



# Eri lämmitysratkaisujen käytettävyys pientaloissa

Miika Jukkola

Opinnäytetyö, AMK

Syyskuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka

**Jukkola, Miika**

## **Eri lämmitysratkaisujen käytettävyys pientaloissa**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Syyskuu 2021, 57 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä

### **Tiivistelmä**

Eri ihmisillä on erilaisia tarpeita ja näkemyksiä lämmityslaitteen käytettävyyden suhteen ja tämän seurauksena uuden lämmitysmuodon valinta voi olla hankalaa. Lämmitysratkaisujen käytettävyyttä ei oteta juuri huomioon, sillä laitteiden käytettävyyttä ei ole ennen tutkittu. Käytettävyyden tutkimisella saadaan helpotettua sekä lämmityslaitteiden suunnittelijoiden ja myyjien työtä että uutta lämmitysratkaisua etsivän pientalon omistajan elämää.

Työn tavoitteena oli selvittää lämmitysmuotojen käytettävyyteen vaikuttavat asiat ja sen pohjalta tehdä määrittelypohja, jonka avulla saadaan laskettua lämmitysmuodon käytettävyyden luokka. Koska eri ihmisillä on eriäviä mielipiteitä käytettävyyden suhteen, työn toisena tavoitteena oli kehittää kyselypohja, jolla pystytään selvittämään uutta lämmitysmuotoa etsivän henkilön tarpeet. Kolmantena tavoitteena oli suorittaa kysely olemassa olevan rakennuksen omistajalle ja sen avulla selvittää uusi lämmitysratkaisu kyseiselle rakennukselle.

Opinnäytetyössä käytetty aineisto kerättiin useista eri lähteistä. Suurin osa lämmitysmuotojen teknisistä tiedoista selvitettiin yksittäisten laitteiden esitteistä sekä käyttö- ja asennusohjeista. Kyselypohjaisen haastattelun vastaukset syötettiin Excel-laskentapohjaan, jonka avulla voitiin laskea yksilöidyt käytettävyyden luokat eri lämmitysmuodoille.

Työn tuloksena saatiin pientalon yleisimpien lämmitysmuotojen käytettävyyden luokittelu sekä määrittelypohja, jolla käytettävyyden luokka voidaan laskea. Kyselypohja saatiin myös tehtyä ja kysely annettiin rakennuksen omistajalle. Käytettävyyden luokituksen ja vastausten perusteella saatiin selvitettyä yksilöidyt käytettävyyden luokat ja tulosten perusteella annettiin muutama ehdotus rakennuksen uudeksi lämmitysratkaisuksi.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että käytettävyyden vaikuttavat asiat vaihtelevat paljon eri lämmitysmuotojen välillä. Työn tavoitteet saavutettiin ja saatuja tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi lämmityslaitteiden tuotesuunnittelussa.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Käytettävyys, lämmitysjärjestelmät, energiatehokkuus, huolto, käyttökustannukset, tilantarve

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

**Jukkola, Miika**

### **Usability of different heating solutions in small housing**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2021, 57 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Different people have different needs and views regarding the usability of heating devices, and because of this, picking a new heating solution can be difficult. Usability of heating solutions isn't really taken into consideration because the usability of heating devices hasn't been researched before. Researching the usability of heating solutions will simplify both the work of designers and sellers of heating equipment and make the life of homeowners somewhat easier.

The objective of the thesis was to find out what different aspects affect the usability of heating solutions, and with the results, create a calculation model where the usability class of a heating solution can be calculated. Because different people have different needs regarding the usability of heating solutions, the second objective was to create a survey, where the needs of the homeowner can be found out. The third objective was to give the survey to a homeowner, who wants to get a new heating solution, and with the results, give a few suggestions for the new heating solution.

The material used in the thesis was collected from a variety of sources. Most of the technical information on the heating solutions were obtained from the brochures of individual devices, as well as from instructions for operation and installation. Responses from the survey interview were fed into an Excel calculation model, which allowed to calculate the individualized usability classes for different forms of heating.

As a result of the work, the usability classifications of the most common forms of heating used in small housing was obtained, as well as the calculation model by which the usability class can be calculated. The survey was also made and was given to the homeowner. With the usability classifications, and the results from the survey, the individualized usability classes were calculated. Based on the results a few suggestions regarding the new heating solution were given to the homeowner.

In conclusion, the different aspects that affect the usability of heating solutions vary greatly between different forms of heating. The objectives of the thesis were achieved, and the results can be used, for example, in product design of heating devices.

### **Keywords/tags (subjects)**

Usability, heating systems, energy efficiency, service, operating costs, space requirements

### **Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
1.1 Lämmityslaitteiden käytettävyys .....	4
1.2 Tavoitteet .....	5
1.3 Rajaus .....	5
1.4 Tutkimusasetelma ja -aineisto .....	6
<b>2 Pientalojen lämmitysmenetelmät</b> .....	<b>7</b>
2.1 Kaukolämpö.....	7
2.2 Pellettilämmitys.....	9
2.3 Lämpöpumput.....	12
2.3.1 Maalämpö.....	13
2.3.2 Ilmalämpö .....	14
2.3.3 Ulkoilma-vesilämpö .....	15
2.4 Sähkölämmitys .....	16
2.5 Aurinkoenergia.....	18
<b>3 Käytettävyys lämmitysmenetelmissä</b> .....	<b>19</b>
3.1 Energiatehokkuus.....	20
3.2 Huolto.....	21
3.3 Käyttökustannukset .....	22
3.4 Investointikustannukset.....	24
3.5 Tilantarve.....	24
3.6 Helppokäyttöisyys .....	25
<b>4 Määrittelypohja ja käytettävyysluokan laskenta</b> .....	<b>26</b>
<b>5 Lämmitysmuotojen käytettävyysluokittelu</b> .....	<b>27</b>
5.1 Kaukolämpö.....	27
5.2 Pellettilämmitys.....	29
5.3 Lämpöpumput.....	31
5.3.1 Maalämpö.....	31
5.3.2 Ilmalämpö .....	33
5.3.3 Ulkoilma-vesilämpö .....	35
5.4 Sähkölämmitys .....	36
5.5 Aurinkoenergia.....	38

<b>6 Käytettävyyssluokituksen tulokset .....</b>	<b>39</b>
<b>7 Omistajan haastattelu .....</b>	<b>45</b>
7.1 Haastattelupohja.....	46
7.2 Haastattelun tulokset.....	47
<b>8 Lämmitysratkaisun valinta kohteeseen .....</b>	<b>48</b>
<b>9 Pohdinta.....</b>	<b>49</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>51</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>56</b>
Liite 1. Määrittelypohja .....	56
Liite 2. Haastattelupohja .....	57

## **Kuviot**

Kuvio 1. Kaukolämpölaitteiston rakenne .....	8
Kuvio 2. Pellettikattilan rakenne (Ariterm - Pellettilämmitys 2015, 14).....	10
Kuvio 3. Pellettipolttimen rakenne (Ariterm - Pellettilämmitys 2015, 9).....	11
Kuvio 4. Lämpöpumpun rakenne .....	12
Kuvio 5. Maalämpöpumpun rakenne .....	14
Kuvio 6. Split- laitteiston rakenne (Perälä & Perälä 2013, 75).....	16
Kuvio 7. Jäspi Ecowatti sähkökattila (Jäspi sähkökattilat 2020, 4) .....	17
Kuvio 8. Aurinkolämpöjärjestelmän rakenne (Aurinkolämpöjärjestelmät 2020) .....	19
Kuvio 9. Tutkittavat käsitteet lämmitysmenetelmien käytettävyydessä .....	20
Kuvio 10. Energiatehokkuuksien arvot .....	40
Kuvio 11. Huoltovälien arvot.....	41
Kuvio 12. Huollon vaativuuden arvot.....	42
Kuvio 13. Käyttökustannukset tai säästöt.....	43
Kuvio 14. Investointikustannukset.....	43
Kuvio 15. Tilantarve.....	44
Kuvio 16. Helppokäyttöisyys .....	45

## **Taulukot**

Taulukko 1. Energiatehokkuuden määritelmä.....	21
Taulukko 2. Huoltovälin määritelmä.....	21
Taulukko 3. Huollon vaativuuden määritelmä.....	22
Taulukko 4. Käyttökustannusten määritelmä.....	23

Taulukko 5. Vuosisäästöjen määritelmä .....	23
Taulukko 6. Investointikustannusten määritelmä .....	24
Taulukko 7. Tilantarpeen määritelmä .....	25
Taulukko 8. Helppokäyttöisyyden määritelmä .....	26
Taulukko 9. Käytettävyyssuorituksen tulokset .....	40
Taulukko 10. Haastattelupohja .....	46
Taulukko 11. Haastattelun tulokset .....	47
Taulukko 12. Yksilöidyn käytettävyyssuorituksen tulokset.....	48

## Johdanto

### 1.1 Lämmityslaitteiden käytettävyys

Lämmitysratkaisua valittaessa tulisi ottaa järjestelmän tehon, ekologisuuden ja kustannusten lisäksi huomioon myös järjestelmän helppokäyttöisyys. Jos esimerkiksi rakennuksessa asuu henkilöitä, jotka eivät ole teknologisesti päteviä, voi pellettilämmitys olla liian haastava käytettäväksi. Lämmitysratkaisujen käytettävyyttä ei olekaan juuri tutkittu, minkä seurauksena uutta lämmitysratkaisua valittaessa käytettävyyteen ei välttämättä kiinnitetä huomiota.

Lämmitysratkaisun käytettävyyteen vaikuttavat useat eri asiat. Tiheät huoltovälit aiheuttavat laitteen omistajalle päänvaivaa, heikko energiatehokkuus lisää järjestelmän käyttökustannuksia ja järjestelmän suuri tilantarve vie rakennuksesta käyttökelpoista elintilaa. Näiden asioiden lisäksi laitteiston käyttöliittymällä on suuri vaikutus käytettävyyteen. Jos jokin laite ilmoittaa jostain viasta vaikeasti ymmärrettävän vikakoodin avulla, on laitteen omistajan turvaututtava vikaa selvittäessä vähintään käyttöohjeisiin tai jopa asentajan apuun.

Eri pientalojen omistajilla on eri näkemyksiä ja tarpeita lämmityslaitteiden käytettävyyden suhteen. Joku henkilö voi vaatia, että lämmityslaitteen on oltava mahdollisimman helppohoitoinen, kun taas toista henkilöä ei välttämättä haittaa, että laitteistoa on joskus myös huollettava. Tästä syystä tämän opinnäytetyön tavoitteena oli lämmityslaitteistojen käytettävyyden määrittelyn lisäksi kehittää kyselypohja, jonka avulla omistajan tarpeet pyrittiin selvittämään.

Tämän opinnäytetyön tausta perustui olemassa olevaan kohteeseen, jonka lämmitys oli toteutettu pellettikattilalla. Kyseinen lämmitysjärjestelmä oli yli 15 vuotta vanha, joten rakennukseen alettiin miettiä uutta lämmitysratkaisua. Pellettilämmityksen haasteena kyseisessä kohteessa oli muun muassa kattilan jatkuva huollon tarve. Rakennuksen pellettikattilaa piti nuohota vähintään kuukausittain, jotta laitteiston lämmönsiirtokyky ei heikkenisi. Nuohous myös edistää laitteen toimintaa etenkin talvikuukausina.

## 1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää lämmitysmuodon käytettävyyteen vaikuttavat asiat ja sen perusteella määritellä jokaiselle pientalon lämmitysmuodolle käytettävyyden luokka. Käytettävyyden luokan tavoitteena on helpottaa sekä lämmityslaitteiden suunnittelijoiden ja myyjien työtä, että uutta lämmityslaitetta etsivän pientalon omistajan arkea.

Työn toisena tavoitteena oli kartoittaa olemassa olevan rakennuksen omistajan tarpeet lämmityslaitteiston käytettävyydestä. Näiden tarpeiden sekä käytettävyyden luokituksen perusteella pyrittiin tekemään laskentapohja, jonka avulla selvitettiin rakennukselle sopivin lämmitysmuoto.

Työn lopputuloksena pyrittiin saamaan kaksi eri käytettävyyden luokkaa jokaiselle lämmitysmuodolle. Ensimmäinen käytettävyyden luokka oli yleinen luokitus, jossa omistajan tarpeita ei otettu huomioon. Toinen käytettävyyden luokka oli taas yksilöity luokka, jossa luokitus lasketaan haastattelussa saatu- jen kertomien avulla. Tämä toinen luokitus pätee siis vain yhteen kiinteistöön.

Opinnäytetyössä pyrittiin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin: ”Mitä pientalon omistaja haluaa lämmitysjärjestelmältä?”, ”Miten eri lämmitysmuodot vertautuvat käytettävyyden suhteen?”, ”Kuinka käyttökustannukset vaikuttavat käytettävyyteen?” ja ”Kuinka omistajan toiveet muuttavat käytettävyyden luokkaa?”.

## 1.3 Rajaus

Tässä työssä ei käsitelty öljylämmitystä, sillä uusia öljylämmityslaitteita ei juuri enää asenneta öljyn hinnan kasvun ja vaihtelun takia. Öljylämmityksestä pyritään pääsemään eroon pientalojen lämmityksessä myös päästöjen takia. Jos öljylämmitysjärjestelmän vaihtaa uusiutuvaan energia- muotoon, voi pientalon omistaja hakea avustuksia eri lähteistä kyseistä investointia varten. (Öljylämmitys 2021; Öljylämmityksestä uusiutuvaan energiaan 2021.)

Opinnäytetyössä ei myöskään käsitelty maakaasulämmitystä, sillä maakaasun saatavuus on hyvin pientä koko suomeen verrattuna. Lämmityskattilan pitää olla kytkettynä maakaasuverkkoon, jota on rakennettu vain muutamille paikkakunnille. Maakaasulämmitystä kuitenkin pidetään hyvänä vaihtoehtona, mikäli kiinteistö on verkoston läheisyydessä. (Maakaasu 2016.)

Kun käytettävyyssuokittelua oltiin tekemässä, laitteiston vikaherkkyttä ei otettu huomioon. Vikaherkkyden selvittäminen jokaisesta lämmitysmuodosta olisi vaatinut liian paljon työtä, jonka seurauksena vikaherkkyys jätettiin pois tarkastelusta.

Kun yksilöityjä käytettävyyssuokituksia tehtiin kohteena olevaan rakennukseen, kaukolämpöä ei voitu ottaa huomioon, sillä sitä ei ollut kyseiseen rakennukseen saatavilla. Lisäksi rakennukseen oltiin etsimässä vain päälämmitysmuotoa, joten selvityksessä ei myöskään huomioitu aurinkokeräimiä ja ilmalämpöpumppua.

#### **1.4 Tutkimusasetelma ja -aineisto**

Tämä opinnäytetyö oli kehittämistutkimus, jossa hyödynnettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusotetta. Työssä suoritettava strukturoitu haastattelu oli kvalitatiivista tutkimusta, sillä kysely tehtiin vain rakennuksen omistajalle. Kvantitatiivista tutkimusta taas käytettiin lämmitysmuotojen teknisten tietojen selvittämisessä ja luokittelussa. (Kananen 2015, 24–25)

Tutkimusaineisto kerättiin yleisten Motivan julkaisujen sekä yksittäisten laitteistojen esitteiden, käyttöohjeiden ja asennusohjeiden avulla. Yksittäisten laitteiden tietoja selvitettäessä on otettava huomioon, että laitteistojen myyjät ovat voineet hieman vääristellä laitteen tietoja myynnin parantamiseksi. Opinnäytetyössä käytetty aineisto oli kerätty suurimmalta osaltaan laitevalmistajilta, joten tulokset eivät ole täydellä varmuudella luotettavia. Tästä syystä yhtä lämmityslaitetta tutkitessa tarkasteltiin usean eri valmistajan laitetta, jotta tulosten luotettavuus paranisi.

Opinnäytetyössä myös hyödynnettiin KH-kortistosta saatavia tietoja. Lämmitysjärjestelmien tiedot pyrittiin saamaan mahdollisimman monesta lähteestä, jotta tiedon oikeellisuus pystyttiin varmistamaan. Kerätty aineisto syötettiin opinnäytetyössä tehtyyn määrittelypohjaan tiedon analysointia varten.

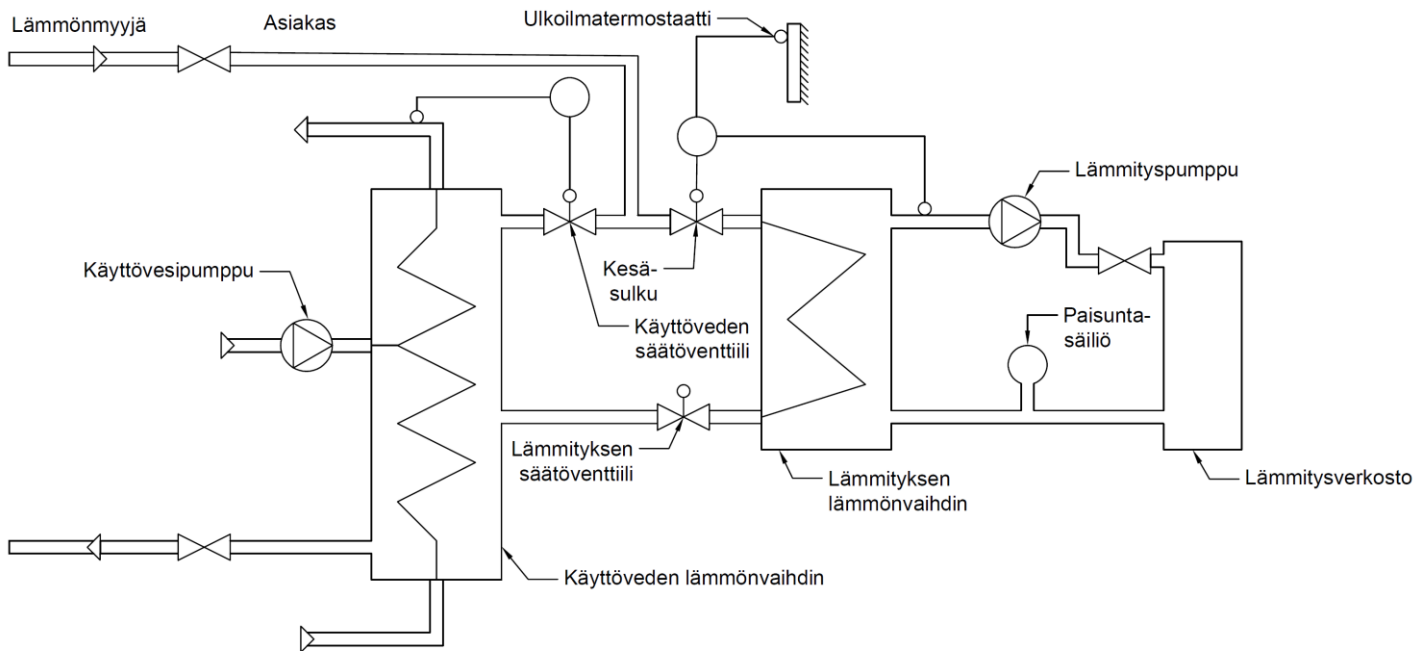
## 2 Pientalojen lämmitysmenetelmät

### 2.1 Kaukolämpö

Vaikka kaukolämmitys on erittäin energiatehokas lämmitysmenetelmä, suuri osa kaukolämmityksessä tuotetusta energiasta saadaan vielä uusiutumattomilla polttoaineilla. Kaukolämmityksessä käytetty energia tuotetaan sähköä ja lämpöä tuottavalla lämpövoimalaitoksella tai pelkkää lämpöä tuottavalla lämpölaitoksella. Lämpövoimalaitoksella tuotettu lämpö on sähköntuotannossa syntyvää hukkaenergiaa, joten menetelmä on hyvin energiatehokas. (Kaukolämpö 2019.) Vuonna 2020 54 % tuotetusta kaukolämmöstä tehtiin uusiutuvilla energialähteillä ja hukkalämmöllä, 40 % tuotettiin maakaasulla, turpeella, kivihiilellä ja öljyllä, ja loput 6 % tuotettiin muilla energialähteillä (Energiavuosi 2020 - Kaukolämpö 2021).

Kaukolämpö siirretään talon lämmönjakokeskukseen kaukolämpöverkkoa pitkin. Verkosto muodostuu kahdesta putkesta, jossa toisessa kuuma vesi kulkeutuu asiakkaalle ja toisessa jäähtynyt vesi palautuu asiakkaalta lämpölaitokselle. Verkosto on haudattu noin metrin syvyyteen, ja verkoston putket ovat eristetty, jotta lämpö ei vuoda maaperään. (Lämpöä kotiin verkosta 2017.)

Kuviossa 1 on esitelty lämmönjakokeskuksen tärkeimmät komponentit. Talon lämmönjakokeskus koostuu kahdesta lämmönvaihtimesta, joista toinen on tarkoitettu lämpimälle käyttövedelle, ja toinen taas rakennuksen sisätilojen lämmitystä varten. Järjestelmään tarvitaan myös kiertovesipumput, venttiilit, mittarit ja ohjauslaitteet. Järjestelmän tilantarve on hyvin pieni, sillä järjestelmässä ei ole lämminvesivaraajaa.



Kuvio 1. Kaukolämpölaitteiston rakenne

Lämmönmyyjä ja asiakas on erotettu kaukolämpölaitteiston sulkuventtiilien avulla. Lämmönmyyjä on vastuussa kaikista vikaantumisista, mitkä tapahtuvat ennen näitä sulkuventtiileitä. Asiakas on taas vastuussa sulkuventtiilien jälkeen olevan lämmitysjärjestelmän huollosta ja kunnossapidosta. Yllä olevan laitteiston lisäksi lämmönmyyjä asentaa järjestelmään virtausmittarin, sekä lämpöanturit meno- ja paluuputkille jäähdytymän mittaamiseksi. Näillä mittauksilla lämmönmyyjä saa selvitettyä rakennuksen kuluttaman energian.

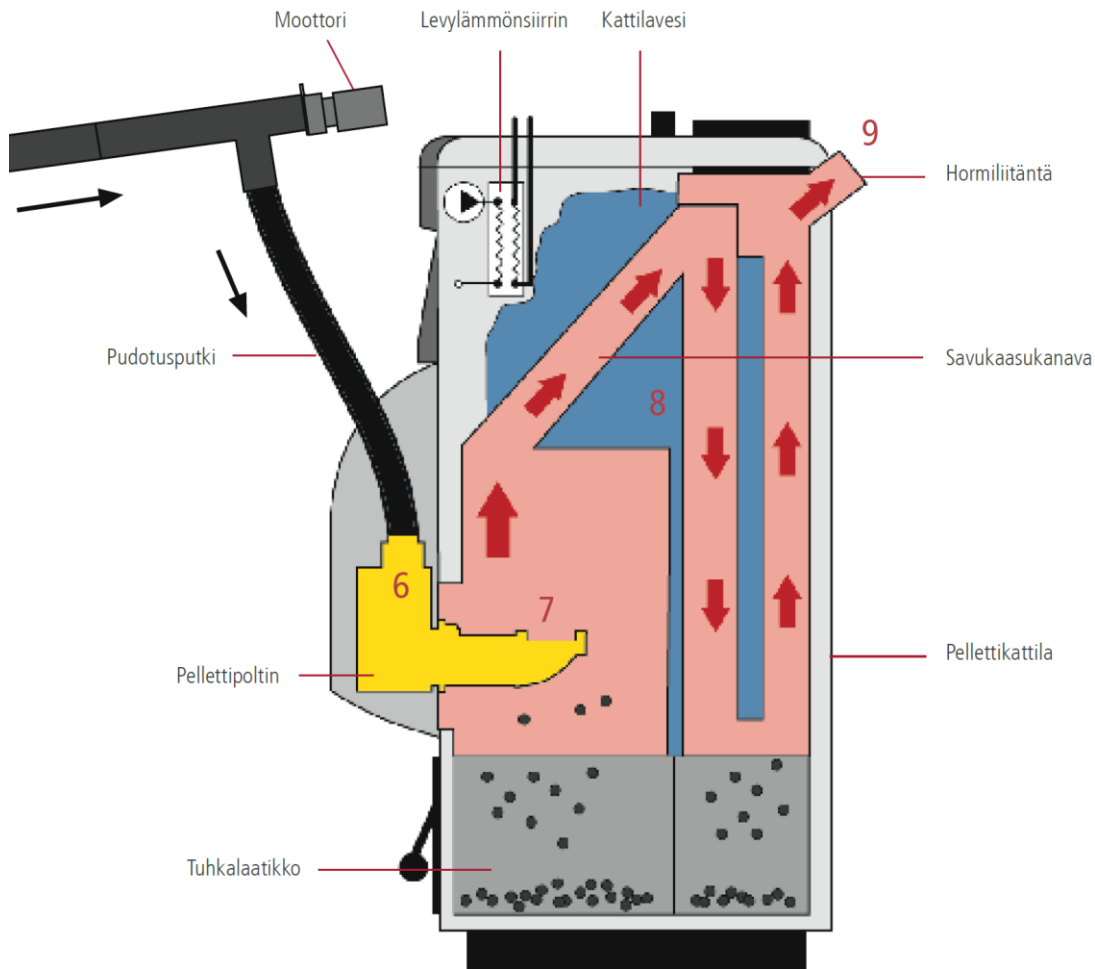
Kaukolämmön hinta vaihtelee alueittain, ja hinta koostuu tehomaksusta ja energiamaksusta. Tehomaksun suuruus vaihtelee liittymän koon mukaan, ja energiamaksu taas vaihtelee kulutuksen mukaan. Kaukolämpöverkkoon liityttäessä pitää maksaa liittymismaksu, jonka suuruuteen vaikuttaa muun muassa etäisyys lämpölaitokselta. (Kaukolämmön hinta 2019.)

## 2.2 Pellettilämmitys

Pellettilämmityksessä saatu energia saadaan pellettikattilassa poltetuista pelleteistä. Pelletit ovat valmistettu puunjalostuksessa sivutuotteena tulleesta sahajauhosta, joka puristetaan tiiviiksi pieniksi sylinterimäisiksi pelleteiksi. Pellettien ympäristökuormitus on pieni, sillä pelletit ovat valmistettu uusiutuvasta ja kotimaisesta puusta. (Pellettilämmitys 2016.)

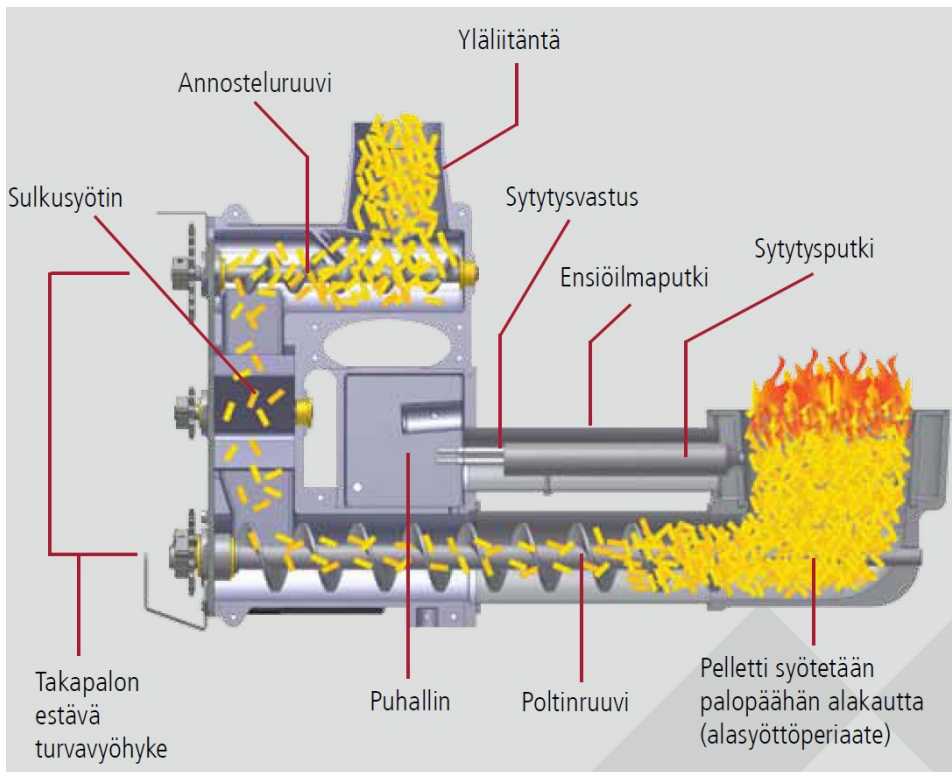
Pellettijärjestelmä koostuu pääpiirteittäin pellettikattilasta, polttimesta, kuljettimesta ja pellettisiilosta. Pellettisiilo tehdään pellettikattilan läheisyyteen, ja sen koko on omakotitalossa noin 8 kuutiometriä. Pellettisiilo voidaan täyttää säiliöautolla, mikäli siiloon mahtuu vähintään 4 tonnia pellettiä. Pellettiä voi ostaa myös 500 kg:n ja 20 kg:n säkeissä. (Mt.)

Kuviossa 2 esitellään pellettikattilan rakenne. Pellettipolttimessa poltetun pelletin savukaasu kulkeutuu savukaasukanavien kautta konvektioputkiin, ja sieltä talon savuhormiin. Konvektioputket lämmittävät kattilavettä ja kattilavesi on osa talon vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Kattilan sisällä on lämmönvaihdin ja kiertovesipumppu käyttöveden lämmitystä varten. Kattilassa on yksi tai useampi sähkövastus kattilaveden lämmitystä varten, mikäli pelletin polttamisessa on jotain ongelmia. Pellettikattilan lisäksi lämmitysjärjestelmään kuuluu yksi tai useampi kiertovesipumppu rakennuksen lämmitystä varten, säätö-, huolto- ja varoventtiilit sekä paisuntasäiliö.



Kuvio 2. Pellettikattilan rakenne (Ariterm - Pellettilämmitys 2015, 14)

Kuviossa 3 on esitelty yksinkertaistettu pellettipolttimen rakenne. Poltin koostuu yläliitännästä, pelletin tasovahtianturista, annosteluruuvista, sulkusyöttimestä, puhaltimesta, liekkivahdistusta, sähkösyöttimestä, sähkömoottorista, poltinruuvista ja polttokupista. Pelletti kulkeutuu yläliitännän kautta annosteluruuville, joka kuljettaa pelletin sulkusyöttimelle. Sulkusyötin annostelee pellettiä ja vähentää takapalon riskiä. Sulkusyöttimen jälkeen pelletti menee poltinruuviin, ja sitä kautta polttokuppiin, jossa pelletti poltetaan. Pelletin palamista ylläpidetään puhaltimen avulla.



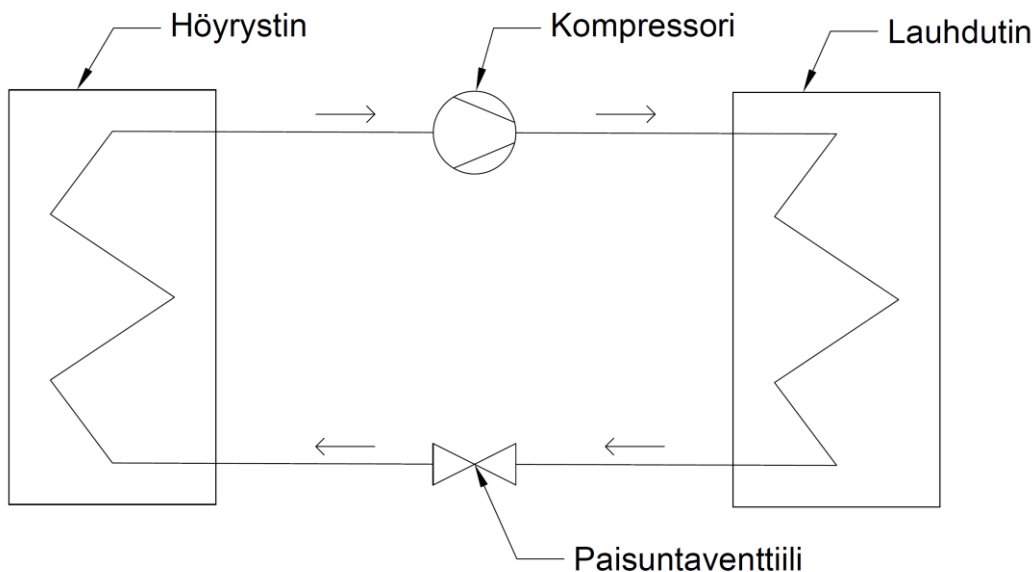
Kuvio 3. Pellettipolttimen rakenne (Ariterm - Pellettilämmitys 2015, 9)

Mikäli pellettikattilassa ei ole automaattista nuohousta, on kattila nuohottava 1–2 kuukauden välein (Pellettilämmitys 2016). Nuohousväli voi lyhentyä kylmien vuodenaikojen aikana suuren pelletinkulutuksen seurauksena. Pellettikattilan nuohouksessa savukanavat ja konvektioputket puhdistetaan tuhkasta, ja polttimen polttokuppi puhdistetaan tuhkasta ja sintraantuneesta tuhkasta. Näiden asioiden lisäksi polttimen anturit (liekkivahti ja tasovahti) on hyvä puhdistaa tuhkasta tai purusta, ja tuhkasäiliö on tyhjennettävä. (Asennus- ja käyttöohje Biomatic+ 20 ja 30 2008, 18–19.)

Jos kattilassa on automaattinen nuohousjärjestelmä, kattilan konvektio- ja savukaasukanavia ei tarvitse nuohota. (Ariterm - Pellettilämmitys 2015, 4) Polttimen polttokuppi ja anturit on syytä kuitenkin tarkistaa likaantumisen takia, ja tuhkasäiliön täyttyessä se pitää myös tyhjentää. Tavalliseen kattilaan verrattuna automaattisella nuohouksella varustetulla pellettikattilalla pääsee siis hieman helpommalla, mutta täysin vaivaton se ei kuitenkaan ole.

## 2.3 Lämpöpumput

Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmlaitetekniikkaan, jossa rakennuksen tarvitsema lämpöenergia saadaan maasta, ilmasta tai vedestä. Kuviossa 4 esitellään lämpöpumpun rakenne, johon kuuluu kompressori, paisuntaventtiili, höyrystin ja lauhdutin. Lauhdutin on lämpöpumpun lämmin puoli, ja höyrystin taas kylmä puoli. (Perälä & Perälä 2013, 27–29)



Kuvio 4. Lämpöpumpun rakenne

Lämpöpumpun tehokkuus ilmoitetaan lämpökertoimella (COP- kerroin). COP-kerroin kertoo, kuinka paljon lämpöpumppu saa tuotettua lämpöenergiaa lämpöpumpun käyttämän sähköenergiiaan verrattuna. (Mts. 30.) Jos esimerkiksi lämpöpumpun lämpökerroin on 4, ja pumppuun syötetään 1 kW:n teho, niin lämpöpumppu voi teoreettisesti lämmitellä rakennusta 4 kW:n teholla. Tämä ylimääräinen 3 kW:n lämmitysteho on siis saatu esimerkiksi maaperästä tai ilmasta.

Lämpöpumpun tehokkuus voidaan myös ilmoittaa vuosilämpökertoimena eli SCOP- kertoimena. SCOP- kerroin lasketaan jokaiselle vuoden lämmityskaudelle, sekä jokaiselle ilmastovyöhykkeelle. Ilmastovyöhykkeitä on kolme; Etelä-Euroopan ilmastovyöhyke, jonka laskenta perustuu Ateenan ilmastoon, Keski-Euroopan vyöhyke, joka perustuu Strasbourgin ilmastoon ja Pohjois-Euroopan vyöhyke, joka taas perustuu Helsingin ilmasto-olosuhteisiin. (Energian säästö ja lämpökertoimet, n.d.)

### 2.3.1 Maalämpö

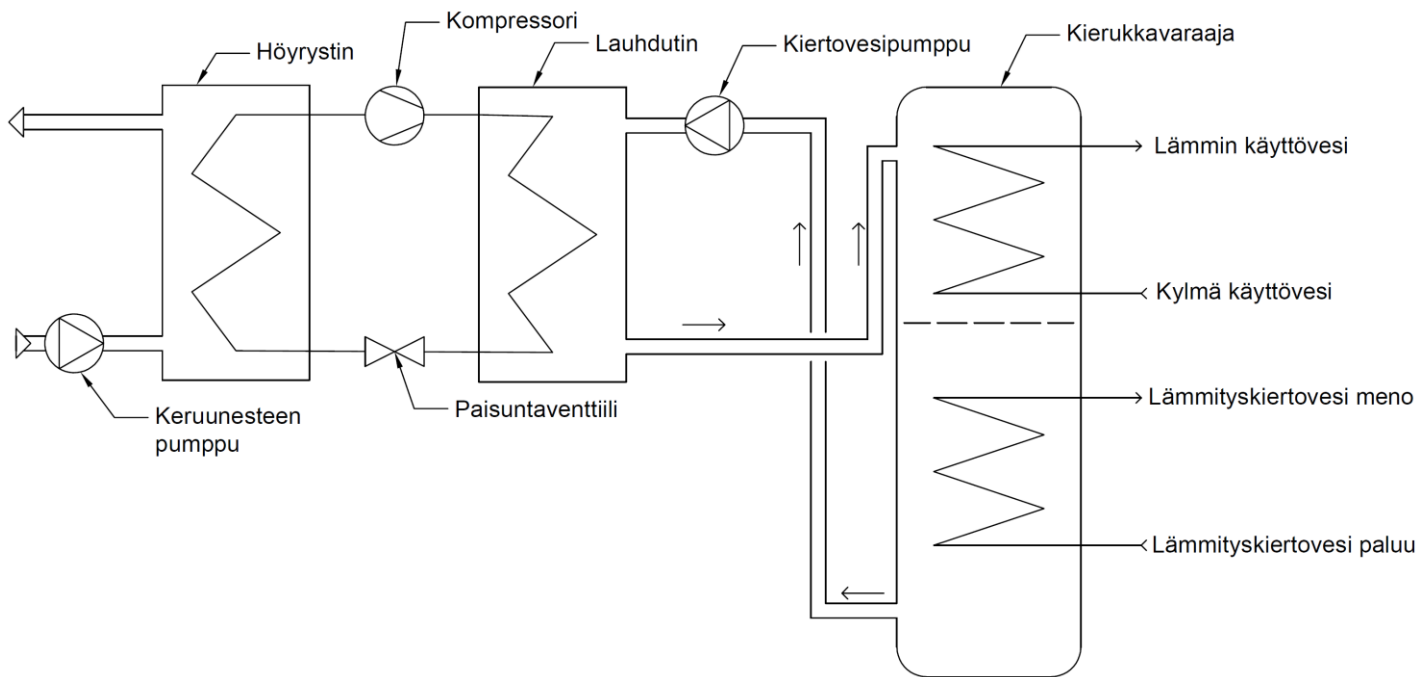
Maalämmöstä tuleva lämmitysenergia voidaan saada kolmella eri toteutustavalla, joista jokaiseen tutustutaan seuraavissa kappaleissa. Ensimmäinen vaihtoehto on maahan sijoitettava keruuputkisto, joka upotetaan noin metrin syvyyteen rakennuksen pihamaalle. Putkisto vie noin 600–800 m<sup>2</sup> tilaa rakennuksen tontilta, minkä takia keruuputkiston tekemistä suositellaan uudiskohteisiin, sillä uudiskohteissa suoritetaan myös muita kaivuutöitä. Maalämpöjärjestelmän lämmönkeruuputkistossa kierrätetään vesialkoholiseosta lämmön keräämiseksi, ja kierrätetty seos syötetään lämpöpumpulle. Keruuputkisto on porakaivoa huokeampi vaihtoehto, mutta keruuputkiston huonona puolena on sen runsas tilantarve. (Perälä & Perälä 2013, 59–65.)

Toisena lämmönlähteen vaihtoehtona on vesistöön sijoitettava keruuputkisto, joka voidaan toteuttaa, mikäli rakennus sijaitsee vesistön lähetyvillä. Putkisto ankkuroidaan painojen avulla vesistön pohjalle, jotta putket eivät nousisi pintaan ja rikkoutuisi jäiden takia. Vesistöön sijoitettavan putkiston rakennus maksaa suurin piirtein saman verran kuin maahan haudattava keruuputkisto. (Mts. 59.)

Kolmantena vaihtoehtona on porakaivo, joka puolestaan soveltuu paremmin pieniin tontteihin ja saneerauskohteisiin, sillä porakaivo vie vain huoltokaivon vaatiman pinta-alan verran tilaa rakennuksen pihamaalta. Porakaivon syvyys normaalikokoisessa omakotitalossa on enintään noin 200 metriä, sillä tästä syvemmillä kaivoilla lämmönkeruunesteen pumppaus vaatisi liikaa energiaa. (Mts. 62–67.)

Maalämpöjärjestelmän vuosilämpökerroin vaihtelee 2,5–3,5 välillä. Vuosilämpökertoimeen vaikuttaa mm. rakennuksen koko, tilojen lämmitystapa ja lämpimän käyttöveden kulutus. Tällä hetkellä maalämpöpumppujen lämpökerroin on muihin lämpöpumppujärjestelmiin verrattuna suurin. (Maalämpöpumppu 2020.)

Kuviossa 5 esitellään maalämpölaitteiston rakenne. Maalämpöpumpussa on kompressori, paisuntaventtiili, höyrystin, lauhdutin sekä lämmönvaihtimet höyrystimelle ja lauhduttimelle. Höyrystimen lämmönvaihtimessa kierrätetään keruunestettä kiertovesipumpun avulla. Lauhduttimen lämmönvaihtimessa taas kierrätetään kiertovettä. Kiertovesi menee lämmitysjärjestelmän varaajaan, jossa lämmin käyttövesi, sekä rakennuksen tilojen lämmitysvesi lämmitetään.



Kuvio 5. Maalämpöpumpun rakenne

### 2.3.2 Ilmalämpö

Ilmalämpöpumpusta (ILP) saatava lämmitysenergia saadaan ulkoilmasta. Ilmalämpöpumppu koostuu ulko- ja sisäyksiköstä, jotka ovat yhdistetty kylmäaineletkuilla. Ilmalämpöpumppu soveltuukin lähes mihin tahansa kiinteistöön, mutta on huomioitava, että ilmalämpöpumppu toimii päälämmitysmuodon rinnalla. Ensinnäkin lämpimän käyttöveden lämmitys on järjestettävä esimerkiksi sähkökäyttöisellä lämminvesivaraajalla, ja tilojen lämmitystä varten pitää olla jokin toinen lämmitysmuoto. (Perälä & Perälä 2013, 49.)

Ilmalämpöpumppu on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen muihin lämpöpumppuihin perustuviin lämmitysmuotoihin verrattuna. Lämpöpumppulaitteiston lisäksi ilmalämpöpumpussa on vain puhaltimet sisä- ja ulkoyksikössä ilman kierrätystä varten. Sisäyksikössä on yleensä myös ilman-suodattimet sisäilman parantamista varten. (Mts. 50–53.)

Kuumina kesäpäivinä ilmalämpöpumppua voidaan myös käyttää tilojen jäähdytykseen, jolloin laitteen sisäyksikkö toimii höyrystimenä ja ulkoyksikkö lauhduttimena. Jäähdytyksessä on otettava huomioon sisäyksikössä syntyvä kondenssivesi. Kondenssivesi voidaan ohjata esimerkiksi rakennuksen viemäriin, tai ulkoyksikön kautta maahan. (Mts. 49–55.)

Kondenssivesi voi aiheuttaa päänvaivaa myös ulkoyksikössä. Kun ilmalämpöpumppu lämmittää rakennuksen sisätiloja, lämpöpumpun ulkoyksikön höyrystin viilentyy. Kun höyrystimen lämpötila laskee alle ulkoilman kastepisteen, ulkoilmassa oleva vesi alkaa tiivistymään höyrystimen pinnalle. Nollakeleillä höyrystimeen voi muodostua eristävä jääkerros, ja näin ollen heikentää pumpun toimintaa. Joissain lämpöpumpuissa voi olla sulatustoiminto, joka hoitaa jäänpoiston automaattisesti. (Mts. 53.)

### 2.3.3 Ulkoilma-vesilämpö

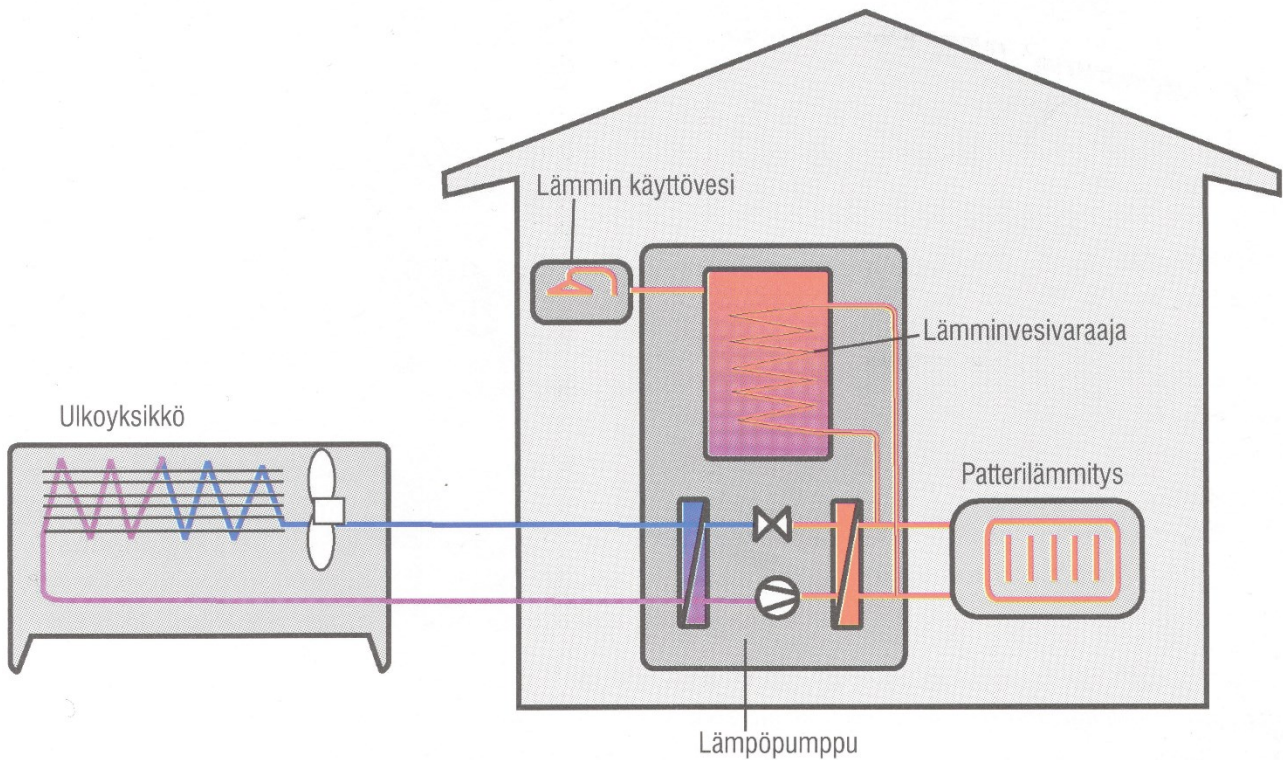
Ulkoilma-vesilämpöpumpun (UVLP) lämmitysenergia saadaan nimensä mukaisesti ulkoilmasta. Lämpöpumpusta saatava lämmitysenergia ohjataan lämminvesivaraajaan, jonka avulla rakennuksen sisätilat ja käyttövesi lämmitetään. UVLP- järjestelmää hankittaessa on huomioitava, että järjestelmä ei kykene lämmittämään rakennusta kovilla pakkasilla. Tämän seurauksena UVLP- järjestelmä on tehtävä jonkun toisen lämmitysmenetelmän rinnalle tai lämpöpumppujärjestelmän varaajassa on oltava sähkövastus. (Perälä & Perälä 2013, 73.)

Varalämmitysjärjestelmän on kyettävä tuottamaan rakennuksen suurimman huipputehon verran lämpöä, jotta rakennus ei jäähtyisi kylmimpinä pakkaskeleinä. Jos varalämmitysjärjestelmä perustuu varaajassa oleviin sähkövastuksiin, on ennen UVLP- järjestelmän asennusta otettava yhteyttä rakennuksen sähkösiirtoyhtiöön, ja selvitettävä, pitääkö kiinteistön pääsulakekokoa kasvattaa. (Ilma-vesilämpöpumppu UVLP 2020.)

Elvari- tutkimusohjelman mukaan UVLP- järjestelmän vuosilämpökerroin vaihtelee 1,4–2,7 välillä. Kuten maalämpölaitteistossa, rakennuksen koko ja tilojen lämmitysmenetelmä vaikuttaa lämpökertoimen suuruuteen. (Ilma-vesilämpöpumppu UVLP 2020.) Tässä on kuitenkin huomioitava, että kyseinen tutkimus on tehty vuosien 2008–2015 välillä, joten tutkimuksessa käytetty tekniikka on jo vanhaa. Nykyisissä järjestelmissä vuosilämpökerroin on mitä ilmeisimmin korkeampi.

Ulkoilmavesilämpöpumppuja on kahta eri tyyppiä; joko monoblock- laite tai sitten split- laite. Monoblock tyyppisessä lämpöpumpussa kaikki lämpöpumppulaitteisto on kasattu yhteen koteloon, ja laite sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle. Rakennuksen sisälle asennetaan vain lämminvesivaraaja. Kuviossa 6 on esitelty split- laitteiston rakenne. Split- laitteistossa lämpöpumpun höyrystin

ja kompressor on ulkoyksikössä ja lauhdutin lämminvesivaraajineen on sisäyksikössä. (Perälä & Perälä 2013, 74.)

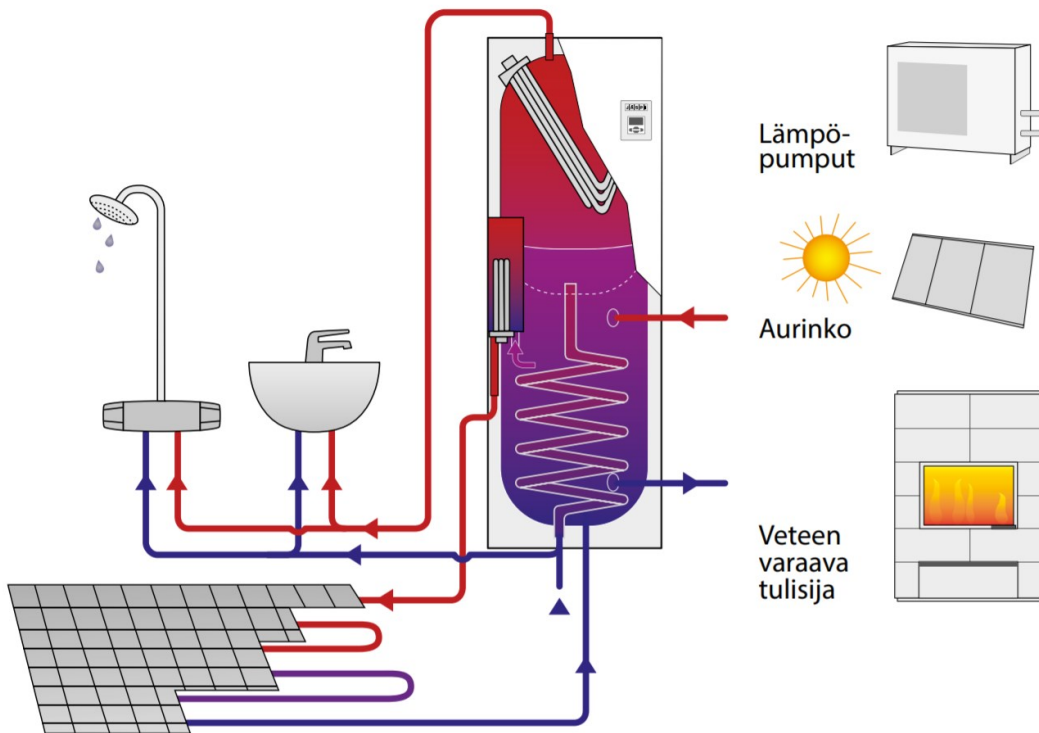


Kuvio 6. Split- laitteiston rakenne (Perälä & Perälä 2013, 75)

## 2.4 Sähkölämmitys

Pientalon sähkölämmitykselle on useita eri vaihtoehtoja. Sähkölämmitys voidaan toteuttaa sähkövaraajalla, jossa lämmitetään sekä käyttövesi, että rakennuksen tilojen lämmitykseen tarvittava lämmitysvesi. Sähkökattilalla lämmitetään rakennuksen lämmitysvesi, ja sähkökattila ei yleensä varaa lämpöä. Sähkölämmitys voidaan myös toteuttaa huonekohtaisesti esimerkiksi sähköpattereilla, tai lattialämmityksellä. Sekä sähkökattila että huonekohtainen lämmitysjärjestelmä vaativat varaajan lämpimälle käyttövedelle. (Huonekohtainen sähkölämmitys 2016; Sähkövaraajat ja -kattilat 2017.)

Joissain tapauksissa sähkökattilaan tai -varaajaan voidaan liittää myös muita lämmitysmuotoja. Kuviossa 7 esitellään Kaukoran valmistama Jäspi Ecowatti kattila, johon saa liitettyä kolme muuta lämmityslaitetta. Lisälämmityslaitteet vähentävät sähkökattilan sähkönkulutusta, ja ne voivat tuoda suuria säästöjä kiinteistön omistajalle.



Kuvio 7. Jäspi Ecowatti sähkökattila (Jäspi sähkökattilat 2020, 4)

Sähkölämmitysjärjestelmän hyötysuhde on teoriassa 100 %, sillä kaikki sähköenergia mitä järjestelmään syötetään, muuttuu lämmöksi. Käytännössä tämä ei ole kuitenkaan niin yksinkertaista, sillä sähköntuotannon hyötysuhde on vielä tänä päivänä kohtuu alhainen. Esimerkiksi Tammervoima (n.d.) ilmoittaa, että heidän lämpövoimalaitoksensa tuottaa yhteensä 470 GWh energiaa, josta sähkön osuus on 70 GWh (Tarastenjärven höyryvoimalaitos n.d.). Tästä voidaan laskea, että voimalaitos tuottaa sähköä noin 14,9 % hyötysuhteella.

Sähkölämmittimien toiminta perustuu sähkövastukseen ja termostaattiin. Kun lämmittimeen kytetään sähkö, sähkövastus alkaa lämmittämään täydellä teholla käyttökohteesta riippuen vettä tai

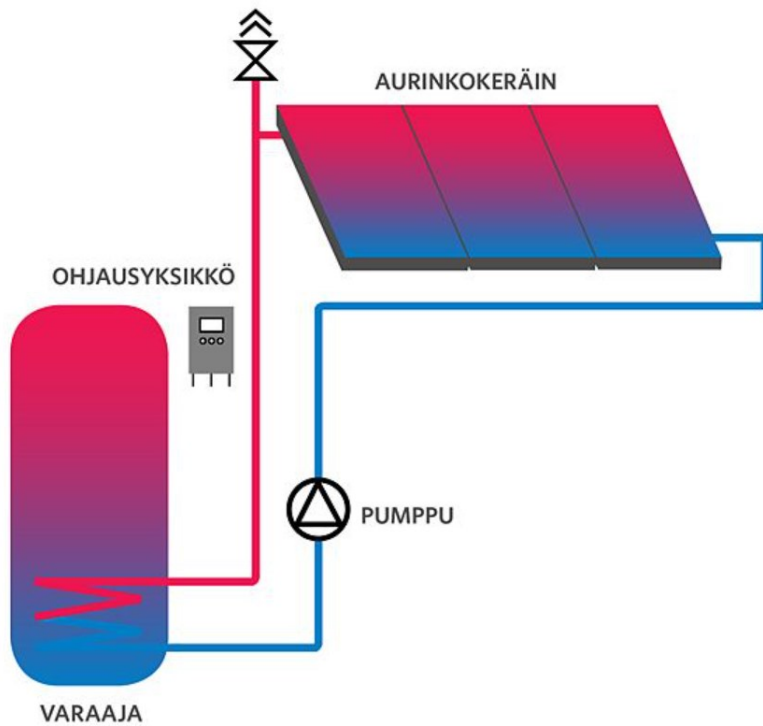
ilmaa. Kun vesi tai ilma on lämmennyt haluttuun lämpötilaan, termostaatti katkaisee virran sähkövastukselle. Sähkölämmitys voi siis olla toiminnaltaan hyvinkin yksinkertainen, ja näin ollen järjestelmä ei vaadi juuri ollenkaan huoltoa.

Vaikka sähkölämmitys on erittäin vaivaton lämmitystapa, voi järjestelmän käyttö tulla hyvinkin kalliiksi. Esimerkiksi joissain huonekohtaisissa lämmitysratkaisuissa lämpöä ei saada varattua mihinkään, jolloin lämmityskauden suurimpina kulutushuippuina sähkölasku voi kasvaa merkittävästi. Motiva (2016) pitää huonekohtaisen sähkölämmityksen haittapuolena sen korkeaa lämmitysenergian hintaa, mutta sähkövaraajiin ja varaavaan lattialämmitykseen voidaan kuitenkin varata lämpöä yön aikana, jolloin sähkö on yleensä halpaa. Sähkölämmitys onkin suosittu lämmitystapa pienissä omakotitaloissa pienen lämmitystarpeen takia. (Huonekohtainen sähkölämmitys 2016.)

## **2.5 Aurinkoenergia**

Rakennuksen lämmitysjärjestelmää voidaan täydentää aurinkolämpöjärjestelmällä, joka tuottaa lämpöä auringon säteilyn avulla. Aurinkolämpöjärjestelmän tehokkuus vaihtelee kellonajan, sään, vuodenajan ja sijainnin mukaan, joten säteilystä kerätty lämpö syötetään varaajaan. (Aurinkolämpöjärjestelmät 2020.)

Kuviossa 8 on aurinkolämpöjärjestelmän rakenne. Järjestelmään kuuluu aurinkokeräimet, kierto-vesipumppu, varaaja, lämmönsiirtoputket ja ohjausyksikkö. Aurinkokeräimet asennetaan yleensä rakennuksen katolle, ja keräinten kaltevuus ja suunta säädetään optimaaliseksi. Varaaja on yleensä osana rakennuksen muuta lämmitysjärjestelmää, aurinkolämpöjärjestelmä voidaan liittää esimerkiksi sähkövaraajan kylkeen.

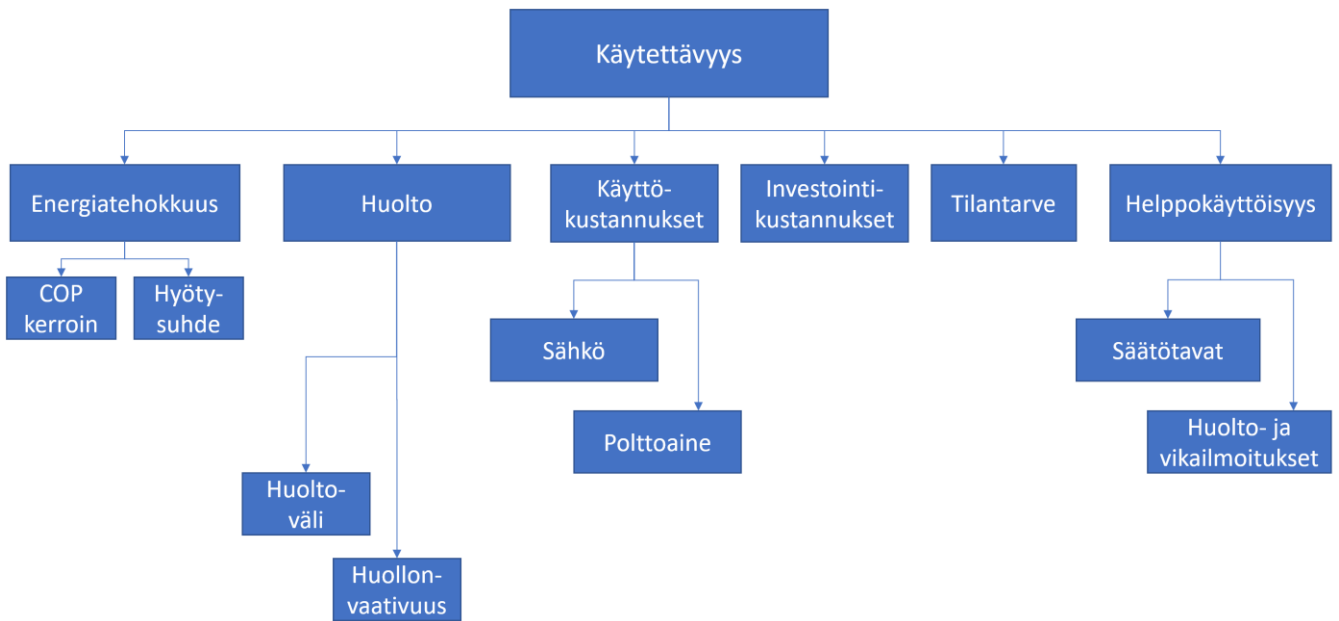


Kuvio 8. Aurinkolämpöjärjestelmän rakenne (Aurinkolämpöjärjestelmät 2020)

Aurinkokeräimet voivat olla joko neste- tai ilmakiertoisia. Nestekiertoisia aurinkokeräimiä on kahta eri tyyppiä; tasokeräimet ja tyhjiöputkikeräimet. Nestekiertoisissa aurinkokeräimissä kierrätetään vesi-glykoli seosta, jonka avulla lämpö siirretään varaajaan. Ilmakiertoon perustuvat keräimet eivät siirrä lämpöä nestekiertoisiin verrattuna niin hyvin, mutta ilmakeräimet ovat mm. helpompia rakentaa. (Ilmakeräimet 2020; Nestekiertoiset keräimet 2020.)

### 3 Käytettävyys lämmitysmenetelmissä

Lämmitysmenetelmien käytettävyys koostuu kuviossa 9 esitetyistä käsitteistä. Tutkittavia käsitteitä on yhteensä kuusi ja näitä käsitteitä tullaan avaamaan seuraavissa kappaleissa. Seuraavissa kappaleissa tutustutaan myös käsitteiden arvojen määrittelyyn määrittelypohjan avulla.



Kuvio 9. Tutkittavat käsitteet lämmitysmenetelmien käytettävyydessä

### 3.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuuden kehittäminen on osa Suomen ja EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa. Energiatehokkuus vaihtelee eri lämmitysmuodoissa hyvinkin paljon. Esimerkiksi Aritermin valmistaman Biomatic+ 20 pellettikattilan hyötysuhde on 91 %, aurinkokeräimien hyötysuhde on n. 70 % ja sähkölämmittimien hyötysuhde on 100 %, jos sähköntuotannon hyötysuhdetta ei oteta huomioon. Lämpöpumpuissa energiatehokkuutta tarkastellaan aiemmin mainitun COP- kertoimen avulla.

Energiatehokkuus vaikuttaa lämmityslaitteen käytettävyyteen, sillä jos esimerkiksi lämmitysmenetelmän COP- kerroin tai hyötysuhde on pieni, laitteiston käyttökustannukset kasvavat lisääntyneen sähkön- tai polttoainekulutuksen takia.

Käytettävyysluokituksessa tarvittavan energiatehokkuuden arvo määritellään taulukossa 1. Arvot vaihtelevat lukujen 1–10 välillä, ja arvo määräytyy lämmityslaitteen hyötysuhteen tai vuosilämpökertoimen perusteella. Jos esimerkiksi lämpöpumpun vuosilämpökerroin on 3,6, saa kyseinen lämpöpumppu energiatehokkuuden arvoksi luvun 6.

Taulukko 1. Energiatehokkuuden määritelmä

	Arvo	Määritelmä
Energiatehokkuus	1	Laitteiston energiatehokkuus on alle 50 %, tai vuosilämpökerroin on 1
	2	Laitteiston energiatehokkuus on 50-60 %, tai vuosilämpökerroin on 1-2
	4	Laitteiston energiatehokkuus on 60-70 %, tai vuosilämpökerroin on 2-3
	6	Laitteiston energiatehokkuus on 70-80 %, tai vuosilämpökerroin on 3-4
	8	Laitteiston energiatehokkuus on 80-90 %, tai vuosilämpökerroin on 4-5
	10	Laitteiston energiatehokkuus on yli 90%., tai vuosilämpökerroin on yli 5

### 3.2 Huolto

Laitteiston huoltotarve vaikuttaa merkittävästi käytettävyyteen. Lämmitysmuodosta riippuen, lämmityslaitteen huoltoväli voi vaihdella muutamasta viikosta useaan vuoteen. Useasti suoritettavat huollot aiheuttavat pientalon omistajalle päänvaivaa. Ja voi myös olla, ettei laitteiston omistajalla ole riittävää teknistä osaamista tai pätevyyttä huollon suorittamiseen, joten laitteen huoltamiseen tarvitaan pätevöitynyt ammattihenkilö.

Rakennuksen omistaja voi suorittaa esimerkiksi pellettikattilaan liittyvät huollot, mikäli hänellä on riittävää teknistä osaamista. Tukes (n.d.) kuitenkin ilmoittaa, että lämpöpumppuja huollettaessa taas vaaditaan huoltoihmiseltä Tukesin hyväksyntä ja pätevyys, jotta huollot voidaan suorittaa turvallisesti ympäristöä haittaamatta (Kylmäalan hyväksyntä ja pätevyysvaatimukset n.d.).

Käytettävyyssuokituksessa tarvittavan huoltovälin arvo määritellään taulukossa 2. Arvot vaihtelevat lukujen 1–12 välillä, ja ne määräytyvät laitteiston huoltovälin perusteella. Jos laitetta pitää huoltaa neljän vuoden välein, laitteiston huoltovälin arvoksi tulee 10.

Taulukko 2. Huoltovälin määritelmä

	Arvo	Määritelmä
Huoltoväli	1	Laitteiston huoltoväli on 1 kk tai alle
	2	Laitteiston huoltoväli on 1-3 kk
	4	Laitteiston huoltoväli on 3-6 kk
	6	Laitteiston huoltoväli on 6-12 kk
	8	Laitteiston huoltoväli on 1-3 vuotta
	10	Laitteiston huoltoväli on 3-5 vuotta
	12	Laitteiston huoltoväli on yli 5 vuotta

Käytettävyyssuokituksessa tarvittavan huollon vaativuuden arvo määritellään taulukossa 3, jossa arvot vaihtelevat 1–12 välillä. Jos laitteen mukana tulee selkeät ja kuvitetut ohjeet laitteen kaikkia huoltoja varten, laitteiston huollon voi suorittaa ilman teknistä osaamista. Jos taas laitteen yleisimmistä huolloista on selkeät kuvitetut ohjeet, laitteiston huolto vaatii pientä teknistä osaamista. Keskinkertaisella teknisellä osaamisella tarkoitetaan, että laitteen mukana tulee vain sanalliset ohjeet sen yleisimmistä huolloista. Mikäli laitteen mukana ei tule mitään ohjeita huoltojen suorittamiseen, huollon suorittaminen vaatii suurta teknistä osaamista. Jos laitteen huoltoon vaaditaan jokin pätevyys, lämmityslaitteen omistaja ei voi suorittaa laitteen huoltoa.

Taulukko 3. Huollon vaativuuden määritelmä

	Arvo	Määritelmä
Huollon vaativuus	1	Vain pätevä henkilö voi suorittaa laitteiston huollon
	3	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon suurella teknisellä osaamisella
	6	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon keskinkertaisella teknisellä osaamisella
	9	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon pienellä teknisellä osaamisella
	12	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon ilman teknistä osaamista

### 3.3 Käyttökustannukset

Käyttökustannuksiin lasketaan mukaan sähkönkulutus sekä mahdollisesti polttoainekulutus. Laitteiston käyttökustannukset on usein tärkein huomioon otettava asia uutta lämmitysmuotoa valittaessa. Yleensä uutta lämmitysmuotoa valittaessa pyritään siihen, että uuden lämmitysmenetelmän käyttökustannukset ovat vanhaa järjestelmää pienemmät.

Tässä opinnäytetyössä laitteistojen käyttökustannukset laskettiin Motivan tarjoamalla pientalon lämmitystapojen vertailulaskurilla. Laskurilla saadaan laskettua päälämmitysmuotojen käyttökustannukset kirjoittamalla laskuriin tarkasteltavan rakennuksen pinta-ala, huonekorkeus, asukasmäärä, rakennuksen energiatehokkuus tai ikä ja rakennuksen sijainti. Laskurilla ei voi laskea tukilämmitysmuotojen käyttökustannuksia (ilmalämpöpumppu ja aurinkoenergia), mutta tukilämmitysmuotojen tuomat säästöt kuitenkin voidaan laskea.

Opinnäytetyössä käyttökustannuksia selvittäessä laskuriin sijoitettiin mielivaltaisesti valitut tiedot esimerkkirakennuksesta. Vertailussa rakennuksen pinta-ala oli 100 m<sup>2</sup>, huonekorkeus 2,5 m, asukasmäärä 2, rakennus oli rakennettu vuonna 2012 ja se sijaitti maan keskiosissa eli vyöhykkeellä 3.

Näillä tiedoilla laskurin mukaan rakennus käyttäisi vuodessa 11750 kWh lämmitysenergiaa, ja 2000 kWh käyttöveden lämmitysenergiaa. (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.)

Käyttökustannusten arvojen määritelmä esitellään taulukossa 4. Arvot vaihtelevat 1–12 välillä, ja ne määräytyvät edellä mainitun lämmitystapojen vertailulaskurin avulla. Jos esimerkkirakennuksen lämmityslaitteen käyttökustannukset ovat 1247 € vuodessa, saa kyseinen laite käyttökustannusten arvoksi 6.

Taulukko 4. Käyttökustannusten määritelmä

	Arvo	Määritelmä
<b>Käyttökustannukset (päälämmitysmuodoilla)</b>	1	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 1600 € tai yli
	3	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 1300-1600 €
	6	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 1000-1300 €
	9	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 700-1000 €
	12	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 700 € tai alle

Tukilämmitysmuotojen säästöjä selvittäessä rakennuksen päälämmitysmuotona on sähkölämmitys. Säästöt lasketaan selvittämällä ensin pelkän sähkölämmityksen käyttökustannukset, ja sitten sähkölämmityksen ja tukilämmitysmuodon käyttökustannukset. Näille käyttökustannuksille tehdään erotus, jolloin tulokseksi saadaan lämmitysmuodon tuomat säästöt.

Tukilämmitysmuotojen vuosisäästöjen arvojen määritelmä esitellään taulukossa 5, jossa arvot vaihtelevat myöskin lukujen 1–12 välillä. Jos tukilämmityslaite tuo esimerkkirakennuksessa 425 € vuodessa säästöjä, lämmityslaite saa vuosisäästöjen arvoksi 9.

Taulukko 5. Vuosisäästöjen määritelmä

	Arvo	Määritelmä
<b>Vuosisäästöt (tukilämmitysmuodoilla)</b>	1	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 100 € tai alle
	3	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 100-200 €
	6	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 200-300 €
	9	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 300-450 €
	12	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 450 € tai yli

### 3.4 Investointikustannukset

Vaikka lämmityslaitteen investointikustannukset eivät vaikuta suoraan laitteiston käytettävyyteen, lämmityslaitteiden investointikustannukset vaihtelevat lämmitysmuodosta riippuen hyvin paljon. Päälämmitysmuotojen investointikustannuksissa voi olla jopa kymmenen tuhannen euron ero, joten investointikustannukset ovat merkittävä asia laitteiston valinnan suhteen.

Lämmitysjärjestelmän investointikustannukset vaihtelevat myös toteutustavan ja laitevalmistajien mukaan. Tämän seurauksena tässä opinnäytetyössä lämmitysmuotojen investointikustannukset selvitettiin käyttämällä Motivan lämmitystapojen vertailulaskuria, joka arvioi käyttökustannusten lisäksi myös laitteiston investointikustannukset.

Investointikustannusten arvojen määritelmä esitellään taulukossa 6, jossa arvot vaihtelevat lukujen 1–8 välillä. Jos Motivan laskuri ilmoittaa lämmityslaitteiston investointikustannuksiksi 12 000 €, laitteen investointikustannusten arvoksi tulee 2.

Taulukko 6. Investointikustannusten määritelmä

	Arvo	Määritelmä
Investointikustannukset	1	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 15 000 € tai yli
	2	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 10 000-15 000 €
	4	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 6 000-10 000 €
	6	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 3 000-6 000 €
	8	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 3 000 € tai alle

### 3.5 Tilantarve

Laitteiston tilantarve voi olla merkittävä asia käytettävyyden ja laitteiston valinnan kannalta. Jos pientalossa on esimerkiksi hyvin vähän ylimääräistä varastotilaa, polttoainetta käyttävä pellettilämmitys on mitä ilmeisimmin huono vaihtoehto kyseiselle rakennukselle. Yleensä lämmitysjärjestelmät vievät noin 0,5–1,5 m<sup>2</sup> tilaa, mutta mikäli laitteisto käyttää jotain polttoainetta, voi järjestelmän tilantarve kasvaa moninkertaiseksi.

Tilantarpeen arvojen määritelmä esitellään taulukossa 7, jossa arvot vaihtelevat 1–5 välillä. Tilantarpeen lisäksi määrittelyssä otetaan huomioon myös muut vaatimukset lämmönjakotilasta. Tilantarpeessa otetaan myös huomioon laitteiston vaatima mahdollinen huoltotila. Jos laitteiston asennusohjeessa ilmoitetaan, että laitteen eteen on jätettävä 800 mm huoltotila, kyseinen huoltotila lasketaan mukaan laitteiston ulkomittoihin.

Taulukko 7. Tilantarpeen määritelmä

	Arvo	Määritelmä
<b>Tilantarve ja vaatimukset (rakennuksen sisällä)</b>	1	Tilantarve on suuri (yli 3 m <sup>2</sup> ). Tilat oltava jaettuna palo-osastoihin. Tilassa oltava vesipiste ja lattiakaivo
	2	Tilantarve keskinkertainen 0,5-3 m <sup>2</sup> . Tilat oltava jaettuna palo-osastoihin. Tilassa oltava vesipiste ja lattiakaivo
	3	Tilantarve keskinkertainen 0,5-3 m <sup>2</sup> . Tilassa oltava vesipiste ja lattiakaivo
	4	Tilantarve keskinkertainen 0,5-3 m <sup>2</sup> . Tilassa oltava lattiakaivo
	5	Tilantarve on pieni (alle 0,5 m <sup>2</sup> ). Tilassa oltava lattiakaivo

### 3.6 Helppokäyttöisyys

Järjestelmän helppokäyttöisyys vaikuttaa luonnollisesti laitteiston käytettävyyteen. Laitteiston omistajan on helposti kyettävä tekemään tarvittavat säädöt laitteiston käyttöliittymän kautta. Helppokäyttöisyys myös helpottaa laitteiston vianetsintää. Hyvin suunnitellussa käyttöliittymässä laitteisto voi ilmoittaa suoraan muun muassa mikä laitteiston osa on vikaantunut.

Helppokäyttöisyyden arvojen määritelmä esitellään taulukossa 8, jossa arvot vaihtelevat 1–8 välillä. Helppokäyttöisyyttä tutkittaessa tarkastellaan kolmea eri asiaa; kuinka lämmityslaitteen lämpötilaa säädetään, kuinka laitteisto ilmoittaa huoltotarpeesta ja miten laitteisto ilmoittaa viasta. Lisäksi mahdollinen etäohjausmahdollisuus otetaan helppokäyttöisyystarkastelussa huomioon.

Taulukko 8. Helppokäyttöisyyden määritelmä

	Arvo	Määritelmä
<b>Helppokäyttöisyys</b>	1	Lämpötila säädetään väännettävän termostaatin avulla. Laite ei ilmoita vikaantumisesta
	2	Lämpötila säädetään väännettävän termostaatin avulla. Laite ilmoittaa vikaantumisesta koodin tms. avulla
	4	Lämpötila säädetään digitaalisesti asteen tarkkuudella. Laite ilmoittaa vikaantumisesta koodin tms. avulla
	6	Lämpötila säädetään digitaalisesti asteen tarkkuudella. Laite ilmoittaa huoltotarpeesta ja vikaantumisesta.
	8	Lämpötila säädetään digitaalisesti asteen tarkkuudella. Laitteessa etäohjaus. Laite ilmoittaa huoltotarpeesta ja vikaantumisesta.

#### 4 Määrittelypohja ja käytettävyyden laskenta

Lämmitysmuodon käytettävyyden luokka määritellään määrittelypohjan avulla. Määrittelypohjassa tarkastellaan jokaista edellä mainittua käytettävyyden käsitettä, ja jokaiselle käsitteelle annetaan arvo kyseisen arvon määritelmän perusteella.

Määrittelypohja on esitelty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

Kun kaikki arvot on saatu määriteltyä, jokaisen käsitteen arvot lasketaan yhteen. Suurin mahdollinen arvojen summa on 67 ja pienin 7. Kyseinen summa sijoitetaan yhtälöön 1, joka on lineaarisen interpolaation kaava. Tällä kaavalla saadaan muunnettua arvojen summien ääriarvot 7–67 käytännöllisempään 0–100 haarukkaan. Käytettävyyden luokan luku siis vaihtelee lukujen 0–100 välillä, jossa 100 on paras mahdollinen luokitus.

$$y = \frac{100}{67-7} * (x - 7) \quad (1)$$

missä  $x$  = käsitteiden arvojen summa

Esimerkki:

Käsitteiden arvojen summaksi saadaan 44, joka sijoitetaan yhtälöön 1 muuttujan x kohdalle.

$$y = \frac{100}{67-7} * (44 - 7) = 61,67$$

Tällä laskentakaavalla tulokseksi saadaan 61,67, joka pyöristetään lukuun 62. Tämän esimerkin käytettävyyssluokka on siis 62.

## 5 Lämmitysmuotojen käytettävyyssluokittelu

Seuraavissa kappaleissa määritellään jokaiselle lämmitysmuodolle käytettävyyssluokka. Käytettävyyssluokittukseen tarvittavat arvot selvitettiin yksittäisten laitteiden käyttö-, asennus-, ja huoltokirjoista sekä yleisistä Motivan, RT- ja KH- kortistojen aineistoista. Mikäli eri laitevalmistajilla oli joi-  
tain eriävyyksiä laitteiden ominaisuuksissa, kuten esimerkiksi erisuuruiset huoltovälit, huoltoväliksi valittiin laitteiden keskiarvo.

### 5.1 Kaukolämpö

Kaukolämmön käytettävyyssluokitusta tarkasteltaessa verrattiin kolmen eri valmistajan kaukolämmönjakokeskuksia. Tutkittavat laitteet olivat Jäspi Kauko 20/60, Högfors GST UNIS 25-2R ja Gebwell G-Power. Jokainen edellä mainittu kaukolämmönjakokeskus on valmistettu Suomessa.

Kaukolämmityksen energiatehokkuutta pidetään yleisesti hyvänä. Mikään edellä mainittu laitevalmistaja ei ilmoittanut suoraan laitteidensa energiatehokkuutta, mutta jokainen valmistaja kuitenkin kertoo laitteistonsa olevan hyvin energiatehokas. Motiva ilmoittaa käyttökustannuslaskurissaan kaukolämpölaitteiston hyötysuhteeksi 95 %, joten energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10. (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.)

Mikään laitevalmistaja ei ilmoita laitteiston tarkkaa huoltoväliä, mutta Gebwell (n.d.) kuitenkin ilmoittaa, että heidän laitteensa huolto- ja korjaustarve on pieni (G-Power pientalokeskus n.d., 2). Vaikka lämmityslaitteiston huoltotarve on pieni, on laitteiston toimintaa kuitenkin ajoittain seurattava. KH- kortiston mukaan tarkastus on hyvä tehdä viikoittain ja tarkistettavia asioita on mm. verkoston lämpötila ja lämmönvaihtimien lämpötilaerot (KH 23-00371 2006, 4).

Vaikka kaukolämpölaitteisto on toiminnassa kellon ympäri, kaukolämpölaitteiston laitteiden käyttöiät ovat hyvin pitkiä. KH-kortiston (2006) mukaan lämmönsiirtimien, säätöventtiilien ja kiertovesipumppujen käyttöiät voivat olla yli 20 vuotta. Säätöventtiilien moottorien käyttöikä vaihtelee taas 8–12 vuoden välillä. (KH 23-00371 2006, 11.) Tämän seurauksena kaukolämpölaitteiston huoltoväli on yli 5 vuotta, eli huoltovälin arvoksi saatiin 12.

Kaukora ilmoittaa Jäspi-laitteistonsa asennus- ja käyttöohjeessaan, että laitteiston huollon saa tehdä vain pätevätyt asentaja (Kauko 20/60 Asennus- ja käyttöohje 2020, 22). Muut laitevalmistajat eivät ole ilmoittaneet huollon tekijän vaadittavista pätevyyksistä, mutta voidaan kuitenkin olettaa, että vain pätevätyt asentaja saa suorittaa näidenkin laitteistojen huollot. Tämän seurauksena huollon vaativuuden arvoksi saatiin 1.

Kaukolämmön vuosikäyttökustannuksia selvittäessä on huomioitava, että energiamaksu voi vaihdella alueen perusteella hyvinkin paljon. Kaukolämmön vuosikäyttökustannukset olivat esimerkiksi rakennuksessa 1076 € vuodessa (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.). Määrittelytaulukossa luku sijoittui 1000–1300 € haarukkaan, joten vuosikäyttökustannusten arvoksi saatiin 6.

Kaukolämpölaitteiston investointikustannukset olivat esimerkkirakennuksessa 7500 € (Mt.). Tämän perusteella kaukolämpö sai investointikustannusten arvoksi 4.

Kaukolämpölaitteiston vaatima tila on hyvin pieni, sillä laitteisto voidaan asentaa rakennuksen seinälle ja laitteistossa ei ole varaajaa. Gebwell ja Kaukora ilmoittavat, että laitteiston eteen on jätettävä 800 mm tilaa laitteiston huoltoa varten (G-Power Asennus, käyttö- ja huolto-ohje 2021, 9; Kauko 20/60 Asennus- ja käyttöohje 2020, 6). Lämmönjakohuoneessa on oltava hyvin toimiva latitiakaivo, jotta mahdolliset vuotovedet ei aiheuttaisi vesivahinkoa (Mts. 5). Jokaisen laitevalmistajan lämmityslaitteisto vie huoltotila mukaan lukien hieman yli 0,5 m<sup>2</sup> tilaa (G-Power pientalokeskus n.d., 7; Kauko 20/60 Asennus- ja käyttöohje 2020, 26; Tunnistetiedot Unis 25-2R 2021, 1). Tilantarpeen arvoksi saatiin 4.

Lämpötila säädetään nykyisissä kaukolämpölaitteistoissa yleensä digitaalisesti säätökäyrien avulla, ja lämpötilan loppusäätö tehdään huonekohtaisilla termostaateilla. Jäspin laitteistoautomaatiikka ilmoittaa laitteessa tapahtuneista vioista ja häiriöistä laitteen näytöllä (Kauko 20/60 Asennus- ja

käyttöohje 2020, 23). Gebwell ja Högfors eivät kerro automatiikan toiminnasta, mutta ne käyttävät samaa Ouman-merkkistä automatiikkaa kuten Jäspikin. Tästä voitiin olettaa, että näiden kolmen laitevalmistajan ohjausautomatiikka toimii samalla tavalla. Missään edellä mainitussa laitteistossa ei ole etäohjausmahdollisuutta, mutta toisaalta kaukolämpölaitteisto ei sitä juurikaan tarvitse, sillä huoneistojen lämpötilan loppusäätö tehdään huoneiden omilla termostaateilla. Tämän seurauksena helppokäyttöisyyden arvoksi saatiin 8.

Kaukolämmityksen energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10, huoltovälin arvo 12, huollon vaativuuden arvo 1, vuosikäyttökustannusten arvo 6, investointikustannusten arvo 4, tilantarpeen arvo 4 ja helppokäyttöisyyden arvo 8. Arvojen yhteenlaskettu summa on 43, joka yhtälöön 1 kohtaan x.

$$y = \frac{100}{67-7} * (45 - 7) = 63,33 \approx 63$$

Kaukolämmön käytettävyyden tulokseksi tuli 63.

## 5.2 Pellettilämmitys

Pellettilämmitystä tutkittaessa tarkasteltiin kolmen eri valmistajan pellettikattilaa. Tutkittavat laitteet olivat Jäsپی Pelletti 20, Biomatic+ 20 ja Herz Pelletstar 20. Jäsپی ja Biomatic kattiloissa ei ollut integroitua poltinta, joten polttimeksi valittiin kummallekin BeQuem 20 poltin.

Pellettikattiloiden energiatehokkuus on yleensä hyvin korkea. Laitteita tutkittaessa jokainen kattilavalmistaja ilmoittaa, että heidän kattilansa hyötysuhde on yli 90 % (Ariterm - Pellettilämmitys 2015, 5; Jäsپی Pelletti 20 2009, 5; Pelletstar 10–60 kW 2013, 15). Korkean hyötysuhteen seurauksena laitteiston energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10.

Yleisin huolto, mikä pellettikattilalle pitää tehdä on nuohous ja tuhkanpoisto. Nuohousväli voi Motivan (2016) mukaan vaihdella kattilatyypistä riippuen yhdestä kuukaudesta muutamaan kuukauteen (Pellettilämmitys 2016). Automaattisella nuohouksella varustettuja kattiloita ei tarvitse itse nuohota, mutta tuhkanpoisto on silti tehtävä. Biomatic+ 20 kattilassa on automaattinen lämmön siirtopintojen nuohous, mutta poltin on silti puhdistettava ja tarkastettava vähintään parin kuu-

kauden välein (Ariterm - Pellettilämmitys 2015, 4). Jäspi Pelletti 20 kattilassa ei ole nuohousautomaatiikkaa, joten kattilan ja polttimen nuohous on suoritettava kuukausittain. Herzin pellettikattilassa on automaattinen kattilan ja arinapolttimen nuohous (Pelletstar 10–60 kW 2013, 3). Näiden tietojen perusteella huoltovälin arvoksi saatiin 2.

Sekä Biomatic+ 20 että Jäspi Pelletti 20 kattilan mukana tulee kattilan puhdistusvälineet ja kummankin valmistajan käyttöohjekirjassa on ohjeet pellettikattilan puhdistusta varten (Asennus- ja käyttöohje Biomatic+ 20 ja 30 2008, 18–19; Jäspi VPK-20 ja -30 Asennus- ja käyttöohje n.d., 7). Myös BeQuem 20 polttimen nuohous, huolto ja tarkastustoimenpiteet pitäisi onnistua helposti, sillä polttimen käyttöohjeissa on selkeästi kuvitetut ohjeet tarvittavista toimenpiteistä (Asennus- ja käyttöohje Ariterm BeQuem 20 2020, 17–18). Laitteiston omistaja voi siis suorittaa pellettikattilan nuohouksen pienellä teknisellä osaamisella. Tämän seurauksena pellettilämmityksen huollon vaativuuden arvoksi saatiin 9.

Pellettilämmitykset käyttökustannukset olivat esimerkkirakennuksessa 899 € vuodessa (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.). Luku sijoittui määrittelytaulukon 700–1000 € välille, joten pellettilämmityksen vuosikäyttökustannusten arvoksi tuli 9.

Pellettilämmityksen investointikustannukset olivat esimerkkirakennuksessa 12 000 € Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.). Tämän perusteella investointikustannusten arvoksi tuli 2.

Kattilahuonetta ja pellettivarastoa suunniteltaessa pitää huomioida, ettei pelleteistä syntyvä pöly ja nuohouksesta tuleva tuhka kulkeudu asuintiloihin. Lisäksi pannuhuoneessa on huolehdittava riittävästä ilmansaannista, jotta pellettipoltin toimii oikein. Pannuhuoneessa on oltava lattiakaivo, ja sekä pannuhuone että siilo on palo-osastoitava (Alanen, Kokkonen, Nalkki, Puhakka & Rousku 2003, 20–21). Kaikki kolme pellettikattilaa vie hieman alle 1 m<sup>2</sup> tilaa, ja pellettisiilo vie tilaa n. 6 m<sup>2</sup> (lähde). Suuren tilantarpeen ja tilojen erityisvaatimusten seurauksena tilantarpeen arvoksi saatiin 1.

Biomaticin ja Herzin kattiloiden lämpötila säädetään digitaalisesti, ja Herzin mallissa on myös etäohjausmahdollisuus (Asennus- ja käyttöohje Biomatic+ 20 ja 30 2008, 7; Pelletstar 10–60 kW 2013,

3). Jäspi-kattilan kattilaveden lämpötila taas säätty väännettävän poltintermostaatin ja analogisen lämpömittarin avulla (Jäspi VPK-20 ja -30 Asennus- ja käyttöohje n.d., 4). BeQuem 20 poltin ilmoittaa tapahtuneista vioista ja häiriöistä automaattisesti ja poltin ilmoittaa myös nuohoustarpeesta poltinruuvien käymisajan avulla (Asennus- ja käyttöohje Ariterm BeQuem 20 2020, 15–16). Näiden tietojen perusteella helppokäyttöisyyden arvoksi saatiin 6.

Pellettilämmityksen energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10, huoltovälin arvo 2, huollon vaativuuden arvo 9, vuosikäyttökustannusten arvo 9, investointikustannusten arvo 2, tilantarpeen arvo 1 ja helppokäyttöisyyden arvo 6. Arvojen yhteenlaskettu summa on 39, joka sijoitettiin yhtälöön 1 kohtaan x.

$$y = \frac{100}{67-7} * (39 - 7) = 53,33 \approx 53$$

Pellettilämmityksen käytettävyyssluokaksi tuli 53.

## 5.3 Lämpöpumput

### 5.3.1 Maalämpö

Maalämpöpumppujen käytettävyyttä tutkittaessa tarkasteltiin myös kolmen eri valmistajan laitetta. Laitteet olivat Jämä Star RST Inverter, Gebwell Aries ja Nibe S1255. Jokaisessa edellä mainitussa maalämpöpumpussa on integroitu varaaja.

Maalämpöpumppujen energiatehokkuutta tarkastellaan vuosilämpökertoimen, eli SCOP- kertoimen avulla. Kaukora ilmoittaa, että heidän Jämä-maalämpöpumppunsa vuosilämpökerroin on 5,4. Gebwellin vuosilämpökerroin on 5,6 ja Niben 5,5 (Aries maalämpöpumppu n.d.; Jämä Star RST Inverter maalämpöpumppu n.d.; Maalämpöpumppu Nibe S1255 2020, 2). Näiden tietojen perusteella energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10.

Maalämpöpumppujen huoltovälistä oli heikosti tietoja saatavilla. Motiva (2019) kuitenkin ilmoittaa, että ilmalämpöpumppu olisi hyvä huoltaa 5–10 vuoden välein, joten tätä tietoa soveltamalla voidaan olettaa, että maalämpöpumpun lämpöpumppulaitteiston huoltoväli on samansuuruinen (Lämpöpumput – Usein kysytyt kysymykset 2019). Maalämpöpumpussa on lämpöpumpun lisäksi

myös muita huoltoa kaipaavia osia, kuten esimerkiksi kiertovesipumput, säätöventtiilit ja säätöventtiilien moottorit. Näiden osien käyttöiässä voidaan soveltaa kaukolämpölaitteistossa käytettyjen osien käyttöiä, jotka vaihtelivat 8–20 vuoden välillä.

Lämpöpumppulaitteiston lisäksi maalämmön lämmönkeruupiirin kuntoa on hyvä aika-ajoin seurata. Seurattavia asioita on muun muassa keruupiirin rakenteiden kunto ja porareiän vedenpinta. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 48.) Lämmönkeruupiirin tarkastusvälistä on huonosti tietoa saatavilla, joten tässä tapauksessa oletettiin, että kuntotarkastus tehdään muutaman vuoden välein. Tästä syystä maalämpöpumpun huoltovälin arvoksi saatiin 10.

Kaukora ilmoittaa Jämä-maalämpöpumppunsa käyttöohjeessa, että vain pätevyitynyt asentaja voi suorittaa kaukolämpölaitteiston huollon (Asentajan käsikirja – Jämä Star RST Inverter n.d., 51). Lämpöpumpun omistaja voi kuitenkin suorittaa lämmitys- ja lämmönkeruupuolien sihtien puhdistuksen ja paineen lisäyksen (Näin huollat maalämpö- tai vesi-ilmalämpöpumppua itse 2017). Tämän perusteella huollon vaativuuden arvoksi tuli 1.

Maalämpöpumpun vuosikäyttökustannukset olivat esimerkkirakennuksessa 583 € (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.). Maalämpöpumpun käyttökustannukset olivat muihin lämmitysmuotoihin verrattaessa kaikista alhaisimmat. Vuosikäyttökustannusten arvoksi saatiin siis 12.

Maalämpölaitteiston investointikustannukset vaihtelevat toteutustavan mukaan jonkin verran. Motivan lämmitystapojen vertailulaskurissa maalämmön investointikustannukset ovat 16 000 €, jossa lämmönkeruupiiri on toteutettu porakaivolla (Mt.). Tämän seurauksena investointikustannusten arvoksi tuli 1.

Jokainen edellä mainittu maalämpöpumppu vie 800 mm huoltotila mukaan lukien hieman alle 1 m<sup>2</sup> tilaa (Aries maalämpöpumppu n.d.; Jämä Star RST Inverter maalämpöpumppu n.d.; Maalämpöpumppu Nibe S1255 2020, 2). Kaukoran mukaan maalämpöpumpun lämmönjakohuoneessa pitää olla lattiakaivo vesivahinkojen estämiseksi (Asentajan käsikirja – Jämä Star RST Inverter n.d., 6). Näiden tietojen perusteella maalämpöpumpun tilantarpeen arvoksi tuli 4.

Kaikkien edellä mainittujen lämpöpumppujen lämpö säädetään digitaalisesti ja jokaisella lämpöpumpulla on etäohjausmahdollisuus (Aries maalämpöpumppu n.d.; Käyttöohjekirja Jämä Star RST Inverter n.d., 22–49; Maalämpöpumppu Nibe S1255 2020, 1). Lämpöpumput ilmoittavat tapahtuneista vioista ja häiriöistä ja Jämä-lämpöpumppu antaa jopa toimintaohjeita vian selvittämiseksi (Käyttöohjekirja Jämä Star RST Inverter n.d., 67). Näistä syistä johtuen maalämpöpumppujen helppokäyttöisyyden arvoksi saatiin 8.

Maalämmön energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10, huoltovälin arvo 10, huollon vaativuuden arvo 1, vuosikäyttökustannusten arvo 12, investointikustannusten arvo 1, tilantarpeen arvo 4 ja helppokäyttöisyyden arvo 8. Arvojen yhteenlaskettu summa on 46, joka sijoitetaan yhtälöön 1.

$$y = \frac{100}{67-7} * (46 - 7) = 65$$

Maalämmön käytettävyyssluokaksi saatiin 65.

### 5.3.2 Ilmalämpö

Ilmalämpöpumppuja tutkittaessa tarkasteltiin kolmen eri valmistajan mallia. Laitteet olivat Mitsubishi FT25VGHZ-SC, Toshiba Polar ja Panasonic NZ VKE.

Energiatehokkuutta tarkasteltaessa laitteistovalmistajat ilmoittavat seuraavat vuosilämpökertoimet; Mitsubishi 4,6, Toshiba 5,1 ja Panasonic 4,6 (FT-mallisarja 2020, 4; Panasonic NZ25VKE n.d., 2; Polar 2020, 8). SCOP-kertoimien keskiarvoksi saatiin 4,8, joten energiatehokkuuden arvoksi tuli 8.

Motiva (2019) ilmoittaa, että ilmalämpöpumppu olisi hyvä huoltaa 5–10 vuoden välein. Huollon yhteydessä tarkastetaan laitteen yleinen toiminta ja säädetään kylmäaineen määrä. Mikäli laitetta on hoidettu hyvin, ilmalämpöpumpun käyttöikä voi olla jopa yli 15 vuotta. (Lämpöpumput – Usein kysytyt kysymykset 2019.) Tästä johtuen huoltovälin arvoksi saatiin 12.

Kuten maalämpölaitteistossa, ilmalämpöpumppua saa huoltaa vain Tukesin hyväksymä kylmälaite-  
asentaja. Laitteen omistaja voi kuitenkin suorittaa sisäyksikön suodattimien ja ulkoyksikön puhdis-  
tuksen. Tästä syystä huollon vaativuuden arvoksi saatiin 1.

Ilmalämpöpumppu on rakennuksen tukilämmityslähde, joten käyttökustannusten sijaan lasketaan  
ilmalämpöpumpun tuomat säästöt esimerkkirakennuksessa. Ilmalämpöpumppu säästää esimerkki-  
rakennuksessa 404 € vuodessa (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d). Vuosisäästöjen arvoksi saa-  
tiin siis 9.

Motivan lämmitystapojen vertailulaskurissa ilmalämmön investointikustannukset ovat 2 000 €  
(Mt.). Tämän seurauksena investointikustannusten arvoksi tuli 8.

Ilmalämpöpumpun tilantarve on rakennuksen sisällä hyvin pieni. Lämpöpumpun sisäyksikkö asen-  
netaan seinälle lähelle kattoa, joten laite ei vie rakennuksesta yhtään lattiapinta-alaa. Vaikka ilma-  
lämpöpumpun asennukselle ei vaadita lattiakaivoa, on sisäyksikön kondenssivedet johdettava joko  
viemäriin tai ulos. Näiden tietojen perusteella tilantarpeen arvoksi saatiin 5.

Kaikkien edellä mainittujen valmistajien ilmalämpöpumppujen lämpötila säädetään digitaalisesti  
kaukosäätimen avulla. Jokaisessa edellä mainitussa laitteessa on myös etäohjausmahdollisuus joko  
vakiona tai lisävarusteena. Mitsubishin ilmalämpöpumppu ilmoittaa viasta vilkkuvan valon avulla,  
Panasonicin laite ilmoittaa vioista koodien avulla ja Toshiba pumppu ei ilmoita vioista ollenkaan.  
(MSZ-FT25VG Käyttöohjeet 2020, 6–15; Panasonic NZ25VKE Käyttöohje 2019, 18–34; Toshiba  
owner's manual n.d., 4.) Näistä syistä helppokäyttöisyyden arvoksi saatiin 4.

Ilmalämmön energiatehokkuuden arvoksi saatiin 8, huoltovälin arvo 12, huollon vaativuuden arvo  
1, vuosisäästöjen arvo 9, investointikustannusten arvo 8, tilantarpeen arvo 5 ja helppokäyttöisyy-  
den arvo 4. Arvojen yhteenlaskettu summa on 47, joka sijoitetaan yhtälöön 1.

$$y = \frac{100}{67-7} * (47 - 7) = 66,67 \approx 67$$

Ilmalämmön käytettävyyssluokaksi saatiin 67.

### 5.3.3 Ulkoilma-vesilämpö

Ulkoilma-vesilämpöpumppuja tutkittaessa tarkasteltiin taas kolmen eri valmistajan mallia. Laitteet olivat Nibe Polar 8–3, Jäspi Tehowatti Air Split ja Viessmann Vitocal 222-S Split. Jokaisessa edellä mainitussa mallissa on integroitu varaaja ja jokaisen lämpöpumpun tukilämmitys on hoidettu sähkövastuksella.

Energiatehokkuutta tutkittaessa valmistajat ilmoittavat seuraavat vuosilämpökertoimet; Nibe 4,1, Jäspi 3,65 ja Viessmann 3,42 (Jäspi Tehowatti Air Split 2021, 1; Nibe Polar 2021, 2; Vitocal 222-S 2018, 10). Näiden lämpökertoimien keskiarvo on 3,72 joten energiatehokkuuden arvoksi saatiin 6.

Ilma-vesilämpöpumpun käyttöikä on tyypillisesti 10–20 vuotta (Lämmitysjärjestelmien elinkaari 2020). Ulkoilma-vesilämpöpumppujen huoltovälistä ei kuitenkaan ole tietoa juurikaan saatavilla. Tässä tilanteessa sovellettiin taas edellä mainittua Motivan antamaa 5–10 vuoden huoltovälisuositusta, jolloin huoltovälin arvoksi annettiin 12.

Kuten muillakin kylmälaitteilla, ilma-vesilämpöpumpun huollon saa tehdä vain pätevytynyt asentaja. Tästä johtuen huollon vaativuuden arvoksi saatiin 1.

Ulkoilma-vesilämpöpumpun käyttökustannukset esimerkkirakennuksessa olivat 930 € vuodessa. Esimerkkirakennuksessa ulkoilma-vesilämpöpumpun osuus lämmitysenergiasta oli 80 % ja loput 20 % tuotettiin sähköllä. (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.) Tämän perusteella vuosikäyttökustannusten arvoksi tuli 9.

Motivan lämmitystapojen vertailulaskurissa ulkoilma-vesilämmön investointikustannukset ovat 10 000 € (Mt.). Investointikustannukset sijoittuivat arvojen 2 ja 4 välille, joten investointikustannusten arvoksi tuli 3.

Jokainen edellä mainittu Ulkoilma-vesilämpöpumpun sisäyksikkö vie 800 mm huoltotila mukaan lukien noin 0,85 m<sup>2</sup> tilaa (Jäspi Tehowatti Air Split 2021, 1; Nibe Polar 2021, 2; Vitocal 222-S 2018, 6). Lämmönjakohuoneessa on oltava lattiakaivo (Sisäyksikkö Tehowatti Air 2020, 8). Tilantarpeen arvoksi saatiin siis 4.

Jokaisen edellä mainitun ulkoilma-vesilämpöpumpun lämpötilaa säädetään digitaalisesti. Mikäli etäohjaus ei ole lämpöpumpussa vakiona, jokaiselle lämpöpumpulle on mahdollista asentaa etäohjauskortti. Jäspin ja Niben lämpöpumppu ilmoittaa toimintahäiriöistä ja antaa toimenpideohjeita häiriöiden poistamiseksi. (Jäspi Tehowatti Air – käyttäjän ohje 2015, 13–28; Sisäyksikkö Nibe VVM S320 2019, 9–15; Viessmann Vitocal 222-S 2020, 2–3) Näiden tietojen ansiosta helppokäyttöisyyden arvoksi saatiin 8.

Ulkoilma-vesilämmön energiatehokkuuden arvoksi saatiin 6, huoltovälin arvo 12, huollon vaativuuden arvo 1, vuosikäyttökustannusten arvo 9, investointikustannusten arvo 3, tilantarpeen arvo 4 ja helppokäyttöisyyden arvo 8. Arvojen yhteenlaskettu summa on 43, joka sijoitetaan yhtälöön 1.

$$y = \frac{100}{67-7} * (43 - 7) = 60$$

Ulkoilma-vesilämmön käytettävyyaluokaksi tuli 60.

## 5.4 Sähkölämmitys

Sähkölämmitykselle on useita eri toteutusvaihtoehtoja, joten sähkölämmitystä tarkasteltaessa tutustuttiin kahteen eri toteutustapaan. Ensimmäisenä tutkittavana sähkölämmitysvaihtoehtona oli sähkökattilalämmitys, jossa tutkittiin Jäspi Tehowatti- mallista kattilaa. Toisena lämmitysvaihtoehtona oli sähkökäyttöinen lattialämmitys ja lämminvesivaraaja. Lattialämmitystä tarkasteltaessa tutkittiin Danfossin valmistamaa Devireg Opti mallia, jossa on mm. digitaalinen lämmönsäätö. Lämminvesivaraajia tarkasteltaessa tutustuttiin Jäspin VLM lämminvesivaraajaan.

Kuten aiemmin todettiin, sähkölämmityksen hyötysuhde on 100 %, joten sähkölämmityksen energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10.

Muihin lämmitysmuotoihin verrattuna, sähkölämmityksessä on yleensä hyvin vähän liikkuvia osia. Jäspi-sähkökattilassa on kuitenkin kiertovesipumppu lämmitysverkostoa varten, ja aiemmin mainittiin, että kiertovesipumpun käyttöikä on yli 20 vuotta. Motiva (2020) myös ilmoittaa, että suoran sähkölämmityksen käyttöikä on 20–30 vuotta (Lämmitysjärjestelmien elinkaari 2020). Näiden tietojen perusteella huoltovälin arvoksi annettiin 12.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto ilmoittaa, että sähköasennus ja -huoltotöitä voi tehdä ainoastaan pätevyitynyt asentaja. Maallikko voi kuitenkin suorittaa joitain sähkökorjaustöitä, mikäli hän tietää varmasti, kuinka työ suoritetaan. Sallittuja maallikon tekemiä sähköasennus ja -korjaustöitä on mm. sulakkeiden vaihto, jatkojohdon korjaus ja tekeminen ja liitäntäjohtojen korjaus. (Tee se itse -sähkötyöt n.d.) Maallikko ei voi kuitenkaan esimerkiksi vaihtaa lattialämmityksen termostaattia tai sähkövastusta sähkökattilalle. Tämän perusteella huollon vaativuuden arvoksi tuli 1.

Sähkölämmityksen käyttökustannuksiin vaikuttaa merkittävästi asuinpaikkakunta sekä rakennuksen sähkösojimus. Esimerkkirakennuksen vuosikäyttökustannukset olivat sähkölämmityksellä 1709 € (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.). Käyttökustannukset olivat sähkölämmityksessä siis kaikkein korkeimmat. Tämän seurauksena sähkölämmityksen käyttökustannusten arvoksi annettiin 1.

Sähkölämmityksen investointikustannukset voivat vaihdella toteutustavasta riippuen jonkin verran. Motinvan lämmitystapojen vertailulaskuri ilmoittaa sähkölämmityksen investointikustannusten olevan 5 000 € (Mt.). Tästä johtuen investointikustannusten arvoksi tuli 6.

Sähkölämmityksen tilantarve vaihtelee toteutustavan mukaan hyvinkin paljon. Sähkökäyttöinen lattialämmitys ei vie lainkaan tilaa. Jäspi-sähkökattila vie noin 0,85 m<sup>2</sup> tilaa ja Jäspi-lämminvesivaraaja vie varaajan suuruudesta riippuen 0,85–1,1 m<sup>2</sup> tilaa (Tehowatti sähkökattila n.d.; VLM 100-500 I lämminvesivaraaja n.d.). Sähkökattilan ja -varaajan asennustilassa on oltava lattiakaivo (Jäspi Tehowatti Asennus- ja käyttöohje 2017, 6; Jäspi VLM 2021, 7). Tilantarpeen arvoksi saatiin siis 4.

Jäspi-sähkökattilassa on digitaalinen lämmönsäätö ja kattila ilmoittaa tapahtuneista häiriöistä laitteen näytöllä (Jäspi Tehowatti Asennus- ja käyttöohje 2017, 14). Jäspi-sähkövaraajan lämpö taas säätyy väännettävällä termostaatilla, ja varaajassa ei ole minkäänlaista häiriöilmoitusjärjestelmää (Jäspi VLM 2021, 5). Danfoss (2019) ilmoittaa, että heidän valmistamaa lattialämmitystermostaattia säädetään digitaalisesti ja lämpötilan säädöt voidaan toteuttaa viikkoajastimella. Devi termostaatti myös ilmoittaa vioista vikakoodien avulla (Devireg Opti asennusopas 2019, 16–18). Tämän seurauksena sähkölämmityksen helppokäyttöisyyden arvoksi saatiin 4.

Sähkölämmityksen energiatehokkuuden arvoksi saatiin 10, huoltovälin arvo 12, huollon vaativuuden arvo 1, vuosikäyttökustannusten arvo 1, investointikustannusten arvo 6, tilantarpeen arvo 4 ja helppokäyttöisyyden arvo 4. Arvojen yhteenlaskettu summa on 38, joka sijoitetaan yhtälöön 1.

$$y = \frac{100}{67-7} * (38 - 7) = 51,67 \approx 52$$

Sähkölämmityksen käytettävyyssluokaksi tuli 52.

## 5.5 Aurinkoenergia

Aurinkolämmitystä tutkittaessa tutkittiin vain yhden valmistajan aurinkokeräinpakettia, sillä muiden valmistajien aurinkokeräimistä ei ollut tarpeeksi tietoa käytettävyyssluokituksen tekemiseen. Tarkasteltavaksi laitteeksi valittiin Kaukoran tarjoama Jäspi Solar PAK, jossa käytetään tasokeräimiä. Tämän kyseisen paketin mukana ei tule lämminvesivaraajaa, joten järjestelmä on liitettävä toisen lämmitysjärjestelmän rinnalle.

Kaukora ei ole ilmoittanut Jäspi-aurinkokeräintensä hyötysuhdetta, mutta Motiva (2020) kuitenkin ilmoittaa, että aurinkokeräinten hyötysuhde voi olla jopa yli 70 % (Aurinkokeräinten hyötysuhteet 2020). Tästä johtuen aurinkolämmityksen energiatehokkuuden arvoksi saatiin 6.

Kaukoran mukaan heidän aurinkolämmitysjärjestelmän lämmönsiirtoneste pitäisi vaihtaa 4–6 vuoden välein. Lisäksi paisunta-astian esipaine olisi syytä tarkastaa kahden vuoden välein. (Jäspi Solar PAK Aurinkojärjestelmät n.d., 13) Aurinkolämmityksen huoltovälin arvoksi tuli siis 10.

Lämmityslaitteen omistaja voi huoltaa aurinkokeräinjärjestelmää, mikäli hänellä on riittävä tietämys laitteen toiminnasta. Lämmönsiirtonesteen vaihdolle ei ole annettu mitään ohjeita, joten vaihtotyö vaatii vähintään keskinkertaista teknistä osaamista ja tietämystä laitteen toiminnasta. Tästä syystä huollon vaativuuden arvoksi tuli 6.

Aurinkolämmityksen tuomiin säästöihin vaikuttaa järjestelmän koko, asennuksen oikeaoppisuus, vuodenaika ja vallitseva säätila. Aurinkolämmityksen tuomat vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa olivat 291 € (Lämmitystapojen vertailulaskuri n.d.). Tästä johtuen vuosisäästöjen arvoksi tuli 6.

Aurinkolämpöjärjestelmän investointikustannukset ovat Motivan mukaan 4 500 €. Investointikustannusten arvoksi tuli 6.

Mikäli rakennuksessa on jo lämminvesivaraaja, johon aurinkokeräinjärjestelmä voidaan liittää, järjestelmä ei vie tilaa rakennuksen sisältä juuri yhtään. Jos taas rakennuksessa ei ole varaajaa, järjestelmä vie n. 0,85 m<sup>2</sup> tilaa. Tilantarpeen arvo vaihtelee 4–5 välillä toteutustavan mukaan, joten tilantarpeen lopulliseksi arvoksi annettiin 4,5.

Aurinkolämpöjärjestelmän lämpötilaa ei tarvitse itse säätää, sillä ohjausautomaatiikka pyrkii saamaan parhaan mahdollisen lämmitystuloksen automaattisesti. Jäspi-laitteiston automaatiikka ilmoittaa käyttöhäiriöistä laitteen näytöllä, mutta laite ei ilmoita huoltotarpeesta (SCU 10 Asennus- ja hoito-ohjeet n.d., 23). Näiden tietojen perusteella helppokäyttöisyyden arvoksi tuli 6.

Aurinkolämmön energiatehokkuuden arvoksi saatiin 6, huoltovälin arvo 10, huollon vaativuuden arvo 6, vuosisäästöjen arvo 6, investointikustannusten arvo 6, tilantarpeen arvo 4,5 ja helppokäyttöisyyden arvo 6. Arvojen yhteenlaskettu summa on 44,5, joka sijoitetaan yhtälöön 1.

$$y = \frac{100}{67-7} * (44,5 - 7) = 62,5 \approx 63$$

Aurinkolämmön käytettävyyssuokaksi saatiin 63.

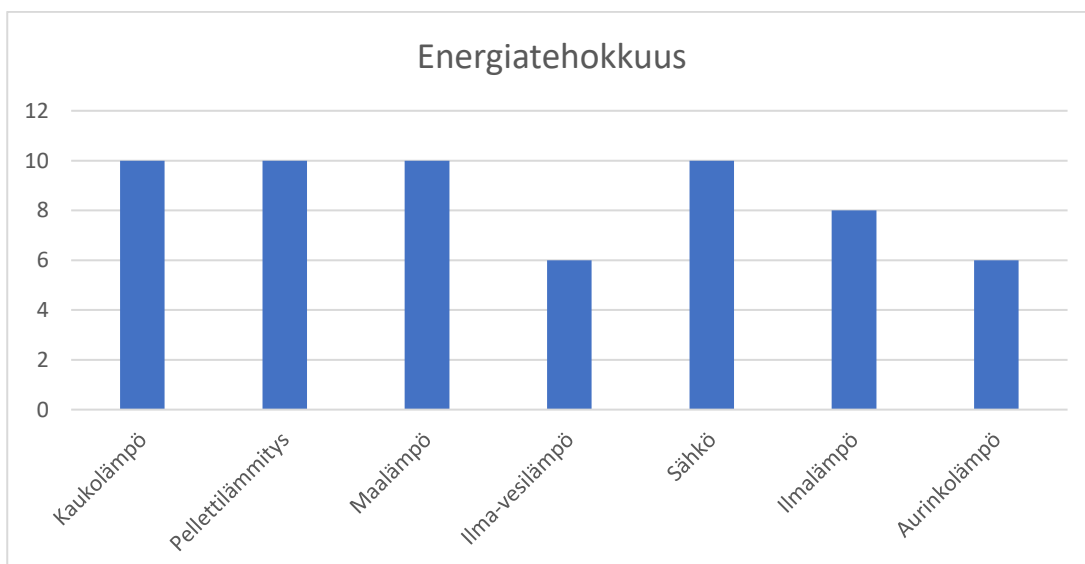
## 6 Käytettävyyssuokituksen tulokset

Käytettävyyssuokituksen tulokset esitellään taulukossa 9, jossa päälämmitysmuodot ovat esitelty sinisellä ja tukilämmitysmuodot vihreällä. Ilmalämpö sai käytettävyyssuokitukseltaan parhaimman tuloksen; 67. Suureen tulokseen vaikutti laitteen pitkä huoltoväli ja suuret vuosisäästöt. Toiseksi parhaimman tuloksen sai maalämpö, joka sai 65 pistettä hyvän energiatehokkuuden ja pienten käyttökustannusten ansiosta. Kolmanneksi parhain tulos tuli kaukolämmölle, joka sai 63 pistettä.

Taulukko 9. Käytettävyyssluokituksen tulokset

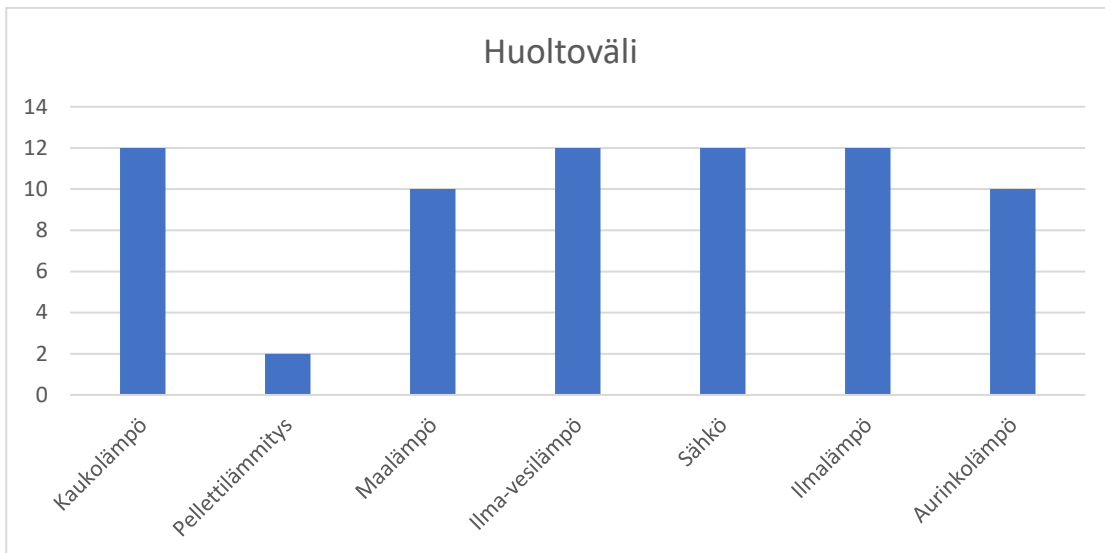
	Kaukolämpö	Pellettilämmitys	Maalämpö	Ilma-vesilämpö	Sähkö	Ilmalämpö	Aurinkolämpö
Energiatehokkuus	10	10	10	6	10	8	6
Huoltoväli	12	2	10	12	12	12	10
Huollon vaativuus	1	9	1	1	1	1	6
Käyttökustannukset	6	9	12	9	1		
Vuosisäästöt						9	6
Investointikustannukset	4	2	1	3	6	8	6
Tilantarve	4	1	4	4	4	5	4,5
Helppokäyttöisyys	8	6	8	8	4	4	6
<b>Arvot Yht.</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>47</b>	<b>44,5</b>
0-100	63,33	53,33	65,00	60,00	51,67	66,67	62,50
<b>Yleinen ~0-100</b>	<b>63</b>	<b>53</b>	<b>65</b>	<b>60</b>	<b>52</b>	<b>67</b>	<b>63</b>

Lämmitysmuotojen kootut energiatehokkuuden arvot esitellään kuviossa 10. Ulkoilma-vesilämpöä lukuun ottamatta kaikki päälämmitysmuodot saivat energiatehokkuuden arvoksi parhaimman mahdollisen arvon; 10. Ilmalämpöpumput ovat jostain syystä ulkoilma-vesilämpöpumppuja energiatehokkaampia. Tämä ero johtuu luultavasti siitä, että ilma-vesilämpöpumpuilla lämmitetään koko rakennusta käyttövesi mukaan lukien.



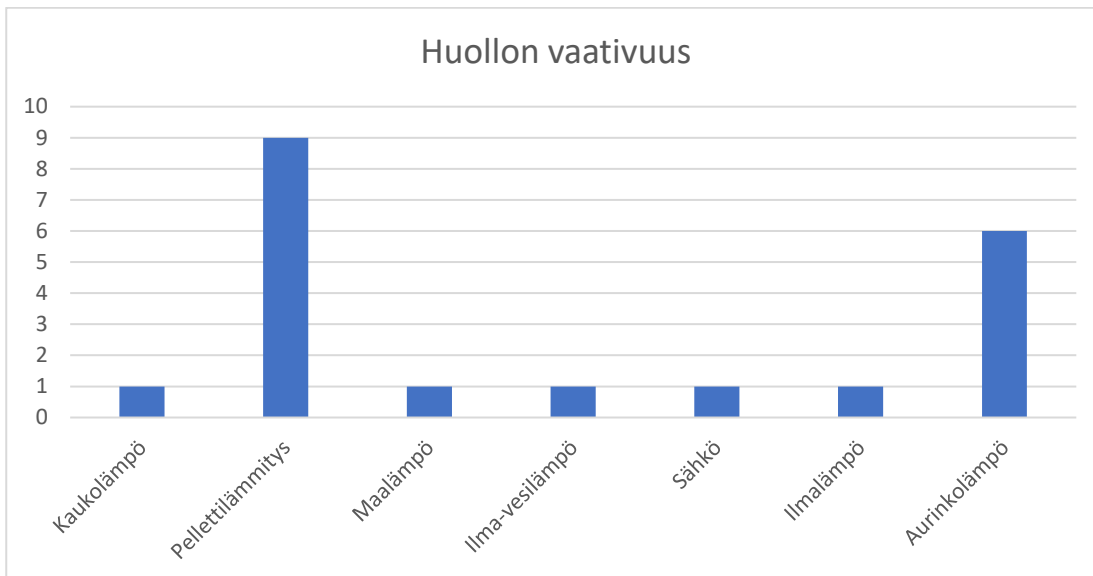
Kuvio 10. Energiatehokkuuksien arvot

Huoltovälien arvot ovat koottuna kuviossa 11. Arvot olivat lähes kaikilla lämmitysmuodoilla samat, mutta suurimpana poikkeuksena oli pellettilämmitys, jonka huoltovälin arvoksi tuli 2. Myös maalämmön ja aurinkolämmön huoltovälin arvo on muita lämmitysmuotoja hieman pienempi. Tästä kaaviosta voidaan olettaa, että lähes kaikki lämmitysmuodot ovat suurien huoltoväliensä puolesta hyvin helppohoitoisia.



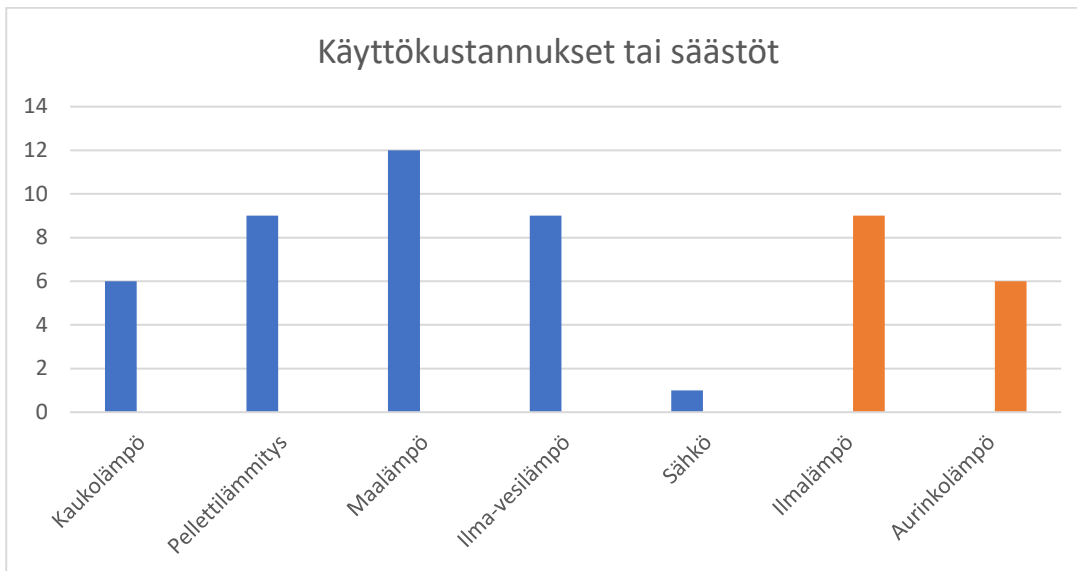
Kuvio 11. Huoltovälien arvot

Huollon vaativuuden arvot ovat koostettu kuvioon 12. Toisin kuten huoltovälien arvoissa, pellettilämmitys sai huollon vaativuuden arvoksi tutkittavista lämmitysmuodoista parhaimman arvon. Kylmälaitetekniikkaan ja kaukolämpöön perustuvat lämmitysmuodot vaativat huoltoja varten pätevoityneen asentajan, jonka seurauksena jokainen edellä mainittu lämmitysmuoto sai huollon vaativuuden arvoksi huonoimman arvon; 1.



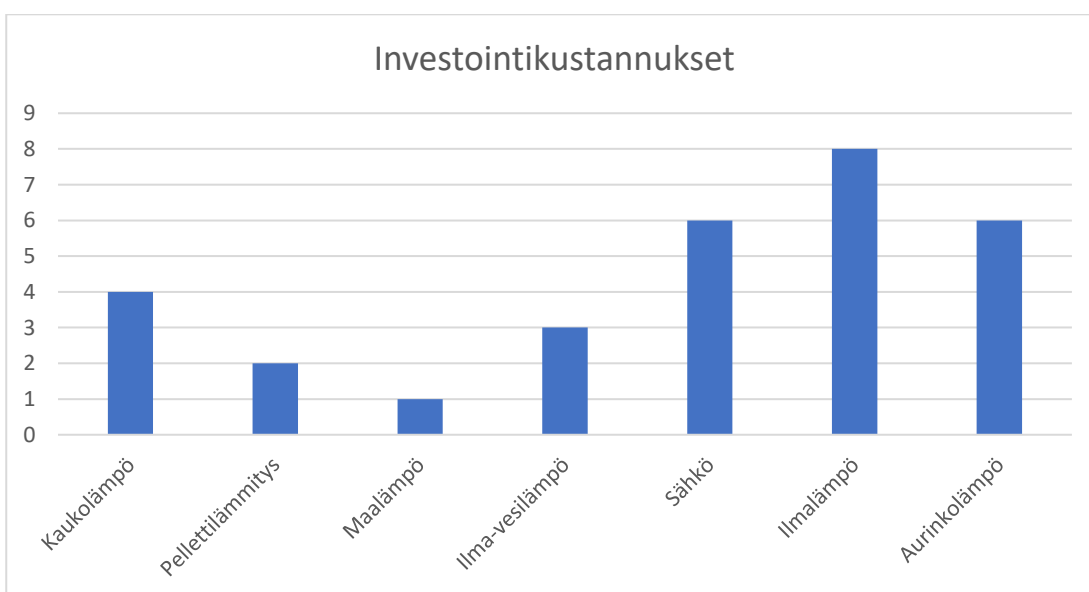
Kuvio 12. Huollon vaativuuden arvot

Lämmitysmuotojen käyttökustannukset tai säästöt esitellään kuviossa 13. Maalämmön käyttökustannukset ovat tutkituista lämmitysmuodoista kaikista pienimmät, joten maalämpö sai parhaimman arvon; 12. Pelletti ja ilma-vesilämpö ovat käyttökustannuksiltaan lähes samat, ja kaukolämpö on muita edellä mainittuja lämmitysmuotoja hieman kalliimpi. Sähkölämmitys on kaikista kallein lämmitysmuoto, joten sähkölämmitys sai huonoimman arvon; 1. Ilmalämpö ja aurinkolämpö ovat esitetty kaaviossa eri värillä, sillä nämä lämmitysmuodot ovat tukilämmitysjärjestelmiä. Ilmalämpöpumppu tuottaa aurinkolämpöön verrattaessa hieman enemmän säästöjä.



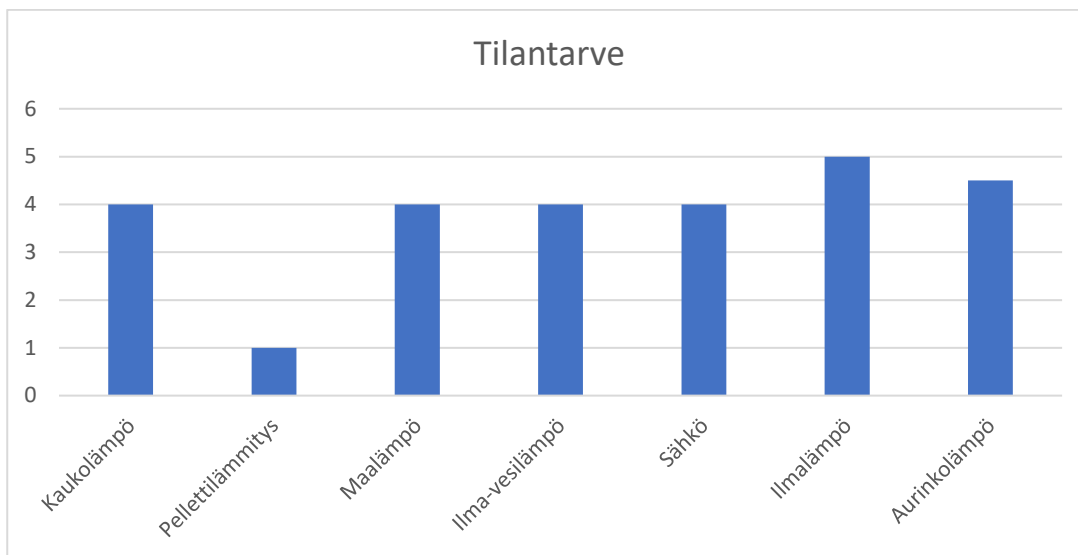
Kuvio 13. Käyttökustannukset tai säästöt

Investointikustannusten arvot esitellään kuviossa 14. Ilmalämpö on investointikustannuksiltaan kaikista halvin lämmitysmuoto, joten se sai kaikista parhaimman arvon; 8. Maalämpö on taasen kallein lämmitysmuoto, joten se sai huonoimman arvon; 1. Kuvion perusteella voidaan todeta, että investointikustannukset vaihtelevat lämmitysmuodosta riippuen hyvinkin paljon.



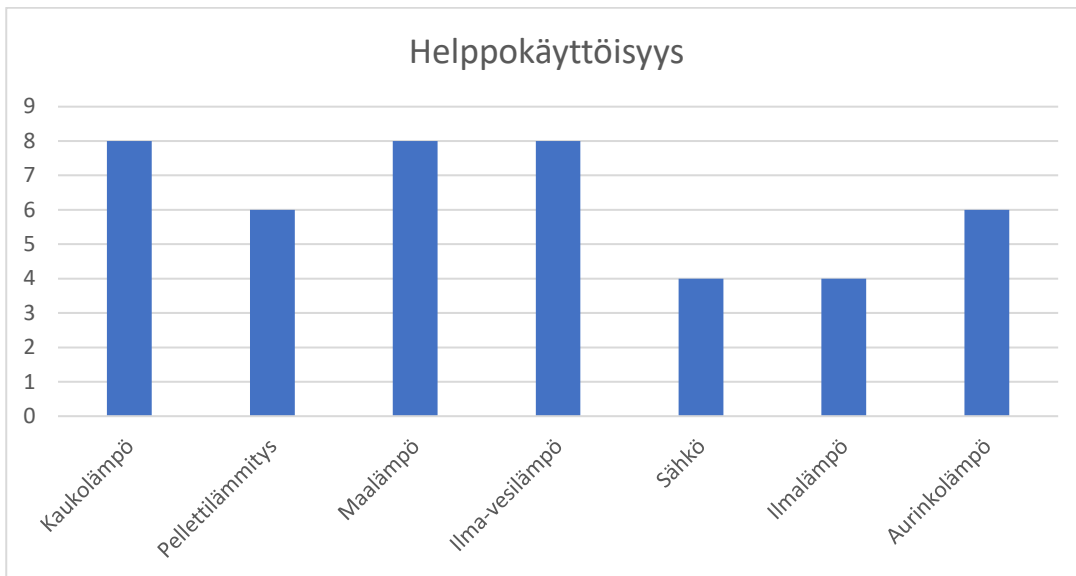
Kuvio 14. Investointikustannukset

Tilantarpeen arvot esitellään kuviossa 15. Tilantarpeen arvot pysyttelevät pellettilämmitystä lukuun ottamatta pääpiirteittäin samalla tasolla. Ilmalämpö sai kaikista parhaimman arvon johtuen siitä, että laitteen sisäyksikkö on hyvin pieni ja yksikkö ei vie rakennuksesta yhtään lattiapinta-alaa. Pellettilämmityksen arvon pienuuteen vaikuttaa pellettivaraston tarve sekä muut erikoisvaatimukset paloturvallisuuden suhteen.



Kuvio 15. Tilantarve

Helppokäyttöisyyden kootut arvot esitellään kuviossa 16. Parhaimmat tulokset saivat kauko-, maa- ja ilma-vesilämpöjärjestelmät johtuen muun muassa selkeistä vikailmoituksista ja helpoista lämmönsäätötavoista. Helppokäyttöisyyttä tutkittaessa huomattiin, että laitteiden helppokäyttöisyys vaihteli huomattavasti eri valmistajien välillä. Esimerkiksi ilmalämpöpumpuissa erään valmistajan laite ei tee minkäänlaista vikailmoitusta, kun taas toisen valmistajan laite ilmoittaa viasta vikakoodien avulla. Pellettikattiloissa lämpötilansäätö voi tapahtua perinteisellä väännettävällä termostaatilla tai sitten digitaalisesti. Näistä seikoista johtuen helppokäyttöisyyden arvojen määrittäminen oli hieman haastavaa.



Kuvio 16. Helppokäyttöisyys

## 7 Omistajan haastattelu

Yksilöity käytettävyyssluokka selvitetään käyttämällä edellisissä kappaleissa selvitettyjä käytettävyyssluokitusten arvoja ja kyselymuotoista haastattelua. Kyselyssä esitetään kysymys jokaisesta lämmityslaitteen käytettävyyden käsitteestä ja kyselyssä saadut tulokset toimivat kertoimina käytettävyyssluokitusten arvoille. Jos esimerkiksi laitteiston energiatehokkuuden arvo on 10 ja haastateltava antaa kyselyssä energiatehokkuuskysymyksen vastaukseksi 4, laitteiston yksilöidyn energiatehokkuuden arvoksi tulee 40.

Yksilöityjen arvojen summa on suurimmillaan 670 ja pienimmillään 7. Tämä luku sijoitetaan yhtälöön 2 muuttujan  $x$  kohdalle, jolloin tulokseksi saadaan yksilöity käytettävyyssluokka. Yhtälössä 2 suoritetaan myöskin lineaarinen interpolaatio, jossa luvut 7–670 muunnetaan 0–100 asteikolle. Kuten yleinen käytettävyyssluokka, yksilöity käytettävyyssluokka vaihtelee myöskin lukujen 0–100 välillä.

$$y = \frac{100}{670-7} * (x - 6) \quad (2)$$

missä  $x$  = yksilöityjen arvojen summa

## 7.1 Haastattelupohja

Taulukossa 10 esitellään haastattelupohja. Kysely koostuu kymmenestä kysymyksestä, joista kolme liittyy laitteiston helppokäyttöisyyteen. Näiden kolmen helppokäyttöisyyden kysymyksen vastauksesta lasketaan keskiarvo ja tämä keskiarvo toimii helppokäyttöisyyden kertoimena.

Taulukko 10. Haastattelupohja

Aihe	Kysymys	Vastaus 1-10	Vastauksen määritelmä
<b>Energiatehokkuus</b>	Lämmitysjärjestelmän on toimittava mahdollisimman energiatehokkaasti. Eli sähkön- tai polttoaineenkulutuksen on oltava mahdollisimman alhainen.		<p><i>1 = Täysin eri mieltä</i></p> <p><i>10 = Täysin samaa mieltä</i></p>
<b>Huoltoväli</b>	Laitteiston huoltovälin on oltava pitkä. Eli laitteistoa ei tarvitse huoltaa usein.		
<b>Huollon vaativuus</b>	Laitteiston huollot on pystyttävä tekemään itse ilman ammattilaisen apua.		
<b>Käyttökustannukset (Päälämmitysmuodoilla)</b>	Lämmitysjärjestelmän käyttökustannukset on oltava pienet.		
<b>Vuosisäästöt (Tukilämmitysmuodoilla)</b>	Tukilämmitysjärjestelmän tuomat säästöt on oltava suuret.		
<b>Investointikustannukset</b>	Laitteiston investointikustannukset on oltava pienet.		
<b>Tilantarve</b>	Lämmitysjärjestelmän on vietävä mahdollisimman vähän tilaa.		
<b>Helppokäyttöisyys</b>	Lämmityksen lämpötilaa on pystyttävä säätämään helposti ja tarkasti.		
	Laitteen on ilmoitettava vioista ja huoltotarpeesta selkeästi, ja laite antaa vikatilanteissa toimintaohjeita.		
	Laitteessa on oltava etäohjaus ja/tai -valvontamahdollisuus.		

## 7.2 Haastattelun tulokset

Kun haastattelupohja saatiin valmiiksi, kysely annettiin rakennuksen omistajalle. Kyselyn tulokset ovat esitelty taulukossa 11. Helppokäyttöisyyden kysymyksiin vastattiin 7, 9 ja 8, joten vastausten keskiarvoksi tulee 8. Haastattelun tulosten vaikutus yksilöityyn käytettävyyssluokkaan esitellään seuraavassa kappaleessa.

Taulukko 11. Haastattelun tulokset

Aihe	Kysymys	Vastaus 1-10	Vastauksen määritelmä
<b>Energiatehokkuus</b>	Lämmitysjärjestelmän on toimittava mahdollisimman energiatehokkaasti. Eli sähkön- tai polttoaineenkulutuksen on oltava mahdollisimman alhainen.	<b>10</b>	<i>1 = Täysin eri mieltä</i>  <i>10 = Täysin samaa mieltä</i>
<b>Huoltoväli</b>	Laitteiston huoltovälin on oltava pitkä. Eli laitteistoa ei tarvitse huoltaa usein.	<b>8</b>	
<b>Huollon vaativuus</b>	Laitteiston huollot on pystyttävä tekemään itse ilman ammattilaisen apua.	<b>9</b>	
<b>Käyttökustannukset (Päälämmitysmuodoilla)</b>	Lämmitysjärjestelmän käyttökustannukset on oltava pienet.	<b>10</b>	
<b>Vuosisäästöt (Tukilämmitysmuodoilla)</b>	Tukilämmitysjärjestelmän tuomat säästöt on oltava suuret.	<b>4</b>	
<b>Investointikustannukset</b>	Laitteiston investointikustannukset on oltava pienet.	<b>8</b>	
<b>Tilantarve</b>	Lämmitysjärjestelmän on vietävä mahdollisimman vähän tilaa.	<b>2</b>	
<b>Helppokäyttöisyys</b>	Lämmityksen lämpötilaa on pystyttävä säätämään helposti ja tarkasti.	<b>7</b>	
	Laitteen on ilmoitettava vioista ja huoltotarpeesta selkeästi, ja laite antaa vikatilanteissa toimintaohjeita.	<b>9</b>	
	Laitteessa on oltava etäohjaus ja/tai -valvontamahdollisuus.	<b>8</b>	

## 8 Lämmitysratkaisun valinta kohteeseen

Taulukossa 12 esitellään yksilöidyt käytettävyyssuositukset. Maalämpö sai parhaimman tuloksen 58. Kaukolämpö tuli toiselle sijalle pisteillä 55 ja tulos on merkattu punaisella, sillä kaukolämpöä ei ole saatavilla tutkittavassa rakennuksessa. Jaetulle kolmannelle sijalle tuli yllättäen pellettilämmitys ulkoilma-vesilämmön kanssa pisteillä 52. Tämä johtuu siitä, että kyselyn perusteella rakennuksen omistajaa ei haitannut, että lämmitysjärjestelmä vie paljon tilaa rakennuksen sisältä. Neljännelle jaetulle sijalle tuli aurinko- ja ilmalämpö, jotka saivat 48 pistettä. Nämäkin lämmitysmuodot ovat merkattu punaisella, sillä rakennukseen oltiin etsimässä vain päälämmitysmuotoa. Viimeiselle sijalle tuli sähkölämmitys pisteillä 45.

Taulukko 12. Yksilöidyn käytettävyyssuosituksen tulokset

	Kaukolämpö	Pellettilämmitys	Maalämpö	Ilma-vesilämpö	Sähkö	Ilmalämpö	Aurinkolämpö
Energiatehokkuus	100	100	100	60	100	80	60
Huoltoväli	96	16	80	96	96	96	80
Huollon vaativuus	9	81	9	9	9	9	54
Käyttökustannukset	60	90	120	90	10	0	0
Vuosisäästöt	0	0	0	0	0	36	24
Investointikustannukset	32	16	8	24	48	64	48
Tilantarve	8	2	8	8	8	10	9
Helppokäyttöisyys	64	48	64,00	64,00	32,00	32,00	48
<b>Yht</b>	<b>369</b>	<b>353</b>	<b>389</b>	<b>351</b>	<b>303</b>	<b>327</b>	<b>323</b>
<b>0-100</b>	54,60	52,19	57,62	51,89	44,65	48,27	47,66
<b>Yksilöity ~0-100</b>	<b>55</b>	<b>52</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>48</b>

Näiden tietojen perusteella maalämpö olisi parhain lämmitysvaihtoehto kyseiselle rakennukselle. Maalämmön energiatehokkuus on korkea, käyttökustannukset pieniä ja huoltovälit pitkiä. Maalämmön haittapuolena on se, että laitteistoa ei voi huoltaa itse. Tulosten perusteella pellettilämmitys voi myös olla varteenotettava vaihtoehto, mutta pitää kuitenkin muistaa, että pellettilämmitysjärjestelmä vaatii jatkuvaa hoitoa. Kolmantena vaihtoehtona on ilma-vesilämpö, jonka hyvänä puolena on pitkät huoltovälit ja kohtuulliset käyttökustannukset, mutta haittapuolena on sitten maalämpöön ja pellettilämmitykseen verrattuna hieman alhaisempi energiatehokkuus ja se, ettei laitteistoa voi huoltaa itse.

Näiden kolmen vaihtoehdon lisäksi on myös neljäs vaihtoehto, jossa vanha pellettikattila ja uusi ilma-vesilämpöjärjestelmä yhdistettäisiin. Järjestelmä toimisi niin, että ilma-vesilämpöpumppu

tuottaisi rakennuksen tarvitseman lämmön kevään, kesän ja syksyn aikana ja sitten talvella pellettikattila otettaisiin käyttöön ilma-vesilämpöpumpun rinnalle. Tällaisella järjestelyllä ilma-vesilämpöpumppu ei veisi niin paljoa sähköä ja pellettikattilaa pitäisi huoltaa vain talvisin. Tämän järjestelmän huonona puolena on, että järjestelmä veisi vielä enemmän tilaa rakennuksen sisältä, mutta toisaalta kuten aiemmin kyselyn tuloksissa huomattiin, rakennuksen omistajaa ei juurikaan haittaa, että järjestelmä vie jonkin verran tilaa.

## 9 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena oli rakentaa lämmitysmenetelmän käytettävyyden määrittelypohja, jonka avulla saadaan laskettua lämmitysmuodon käytettävyyssuokka. Määrittelypohjan teko onnistui hyvin ja kyseisellä pohjalla saatiin laskettua pientalon yleisimpien lämmitysmuotojen käytettävyyssuokka. Joidenkin lämmitysmuotojen käytettävyyssuokituksen laskennassa oli hieman haasteita, sillä joitain tarvittavia tietoja ei ollut saatavilla. Tästä johtuen arvojen määrittämisessä piti hieman soveltaa jonkun toisen lämmitysmuodon tietoja. Esimerkiksi ulkoilma-vesilämpöpumppujen huoltovälistä ei ollut juuri mitään tietoa saatavilla, joten tästä johtuen ulkoilma-vesilämpöpumpun huoltovälissä käytettiin ilmalämpöpumpun huoltoväliä.

Työn toisena tavoitteena oli kehittää kyselypohja, jonka avulla voidaan selvittää pientalon omistajan tarpeet lämmityslaitteen käytettävyyden suhteen, ja sen pohjalta laskea yksilöidyt käytettävyyssuokitukset, jotka ovat räätälöity kyselyn vastaajan mieltymysten mukaan. Kyselypohja saatiin hyvin tehtyä ja kysely saatiin suoritettua rakennuksen omistajalle. Vastausten perusteella saatiin laskettua yksilöidyt käytettävyyssuokitukset, ja yksilöityjen käytettävyyssuokituksen perusteella annettiin muutama ehdotus rakennuksen uuden lämmitysmuodon suhteen.

Opinnäytetyössä tehtyä määrittelypohjaa ja yleisiä käytettävyyssuokituksia voidaan hyödyntää esimerkiksi tuotekehittelyssä. Jonkin lämmityslaitteen suunnittelija voisi esimerkiksi laskea määrittelypohjan avulla omalle laitteelleen käytettävyyssuokan ja sen pohjalta tutkia, miten laitetta pitäisi parantaa, jotta se olisi helppokäyttöisempi. Suunnittelija voisi myös vertailla omia tuloksiaan yleisiin käytettävyyssuokituksiin.

Myös pientalon omistaja voi hyötyä opinnäytetyön tuloksista. Esimerkiksi uutta lämmitysmuotoa etsivä pientalon omistaja voi vastata työssä tehtyyn kyselypohjaan, ja sen avulla selvittää, mikä olisi parhain lämmitysmuoto kyseiselle rakennukselle.

Opinnäytetyön tekemisen loppuvaiheessa tuli muutamia jatkokehitysideoita. Ensimmäkin maakaasulämmitys olisi hyvä ottaa mukaan käytettävyyssuokitteluun, sillä maakaasulämmitystä pidetään ihan varteenotettavana lämmitysvaihtoehtona, mikäli vain sattuu asumaan verkoston läheisyydessä. Käytettävyyssuokittelussa ei tarkasteltu laitteistojen vikaherkkyttä, joten sekin olisi hyvä ottaa huomioon.

## Lähteet

Alanen, V., Kokkonen, A., Nalkki, J., Puhakka, A. & Rousku, P. 2003. Pellettilämmitysopas: perustietoa pellettilämmityksestä. Helsinki: Motiva.

Aries maalämpöpumppu. N.d. Gebwell Oy. Viitattu 28.6.2021. <https://gebwell.fi/tuotteet/maalampopumput/aries-maalampopumput/>.

Ariterm - Pellettilämmitys. 2015. Ariterm Oy. Yleistietoa pellettilämmityksestä ja järjestelmän toiminnasta. Viitattu 20.6.2021. <https://ariterm.fi/wp-content/uploads/2020/09/Pellettiesite.pdf>.

Asennus- ja käyttöohje Ariterm BeQuem 20. 2020. Ariterm Oy. Pellettipolttimen asennus- ja käyttöohje. Viitattu 27.6.2021. <https://ariterm.fi/wp-content/uploads/2020/04/AritermService-BeQuem-20-asennus-ja-k%C3%A4ytt%C3%B6ohje.pdf>.

Asennus- ja käyttöohje Biomatic+ 20 ja 30. 2008. Ariterm Oy. Pellettikattilan asennus- ja käyttöohje. Viitattu 27.6.2021. [https://ariterm.fi/wp-content/uploads/2021/01/Biomatic-20\\_30.pdf](https://ariterm.fi/wp-content/uploads/2021/01/Biomatic-20_30.pdf).

Asentajan käsikirja – Jämä Star RST Inverter. N.d. Kaukora Oy. Maalämpöpumpun asennusohje. Viitattu 27.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/02/Jama\\_Star\\_RST\\_Inverter\\_Asentajan-kasikirja\\_FI\\_331374-4\\_2018.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/02/Jama_Star_RST_Inverter_Asentajan-kasikirja_FI_331374-4_2018.pdf).

Aurinkokeräinten hyötysuhteet. 2020. Motiva Oy. Viitattu 23.6.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten\\_hyotysuhteet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet).

Aurinkolämpöjärjestelmät. 2020. Motiva Oy. Viitattu 23.6.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat).

Devireg Opti asennusopas. 2019. Danfoss. Viitattu 8.7.2021. <https://assets.danfoss.com/documents/36659/AN309731463500fi-FI0101.pdf>.

Energian säästö ja lämpökertoimet. N.d. Viitattu 21.6.2021. <http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energian-saasto>.

Energiavuosi 2020 - Kaukolämpö. 2021. Energiateollisuus Ry. Viitattu 3.7.2021. [http://www.energia.fi/files/5649/Kaukolampovuosi\\_2020\\_netti.pptx](http://www.energia.fi/files/5649/Kaukolampovuosi_2020_netti.pptx).

FT-mallisarja. 2020. Scanoffice Oy. Mitsubishi FT-mallisarjan esite. Viitattu 1.7.2021. <https://www.scanoffice.fi/wp-content/uploads/sites/11/2020/08/ft-esite.pdf>.

G-Power Asennus, käyttö- ja huolto-ohje. 2021. Gebwell Oy. Viitattu 7.7.2021. <https://gebwell.fi/wp-content/uploads/2019/07/G-Power-pientalokeskus-asennusohje-v-4-6-05052021.pdf>.

G-Power Pientalokeskus. N.d. Gebwell Oy. Viitattu 7.7.2021. <https://gebwell.fi/wp-content/uploads/2019/07/Gebwell-G-Power-v2-2-03022021.pdf>.

Huonekohtainen sähkölämmitys. 2016. Motiva Oy. Viitattu 23.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammonjaon\\_vaihtoehdot/huonekohtainen\\_sahkolammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/huonekohtainen_sahkolammitys).

Ilmakeräimet. 2020. Motiva Oy. Viitattu 23.6.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/ilmakeraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/ilmakeraimet).

Ilma-vesilämpöpumppu UVLP. 2020. Motiva Oy. Viitattu 22.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu\\_uvlp](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp).

Juvonen, J. & Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Jämä Star RST Inverter maalämpöpumppu. N.d. Kaukora Oy. Viitattu 28.6.2021. <https://jaspi.fi/tuote/jama-star-rst-inverter-maalampopumppu/>.

Jäspi Pelletti 20. 2009. Kaukora Oy. Viitattu 20.6.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/03/Jaspi\\_Pellettikattilat\\_web\\_1209.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/03/Jaspi_Pellettikattilat_web_1209.pdf).

Jäspi Solar PAK Aurinkojärjestelmät. N.d. Kaukora Oy. Viitattu 10.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/10/Kayttoohje\\_Jaspi\\_Solar\\_PAK\\_0118.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/10/Kayttoohje_Jaspi_Solar_PAK_0118.pdf).

Jäspi sähkökattilat. 2020. Kaukora Oy. Viitattu 25.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/12/JASPI\\_sahkokattilat\\_0220\\_web.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/12/JASPI_sahkokattilat_0220_web.pdf).

Jäspi Tehowatti Air – käyttäjän ohje. 2015. Kaukora Oy. Viitattu 4.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/06/TWAir\\_Kayttoohjekirja\\_2015.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/06/TWAir_Kayttoohjekirja_2015.pdf).

Jäspi Tehowatti Air Split. 2021. Kaukora Oy. Viitattu 3.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/01/Jaspi\\_Tw-Air-Split\\_tuotekortti\\_0821.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/01/Jaspi_Tw-Air-Split_tuotekortti_0821.pdf).

Jäspi Tehowatti Asennus- ja käyttöohje. 2017. Kaukora Oy. Viitattu 7.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/12/Tehowatti\\_Kayttoohjekirja\\_2017-1.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/12/Tehowatti_Kayttoohjekirja_2017-1.pdf).

Jäspi VLM. 2021. Kaukora Oy. Viitattu 7.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2018/03/JASPI\\_VLM\\_Kayttoohje\\_FI\\_SE\\_0821.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2018/03/JASPI_VLM_Kayttoohje_FI_SE_0821.pdf).

Jäspi VPK-20 ja -30 Asennus- ja käyttöohje. N.d. Kaukora Oy. Viitattu 26.6.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/06/Jaspi\\_VPK-20-30\\_kayttoohje.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/06/Jaspi_VPK-20-30_kayttoohje.pdf).

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kauko 20/60 Asennus- ja käyttöohje. 2020. Kaukora Oy. Viitattu 26.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/02/Jaspi\\_Kauko20-60\\_Asennus-\\_ja\\_kayttoohje.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/02/Jaspi_Kauko20-60_Asennus-_ja_kayttoohje.pdf).

Kaukolämmön hinta. 2019. Motiva Oy. Viitattu 18.6.2021. [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).

Kaukolämpö. 2019. Motiva Oy. Viitattu 18.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo).

KH 23-00371. 2006. Kaukolämpölaitteiden hoito ja huolto. KH-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 18.6.2021. <https://janet.finna.fi>, KH-kortisto.

Kylmäalan hyväksyntä ja pätevyysvaatimukset. N.d. Tukes. Viitattu 29.6.2021. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/kylmaala>.

Käyttöohjekirja Jämä Star RST Inverter. N.d. Kaukora Oy. Viitattu 28.6.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/02/Jama\\_Star\\_RST\\_Inverter\\_Kayttajan-ohje\\_FI\\_331365\\_2018.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/02/Jama_Star_RST_Inverter_Kayttajan-ohje_FI_331365_2018.pdf).

Lämmitysjärjestelmien elinkaari. 2020. Motiva Oy. Viitattu 30.7.2021. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien\\_elinkaari](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari).

Lämmitystapojen vertailulaskuri. N.d. Motiva Oy. Viitattu 26.7.2021. <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>.

Lämpöpumput – Usein kysytyt kysymykset. 2019. Motiva Oy. Viitattu 27.7.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/usein\\_kysyttya/lampopumput\\_ukk](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/usein_kysyttya/lampopumput_ukk).

Lämpöä kotiin verkosta. 2017. Motiva Oy. Viitattu 18.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/lampoa\\_kotiin\\_verkosta](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/lampoa_kotiin_verkosta).

Maalämpöpumppu Nibe S1255. 2020. Nibe Energy Systems Oy. Viitattu 28.6.2021. <https://www.nibe.eu/assets/documents/29330/M12588-2.pdf>.

Maalämpöpumppu. 2020. Motiva Oy. Viitattu 22.6.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/maalampopumppu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/maalampopumppu).

MSZ-FT25VG Käyttöohjeet. 2020. Mitsubishi Electric Corporation. Viitattu 2.7.2021. <https://www.scanoffice.fi/wp-content/uploads/sites/11/2020/08/kayttoopas-msz-ft-jg79y791h03.pdf>.

Nestekiertoiset keräimet. 2020. Motiva Oy. Viitattu 23.6.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet).

Nibe Polar. 2021. Nibe Energy Systems Oy. Viitattu 3.7.2021. <https://www.nibe.eu/assets/documents/29597/CIL%20NIBE%20POLAR%2021-02-1%20netti.pdf>.

Näin huollat maalämpö- tai vesi-ilmalämpöpumppua itse. 2017. Lämpöykkönen. Viitattu 27.7.2021. <https://lampoykkonen.fi/100faktaa/fakta-79-nain-huollat-maalampo-ja-vesi-ilmalampopumppua-itse/>.

Panasonic NZ25VKE Käyttöohje. 2019. Panasonic Corporation. Viitattu 2.7.2021. <https://www.xn--lmpumppuhuolto-0kb22a.com/images/tuotteet/ilmalampopumput/panasonic/panasonic-esitteet/Ilmalampopumppu-Panasonic-NZ25VKE-NZ35VKE-Kayttoohje.pdf>.

Panasonic NZ25VKE. N.d. Mister Lvi Oy. Panasonic ilmalämpöpumpun esite. Viitattu 1.7.2021. <https://www.xn--lmpumppuhuolto-0kb22a.com/images/tuotteet/ilmalampopumput/panasonic/panasonic-esitteet/Ilmalampopumppu-Panasonic-NZ25VKE.pdf>.

Pelletstar 10–60 kW. 2013. Herz Energietechnik GmbH. Viitattu 26.6.2021. <https://www.solar-bio.fi/wp-content/uploads/2019/01/pelletstar.pdf>.

Pellettilämmitys. 2016. Motiva Oy. Viitattu 18.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/pellettilammitys](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/pellettilammitys).

Perälä, O & Perälä, R. 2013. Lämpöpumput. Helsinki: Alfamer/Karisto cop.

Polar. 2020. Toshiba HVAC Finland. Toshiba Polar-malliston esite. Viitattu 1.7.2021. [https://www.toshibasuomi.fi/wp-content/uploads/2021/05/Toshiba\\_Polar\\_ND-Ilmalampopumppu\\_esite.pdf](https://www.toshibasuomi.fi/wp-content/uploads/2021/05/Toshiba_Polar_ND-Ilmalampopumppu_esite.pdf).

SCU 10 Asennus- ja hoito-ohjeet. N.d. Kaukora Oy. Viitattu 10.7.2021. [https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/10/JASPI\\_SCU-10\\_kayttoohje.pdf](https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/10/JASPI_SCU-10_kayttoohje.pdf).

Sisäyksikkö Nibe VVM S320. 2019. Nibe Energy Systems Oy. Viitattu 4.7.2021. <https://www.nibe.eu/assets/documents/27045/331872-1.pdf>.

Sähkövaraajat ja -kattilat. 2017. Motiva Oy. Viitattu 23.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/sahkovaraajat\\_ ja\\_ -kattilat](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/sahkovaraajat_ ja_ -kattilat).

Tarastenjärven voimalaitos. N.d. Tammervoima. Viitattu 23.6.2021. <https://tammervoima.fi/voimalaitos/>.

Tee se itse -sähkötyöt. N.d. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Viitattu 1.8.2021. <https://tu-kes.fi/koti-ja-vapaa-aika/kunnostus-ja-remontointi/tee-se-itse-sahkotyot>.

Tehowatti sähkökattila. N.d. Kaukora Oy. Viitattu 7.7.2021. <https://jaspi.fi/tuote/tehowatti-sahkokattila/>.

Toshiba owner's manual. N.d. Toshiba HVAC Finland. Viitattu 2.7.2021. [https://www.toshibasuomi.fi/wp-content/uploads/2019/06/SEIYA\\_OHJEKIRJA.pdf](https://www.toshibasuomi.fi/wp-content/uploads/2019/06/SEIYA_OHJEKIRJA.pdf).

Tunnistetiedot Unis 25-2R. 2021. HögforsGST Oy. Viitattu 7.7.2021. <https://hogforsgst.com/sites/default/files/2021-07/Tunnistetiedot%20Unis%2025-2R%20%5B2021-07-01%5D%20%E2%80%93%20KAIKKI.pdf>.

Viessmann Vitocal 222-S. 2020. Viessmann Oy. Viitattu 3.7.2021. [https://www.viessmann.fi/content/dam/vi-brands/FI/Esitteet/Tuote-esitteet/Vitocal%20222-S%20FI%20online.pdf/\\_jcr\\_content/renditions/original.media\\_file.download\\_attachment.file/Vitocal%20222-S%20FI%20online.pdf](https://www.viessmann.fi/content/dam/vi-brands/FI/Esitteet/Tuote-esitteet/Vitocal%20222-S%20FI%20online.pdf/_jcr_content/renditions/original.media_file.download_attachment.file/Vitocal%20222-S%20FI%20online.pdf).

Vitocal 222-S. 2018. Viessmann Oy. Viitattu 3.7.2021. [https://www.viessmann.fi/content/dam/vi-brands/FI/Tietolehdet/L%C3%A4mp%C3%B6pumput/Vitocal%20222-S%20Tietolehti.PDF/\\_jcr\\_content/renditions/original./Vitocal%20222-S%20Tietolehti.PDF](https://www.viessmann.fi/content/dam/vi-brands/FI/Tietolehdet/L%C3%A4mp%C3%B6pumput/Vitocal%20222-S%20Tietolehti.PDF/_jcr_content/renditions/original./Vitocal%20222-S%20Tietolehti.PDF).

VLM 100-500 | lämminvesivaraaja. N.d. Kaukora Oy. Viitattu 7.7.2021. <https://jaspi.fi/tuote/vlm-vedenlammitin/>.

Öljylämmityksestä uusiutuvaan energiaan. 2021. Motiva Oy. Viitattu 16.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/oljylammituksen\\_vaihtajalle](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/oljylammituksen_vaihtajalle).

Öljylämmitys. 2021. Motiva Oy. Viitattu 16.6.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/ra-kentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/ra-kentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys).

# Liitteet

## Liite 1. Määrittelypohja

	Arvo	Määritelmä
<b>Energiatehokkuus</b>	1	Laitteiston energiatehokkuus on alle 50 %, tai vuosilämpökerroin on 1
	2	Laitteiston energiatehokkuus on 50-60 %, tai vuosilämpökerroin on 1-2
	4	Laitteiston energiatehokkuus on 60-70 %, tai vuosilämpökerroin on 2-3
	6	Laitteiston energiatehokkuus on 70-80 %, tai vuosilämpökerroin on 3-4
	8	Laitteiston energiatehokkuus on 80-90 %, tai vuosilämpökerroin on 4-5
	10	Laitteiston energiatehokkuus on yli 90%., tai vuosilämpökerroin on yli 5
<b>Huoltoväli</b>	1	Laitteiston huoltoväli on 1 kk tai alle
	2	Laitteiston huoltoväli on 1-3 kk
	4	Laitteiston huoltoväli on 3-6 kk
	6	Laitteiston huoltoväli on 6-12 kk
	8	Laitteiston huoltoväli on 1-3 vuotta
	10	Laitteiston huoltoväli on 3-5 vuotta
<b>Huollon vaativuus</b>	1	Vain pätevätyt henkilö voi suorittaa laitteiston huollon
	3	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon suurella teknisellä osaamisella
	6	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon keskinkertaisella teknisellä osaamisella
	9	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon pienellä teknisellä osaamisella
	12	Lämmityslaitteen omistaja voi suorittaa huollon ilman teknistä osaamista
<b>Käyttökustannukset (päälämmitysmuodoilla)</b>	1	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 1600 € tai yli
	3	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 1300-1600 €
	6	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 1000-1300 €
	9	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 700-1000 €
	12	Vuosikäyttökustannukset esimerkkirakennuksessa 700 € tai alle
<b>Vuosisäästöt (tukilämmitysmuodoilla)</b>	1	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 100 € tai alle
	3	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 100-200 €
	6	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 200-300 €
	9	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 300-450 €
	12	Vuosisäästöt esimerkkirakennuksessa 450 € tai yli
<b>Investointikustannukset</b>	1	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 15 000 € tai yli
	2	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 10 000-15 000 €
	4	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 6 000-10 000 €
	6	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 3 000-6 000 €
	8	Investointikustannukset esimerkkirakennuksessa 3 000 € tai alle
<b>Tilantarve ja vaatimukset (rakennuksen sisällä)</b>	1	Tilantarve on suuri (yli 3 m <sup>2</sup> ). Tilat oltava jaettuna palo-osastoihin. Tilassa oltava vesipiste ja lattiakaivo
	2	Tilantarve keskinkertainen 0,5-3 m <sup>2</sup> . Tilat oltava jaettuna palo-osastoihin. Tilassa oltava vesipiste ja lattiakaivo
	3	Tilantarve keskinkertainen 0,5-3 m <sup>2</sup> . Tilassa oltava vesipiste ja lattiakaivo
	4	Tilantarve keskinkertainen 0,5-3 m <sup>2</sup> . Tilassa oltava lattiakaivo
	5	Tilantarve on pieni (alle 0,5 m <sup>2</sup> ). Tilassa oltava lattiakaivo
<b>Helppokäyttöisyys</b>	1	Lämpötila säädetään väännettävän termostaatin avulla. Laite ei ilmoita vikaantumisesta
	2	Lämpötila säädetään väännettävän termostaatin avulla. Laite ilmoittaa vikaantumisesta koodin tms. avulla
	4	Lämpötila säädetään digitaalisesti asteen tarkkuudella. Laite ilmoittaa vikaantumisesta koodin tms. avulla
	6	Lämpötila säädetään digitaalisesti asteen tarkkuudella. Laite ilmoittaa huoltotarpeesta ja vikaantumisesta.
	8	Lämpötila säädetään digitaalisesti asteen tarkkuudella. Laitteessa etäohjaus. Laite ilmoittaa huoltotarpeesta ja vikaantumisesta.

## Liite 2. Haastattelupohja

Aihe	Kysymys	Vastaus 1-10	Vastauksen määritelmä
<b>Energiatehokkuus</b>	Lämmitysjärjestelmän on toimittava mahdollisimman energiatehokkaasti. Eli sähkön- tai polttoaineenkulutuksen on oltava mahdollisimman alhainen.		<p><i>1 = Täysin eri mieltä</i></p> <p><i>10 = Täysin samaa mieltä</i></p>
<b>Huoltoväli</b>	Laitteiston huoltovälin on oltava pitkä. Eli laitteistoa ei tarvitse huoltaa usein.		
<b>Huollon vaativuus</b>	Laitteiston huollot on pystyttävä tekemään itse ilman ammattilaisen apua.		
<b>Käyttökustannukset (Päälämmitysmuodoilla)</b>	Lämmitysjärjestelmän käyttökustannukset on oltava pienet.		
<b>Vuosisäästöt (Tukilämmitysmuodoilla)</b>	Tukilämmitysjärjestelmän tuomat säästöt on oltava suuret.		
<b>Investointikustannukset</b>	Laitteiston investointikustannukset on oltava pienet.		
<b>Tilantarve</b>	Lämmitysjärjestelmän on vietävä mahdollisimman vähän tilaa.		
<b>Helppokäyttöisyys</b>	Lämmityksen lämpötilaa on pystyttävä säätämään helposti ja tarkasti.		
	Laitteen on ilmoitettava vioista ja huoltotarpeesta selkeästi, ja laite antaa vikatilanteissa toimintaohjeita.		
	Laitteessa on oltava etäohjaus ja/tai -valvontamahdollisuus.		