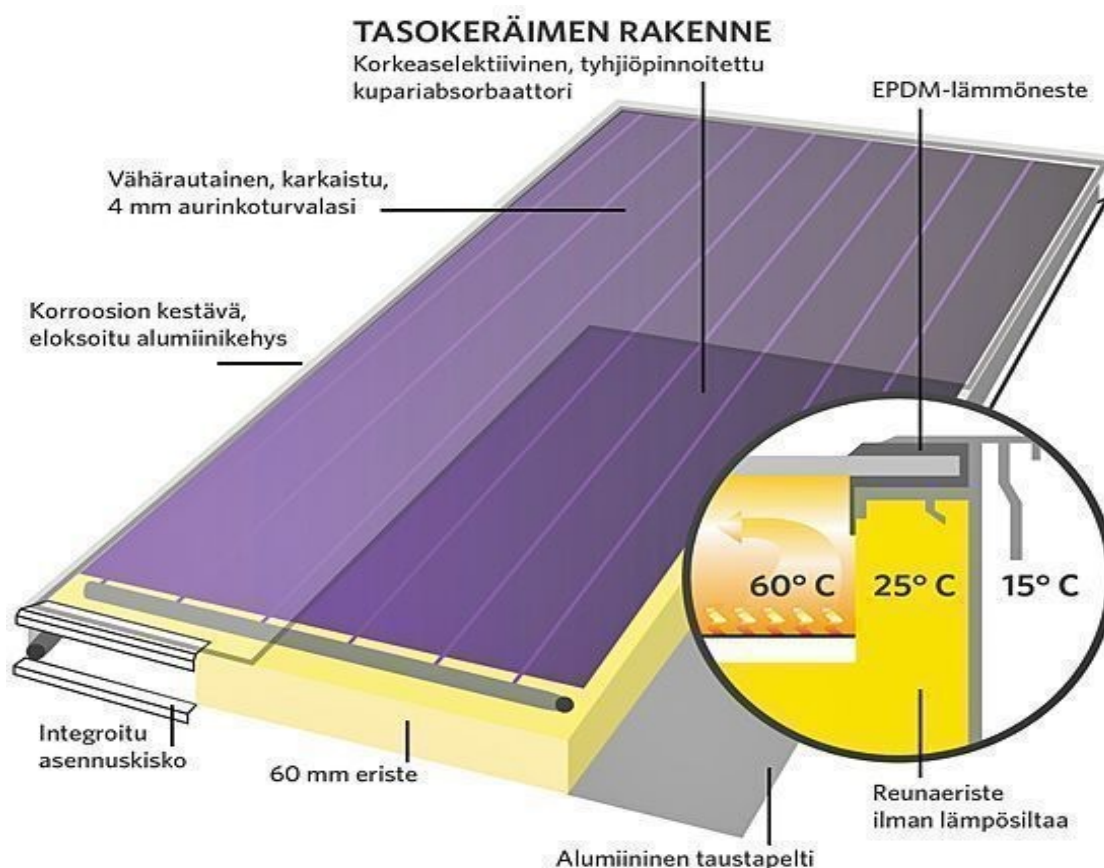
Aurinkoenergiaa voidaan lämmityksessä hyödyntää helmikuusta marraskuuhun Suomessa. Talvella auringosta saatava energia on vähäistä, mutta kesällä sillä voidaan lämmittää käyttövettä. Aurinkokeräimillä auringon tuottama energia siirtyy suoraan putkistossa kiertävään veteen, jolla voidaan lämmittää käyttövettä sekä ohjata se talon lämmitykseen. Käyttöveden ja lämmityksen tarvitsemasta energiasta n. 30 % voidaan tuottaa aurinkokeräimillä. Lisäksi aurinkopaneeleilla on mahdollista kerätä sähköä, jota voidaan epäsuorasti käyttää talon lämmityskäytössä esimerkiksi kiertovesipumppujen energiana. [17]



Kuva 7. Tyhjiöputkisto sisältää pienet tasokeräimet sekä lämpöputket, joista lämpöenergia johdetaan jakotukille [18].

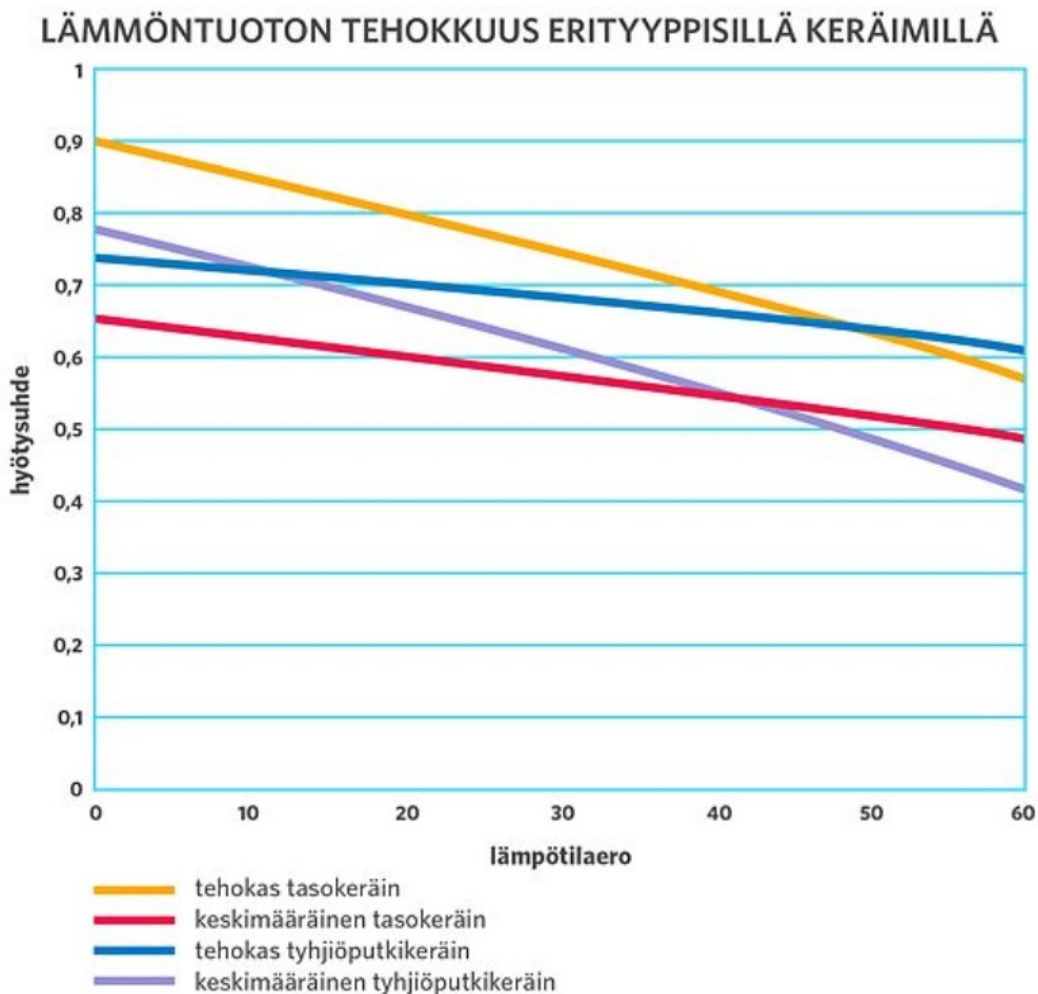
Aurinkokeräimillä on 80 % parempi hyötysuhde kuin aurinkopaneeleilla talon lämmityksessä. Aurinkolämpö soveltuu käytettäväksi hyvin puu- sekä pellettilämmityksellä varustetuissa pientaloissa, koska sillä saadaan tuotettua kevästä syksyyn lämmitys esimerkiksi kylpyhuoneen lattialämmityksessä, jolloin puulämmityksellä ei tarvitse lämmittää taloa. [17]

Aurinkokeräimiä on olemassa nestekiertoisena sekä ilmakiertoisena. Ilmakiertoisissa keräimissä säätö on kuitenkin hankalampaa, eikä lämpökapasiteetti yllä nestekiertoisten keräinten tasolle. Nestekiertoisista aurinkokerääjistä tyhjiökeräimillä on tasokeräimiä hieman parempi hyötysuhde, mutta ne ovat kalliimpia. [17] Parempi hyötysuhde perustuu niiden pieniin absorbointilevyihin, jotka tyhjiöputkessa lämpenevät nopeasti kuvassa 7 esitetyllä tavalla. Keräimissä lämmennyt vesi siirtyy jakotukin kautta lämmityskäyttöön hybridivaraajalle, josta lämpöä voidaan jakaa laitteistosta riippuen talon tai käyttöveden lämmitykseen.



Kuva 8. Tasokeräinten toiminta perustuu keräinlevyn absorbointiin auringonsäteilystä, josta lämpöenergia siirtyy nesteeseen [19].

Tasokeräinten etuna verrattuna tyhjiöputkikeräimiin on helpompi puhdistettavuus niiden rakenteen ansiosta, joka ilmenee kuvasta 8. Puhdas ja laadukas tasokeräin voi olla tuottavampi kuin tyhjiöputkikeräinjärjestelmä. Myös samantyyppisillä malleilla on eroa, sillä laadukkaiden mallien hyötysuhde voi olla 20 % keskivertoakin parempi. [17] Tämä esitetään tarkemmin alla kuvassa 9.



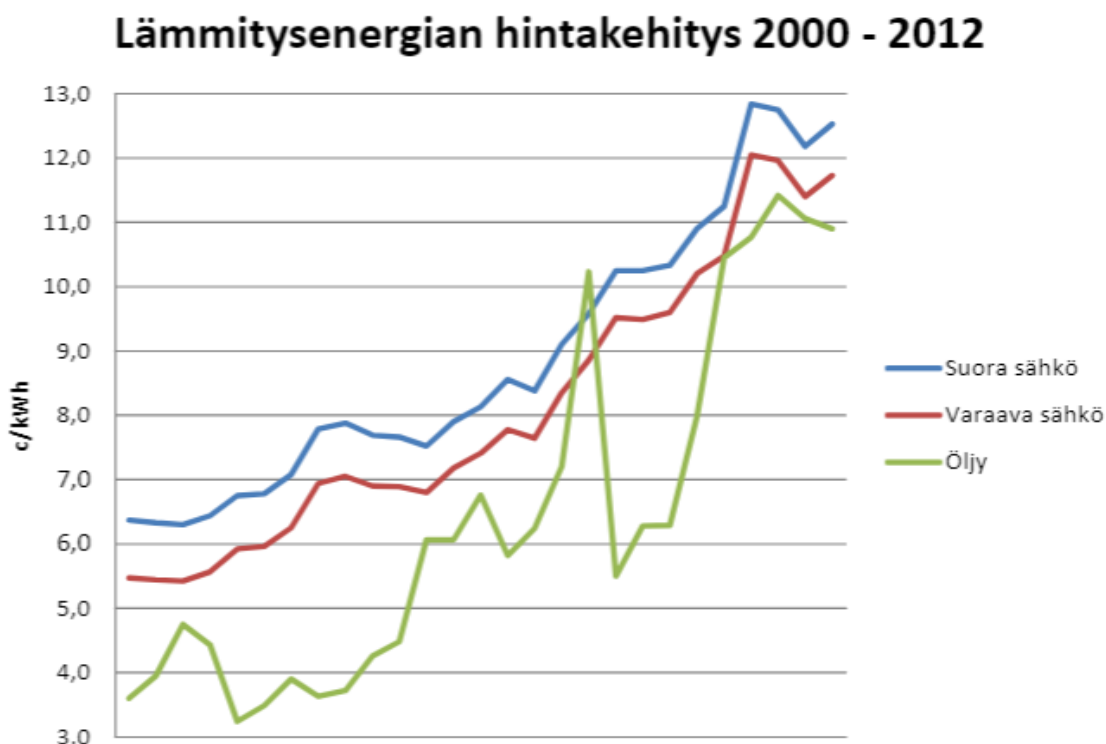
Kuva 9. Taso- ja tyhjiökeräimien hyötysuhde keskimääräisen kiertonesteen ja ulkoilman välinen lämpötilaeron suhteessa [19].

Keräimiä vertailtaessa on lisäksi huomioitava asennuspaikka, jotta huolto ja puhdistus olisivat helppo suorittaa. Molemmat keräintyyppit ovat yleistymässä pientalojen lämmitysjärjestelmissä [17].

5 Vanhojen järjestelmien päivitys

5.1 Öljylämmitys

Öljylämmitysjärjestelmä on tehokas lämmitysmuoto, jolla voidaan tuottaa koko talon lämmittämiseen sekä käyttöveden tarvittava energia. Uusien öljylämmityskattiloiden hyötysuhde voi olla jopa 90 prosenttia, eli parempi kuin monilla muilla järjestelmillä [8]. Vanhat öljylämmitysjärjestelmät eivät kuitenkaan yllä yhtä korkeisiin hyötysuhteisiin. Öljylämmityksestä ollaan luopumassa sen ympäristövaikutusten sekä öljyn hinnan noustessa [20]. Hintakehitys on 2000-luvulla kasvanut jyrkästi kuvan 10 mukaisesti. Nykyisen energiapolitiikan mukaan öljylämmityksestä vaihtaminen esimerkiksi maa- tai vesi-ilmalämpöpumppuun on kannattavaa, sillä uusiutuvaa energiaa käyttävään lämmitysjärjestelmään vaihtamiseen on mahdollista saada merkittävä tukea, joka vuonna 2021 on parhaimmillaan 4 000 €. [21]



Kuva 10. Öljyn sekä sähkön hinta on kasvanut 2000-luvulla voimakkaasti [5].

Öljylämmitys on teknisesti hyvä lämmitysjärjestelmä, ja siihen voidaan integroida muita lämmitysjärjestelmiä helposti. Tässä opinnäytetyössä lähtökohtana kuitenkin on, että öljylämmitys olisi kannattavaa korvata, sillä sen käyttö tulee kallistumaan seuraavina vuosikymmeninä merkittävästi sen ympäristövaikutusten vuoksi [21]. Tämän vuoksi sitä ei myöskään ole otettu mukaan lämmitystapojen vertailuun.

5.2 Sähkölämmitys

Sähkölämmitteistä taloa voidaan täydentää pellettikalla, tulisijalla sekä ilmalämpöpumpulla. Suomessa tulisija on useimmissa omakotitaloista, joten sen käyttö ja mahdollinen päivitys energiatehokkaaksi osaksi järjestelmää on varteenotettava vaihtoehto. Ilmalämpöpumpun asennus on myös varsin edullista ja se maksaa itsensä takaisin nopeasti, jos sitä käytetään energiatehokkaasti. Sähkölämmityksen päivityksessä on harkittava, onko pitkällä aikavälillä järkevämpi vaihtaa koko järjestelmä vesikiertoiseksi. [2]

5.3 Puu- ja pellettilämmitys

Puulämmitykset, jotka ovat talon päälämmitysjärjestelminä, ovat yleensä vesikiertoisia. Samaan yhteyteen on kytketty varaaja. Pellettijärjestelmä on periaatteessa puulämmitys, mutta palotapahtuma on hieman erilainen, johtuen automaattisesta syötöstä sekä polttimesta kattilassa [8, s. 22].

Puulämmityksen päivittämisessä hybridijärjestelmäksi on paljon vaihtoehtoja. Varaajaan voidaan helposti liittää esim. aurinkolämpö sekä varajärjestelmäksi sähkövastus. Puukattiloissa tapahtuu helposti myös yllämmittämistä. Hybridivaraajat mitoitetaan yleensä isoiksi, mutta puulämmitteisissä järjestelmissä mitoitus tulisi suorittaa niin, että kylminä pakkaspäivinä riittää yksi lämmityskerta vuorokaudessa. Automatiikalla voidaan lisätä energiatehokkuutta optimoimalla palotapahtumaa. Puu- ja pellettijärjestelmiin on helppo lisätä tukilämmitysjärjestelmiä, kuten lämpöpumppuja sekä aurinkokeräimiä. [5, s. 21.]

6 Elinkaari

6.1 Huolto- ja ylläpito

Hybridilämmitys vaatii automatiikalta enemmän kuin yhden lämmitysjärjestelmän ohjaus. Nykyään on olemassa valmiita paketteja, joissa automatiikka osaa huomioida tilanteeseen sopivimman lämmitysjärjestelmän käytön. Ne tunnistavat käyttötarpeen ja osaavat myös ennakoita sitä. Hyvä automatiikka on tärkeää jo kustannussyistä, jos käytössä on kaksi täysin erilaista järjestelmää. [22] Hybridilämmitys on usein kytketty osaksi koko talon automatiikkaa. Ylläpitokuiluissa on eroa järjestelmien välillä. Järjestelmän luotettavaan toimintaan on kiinnitettävä huomiota, jotta mm. vesivahingoilta vältytään. Pienempiä huoltotoimenpiteitä kuten varoventtiilien uusimisia, on usein tehtävä ennen suurempia uusimisia. Laitteiston keskeisten osien uusinta on ajankohtainen yleensä järjestelmän ollessa n. 20–30 vuotta vanha. Tukilämmitysjärjestelmät ovat usein järkevämpi uusia kokonaan, sillä esim. ilmalämpöpumppujen sekä aurinkokeräimien uusinta on saman hintaista kuin laajamittainen korjaus. [23]

Kaikilla laitteistoilla on elinkaari, jonka aikana järjestelmiä on huollettava, jotta ne toimisivat suunnitellusti. Yleisimpiä huoltoja eri järjestelmissä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Keskimääräiset huoltovälit hintoineen eri lämmitysjärjestelmissä [23].

Yleisimpien huoltotoimenpiteiden hinnat sekä aikavälit.											
Toimenpide/uusinta	Hinta €	huolto- väli (v)	Ö	K	P	M	I	PI	SS	VS	ILP
Merkkien selitykset: Ö=Öljylämmitys, K= Kaukolämpö P=Pelletti, M=MLP, I=IVLP, PI=PILP, SS= Suora sähkölämmitys VS= Vesikiertoinen sähkölämmitys											
MLP-pumpun uusinta	8000	30				X					
Lämmönvaihdinpa-ketti	5000	30		X							
Kattilan uusinta	5000	30	X		X						
Sähkökattilan uusinta	4000	30							X		
IVLP ulkoyksikön uusinta	4000	20					X				
IVLP sisäyksikön uusinta	4000	20					X				
Lämpöpumpun kompressorin uusinta	1500–2000	15				X	X	X			
Öljysäiliön uusinta	1500	40	X								
Sähkövaraajan uusinta	1500	30							X		
Polttimen uusinta	1000	15	X		X						
ILP ulkoyksikön uusinta	1000	30									X
ILP sisäyksikön uusinta	1000	20									X
Vesipumpun uusinta	300	20	X	X	X	X					
Paisunta-astia + varolaitteet uusinta	300	20	X	X	X	X					
Vesipumpun uusinta	300	20	X	X	X	X				X	
Polttimen ja kattilan huolto	150	1	X								
Patteriventtiilien ja -runkojen uusiminen	60 €/patteri	15	X	X	X	X	X	X		X	
sähköpatterin uusinta	120 €/patteri	2							X		
Nuohous	50	1	X		X						
Termostaattien uusinta	3 /€/m ²	15	X	X	X	X	X	X		X	

6.2 Ympäristötekijät

Kaikilla lämmitysjärjestelmillä on ympäristövaikutuksia. Aurinkoenergian ja muiden uusiutuvien energialähteiden ympäristövaikutukset tulevat esim. akkujen valmistuksessa, mutta eivät ole niin suuria kuin fossiilisten polttoaineiden päästöt [8, s. 101].

Kuluttaja eli pientalon asukas ei välttämättä aseta ympäristökysymyksiä korkealle valittaessa lämmitysjärjestelmää. Fossiiliset polttoaineet ovat kuitenkin kallistuneet päättäjien toimesta jo pitkään, ja sama kehityssuunta näyttää tällä hetkellä jatkuvan. Pientalojen energiatehokkuus ja päästörajat nousevat uusissa määräyksissä. Öljylämmityksestä kannustetaan luopumaan. Myös kaukolämmön ympäristövaikutukset ovat muuttumassa, kun kaukolämmön tuotannossa ollaan luopumassa kivihielestä. [4]

6.3 Hyötysuhteen merkitys

Hyötysuhde merkitsee, paljonko lämmitysenergiasta siirtyy talon lämmitykseen. Tähän vaikuttavat lämmitysjärjestelmän ohella talon rakenne, putkimateriaalit, eristykset, putkikoot sekä putkiston pituus, mutkat sekä venttiilit. Todellinen hyötysuhde on myös ympäristöstä riippuvaista, ja siihen vaikuttaa järjestelmästä riippuen lämpötila ulkona sekä auringon vaikutus, haluttu lämpötilataso, talousveden käyttötottumukset, kiertovesipumpun toiminta ja polttoaineen laatu. [10, s. 29.]

Lämpöpumpun hyötysuhdetta paremman käsityksen antaa lämpökerroin. Se kuvaa, montako kertaisesti se tuottaa energiaa verrattuna sen käyttämään energiaan. Maalämpöpumpun lämpökerroin oikein mitoitettuna on noin 2,5–3,5, joten sen hyötysuhde on teoriassa 250–350 %. Lämmitysjärjestelmien keskimääräiset hyötysuhteet on esitetty taulukossa 2. Lämpöpumput toimivat tehokkaimmin, kun lämpötilaero lämmönlähteen sekä tavoiteltavan lämpötilan välillä on

mahdollisimman pieni, sillä lämmönlähteiden lämpötilat ovat talon ulkopuolella matalat. Esimerkiksi maaperän lämpötila on tyypillisesti 4–6 °C, joten siitä saatava energia toimii hyvin lattialämmityksen kanssa, toisin kuin korkealämmitteisen patterilämmityksen lämmönlähteenä. Lämpöpumppujen vaikutus korostuu, kun asennuskohde on passiivi- tai matalaenergiatalo, jossa lämpöhäviöt ovat pienet. Tällöin useimmat erilaiset lämpöpumput riittävät lämmittämään talon itsenäisesti lähes koko vuoden, kylmimpiä keälejä lukuun ottamatta. [14]

Taulukko 2. Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet ja lämpökertoimet. [3].

Lämmitysjärjestelmä	Hyötysuhde
Kaukolämpö	90 %
Maalämpö	2,5–3,5 (lämpökerroin)
Puu- ja pellettilämmitys	85 %
Sähkölämmitys	99 %
Poistoilmalämpöpumppu	70 %
Ilma-vesilämpöpumppu	2 (lämpökerroin)
Tulisija	80 %
Ilmalämpöpumppu	2–3 (lämpökerroin)
Aurinkokeräin	50–80 % (riippuu pinta-alasta)

Hybridilämmityksessä on usein myös käyttöveden lämmitys. Jos lämpöpumppuja käytetään käyttöveden lämmitykseen, ei hyötysuhde ole niin korkea kuin pelkästään talon lämmittämiseen käytettäessä, sillä tällöin myös käyttövesi on kuumennettava korkeampaan lämpötilaan vieden enemmän energiaa. Se on kuitenkin talon kokonaisenergiankulutuksen kannalta järkevä vaihtoehto, joka voidaan toteuttaa hybridivaraajalla. Pienissä taloissa käyttöveden lämmitykseen käytettävä energia on suhteessa suurempi kuin isommissa taloissa. [3]

7 Tutkimusmenetelmät sekä tavoite

Lämmitysjärjestelmien vertailua tehtiin Motivan lämmitystapalaskurin avulla. Se on kuluttajille suunnattu työkalu, joka on helppokäyttöinen ja selainpohjainen. Esimerkkinä käytetään 150 m²:n pientaloa, josta on tehty laskelmat vuosina 2003–2009 rakennetulla tavanomaisella pientalolla. Laskelmien pohjalta vertailtiin erilaisia hybridiyhdistelmiä käytön, asennuksen sekä ylläpidon osalta. [3] Motivan lämmitystapalaskurilla ei ole mahdollista verrata kaikkia mahdollisia hybridilämmitysyhdistelmiä, joten vertailun lisäksi on esitetty lakennallisia arvioita mainituista lämmitysjärjestelmien yhdistelmistä. Tulokset laskurista ovat liitteessä 1 ja 2.

Rakennuksen suunnitteluvaiheessa kannattaa lämmitysjärjestelmän toteutus suunnittelu tehdä tarkasti [10, s. 10–11]. Seuraavat seikat on hyvä ottaa huomioon lämmitysjärjestelmää valittaessa:

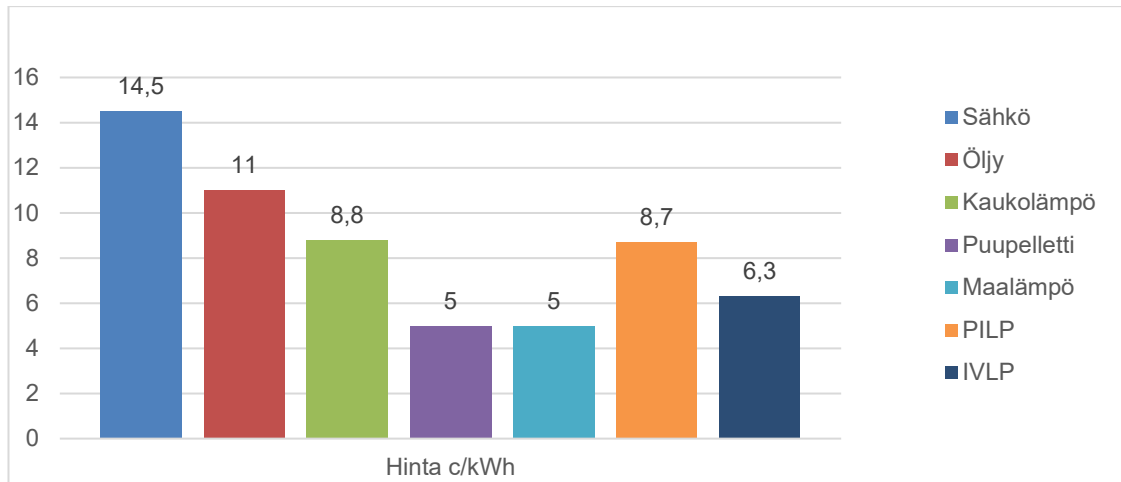
- talon rakenne
- talon koko sekä kerrokset
- teknisten laitteiden sijoitus
- ilmanvaihtojärjestelmä
- ympäristöystävällisyys
- hankinta- ja asennuskustannukset
- maaperä (maalämpö)
- lämmönjako
- käyttö- ja ylläpitokustannukset.
- lämmitysmuotojen yhdistettävyyys
- omavaraisuus
- energialähteiden kustannukset tulevaisuudessa
- tieto siitä, jääkö vanha järjestelmä käyttöön tai varajärjestelmäksi?
- takaisinmaksuaika.

Taulukkoon 3 on koottu eri lämmitystapojen investointikustannuksia. Samoja arvoja käytettiin myös vertailussa. Näiden lisäksi lopullisiin kustannuksiin tulevat vesikiertoisissa järjestelmissä putkiosuudet, jotka maksavat 3 000–10 000 euroa, riippuen siitä sisältävätkö ne esim. lattialämmityksen jokaisessa asuinhuoneistossa [3].

Taulukko 3. Lämmitysjärjestelmien keskimääräisiä investointikustannuksia [3].

Lämmitysjärjestelmä	Investointikustannus
Kaukolämpö	7 500 €
Maalämpö	16 000 €
IVLP	10 000 €
PILP	10 000 €
Sähkö	5 000 €
Puupelletti	12 000 €
Varaava takka	4 000 €
Ilmalämpöpumppu	2 000 €
Aurinkokeräimet	4 500 €
Vesikiertoinen takka	7 000 €

Vertailun tavoitteena on saada selville, minkälainen hybridijärjestelmä nykykaiseen 150 m²:n ja 10 vuotta vanhaan taloon kannattavaa asentaa. Laskelmissa käytettiin 2 %:n vuosittaista korkoa takaisinmaksuaikojä vertailtaessa sekä 20 vuoden pitoaika. Useimmat järjestelmät toimintakuntoisina 20–30 vuotta, mikäli ne on huollettu asianmukaisesti. Tutkimusten laskelmat tehtiin myös laskemalla päälämmitysmuotojen euromääräiset kustannukset kilowattituntia kohden. Tulokset on esitetty kuvassa 11.



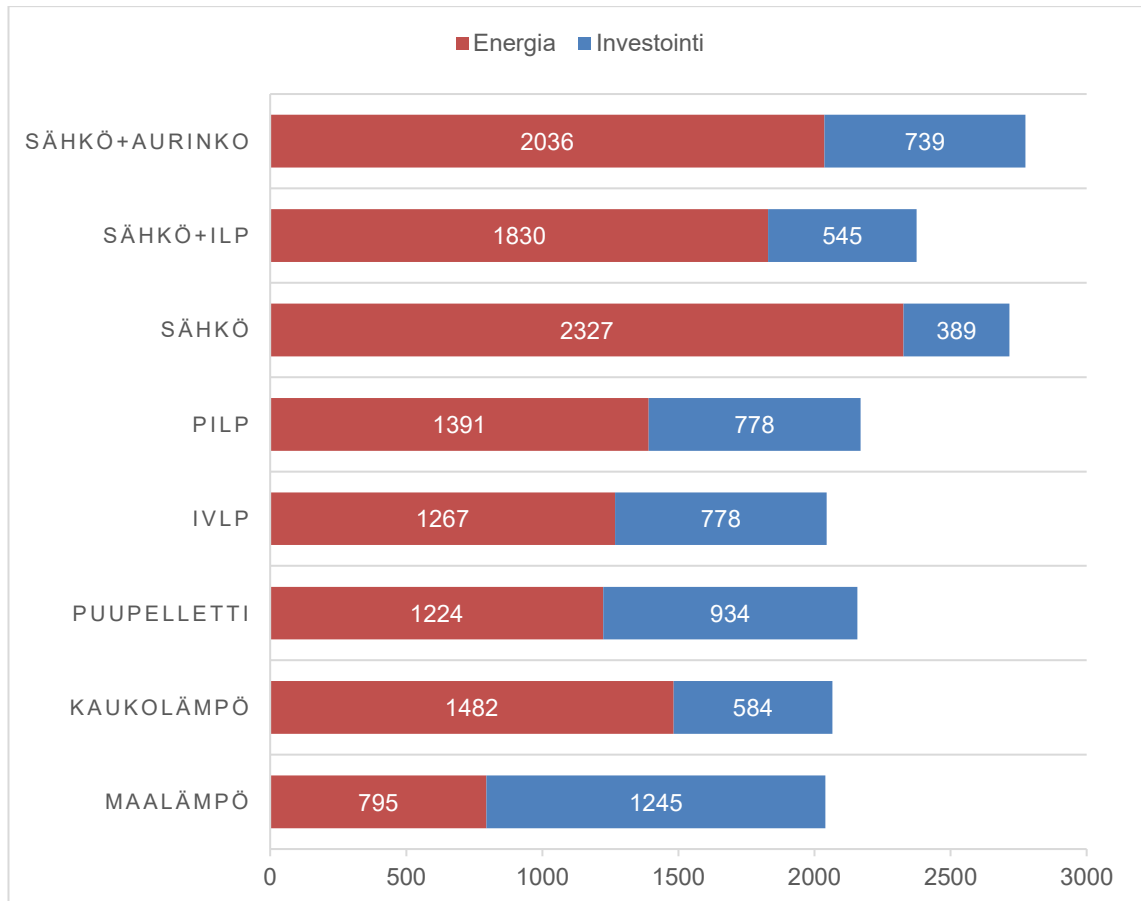
Kuva 11. Päälämmitysmuotojen keskimääräiset energian hinnat c/kWh [3].

Lämpöpumppujen osuus on laskettu lämpökertoimen ja sähkön hinnan suhteesta [3].

8 Tutkimustulokset

8.1 Vuotuiset kokonaiskustannukset

Motivan lämmitystapalaskuri tuotti useita erilaisia kaavioita, joista tuloksia pystytään vertaamaan päälämmityksien välillä. Tuloksia verratessa huomataan, että maalämmön investointikulut ovat selvästi muita kalliimmat, sillä putkiston asennus maaperään on kallista. Todellisuudessa maalämpöputkiston poraus voi olla 10 000 euroa keskimääräistä investointikustannusta kalliimpikin. [3] Maalämmön energiakustannukset ovat kuitenkin pienimmät, sillä sen lämpökerroin on noin 3. Maalämmön energiakustannukset ovat 795 €, joten se on energiakustannuksiltaan sähkölämpöä, 2 327 €, selvästi kannattavampi. Maalämpö on pitkällä aikavälillä investoinnin takaisinmaksuajan jälkeen edullisin järjestelmä käyttää, sillä sen energiakustannukset ovat pienimmät. [3.]



Kuva 12. Vuotuiset kokonaiskustannukset eri järjestelmillä [3]

Muita lämmitysjärjestelmiä tarkasteltaessa huomataan pelletin olevan myös hyvä vaihtoehto vuotuisten energiakustannusten kannalta. Huomattavaa on, että, vaikka pellettilämmitys on vertailussa ilmavesi- sekä poistoilmalämpöpumpun kanssa samaa tasoa, ei se tarvitse tukilämmitystä toimiakseen. Kun järjestelmään lisätään esim. ilmalämpöpumppu, voidaan kustannuksia pienentää. Toisaalta, jos lämmittämiseen käytetään puun polttoon soveltuvaa tulisijaa, voidaan säästöä saada, mikäli puun tuotanto on omavaraista [5, s. 15].

Poistoilmalämpöpumppu sekä ulkoilmalämpöpumppu ovat vuotuisista kokonaiskustannuksista lähes saman hintaiset. Poistoilmalämpöpumpun arvioinnissa täytyy muistaa, että se toimii myös talon ilmanvaihtojärjestelmänä, joten sen kustannukset voidaan vähentää ilmanvaihdon kustannuksista. Kuvasta 12

todetaan, että PILP:n energiakustannukset ovat n. 40 % pienemmät verrattuna sähkölämmitykseen. IVLP:n energiakustannukset ovat samansuuruiset kuin poistoilmalämpöpumpun. [3.]

Kaukolämmön kustannukset ovat vertailun pienimpiä kokonaisuutta tarkastellessa. Kaukolämpö onkin oletetusti hyvä vaihtoehto taajama-alueella, jossa se on saatavilla. Sen takaisinmaksuaika ei ole pitkä, sillä investointikulut ovat pienet. Pitkällä aikavälillä se tulee kuitenkin kalliimmaksi kuin esimerkiksi maalämpö, kuten taulukon käyrästä voidaan huomata, sillä sen energiakustannukset ovat lähes puolet kalliimpia verrattuna maalämpöön. Hinnan muutos kaukolämmössä voi olla myös todellisuudessa vertailun 2 %:n vuosittaista energiahinnan nousua korkeampi. [3.]

Sähkölämmitys on odotetusti kallein energiamuoto, mutta tukilämmityksellä sen energiakustannukset ovat pienemmät. Tarkastellessa tukilämmitysjärjestelmien hyötyjä vuotuisiin kokonaiskustannuksiin huomataan, että sähkön lämmityksessä ilmalämpöpumpun sekä aurinkolämmön vaikutus vuotuisissa kokonaiskustannuksissa on huomattava. [9.] Sähkölämmityksessä tukijärjestelmien hyöty on suurin verrattaessa muihin päälämmitysjärjestelmiin. Esimerkiksi maalämpöjärjestelmässä ilmalämpöpumpun hyöty ei vuositasolla ole niin suuri, sillä järjestelmät ovat molemmat lämpöpumpuja, jotka tukeutuvat sähköön. Takasta taas on hyötyä myös maalämpöjärjestelmissä, kun sillä voidaan helposti tuoda lisälämpöä talvella maalämmön tuoton ollessa pienempää. [3.]

8.2 Takaisinmaksuaika

Investointien vertailun kannalta merkitystä on sillä, kuinka nopeasti halutaan investoinnin maksavan itsensä takaisin. Mitä lyhyempi takaisinmaksuaika on, sitä kannattavampi on sijoitus. Vertailun kohteena olevassa 2000-luvulla rakennetulle tavanomaiset rakentamismääräykset täyttävälle talolle Motiva ilmoittaa käyttöveden sekä lämmityksen yhteenlasketuksi vuosikulutukseksi 16 000 kWh [3]. Laskennassa talon sijainniksi on merkitty Etelä-Suomi. Jos oletetaan, että kohteessa on ennestään esim. vesikiertoinen sähkölämmitys ja se korvattaisiin

maalämmöllä, saadaan näiden energiakustannusten erotuksesta vuotuinen säästö vaihdettaessa järjestelmää. Tällöin takaisinmaksuaika olisi korko huomi- oituna seuraavan kaavan mukainen.

$$TMA = \frac{-\ln\left(\frac{1}{k} - \frac{I}{S}\right) - \ln(k)}{\ln(1+k)}$$

jossa

k on korko (%),

I on investointi (€),

S on nettotulot (€)

[24]

Investoinnin kannattavuutta voidaan tarkastella nykyarvon kannalta, mikäli halutaan tarkempia laskelmia. Näin voidaan ottaa huomioon rahanarvon muutos sekä lämmitysjärjestelmän arvo, kun se on maksettu. Nykyarvon laskemiseksi investoinnin tuotot ja kustannukset diskontataan nykyhetkeen korkokannalla. Mitä korkeampi on tulo, sitä kannattavampi on investointi nykyarvossa. Nykyarvon laskemiseksi käytetään seuraavaa kaavaa.

$$NA = \frac{(1+k)^n - 1}{k(1+k)^n} * S - I$$

jossa

k on korko (%),

I on investointi (€),

S on nettotulot (€),

n on pitoaika (a)

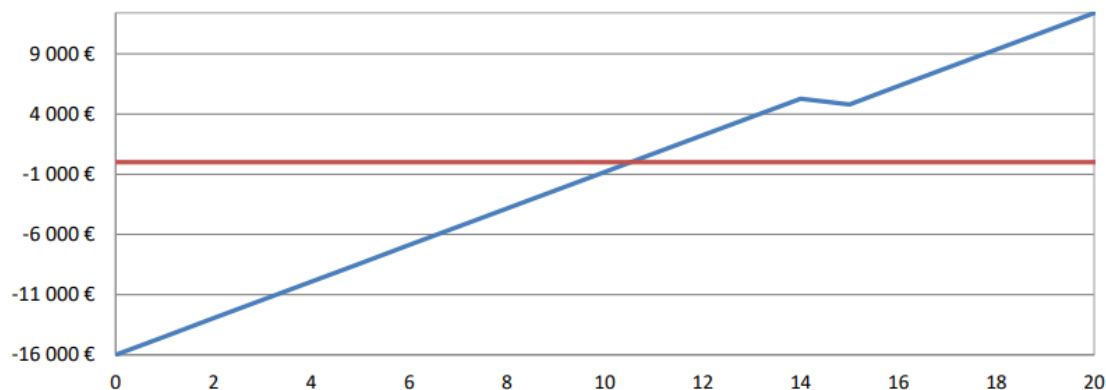
[24]

Taulukko 4. Päälämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat sekä nykyarvo 20 vuoden tarkasteluajana edellä mainituilla kaavoilla laskettuna.

TMA sekä NA verrattuna sähkölämmitykseen kohteessa							
Pitoaika	20	MLP	IVLP	Kauko	PILP	Pelletti	Yks.
Korko	2 %						
Säästö		1532	936	845	1060	1103	€
Investointi		16000	10000	7500	10000	12000	€
Nykyarvo		9050	5305	6317	7333	6036	€
Takaisinmaksuaika		11,83	12,14	9,87	10,56	12,39	a

Taulukosta 4 nähdään, että takaisinmaksuajoissa ei ole suurta vaihtelua. Laskennassa korkona käytettiin 2 %:ia sekä 20 vuoden laskenta-aikaa. Maalämpö tuottaa 12 vuoden jälkeen noin 300 % tuloa verrattuna sähkölämmitykseen. Kaukolämmöllä taas takaisinmaksuaika on pienin, sillä alkuinvestointi ei ole niin suuri. Se säilyttää myös hyvin arvonsa. Kaukolämpö on kannattavin valinta tämän perusteella. Maalämpö on kuitenkin kannattavampi, mikäli järjestelmiä on tarkoitus käyttää yli 15 vuotta. Käyttöikä on yleensä lämmitysjärjestelmillä 20–30 vuotta.

Lopullisissa laskelmissa kannattaa huomioida myös huoltokulut, etenkin jos takaisinmaksuaika on pitkä. Kuvassa 13 on otettu esitetty maalämmön takaisinmaksu kuvaajana, kun korko on 2 % sekä pitoaika 20 vuotta. Vuodelle 15 on ajoitettu maalämpöpumpun kompressorin vaihto, jonka hinta on noin 2 000 €. Punainen viiva kuvaa 0-tasoa, sininen viiva investointia. Kun ne risteävät, on investointi maksanut itsensä takaisin. Takaisinmaksuaika on näin laskettuna 10,53 vuotta, mutta se on suora takaisinmaksuaika eikä ota huomioon korkoa. Kannattavuuslaskelma on kokonaisuudessaan liitteessä 2.



Kuva 13. Nettonykyarvon kuvaaja sähkölämmityksen korvaamisesta maalämmöllä esimerkikohteessa Motivan toimenpiteen kannattavuuslaskurin mukaisesti.

Jos investointi rahoitetaan pankin rahoituksella, on hyvä huomioida myös rahoituskustannukset. Rahoituskorko kannattaa arvioida riittävän suureksi laskelmissa, jotta investoinnin hyöty kestäisi myös taloudellisen epävakauden. Laskelmissa korkokannaksi laskettiin 2 %, sillä vaikka esim. EURIBO 12kk:n korkotaso on noin – 0,5 %, on huomioitava myös korkojen mahdollinen nousu sekä pankin marginaalikorko. Varsinaisesta rahoituslaskelmasta muodostuu todellinen vuosikorko, joka huomioi myös laskutuslisät yms.

9 Päätelmät

Lämmitysjärjestelmien vertailu hybridiratkaisuun on vaikeaa, sillä vaihtoehtoja on monia, eikä yhtä ja oikeaa ratkaisua ole. Laskelmissa kuitenkin huomataan, että oikeanlaisella lämmitysjärjestelmällä esimerkikohteessa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä energiakuluissa. Vertailun tuloksena edullisin järjestelmä on maalämpö pitkällä aikavälillä, sen maksaessa itsensä takaisin n. 12 vuodessa. Jos aurinkolämpöä käytetään osana järjestelmää, on laskenta-aika muutaman vuoden pidempi, mutta energiasäästöjen vaikutukset vuosittaisiin kokonaiskustannuksiin vertailun parhaimmat. Tulosta voidaan pitää luotettavana, sillä esimerkiksi Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) DENSY-tutkimuksessa maalämmön ja aurinkolämmön todettiin myös olevan energiatehokkain vaihtoehto hybridijärjestelmiä vertailtaessa [25].

Kaukolämpö ei häviä maalämmölle kuin pitkällä aikavälillä. Se on vertailun mukaan edullisempi noin 10 vuotta. Nopean takaisinmaksuajan, edullisten huolto- ja ylläpitokustannusten sekä pienen investoinnin vuoksi sitä voidaan pitää vertailun kakkosena. Kaukolämmön heikkoutena on kuitenkin, että perus- ja energiamaksut voivat nousta huomattavasti enemmän kuin maalämmössä tulevaisuudessa.

Pellettilämmityskin voi olla edullinen käytössä, mikäli käytetään suurta varaajaa, jossa lämmitetty vesi voidaan hyödyntää pitkällä aikavälillä. Tämä on myös puu- ja pellettijärjestelmien ja isojen hybridivaraajien huono puoli, sillä ne vaativat paljon tilaa, joten pienessä talossa niiden sijoittaminen voi olla haasteellista. Sekä maalämmössä että pellettijärjestelmässä alkuinvestointi on suuri, mutta kokonaiskustannukset muodostuvat vuosien mittaan pienemmiksi kuin monissa muissa lämmitysjärjestelmäratkaisuissa. [3]

Myös poistoilmalämpöpumppu sekä ilma-vesilämpöpumppu osoittautuivat energiatehokkaiksi ratkaisuiksi. Niiden alkuinvestointi ei ole niin suuri kuin maalämmöllä tai varaavalla pellettilämmitysjärjestelmällä, mutta viidentoista vuoden laskenta-ajan jälkeen niiden nykyarvo on lähes samalla tasolla kuin puu- ja pellettilämmityksen. Poistoilmalämpöpumpulla on parempi hyöty kuin ilmavesilämpöpumpulla yksittäisenä järjestelmänä, sillä ilmavesilämpöpumppu ei pysty tuottamaan tarpeeksi lämpöä edullisesti ympäri vuoden. Toisaalta ilmavesilämpöpumppu varustettuna tulisijalla sekä aurinkokeräimillä voi olla hyvinkin energiatehokas ratkaisu. [3.]

Vertailun talo oli pieni, joten energiansäästöjen vaikutus ei ollut niin suuri, kuin alun perin olisi kuvitellut, sillä takaisinmaksuajat kasvoivat järjestelmästä riippuen n. 10 vuoteen. Sähkölämmityksessä on vertailun perusteella pienimmät investointikustannukset, mutta suurimmat käyttökustannukset. Tämä tarkoittaa, että sähköjärjestelmää voidaan pitää tehokkaana lämmitysjärjestelmänä vain pienissä passiivi- tai matalaenergiataloissa, mutta tällöinkin vertailtavat lämmitysjärjestelmät ovat energiatehokkaampia.

Vanhan lämmitysjärjestelmän päivityksessä on vertailtava, onko edullisempaa vaihtaa koko lämmitysjärjestelmä vai saadaanko tukilämmityksellä aikaiseksi hyötyjä. Uusiutuviin järjestelmiin vaihto on tukien vaikutuksesta kannattavaa. Pienessä omakotitalossa lämmitysjärjestelmäksi kannattaa valita tällöin alkuinvestoinniltaan edullinen lämmitysjärjestelmä, johon voidaan liittää edullinen tukilämmitysjärjestelmä, kuten aurinkokeräimet, joilla voidaan vähentää käyttöveden lämmitykseen kuluva energiaa erityisesti kesäaikana. [13] Aurinkokeräimillä voidaan tehostaa vesikiertoisia järjestelmiä. Niiden hyödyntäminen kannattaa huomioida, kun valitaan talon lämmitysjärjestelmää. Uusiutuvisissa ja kustannustehokkaissa järjestelmissä on myös talon arvoa nostava vaikutus [2; 5]. Hybridilämmitysjärjestelmä, johon yhdistetään useita erilaisia lämmitysmuotoja, voi osoittautua investoinniltaan niin korkeaksi, että vaikka sen vuosittaiset energiasäästöt olisivat paremmat kuin pelkällä maalämmöllä, se ei silti olisi kokonaiskustannuksiltaan ole järkevin vaihtoehto takaisinmaksuajan kasvaessa liian suureksi.

Lähteet

- 1 Lahtinen, Markus; Laiho, Veera; Pakarinen, Sami. 2011. Kotitalouksien asuinmenot Suomessa vuosina 2011–2015. Verkkoaineisto. Pellervon taloustutkimus. <<https://www.ptt.fi/julkaisut-ja-hankkeet/kaikki-julkaisut/kotitalouksien-asumismenot-suomessa-2011-2015.html?p452=2>>. Luettu 29.9.2021.
- 2 Hybridilämmitys. 2020. Verkkoaineisto. Energiatehokas koti. <https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/hybridilammitys>. Luettu 23.9.2021
- 3 Lämmitystapojen vertailulaskuri. 2021. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/vertaile_lammitysjarjestelmia/pientalon_lammitystapojen_vertailulaskuri> Luettu 25.9.2021
- 4 Lämmitys. 2020. Verkkoaineisto. Energiatehokas koti. <https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys>. Luettu 6.10.2021.
- 5 Lehtinen, Jari. 2013. Lämmityslasku pienemmäksi. Tekninen opas. Lämpövinkki Oy.
- 6 Rakentaja.fi. Verkkoaineisto. 23.4.2013. Hybridilämmitys valtaa alaa. 2013. Verkkoaineisto. Rakentaja.fi. 23.4.2013. <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/10362/hybridilammitys_valtaa_alaa.htm>. Luettu 3.10.2021.
- 7 ES-hybridivaraajien esite. LVI-tavara.fi. <<https://lvi-tavara.fi/wp-content/uploads/1681-Esite.pdf>>. Luettu 5.10.2021.
- 8 Harju Pentti. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola. Penan tietopus.
- 9 Vesikiertoinen vai kuiva lämmönjakojärjestelmä. 2020. Verkkoaineisto. Energiatehokas koti. <https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/vesikiertoinen_vai_kuiva_lammonjakojarjestelma>. Luettu 14.10.2021.

- 10 Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi – laskentaopas. 2012. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Lammitysjarjestelmat-_Laskentaopas-2012-150911-CA99FFCB_627B_48C8_8EB0_607F36B178A5-30751.pdf/a2f589d0-47ac-5d04-b739-759b514e2245/Lammitysjarjestelmat-_Laskentaopas-2012-150911-CA99FFCB_627B_48C8_8EB0_607F36B178A5-30751.pdf?t=1603260210304>. Luettu 30.09.2021.
- 11 Lämpöä omasta maasta – Maalämpöpumput. 2012. Opas. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf>. Luettu 30.09.2021.
- 12 Kallio, Jarmo. 2009. Geologian tutkimuslaitos. Geoenergian hyötykäyttö suurkohteissa ja yhdyskuntasuunnittelussa. <http://www2.jkl.fi/kaavakarjat/uusiutuvat_energiamuodot_seminaari/jk_esitys_190809.pdf>. Luettu 28.9.2021.
- 13 Lehtinen, Jari. 2013. Maalämpöpumpun ja maalämmön valinta. Tekninen opas. Lämpövinkki Oy.
- 14 Lämpöpumput. 2021. Verkkoaineisto. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. <<https://www.sulpu.fi/lampopumput/>>. Luettu 9.10.2021
- 15 Puunpoltto. 2020. Verkkoaineisto. Terveystieteiden tutkimuskeskus ja hyvinvoinnin tutkimuskeskus. <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet/puunpoltto>>. Luettu 14.10.2021.
- 16 Latauspumppupaketti Kiuas/Liesi/LTO. Verkkoaineisto. Ekolämmöx oy. <<https://ekolammox.fi/tuote/latauspumppupaketti-vesikiertokiukaalle/>>. Luettu 5.10.2021.
- 17 Aurinkokeräinten hyötysuhteet. 2020. Verkkoaineisto. Motiva oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet>. Luettu 6.10.2021
- 18 Tyhjiöputkikeräin. Verkkoaineisto. Alternative Energy Tutorials. <<https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-hot-water/evacuated-tube-collector.html>>. Luettu 13.10.2021.
- 19 Tasokeräimet. 2020. Verkkoaineisto. Motiva oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/neste-kiertoiset_keraimet/tasokeraimet>. Luettu 13.10.2021.

- 20 Lämmitysremontissa hybridilämmitys on järkevä. 2015. Verkkoaineisto. Suomirakentaa.fi. 6.3.2015. <<https://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/laemmitys/lammitysremontissa-hybridilammitys-on-jarkeva>>. Luettu 30.9.2021.
- 21 Öljylämmityksen vaihtajalle. 2021. Verkkoaineisto. ELY-keskus. <<https://www.ely-keskus.fi/oljylammituksen-vaihtajalle>>. Luettu 6.10.2021.
- 22 Talon tekniikka ja energia älykkäästi haltuun. 2020. Verkkoaineisto. Rakennaoikein.fi. 6.3.2020. <<https://www.rakennaoikein.fi/artikkeli-talon-tekniikka-ja-energia-alykkaasti-haltuun-167039/uutiset.html>>. Luettu 30.9.2021.
- 23 Lämmitysjärjestelmien elinkaari. 2020. Verkkoaineisto. Energiatehokas koti. <https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari>. Luettu 23.9.2021.
- 24 Vierros, Tuomo. 2009. Investointilaskelmat. Aalto University Wiki. <<https://wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>>. Luettu 25.10.2021.
- 25 Bergman, Jukka-Pekka; Karhumäki, Tero; Keikko, Tommi; Komulainen, Risto; Kässi, Tuomo; Lankila, Mika; Lehtinen, Hannu; Partanen, Jarmo; Poikonen, Pasi; Rinne, Petja; Valkealahti, Seppo; Ventä, Olli; Wahlström, Björn. 2006. Teknologiaohjelma DENSY – Hajautetun energiantuotannon tulevaisuusskenaariot ja vaikutukset liiketoimintamalleihin. Tutkimusraportti. Verkkoaineisto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <<https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/31061/TMP.objres.190.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Luettu 25.10.2021.

Lämmitystapojen vertailulaskuri

Tällä laskurilla voit vertailla pientalon lämmitysvaihtoehtojen kustannuksia. Laskuria voidaan käyttää sekä uusille että vanhoille taloille.

Laskuri soveltuu vain pientaloille: laskurin ohjearvot vastaavat pientaloja ja esitetyt arvot ovat uuden pientalon tyyppisiä arvoja. Kaikki ilmoitetut hinnat sisältävät niihin liittyvät verot.

Voit muuttaa vihreiden kenttien arvoja. Hyödyllistä lisätietoa saat klikkaamalla kenttiä, joiden vieressä on (i)-merkki. Laskurin tulokset ovat suuntaa-antavia.

[Lisätietoja laskurista \(Motiva.fi\)](#)



Voit valita enintään 8 lämmitystapaa kerrallaan vertailuun. Valittuna 8. **Maksimimäärä lämmitysjärjestelmiä valittuna!**

Valitse päälämmitystapa

Puupelletti	<input checked="" type="checkbox"/>
Kaukolämpö	<input checked="" type="checkbox"/>
Maalämpö	<input checked="" type="checkbox"/>
Ulkoilma-vesilämpöpumppu ja sähkö	<input checked="" type="checkbox"/>
Poistoilma-lämpöpumppu ja sähkö	<input checked="" type="checkbox"/>
Ulkoilma-vesilämpöpumppu ja öljy	<input type="checkbox"/>
Sähkölämmitys	<input checked="" type="checkbox"/>
Öljy	<input type="checkbox"/>

Valitse tukilämmitys

Tulisija	<input type="checkbox"/>	Ilmalämpöpumppu	<input checked="" type="checkbox"/>	Tulisija ja ilmalämpöpumppu	<input type="checkbox"/>
Tulisija	<input type="checkbox"/>	Ilmalämpöpumppu	<input type="checkbox"/>	Tulisija ja ilmalämpöpumppu	<input type="checkbox"/>
Tulisija	<input type="checkbox"/>	Ilmalämpöpumppu	<input type="checkbox"/>	Tulisija ja ilmalämpöpumppu	<input type="checkbox"/>
Tulisija	<input type="checkbox"/>	Ilmalämpöpumppu	<input type="checkbox"/>	Tulisija ja ilmalämpöpumppu	<input type="checkbox"/>

Aurinkolämpö

Aurinkolämpö

Haluun määrittää lämmitysenergian kulutustiedot: Rakennuksen tiedoilla Antamalla vuosikulutuksen

1. Rakennuksen tiedot

Rakennuksen pinta-ala	<input type="text" value="150"/> m ²
Huonekorkeus (m)	<input type="text" value="2.5"/> m
Asukasmäärä	<input type="text" value="4"/>
Rakennuksen energiatehokkuus tai ikä	<input type="text" value="2010-"/> ▼
Rakennuksen sijainti	<input type="text" value="I ja II Etelä-Suomi"/> ▼

Lämmitysenergian tarve vuodessa

Käyttöveden lämmitysenergia	<input type="text" value="4000"/> kWh/a
Lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa	<input type="text" value="16000"/> kWh/a

Voit tarkentaa laskelmaa muuttamalla energiahintatietoja, investoinnin laskentakorkoa tai laskenta-aikaa.

2. Lämmitystapojen hinnat

Puupelletti	<input type="text" value="280"/> €/tn (linkki)
Kaukolämpö	<input type="text" value="8,8"/> c/kWh (linkki)
Sähkö	<input type="text" value="14,4"/> c/kWh (linkki)
Sähkölämmitys	<input type="text" value="14,4"/> c/kWh (linkki)

Energianhintojen nousu (%:a vuodessa)

Puupelletti	<input type="text" value="2"/> %
Kaukolämpö	<input type="text" value="2"/> %
Sähkö	<input type="text" value="2"/> %
Sähkölämmitys	<input type="text" value="2"/> %

Investoinnit

Korko	<input type="text" value="2"/> %
Laskenta-aika	<input type="text" value="20"/> Vuotta

Voit tarkentaa laskelmaa jos esimerkiksi investointikustannus tai järjestelmän hyötysuhde ovat tarkemmin tiedossa.

Vuosihyötysuhde	<input type="text" value="77"/> %	<input type="text" value="95"/> %	<input type="text" value="2.9"/> SPF	<input type="text" value="99"/> %
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="12000"/> €	<input type="text" value="7500"/> €	<input type="text" value="16000"/> €	<input type="text" value="5000"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €	<input type="text" value="0"/> €	<input type="text" value="0"/> €	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="12000"/> €	<input type="text" value="7500"/> €	<input type="text" value="16000"/> €	<input type="text" value="5000"/> €

Poistoilmalämpöpumput (PILP)

Poistoilma-lämpöpumppu ja sähkö

Lämpöpumpun lämpökerroin	<input type="text" value="3"/> SPF
Osuus lämmitysenergiasta (%)	<input type="text" value="60"/>
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="10000"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="10000"/> €

Ulkoilma-vesilämpöpumppu (UVLP)

Ulkoilma-vesilämpöpumppu ja sähkö

Lämpöpumpun lämpökerroin	<input type="text" value="2,3"/> SPF
Osuus lämmitysenergiasta (%)	<input type="text" value="80"/>
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="10000"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="10000"/> €

Ilmalämpöpumppu (ILP)

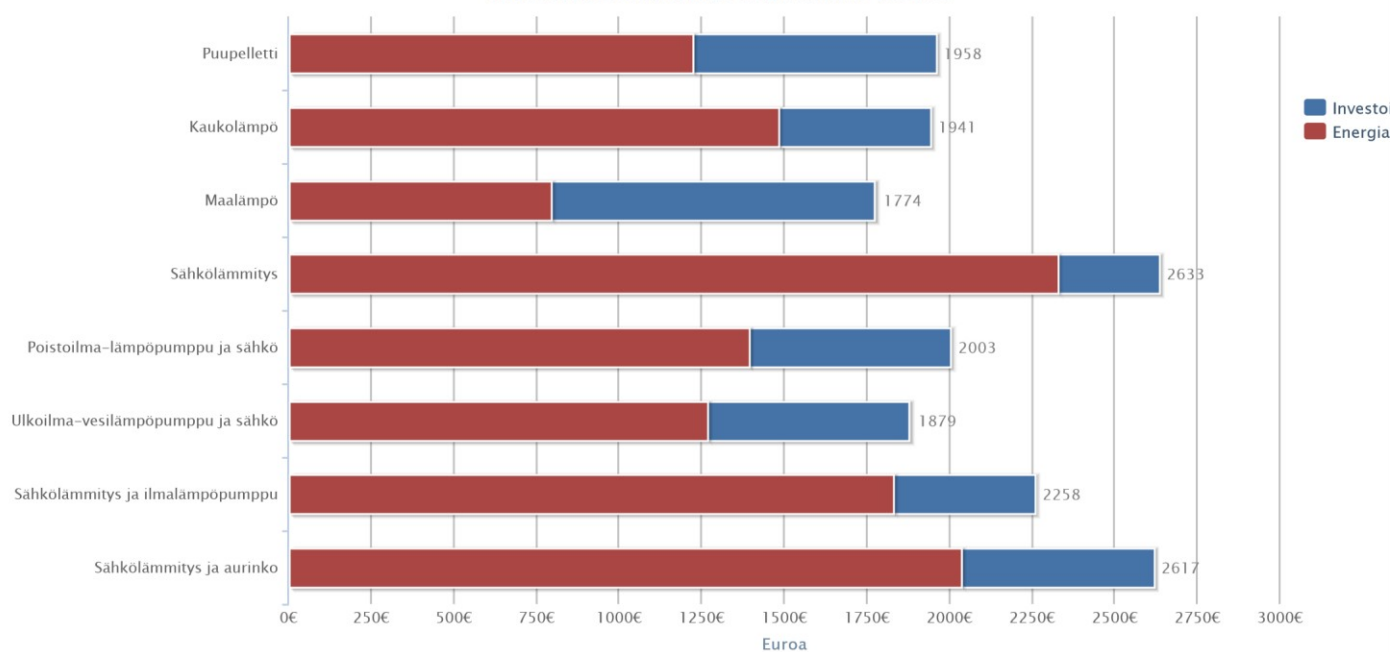
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="2000"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="2000"/> €

Aurinkolämpö

Aurinkolämpö

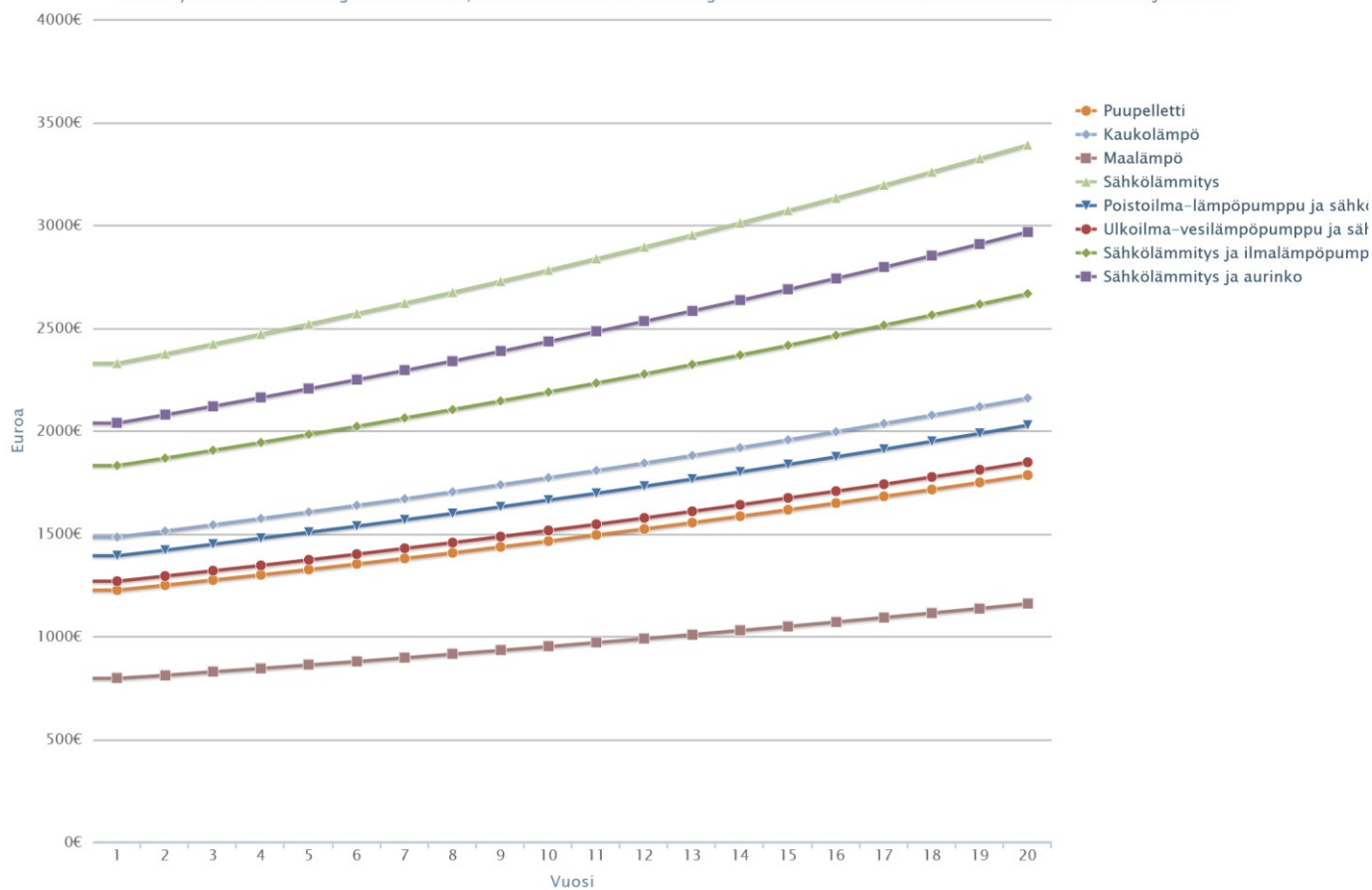
Aurinkokeräinten tuotto	<input type="text" value="400"/> kWh/m2
Aurinkokeräinten aktiivipinta-ala	<input type="text" value="5"/> m2
Investointikustannus (€)	<input type="text" value="4500"/> €
Avustukset ja tuet	<input type="text" value="0"/> €
Lopullinen investointikustannus	<input type="text" value="4500"/> €

Vuotuiset kokonaiskustannukset
Vuotuinen investointi, korko ja energiakustannus yhteensä.



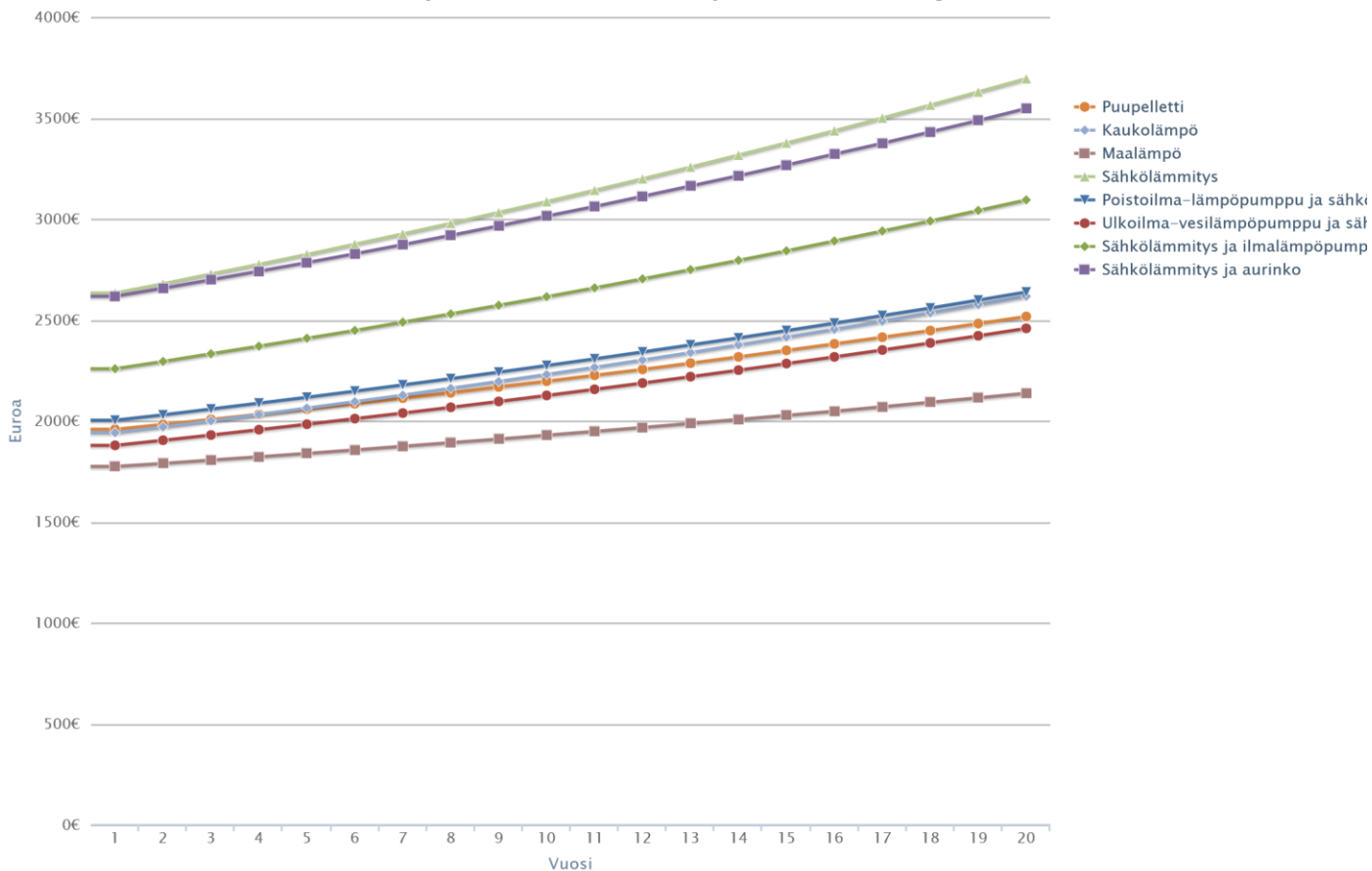
Arvio vuotuisista energiakustannuksista

Lämmityksen vuotuiset energiakustannukset, ottaen huomioon kunkin energiamuodon oletetun hinnannousun. Ei sisällä investointia ja korkoa.



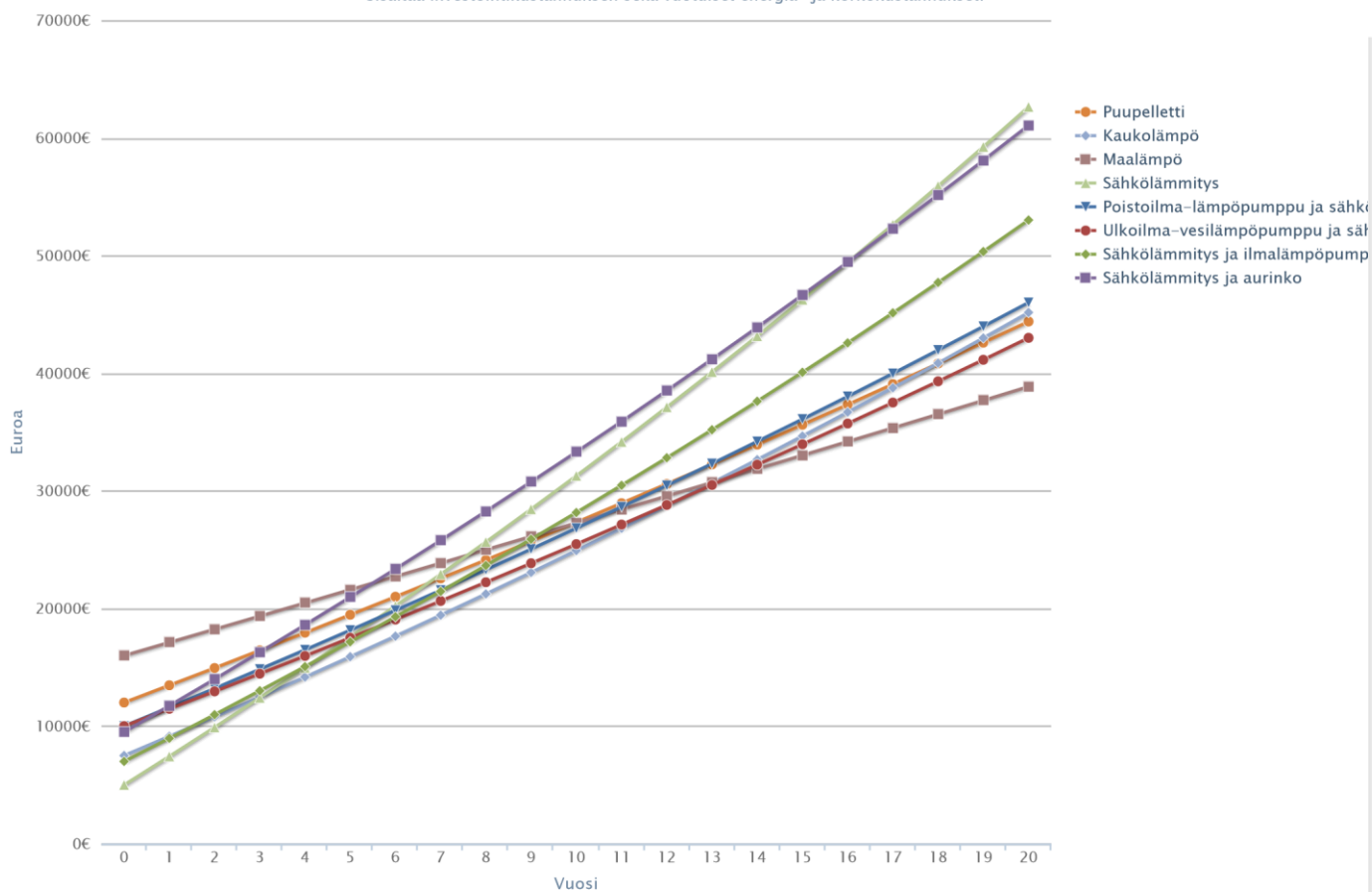
Arvio vuotuisista kokonaiskustannuksista

Sisältää laskenta-ajalle lasketun vuotuisen investoinnin ja koron sekä vuotuiset energiakustannukset.



Arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista

Sisältää investointikustannuksen sekä vuotuiset energia- ja korkokustannukset.





TOIMENPITEEN TALOUDELLINEN KANNATTAVUUS

TOIMENPIDE:	Maalämpö sähkön tilalle, Talo 2010 150m2
PÄIVÄMÄÄRÄ/TEKIJÄ:	21.10.21 / Aleksii Hongisto

LASKENTA-ARVOT

Tarkastelu aika	20 a
Reaalinen laskentakorko	2,0 %

TOIMENPITEEN SÄÄSTÖVAIKUTUKSET

Muu uusiutuva polttoaine	▼	Energian säästö	10,5 MWh/a
		Yksikköhinta	145,0 €/MWh
		Energian hinnan nousu	2,0 %/a
Energialaji 2	▼	Energian säästö	MWh/a
		Yksikköhinta	€/MWh
		Energianhinnan nousu	%/a
Energialaji 3	▼	Energian säästö	MWh/a
		Yksikköhinta	€/MWh
		Energianhinnan nousu	%/a
Vesi		Veden säästö	m ³ /a
		Yksikköhinta	€/m ³
		Veden hinnan nousu	%/a
Muut kuin energiaan liittyvät säästöt vuodessa		Summa	€/a

TOIMENPITEEN KUSTANNUKSET

Investoinnin suuruus	16 000 €
Huolto- ja korjauskustannukset vuosittain	€/a
Kertaluonteinen huolto- ja korjauskustannus	2 000 €/a
Huolto- ja korjauskustannuksen toteutusvuosi	15 a

TALOUDELLISET TUNNUSLUVUT LASKENNAN TULOKSENA

Energia- ja vesikustannusten nettosäästöt vuodessa	1 523 €/a
Toimenpiteen nettosäästö vuodessa	1 523 €/a
Suora takaisinmaksuaika	10,51 a
Nettonykyarvo	12 450 €
Sisäinen korkokanta	8,79 %

NETTONYKYARVON KUVAAJA

