



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Ulvila

# KAUKOLÄMMÖN HINNAN KILPAILUKYKY

Tekniikka  
2021

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Ulvila
Opinnäytetyön nimi	Kaukolämmön hinnan kilpailukyky
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	70 + 1 liite
Ohjaaja	Jukka Hautala

---

Tämän opinnäytetyön tavoite oli tutkia kaukolämmön hinnan kilpailukykyä lämpöpumppujärjestelmiä vastaan suuremmissa kiinteistöissä. Lämpöpumput ovat olleet pientaloissa suosiossa jo pitkään, ja nyt niitä asennetaan myös suurempiin kiinteistöihin kasvavissa määrin. Työssä vertailtiin lämpöpumppujärjestelmiä kaukolämpöä vastaan rivitalossa, kerrostalossa sekä liikekiinteistössä. Lämpöpumppuja tutkittiin hybridijärjestelmänä, jossa kaukolämmöllä tuotetaan tarvittava huipputeho. Opinnäytetyössä toteutettiin myös pienimuotoinen haastattelu, jossa selvitettiin isännöitsijöiden, kiinteistönomistajien sekä urakoitsijoiden mielteitä eri lämmitysmuodoista sekä niiden kilpailukykyä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään kaukolämpöalaa, lämpöpumppuja ja niiden ominaisuuksia sekä kannattavuuden arviointimenetelmiä. Teoriaosuudella pohjustettiin kilpailukykykyselyä. Työhön liittyvä laskenta toteutettiin työtä varten laaditulla Excel-laskurilla. Opinnäytetyöhön liittyvät haastattelut toteutettiin puhelinhaastatteluna.

Tutkimuksessa havaittiin, että maalämpöpumppujärjestelmät ovat kannattavimpia uusissa kerrostalokohteissa. Vanhaan kerrostaloon poistoilmalämpöpumppu osoittautui kannattavaksi investoinniksi tulosten perusteella. Muissa kohteissa kaukolämpö on kuitenkin edullisin vaihtoehto. Tätä havaintoa tukee myös haastattelun tulokset, josta ilmeni, että lämpöpumput olivat monessa kohteessa todettu kannattamattomiksi.

## ABSTRACT

Author	Antti Ulvila
Title	Price Competitiveness of District Heating
Year	2021
Language	Finnish
Pages	70 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Jukka Hautala

---

The aim of this thesis was to examine the price competitiveness of district heating against heat pump systems. The price competitiveness research was done for row houses, apartment houses and commercial real estate. The heat pumps were examined as hybrid systems, where the peak power is produced by district heating. The thesis also includes an interview, where housing managers, property owners and contractors were interviewed concerning different forms of heating and their competitiveness.

The theoretical part of the thesis deals with the district heat sector, heat pumps and their characteristics, and profitability assessment methods. The theoretical part supports the price competitiveness research. The calculations for the research were done with the Excel program that was created for this thesis. The interview was done as a telephone interview.

The research found out that the geothermal heat pumps were the most profitable solution for a new apartment house. For an old apartment house, the most profitable solution was an exhaust air heat pump. However, in other properties the district heating was the most profitable solution. The interview also supported these calculations as the respondents said that they had found the heat pumps unprofitable.

---

Keywords                      District heating, heat pumps, competitive strength, profitability

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	KAUKOLÄMPÖ.....	9
	2.1 Kaukolämmön tuotanto.....	9
	2.2 Kaukolämpöverkko.....	9
	2.3 Kaukolämmön polttoaineet.....	10
	2.4 Kaukolämpö asiakkaalle.....	12
	2.5 Kaukolämmön hinta.....	13
	2.6 Kaukolämmön hinnan kehitys.....	15
	2.7 Hybridilämmitys.....	16
3	LÄMPÖPUMPUT.....	18
	3.1 Lämpöpumppujen toimintaperiaate.....	18
	3.2 Lämpökerroin.....	18
	3.3 Maalämpöpumppu.....	20
	3.3.1 Maalämpöpumpun toimintaperiaate.....	20
	3.3.2 Maalämpöpumppujen mitoitus.....	21
	3.3.3 Maalämpöpumpun kustannukset.....	22
	3.4 Ilma/vesilämpöpumppu.....	22
	3.4.1 Ilma/vesilämpöpumppu mallit.....	23
	3.4.2 Ilma/vesilämpöpumpun käyttö.....	23
	3.4.3 Ilma/vesilämpöpumpun kustannukset.....	24
	3.5 Poistoilmalämpöpumppu.....	24
	3.5.1 Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate.....	25
	3.5.2 Poistoilmalämpöpumpun mitoitus.....	25
	3.5.3 Poistoilmalämpöpumpun kustannukset.....	26
4	LASKENTAMENETELMÄT.....	27
	4.1 Takaisinmaksuaika.....	27
	4.2 Nettonykyarvo, NPV.....	27
	4.3 Sisäinen korkokanta, IRR.....	28

4.4	Pääoman tuottoaste, ROI .....	29
4.5	Kiinteistön tuotto ja arvo .....	30
5	KILPAILUKYKY SELVITYKSEN ARVOT .....	32
5.1	Tyypikiinteistöt .....	32
5.2	SPF-luvut .....	33
5.3	Lämpöpumppujen mitoitukset .....	35
5.4	Hinta tiedot.....	36
6	KILPAILUKYVY SELVITYS .....	38
6.1	Laskenta .....	38
6.2	Laskennan tulokset.....	41
6.2.1	Rivitalo/Pienkerrostalo, uusi kohde .....	41
6.2.2	Rivitalo/Pienkerrostalo, saneerauskohde .....	44
6.2.3	Kerrostalo, uusi kohde .....	46
6.2.4	Kerrostalo, saneerauskohde.....	50
6.2.5	Liikekiinteistö, uusi kohde .....	52
6.2.6	Liikekiinteistö, saneerauskohde .....	55
7	HAASTATTELUT .....	59
7.1	Tiedonkeruu .....	59
7.2	Haastattelun tulokset.....	59
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	62
	LÄHTEET .....	65
	LIITTEET .....	70

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Lahti Energian kaukolämpö polttoaineittain 2010–2020.....	11
<b>Kuva 2.</b> Kaukolämpö suomessa energialähteittäin 2018.....	12
<b>Kuva 3.</b> Fortum energiamaksut kuukausittain Espoossa.....	14
<b>Kuva 4.</b> Kaukolämmön hinta uudisrakennuksissa. ....	15
<b>Kuva 5.</b> Maalämpöpumpun toiminta periaate .....	21
<b>Kuva 6.</b> Tuottovaatimus eri kaupungeissa vuosina 1995–2020 .....	30
<b>Kuva 7.</b> Kuvakaappaus syöttödata taulukosta .....	38
<b>Kuva 8.</b> Kustannustaulukko, maalämpö uudessa kerrostalossa .....	39
<b>Kuva 9.</b> Kokonaiskustannukset uudessa rivitalossa .....	41
<b>Kuva 10.</b> Kokonaiskustannukset saneerattavassa rivitalossa .....	44
<b>Kuva 11.</b> Kokonaiskustannukset uudessa kerrostalossa.....	46
<b>Kuva 12.</b> Kokonaiskustannukset saneerattavassa kerrostalossa.....	50
<b>Kuva 13.</b> Kokonaiskustannukset uudessa liikekiinteistössä.....	53
<b>Kuva 14.</b> Kokonaiskustannukset saneerattavassa liikekiinteistössä.....	56
<b>Taulukko 1.</b> Tyyppikiinteistöjen laskennallisia ominaisuuksia.....	32
<b>Taulukko 2.</b> Lämmitysratkaisujen investointikustannukset.....	33
<b>Taulukko 3.</b> Ilma-vesipumpun SPF-luvut.....	34
<b>Taulukko 4.</b> Maalämpöpumppujen SPF-luvut.....	34
<b>Taulukko 5.</b> Laskennassa käytetyt SPF-luvut.....	35
<b>Taulukko 6.</b> Hintakehitystä kuvaavat parametrit.....	37
<b>Taulukko 7.</b> Kokonaiskustannusten nykyarvo uudessa rivitalossa.....	42
<b>Taulukko 8.</b> Investoinnin nettonykyarvo uudessa rivitalossa.....	42
<b>Taulukko 9.</b> Investoinnin sisäinen korkokanta uudessa rivitalossa.....	43
<b>Taulukko 10.</b> Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto uudessa rivitalossa. ....	43
<b>Taulukko 11.</b> Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa rivitalossa.....	44
<b>Taulukko 12.</b> Investoinnin nettonykyarvo saneerattavassa rivitalossa.....	45
<b>Taulukko 13.</b> Investoinnin sisäinen korkokanta saneerattavassa rivitalossa.....	45

<b>Taulukko 14.</b> Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto saneerattavassa rivitalossa. ....	45
<b>Taulukko 15.</b> Kokonaiskustannusten nykyarvo uudessa kerrostalossa. ....	47
<b>Taulukko 16.</b> Investoinnin nettonykyarvo uudessa kerrostalossa. ....	48
<b>Taulukko 17.</b> Investoinnin sisäinen korkokanta uudessa kerrostalossa. ....	48
<b>Taulukko 18.</b> Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto uudessa kerrostalossa. ....	48
<b>Taulukko 19.</b> Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa kerrostalossa. ..	50
<b>Taulukko 20.</b> Investoinnin nettonykyarvo saneerattavassa kerrostalossa. ....	51
<b>Taulukko 21.</b> Investoinnin sisäinen korkokanta saneerattavassa kerrostalossa. ...	51
<b>Taulukko 22.</b> Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto saneerattavassa kerrostalossa. ....	51
<b>Taulukko 23.</b> Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa kerrostalossa. ..	53
<b>Taulukko 24.</b> Investoinnin nettonykyarvo uudessa liikekiinteistössä. ....	54
<b>Taulukko 25.</b> Investoinnin sisäinen korkokanta uudessa liikekiinteistössä. ....	54
<b>Taulukko 26.</b> Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto uudessa liikekiinteistössä. ....	54
<b>Taulukko 27.</b> Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa liikekiinteistössä. ....	56
<b>Taulukko 28.</b> Investoinnin nettonykyarvo saneerattavassa liikekiinteistössä. ....	57
<b>Taulukko 29.</b> Investoinnin sisäinen korkokanta saneerattavassa liikekiinteistössä. ....	57
<b>Taulukko 30.</b> Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto saneerattavassa liikekiinteistössä. ....	57

## **LIITELUETTELO**

### **LIITE 1. Haastattelukysymykset**

.



## 1 JOHDANTO

Lämpöpumput ovat olleet Suomessa jo pitkään suosittuja pienrakennuksissa, ja nyt niiden käyttö on yleistymässä myös suuremmissa kiinteistöissä. Kaukolämmön hinta on yleisesti kasvanut nopeammin kuin sähkön hinta, ja sen hinta kehitys jatkaa kasvua myös tulevaisuudessa. Edullisemmat käyttökustannukset ja ympäristöystävällisyys houkuttelevat asiakkaita lämpöpumppuratkaisuiden käyttöön. Lämpöpumppujen investointi on kuitenkin kallista suuriin kiinteistöihin.

Työssä tutkittiin kaukolämmön hinnan kilpailukykyä lämpöpumppuja vastaan. Tutkimuksen kohteina käytettiin Energiateollisuus ry:n tyyppikiinteistöistä rivitaloa, kerrostaloa sekä lisäksi liikekiinteistöä. Kohteita tutkittiin tilanteessa, jossa valitaan lämmitysratkaisu uuteen kohteeseen sekä saneerauskohdetta, jossa on tarve uusia lämmitysjärjestelmää. Lämpöpumppuja tutkittiin hybridijärjestelmänä, jossa lämpöpumput ovat mitoitettu osatehoisiksi, ja tarvittava lisälämpö tehdään kaukolämmöllä. Aihetta rajattiin siten, että kannattavuutta tutkittiin pelkästään tilanteessa, jossa kaukolämmön hinta on keskimääräistä hintaa edullisempi.

Työn teoriaosiossa tutkittiin yleisesti kaukolämpöalaa, lämpöpumppuja ja niiden ominaisuuksia sekä kannattavuuslaskennan menetelmiä. Työn teoriaosuudella pohjustettiin työn kilpailukyky selvitystä. Työhön liittyvä laskenta suoritettiin Excel-ohjelmalla, jossa luotiin laskentaohjelma kannattavuusvertailua varten. Laskennan tuloksilla pystyttiin vertailemaan kannattavuutta eri kohteissa. Vertailua tehtiin kokonaiskustannuksilla sekä eri kannattavuus laskentamenetelmillä.

Lisäksi työssä suoritettiin pienimuotoinen haastattelu, jossa selvitettiin vastaajien mielteitä lämmitysmuodoista sekä niiden välisestä kilpailukykyvystä. Haastattelut tehtiin puhelinhaastatteluna. Vastaajat olivat isännöitsijöitä, kiinteistönomistajia sekä urakoitsijoita.

## 2 KAUKOLÄMPÖ

### 2.1 Kaukolämmön tuotanto

Kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksissa ja erillisissä lämpölaitoksissa. Voimalaitoksia, jotka tuottavat sähkö ja lämpöä kutsutaan yhteistuotantolaitoksiksi. Lämpölaitokset taas tuottavat pelkästään kaukolämpöä. Yhteistuotantolaitoksissa otetaan talteen sähköntuotannosta syntyvä hukkalämpö, joka käytetään kaukolämpöön. Kun yhteistuotantolaitos tuottaa sähköä ja lämpöä, pystyy laitos saavuttamaan korkean hyötysuhteen. Yhteistuotantolaitoksista käytetään usein lyhennettä CHP (combined heat and power). /10/

Energia tuotetaan voimalaitoksissa vesi- ja höyryprosessin avulla. Polttoainetta polttamalla kuumennetaan vesi kattilan höyrystinosassa höyryksi. Höyry johdetaan korkeapainetulistimiin, jossa se kuumennee ja paineistuu. Yksinkertaistettuna höyryllä pyöritetään turbiinia, jolla pyöritetään generaattoria, mikä tuottaa sähköenergiaa. Tämän jälkeen höyry ohjataan kaukolämpövaihtimiin ja ylijäänyt höyry takaisin lauhduttimeen. Kaukolämpövaihtimissa kuuma höyry lämmittää jäähtyneen kaukolämpöveden tarvittavaan lämpötilaan, jonka jälkeen se johdetaan kaukolämpöverkkoon ja sieltä edelleen kuluttajille. Rakennusten lämmönvaihtimista jäähtyneenä kaukolämpövesi johdetaan takaisin voimalaitoksen kaukolämpövaihtimiin, jossa se lämmitetään uudelleen kuluttajien käytettäväksi. /13/

### 2.2 Kaukolämpöverkko

Asiakkaan ja tuotantolaitoksen yhdistää kaukolämpöverkko. Kaukolämpö kulkee kuumana vetenä suljetussa kaksiosaisessa putkessa. Kaksiosainen putki jakautuu meno- ja paluupuoliin, jossa kulkee asiakkaalle menevä kaukolämpövesi sekä asiakkaalta palaava jäähtynyt kaukolämpövesi. Verkostossa kiertävä kaukolämpövesi on värjätty vihreäksi, jotta mahdolliset vuodot verkostossa olisi helppo paikantaa. Käytetty väriaine ei ole vaarallista terveydelle tai ympäristölle. /40/

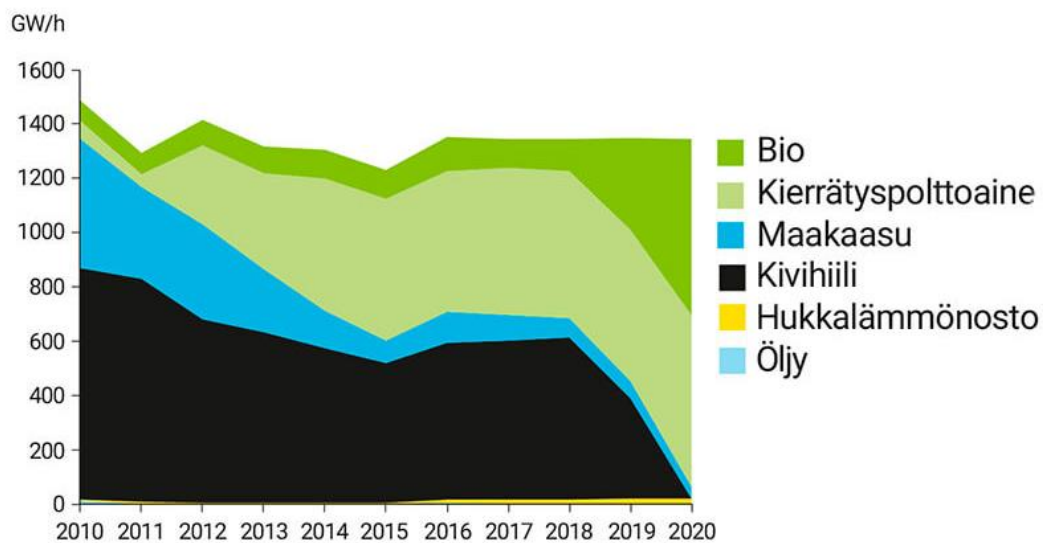
Kaukolämpöputket ovat asennettu noin 0,5–1 metrin syvyyteen maahan. Verkosto kulkee yleensä katujen, jalkakäytävien, kevyen liikenteen tai puistojen alla. Putket ovat lämpöeristettyjä, ja koko rakennetta suojaa putken päällä oleva muovinen suojaputki. Optimaalisissa olosuhteissa kaukolämpöputkien käyttöikä voi olla jopa 100 vuotta. /40/

Kaupungeissa putkien siirtämästä energiasta kuluu jakeluverkon lämpöhäviöihin 5–8 prosenttia, kun taas pienemissä harvaan asutuissa taajamissa lämpöhäviöihin kuluu 10–15 prosenttia. Vuonna 2018 Suomessa kaukolämpöverkkojen kokonaispituus oli noin 15 100 km. Kasvua tapahtuu vuodessa noin 200–500 km, lähinnä täydennysrakentamisen ja uusien liitosten rakentamisen seurauksena. Verkostojen vanhoja putkia saneerataan yhteensä noin 50–70 km vuodessa. /40/

### **2.3 Kaukolämmön polttoaineet**

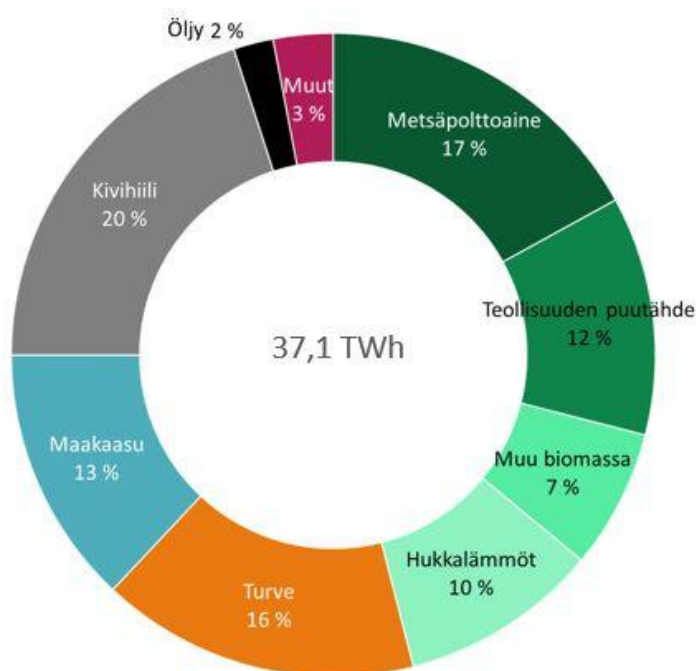
Voimalaitoksissa polttoaineina käytetään biopolttoaineita sekä fossiilisia polttoaineita. Fossiilia polttoaineita ovat kivihiihi, maakaasu ja öljy. Biopolttoaineina käytetään turvetta, metsähaketta, puuteollisuuden sivutuotteita ja kierrätyspuuta. Myös teollisuudesta syntyvää hukkalämpöä voidaan hyödyntää kaukolämmössä. Yleinen trendi on lisätä biopolttoaineiden käyttöä fossiilisten polttoaineiden sijasta. Biopolttoaineilla pystytään vähentämään energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä. Kuvassa 1 ilmenee Lahti Energian kaukolämmön polttoaineiden käytön kehitys. /11/

Kaukolämmön tuotanto ei perustu pelkkään polttoon, vaan nykyään kasvavissa määrin hyödynnetään ei-polttavilla menetelmillä tuotettua kaukolämpöä. Polttoon perustumattomia lähteitä ovat hukkalämmön hyödyntäminen. Hukkalämpöä on esimerkiksi mahdollista ottaa talteen teollisuuden prosesseista, yhteistuotannon savukaasuista sekä jäteveden puhdistamoista. Jätevedestä pystytään ottamaan lämpöenergiaa lämpöpumppujen avulla kaukolämpöverkon käyttöön, ja sitä on tarjolla tasaisesti ympäri vuoden. /41/



**Kuva 1.** Lahti Energian kaukolämpö polttoaineittain 2010–2020. /9/

Kuten kuva 1 osoittaa, biopolttoaineiden osuus on lisääntynyt merkittävästi viime vuosina ja kehitys tulee olemaan muuallakin vastaavaa. Suomen valtio pyrkii olemaan hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä, ja sen yhtenä tavoitteena on luopua fossiilisista polttoaineista sekä saavuttaa lähes päästötön energian tuotanto. Tavoitteena ovat päästövähennykset, ja niitä voidaan saavuttaa vaihtamalla fossiiliset polttoaineet bioperäisiin polttoaineisiin. Myös jätettä voidaan hyödyntää lämmön tuottamiseen. Westenergy Oy Mustasaaresta tuottaa sähköä ja kaukolämpöä polttamalla kierrätyskelvotonta jätettä. Vaasassa sijaitseva Vaskiluoto 2 voimalaitos käyttää polttoaineenaan kivihiiltä ja biopolttoaineita. Sen yhteyteen on rakennettu biokaasutuslaitos, jolla voidaan käyttää kivihiiltä ja biomassaa yhtä aikaa vähentäen kivihiilen tarvetta. Laitos pystyy toimimaan myös pelkästään biopolttoaineilla, mutta se pienentää tuotantokapasiteettia. Vastaavaa tekniikkaa pystyisi soveltamaan muihinkin hiilivoimalaitoksiin. /12,13,15/



**Kuva 2.** Kaukolämpö suomessa energialähteittäin 2018. /12/

Kaukolämpö on Suomessa yleisin lämmitysmuoto. Kuvasta 2 ilmenee miten kaukolämmön polttoaineet jakautuvat. Vuonna 2018 biopolttoaineet ovat olleet jo suurempi osuus kuin fossiiliset polttoaineet. Bioperäisten osuuteen lasketaan myös päästöneutraalit hukkalämmöt. Turvetta ei luokitella fossiiliseksi muttei myöskään uusiutuvaksi polttoaineeksi. /11, 14/

## 2.4 Kaukolämpö asiakkaalle

Asiakas saa lämpöenergian kaukolämpöverkossa kiertävän veden avulla. Kaukolämpö siirtyy asiakkaan lämmönvaihtimiin, jossa se luovuttaa lämpöenergiansa asiakkaan lämpöverkkoon ja käyttöveden lämmitykseen. Kaukolämpövesi ei missään vaiheessa sekoitu asiakkaan lämpöverkon järjestelmiin. Asiakkaan lämpöjakokeskuksessa on lämmitystä, käyttövettä ja ilmanvaihtoa varten omat erilliset lämmönvaihtimet. Asiakkaalle saapuvan kaukolämpöveden lämpötila on riippuvainen ulkolämpötilasta, joka vaikuttaa rakennuksen lämmitystarpeeseen. Tuloveden lämpötila vaihtelee 65–115 asteen välillä, sen ollessa kesällä alimmillaan, kun ainut tarve on käyttöveden lämmitys. Laitokselle palaavan veden lämpötila vaihtelee 25–50 asteen välillä. /10/

Venttiileillä säännöstellään siirtimien läpi kulkevaa kaukolämpöveden määrää riippuen lämmitystarpeesta. Kiertovesipumpulla kierrätetään patteriverkon tai lattialämmityksen vesi, joka lämmitetään lämmönvaihtimissa. Lattialämmitykselle menevän veden lämpötilaksi riittää noin 30°C, kun taas patteriverkosto vaatii kovimmilla pakkasilla veden lämpötilaksi 70°C. Patterit sekä lattialämmitys toimii termostaateilla, joilla säädetään veden kiertoa. Termostaatti on asetettu tiettyyn huoneen sisäilma lämpötilaan, jonka alitettua se kytkee järjestelmän lämmittämään. Käyttövesi lämmitään lämmönvaihtimessa vähintään 55°C:seen bakteeri vaaran vuoksi. /10/

Käytetyn kaukolämmön mittaus tehdään lämpöenergiamittarilla, joka on yhteydessä järjestelmään. Lämpöenergiamittari sisältää virtausanturin, lämpötila-antureista ja lämpömäärälaskimen. Virtausanturi mittaa laitteiden läpi kulkevan kaukolämpöveden määrän ja lämpötila-anturit mittaavat järjestelmään menevän ja palaavan kaukolämpöveden lämpötilan. Lämpömäärälaskin laskee asiakkaan käyttämän lämpöenergian antureilta saatujen tietojen pohjalta. Lämpöenergia mittarit ovat usein etäluettavia, mutta mittarista näkee arvot myös suoraan. Mittari ilmoittaa lämpöenergian megawattitunteina, kaukolämmön kiertoveden määrän kuutiometreinä ja vesivirran kuutiometreinä tunnissa. /10/

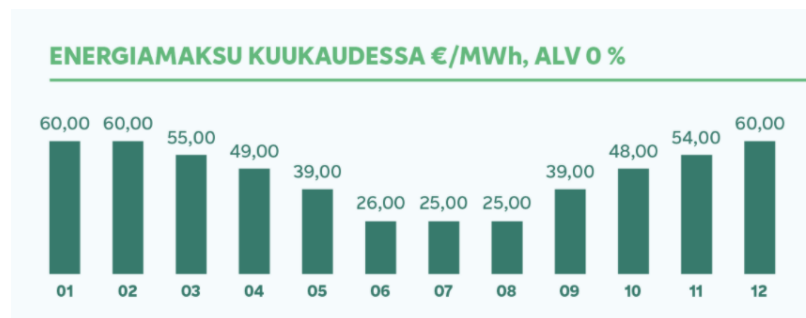
## **2.5 Kaukolämmön hinta**

Kaukolämmön hinta muodostuu energia- ja tehomaksusta, sekä uuden asiakkaan tulee maksaa liittymismaksu. Energimaksua ja siirtoa ei ole erotettu, jolloin energimaksu sisältää myös siirron. Yleensä kaukolämmön kulutusta mitataan kiinteistö kohtaisesti, joten esimerkiksi kerrostalossa ei laskuteta yksittäistä asuntoa, vaan koko taloyhtiötä. Energimaksu määrittyy käytetyn kaukolämmön mukaan. Tehomaksua saatetaan kutsua myös perusmaksuksi. Perusmaksu määritetään käyttämällä joko tilaustehoa tai sopimusvesivirtaa. Liittymismaksun suuruuteen vaikuttaa kiinteistön etäisyys kaukolämpöverkosta ja itse kiinteistön koko. /17,18/

Maksut perustuvat kaukolämpöyhtiön toiminnan kulujen kattamiseen. Energimaksulla katetaan muuttuvia kuluja, joita ovat esimerkiksi

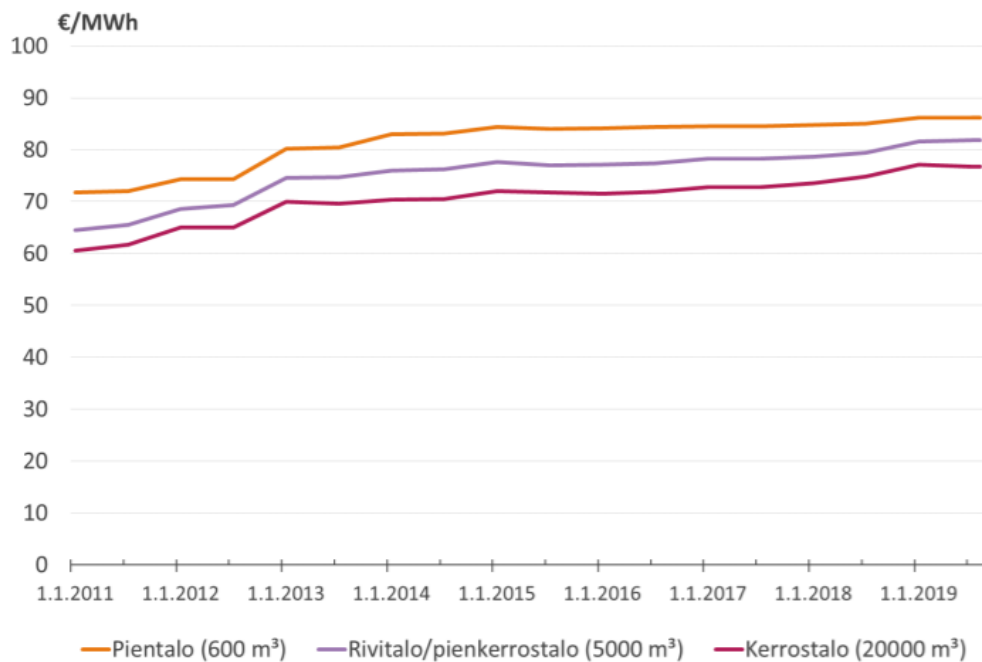
tuotantokustannukset, päästöoikeudet ja energiaverot. Tehomaksulla taas katetaan toiminnan kiinteitä kuluja. Niitä ovat esimerkiksi kunnossapito sekä laitosten ja verkon investoinnit. Liittymismaksulla katetaan verkonyhdistämisen rakennuskustannukset. /17/

Kaukolämpöyhtiöt näyttävät maksuilleen arvonlisällisen ja verottoman hinnan. Yritykset pystyvät hankkimaan verottomana kaukolämpöä, kun taas yksityisasiakas joutuu maksamaan arvonlisäveron kaukolämmöstään. Tämä tarjoaa yrityksille huomattavan edun, joka parantaa kaukolämmön kilpailukykyä. Esimerkiksi Porin energialla energiamaksu on 39,90 €/MWh verottomana, kun taas alv 24 % hinta on 49,48 €/MWh. Liiketilän kaukolämmön käytön vuodessa ollessa 1000 MWh verovähennys tuottaa 9580 € säästöä energiamaksuun vuodessa. Samalla tavalla arvonlisävero vaikuttaa tehomaksuun. Mitä suurempi hinta on, sitä isompi on veron osuus, joten suuremmalla energian tarpeella hyötyy enemmän arvonlisäverottomuudesta. Lisäksi jotkin kaukolämpöyhtiöt tarjoavat kaukolämmölle kausihintoja, jolloin hinta määräytyy vuoden aikojen mukaan. Täten yhtiöt myyvät kalliimmalla kaukolämpöä talvella ja tarjoavat sitä muulloin edullisemmin, kuten kuva 3 osoittaa. /16,19/



**Kuva 3.** Fortum energiamaksut kuukausittain Espoossa. /16/

## 2.6 Kaukolämmön hinnan kehitys



**Kuva 4.** Kaukolämmön hinta uudisrakennuksissa. /20/

Kuva 4 osoittaa, miten kaukolämmön hinta uudisrakennuksissa on kehittynyt. Taulukon hintoihin kuuluvat energia- ja tehomaksut sekä verot. Kuvasta nähdään, että vuodesta 2014 alkaen hinnan kasvu on ollut hyvin maltillista. Tulevina vuosina on oletettavissa, että hinta tulee nousemaan merkittävämmiin. /20/

Tammikuun 2021 alussa voimaan astui uusi laki, koskien lämmityspolttoaineita ja yhteistuotantoa. Uudessa laissa poistetaan yhteistuotantoa koskeva verotuki, joka täten lisää tuotantokustannuksia. Lämmityspolttoaineisiin laki vaikuttaa siten, että verollisia polttoaineita koskevaa veroa korotetaan. Näitä polttoaineita ovat muun muassa kivihiili, maakaasu, öljy ja turve, jotka ovat varsin yleisiä polttoaineita yhteistuotantolaitoksissa. Verokorotus täten vaikuttaa asiakashintaan, joka tämän seurauksena tulee kasvamaan. Biomassa ja polttoon perustumattomat lämmöntuotantotavat säilyisi verottomana, ja täten lain avulla pyritään edistämään sen kilpailukykyä lämmöntuotannossa. /21,22/



Kaukolämmön hintaan vaikuttaa myös päästökauppa. Energiayhtiöt joutuvat maksamaan päästöoikeuksista tuottaessaan polttamisen sivutuotteena hiilidioksidia. Päästöoikeuksien hinta on vahvassa nousussa, joka täten nostaa tuotantokustannuksia käytettäessä kivihiiltä, maakaasua sekä turvetta, jotka ovat paljolti käytössä yhteistuotannossa. Toisaalta päästöoikeudet myös ohjaavat uusiutuvien polttoaineiden käyttöön. Kuitenkin sähköntuotannossa voi olla kannattavampaa käyttää fossiilisia polttoaineita erilaisen verotuksen takia, joten yhteistuotannossa otetaan sähkön ja lämmön kokonaistuotantokustannukset huomioon. Uusiutuvaan energiaan pohjautuvat ratkaisut tarvitsevat investointeja, jotka nostavat toiminnan kiinteitä kustannuksia, mikä lopulta vaikuttaa osaltaan myös kaukolämmön hintaan. /21,23,24/

## 2.7 Hybridilämmitys

Yleisesti hybridilämmityksellä tarkoitetaan sitä, kun rakennuksen lämmitykseen käytetään kahta tai useampaa lämmitysmuotoa. Hybridilämmityksessä voidaan siis kaukolämmön rinnalla käyttää lämpöpumppuja lämmitysenergian tuottamiseen. Tällä toimintamallilla voidaan lisätä omavaraista energiaa sekä parantaa yleistä energiatehokkuutta. Hybridilämmityksessä kaukolämmöllä lämmitetään kovimmat lämmitystarpeet ja lämpöpumpuilla täydennetään lämmitystä. Täten lämpöpumpulle riittää pienempi mitoitus, joka pienentää sen investointi kustannuksia. Asiakkaan näkökulmasta lämpöpumppu vähentää käytetyn kaukolämmön määrää, ja näin pienentää sen käyttökustannuksia. Kaukolämpöyhtiön näkökulmasta hybridikytkentä saattaa laskea kaukolämmön jäähtymää, joka nostaa kaukolämmön tuotanto- ja jakelukustannuksia. /25,42/

Uusissa kerrostaloissa on lämmöntalteenotto järjestelmät, mutta vanhoissa 1960–1990-luvuilla rakennetuissa kerrostaloissa vastaavaa järjestelmää ei ole. Näissä vanhoissa kerrostaloissa lämmin sisäilma johdetaan suoraan ulos. Energia hukka tässä tapauksessa on noin 35–40 %. Poistoilmalämpöpumpulla pystytään hyödyntämään lämmin poistoilma käyttämällä sitä uudelleen joko rakennuksen lämmittämiseen tai käyttöveden lämmitykseen. Tämä säästää energiaa, ja vähentää myös kaukolämmön tehontarvetta, jolla pienentää sen käyttökustannuksia.

Lattialämmitys yleistyi vasta 1990-luvulla, joten saneerattavissa kohteissa on yleensä käytössä patterilämmitys, joka vaatii kuumempaa vettä heikentäen lämpöpumpun lämpökerrointa. /26, 43/

### 3 LÄMPÖPUMPUT

#### 3.1 Lämpöpumppujen toimintaperiaate

Lämpöpumppuja luokillaan niiden lämpöenergian ottotapojen perusteella, mutta perustoimintaperiaate on yhteinen kaikilla pumpuilla. Lämpöpumput vähentävät lämmitysenergian tarvetta ottamalla ulkopuolelta lisäenergiaa. Laitteiden toiminta perustuu kylmäaineen kiertoon putkistossa, joka on yhdistetty kahteen osaan; höyrystimeen ja lauhduttimeen. Höyrystin ja lauhdutin puolet kierrossa erottaa kompressorin ja paisuntaventtiilin. Höyrystimessä kiertävä kylmäaine on voimakkaasti jäähtynyttä, ja ulkotilasta se kerää itseensä lämpöä sekä itse höyrystyen. Kompressorissa kylmäaine puristuu korkeaan paineeseen, jolloin kylmäaineen lämpötila nousee noin 100°C:seen. Paineistettu kuumentunut kylmäaine siirtyy lauhduttimeen, joka sijaitsee sisätiloissa. Kylmäaine luovuttaa keräämänsä lämmön rakennuksen lämmitykseen, ja luovuttaessaan lämpöä, kylmäaine jäähtyy ja nesteytyy uudelleen. Luovutettuaan lämpönsä, nesteytynyt kylmäaine kulkee paisuntaventtiilin kautta höyrystimelle. Venttiilissä kylmäaineen paine alenee ja sen lämpötila laskee. Jäähtynyt kylmäaine aloittaa höyrystimessä lämmön keräämisen itseensä ja sama kierto alkaa uudelleen. /4/

#### 3.2 Lämpökerroin

Lämpöpumpun toiminnan tehokkuutta kuvastaa sen lämpökerroin. Lämpökertoimesta käytetään yleisesti sen englanninkielistä lyhennettä COP (Capacity Of Performance). Lämpökerroin kuvaa sen, miten moninkertaisesti pumppu tuottaa lämpöä verrattuna sen kuluttamaan energiamäärään. Mitä suurempi COP-arvo on, sitä parempi lämpöpumpun energiatehokkuus on. /4/

$$\text{Lämpökerroin COP} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}, \text{ jossa } T_1 = \text{Ulkolämpötila} \quad (1)$$

$$T_2 = \text{Luovutuslämpötila}$$

Kaavassa arvo  $T_1$  kuvastaa lämpötilaa, josta lämpö kerätään eli ulkoilman tai maan lämpötilaa.  $T_2$  arvo vastaavasti kuvaa lämmön luovutuslämpötilaa eli kiertoveden

tai sisäilman lämpötilaa. COP-arvoa laskettaessa lämpötilan yksikkönä tulee käyttää Kelvin-asteita. Tällä laskenta tavalla on kuitenkin otettava huomioon, että kyseessä on teoreettinen lämpökertoimen arvo. Laskenta olettaa kompressorin ja laitteen muiden osien toimivan sataprosenttisella hyötysuhteella, vaikka todellisuudessa niiden toiminta pienentää lämpökertoimen arvoa. /4/

COP-arvo voidaan ilmaista myös tuotetun ja kulutetun energian suhteena. Täten COP-arvo ilmaisee, miten tehokkaasti se kykenee muuttamaan käyttämänsä sähköenergian lämpöenergiaksi. /4/

$$COP = \frac{\text{Saatavilla oleva lämmitys teho (kW)}}{\text{Kulutettu sähköteho (kW)}} \quad (2)$$

Realistisempi arvo kuvaamaan todellista lämpökerrointa on lämmityskauden lämpökerroin SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance). SCOP-arvon laskentaan käytetään neljää eri lämmityskautta, jotka ottavat huomioon lämpötila vaihdokset eri lämmityskausina. Lämpökerroin ilmoitetaan koko vuoden arvona. /1/

Lämpöpumppujen energiamerkintä perustuu ilmastovyöhykkeeseen. Energiamerkki perustuu SCOP-arvoon. Eurooppa on jaettu kolmeksi maantieteelliseksi ilmastovyöhykkeeksi, jotka ovat Etelä-Eurooppa (Ateena), Keski-Eurooppa (Strasbourg) ja Pohjois-Eurooppa (Helsinki). Jokaiselle vyöhykkeelle on laskettu oma energialuokitus, jonka arvo perustuu suluissa olevan kaupungin ilmasto-olosuhteisiin. Lämpöpumpulla on energiamerkissä luokitus jokaiseen ilmastovyöhykkeeseen, joten pumpulla saattaa olla eri energialuokituksia. /2/

SPF-luku (Seasonal performance factor) on hyvin samankaltainen kuin SCOP sen laskiessa lämpöpumpulle koko vuodelle hyötysuhteen. Termien erona on se, että SCOP ei ota huomioon käyttövedenlämmitystä, kun taas SPF-luvussa se on huomioitu tilojen lämmityksen ohella. Täten SPF-luku on todellisempi kuvaamaan lämpöpumpun hyötysuhdetta. /44/

### 3.3 Maalämpöpumppu

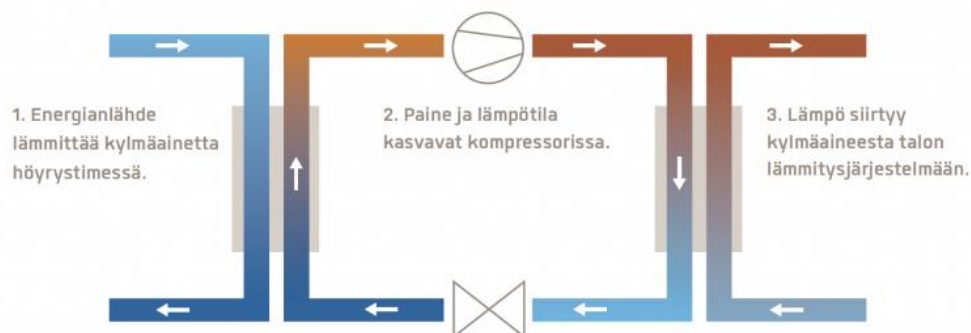
Lämpöpumpuista tehokkain ratkaisu on maalämpöpumppu, sillä se on ainoa lämpöpumppu, joka kykenee tuottamaan kaiken kiinteistön tarvitseman lämpöenergian. Muut ilmalämpöpumppu järjestelmät toimivat ainoastaan lämmitysjärjestelmän täydentäjinä. /4/

Maalämpöpumpun käyttämä energia on peräisin auringosta, lämpösäteily kerääntyy maaperään, kalliioon ja veteen. Lämpökaivojen syvimät osat hyödyntävät osittain myös maan sisäosan geotermistä energiaa. Maaperässä riittää lämpöä myös talvipakkasilla. Lämmönkeruu voidaan toteuttaa lämmönkeruuputkistolla, joka upotetaan vaakatasossa noin metrin syvyyteen pihamaahan, tai lämpökaivolla, jonka syvyys määräytyy energian tarpeen perusteella. Pientaloon kaivon syvyys on tyypillisesti noin 150–250 metriä, ja kaivoja voidaan porata useampi, mikäli yksi kaivo ei riitä kattamaan energian tarvetta. Suuremmat kiinteistöt vaativat useamman kaivon ja yhden kaivon syvyys on noin 250–400 metriä. Lämmönkeruuputkisto voidaan asentaa myös vesistön pohjalle. Keruuputket on ankkuroitava pohjaan painoilla, jotta ne eivät nousisi pintaan. Putkiston asennus syvyyden tulee olla vähintään kaksi metriä, jotta vesi pystyy talvellakin liikkumaan vapaasti putkiston ympärillä. Suunnittelussa täytyy tietää, ettei vedenlämpötila laske talvena alle  $+1^{\circ}\text{C}$ :n, jotta putken ympärille ei kerääntyisi jäätä. Lämmönkeruujärjestelmistä nykyään yleisin on lämpökaivo, vaikka se onkin keruuputkistoja kalliimpi vaihtoehto. Sen etuna on sen tarvitsema pieni pinta-ala, ja kaivot on helppo porata pienellekin tontille. /4, 5, 34/

#### 3.3.1 Maalämpöpumpun toimintaperiaate

Maalämmössä lämpö kerätään maasta käyttämällä keruuputkea/putkistoa, jossa keruuneste sitoo lämpöä itseensä. Keruunesteenä käytetään jäätymätöntä bioetanoli seosta. Höyrystimessä keruuneste kohtaa lämpöpumpun kylmäaineen, ja tämä saa kylmäaineen höyrystymään. Kompressorissa höyry paineistetaan ja sen lämpötila nousee. Lauhdutin on yhteydessä talon kiertoveteen, ja kylmäaine luovuttaa lämpöenergiansa tähän kiertoveteen. Kylmäaine jatkaa prosessiaan, kuten

lämpöpumput yleisesti toimivat. Alla oleva kuva havainnollistaa maalämpöpumpun toimintaa. /4/



**Kuva 5.** Maalämpöpumpun toiminta periaate. /3/

### 3.3.2 Maalämpöpumppujen mitoitus

Maalämpöpumput soveltuvat paremmin lattialämmitys käyttöön kuin patteriverkosto käyttöön. Lattialämmitykseen kiertoveden lämpötilaksi riittää noin 30°C, kun taas patteriverkosto vaatii kiertoveden lämpötilaksi vähintään 50°C. Kiertoveden lämpötila on suoraan verrannollinen lämpöpumpun COP-arvoon. Alhaisempi kiertoveden lämpötila tarkoittaa siis parempaa lämpökerrointa. /4/

Maalämpöpumppujärjestelmä voidaan mitoittaa rakennukselle täys- tai osatehoiseksi. Täystehoisen järjestelmä mitoitetaan siten, että maalämpölaitteisto tuottaa tarvittavan lämpöenergian kovimmillakin pakkasilla. Osatehoisen järjestelmä on noin 60–80 % maksimitehosta. Osatehoisen järjestelmä kattaa tarvittavan lämpötehon, pois lukien vuoden kylmimmät päivät, joita vuodessa ei kuitenkaan kovin montaa ole. Puuttuva lämpöenergia voidaan tuottaa esimerkiksi sähkövastuksilla tai varaavassa tulisijassa. Osatehoisen maalämpölaitteisto tuottaa silti noin 95–98 % vuotuisesta lämpöenergian tarpeesta. Vähempi tehoinen laitteisto on edullisempi rakentaa, ja se toimii suurimman osan ajasta sen tehokkaimmalla toiminta-alueella, mikä parantaa järjestelmän hyötysuhdetta. Paremmalla hyötysuhteella lämpöpumppu pystyy vähentämään sähkönkulutusta. /4/

### 3.3.3 Maalämpöpumpun kustannukset

Omakotitaloon maalämpöpumppu järjestelmän investointi kustannukset vaihtelevat 12 000–25 000 euron välillä. Järjestelmän hintaan vaikuttaa rakennuksen koko, joka vastaavasti vaikuttaa rakennuksen lämpöenergian tarpeeseen. Suurempi rakennus täten vaatii suuremman järjestelmän. Investointikustannukset muodostuvat lämpöpumpusta ja siihen liittyvistä laitteistoista sekä kaivojen porauksesta. Omakotitalolle riittää yleensä yksi kaivo, kun taas kerrostalot vaativat useamman energiakaivon. Kerrostaloon investoinnin hinta vaihtelee 200 000–400 000 euron välillä. Työn referenssi kiinteistöille kustannusarviot olisivat seuraavanlaisia: Pienkerrostaloon maalämmön investointikustannusarvio olisi 70 000 euroa, kerrostaloon 160 000 euroa ja teollisuusrakennukseen 320 000 euroa. Hinnat ovat kuitenkin vain arvioita, ja niihin tulee suhtautua varauksella. Varsinkin kerrostalojen investointi hinnoista löytyy rajallisesti tietoa, ja tietoa tarjoavat sivustot ovat puolueellisia. /32,33/

Maalämpöpumpun käyttökustannukset muodostuvat lämpöpumpun käyttämästä sähköstä. Maalämmön käyttökustannukset ovat siis riippuvaisia sähkön hinnasta. COP-arvo vaikuttaa lämpöpumpun sähkön käyttöön. Paremmalla COP-arvolla lämpöpumppu tuottaa tarvittavan lämmön pienemmällä sähkönkulutuksella. Vuotuiset sähkön kustannukset vaihtelevat rakennuksittain, ja asuntojen määrä vaikuttaa paljon lämmöntuotannon määrään. Esimerkiksi, jos rakennuksessa maalämpöpumppu käyttäisi vuodessa 60 000 kWh, ja sähkön kokonaishinta olisi 0,089 €/kWh, olisi sähkön kustannukset 5 340 euroa vuodessa. Lisäksi maalämpöpumppu tulisi huoltaa vuosittain, ja sen kustannukset vuodessa vaihtelevat 190–590 euron välillä. /34,35/

### 3.4 Ilma/vesilämpöpumppu

Ilma/vesilämpöpumppu, josta käytetään myös lyhennettä UVLP, kerää lämpöä ulkoilmasta ja luovuttaa sitä vesivaraajaan, josta sitä hyödynnetään rakennuksen lämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen. Ilma/vesilämpöpumpun käyttötarkoitus on samanlainen kuin maalämpöpumpulla. Sen etuna on pienemmät rakennuskustannukset, sillä UVLP-järjestelmälle ei tarvitse rakentaa maahan

keruuputkistoa tai lämpökaivoa. Ilma/vesilämpöpumpun teho ei kuitenkaan riitä kovimmilla pakkasilla, joten hybridikäyttö toisen lämmitysmuodon rinnalla on suositeltavaa. /4,6/

### **3.4.1 Ilma/vesilämpöpumppu mallit**

Ilma/vesilämpöpumput jakaantuvat kahteen eri tyyppiin, jotka ovat split- ja monoblock-laitteet. Laitteiden erona on se, että split-laitteet koostuvat erillistä ulko- ja sisäyksiköistä, joiden välillä kulkee kylmäaine. Ulkoyksikössä sijaitsee höyrystin, höyrystinpuhallin, kompressori ja paisuntaventtiili. Sisäyksikössä sijaitsee lauhdutin. Monoblock-laitteissa kaikki komponentit ovat ulkoyksikössä. Ulkoyksiköstä lämmin vesi johdetaan sisätiloissa olevaan vesivaraajaan. /6/

### **3.4.2 Ilma/vesilämpöpumpun käyttö**

Kuten maalämpöpumppukin, UVLP soveltuu paremmin käytettäväksi lattialämmityksen kanssa kuin patteriverkoston kanssa. Lattialämmityksessä ilma/vesilämpöpumppu saavuttaa paremman lämpökertoimen, sillä kiertoveden lämpötila vaikuttaa siihen, alhaisella kieroveden lämpötilalla saavutetaan parempi COP-arvo. Lattialämmitykseen vaadittava menoveden lämpötila on noin 30°C, kun taas patteriverkosto vaatii huomattavasti lämpimämpää menoveden lämpötilaa. Ilma/vesilämpöpumpun vuosittaista lämpökerrointa heikentää myös se, että talvella keruuilma on reilusti pakkasen puolella, kun taas maalämpöpumppu kerää lämmön talvella noin nolla-asteisesta maaperästä. /4/

Jos Ilma/vesilämpöpumpulla lämmitetään myös käyttövesi, ei alhainen menovedenlämpötila riitä siihen. Bakteerivaaran takia käyttövesi tulee lämmittää vähintään +55°C:seen. COP-arvon optimaalisena pitääkseen UVLP lämmittää sähkövastuksilla erikseen käyttöveden tarpeen mukaan, jolloin se ei anna kiertovedelle menovettä sillä aikaa. Tämä tarkoittaa sitä, että lämmitys katkeaa käyttöveden lämmityksen ajaksi. Käyttöveden lämmitys kestää noin tunnin, mutta huoneet eivät ehdi jäähtyä merkittävästi sinä aikana. /4/



### 3.4.3 Ilma/vesilämpöpumpun kustannukset

Pientaloon ilmavesilämpöpumpun investointikustannukset vaihtelevat 7 500–14 000 euron välillä. Investointiin sisältyy lämpöpumppu ja vesivaraaja. Suuremmat kohteet, kuten kerrostalot ja liikekiinteistöt, vaativat useamman lämpöpumpun ja vesivaraajan. Kerrostalojen ja liiketilojen investointikustannukset vaihtelevat 30 000–300 000 euron välillä. Työn referenssi kiinteistölle arvioidaan pienkerrostalolle kustannusarvioksi 50 000 euroa, kerrostalolle 130 000 euroa ja teollisuusrakennukselle 215 000 euroa. Kustannuksen skaala on laaja, sillä kohteiden energian tarpeet vaihtelevat suuresti. Hinta-arviot ovat palvelujen tarjoajan antamia, joihin kannattaa kuitenkin suhtautua varauksella. Yleisesti ilma-vesilämpöpumput ovat kuitenkin edullisempia hankkia kuin maalämpöpumput, ja täten on ilma-vesilämpöpumpulla mahdollista saavuttaa lyhyempi takaisinmaksuaika. /36,39/

Ilma-vesilämpöpumput mitoitetaan yleensä 60–80 % lämmitystehon tarpeesta, joten niitä käytetään hybridilämmityksenä, esimerkiksi kaukolämmön kanssa. Käyttökustannuksiksi muodostuu siis pumpun käyttämä sähköteho sekä käytetty kaukolämpö. Suurten kiinteistöjen lämpöpumput tulisi huoltaa vuoden välein, joten vuosittaiset huoltokustannukset vaihtelevat 190–590 euron välillä. Maalämpöpumppuun verrattuna ilma-vesilämpöpumpulla on yleensä matalampi COP-kerroin, jolloin voidaan olettaa, että ilma-vesilämpöpumpulla on hieman korkeammat käyttökustannukset. UVLP soveltuu myös paremmin eteläiseen Suomeen kuin pohjoiseen, sillä eteläisessä Suomessa lämmityksen tarve on pienempi, ja myös pakkaspäiviä on vähemmän, joka vaikuttaa ilma-vesilämpöpumpun COP-arvoon. /37–39/

### 3.5 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen rakennuksen poistoilmasta lämpöenergian ja siirtää sen tarpeen mukaan vesivaraajaan tai takaisin tuloilmaan. Poistoilmapumpusta käytetään myös lyhennettä PILP. Sen tuottama lämpöenergia

ei yksistään kata rakennuksen lämpöenergian tarvetta, joten se sopii täydentämään muita lämmitysjärjestelmiä sekä alentamaan lämmityskustannuksia. /4/

### **3.5.1 Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate**

Toimintaansa poistoilmalämpöpumppu vaatii poistoilmakanaviston. Kuten muutkin lämpöpumput, PILP koostuu höyrystimestä ja lauhduttimesta. Höyrystin ottaa lämpöenergian talteen poistoilmasta, joten poistoilmalämpöpumppu on kytketty ilmastoinnin poistoilmakanavaan. Lauhdutin luovuttaa saadun lämpöenergian vesivaraajalle, josta se käytetään käyttöveteen tai rakennuksen lämmitykseen. Riippuen lämpöpumpun ominaisuuksista voidaan lämpöenergia käyttää myös rakennuksen tuloilman lämmittämiseen, tämä edellyttää sitä, että rakennuksessa on myös tuloilmakanava. Lämmittämisen lisäksi PILP hoitaa rakennuksen ilmanvaihdon, jolloin erillistä ilmanvaihtokonetta ei tarvita. /8/

### **3.5.2 Poistoilmalämpöpumpun mitoitus**

Poistoilmalämpöpumppu soveltuu ainoana lämmityslaitteena parhaiten kohteeseen, jossa on suuri sisätilavuus suhteessa sen tarvitsemaan lämmitystehoon. Kun poistoilmapumppu ei pysty tuottamaan rakennuksen kaikkea tarvitsemaa lämpöenergiaa, ovat matalaenergia rakennukset kannattavia kohteita, sillä ne vaativat täten vain vähän ostoenergiaa niidenvähäisen energiankulutuksen kannalta. Toisaalta poistoilmapumppu parantaa hyötysuhdetta rakennuksessa, jossa ei ole ennestään laitteistoa poistoilmanlämmön keräämiseksi. Tällaisia kiinteistöjä ovat varsinkin 1960–1990-luvulla rakennetut kerrostalot. Näissä taloissa poistoilmalämpöpumpulla voidaan vähentää päälämmitysmuodon tarvetta, joka yleensä on kaukolämpö. Kiinteistössä täytyy olla koneellinen ilmanvaihto ja vähintään kolme kerrosta sekä 15–25 asuntoa, jotta lämmintä poistoilmaa olisi tarpeeksi saatavilla. Poistoilmalämpöpumppu ei kuitenkaan sovellu ainoaksi lämpöratkaisuksi, joten talolla on silti edelleen tarvetta kaukolämmölle. Käytännössä kaikissa uusissa rakennuksissa on valmiina LTO-laitteisto, ja monessa uudessa kerros- ja rivitalossa on käytössä huoneistokohtainen ilmanvaihto, jolloin poistoilmalämpöpumppu ei ole välttämättä järkevä investointi. /7, 31,47,48/

Poistoilmapumppu tuottaa lämpöä vuoden ympäri lähes vakioteholla, sillä sen lämmönlähteenä toimii poistuva 21–25°C sisäilma. Ilmanvaihdon on oltava tarpeeksi tehokasta, jotta siitä saadaan energiaa talteen. Rakennuksessa ihmiset ja sähkölaitteet tuottavat lämpösäteilyä, ja mitä enemmän niitä on, sitä paremmin niistä saadaan lämpöenergiaa talteen. Täten rakennuksen ollessa pidempiä aikoja talvella tyhjillään, tarvitaan lisäenergiaa sen pitämisenä yhtä lämpimänä. /7, 8/

### **3.5.3 Poistoilmalämpöpumpun kustannukset**

Poistoilmalämpöpumpun investointikustannukset kerrostaloon vaihtelevat 60 000–250 000 euron välillä. Referenssi kiinteistöille voidaan arvioida kustannuksia toteutuneiden kohteiden kuluilla. Pienkerrostalolle arvio olisi 50 000 euroa, kerrostalolle 110 000 euroa ja liikekiinteistölle 180 000 euroa. Hinnat ovat aina tapauskohtaisia, riippuen rakennuksen nykytilasta ja energian tarpeesta. Kun poistoilmalämpöpumppua käytetään hybridilämmityksessä, muodostuu käyttökustannukset pumpun käyttämästä sähkötehosta ja käytetystä kaukolämmöstä. Huoltokustannukset vuodessa ovat samaa luokkaa kuin muilla lämpöpumpuilla. /31/

## 4 LASKENTAMENETELMÄT

### 4.1 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika menetelmä on yksinkertainen investoinnin kannattavuuden laskentatapa. Menetelmää kutsutaan myös jossain tapauksissa pay-off-menetelmäksi. Menetelmän nimi tulee siitä, että sitä käytetään laskemaan, milloin investointi on maksanut siihen sijoitetun pääoman takaisin. /27/

$$\frac{\text{Perusinvestointi}}{\text{Vuotuinen nettotuotto}} = \text{Takaisinmaksuaika} \quad (3)$$

Vuotuinen nettotuotto lasketaan vähentämällä käytöstä aiheutuvat vuosittaiset kustannukset vuotuisista tuotoista. Perusinvestointi kuvastaa investointiin käytettyä summaa. Takaisinmaksuaika määritetään jakamalla vuotuinen nettotuotto perusinvestoinnista. Tulokseksi muodostuva luku kuvastaa, kuinka monta vuotta kestää investoinnin ”takaisinmaksu.”/27/

Takaisinmaksu menetelmä on kuitenkin erittäin suppea keino käyttää ainoana investoinnin kannattavuuden laskentamenetelmänä. Menetelmä ei ota huomioon olleenkaan korkoja. Kun korkokustannukset puuttuvat laskennasta, on takaisinmaksuaika-menetelmän tulosta pidettävä suuntaa antavana. /27/

### 4.2 Nettonykyarvo, NPV

Nettonykyarvomenetelmä on yleisesti käytetty investoinnin ja toiminnan kannattavuuden laskentatapa. Siitä käytetään myös yleisesti sen englanninkielistä lyhennettä NPV (Net Present Value). Nettonykyarvossa lasketaan investoinnin ja sen tuottamien kassavirtojen nykyarvo. Laskennassa tulevat kassamaksut saadaan vertailukelpoiseksi diskonttaamalla ne samaan ajankohtaan. Täten nettonykyarvomenetelmää saatetaan kutsua myös diskonttausmenetelmäksi. Kun laskennassa tapahtumat lasketaan vuosittain, oletetaan silloin, että maksut tapahtuvat aina yhden jakson lopussa. Nettonykyarvon laskenta perustuu diskonttotekijän käyttöön. Alla nykyarvon diskonttotekijän kaava. /27/

$$PV = \frac{C}{(1+i)^n}, \text{ jossa } PV = \text{Nykyarvo} \quad (4)$$

C = Kassavirta

i = Korkokanta

n = Odotusaika vuosina

Diskonttotehtävä osoittaa tulevaisuudessa saatavan rahamäärän nykyarvon. Kun nettonykyarvo koostuu tulevien vuosien kassavirroista, saadaan nettonykyarvon kaavaksi alla oleva kaava.

$$NPV = \frac{C_1}{1+i} + \frac{C_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+i)^n} - I_k, \text{ jossa } NPV = \text{Nettonykyarvo} \quad (5)$$

C = Kassavirta vuodesta 1– n

i = Korkokanta

n = Odotusaika vuosina

$I_k$  = Investointikustannukset

Laskentakaavassa käytetty korko on tavoitetyyppinen. Korkona voidaan käyttää arvioitua markkinakorkoa tai yleistä markkinaa korkeampaa sisäisen pääoman tavoite tuottoa. Nettonykyarvo kuvaa investoinnin kannattavuutta. Kun NPV on suurempi kuin nolla, on investointi kannattava. Jos NPV on pienempi kuin nolla, on investoinnin tuotto miinus merkinen, jolloin se tuottaa tappiota eli tässä tapauksessa investointi ei ole kannattava. /27/

### 4.3 Sisäinen korkokanta, IRR

Sisäisen korkokannan menetelmällä selvitetään se laskentakorko, jolla investoinnin tuottojen nykyarvo vastaa investoinnin hankintakustannuksia. Sisäisestä korkokannasta käytetään usein sen englanninkielistä lyhennettä IRR (Internal Rate of Return). Sisäisen korkokannan käyttö liittyy vahvasti nettonykyarvoon. Käytännössä tilanne, jossa investoinnin tuottojen nykyarvo vastaa investointi

kuluja, on se tilanne, kun investoinnin nettonykyarvo on tasan nolla. IRR on siis se laskentakorkokanta, jolla  $NPV = 0$ . /28/

$$0 = \frac{C_1}{1+IRR} + \frac{C_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+IRR)^n} - I_k, \text{ jossa } C = \text{Kassavirta} \quad (6)$$

IRR= Sisäinen korkokanta

$I_k$  = Investointi kustannukset

Yllä oleva kaava kuvastaa sisäistä korkokantaa. IRR on kuitenkin hankala laskea kaavasta suoraan. Yleensä sen selvittämiseen käytetään laskentaohjelmia, kuten Excel, jossa on valmis funktio sisäisen korkokannan ratkaisemiseksi. Toki sisäisen korkokannan laskenta onnistuu oheisella kaavalla sijoittamalla ja kokeilemalla eri korkoja löytääkseen oikean tuloksen tai käyttämällä valmiiksi laskettuja korkotauluja. /30/

Sisäinen korkokanta on myös kannattavuuden mittari, kuten nettonykyarvokin. Investointi on kannattava, kun sisäinen korkokanta on tavoitekorkoa suurempi. Käytännössä kun mitä suurempi sisäinen korkokanta on, sitä paremmin investointi tuottaa. /28/

#### 4.4 Pääoman tuottoaste, ROI

Pääoman tuottoastetta käytetään kuvaamaan investoinnin tuottavuutta. Pääoman tuottoasteesta käytetään yleisesti lyhennettä ROI (Return of Investment). Menetelmän avulla selvittää paljonko sijoitettu pääoma tuottaa. Tuottoaste saadaan selville jakamalla vuotuiset nettotuotot investointikustannuksilla. Nettotuotot määräytyvät, kun tuotoista vähennetään pois kulut, poistot ja verot. Investointikustannuksiin on mahdollista myös ottaa huomioon jäännösarvo. Tämän työn laskennassa ei kuitenkaan huomioida jäännösarvoa investoinnille. Alla on esitetty kaava tuottoasteesta investoinnille. /53/

$$ROI = \frac{\text{Nettotuotto}}{\text{Investointikustannus}} \quad (7)$$

Pääoman tuottoaste on yleisesti käytetty menetelmä kattavuuden arvioinnissa. Sillä on kuitenkin omat huonot puolensa, sillä se ei ota huomioon useita kassavirtoja eikä

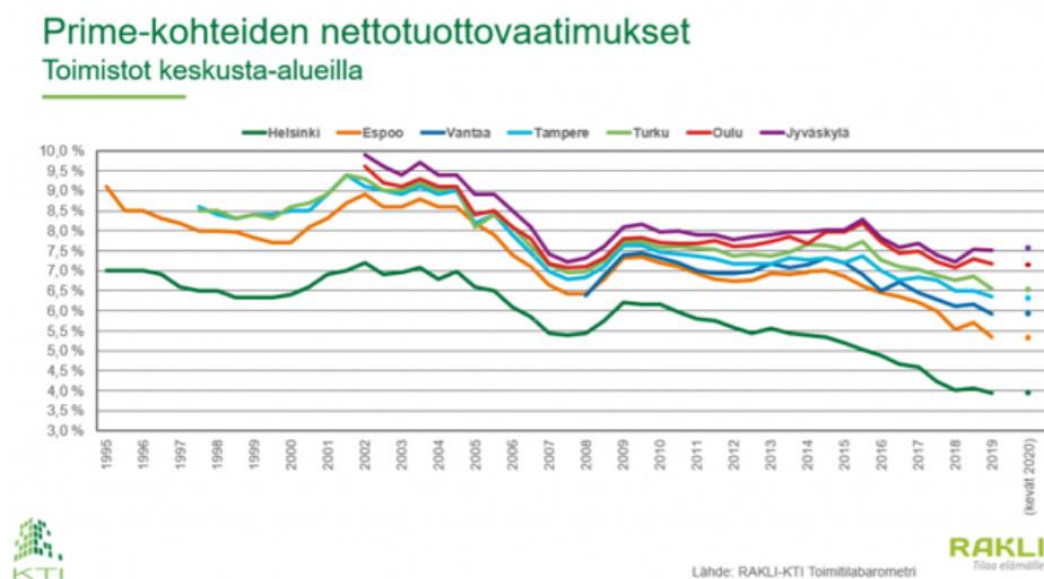
myöskään rahan aika-arvoa. Yleisesti investointi on kannattava, kun pääoman tuottoaste on suurempi kuin asetettu tuottovaatimus. /53,54/

#### 4.5 Kiinteistön tuotto ja arvo

Kiinteistöjen arvo voidaan yksinkertaistettuna selvittää oheisella kaavalla.

$$\text{Kiinteistön arvo} = \frac{\text{Vuokratuotot} - \text{Hoitukulut}}{\text{Tuottovaatimus}} \quad (8)$$

Kiinteistön tuottovaatimus kuvastaa riskin suuruutta liittyen kiinteistön tuottamaan kassavirtaan. Kiinteistön kassavirta muodostuu vuokratuloista. Tuottovaatimuksen ollessa matala, on myös sijoituksen riski matala. Kiinteistöjen tuottovaatimukseen vaikuttaa sijainti, käyttötarkoitus ja myös mikrosijainti, nämä tekijät vaikuttavat myös yleiseen vuokratasoon. Alla oleva kuva osoittaa, miten tuottovaatimukset ovat kehittyneet eri kaupunkien keskustoissa. /29/



**Kuva 6.** Tuottovaatimus eri kaupungeissa vuosina 1995–2020. /29/

Kuten kuva osoittaa, tuottovaatimukset vaihtelevat eri kaupungeissa. Tuottovaatimus tason vaihtelun takia, samankaltaiset investoinnit eivät välttämättä ole yhtä kannattavia toisella paikkakunnalla verrattuna toiseen kaupunkiin erilaisella tuottovaatimuksella. /29/

Kiinteistön hoitokuluista noin 30–50 % muodostuu energiakustannuksista. Energiakustannukset ovat kuitenkin riippuvaisia kiinteistön teknisistä ratkaisuista, joten kiinteistön omistajalla on mahdollisuus vaikuttaa niihin. Energiakustannuksia pystyy pienentämään esimerkiksi investoimalla energiatehokkuuteen tai siirtymällä toisiin lämmöntuotanto ratkaisuihin. Hoitokustannuksia pienentämällä kiinteistön vuokratuotot kasvavat, joka osaltaan täten vaikuttaa kiinteistön arvon nousuun. /29/

Energiainvestoinnin tuottoaste on usein enemmän kuin itse kiinteistön tuotto. Kiinteistö, jossa investointi on, käytössä oleva kiinteistön tuottovaatimus kasvattaa kiinteistön arvoa merkittävästi, mahdollisesti jopa enemmän kuin energiainvestointi on kustantanut. Arvon nousu on kuitenkin vielä teoreettinen energiainvestointien ollessa vielä uusi asia kiinteistömarkkinoilla. Uusiutuvan energian investoinnit vaikuttavat myös mielikuviin parantaen kiinteistöjen mainetta ja osaltaan vaikuttaen myös itse kiinteistön arvoon. /29/



## 5 KILPAILUKYKY SELVITYKSEN ARVOT

### 5.1 Tyypikiinteistöt

Kaukolämmön hinnoittelun ja vertailuun lämpöpumppuja vastaan käytetään laskennassa energiateollisuuden tyypikiinteistöjä. Tyypikiinteistöihin kuuluu omakotitalo, 15 asukkaan pienkerrostalo/rivitalo sekä 80 asukkaan kerrostalo. Tämän työn laskennassa ei kuitenkaan tarkastella omakotitaloa, vaan sen tilalla tarkastelussa käytetään teollisuus/liiketila asiakasta. Tätä asiakassegmenttiä tarkastellaan laskennassa arvonlisäverottomalla hinnalla. Taulukossa 1. esitetään tyypikiinteistöihin liittyviä tietoja. Laskennassa kilpailutilannetta tarkastellaan kahdessa eri tilanteessa: uudessa ja saneerauskohteessa. Uutta kohdetta arvioidaan matalalla kiertoveden lämpötilalla ja vanhaa kohdetta korkealla kiertoveden lämpötilalla. /45/

**Taulukko 1.** Tyypikiinteistöjen laskennallisia ominaisuuksia.

Tyypirakennus	Asuntojen lukumäärä	Tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia	Tuntinen tehontarve	Tuntinen vesivirta
		MWh/a	kW	m <sup>3</sup> /h
Rivitalo/ Pienkerrostalo	15	150	70	0,8
Kerrostalo	80	600	230	2,8
Teollisuus/ liikekiinteistö	-	1000	350	3,8

Laskennassa käytettävien lämpöpumppuratkaisujen investointikustannukset ovat arvioita siitä mitä järjestelmä kustantaisi tyypikiinteistöihin. Lämpöpumppujen

investointikustannuksia on käsitelty kappaleissa 3.3.3, 3.4.3 ja 3.5.3. Kaukolämmön investointikustannukset uuteen kohteeseen muodostuvat liittymismaksusta ja lämpölaitteiston kustannuksista. Liittymismaksun suuruus pohjautu Energiategollisuus ry:n hintatietoihin. Lämpölaitteiston hinnan osuus on arvioitu. Saneerauskohteessa huomioidaan kaukolämmölle pelkän lämpölaitteiston uusinta. Laskennassa käytettävät investointikustannukset esitetään taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Lämmitysratkaisujen investointikustannukset.

Tyyppi-rakennus	Investointi kustannus MLP	Investointi kustannus UVLP	Investointi kustannus PILP	Liittymis- maksu KL	Lämpölaitteisto KL
Rivitalo/ Pienkerrostalo	110 000 €	50 000 €	50 000 €	22 500 €	11 000 €
Kerrostalo	160 000 €	130 000 €	110 000 €	52 300 €	22 500 €
Teollisuus/ liikekiinteistö	320 000 €	215 000 €	180 000 €	72 100 €	38 000 €

## 5.2 SPF-luvut

Alla olevissa taulukossa on työn laskennassa käytettäville pumpuille ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 mukaiset SPF-luvut. Taulukossa 3. esitetään ilma-vesilämpöpumpun SPF-luvut ja taulukossa 4. maalämpöpumpun SPF-luvut. Poistoilmalämpöpumpulle lämpökertoimen arvoina käytetään Mikko Väisäsen diplomityön ”Tehojoustopotentiaali hajautetulla tuotannolla kaukolämpöverkossa” tutkimuksen arvoja, jossa on tutkittu kerrostaloja, jotka käyttävät poistoilmalämpöpumppuja hybridilämmityksenä. Diplomityössä havaittiin, että usean kohteen keskimääräinen SCOP arvo oli 3,68. /46,51/

**Taulukko 3.** Ilma-vesipumpun SPF-luvut.

Menoveden korkein lämpötila, °C	SPF-luku
30 °C	2,8
40 °C	2,5
50 °C	2,3
60 °C	2,2

**Taulukko 4.** Maalämpöpumppujen SPF-luvut.

Menoveden korkein lämpötila, °C	SPF-luku, Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, +3 °C
30 °C	3,5
40 °C	3,1
50 °C	2,7
60 °C	2,5

Taulukoiden arvot perustuvat vuoden 2017 tietoihin. Kuitenkin voidaan olettaa, että lämpöpumpputekniikka on kehittynyt nykyisillä laitteilla, ja työn laskentaan arvioidaan hieman paremmat SPF-luvut kuin ympäristöministeriön tauloissa olevat. Kun työssä tarkastellaan uutta kohdetta ja saneerauskohdetta, on molemmille kohteille valittu omat SPF-luvut. Tämä perustuu siihen, että saneerauskohteet ovat vanhempia rakennuksia, joissa on patterilämmitys, joka vaatii korkeampaa menoveden lämpötilaa vaikuttaen lämpöpumpun lämpökertoimeen. Uudet kohteet käyttävät yleensä lattialämmitystä, jolloin lämpöpumppu pystyy toimimaan paremmalla lämpökertoimella. Poistoilmalämpöpumppujärjestelmän ollessa mitoitettu pienemmäksi kuin muut lämpöpumppujärjestelmät, käytetään kaukolämpöä täten enemmän, jolloin voidaan olettaa, että poistoilmalämpöpumpun

SPF-luku ei muutu merkittävästi, vaikka saneerauskohteessa tarvitaan kuumempaa vettä. Poistoilmalämpöpumpulle saneerauskohteessa käytetään arvona aiemmin mainittua arvoa 3,68, ja uuteen kohteeseen arvioidaan luvuksi hieman suurempi perustuen matalampaan menovedenlämpötilaan. Taulukossa 5. esitetään laskennassa käytetyt SPF-luvut.

**Taulukko 5.** Laskennassa käytetyt SPF-luvut.

<b>Lämpöpumppu</b>	<b>SPF, Uusi kohde</b>	<b>SPF, Saneeraus kohde</b>
MLP	3,5	2,7
UVLP	2,8	2,4
PILP	3,8	3,68

### 5.3 Lämpöpumppujen mitoitukset

Jokaista tilannetta tarkastellaan hybridilämmityksenä, jossa lämpöpumppu on mitoitettu osatehoiseksi, ja kaukolämmöllä tuotetaan tarvittava huipputeho. Maalämpöpumppua tarkastellaan siten, että se on mitoitettu jokaisessa kohteessa tuottamaan 90 % vuosittaisesta energiantarpeesta. Myös ilma-vesilämpöpumppu on mitoitettu jokaiseen kohteeseen tuottamaan 90 % vuotuisesta energiantarpeesta. Lämpöpumpun tuottaessa suurimman osan energiantarpeesta, muuttuu lisälämpönä toimivan kaukolämmön hinnoittelu kalliimmaksi. /50/

Poistoilmalämpöpumppu on käytännössä järkevä ratkaisu ainoastaan saneerattavassa kerrostalossa, jossa täyttyvät ehdot pumpun toimimiseen optimaalisesti. Tähän kohteeseen poistoilmalämpöpumppu on mitoitettu tuottamaan 50 % vuotuisesta energiantarpeesta. Poistoilmalämpöpumpun soveltuvuutta on käsitelty luvussa 3.5.2. Poistoilmalämpöpumppua tarkastellaan silti jokaisessa kohteessa teoreettisesti, vaikka se ei välttämättä olisi käytännöllisesti järkevä investointi. Uuteen pienkerrostaloon, kerrostaloon ja liikekiinteistöön poistoilmalämpöpumppu mitoitetaan tuottamaan 30 % vuotuisesta energian tarpeesta. Saneerattavaan pienkerrostaloon ja liikekiinteistöön

poistoilmalämpöpumppu mitoitetaan tuottamaan 40 % vuotuisesta energian tarpeesta.

#### 5.4 Hinta tiedot

Kaukolämmön kilpailukykyä tarkastellaan laskennassa matalla myyntihinnalla. Laskennassa käytetään kiinteää hintaa ympäri vuoden kausihinnoittelun sijasta. Energiateollisuus ry julkaisee sivuillaan tietoa eri kaukolämpöyhtiöiden myyntihinnoista. Kaukolämmön hinnaksi laskentaan on valittu 46,16 €/MWh (alv 0 %). Lisälämpö kaukolämmön hintana käytetään 92 €/MWh (alv 0 %). Arvonlisävero 24 % huomioidaan rivi- ja kerrostalo segmenteissä. Perusmaksun määrittää tehon tarve tai tilausvesivirta riippuen kaukolämpöyhtiöstä. Laskennassa perusmaksusta käytetään vuotuista summaa. Rivitalon perusmaksuna käytetään 1 309 €/a (alv 0 %), kerrostalossa 3 914 €/a (alv 0 %) ja liikekiinteistössä 4 920 €/a (alv 0 %). Kaukolämmön vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi on arvoitu 250 €/a. /49/

Lämpöpumppujen käyttökustannukset muodostuvat pumpun kuluttamasta sähköstä. Laskennassa sähköenergian hintana käytetään 44 €/MWh (alv 0 %), ja siirtohintana 45 €/MWh (alv 0 %). Sähkön hinnat ovat arvioita keskimääräisestä hinnasta verottamattomana. Laskennassa rivitalon ja kerrostalon hintoihin sisältyy arvonlisävero. Laskennassa ei huomioida sähkön siirron perusmaksua. Siirron perusmaksu määräytyy sulakekoon mukaan. Lämpöpumppujärjestelmään siirtyminen saattaa vaatia sulakekoon suurentamista, joka lisää perusmaksun suuruutta. Kun laskennassa ei käytetä lämpöpumppujen nimellisiä tehoja, on hankala arvioida sulakekoon muuttumista, ja sen vaikutusta sähkön siirron perusmaksuun. Kuitenkin myös pelkällä kaukolämpöä käyttävällä taloyhtiöllä on tarvetta sähkölle, ja siinä sillä on maksettavan myös sama sähkön siirron perusmaksu, joten sähkön siirron perusmaksu ei merkittävästi vaikuta kannattavuuteen tässä tapauksessa. Lämpöpumpuille vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi on arvoitu 500 €/a. Hybridilämmityksessä kokonaiskustannukset muodostuvat käytetystä sähköstä ja kaukolämmöstä, joka hinnoitellaan lisälämpönä. Kaukolämmön perusmaksu määrittyy täyden

kaukolämpötehon mukaan, jolloin perusmaksu on hybridilämmityksessä sama kuin pelkkää kaukolämpöä käyttävässä kohteessa. /50/

Hintojen kehitystä kuvaamaan tarkastelujaksolle on valittu maltilliset kasvu prosentit. Kilpailukykyä tarkastellaan tilanteessa, jossa kaukolämmön hinta kasvaa hieman nopeammin verrattuna sähkön hintaan. Inflaatiolla tarkoitetaan yleistä hinnan nousua, ja sen arvona laskennassa käytetään yhtä prosenttia. Prosenttiarvo kuvaa kasvua vuodessa. Laskentakorkoa käytetään diskonttaukseen, ja siinä käytetään tässä laskennassa investoinnin tuottovaatimusta. Energiainvestoinnille tuottovaatimus vaihtelee tyypillisesti 3–6 % väliltä. Tuottovaatimus voidaan valita myös inflaation perusteella. Taulukossa 6. esitetään hintojen kehitystä kuvaavat parametrit.

**Taulukko 6.** Hintakehitystä kuvaavat parametrit.

Inflaatio	1 %
Sähkön hinnan nousu	1,50 %
Kaukolämmön hinnan nousu	2 %
Diskonttaus korko	3 %

## 6 KILPAILUKYVY SELVITYS

### 6.1 Laskenta

Työn laskenta toteutettiin Microsoft Excel -ohjelmalla. Laskentaohjelma on itse tehty lämmitysmuotojen kannattavuutta tutkimista varten. Ohjelman ensimmäisellä välilehdellä on syöttödata-taulukko, johon asetetaan muutettavat arvot, jotka ovat esitelty kappaleissa 5.1–5.4. Kuvassa 7 on esitetty kuvakaappaus syöttödata- taulukosta havainnollistaen laskentatyökalun käyttöä.

KL hinnasto		Hinta tietoja		SPF		Uusi kohde	Saneeraus kohde
KL Lämpöenergian hinta	46,16 €/MWh	Ostosähkön siirto alv 0 %	45 €/MWh	MLP		3,5	2,7
Huoltokustannukset	250 €/a	Ostosähkön energia alv 0 %	44 €/MWh	UVLP		2,8	2,4
<b>KL-tiedot LP laskentaan</b>		LP Huoltokustannukset	500 €/a	PILP		3,8	3,68
KL Lämpöenergian hinta	92 €/MWh	Yleinen hinnan nousu	1,00 %				
		KL hinnan nousu	2,00 %				
		Sähkön hinnan nousu	1,50 %				
		Diskonttaus korko	3,00 %				
		ALV	24,00 %				

Tyypirakennukset	Lämpöenergian tarve MWh/a	Investointi kustannukset MLP	Investointi kustannukset UVLP	Investointi kustannukset PILP	KL liittymismaksut	KL Lämmönvaihdin
Pienkerrostalo/rivitalo	150	70 000	50 000		50 000	11500
Kerrostalo	600	160 000	130 000		110 000	29800
Liikekiinteistö/teollisuus	1000	320 000	215 000		180 000	34100

Taulukoiden lukuohje:	
A:	Pienkerrostalo/rivitalo
B:	Kerrostalo
C:	Liikekiinteistö/teollisuus
1: Uusi kohde	
2: Saneerauskohde	
Esim. B2 = Kerrostalo, Saneeraus kohde	

**Kuva 7.** Kuvakaappaus syöttödata taulukosta.

Jokaiselle lämmitysmuodolle ja kiinteistölle on oma taulukko, jossa lasketaan kertyneet kustannukset tarkastelujalta, joka on valittu olevan 25 vuotta. Yhdellä lämmitysmuodolla on siis kuusi taulukkoa, jossa tarkastellaan kustannukset jokaisessa kiinteistössä sekä uutena että saneerattavana. Kuvassa 8 esitetään kuvakaappaus, miltä uuden kerrostalon maalämpöpumpun kustannustaulukko näyttää. Taulukot ovat samanlaisia rakenteeltaan jokaisessa lämpöpumppu ratkaisussa. Kaukolämmön taulukoissa on ainoastaan kaukolämpöön liittyvät kustannukset. Kannattavuusarvioinnit ovat tehty ainoastaan lämpöpumpuille, sillä niitä vertaillaan kaukolämmön kokonaiskustannuksiin. Taulukoissa kaukolämmöstä käytetään lyhennettä KL ja yleisesti lämpöpumpuista lyhennettä LP. Taulukossa suurin osa arvoista on kustannuksia, mutta niillä on positiiviset arvot laskennan helpottamiseksi.

Vuosi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LP sähkön siirto		8609	8738	8869	9002	9137	9274	9414	9555	9698	9844
LP sähkön energia		8418	8544	8672	8802	8934	9068	9204	9342	9483	9625
LP Huoltokustannukset		500	505	510	515	520	526	531	536	541	547
<b>LP Kulut yht.</b>		<b>17527</b>	<b>17787</b>	<b>18052</b>	<b>18320</b>	<b>18592</b>	<b>18868</b>	<b>19149</b>	<b>19433</b>	<b>19722</b>	<b>20015</b>
KL Lämpöenergia		6845	6982	7121	7264	7409	7557	7708	7863	8020	8180
KL Tilausvesivirta		4853	4902	4951	5000	5050	5101	5152	5203	5255	5308
KL Huoltokustannukset		250	253	255	258	260	263	265	268	271	273
<b>KL Kulut yht.</b>		<b>11948</b>	<b>12136</b>	<b>12327</b>	<b>12522</b>	<b>12720</b>	<b>12921</b>	<b>13126</b>	<b>13334</b>	<b>13546</b>	<b>13762</b>
<b>Kulut Yhteensä</b>		<b>29475</b>	<b>29923</b>	<b>30379</b>	<b>30842</b>	<b>31312</b>	<b>31789</b>	<b>32274</b>	<b>32767</b>	<b>33268</b>	<b>33777</b>
LP Investointi	160 000										
<b>Kassavirta</b>	<b>160000</b>	<b>29475</b>	<b>29923</b>	<b>30379</b>	<b>30842</b>	<b>31312</b>	<b>31789</b>	<b>32274</b>	<b>32767</b>	<b>33268</b>	<b>33777</b>
Diskontattu kv.		29475	28206	27801	27402	27010	26623	26242	25867	25497	25133
<b>Kumul.dis. Kassavirta</b>	<b>160000</b>	<b>189475</b>	<b>217681</b>	<b>245482</b>	<b>272884</b>	<b>299894</b>	<b>326517</b>	<b>352759</b>	<b>378626</b>	<b>404123</b>	<b>429257</b>
ROI %		5,61 %	5,78 %	5,96 %	6,15 %	6,33 %	6,53 %	6,73 %	6,93 %	7,14 %	7,35 %
Tuotto €	-160000	8974	9254	9541	9834	10135	10444	10760	11085	11417	11757
Takaisinmaksuaika	12,2 a										
NPV	742 933,65 €										
IRR	5,6 %										
MLP Mitoitus	90,00 %										
MLP lämpöenergian tarve	540 MWh										
SCOP	3,5										
MLP käytetty teho	154 MWh										
KL Tarve	60 MWh										
KL Tilausvesivirta	2,8 m <sup>3</sup> /h										

### **Kuva 8.** Kustannustaulukko, maalämpö uudessa kerrostalossa.

Kaukolämpöenergia on laskettu kertomalla yhteen käytetty kaukolämpö energia, kaukolämmön hinta ja mahdollinen arvonnisävero riippuen kohteesta. Kaukolämmön hinnan nousu otetaan huomioon toisen vuoden kohdalla kertomalla kaukolämmön hinnan nousulla edellisen vuoden kustannukset ja sen jälkeen tämä kasvu lisätään edellisen vuoden kustannuksiin. Tämä toistuu tarkasteluajan loppuun saakka. Kaukolämmön perusmaksu määräytyy tilausvesivirran mukaan ja siihen lisätään arvonnisävero kohteen mukaan. Hinnan nousu lasketaan sille samalla tavalla kuin lämpöenergialle, mutta se lasketaan yleisen hinnan nousun arvolla. Kaukolämmön huoltokustannus on kiinteä summa, ja sen hinnan kasvu määritetään samalla tavalla käyttämällä yleistä hinnan kasvua. Maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppu taulukoissa kaukolämpöenergian hintana käytetään varatehohintaa.

Lämpöpumpun käyttämä teho lasketaan jakamalla lämpöpumpun tuottama lämpöenergia SPF-luvulla. Käytetyllä teholla lasketaan lämpöpumpun sähköenergian ja siirron kustannukset. Sähköenergia lasketaan kertomalla käytetty teho, sähköenergian hinta ja arvonnisävero riippuen kohteesta. Sähkön siirto kustannukset lasketaan kertomalla käytetty teho, siirron hinta ja arvonnisävero riippuen kohteesta. Hinnan nousu sähköenergialle ja siirrolle lasketaan samalla tavalla kuin muissakin tilanteissa käyttämällä sähkön hinnan nousun prosenttia.



Lämpöpumppujen huoltokustannukset ovat kiinteä summa, ja niiden hinnan nousu määritetään samalla tavalla kuin kaukolämmön huoltokustannuksille.

Yhden vuoden kustannukset lämpöpumpuille lasketaan summaamalla lämpöpumpusta ja kaukolämmöstä aiheutuvat kustannukset. Kaukolämpö taulukoissa kustannukset muodostuvat pelkästään kaukolämmön kustannuksista. Usean vuoden kustannukset muodostavat jatkuvan kassavirran, joka diskontataan nykyarvoon käyttämällä diskonttaus korkoa. Nykyarvon laskenta tapahtuu kaavalla 4., joka on esitetty kappaleessa 4.2. Investointikulut sijoitetaan nolla vuodelle ennen ensimmäisen vuoden kassavirtaa. Kun nykyarvo on laskettu jokaisen vuoden kassavirralle, saadaan tämän avulla selvitetty diskontattu kumulatiivinen kassavirta. Se lasketaan ensimmäiselle vuodelle summaamalla investointikustannuksen ja ensimmäisen vuoden diskontatun kassavirran arvon. Toiselle vuodelle kumulatiivinen kassavirta lasketaan summaamalla toisen vuoden diskontattu kassavirta ensimmäiselle vuodelle lasketulle kumulatiiviseen kassavirtaan. Samalla menetelmällä laskua jatketaan tarkasteluajan loppuun. Diskontatun kumulatiivisen kassavirran tarkasteluajan viimeinen arvo vastaa kustannusten nettonykyarvoa. Näillä arvoilla muodostetaan kaaviot, josta voidaan tarkastella eri lämmitysratkaisujen kustannuksia samassa kohteessa. Taulukkoon nettonykyarvo on myös laskettuna NPV kohdassa käyttämällä Excelin NNA-funktiota.

Lämpöpumpuille taulukkoon on laskettu vuotuinen tuotto, joka lasketaan vähentämällä lämpöpumpun kustannukset vastaavan kohteen kaukolämmön kustannuksista. Investoinnin suora takaisinmaksuaika voidaan määrittää vuotuisen nettotuoton perusteella. Taulukkoon takaisinmaksuaikaan nettotuotoksi on määritelty tuottojen mediaaniarvo, sillä tuotto kasvaa joka vuosi. Se ei ole oikea tapa laskea nettotuottoa, mutta sen avulla takaisinmaksu voidaan määrittää siten, että se päivittyy taulukoiden arvoja muuttaessa. Tuotosta voidaan määrittää investoinnin nettonykyarvo, joka on määritetty NNA-funktiolla. Kappaleessa 4.2 kaavassa 5 on esitetty nettonykyarvon kaava matemaattisessa muodossa. Tuoton perusteella määritetään myös investoinnin sisäinen korkokanta IRR. Taulukossa se on määritetty Excelin SISÄINEN.KORKO funktiolla. Kappaleessa 4.3 kaavassa 6

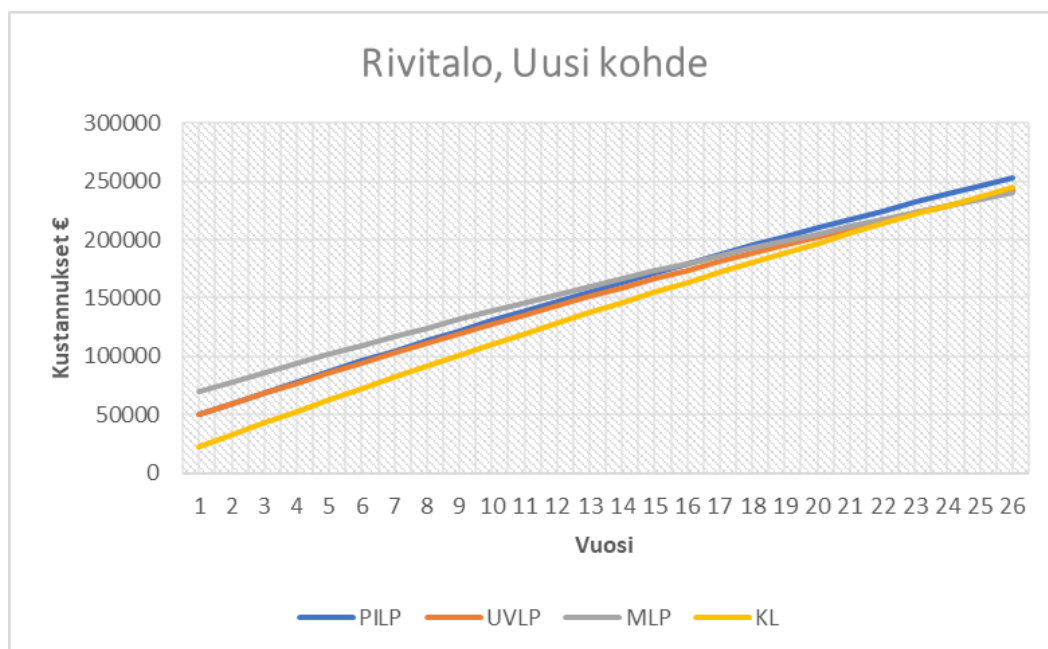
on esitetty matemaattisesti sisäisen koron funktio. Vuosittaisella tuotolla määritellään investoinnin tuottoa. ROI on laskettu jakamalla vuosittainen tuotto investointi kustannuksilla.

## 6.2 Laskennan tulokset

Laskennan tulokset esitetään tyyppikiinteistö kohteittain, jossa käsitellään jokainen kohdetta vastaava lämmitysratkaisu. Lämpöpumppuja tarkastellaan hybridiratkaisuna, jossa kaukolämpö on varatehona. Laskennassa käytetyt arvot ovat esitetty luvussa 5. Käytetyt energian hinnan arvot ja kasvun ennustukset ovat samat jokaisessa tilanteessa. Laskenta ei ota huomioon lämmöntalteenottoa rakennuksissa.

### 6.2.1 Rivitalo/Pienkerrostalo, uusi kohde

Kuvassa 9 esitetään lämmitysratkaisujen kokonaiskustannukset diskontattuna uudessa rivitalossa. Tarkasteluaikana on 25 vuotta. Kustannusten leikkauskohdasta nähdään korollinen takaisinmaksuaika.



**Kuva 9.** Kokonaiskustannukset uudessa rivitalossa.

Kuvasta 9 nähdään, että maalämpöpumpun ja ilma-vesilämpöpumpun kustannuskäyrä leikkaa kaukolämmön käyrän noin 23 vuoden paikkeilla. Poistoilmalämpöpumpun kustannukset eivät alita missään vaiheessa kaukolämmön kustannuksia. Poistoilmalämpöpumpun soveltumattomuudesta on kerrottu kappaleessa 3.5.2. Kuvaajasta voidaan päätellä, että mikäli kaukolämmön myyntihinta olisi kalliimpi, olisivat lämpöpumppu ratkaisut kannattavampia tässä kohteessa. Matala kaukolämmön myyntihinta 46,16 €/MWh osoittautuu kilpailukykyiseksi, kun lämpöpumpuille takaisinmaksuajaksi asettuu noin 23 vuotta. Taulukossa 7. esitetään kokonaiskustannusten nykyarvo.

**Taulukko 7.** Kokonaiskustannusten nykyarvo uudessa rivitalossa.

Kustannukset, Nettonykyarvo	
Kaukolämpö	237 496 €
Maalämpöpumppu	233 150 €
Ilma-vesilämpöpumppu	234 880 €
Poistoilmalämpöpumppu	245 446 €

Kokonaiskustannuksiltaan maalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu on kaukolämpöä edullisempi tarkasteluajalla. Lämpöpumppujen investoinnin kannattavuutta voidaan tarkastella arvioimalla investoinnin nettonykyarvoa, sisäistä korkokantaa sekä investoinnin tuottoa. Taulukossa 8. esitetään investoinnin nettonykyarvo, Taulukossa 9. esitetään sisäinen korkokanta ja Taulukossa 10. investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuottoprosentti tarkasteluajalta.

**Taulukko 8.** Investoinnin nettonykyarvo uudessa rivitalossa.

Investointi, Nettonykyarvo	
Maalämpöpumppu	-18 023 €
Ilma-vesilämpöpumppu	-19 805 €
Poistoilmalämpöpumppu	-30 689 €

**Taulukko 9.** Investoinnin sisäinen korkokanta uudessa rivitalossa.

Sisäinen korkokanta IRR	
Maalämpöpumppu	0,8 %
Ilma-vesilämpöpumppu	-1 %
Poistoilmalämpöpumppu	-3 %

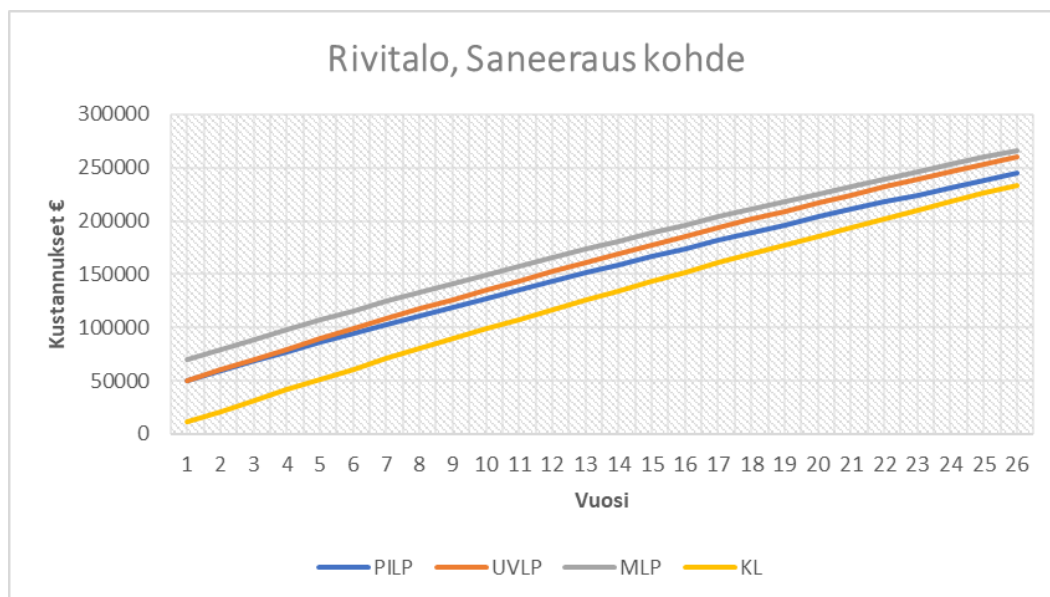
**Taulukko 10.** Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto uudessa rivitalossa.

Pääoman tuotto ROI %	
Maalämpöpumppu	4,46 %
Ilma-vesilämpöpumppu	3,69 %
Poistoilmalämpöpumppu	2,33 %

Investoinnin nettonykyarvo jokaisella lämpöpumpulla uudessa rivitalossa osoittautuu negatiiviseksi, joka tarkoittaa, että investointi ei ole kannattava. Sisäinen korkokanta on positiivinen ainoastaan maalämpöpumpulla, mutta se on pienempi kuin asetettu tuottovaatimus 3 %, jolloin investointi ei ole kannattava. Maalämpöpumpulla ja ilma-vesilämpöpumpulla pääoman vuotuinen tuotto ylittää asetetun tuottovaatimuksen. Investointi vähentää vuotuisia energiakustannuksia, ja täten se saattaisi nostaa kiinteistön arvoa.

Korollisen takaisinmaksuajan ollessa yli 20 vuotta, investoinnin nykyarvon ollessa negatiivinen sekä sisäisen korkokannan alittaessa tuottovaatimuksen, voidaan päätellä, että lämpöpumppu investointi kaukolämpöhybridinä ei ole kannattava rivitalokohteeseen. Kaukolämpömaksut ovat suhteellisesti suuri osa vuotuisia energiakustannuksia hybridimallissa, sillä perusmaksu määrittäytyy täyden tehon perusteella ja kaukolämmön varateho hinnoittelu on kallista.

## 6.2.2 Rivitalo/Pienkerrostalo, saneerauskohte



**Kuva 10.** Kokonaiskustannukset saneerattavassa rivitalossa.

Kuvassa 10 esitetään saneerattavaan rivitaloon lämmitysratkaisujen kokonaiskustannukset diskontattuna. Kuvasta nähdään, että hybridiratkaisuna lämpöpumppujen kustannuksien käyrät eivät leikkaa missään vaiheessa kaukolämmön kustannuksien käyrää, täten investointi ei maksa itseään takaisin tarkasteluajana. Lämpöpumppujen kannattavuutta heikentää saneerauskohteiden vaatima lämpimämpi menovesi, joka heikentää lämpöpumpun lämpökerrointa ja täten lämpöpumppu kuluttaa enemmän sähköä. Taulukossa 11. on koostettu kokonaiskustannusten nykyarvot.

**Taulukko 11.** Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa rivitalossa.

Kustannukset, Nettonykyarvo	
Kaukolämpö	233 425 €
Maalämpöpumppu	266 239 €
Ilma-vesilämpöpumppu	260 377 €
Poistoilmalämpöpumppu	244 578 €

Taulukon 11. perusteella kaukolämpö osoittautuu tarkastelujaksolta edullisimmaksi ratkaisuksi. Investoinnin kannattavuutta tarkastellaan lisäksi investoinnin nykyarvolla, sisäisellä korkokannalla ja investoinnin tuotolla. Taulukossa 12. esitetään investoinnin nykyarvo, taulukossa 13. sisäinen korkokanta ja taulukossa 14. investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto.

**Taulukko 12.** Investoinnin nettonykyarvo saneerattavassa rivitalossa.

Investointi, Nettonykyarvo	
Maalämpöpumppu	-43 839 €
Ilma-vesilämpöpumppu	-37 957 €
Poistoilmalämpöpumppu	-22 185 €

**Taulukko 13.** Investoinnin sisäinen korkokanta saneerattavassa rivitalossa.

Sisäinen korkokanta IRR	
Maalämpöpumppu	-6,7 %
Ilma-vesilämpöpumppu	-5,2 %
Poistoilmalämpöpumppu	-1 %

**Taulukko 14.** Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto saneerattavassa rivitalossa.

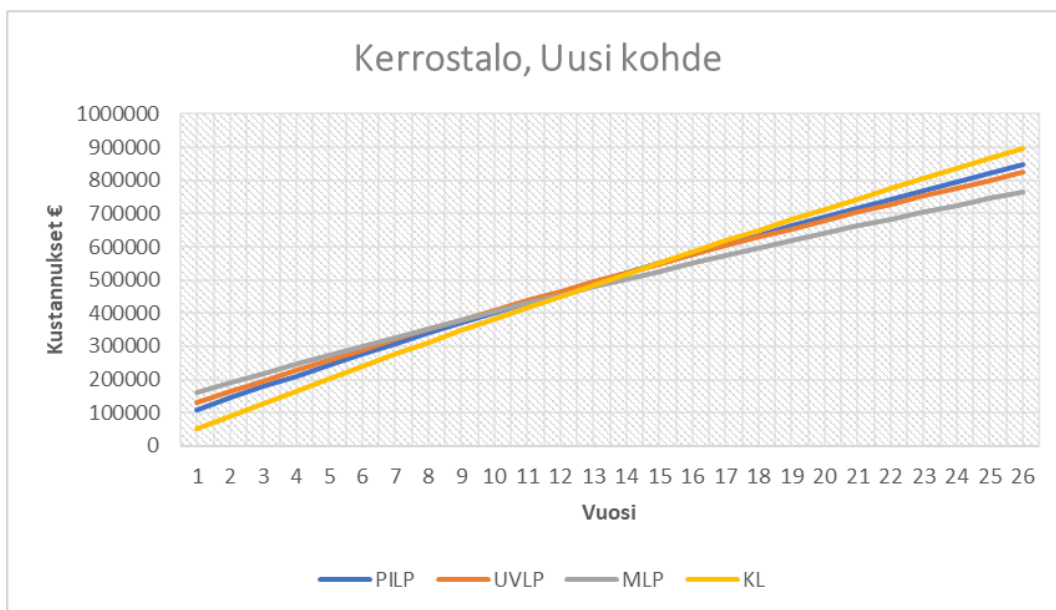
Pääoman tuotto ROI %	
Maalämpöpumppu	2,3 %
Ilma-vesilämpöpumppu	1,56 %
Poistoilmalämpöpumppu	3,34 %

Investoinnin nettonykyarvo jää jokaiselle lämpöpumppu vaihtoehdolle negatiiviseksi, jolloin investoinnit eivät ole kannattavia. Myöskin sisäinen

korkokanta jää negatiiviseksi jokaisella lämpöpumpulla. Maalämpöpumpun ja ilma-vesilämpöpumpun investoinnin keskimääräinen tuotto alittaa asetutun 3 % tuottovaatimuksen. Poistoilmalämpöpumpun investoinnin keskimääräinen tuotto ylittää teoreettisesti asetetun tuottovaatimuksen, mutta käytännössä poistoilmalämpöpumpun soveltuvuutta kyseiseen kiinteistösegmenttiin on syytä tarkastella.

Tulosten perusteella lämpöpumput kaukolämpöhybridinä eivät ole kannattavia investointeja saneerattavissa rivitaloissa. Lämpöpumppujen kannattavuutta heikentää pienempi lämpökerroin vanhoissa kiinteistöissä, joka kasvattaa käyttökustannuksia. Kannattavuutta heikentää myös lisätehona olevan kaukolämmön kalliimpi hinnoittelu. Kaukolämmön perusmaksun määräytyessä täyden tehon perusteella, on sen osuus huomattavan suuri kaukolämmön kustannuksista varatehona lämpöpumpuille.

### 6.2.3 Kerrostalo, uusi kohde



**Kuva 11.** Kokonaiskustannukset uudessa kerrostalossa.

Kuvassa 11 esitetään lämmitysratkaisujen diskontatut kokonaiskustannukset tarkasteluajalta. Kaaviosta nähdään, että uudessa kerrostalo kohteessa kokonaiskustannuksiltaan kallein vaihtoehto on kaukolämpö. Käyrien

leikkauskohtien perusteella maalämpöpumpulle korolliseksi takaisinmaksuajaksi määräytyy 12 vuotta. Ilma-vesi- ja poistoilmalämpöpumpulle käyrien perusteella korolliseksi takaisinmaksuajaksi määräytyy 14 vuotta. Takaisinmaksuajat olisivat vielä lyhyempiä, jos kaukolämmön hinta nousisi nykyistä skenaariota nopeammin. Myös investointikustannukset vaikuttavat oleellisesti takaisinmaksuajan pituuteen. Lämpöpumppujen investointikustannukset ovat arvioita, ja mikäli vastaava järjestelmä olisi edullisempi rakentaa, maksaisi se myös itsensä nopeammin takaisin. Taulukkoon 15. on koostettu investointien kokonaiskustannusten nykyarvot.

**Taulukko 15.** Kokonaiskustannusten nykyarvo uudessa kerrostalossa.

Kustannukset, Nettonykyarvo	
Kaukolämpö	894 490 €
Maalämpöpumppu	766 080 €
Ilma-vesilämpöpumppu	823 331 €
Poistoilmalämpöpumppu	846 898 €

Taulukosta 15. nähdään, että maalämpöpumppu on tarkasteluajan kokonaiskustannuksiltaan selkeästi edullisin vaihtoehto uuteen kerrostaloon. Investointia tulee kuitenkin arvioida myös muilla perusteilla. Taulukossa 16. esitetään investoinnin nettonykyarvo, Taulukossa 17. investoinnin sisäinen korkokanta ja Taulukossa 18. investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto.



**Taulukko 16.** Investoinnin nettonykyarvo uudessa kerrostalossa.

Investointi, Nettonykyarvo	
Maalämpöpumppu	76 969 €
Ilma-vesilämpöpumppu	19 842 €
Poistoilmalämpöpumppu	-3 692 €

**Taulukko 17.** Investoinnin sisäinen korkokanta uudessa kerrostalossa.

Sisäinen korkokanta IRR	
Maalämpöpumppu	6,4 %
Ilma-vesilämpöpumppu	4,1 %
Poistoilmalämpöpumppu	2,7 %

**Taulukko 18.** Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto uudessa kerrostalossa.

Pääoman tuotto ROI %	
Maalämpöpumppu	8,87 %
Ilma-vesilämpöpumppu	6,98 %
Poistoilmalämpöpumppu	5,77 %

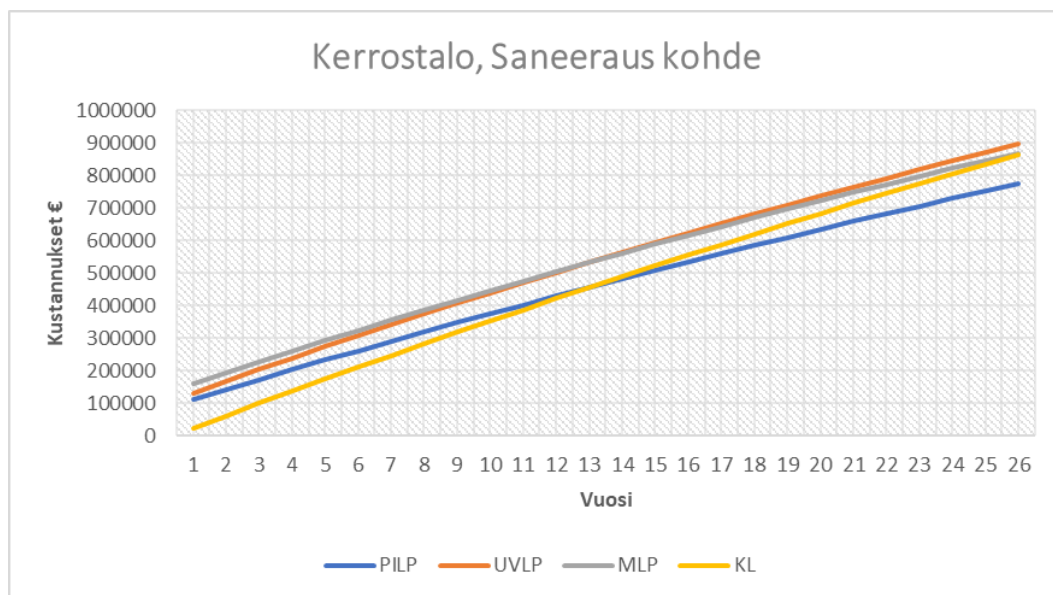
Investoinnin nettonykyarvo on positiivinen maalämpöpumpulla ja ilma-vesilämpöpumpulla. Nettonykyarvoltaan poistoilmalämpöpumppu olisi tappiollinen investointi uuteen kerrostaloon. Toisaalta nettonykyarvon kaavan 5. perusteella voidaan todeta, että mikäli poistolämpöpumpun investointikustannukset olisivat yli 3 700 euroa edullisemmat, olisi investointi kannattava.

Investointia voidaan pitää kannattavana, kun sisäinen korkokanta ylittää asetetun tuottovaatimuksen. Laskennassa käytetty tuottovaatimus on 3 %.

Maalämpöpumpulla ja ilma-vesilämpöpumpulla sisäinen korkokanta ylittää tuottovaatimuksen. Poistoilmalämpöpumpulla sisäinen korkokanta alittaa tuottovaatimuksen. Investoinnin keskimääräisessä tuotossa jokainen lämpöpumppu ylittää asetetun tuottovaatimuksen. Tarkasteluaajan ollessa pitkä viimeiset vuodet noustavat keskiarvoa hinta eron kehityksen seurauksena. Jokainen lämpöpumppu kuitenkin ylittää tuottovaatimuksen jo ensimmäisenä tarkasteluvuotena. Investoinnin pääoman tuoton ylittäessä tuottovaatimuksen, voidaan olettaa investoinnin nostavan kiinteistön arvoa.

Tarkastelun perusteella maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppu hybridiratkaisuna osoittautuu kannattavaksi investoinniksi uuteen kerrostaloon. Maalämpöpumpulle takaisinmaksuajaksi muodostuu 12 vuotta ja ilma-vesilämpöpumpulle 14 vuotta. Takaisinmaksuajat eivät toisaalta ole parhaita mahdollisia, mutta investoinnit osoittautuvat muilla tekijöillä kannattavaksi. Mikäli investointi olisi mahdollinen tehdä edullisemmin, lyhentäisi se myös investoinnin takaisinmaksuaikaa. Näistä kahdesta lämpöpumpusta maalämpöpumpulla on huomattavasti suurempi nettonykyarvo sekä suurempi sisäinen korkokanta, joka osoittaa sen olevan kannattavin ratkaisu. Kaukolämmön varateho hinnoittelu laskee lämpöpumppuhybridin kannattavuutta. Varatehon perusmaksu määräytyy täyden tehon perusteella, joka lisää kaukolämmön kustannuksien osuutta kokonaiskustannuksista. Teoreettisesti poistoilmalämpöpumppu on lähellä olla kannattava lämmitysratkaisu, mutta se ei välttämättä sovellu käytännössä uuteen kerrostaloon. Poistoilmalämpöpumpun soveltuvuudessa on kerrottu kappaleessa 3.5.2.

### 6.2.4 Kerrostalo, saneerauskohte



**Kuva 12.** Kokonaiskustannukset saneerattavassa kerrostalossa.

Kuvassa 12 esitetään lämmitysratkaisujen kokonaiskustannukset diskontattuna saneerattavasta kerrostalosta. Saneerauskohteessa lämpöpumppujen lämpökertoimet ovat matalammat. Kaavio osoittaa poistoilmalämpöpumpulle korolliseksi takaisinmaksuajaksi 13 vuotta. Maalämpöpumpun käyrä kohtaa kaukolämmön käyrän vasta tarkasteluajan lopussa muodostaen takaisinmaksuajaksi 25 vuotta. Ilma-vesilämpöpumppu ei alita kaukolämmön kustannuksia tarkasteluajalla. Taulukkoon 19. on koostettu kokonaiskustannusten nykyarvot.

**Taulukko 19.** Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa kerrostalossa.

Kustannukset, Nettonykyarvo	
Kaukolämpö	864 690 €
Maalämpöpumppu	869 489 €
Ilma-vesilämpöpumppu	896 041 €
Poistoilmalämpöpumppu	775 293 €

Kokonaiskustannuksilta poistoilmalämpöpumppu osoittautuu edullisimmaksi ratkaisuksi. Taulukko osoittaa myös, että maalämmön kustannukset eivät alita kaukolämmön kustannuksia tarkasteluajalta. Taulukossa 20. esitetään investoinnin nykyarvo, Taulukossa 21. investoinnin sisäinen korkokanta ja Taulukossa 22. investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto.

**Taulukko 20.** Investoinnin nettonykyarvo saneerattavassa kerrostalossa.

Investointi, Nettonykyarvo	
Maalämpöpumppu	-26 293 €
Ilma-vesilämpöpumppu	-52 764 €
Poistoilmalämpöpumppu	67 823 €

**Taulukko 21.** Investoinnin sisäinen korkokanta saneerattavassa kerrostalossa.

Sisäinen korkokanta IRR	
Maalämpöpumppu	1,7 %
Ilma-vesilämpöpumppu	-0,5 %
Poistoilmalämpöpumppu	7,3 %

**Taulukko 22.** Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto saneerattavassa kerrostalossa.

Pääoman tuotto ROI %	
Maalämpöpumppu	5,1 %
Ilma-vesilämpöpumppu	3,7 %
Poistoilmalämpöpumppu	9,6 %

Investoinnin nykyarvolla maalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu ovat tappiollisia. Poistoilmalämpöpumpulla investoinnin nykyarvo on vahvasti

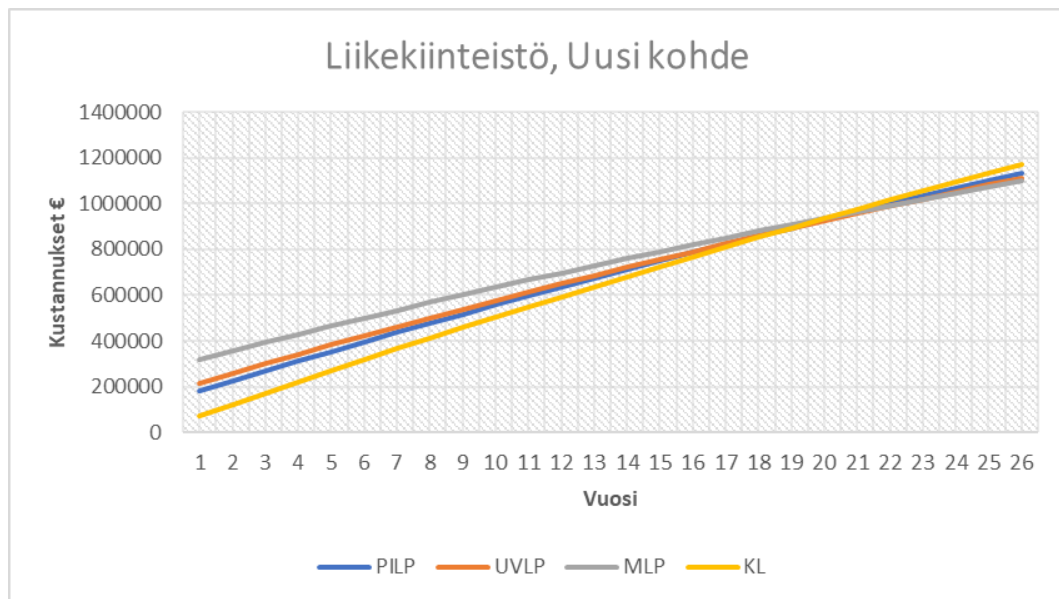
positiivinen. Ainoastaan poistoilmalämpöpumpun sisäinen korkokanta ylittää tuottovaatimuksen 3 %, maalämpöpumpun sekä ilma-vesilämpöpumpun sisäiset korkokannat alittavat sen, jolloin ne ovat kannattamattomia. Investoinnin keskimääräiset vuosittaiset tuotot ylittävät tuottovaatimuksen jokaisella ratkaisulla. Toisaalta ilma-vesilämpöpumpulla ensimmäiset tarkasteluvuodet alittavat tuottovaatimuksen.

Saneerattavaan kerrostaloon poistoilmalämpöpumppu osoittautuu kannattavaksi ratkaisuksi. Maalämpöpumppu sekä ilma-vesilämpöpumppu kaukolämpöhybridinä ei osoittaudu kannattavaksi saneerattavaan kerrostaloon tässä skenaariossa. Tällä hinta tasolla poistoilmalämpöpumppu saa takaisinmaksuajaksi 13 vuotta, mikäli kaukolämmön hinta kasvaisi nykyistä nopeammin, lyhenisi takaisinmaksuaika entisestään.

Tuloksia kannattaa tarkastella kuitenkin kriittisesti, sillä poistoilmalämpöpumppu sisältää lämmöntalteenoton, mitä muut vaihtoehdot eivät tässä laskennassa ota huomioon. Tämä antaa poistoilmalämpöpumpusta paremman kuvan mitä se käytännössä saattaisi olla, tulos kuvastaa enemmän sitä paljonko se tuo säästöä vanhaan pelkkää kaukolämpöä hyödyntävään ratkaisuun. Kuitenkin kaukolämpö, maalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu ovat keskenään vertailukelpoisia, sillä niin sanotusti sama virhe toistuu näiden kaikkien laskennassa. Käytännössä näihin lämmitysratkaisuihin tässä kohteessa lisättäisiin LTO-järjestelmä. Tämä kuitenkin lisäisi huomattavasti investointikustannuksia ja poistoilmalämpöpumppu olisi silti todennäköisesti kilpailukykyisin vaihtoehto.

### **6.2.5 Liikekiinteistö, uusi kohde**

Liikekiinteistö segmentti ei kuulu Energiateollisuus ry:n tyyppikiinteistöihin. Tarkastelu on teoreettinen kohteesta, jossa vuosittainen energiantarve on 1 000 MWh. Kohde voi olla liikekiinteistö tai teollisuusrakennus. Liiketoiminta kohteita laskennassa tarkastellaan arvonlisäverottomalla hinnalla. Kuvassa 13 esitetään lämmitysratkaisujen kokonaiskustannukset uuteen liikekiinteistöön.



**Kuva 13.** Kokonaiskustannukset uudessa liikekiinteistössä.

Kuvassa 13 esitetään kokonaiskustannukset nykyarvossa. Kaavio osoittaa, että kaukolämpö on kokonaiskustannuksiltaan kallein vaihtoehto uudessa liikekiinteistössä tarkasteluajalta. Lämpöpumpuista maalämpöpumppu on kaavion perusteella edullisin ratkaisu. Kaikkien lämpöpumppujen käyrät leikkaavat kaukolämmön käyrän suunnilleen samassa kohtaa, jolloin jokaiselle lämpöpumpulle takaisinmaksuajaksi muodostuu 19 vuotta. Taulukossa 23. esitetään kokonaiskustannusten nykyarvo.

**Taulukko 23.** Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa kerrostalossa.

Kustannukset, Nettonykyarvo	
Kaukolämpö	1 172 840 €
Maalämpöpumppu	1 098 505 €
Ilma-vesilämpöpumppu	1 110 778 €
Poistoilmalämpöpumppu	1 134 336 €

Kokonaiskustannuksilta kaukolämpö osoittautuu kalleimmaksi ratkaisuksi. Lämpöpumppujen kannattavuutta tarkastellaan lisäksi muilla menetelmillä. Taulukossa 24. esitetään investoinnin nettonykyarvo, Taulukossa 25. esitetään investoinnin sisäinen korkokanta ja Taulukossa 26. esitetään investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto.

**Taulukko 24.** Investoinnin nettonykyarvo uudessa liikekiinteistössä.

Investointi, Nettonykyarvo	
Maalämpöpumppu	1 840 €
Ilma-vesilämpöpumppu	-10 266 €
Poistoilmalämpöpumppu	-2 647 €

**Taulukko 25.** Investoinnin sisäinen korkokanta uudessa liikekiinteistössä.

Sisäinen korkokanta IRR	
Maalämpöpumppu	3,1 %
Ilma-vesilämpöpumppu	2,6 %
Poistoilmalämpöpumppu	1,4 %

**Taulukko 26.** Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto uudessa liikekiinteistössä.

Pääoman tuotto ROI %	
Maalämpöpumppu	6,0 %
Ilma-vesilämpöpumppu	5,7 %
Poistoilmalämpöpumppu	4,8 %

Investoinnin nykyarvolta pelkästään maalämpöpumppu jää positiiviseksi. Valituilla hinta tiedoilla ilma-vesilämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun nettonykyarvo

jää negatiiviseksi. Laskennan tuottovaatimuksena pidetään 3 %, ja sisäiseltä korkokannalta vain maalämpö ylittää asetetun tuottovaatimuksen. Investoinnin keskimääräiseltä tuotolta jokainen ratkaisu ylittää asetun tuottovaatimuksen.

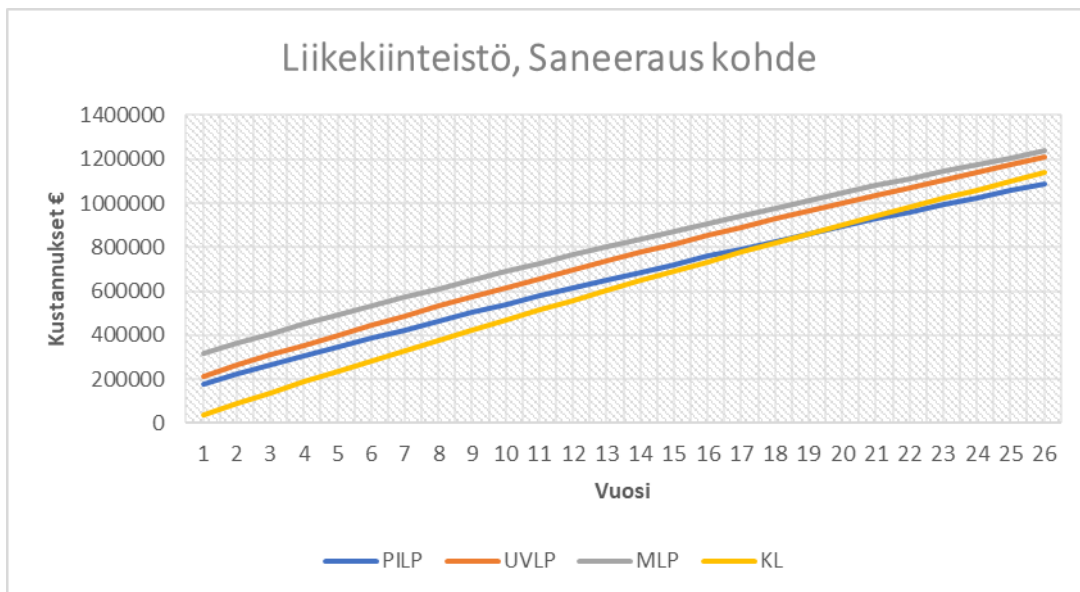
Investointien arviointi menetelmien perusteella ainoastaan maalämpö on kannattava investointi. Toisaalta 19 vuoden takaisinmaksuaika ei ole kovinkaan hyvä. Lämpöpumppu investointi kaukolämpöhybridinä ei osoittaudu juurikaan kannattavaksi. Kaukolämpö lisälämpönä on kallis käyttää sekä sen perusmaksu määrittyy täyden tehon perusteella. Tässä skenaariossa maalämpöhybridi ei tuota tarpeeksi säästöä, maksaakseen itseään takaisin nopeasti. Kaukolämpö pelkkänä lämmitystapana, lämpöenergian hinnan ollessa matala, on kuitenkin varsin kilpailukykyinen maalämpöpumppuakin vastaan.

Toisaalta tässä laskennassa on paljon muuttujia, jotka vaikuttavat lämpöpumppujen kannattavuuteen. Tarkkoja investoinnin kustannuksia on hankala arvioida liikekiinteistö kohteeseen. Investointikustannukset kuitenkin vaikuttavat takaisinmaksuajan määrittämiseen, investoinnin nettonykyarvoon, sisäiseen korkokantaan ja investoinnin tuottoon. Valituilla hintatiedoilla, mutta korkeammalla kaukolämmön hinnan kasvulla olisivat lämpöpumput kannattavampia investointeja.

### **6.2.6 Liikekiinteistö, saneerauskohde**

Uuteen kohteeseen verrattuna saneerauskohteessa lämpöpumpuilla on heikommat lämpökertoimet laskennassa. Laskennassa hinnat eivät sisällä arvonnlisäveroa. Kuvassa 14 esitetään kokonaiskustannukset saneerattavassa liikekiinteistössä.





**Kuva 14.** Kokonaiskustannukset saneerattavassa liikekiinteistössä.

Kuvasta 14 nähdään lämmitysratkaisujen kokonaiskustannukset diskontattuna. Kaaviosta nähdään, että ainoastaan poistoilmalämpöpumpun käyrä leikkaa kaukolämmön kustannukset. Poistoilmalämpöpumpulle määrittyy käyrän perusteella takaisinmaksuajaksi 19 vuotta. Maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumpun käyrät eivät kohtaa tarkasteluajalla kaukolämmön kustannuksia. Kaukolämpöenergia matalalla hinnalla osoittautuu kilpailukykyiseksi hybridi maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppua vastaan. Taulukossa 27. esitetään kokonaiskustannusten nykyarvo.

**Taulukko 27.** Kokonaiskustannusten nykyarvo saneerattavassa liikekiinteistössä.

Kustannukset, Nettonykyarvo	
Kaukolämpö	1 138 740 €
Maalämpöpumppu	1 237 495 €
Ilma-vesilämpöpumppu	1 208 505 €
Poistoilmalämpöpumppu	1 088 562 €

Kokonaiskustannuksilta edullisin ratkaisu on poistoilmalämpöpumppu. Kaukolämpö on kuitenkin edullisempi kuin maalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu. Kannattavuutta arvioidaan myös muilla perusteilla. Taulukossa 28. esitetään investoinnin nettonykyarvo, Taulukossa 29. esitetään investoinnin sisäinen korkokanta ja Taulukossa 30. esitetään investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto.

**Taulukko 28.** Investoinnin nettonykyarvo saneerattavassa liikekiinteistössä.

Investointi, Nettonykyarvo	
Maalämpöpumppu	-136 953 €
Ilma-vesilämpöpumppu	-107 855 €
Poistoilmalämpöpumppu	11 937 €

**Taulukko 29.** Investoinnin sisäinen korkokanta saneerattavassa liikekiinteistössä.

Sisäinen korkokanta IRR	
Maalämpöpumppu	-0,9 %
Ilma-vesilämpöpumppu	-1,6 %
Poistoilmalämpöpumppu	3,5 %

**Taulukko 30.** Investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto saneerattavassa liikekiinteistössä.

Pääoman tuotto ROI %	
Maalämpöpumppu	3,5 %
Ilma-vesilämpöpumppu	3,1 %
Poistoilmalämpöpumppu	6,4 %

Investoinnin netto nykyarvosta ainoastaan poistoilmalämpöpumppu on positiivinen, maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppu osoittautuu tappiolliseksi. Poistoilmalämpöpumpulla sisäinen korkokanta ylittää asetetun tuotto vaatimuksen 3 %. Maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumpulla sisäinen korkokanta alittaa tuotto vaatimuksen. Jokaisen lämpöpumpun investoinnin keskimääräinen vuosittainen tuotto ylittää tuotto vaatimuksen tarkasteluajalta. Maalämpöpumppu sekä ilma-vesilämpöpumppu kuitenkin alittavat tuotto vaatimuksen ensimmäisinä tarkasteluvuosina.

Tulosten perusteella poistoilmalämpöpumppu on kannattava investointi saneerattavaan liikekiinteistöön. Toisaalta 19 vuoden takaisinmaksuaika on suhteellisen pitkä. Tuloksiin tulee kuitenkin suhtautua kriittisesti, sillä tulokset antavat poistoilmalämpöpumpulle todellisuutta paremman kuvan. Samaa ongelmaa on käsitelty saneerattavassa kerrostalossa kappaleessa 6.2.4. Muut vaihtoehdot eivät ota huomioon lämmöntalteenottoa, jota poistoilmalämpöpumppu tekee. Täten poistoilmalämpöpumpun tulos kuvaa enemmänkin kannattavuutta vanhaan kaukolämpö ratkaisuun. Tulokset ovat myös hyvin teoreettisia, sillä poistoilmalämpöpumppu tarvitsee tiettyjä edellytyksiä toimiakseen optimaalisesti. Tätä on käsitelty kappaleessa 3.5.2.

Kaukolämmön, maalämpöpumpun sekä ilma-vesilämpöpumpun tulosten ollessa keskenään täysin vertailukelpoisia, on kaukolämpö hybridiratkaisuja edullisempi. Kaukolämpöenergian hinnan ollessa matala, ei lämpöpumppuhybridi ratkaisu tuota riittävästi säästöä ollakseen kannattava. Vanhassa kohteessa ongelmana on patterilämmitys, joka heikentää lämpöpumpun lämpökerrointa. Hybridiratkaisun kannattavuutta heikentää kaukolämmön varatehon hinnoittelumalli. Vaikka käytetyn kaukolämmön osuus on pieni, ovat sen kustannukset suuret suhteessa käytettyyn lämpöenergiaan. Netto nykyarvon kaavan (5) perusteella, kun nykyarvo on tulosten verran tappiollinen, tarvitsisi investointi kustannusten olla huomattavasti pienemmät, jotta edes investoinnin nykyarvo olisi nolla.

## **7 HAASTATTELUT**

### **7.1 Tiedonkeruu**

Työhön liittyen toteutettiin pienimuotoinen haastattelu, jossa selvitettiin haastateltavien mielteitä lämmitysratkaisuista ja niiden kilpailukyvyistä. Haastattelukysymykset painottuivat kaukolämpöön, maalämpöön ja yleisesti lämmitysmuotojen kilpailukykyyn. Haastattelukysymykset ovat esitetty Liitteessä 1. Ensimmäiset kolme kysymystä haastelussa riippuu siitä, mikä lämmitysratkaisu vastaajalla on käytössä. Haastateltavista kolmella on käytössä maalämpöpumppujärjestelmä, ja loppuilla kaukolämpö. Haastateltavat ovat isännöitsijöitä, kiinteistönomistajia sekä urakoitsijoita. Haastateltavat käsitellään anonyymeinä. Yhteensä vastauksia saatiin 10 kappaletta.

Tiedonkeruumenetelmäksi valikoitui puhelinhaastattelu. Sen etuna on tiedonkeruun nopeus, helppo toteutus, korkeat vastausosuudet ja kysymysten ymmärtämisen tarkastusmahdollisuus. Koska opinnäytetyö ei painotu haastatteluun, puhelinhaastattelu soveltuu parhaiten tiedonkeruumenetelmäksi, sillä otantaa on vähän ja halutaan saada tuloksia nopeasti. /55/

### **7.2 Haastattelun tulokset**

Maalämpöpumpun omistajista kahdella vastaajalla oli tarve uusia vanha oleva lämmitysjärjestelmä ja yhdellä vastaajalla kyseessä oli uudiskohde. Vastaajista kaksi päätyi maalämpöön sen edullisempien käyttökustannuksien vuoksi. Yksi vastaajista perusteli valintaa myös maalämmön ekologisuudella. Yksi vastaajista taas päätyi maalämpöön myös sen takia, sillä kaukolämpöverkkoa ei ollut riittävän lähellä. Kaksi vastaajaa nosti myös maalämmön eduksi sen, että sillä voidaan myös jäähdyttää.

Jokaisella maalämmön omistajalla vaihtoehtona lämmitysratkaisuksi oli kaukolämpö. Kahdella vastaajalla maalämpöpumppujärjestelmä on mitoitettu täystehoiseksi. Yhdellä vastaajalla maalämpöpumppu on täystehoinen tai lähes täystehoinen, kuitenkin vanha järjestelmä säilytettiin varalle.

Kaukolämpöä käyttävistä, kolme vastaajaa perusteli valintaa kaukolämmön helppoudella. Kaksi vastaajaa perusteli sillä, että kaukolämpö on ollut kohteissa jo valmiina. Kaikista kaukolämmön käyttäjistä kolme vastaajaa kertoi, että heidän on ollut periaatteessa pakko liittyä kaukolämpöön. Kaikista seitsemästä vastaajasta kaksi perusteli valintaa myös kaukolämmön edullisuudella.

Seitsemästä kaukolämmön käyttäjästä kolme vastaajaa ei ollut harkinnut siirtymistä vaihtoehtoihin lämmitysratkaisuihin. Loput neljä vastaajaa kertoi harkinneensa lämpöpumppuratkaisuja, joista kolme kertoi todenneensa sen kannattamattomaksi. Yksi näistä neljästä vastaajasta kertoi, että tilannetta tarkastellaan aina tapauskohtaisesti. Kaikista seitsemästä vastaajasta viisi totesi, että maalämpö olisi todennäköisin vaihtoehtoinen lämmitysratkaisu. Näistä viidestä vastaajasta yksi vastaajasta nosti esiin lämmöntalteenotto-järjestelmät sekä kaksi vastaajaa hybridi ilma-vesi- ja poistoilmalämpöpumput. Yksi vastaajista kertoi, että olivat tarkastelleet maalämpöä, mutta olivat tulleet tulokseen, että lämpökaivot eivät mahdu tiheästi asuttuun taajamaan. Kaksi vastaajaa, jotka eivät vastanneet maalämpöä vaihtoehtoiseksi lämmitysjärjestelmäksi, kertoivat tarkastelleen energiansäästö keinoja.

Kaikista kymmenestä vastaajasta kuusi vastaajaa vastasi, että ympäristöasiat vaikuttavat lämmitysmuodon kilpailukykyyn. Kustannukset saivat viisi vastausta, sekä kaukolämmön ja sähkön hinta ero sai neljä vastausta. Kaksi vastaajaa nosti esiin myös investoinnin takaisinmaksuajan. Lisäksi kaksi vastaajaa kertoi lämmitysmuodon vaivattomuuden vaikuttavan sen kilpailukykyyn.

Päätöksen teossa kuitenkin ympäristöasiat eivät merkitse niin paljoa kuin kilpailukyvyssä, sillä vain kolme vastaajaa kertoi ympäristöasioiden vaikuttavan päätöksentekoon. Näistä yksi vastaaja totesi, että ympäristöasioilla voidaan parantaa kiinteistön ja yrityksen brändiä. Eniten päätöksen tekoon vaikuttaa kustannukset, jonka nosti esiin kuusi vastaajaa. Neljä vastaajaa kertoi, että lämmitysmuotojen energian hinnalla on vaikutusta päätöksen tekoon. Lisäksi takaisinmaksuaika sai myös neljä vastausta. Kaksi vastaajaa perusteli myös lämmitysmuodon vaivattomuuden vaikuttavan päätöksentekoon.

Kaikista kymmenestä vastaajasta viisi oli tyytyväisiä kaukolämpöalaaan yleisesti. Kaksi vastaajaa koki, että kaukolämmön hinnoittelu on kallista. Loput kolme vastaajaa eivät olleet tyytyväisiä kaukolämmön määräävään monopoli asemaan. Viimeisessä kysymyksessä kysyttiin, miten kaukolämpöalaa voisi kehittää. Kuusi vastaajaa kertoi, että kaukolämpöalan tulisi panostaa ekologisuuteen. Ekologisuuden panostamisella pääasiassa tarkoitettiin toiminnan kehittämistä ympäristöystävällisemmäksi sekä fossiilista polttoaineista luopumista. Lisäksi vastattiin joukko yksittäisiä ehdotuksia. Yksi vastaaja totesi, että kommunikaatio on yksi puolista ja kaukolämpöyhtiöiden tulisi enemmän kommunikoida asiakkaan kanssa hinnoittelun tarkistamisesta. Yksi vastaajista toivoisi, että alalla olisi enemmän kilpailua, jos monopoliasema purettaisiin. Yksi vastaajaa taas koki, että nykyistä hintaa tulisi laskea. Lisäksi ilmeni, että kaukojäähdytykselle löytyi kiinnostusta.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tutkia kaukolämmön hinnan kilpailukykyä lämpöpumppuhybridi- järjestelmiä vastaan. Kannattavuutta tarkasteltiin yhdessä tilanteessa, jossa lähtöhintataso säilyi samana jokaisessa kohteessa. Tilannetta tarkasteltiin siten, että kaukolämmön hinta kasvoi 0,5 % nopeammin kuin sähkön hinta. Laskentaan valituilla hinnoilla sekä hinnan kasvu erolla, osoittautuu kaukolämmön edullinen hinta erittäin kilpailukykyiseksi rivitalokohteissa. Lämpöpumput eivät osoittautuneet rivitaloissa kannattavaksi hybridijärjestelmänä. Hybridin kannattavuutta heikentää kaukolämmön varateho hinnoittelu, joka lisää käyttökustannuksia merkittävästi jokaisessa kohteessa.

Laskennassa ilmeni, että lämpöpumppuhybridit ovat käytännössä kannattavampia kerrostalokohteissa. Uuteen kerrostaloon maalämpöpumpulle muodostui takaisinmaksuajaksi 12 vuotta. Kun otetaan huomioon, että investointikustannus on arvio, eli järjestelmä voi kustantaa hieman vähemmänkin, jolloin takaisinmaksu pääsee lähelle kymmentä vuotta. Joka tapauksessa investoinnin takaisinmaksuaika on tässä tilanteessa lyhyempi mitä investoinnin pitoaika. Lisäksi maalämpö parantaa kohteen tuottoa, joka nostaa kiinteistön arvoa ja se myös parantaa kohteen brändiä. Toisaalta kerrostalokohteeseen maalämpö tarvitsee useamman lämpökaivon, jolloin järjestelmä ei välttämättä mahdu tiheään asuttuun taajamaan. Laskennassa ei otettu kuitenkaan huomioon sulakekoon muuttumista, joka kasvattaisi sähkön siirron kustannuksia heikentäen hieman investoinnin kannattavuutta.

Myös ilma-vesilämpöpumpulle muodostui uudessa kerrostalossa varsin suotuisa 14 vuoden takaisinmaksuaika, joka myös alittaa investoinnin pitoajan. Ilma-vesilämpöpumpun kohdalla tulee kuitenkin ottaa huomioon, että sen lämpökerroin laskee pakkasilla, jolloin kaukolämmön tarve lisääntyy. Täten todellisia kustannuksia on hankala ennustaa lämpötilavaihteluista johtuen. Poistoilmalämpöpumpulle myös määrytyi 14 vuoden takaisinmaksuaika uuteen kerrostaloon, mutta todellisesti se ei ole mahdollinen ratkaisu uuteen kerrostaloon, sillä uusissa kerrostaloissa on joko huoneistokohtainen ilmanvaihto, jolloin

poistoilmalämpöpumppu tarvittaisiin jokaiseen huoneistoon. Jos taas uudessa kerrostalossa on koneellinen ilmanvaihto, vaaditaan siihen jo valmiiksi lämmöntalteenottojärjestelmä.

Saneerattavaan kerrostaloon pelkästään poistoilmalämpöpumppu osoittautui kannattavaksi investoinniksi. Tälle takaisinmaksuajaksi määräytyi 13 vuotta. Tuloksessa tulee ottaa huomioon, että tulos kuvastaa poistoilmalämpöpumpun tuottamaa säästöä vanhaan kaukolämpöjärjestelmään, johon ei tehdä energian säästöllisiä toimenpiteitä. Vanhaan kerrostaloon on myös mahdollista asentaa LTO-järjestelmä, millä vähentää kaukolämmön kulutusta. Poistoilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten 60–80-lukujen kerrostaloihin, joissa on vähintään kolme kerrosta sekä poistoilmaa ei ote kohteessa ennestään talteen. Saneerattavassa kerrostalossa maalämpö osoittautui kannattamattomaksi hybridimallina, ja sama tulos ilmeni myös haastatteluissa.

Valituilla tiedoilla, uudessa liikekiinteistössä jokaisella lämpöpumpulla takaisinmaksuajaksi määräytyi noin 19 vuotta. Vaikka investointikustannukset olisivat hieman pienemmät, jää takaisinmaksuaika yli 15 vuoteen. Hybridijärjestelmänä lämpöpumput eivät osoittaudu kovinkaan kannattaviksi investoinneiksi. Haastatteluista kävi kuitenkin ilmi, että teollisuuskohteissa maalämmöllä voidaan jäähdyttää prosesseja, joka tuo omanlaista etua järjestelmän valintaan. Kannattavuuteen vaikuttaa myös kohteen sijainti kaukolämpöverkosta, sillä mikäli kohde sijaitsee kaukana kaukolämpöverkosta kasvaa kaukolämmön investointi kustannukset merkittävästi.

Saneerattavassa liikekiinteistössä tulosten perusteella poistoilmalämpöpumppu on ainut kannattavuuden kriteerit saavuttava lämpöpumppu. Toisaalta se ylittää vaatimukset vain vähällä ja takaisinmaksuaika on varsin pitkä 19 vuotta. Lisäksi poistoilmalämpöpumpun soveltuvuutta on tarkasteltava tapauskohtaisesti.

Haastattelun tulosten perusteella voidaan todeta, että ympäristöasiat ovat merkittävä tekijä lämpömuodon kilpailukyvyille. Kuitenkaan päätöksentekoon se ei vielä vaikuta niin merkittävästi. Moni haastateltava oli tarkastellut lämpöpumppuvaihtoehtoja, mutta todennut niiden olevan kannattamattomia. Täten



voidaan päätellä, että kaukolämmön hinta on vielä erittäin kilpailukykyinen. Haastateltavat kokivat eniten kehittävänä kohteena kaukolämpöalasta sen ympäristöasiat. Moni vastaaja toivoisi fossiilista polttoaineista luopumista energian tuotanto menetelmänä. Kaukolämpöala on kuitenkin hyödyntämässä koko ajan kasvavissa määrissä uusiutuvan energian käyttöä energian tuotossa. Toisaalta siirtyminen uusiutuviin energian tuottomenetelmiin vaatii investointeja, joka saattaa korottaa kaukolämmön hintaa yleisesti. Joka tapauksessa ympäristöarvot ovat jatkuvasti kasvava trendi, ja kaukolämpöalan tulee ottaa tämä huomioon liiketoiminnassaan.

Tällä hetkellä edullinen kaukolämmön energian hinta on hyvin kilpailukykyinen hybridilämpöpumppuja vastaan. Lämpöpumppuhybridit ovat tulosten perusteella kannattavimpia uusissa kerrostaloissa. Ympäristöarvojen merkityksen kasvaessa on kaukolämpöalan mukautettava liiketoimintamalliaan ympäristöystävällisemmäksi parantaakseen brändiään säilyäkseen relevanttina lämmitysvaihtoehtona myös tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön aiheesta löytyy paljon jatkotutkimusmahdollisuuksia. Tässä työssä tutkittiin kilpailukykyä pelkästään yhdessä skenaariossa, jossa hintaeron kehitys säilyi samana. Aihetta olisi voinut tutkia suuremmalla hintaeron kasvulla sekä erilaisella tuottovaatimuksella. Työssä tutkittiin lämpöpumppuratkaisuja hybridimalleina, jossa kaukolämmöllä tuotettiin tarvittava varateho. Jatkotutkimuksen kannalta löytyy paljon tutkittavaa, miten kaukolämpö pärjää maalämpöpumppuja vastaan, jotka ovat joko täystehoisia tai pumpun tarvitsema lisäteho tuotetaan sähkövastuksilla. Lisäksi pystyisi tutkimaan toisenlaisen lämpöpumppuhybridin kannattavuutta, jossa maalämpöpumpun lisänä käytetään poistoilmalämpöpumppua. Lisäksi laskentaan voisi ottaa huomioon LTO-järjestelmät.

## LÄHTEET

- /1/ SCOP vai COP? Ota tehojen vertailun keskeiset termit haltuun. 2019. Gebwell. Viitattu 13.1.2021. <https://gebwell.fi/ajankohtaista/scop-vai-cop-ota-tehojen-vertailun-keskeiset-termit-haltuun/>
- /2/ Energian säästö ja lämpökertoimet. RefGroup. Viitattu 13.1.2021. <http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energian-saasto>
- /3/ Maalämpöpumput. Techeat Oy. Viitattu 14.1.2021 <https://www.techeat.fi/maalampo/maalampopumput/>
- /4/ Perälä, O., Perälä R., 2013. Lämpöpumput. 3.painos. Helsinki. Alfamer.
- /5/ Lämpöä omasta maasta. Motiva. 2012. Viitattu 15.1.2021. [https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa\\_omasta\\_maasta\\_Maalampopumput.pdf](https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf)
- /6/ Ilma-vesilämpöpumppu. Motiva. 2020. Viitattu 15.1.2021 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu)
- /7/ Poistoilmalämpöpumppu. Motiva. 2020. Viitattu 18.1.2021 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu)
- /8/ Poistoilmalämpöpumppu. Techeat Oy. Viitattu 18.1.2021 <https://www.techeat.fi/lampopumput/poisto-ilma-lampopumppu/>
- /9/ Kaukolämmön myytit murtuvat. 2020. Lahti energia Oy. Viitattu 19.1.2021 <https://www.rakentajanabc.com/kaukolammon-myytit-murtuvat/>
- /10/ Lämpöä kotiin keskitetysti. Motiva. 2012. Viitattu 20.1.2021 [https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa\\_kotiin\\_keskitetysti\\_Kaukolampo.pdf](https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa_kotiin_keskitetysti_Kaukolampo.pdf)
- /11/ Kaukolämpö. Motiva. 2019. Viitattu 20.1.2021 [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo)
- /12/ Hallituksen ilmastopoliittika: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. 2019. Ympäristöministeriö. Viitattu 21.1.2021. <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>
- /13/ Biovoimaloiden uranuurtaja, sähkön ja lämmön yhteistuottaja. 2017. Vaskiluodon voima. Viitattu 21.1.2021. [https://www.vv.fi/wp-content/uploads/sites/8/2017/02/Vaskiluodon\\_Voima\\_yleisesite\\_FINAL.pdf](https://www.vv.fi/wp-content/uploads/sites/8/2017/02/Vaskiluodon_Voima_yleisesite_FINAL.pdf)
- /14/ Polttoaineet, turve. 2021. Energiamaailma, Energiateollisuus ry. Viitattu 21.1.2021. <https://energiamaailma.fi/mista-virtaa/turve/>

- /15/ Kiertotalous. Westenergy. Viitattu 21.1.2021  
<https://westenergy.fi/energiahyodyntaminen/kiertotalous/>
- /16/ Kaukolämmön hinnat taloyhtiöille ja yrityksille. 2021. Fortum. Viitattu 22.1.2021. <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/kaukolammon-hinnat-taloyhtioille-ja-yrityksille>
- /17/ Mistä hinta muodostuu. Helen Oy. Viitattu 22.1.2021. <https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/hinnat/mista-hinta-muodostuu>
- /18/ Kaukolämmön hinta. 2019. Motiva. Viitattu 22.1.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon\\_hinta](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon_hinta)
- /19/ Porin runkoverkko, kaukolämmön hinnasto. 2020. Pori energia Oy. Viitattu 22.1.2021. [https://www.porienergia.fi/globalassets/kaukolampojaahdytys/kaukolampo/kaukolampo-esitteet/vuosi2020\\_pori-energia\\_kaukolampohinnasto\\_pori-runkoverkko.pdf](https://www.porienergia.fi/globalassets/kaukolampojaahdytys/kaukolampo/kaukolampo-esitteet/vuosi2020_pori-energia_kaukolampohinnasto_pori-runkoverkko.pdf)
- /20/ Energiavuosi 2019 Kaukolämpö. 2020. Energiateollisuus ry. Viitattu 25.1.2021. [https://energia.fi/files/4402/Energiavuosi2019\\_Kaukolampo\\_MEDIAKUVAT\\_2020120.pdf](https://energia.fi/files/4402/Energiavuosi2019_Kaukolampo_MEDIAKUVAT_2020120.pdf)
- /21/ Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamisesta. 2020. Finlex. Viitattu 26.1.2021. <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2020/20200167#idp447345328>
- /22/ Eduskunnan vastaus hallituksen esitykseen laeiksi energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamisesta. 2020. Valtioneuvosto. Viitattu 26.1.2021. <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f806fa2f7>
- /23/ Koistinen, A. 2019. Saastuttaminen on nyt kalliimpaa kuin kertaakaan 11 vuoteen – hiilivoima ajautui pulaan Keski-Euroopassa, kiitos kuuluu päästökaupalle. Yle. Viitattu 27.1.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-10886059>
- /24/ Karismo, A. 2021. Tästä tulee ilmastovuosi EU:ssa, jaossa satoja miljardeja euroja – Saastuttamisen hinta nousee, teollisuuden päästöt pienenevät. Yle. Viitattu 27.1.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11742983>
- /25/ Hybridilämmityksellä lisälämpöä. Loimua Oy. Viitattu 28.1.2021. <https://www.loimua.fi/hybridi/>
- /26/ Kerrostalojen poistoilmalämpöpumput. Motiva. HögforsGST. Viitattu 28.1.2021. [https://www.motiva.fi/files/16943/7\\_HogforsGST.pdf](https://www.motiva.fi/files/16943/7_HogforsGST.pdf)

- /27/ Andersson, J., Ekström, C., Gabrielsson, A. 2001. Kannattavuussuunnittelu ja – laskenta. 4.painos. Helsinki. Tietosanoma.
- /28/ Pellinen, J. 2006. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. 2.painos. Helsinki. Talentum.
- /29/ Kontu, K., Vimpari, J. 2020. Kaukolämmön kilpailukyky kiinteistökohtaisten energiaratkaisujen kanssa – kiinteistön omistajan näkökulma. Energiateollisuus ry. Viitattu 30.1.2021.  
[https://energia.fi/files/4583/KL\\_kilpailukyky\\_kiinteistokohtaisten\\_energiaratkaisujen\\_kanssa.pdf](https://energia.fi/files/4583/KL_kilpailukyky_kiinteistokohtaisten_energiaratkaisujen_kanssa.pdf)
- /30/ Fernando, J. 2021. Internal Rate of Return (IRR). Viitattu 30.1.2021.  
<https://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>
- /31/ Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrostaloissa (PILP). Kiinteistöliitto. Viitattu 8.2.2021.  
<https://www.kiinteistoliitto.fi/media/2342/pilp-ohje.pdf>
- /32/ Maalämmön hinta. Tom Allen Senera. Viitattu 8.2.2021.  
<https://www.tomallensenera.fi/maalampo/maalampo-hinta>
- /33/ Maalämpö taloyhtiöön: mitä tulee tietää. Urakkamaailma.fi. Viitattu 8.2.2021.  
<https://www.urakkamaailma.fi/maalampo-taloyhtioissa>
- /34/ Maalämpökerrostaloon. Tom Allen Senera. Viitattu 8.2.2021.  
<https://www.tomallensenera.fi/maalampo/maalampo-kerrostaloon>
- /35/ Maalämmön huolto. Lämpöpartio Oy. Viitattu 8.2.2021.  
<https://lampopartio.fi/huolto/maalampopumpun-huolto/>
- /36/ Ilma-vesilämpöpumpun hinta ja kustannukset. Tom Allen Senera. Viitattu 9.2.2021  
<https://www.tomallensenera.fi/ilma-vesilampopumpun-hinta>
- /37/ Ilma-vesilämpöpumput suuriin kiinteistöihin. Scanoffice Oy. Viitattu 10.2.2021.  
<https://www.scanoffice.fi/tuoteryhma/ilma-vesilampopumput-kiinteistoihin/>
- /38/ Ilma-vesilämpö huolto. Lämpöpartio Oy. Viitattu 10.2.2021.  
<https://lampopartio.fi/huolto/ilma-vesilampopumpun-huolto/>
- /39/ Tutkittua säästöä ilma-vesilämpöpumpulla. Energiatehokas koti, Motiva Oy. Viitattu 10.2.2021.  
[https://www.energiatehokaskoti.fi/files/384/Tutkittua\\_saastoa\\_ilma-vesilampopumpulla.pdf](https://www.energiatehokaskoti.fi/files/384/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf)
- /40/ Kaukolämpöverkot. Energiateollisuus ry. Viitattu 15.2.2021.  
<https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>

- /41/ Rämä, M., Klobut, K. 2020. Hukkalämpö kaukolämpöjärjestelmissä. VTT. Viitattu 9.3.2021.  
[https://energia.fi/files/4831/Hukkalampo\\_kaukolampojarjestelmissa -  
\\_maarittely\\_ ja\\_luokittelu\\_VTT\\_2020.pdf](https://energia.fi/files/4831/Hukkalampo_kaukolampojarjestelmissa_-_maarittely_ ja_luokittelu_VTT_2020.pdf)
- /42/ Jokela, E. 2014. Lämpöpumppujärjestelmien vaikutus energiayhtiön liiketoimintaan. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 9.3.2021.  
[https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/22560/Jokela.pdf?sequence=3&is  
Allowed=y](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/22560/Jokela.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- /43/ Uljas, I. 2006. Lattialämmitysjärjestelmä ja sen soveltuvuus tuotantokäyttöön. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.3.2021.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9741/TMP.objres.577.pdf?sequenc  
e=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9741/TMP.objres.577.pdf?sequence=2)
- /44/ Kolme tärkeää tekijää, jotka vaikuttavat lämpöpumpun valintaan. Thermia Finland Oy. Viitattu 9.3.2021. [https://www.thermia.fi/hyodyllista-tietoa/osta-  
lampopumppu/lampopumppu-kolme-tekijaa/](https://www.thermia.fi/hyodyllista-tietoa/osta-lampopumppu/lampopumppu-kolme-tekijaa/)
- /45/ Kaukolämmön hintatilasto – tyyppitalot. 2011. Energiateollisuus ry. Viitattu 18.2.2021  
[https://energia.fi/files/1196/Kaukolammon\\_hintatilasto\\_tyyppitalomaarittelyt.pdf](https://energia.fi/files/1196/Kaukolammon_hintatilasto_tyyppitalomaarittelyt.pdf)
- /46/ 1048/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 2017. Ympäristöministeriö. Viitattu 5.3.2021.  
<https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171048.pdf>
- /47/ Ilmanvaihto. 2018. Motiva. Viitattu 15.3.2021.  
[https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/rakentajan\\_ohjeet/hyva\\_tal  
o/ilmanvaihto](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/rakentajan_ohjeet/hyva_tal_o/ilmanvaihto)
- /48/ Huoneistokohtainen ilmanvaihto kannattaa. 2019. Omataloyhtiö. Viitattu 15.3.2021  
[https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/15785/huoneistokohtainen\\_ilmanvaihto\\_kan  
nattaa.htm](https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/15785/huoneistokohtainen_ilmanvaihto_kannattaa.htm)
- /49/ Kaukolämmön hintatilasto. 2021. Energiateollisuus ry. Viitattu 15.3.2021.  
[https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon\\_hintatilasto.html#ma  
terial-view](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view)
- /50/ Fortum lisälämpö. 2021. Fortum. Viitattu 15.3.2021.  
[https://www.fortum.fi/yrityksille- ja- yhteisoille/lammitys- ja-  
jaahdytys/kaukolampo/kaukolammon-tuotteet- ja- palvelut-taloyhtiöille- ja-  
yrityksille/fortum-lisalampo](https://www.fortum.fi/yrityksille- ja- yhteisoille/lammitys- ja- jaahdytys/kaukolampo/kaukolammon-tuotteet- ja- palvelut-taloyhtiöille- ja- yrityksille/fortum-lisalampo)
- /51/ Väisänen, M. 2018. Tehojouaston potentiaali hajautetulla tuotannolla kaukolämpöverkossa. Diplomityö. Oulun yliopisto. Viitattu 17.3.2021.  
<http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201810032858.pdf>

/52/ Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus Laskentatyökalu – ohje työkalun käyttöön. 2018. Motiva Oy. Viitattu 17.3.2021.

[https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen\\_taloudellinen\\_kannattavuus\\_laskurin\\_ohje\\_2018.pdf](https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen_taloudellinen_kannattavuus_laskurin_ohje_2018.pdf)

/53/ Marttila, A. Investoinnin kannattavuus ja takaisinmaksu. Ostolaskujen käsittelyjärjestelmän investointi. 2011. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.3.2021.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32608/Marttila\\_Aino-Kaisa.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32608/Marttila_Aino-Kaisa.pdf?sequence=1)

/54/ Tevä-Helminen, V. Investointilaskenta ja päätöksenteko. 2013. Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.3.2021. <https://docplayer.fi/495691-Metropolia-ammattikorkeakoulu-investointilaskenta-ja-paatöksenteko-opetusmoniste.html>

/55/ Tiedonkeruumenetelmän valinta. Tilastokeskus. Viitattu 29.3.2021. [https://www.stat.fi/tup/htpalvelut/haastutk\\_toiminta\\_tiedonkeruu.html](https://www.stat.fi/tup/htpalvelut/haastutk_toiminta_tiedonkeruu.html)

## **LIITTEET**

### **LIITE 1. Haastattelukysymykset.**

#### **Haastattelukysymykset:**

##### **Maalämpö:**

1. Mitkä tekijät saivat teidät valitsemaan maalämpöratkaisun?
2. Oliko teillä muita lämmitysratkaisuja vaihtoehtona?
3. Miten toteutate huippu/varalämmön tuoton (Miten maalämpöjärjestelmä mitoitettu)?

##### **Kaukolämpö:**

1. Miksi olette valinneet kaukolämmön lämmitysratkaisuksi?
2. Oletteko harkinnut siirtymistä vaihtoehtoihin lämmitysratkaisuihin?
3. Mitä vaihtoehtoiset lämmitysratkaisut voisi olla?

##### **Kaikille haastettaville:**

4. Mitkä tekijät teidän mielestänne vaikuttaa lämmitysmuodon kilpailukykyyn?
5. Mitkä tekijät vaikuttavat eniten päätöksentekoon?
6. Millaisena toimijana näette kaukolämpöalan?
7. Mitä kehitettävää kaukolämpöalan toiminnassa olisi teidän mielestänne?