

Mari Hakola

PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MUUTOS

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Energiatekniikka

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä	Mari Hakola
Työn nimi	Pientalon lämmitysjärjestelmän muutos
Toimeksiantaja	Yksityishenkilö
Vuosi	2022
Sivut	45 sivua, liitteitä 1 sivu
Työn ohjaaja(t)	Jyri Mulari

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella öljylämmityksen korvaamista ilma-vesilämpöpumpulla Kaakkois-Suomessa sijaitsevassa pientalossa. Asuinrakennukseen on harkinnassa lämmitysjärjestelmän uusiminen nykyisen lämmitysmuodon korkeiden kustannuksien vuoksi. Lisäksi tarkasteltiin tulevan lämmitysjärjestelmän takaisinmaksuaikaa erilaisilla menetelmillä. Tarkoituksena oli tarkastella ilma-vesilämpöpumpun kannattavuutta öljylämmitykseen verrattuna.

Opinnäytetyössä selvitettiin kohderakennuksen nykyinen lämmönkulutus ja lämmityskustannukset. Tämän jälkeen mitoitettiin rakennuksen lämmityshontarve ja tarkasteltiin kuinka takaisinmaksuaika muuttuisi, kun lämmitysjärjestelmän vaihtamisessa huomioitaisiin valtionavustus sekä vesikiertoiset lämmityspatterit uusittaisiin. Lisäksi takaisinmaksuaikaa on tarkasteltu nykyisen sähkösopimuksen lisäksi sekä kalliimman sähkösopimuksen että mahdollisen lainan perusteella.

Opinnäytetyö antaa ajankohtaista tietoa öljylämmityksen korvaamisesta ilma-vesilämpöpumpulla, investointikustannuksista ja odotettavissa olevista takaisinmaksuajoista. Tulosten johtopäätöksenä voidaan todeta, että öljylämmityksen korvaaminen ilma-vesilämpöpumpulla olisi kyseisessä kohteessa kannattava ratkaisu.

Asiasanat: öljylämmitys, ilma-vesilämpöpumppu, lämmitysjärjestelmät

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Mari Hakola
Thesis title	Change of heating system in a detached house
Commissioned by	Private person
Time	2022
Pages	45 pages, 1 appendix page
Supervisor	Jyri Mulari

ABSTRACT

The objective of this thesis was to examine the replacement of an oil heating system with an air-water heat pump in a small house located in south-eastern Finland. The change of the heating system is being considered by the owners due to the high costs of the current heating system. In addition, the aim was to calculate the payback time of the air-water heat pump for different payment alternatives. The purpose was to examine the profitability of the air-water heat pump compared to oil heating.

The first step in the study was to calculate the current heating energy and heating expenses of the building. Next, was calculated the required heating capacity for the building. After that it was studied how the payback time would change when the applicable subsidy was taken into consideration while at the same time updating the heating network. In addition, the payback time was examined not only against the current electricity contract, but also with reference to the more expensive electricity contract and the loan that would have to be taken.

The thesis provides up-to-date information on replacing an oil heating system with an air-water heat pump and estimates the investment costs and expected payback time. The results indicate that replacing oil heating with an air-water heat pump would be a profitable solution in this case.

Keywords: oil heating, air-water heat pump, heating systems

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ELÄMISEN ENERGIANKULUTUS JA LÄMMITYSMUODOT.....	6
2.1	Öljylämmitys.....	7
2.1.1	Öljylämmitysjärjestelmän toimintaperiaate.....	8
2.1.2	Avustus öljylämmityksen vaihtajalle.....	11
2.2	Ilma-vesilämpöpumppu.....	13
2.2.1	Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate.....	14
2.2.2	Split- ja Monoblock-laitteet.....	15
2.2.3	Hyötysuhde.....	16
3	KOHDERAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIA JA -TEHONTARVE.....	17
3.1	Käyttöveden lämmitys.....	18
3.2	Tilojen lämmitys.....	19
3.3	Kulutuksen normitus.....	22
3.4	Lämpöpumppujärjestelmän energialaskenta.....	23
3.5	Sähköliittymän tarkastelu.....	26
3.6	Hiilidioksidipäästöt.....	28
4	TALOUSLASKELMA.....	29
4.1	Takaisinmaksuaika eri menetelmillä.....	30
4.2	Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri.....	33
5	YHTEENVETO.....	38
	LÄHTEET.....	42

LIITTEET

Liite 1. Ulkoilmalämpöpumpun suhteellinen lämpöenergiataulukko

1 JOHDANTO

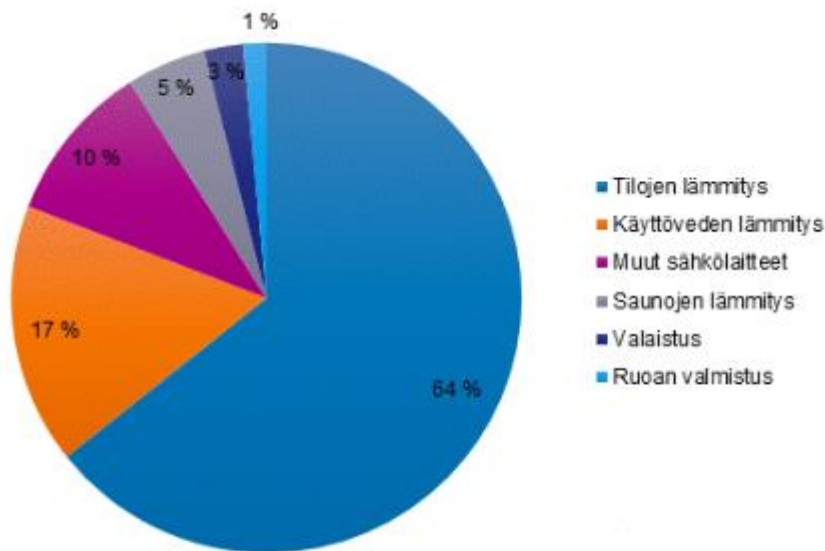
Ympäristöministeriön (2022) mukaan Suomen hallitusohjelma asetti tavoitteeksi luopua öljylämmityksestä vuoden 2030-luvun alkuun mennessä, joka tukee Suomen tavoitetta toteuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Hallitus haluaa kannustaa öljylämmittäjiä luopumaan fossiilisesta öljylämmityksestä tarjoamalla avustusta vähähiilisempään lämmitystaparemonttiin. Avustuksia tarjotaan pientalojen omistajille, taloyhtiöille, ARA-yhteisöille sekä kunnille. Myös kotitalousvähennyksen hyödyntäminen voi olla vaihtoehtona.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella öljylämmityksen korvaamista ilma-vesilämpöpumpulla Kaakkois-Suomessa sijaitsevassa kohderakennuksessa. Tarkastelukohde on 125 neliöinen ja yksikerroksinen vuonna 1940 valmistunut omakotitalo. Asuinrakennukseen on harkinnassa lämmitysjärjestelmän uusiminen nykyisen lämmitysmuodon kustannuksien noustessa. Öljylämmitys mielletään usein kalliiksi ja haitalliseksi lämmitystavaksi, jonka lisäksi öljyn saannin turvaaminen on epävarmaa. Öljylämmitys korvataankin usein jollakin lämpöpumpulla.

Opinnäytetyö tilattiin esiselvitykseksi ennen tarjouspyyntöjen tekemistä. Työssä selvitettiin esimerkkitilanteen nykyinen lämmönkulutus ja lämmityskustannukset. Pientalon lämmönkulutuksen ja lämmityskustannuksien selvityksen jälkeen mitoitettiin lämmitystehontarve. Laskelmien tuloksien perusteella tarkasteltiin kuinka takaisinmaksuaika muuttuisi, kun lämmitysjärjestelmäremontissa huomioidaan valtionavustus ja vesikiertoiset lämmityspatterit päivitettäisiin. Takaisinmaksuaikaa selvittäessä on huomioitu nykyisen sähkösopimuksen lisäksi myös mahdollinen laina sekä kalliimpi sähkösopimus. Työn tavoitteena oli todentaa ilma-vesilämpöpumpun kannattavuutta öljylämmitykseen verrattuna.

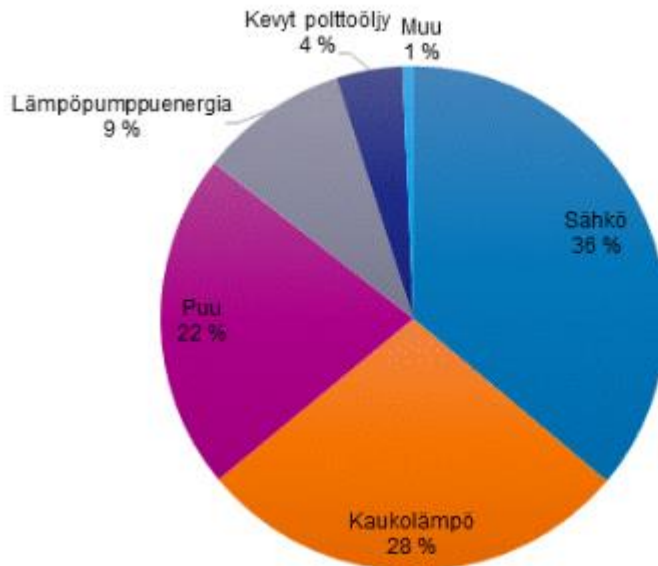
2 ELÄMISEN ENERGIANKULUTUS JA LÄMMITYSMUODOT

Suomen asuinrakennuksissa kulutetusta energiasta suurin osa kuluu asuinrakennuksen lämmitykseen, kuten kuvasta 1 voidaan huomata. Tilastokeskuksen Suomen virallisen tilaston (2021) mukaan asuinrakennuksissa tilojen lämmityksen osuus oli 64 %, joka oli vähemmän edellisvuoteen verrattuna. Käyttöveden lämmityksen osuus energiankulutuksesta oli 17 %. Sähkölaitteiden, ruoan valmistuksen ja valaistuksen osuus energiankulutuksesta olivat yhteensä 14 %, joka oli prosenttiyksikön verran suurempi edelliseen vuoteen verrattuna. Kyseisen nousun on arveltu johtuvan etätyön suosimisesta.



Kuva 1. Asumisen energiankulutus käyttökohteittain vuonna 2020 (SVT 2021, liitekuvio 2)

Vuonna 2020 asuinrakennuksien huoneistojen lämmityksen yleisimmät energialähteet olivat sähkö, kaukolämpö sekä puu, joiden osuus oli yhteensä 82 % lämmitysenergian kulutuksesta. Tarkempi jakauma energiakulutuksesta energialähteittäin on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Asumisen energiakulutus energialähteittäin vuonna 2020 (SVT 2021, liitekuvio 1)

Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat useat tekijät. Pientalon koolla, asukkaiden lukumäärällä, lämmitysenergian tarpeella ja käyttötottumuksilla on merkittävä vaikutus lämmitysjärjestelmän valintaan. Pinta-alaltaan suuremmissa asuinrakennuksissa tarvitaan enemmän lämmitysenergiaa ja suuremmissa perheissä energiaa kuluu lämpimän käyttöveden lämmitykseen. (Motiva 2022f.)

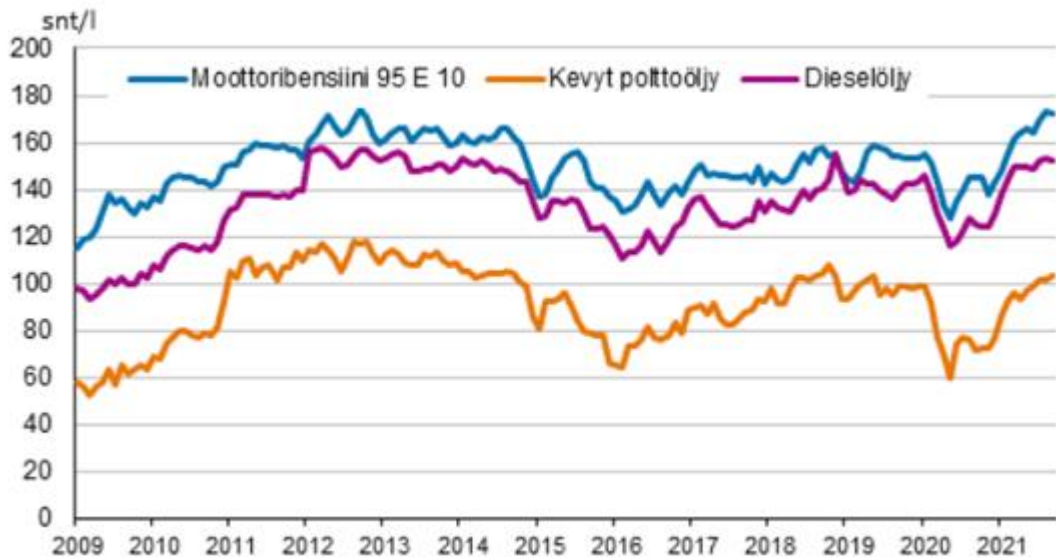
2.1 Öljylämmitys

Kevyt polttoöljy on puhtaasti palavaa energiarikasta öljyä, jota hyödynnetään öljylämmityksessä. Kevyt polttoöljy on lämpöarvoltaan korkea, 42,7 MJ/kg eli noin 10 kWh/l, ja se palaa hyvällä hyötysuhteella. 1000 litraa öljyä vastaa energiamäärältään 10 000 kWh sähköä, 2 150 kg puupellettejä, 5,8 m³ pinotuja koivuhalkoja tai 11–12 m³ puuhaketta. (Lämmitysenergia Yhdistys 2020c.)

Tällä hetkellä Suomessa lämmitetään öljyllä noin 130 000 pientaloa ja luku pienenee koko ajan (Motiva 2022g). Öljylämmitys soveltuu pientaloihin, joissa on käytössä vesikiertoinen lattialämmitys tai patterilämmitys. Uusissa asuinrakennuksissa öljylämmityksen osuus on alle 1 % johtuen öljyn hinnan vaihteluista. Öljylämmityksen rinnalle voidaan asentaa rinnakkaisjärjestelmiä, kuten tulisija, sähkölämmitys tai aurinkokerääjät. Pientalossa öljyn vuosittainen keskimääräinen kulutus on 2 500–3 000 litraa. Öljylämmitys mielletään kalliiksi sekä haitalliseksi lämmitystavaksi ja öljyn saanti tulevaisuudessa koetaan

epävarmana. Öljylämmityksen etuina ovat lämmitysjärjestelmän helppohoitoisuus, huolettomuus sekä lämpimän käyttöveden riittävyys erityisesti suuremmissa ruokakunnissa. (Suomi rakentaa 2019.) Pidemmän sähkökatkon aikana öljylämmityksellä saadaan turvattua pientalon lämmitys ja lämpimän käyttöveden riittäminen (Talotekniikka 2019).

Kuvassa 3 nähdään öljytuotteiden kuluttajahintojen muutokset vuosina 2009–2021. Kuten kuvasta voidaan huomata, öljytuotteiden hinnoissa on tapahtunut suuria heittoa ja kevyen polttoöljyn hinta on ollut viimeksi korkeimmillaan vuosina 2011–2014.



Kuva 3. Öljytuotteiden kuluttajahinnat (STV 2021, liitekuvio 2)

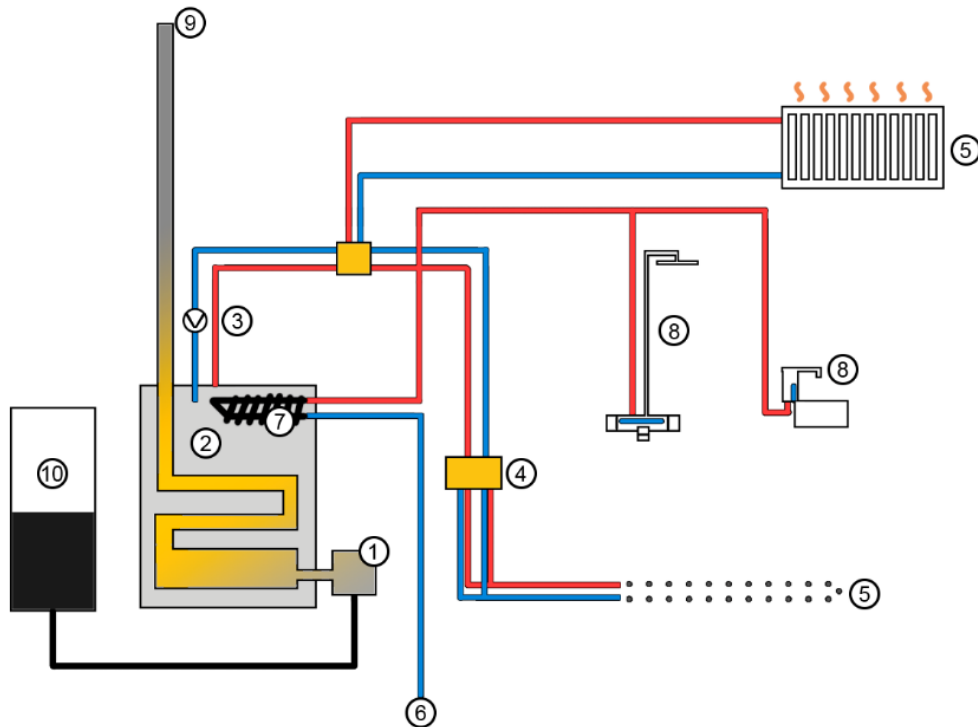
2.1.1 Öljylämmitysjärjestelmän toimintaperiaate

Öljylämmitysjärjestelmässä lämmöntuotosta vastaavat öljykattila, öljypoltin, öljysäiliö sekä säätölaitteet. Öljylämmitysjärjestelmä tuottaa tarvittavan energian huonetiloihin ja lämpimään käyttöveteen, jolloin erillistä lämminvesivaraajaa ei tarvita. Lämmön jakaminen asuntoon tapahtuu vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Nykyaikaisten öljylämmityskattiloiden hyötysuhde on noin 90–95 % ja palamisprosessi on hyvin puhdas. (Motiva 2022g.)

Pientalojen lämmittämisessä käytetään kevyttä polttoöljyä, josta käytetään myös termiä lämmitysöljy. Suuremmissa voimalaitoksissa käytetään raskasta

polttoöljyä, joka on edullisempaa sen kysynnän vähäisyyden vuoksi. (Koti-
maan Lämpö a.s.)

Kuvassa 4 on havainnollistettu vesikiertoisen öljylämmitysjärjestelmän toiminta-
periaatetta. Öljylämmityksessä lämmönjako tapahtuu joko lattialämmityk-
senä, patterilämmityksenä tai niiden yhdistelmänä.

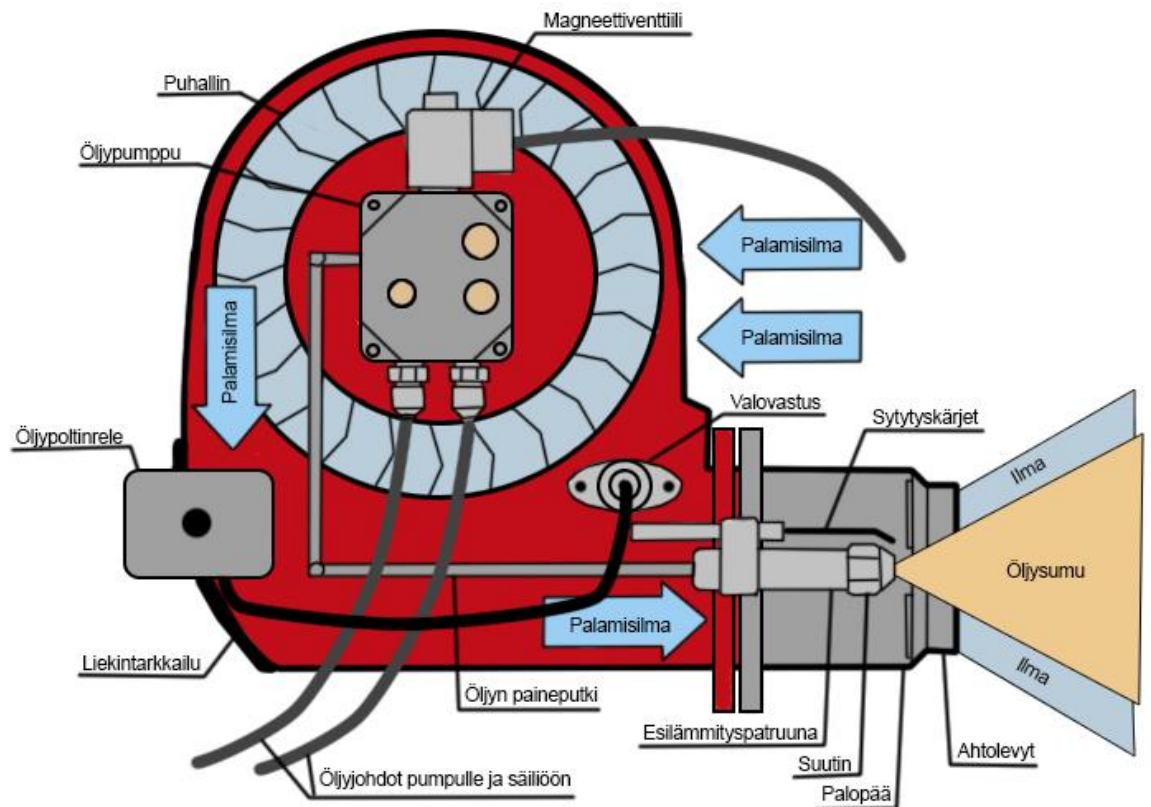


- | | | | |
|---|------------------------------------|----|--------------------|
| 1 | öljypoltin | 6 | käyttövesi |
| 2 | kattilavesi | 7 | lämminvesikierukka |
| 3 | kiertovesipumppu | 8 | käyttövesi |
| 4 | veden jakotukki | 9 | savuhormi |
| 5 | patteri- ja lattialämmitysverkosto | 10 | öljysäiliö |

Kuva 4. Öljylämmitysjärjestelmän toimintaperiaate

Öljykattila ja -poltin ovat öljylämmitysjärjestelmän ydin, joka mitoitetaan pien-
taloihin lämmitystarpeen ja lämpimän käyttöveden kulutustarpeen perusteella.
Öljylämmityksessä lämpö tuotetaan kattilalla, jossa öljykattilan tulipesään lii-
tetty öljypoltin huolehtii lämmityskattilan veden lämmittämisestä halutun läm-
pöiseksi. Öljypoltin käynnistymistä ja pysäytystä ohjaa kattilatermostaatti.
Kuvassa 5 havainnollistetaan öljypoltin toimintaperiaatetta ja polttimeen
kuuluvia osia. Polttimen toimintaperiaatteena on muuttaa öljysäiliöstä tuleva
öljymäinen neste hienojakoiseksi sumuksi, jolloin ilman sekä öljyn seoksella

mahdollistetaan mahdollisimman täysi palaminen. Mahdollisten häiriöiden varalta kattilassa on sähkövastukset. Öljykattilan keskimääräinen käyttöikä on noin 25–30 vuotta. Öljykattila tulee puhdistaa vähintään kerran vuodessa ja poltin täytyy huoltaa kahden vuoden välein tai kun öljyä on poltettu 5000 litraa, riippuen siitä kumpi saavutetaan ensin. Ammattilaisen tekemällä määräaikaishuollolla voidaan taata puhdas palaminen sekä polttoaineen tehokas käyttö (Lämmitysenergia Yhdistys 2020a; Lämmitysenergia Yhdistys 2020b.)



Kuva 5. Läpyleikkaus öljypoltimesta ja sen osat

Öljysäiliö on öljyn varastointiin tarkoitettu säiliö, joka on materiaaliltaan muovia tai terästä. Pientaloissa käytettävät öljysäiliöt ovat tilavuudelta yleensä 1000–2000 litraisia. Öljysäiliö voidaan sijoittaa joko sisätiloihin tai ulos. Ulos sijoitettu säiliö voidaan asentaa joko maan päälle tai maan alle. (Lämmitysenergia Yhdistys 2020b.) Maan päällä käytettävät säiliöt ovat valmistettu öljynkestävästä muovista, jolloin ne kestävät jatkuvan altistuksen vedelle, toisin kuin teräksestä valmistetut öljysäiliöt. Sisätiloissa lämpimiin tai puolilämpimiin tiloihin asennetuissa säiliöissä voidaan käyttää jatkuvasti edullisempaa kesälaatuista kevytpolttoöljyä, jolloin kustannukset ovat pienemmät. Öljysäiliö olisi hyvä puhdistaa 5–10 vuoden välein riippuen säiliön koosta. (Neste a.s.)

Savuhormissa palamisesta syntyneet savukaasut ohjataan savupiippuun. Samassa savupiipussa on yleensä useita hormoneja, joista yhtä käytetään lämmityskattilan savuhormina. Pientaloissa savupiippu on yleensä tiileistä muurattu. Savuhormin sisälämpötila saattaa laskea polttimen seisontajakson aikana niin alas, että savukaasujen sisältämät happamat aineet ja kondensoituva vesi muodostavat yhdessä savuhormia ja savupiippua syövyttävän seoksen. Kondenssivesiongelmia voidaan ehkäistä asentamalla hormiin syöpymättömästä materiaalista valmistettu vuorausputki. (Neste a.s.)

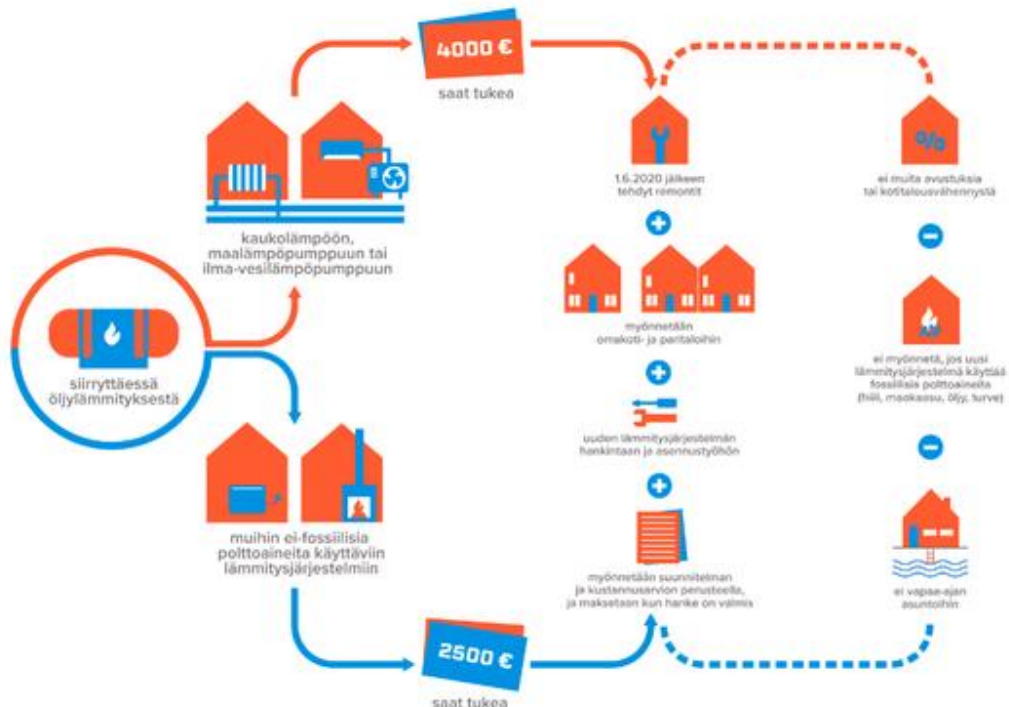
Säätölaitteisto koostuu polttimen ohjausautomaatiikasta sekä lämmitysverkon säätölaitteista. Kattilatermostaatti, liekinvalvoja ja öljypolttimen releistö yhdessä muodostavat polttimen ohjausautomaatiikan. Kattilatermostaatti, eli kattilaveden lämpötilan säädin, toimii kattilan lämmöntarpeen mukaan, jolloin se antaa polttimelle käynnistys- ja pysäytyskäskyt. Liekinvalvoja seuraa liekin palamista ja öljypolttimon releistö ohjaa polttimen käynnistyksen sekä pysäyttämisen lisäksi myös käytön turvallisuutta. Säätölaitteistolla ohjataan kattilasta lähtevää ja lämmitysverkostoon menevää veden lämpötilaa huoneiston lämpötilojen, ulkoilman lämpötilojen tai molempien mukaan. Huonetilojen lämpötilan mukaan ohjatun säätöjärjestelmän toiminta perustuu sisätilassa olevaan lämpötermostaattiin, joka ohjaa lämmityksen säätöautomaatiikan toimintaa. Kun lämmönsäätö tapahtuu ulkoilman lämpötilan mukaan, talon ulkoseinälle varjoisaan paikkaan sijoitettu lämpöanturi ja menoveden lämpötilan lämpöanturi antavat lämpötilatiedon säätökeskukseen, jolloin lämmitysverkostoon menevän veden lämpötila säädetään sopivaksi sekoitusventtiiliä ohjaamalla. Lämpöä voidaan säätää myös käsikäyttöisellä venttiilillä, joka edellyttää jatkuvaa sisätilan huoneistojen lämpötilojen seuranta ja kattilahuoneessa olevan venttiilin asettamista tarpeenmukaiseen asetukseen. Säätökeskukseen voidaan asentaa myös kello-ohjaus, jolloin esimerkiksi lämmitystä voidaan laskea yöaikana tai poissaoloaikana. (Neste a.s.)

2.1.2 Avustus öljylämmityksen vaihtajalle

Suomen hallitusohjelma asetti tavoitteeksi luopua öljylämmityksestä vuoden 2030-luvun alkuun mennessä, joka tukee Suomen tavoitetta toteuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Öljylämmitysjärjestelmiä ei ole tarkoitus kiel-

tää eikä öljylämmittäjille olla jakamassa sanktioita, vaan valtio haluaa kannustaa öljylämmittäjiä luopumaan fossiilisesta öljylämmityksestä tarjoamalla avustusta vähähiilisempään lämmitystaparemonttiin. Avustuksia tarjotaan pientalojen omistajille, taloyhtiöille, ARA-yhteisöille sekä kunnille. Myös kotitalousvähennyksen hyödyntäminen voi olla vaihtoehtona. (Ympäristöministeriö 2022.)

Öljylämmityksestä luopuessa pientalojen omistajille voidaan myöntää 4000 euron avustus, kun lämmitysjärjestelmä vaihdetaan joko maalämpöön, kaukolämpöön tai ilma-vesilämpöpumppuun. Muille lämmitysmuodoille myönnetään 2500 euron avustus. Avustukset myöntää Pirkanmaan ELY-keskus suunnitelman sekä kustannusarvioiden perusteella ja avustukset maksetaan hankkeen valmistuttua. Edellytyksenä on, että pientalo on ympärivuotisessa asuinkäytössä, eli avustusta ei ole mahdollista saada vapaa-ajan asunnolle. Avustusta ei myönnetä, jos uusi lämmitysjärjestelmä käyttää fossiilista polttoainetta. Avustusta haettaessa täytyy ottaa huomioon myös se, että öljylämmitysjärjestelmä tulee poistattaa asuinrakennuksesta kokonaan. (Ely-keskus 2022.)



Kuva 6. Avustus öljylämmityksen vaihtajalle (Ely-keskus 2022)

Vaihtoehtoisesti pientalon omistaja voi hyödyntää verotuksessa kotitalousvähennystä öljylämmityksestä luopuessa. Kotitalousvähennystä on mahdollista saada ainoastaan työn osuudesta, eikä esimerkiksi tarvikkeista. Vuonna 2022

kotitalousvähennystä voi saada enimmillään 3500 euroa henkilöä kohden. Omavastuu on 100 euroa ja korvausprosentti 60 prosenttia. Kun hankkeen kokonaiskustannuksista työn osuus on vähintään 12 000 euroa, voi avustusta saada yhdessä puolison kanssa, jolloin avustuksen määrä on 7 000 euroa. Tämänhetkinen avustus on määräaikainen ja se on voimassa vuoteen 2027 saakka. (Vero.fi 2022.)

Yhteen kohteeseen ei ole mahdollista saada molempia tarjolla olevia tukimuotoja. Öljylämmityksen vaihtoa suunnitellessa on suositeltavaa selvittää sopisiko omaan tilanteeseen parhaiten avustus vai kotitalousvähennys.

2.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu, eli IVLP, on lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu, jossa lämmitysenergia otetaan ulkoilmasta ja siirretään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa kohteisiin, joihin maalämpöjärjestelmän asentaminen ei ole mahdollista. Ilma-vesilämpöpumppua voidaan hyödyntää hybridikäytössä öljylämmityksen kanssa, jolloin öljykattila tarvittaessa tukee lämpöpumpun toimintaa. (Motiva 2022a.) Pidemmän sähkökatkon aikana öljykattilalla voidaan varmistaa talon lämmittäminen ja lämpimän käyttöveden saanti erityisesti kylmemmillä keleillä.

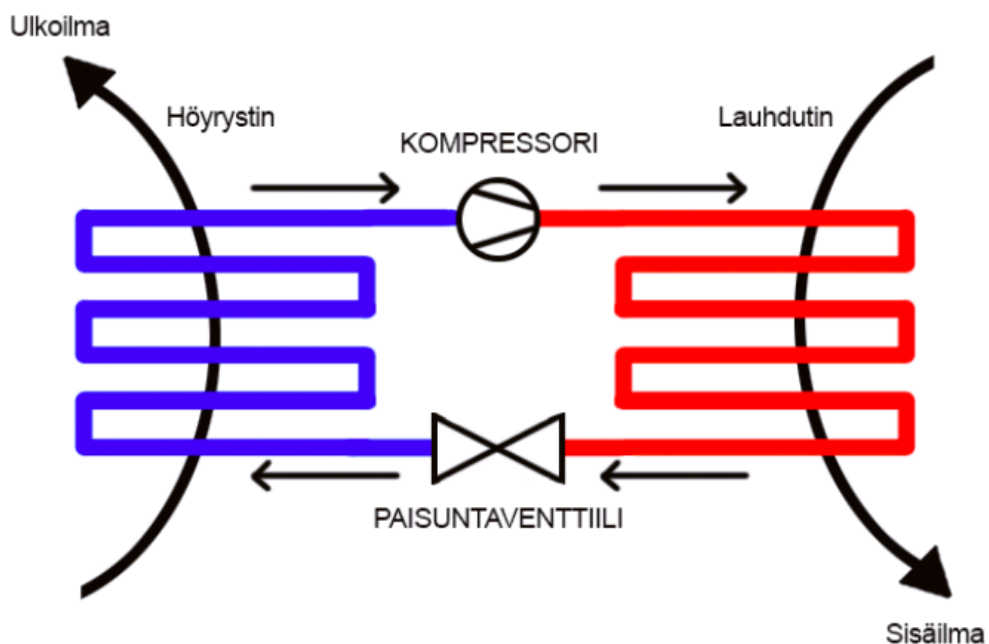
Lämpöpumpulla tuotetun lämmitysenergian määrä ja laitteen hyötysuhde laskevat kylmemmillä keleillä. Esimerkiksi -20°C ulkolämpötilassa ilma-vesilämpöpumpun teho on noin 50 % laitteen ilmoitetusta nimellistehosta. Laitteen nimellisteho ilmoitetaan tyypillisesti +7°C:n ulkolämpötilassa. Lämpöpumpun energiatehokkuus on riippuvainen ulkolämpötilasta, jolloin se on kannattavampi vaihtoehto Etelä-Suomessa, kuin Pohjois-Suomessa. Ilma-vesilämpöpumppu kattaa suurimman osan lämmitystarpeesta lämmityskauden aikana, joten varalämmitysjärjestelmää tarvitaan ainoastaan kovemmillä pakkasilla. Varalämmitysjärjestelmänä voi käyttää esimerkiksi ilma-vesilämpöpumpun omia sähkövastuksia. (Motiva 2022a.)

Mikäli maalämpöjärjestelmän asentaminen ei ole mahdollista, on ilma-vesilämpöpumppu hyvä, helppo ja nopea ratkaisu. Ilma-vesilämpöpumpun investointikustannukset ovat halvemmat maalämpöön verrattuna, tosin se tuottaa

vähemmän ilmaisenergiaa. Se soveltuu uusiin sekä vanhoihin taloihin, mutta ennen ilma-vesilämpöpumpun asennusta on hyvä selvittää, tarvitseeko kohteen pääsulakekokoa suurentaa. (Motiva 2022a.)

2.2.1 Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate

Ilma-vesilämpöpumppu koostuu kompressorista, paisuntaventtiilistä, komponentteja yhdistävistä putkista ja kahdesta lämmönvaihtimesta, höyrystimestä ja lauhduttimesta. Kuvassa 7 on havainnollistettu ilma-vesilämpöpumpun toimintaa. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate on se, että höyrystimen ja lauhduttimen välillä kiertää kylmäaine, joka höyrystimessä varastoi itseensä lämpöenergiaa ulkoilmasta, jonka seurauksena se höyrystyy. Tämän jälkeen höyrystetty kylmäaine puristetaan kompressorissa korkeaan paineeseen, jonka seurauksena lämpötila kohoaa jopa 100 asteen lämpötilaan. Painestettu ja kuumennettu kylmäaine ohjataan lauhduttimeen, jossa kylmäaineeseen varastoitu lämpöenergia luovutetaan rakennuksen lämmitysjärjestelmän lämmittämiseen. Kun lämpöenergiaa luovutetaan, kylmäaineen lämpötila laskee ja se muuttuu takaisin nestemäiseksi. Nestemäinen kylmäaine palautuu höyrystimelle paisuntaventtiilin kautta, jossa sen paine ja lämpötila laskee -20°C :seen. Höyrystimessä kylmäaine alkaa uudelleen varastoimaan itseensä lämpöenergiaa, jolloin kiertoprosessi alkaa uudelleen. (Pennanen 2019, 7.)

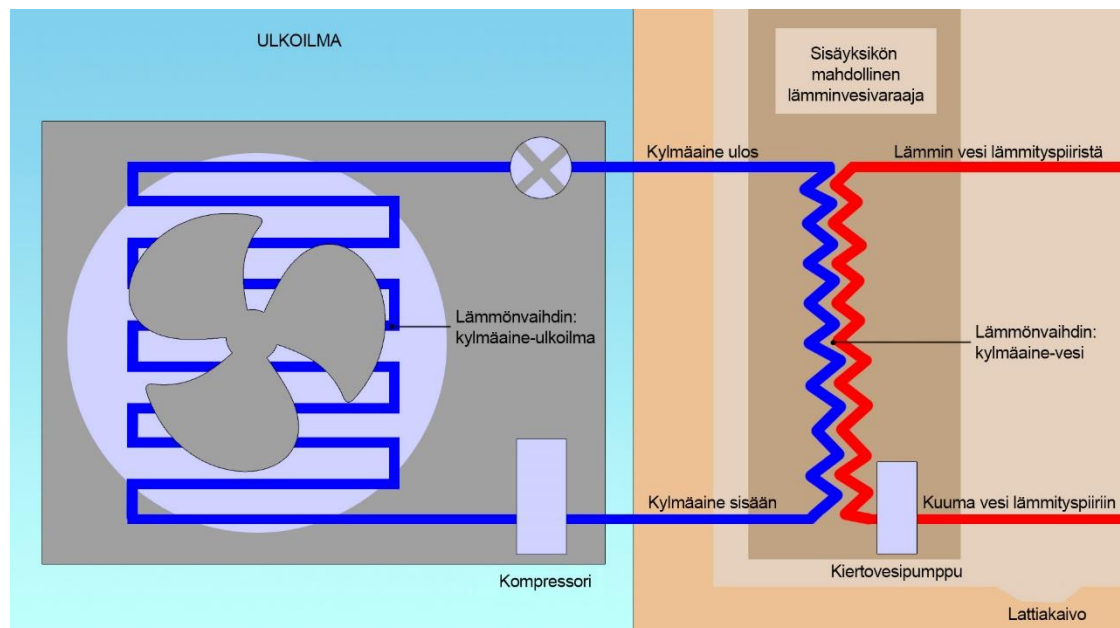


Kuva 7. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate

2.2.2 Split- ja Monoblock-laitteet

Ilma-vesilämpöpumput jaetaan tekniikaltaan kahteen eri tyyppiin: Split-laitteet ja Monoblock-laitteet.

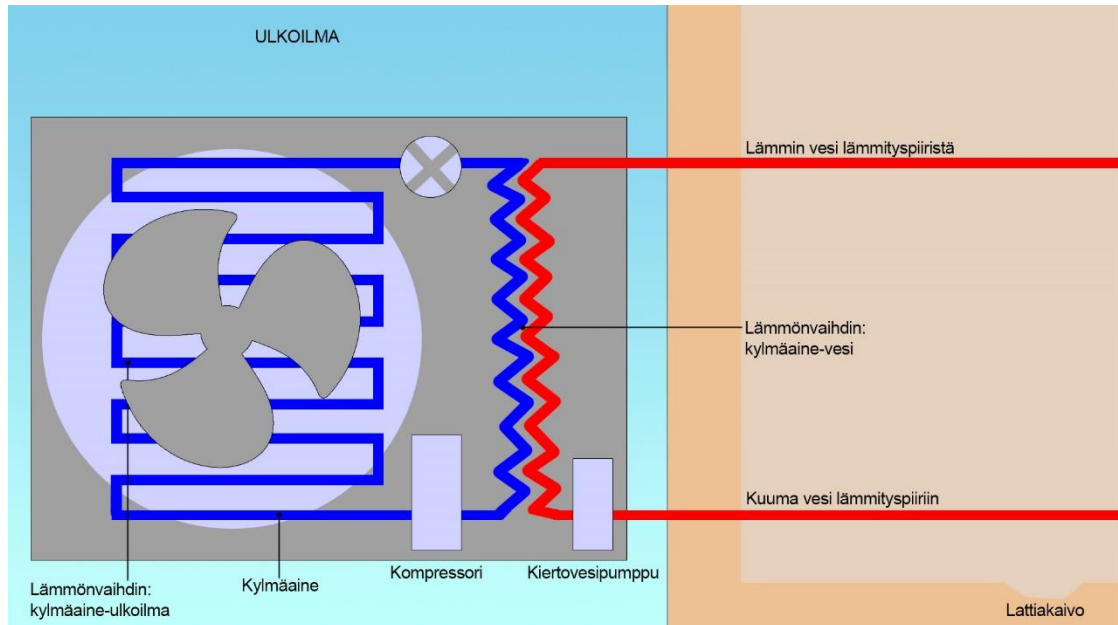
Split-laitteissa järjestelmä on jaettu kahteen osaan, ulkoyksikköön ja sisäyksikköön. Yksiköiden välisessä suljetussa piirissä kiertää kylmäaine, joka kiertää lämmönvaihtimen läpi. Split-laitteen ulkoyksikköön kuuluu höyrystin, höyrystinpuhallin ja kompressor. Lauhdutin sijaitsee sisäyksikössä. Höyrystinpuhallin tehtävänä on kierrättää ulkoilmaa höyrystimen lävitse, jolloin energian siirtymistä ilmasta kylmäaineeseen saadaan tehostettua mahdollisimman paljon. Ulkoilmasta saatu lämpö luovutetaan rakennuksen lämmitysverkoston ja lämpimän käyttöveden käytettäväksi. Sisäyksikössä on lauhdutin, jolla kylmäaineen lämpöenergia lauhdutetaan varaajaan. Kuvassa 8 on esitetty Split-laitteen toimintaperiaate. Yhden Split-laitteen teho riittää kattamaan pientalon lämmitystarpeen. (Pennanen 2019, 11.)



Kuva 8. Split-laitteen toimintaperiaate

Monoblock-laite eroaa Split-laitteesta siten, että laitteen tekniikka sijaitsee ulkoyksikössä. Ulkoyksikön ja rakennuksen sisällä olevan varaajan välillä kiertää putkien kautta pelkkä vesi, kuten kuvassa 9 on esitetty. Kun vesi kiertää putkia pitkin ulkoyksikölle asti, Suomen vaihtelevat olosuhteet altistavat veden

jäätymisen putkissa. Jäätymistä voidaan estää putkiston eristämällä ja pinnoittamisella tai käyttämällä putkistossa vesi-glykoliseosta, joka estää veden jäätymisen. (Pennanen 2019, 12.)



Kuva 9. Monoblock-laitteen toimintaperiaate

Monoblock-laitteet ovat teholtaan suurempia, kuin Split-laitteet. Monoblock-laite voi olla teholtaan jopa yli 200 kW, kun vastaavasti Split-laitteet ovat teholuokaltaan 6–20 kW. Tämän vuoksi Split-laitteita suositellaan asennettavaksi useampi laite rinnakkain, jotta saadaan saavutettua riittävä lämpöteho. Vastaavasti yhdellä Monoblock-laitteella saadaan tuotettua sama lämpöteho, jolloin laitteen asennuskustannukset ovat edullisemmat. (Pennanen 2019, 13.)

2.2.3 Hyötysuhde

Pakkasella ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde laskee, jolloin rakennuksen lämmittämiseen tarvitaan enemmän lämpöenergiaa. Laitteiden hyötysuhdetta voidaan ilmoittaa eri lukemilla.

COP (Coefficient of Performance), eli hyötysuhde, ilmaisee kuinka tehokkaasti lämpöpumppu siirtää kuluttamansa sähköenergian lämpöenergiaksi tietyssä ulkolämpötilassa. Esimerkiksi COP 3 tarkoittaa, että lämpöpumppu tuottaa 3 kilowattia lämmitysenergiaa 1 kilowatin sähköenergialla. Ilma-vesilämpöpumpujen hyötysuhde ilmoitetaan tyypillisesti muodossa COP 7/35, jolloin mitattu ulkolämpötila on ollut +7°C ja käytössä olevan lattialämmityksen menoveden

lämpötila on 35°C. Tämän lisäksi laitteen teknisissä tiedoissa kerrotaan myös mitatut COP-lukemat ulkolämpötiloissa +2°C ja -7°C sekä käytetyn menoveden ollessa patterilämmityksen mitoituslämpötilassa 55°C. (Sawo Heat 2022.)

SCOP (Seasonal Coefficient of Performance), eli vuosihyötysuhde, ilmaisee laitteen hyötysuhteen koko lämmityskauden ajalle. SCOP ilmaistaan standardin EN 14 825 mukaan. Kyseisen standardin mittauspaiikkoja on kolme: lämmin ilmasto, keski-ilmasto ja kylmä ilmasto. Laitteen esitteissä kannattaa kiinnittää huomiota siihen, että laitteessa on ilmoitettu kylmän ilmaston SCOP-lukema. SCOP-arvo ilmoitetaan tyypillisesti kahdelle menoveden mitoituslämpötilalle, lattialämmitykselle 35°C ja patterilämmitykselle 55°C. (Sawo Heat 2022.)

SPF (Seasonal Performance Factor), eli lämpöpumpun vuosittainen keskimääräinen lämpökerroin, ilmaisee lämpöpumpulla tuotetun vuotuisen lämpöenergian suhteen kulutettuun sähköenergiaan (Lämpöpumppujen energialaskentaopas, 2012, 4.) Laitevalmistajat eivät välttämättä ilmoita SPF-lukua laitteen teknisissä tiedoissa, mutta SPF-luku voidaan selvittää joko laskennallisesti tai arvioida käyttämällä säävyöhykkeiden mukaisia SPF-lukuja, jotka ovat nähtävillä lämpöpumppujärjestelmän energialaskentaa koskevassa kappalessa, taulukossa 3.

3 KOHDERAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIA JA -TEHONTARVE

Tämän opinnäytetyön esiselvityskohteena on vuonna 1940 valmistunut yksi-kerroksinen omakotitalo Kaakkois-Suomessa, jossa asustaa kaksi henkilöä. Kohderakennukseen on harkinnassa lämmitysjärjestelmän muutos.

Asuinrakennus on pinta-alaltaan 125 m² ja se lämpenee öljylämmityksellä. Lämmitysjärjestelmään kuuluva öljysäiliö on sijoitettu asuinrakennuksen kellariin, joka on lämpöinen tila. Tämän vuoksi öljylämmityksessä on voitu käyttää kesälaatuista polttoöljyä ympäri vuoden, joka on hieman edullisempaa talviläätuun verrattuna. Öljyn kulutus on pysynyt melko samana viime vuosina ja se on ollut keskimäärin 2100 litraa. Veden kokonaiskulutus oli 87 m³ vuonna 2021. Kesäaikana lämmitysöljyä kuluu sekä märkätilojen lattialämmitykseen että lämpimän käyttöveden lämmitykseen.

Opinnäytetyössä tehdyissä laskutoimituksissa on hyödynnetty Ympäristöministeriön julkaisemaa Lämpöpumppujen energialaskentaopasta (2012). Energialaskentaopas on laadittu rakentamismääräyskokoelman ohjeen (D5 2012) mukaan. Oppaassa käydään läpi kaksi erilaista energialaskentamenetelmää: yksinkertainen energialaskentamenetelmä ja yksityiskohtainen laskentamenetelmä (Lämpöpumppujen energialaskentaopas, 2012, 5.).

Tämän työn laskutoimituksissa on käytetty yksinkertaista energianlaskentamenetelmää, koska kyseinen opinnäytetyö toimii esiselvityksenä lämmitysjärjestelmän muutosta varten, joten kohteeseen ei ole valittuna tiettyä lämpöpumppua. Laskelmien tulokset ovat suuntaa antavia ja ne antavat hyvää osviittaa tulevaa lämmitysjärjestelmän muutosta ajatellen. Tässä luvussa suoritetaan ilma-vesilämpöpumpun energialaskenta, joka etenee kaavojen 1–10 mukaan.

3.1 Käyttöveden lämmitys

Jos veden kokonaiskulutusta ei ole mitattu, se voidaan laskea joko asukkaiden lukumäärään perustuen käyttäen vuorokausikohtaista kulutusta tai arvioimalla asuinrakennuksen tyyppin ja bruttoalan mukaan. Mikäli lämpimän käyttöveden määrää ei ole mitattu erikseen, veden kokonaiskulutuksen voi olettaa olevan 40 % asuinrakennuksissa ja 30 % muissa rakennuksissa. (Motiva 2022d.) Kohderakennuksessa ei ole erikseen mitattu lämpimän käyttöveden määrää, joten sen oletetaan olevan noin 40 % veden kokonaiskulutuksesta. Esimerkkikohteen veden kokonaiskulutus oli 87 m^3 edellisenä vuonna. Lämpimän käyttöveden osuus kokonaisvedenkulutuksesta lasketaan kaavalla 1.

$$V_{lkv} = 0,4 \cdot V_{kok} \quad (1)$$

jossa	V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus	$[\text{m}^3]$
	V_{kok}	käyttöveden kokonaiskulutus	$[\text{m}^3]$

$$V_{lkv} = 0,4 \cdot 87 \text{ m}^3 = 34,8 \text{ m}^3$$

Kun lämpimän käyttöveden osuus on selvillä, voidaan laskea lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia. Esimerkkikohteessa lämmitetyn käyttöveden lämpötila on 60°C, joka on huomioitu laskelmassa. Käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia lasketaan kaavalla 2.

$$Q_{lqv} = \frac{\rho \cdot C_p \cdot V_{lqv} \cdot (t_1 - t_2)}{3\,600} \quad (2)$$

jossa	Q_{lqv}	käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia	[kWh]
	ρ	veden tiheys	[kg/m ³]
	C_p	veden ominaislämpökapasiteetti	[kJ/kgK]
	t_1	lämmitetyn veden lämpötila	[°C]
	t_2	lämmitettävän veden lämpötila	[°C]

$$Q_{lqv} = \frac{1\,000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kgK} \cdot 34,8 \text{ m}^3 \cdot (60 - 5)^\circ\text{C}}{3\,600} = 2\,233 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluvan energian laskutulokseksi saadaan 2 233 kWh.

3.2 Tilojen lämmitys

Kevyt polttoöljy on lämpöarvoltaan korkea, 42,7 MJ/kg eli noin 10 kWh/l. Taulukossa 1 on lueteltuna pientalojen kattiloiden sekä KL-lämmönjakokeskuksien hyötysuhteita. Öljykattilan vuosihyötysuhteeksi on määritetty 0,81, joten kyseistä lukuarvoa käytetään öljylämmitykseen kuluvan lämmitysenergian selvittämisessä.

Taulukko 1. Pientalojen kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja (Ympäristöministeriö 2018, taulukko 7,1)

	Vuosihyötysuhde	Sähkö kWh/a m ²
	η_{tuotto}	ϵ_{tuotto}
Öljy/kaasu, standardikattila	0,81 ³⁾	0,99 ¹⁾ 0,59 ²⁾
Öljy, kondenssikattila	0,87 ³⁾	1,07
Kaasu	0,92 ³⁾	0,68
Pellettikattila	0,75 ³⁾	0,77
Puukattila energiavaraajalla	0,73	0,38
Sähkökattila	0,88 ³⁾	0,02
Kaukolämpö	0,94	0,60
Huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

¹⁾ öljy

²⁾ kaasu

³⁾ Vuosihyötysuhde sisältää tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida interpoloiden käyttövesivaraajan häviöistä, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

Öljylämmitykseen kulunut lämmitysenergia lasketaan kaavalla 3. Öljykattilan vuosihyötysuhteena on käytetty lukuarvoa 0,81 taulukon 1 perusteella.

$$Q_{\text{lämmitys}} = PA_{\text{lämmitys}} \cdot Q_{\text{polttoaine}} \cdot \eta \quad (3)$$

jossa	$Q_{\text{lämmitys}}$	lämmitykseen kulunut energia	[kWh]
	$PA_{\text{lämmitys}}$	käytetty polttoaine	[l]
	$Q_{\text{polttoaine}}$	polttoaineen tehollinen lämpöarvo	[kWh/dm ³]
	η	hyötysuhde	[-]

$$Q_{\text{lämmitys}} = 2100 \text{ l} \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{dm}^3} \cdot 0,81 = 17\,010 \text{ kWh}$$

Asuinrakennuksen tilojen lämmitykseen kulunut energia saadaan, kun öljylämmitykseen kuluneesta lämmitysenergiasta vähennetään lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia:

$$Q_{\text{tilat}} = 17\,010 \text{ kWh} - 2\,233 \text{ kWh} = 14\,777 \text{ kWh}$$

Eli asuinrakennuksen lämmitykseen kuluu energiaa 14 777 kWh.

Jos kohderakennuksessa ei ole koneellista ilmanvaihtoa, lämmitystehotarpeen selvittämiseksi voidaan käyttää kaavaa 4, jossa huomioidaan rakennuksen

energiankulutuksen lisäksi paikkakunnan mitoitusulkolämpötila sekä paikkakunnalla toteutunut lämmitystarveluku. Lämmitystarveluku on vaihteleva luku-arvo, joka ilmaisee tarkasteltavan paikkakunnan lämmitystarpeen tarkastelujakson aikana. (Energiateollisuus 2020, 76; Ilmatieteenlaitos.) Esimerkkikohde sijaitsee säävyöhykkeellä II, jolloin mitoitusulkolämpötilana on -29°C . Taulukosta 2 löytyy tarkasteltavan paikkakunnan korjauskerroin sekä vertailupaikkakunnan lämmitystarveluku.

Taulukko 2. Tarkasteltavan paikkakunnan laskenta-arvot (Ilmatieteenlaitos a.s.)

Tarkasteltava paikkakunta	Kotka
Vertailupaikkakunta	Helsinki-Vantaa
Normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla	4097
Paikkakuntakohtainen korjauskerroin	0,97
Vertailupaikkakunnan lämmitystarveluku vuonna 2021	4118
Mitoitusulkolämpötila, säävyöhyke II	-29°C

$$\phi_{mit} = \frac{Q_{tilat} \cdot (17^{\circ}\text{C} - t_u)}{24 \cdot S \cdot k} \quad (4)$$

jossa	ϕ_{mit}	lämmityksen huipputehontarve	[kW]
	Q_{tilat}	tilojen lämmitykseen käytetty energia	[kWh]
	t_u	paikkakunnan mitoitusulkolämpötila	[$^{\circ}\text{C}$]
	S	toteutunut lämmitystarveluku	[$^{\circ}\text{Cd}$]
	k	paikkakuntakohtainen korjauskerroin	[-]

$$\phi_{mit} = \frac{14\,777 \text{ kWh} \cdot (17 - (-29))^{\circ}\text{C}}{24 \cdot (4118 \cdot 0,97) \text{ }^{\circ}\text{Cd}} = 7,1 \text{ kW}$$

Joten rakennuksen lämmitystehontarpeeksi saadaan 7,1 kW.

3.3 Kulutuksen normitus

Kun esimerkkikohteen energiankulutus ja lämmitystehontarve ovat selvillä, voidaan asuinrakennuksen tilojen lämmitykseen kuluva kokonaisenergia normittaa vastaamaan normaalivuoden energiankulutusta. Laskentaan varten tulee selvittää asuinrakennuksen sijaintipaikkakunnan mukaan määritellyt lämmitystarveluvut. Koska esimerkkikohte ei sijaitse vertailupaikkakunnalla, vertailupaikkakunnan lämmitystarveluku korjataan paikkakunta-kohtaisella korjauskertoimella. Lämmitysenergian normituksessa lukuarvot on otettu suoraan Ilmatieteenlaitoksen verkkosivuilta ja ne ovat koottuna taulukossa 2.

Huipputehon selvittämiseksi asuinrakennuksen tilojen energiankulutus normitetaan. Koska käyttöveden lämmitys ei ole riippuvainen ulkolämpötilojen muutoksista, sitä ei tarvitse huomioida normituksessa, joten lämpimän käyttöveden osuus vähennetään normitettavasta kulutuksesta. Asuinrakennuksen normitettu kokonaisenergiankulutus lasketaan kaavalla 5.

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \cdot (Q_{lämmitys} - Q_{lkv}) + Q_{lkv} \quad (5)$$

jossa	Q_{norm}	normitettu kokonaisenergiankulutus	[kWh]
	$S_{N\ vpkunta}$	normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarve vertailupaikkakunnalla	[°Cd]
	$S_{toteutunut\ vpkunta}$	toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla	[°Cd]

$$Q_{norm} = \frac{4097\ ^\circ\text{Cd}}{4118\ ^\circ\text{Cd}} \cdot (17\ 010 - 2\ 233)\text{kWh} + 2\ 233\ \text{kWh} = 16\ 935\ \text{kWh}$$

Kun normitetusta kokonaisenergiankulutuksesta vähennetään lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia, saadaan selville tilojen lämmitykseen kulutettu lämmitysenergia. Täten asuinrakennuksen tilojen lämmitykseen kulu- neen energian osuudeksi jää 14 707 kWh.

3.4 Lämpöpumppujärjestelmän energialaskenta

Lämmitysjärjestelmän vuotuisen ostoenergiakulutuksen selvittämiseksi hyödynnetään lämpöpumppujen energialaskentaoppaan taulukkoa, joka löytyy liitteestä 1. Taulukkoa luetaan säävyöhykkeen ja laskelmista saatujen laskutuksien mukaan. Kyseiseen taulukkoon on koottu ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) lämpöenergioiden suhteet eri säävyöhykkeiden ja menoveden lämpötilojen perusteella. Kohderakennuksen tilojen ja käyttöveden lämmityksen vuotuisen lämmitysenergioiden suhde saadaan laskettua seuraavasti:

$$\frac{Q_{tilat}}{Q_{lkv}} = \frac{14\,777\text{ kW}}{2\,233\text{ kW}} = 6,6$$

Liitteen 1 taulukkoon on määritetty tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian suhteet lukuarvoille 0,5, 1, 2 ja 4. Koska tilojen ja käyttöveden lämmityksen vuotuinen lämmitysenergiansuhde on 6,6, joka ylittää lukuarvon 4, voidaan taulukkoa lukea lukuarvon 4 mukaan. Koska esimerkkikohteeseen ei ole valittuna mitään tiettyä lämpöpumppua ja lämmitysenergiansuhde ylitti maksimiarvon, oletetaan myös suhteellisen lämpötehon ylittävän maksimiarvon. Täten taulukossa määritetyt maksimiarvoja voidaan käyttää laskennoissa. Tällöin suhteellisen lämpötehon lukuarvona on 1, eli lähes täystehomitoitus. Koska lämmitysenergian suhteen lukuarvo on 4, säävyöhykkeiden I-II sarakkeista katsotaan menoveden lämpötilan mukainen lukuarvo, joka on tässä tapauksessa 60°C, jolloin lukuarvo on 0,90.

Lisälämmityksen tarve rakennuksen tiloille lasketaan kaavalla 6. Menoveden lämpötilaa vastaava lukuarvo saadaan liitteen 1 taulukosta ja tässä tapauksessa se on 0,90.

$$Q_{ll,tilat} = \left(1 - \frac{Q_{lp}}{Q_{lämmitys,tilat,lv}}\right) \cdot Q_{tilat} \quad (6)$$

jossa	$Q_{ll,tilat}$	tilojen lisälämmitykseen kulunut energia	[kWh]
	$\frac{Q_{lp}}{Q_{lämmitys,tilat,lv}}$	taulukosta saatava menoveden lämpötilaa vastaava lukuarvo	[-]

$$Q_{u,tilat} = (1 - 0,9) \cdot 14\,777 \text{ kWh} = 1\,478 \text{ kWh}$$

Lisälämmityksen tarve lämpimälle käyttövedelle lasketaan vastaavasti kaavalla 7. Kuten edellisessä kaavassa, myös tässä laskelmassa menoveden lämpötilaa vastaava lukuarvo saadaan liitteen 1 taulukosta.

$$Q_{u,lkv} = \left(1 - \frac{Q_{lp}}{Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat,lkv}}}\right) \cdot Q_{lkv} \quad (7)$$

jossa $Q_{u,lkv}$ käyttöveden lisälämmitykseen
kulunut energia [kWh]

$$Q_{u,lkv} = (1 - 0,9) \cdot 2\,233 \text{ kWh} = 223 \text{ kWh}$$

Kun lisälämmityksen energiantarve on selvillä, voidaan kaavalla 8 selvittää lämpöpumpulla tuotettavan tilojen lämmitysenergia.

$$Q_{LP,tilat} = Q_{tilat} - Q_{u,tilat} \quad (8)$$

jossa $Q_{LP,tilat}$ tilojen lämmitykseen kulunut energia [kWh]

$$Q_{LP,tilat} = (14\,777 - 1\,478) \text{ kWh} = 13\,299 \text{ kWh}$$

Seuraavaksi kaavalla 9 lasketaan lämpöpumpulla tuotettavan käyttöveden lämmitysenergia.

$$Q_{LP,lkv} = Q_{lkv} - Q_{u,lkv} \quad (9)$$

jossa $Q_{LP,lkv}$ käyttöveden lämmitykseen
kulunut energia [kWh]

$$Q_{LP,lkv} = (2\,333 - 223) \text{ kWh} = 2\,010 \text{ kWh}$$

Kun ilma-vesilämpöpumpulla tuotettu lämpöenergia asuinrakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta on selvillä, voidaan laskea ilma-vesilämpöpumpun kuluttama ostoenergia. Ostoenergiankulutusta laskettaessa tarvitaan lämpöpumpun SPF-lukua, joka on määritelty erikseen sekä tilojen lämmitykseen että käyttövedelle. Mikäli laitevalmistajan ilmoittamat SPF-luvut puuttuvat, voidaan laskennassa käyttää taulukossa 3 olevia lukuarvoja. SPF-luvut valitaan säävyöhykkeen perusteella. Esimerkkikohde sijaitsee säävyöhykkeellä II ja menoveden lämpötilan ollessa 60°C, käytetään SPF-lukuina arvoja 2,2 ja 1,8.

Taulukko 3. Ulkoilmalämpöpumppujen SPF-lukuja (Lämpöpumppujen energialaskentaopas, 2012)

Ulkoilmalämpöpumput max. lämpötila (menovesi), °C	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
	I-II	III	IV
Ilma-ilma	2,8	2,8	2,7
Ilma-vesi (tilojen lämmitys)			
30	2,8	2,8	2,7
40	2,5	2,5	2,4
50	2,3	2,3	2,2
60	2,2	2,1	2,0
Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)			
60	1,8	1,6	1,3

Ilma-vesilämpöpumpun kuluttama ostoenergia lasketaan kaavan 10 mukaisesti.

$$W_{LP} = \frac{Q_{LP,tilat}}{SPF_{tilat}} + \frac{Q_{LP,lkv}}{SPF_{lkv}} \quad (10)$$

jossa W_{LP} lämpöpumpun ostoenergiankulutus [kWh]
 SPF_{tilat} tilojen lämmityksen SPF-luku [-]
 SPF_{lkv} käyttöveden lämmityksen SPF-luku [-]

$$W_{LP} = \frac{13\,299\text{ kWh}}{2,2} + \frac{2\,010\text{ kWh}}{1,8} = 7\,162\text{ kWh}$$

Ilma-vesilämpöpumpun ostoenergiankulutukseksi saadaan 7 162 kWh, jolloin ilma-vesilämpöpumppu tuottaa lämmitysenergiaa kaksinkertaisesti sen kuluttamaan ostoenergiaan verraten. Taulukkoon 4 on koottu yhteenveto lämpöpumpun laskelmien tuloksista.

Taulukko 4. Yhteenveto ilma-vesilämpöpumpun laskelmista

Ilma-vesilämpöpumpun tuottama lämmitysenergia, sisältäen tilat ja lämpimän käyttöveden	15 309 kWh
Tarvittava lisälämmitysenergia, sisältäen tilat ja lämpimän käyttöveden	1 701 kWh
Ilma-vesilämpöpumpun sähköenergian kulutus	7 162 kWh

3.5 Sähköliittymän tarkastelu

Lämmitysjärjestelmäremonttia suunnitellessa tulee huomioida mahdollinen pääsulakekoon muutoksen tarve. Ylimoitettu sähköliittymä ei ole taloudellisesti järkevää ja vastaavasti alimitoitettu liittymä voi aiheuttaa pääsulakkeiden kuormittumista sekä mahdollisia sähkökatkoksia. Sähköliittymään tarvittavat pääsulakkeet määrittyvät kiinteistön huipputehon mukaan. Huipputehon selvittämiseksi on olemassa erilaisia laskentamalleja, jotka pohjautuvat peruskuorma- ja rakennuksen pinta-alasta riippuvaan kuormitukseen (pinta-alateho) sekä todennäköisyyden arviointiin sähkölaitteiden samanaikaisesta käytöstä. (Sähkötieto ry 2001.)

Kohderakennuksen huipputehoa selvittäessä on käytetty ST 13.31-kortistosta löytyvää laskentakaavaa. Koska kohteeseen on suunnitteilla ilma-vesilämmitysjärjestelmä, lasketaan sähkölämmitteisen ja kiukaalla varustetun pientalon huippukuormitus kaavalla 11.

$$P_{max} = 7,5 + 64 \cdot \frac{A_{läm}}{1000} \quad (11)$$

jossa	P_{max}	huipputeho	[kW]
	$A_{läm}$	lämmitettävän tilan pinta-ala	[m ²]

$$P_{max} = 7,5 + 64 \cdot \frac{125 \text{ m}^2}{1000} = 15,5 \text{ kW}$$

Kun huipputeho on selvillä, voidaan seuraavaksi laskea virta huipputeholla, jota tarvitaan sähköliittymän pääsulakkeiden mitoittamisessa. Mitoitusvirran laskemisessa on muistettava käyttää kuormituksen tehokerrointa, joka on sähkölämmitykselle 0,96. Virran huipputeho saadaan sijoittamalla huipputeho laskukaavaan 12.

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos \varphi} \quad (12)$$

jossa	I_{max}	virta huipputeholla	[A]
	U_p	verkon pääjännite (400 V)	[V]
	$\cos \varphi$	kuormituksen tehokerroin	[-]

$$I_{max} = \frac{15\,500 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,96} = 23,3 \text{ A}$$

Kohderakennuksen nykyinen pääsulakekoko on 3x25 A, joten nykyisiä pääsulakekokoja ei ole tarvetta muuttaa mahdollisen lämmitysjärjestelmäremontin vuoksi. Todennäköisyys sille, että kohderakennuksen sähköinen kuormitus on huipussaan ja suurin sallittu virta ylittyisi pidempiaikaisesti on erittäin pieni. Sähköliittymän muutostarve on kuitenkin hyvä selvittää tarkemmin uuden lämmitysjärjestelmän hankinnan yhteydessä. Mikäli sähköliittymän pääsulakekoon nostaminen nähdään tarpeellisena, tuo se lisäkustannuksia ja kuukausittainen perusmaksu nousee 20,22 eurosta 41,55 euroon.

3.6 Hiilidioksidipäästöt

Kuten alussa kerrottiin, Suomen hallitusohjelma asetti tavoitteeksi saavuttaa hiilineutraali Suomi vuoteen 2035 mennessä. Tämä edellyttäisi nopeutettuja päästövähennyksiä ja öljylämmityksestä luopumista. Kuten työn alussa todettiin, vuonna 2020 asuinrakennuksissa tilojen lämmityksen osuus oli 64 % ja käyttöveden lämmityksen osuus energiankulutuksesta oli 17 %. Asuinrakennuksissa suurimmat päästöt tuleekin lämmityksen kautta. Kevyen polttoöljyn käyttö öljylämmityksessä tuottaa hiilidioksidipäästöjä noin 260 grammaa kilowattituntia kohden, joka on melko suuri päästölukema.

Seuraavaksi vertaillaan, kuinka paljon lämmitysjärjestelmän vaihdolla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästöjen vertailuissa käytetyt laskenta-arvot ovat:

- Sähköntuotannon päästökerroin: 174,7 kg CO₂/MWh (Kymenlaakson Sähkö 2021)
- Kevyen polttoöljyn päästökerroin: 255,24 kg CO₂/MWh (Tilastokeskus)

Kaavasta 3 vastaukseksi saatu öljylämmitykseen kulunut lämmitysenergia kerrotaan kevyen polttoöljyn päästökertoimella. Laskelmassa on otettu huomioon öljykattilan vuosihyötysuhde, joka on 0,81.

$$17,01 \text{ MWh} \cdot 255,24 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{MWh}} = 4\,341,6 \text{ kg/CO}_2$$

Kaavasta 10 tulokseksi saatu ilma-vesilämpöpumpun ostoenergiankulutus kerrotaan sähköntuotannon päästökertoimella.

$$7,162 \text{ MWh} \cdot 174,7 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{MWh}} = 1\,251,2 \text{ kg/CO}_2$$

Lämmitysjärjestelmän vaihtamisella hiilidioksidipäästöt vähenisivät noin 71 %. Lämmitystapojen hiilidioksidipäästöt on koottu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Lämmitystapojen ostoenergian kulutus ja hiilidioksidipäästöt

Ostoenergian kulutus ja päästöt	MWh	MWh	kg/a
	Öljy	Sähkö	CO ₂
Vanha ostoenergia	17,01	-	4 341,6
Uusi ostoenergia	-	7,162	1 251,2
Vähennemä	17,01		3 090,4

Kiinteistöjen lämmityksellä on suuri merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa. Vuonna 2021 astui voimaan biopolttoöljyn jakeluvuote, jonka tavoitteena on edistää uusiutuvan polttoöljyn käyttämistä kiinteistöjen lämmityksessä. Nesteeltä voi tilata uusiutuvaa polttoöljyä, joka valmistetaan jäte- ja tähderaaka-aineista, kuten jäteöljyistä ja -rasvoista. (Neste a.s.) Jos haluaa pysytellä öljylämmityksessä, niin nykyään on mahdollista hankkia uusiutuvaa polttoöljyä lämmitysöljyksi, jolla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä. Tällä tuskin päästään yhtä alhaisiin päästölukemiin, kuin lämpöpumpuilla.

4 TALOUSLASKELMA

Takaisinmaksuajan laskemisella saadaan osviittaa lämmitystaparemontin investoinnin kannattavuudesta. Siinä ei kuitenkaan huomioida energian hinnannuutoksia tai takaisinmaksuajan jälkeisiä tuottoja. (Motiva 2022c.) Uuden lämmitysjärjestelmän takaisinmaksuaikaa laskettaessa on huomioitu useampi eri menetelmä – ilman valtiolta saatavaa avustusta, valtiolta saatava avustus huomioituna sekä valtiolta saatu avustus sisältäen lämmityspattereiden uusiminen. Tämän lisäksi takaisinmaksuaikaa on tarkasteltu lainan kanssa, jonka laskentakorkokantana on käytetty 3,0 %. Koska tällä hetkellä sähkömarkkinatilanne on epävakaa, on takaisinmaksun laskelmissa huomioitu myös korkeampi käyttösähkön hinta, joka on 29 snt/kWh KSOY:n Jatkuva-sähkösopimuksen mukainen hintatieto.

Neste.fi-sivustolta tarkastetun tiedon mukaan lämmitysöljyn hinta oli 14. kesäkuuta keskimäärin 1,93 €/l. Tällöin lämmitysöljyn kulutuskustannukset vuodessa ovat:

$$2\,100\text{ l} \cdot 1,93 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 4\,053\text{ €}$$

Ilma-vesilämpöpumpun kuluttaman sähköenergian hinnantarkastelua varten asukas ilmoitti voimassa olevan sähkösopimuksen hintatiedot:

- käyttömaksu 7,99 snt/kWh
- sähkövero 2,79372 snt/kWh
- sähkönsiirto 2,41 snt/kWh

Sähkön kokonaishinnaksi muodostui 13,19 snt/kWh, joten ilma-vesilämpöpumpun kulutuskustannukset vuodessa ovat:

$$(7\,162 + 1\,701)\text{kWh} \cdot 0,1319 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1\,169 \text{ €}$$

Jos sähkön käyttömaksu olisi 29 snt/kWh, lämpöpumpun vuotuinen kulutuskustannus olisi 3 031 €.

Uuden valitun lämmitysjärjestelmän vuotuinen säästö saadaan selville, kun öljylämmitysjärjestelmän vuotuisista kustannuksista vähennetään ilma-vesilämpöpumpun vuosikustannukset:

$$(4\,053 - 1\,169)\text{€} = 2\,884 \text{ €}$$

Täten nykyisellä voimassa olevalla sähkösopimuksella vuotuinen säästö olisi 2 884 €. Kalliimmalla sähkösopimuksella vuotuinen säästö olisi 1 022 €, joka olisi huomattavasti vähemmän verrattuna nykyiseen sähkösopimukseen, mutta öljylämmitykseen verrattuna säästöä kertyisi edelleen.

4.1 Takaisinmaksuaika eri menetelmillä

Uuden lämmitysjärjestelmän suora takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla 13. Lämpöyökkösen (2022) mukaan ilma-vesilämpöpumpun hinta asennuksen kanssa vaihtelee 8 000–20 000 euron välillä. Uuden lämmitysjärjestelmän investointikustannuksina käytettiin keskiarvoa korkeampaa summaa, eli 15 000 euroa. Öljyjärjestelmän purkaminen on sisällytetty investointikustannuksiin.

$$TMA = \frac{\textit{investointi}}{\textit{vuotuinen säästö}} \quad (13)$$

jossa TMA suora takaisinmaksuaika [a]

$$TMA = \frac{15\,000 \text{ €}}{2\,884 \text{ €}} = 5,2$$

Yksinkertaisella energianlaskentamenetelmällä uuden lämmitysjärjestelmän takaisinmaksuaika olisi 5,2 vuotta. Ilma-vesilämpöpumppujen takaisinmaksuaika vaihtelee 5–7 vuoden välillä, jolloin laskettu takaisinmaksuaika täyttää arvioitun takaisinmaksuajan. Jos sähkön käyttömaksu olisi 29 snt/kWh, koroton takaisinmaksuaika nousisi jo 14,7 vuoteen.

Lämmitysjärjestelmän uusiminen on kallis investointi, jolloin yleensä turvaututaan lainaan. Jos lainaa otettaisiin investointikustannuksen, eli 15 000 €, verran ja lainaa lyhennettäisiin vuosittain kertyvillä, eli 2 884 €, säästöillä, saadaan takaisinmaksuajaksi 6,5 vuotta Excelin takaisinmaksufunktiota hyödyntäen. Laskentakorkokannan ollessa 3,0 % investoinnin kokonaishinnaksi tulisi 18 750 €.

Öljylämmityksestä siirryttäessä ilma-vesilämpöpumppulämmitykseen on oikeutettu valtiolta saatavaan avustukseen, joka on suuruudeltaan 4 000 €. Kun takaisinmaksussa otetaan huomioon valtionavustus, takaisinmaksuajaksi saadaan:

$$TMA = \frac{(15\,000 - 4\,000) \text{ €}}{2\,884 \text{ €}} = 3,8$$

Valtionavustuksella uuden lämmitysjärjestelmän takaisinmaksuaika lyhenisi 5,2 vuodesta 3,8 vuoteen. Sähkön käyttömaksun ollessa 29 snt/kWh koroton takaisinmaksuaika olisi 10,8 vuotta. Kun huomioidaan valtiolta saatava 4 000 € avustus ja käytetään laskennallista investointikustannusta summaltaan 11 000 €, takaisinmaksuajaksi saadaan 4,8 vuotta ja investoinnin kokonaiskustannukseksi lainan kanssa tulee 13 750 €.

Asuinrakennuksen vesikiertoiset lämmityspatterit ja putkistot ovat kunnostettu tai uusittu vuonna 1969. Rakennuksen huonetilat lämpenevät kymmenellä vesikiertoisella patterilla ja märkätilat lämpenevät lattialämmityksellä. Motivan (2022b) mukaan lämmityspattereiden uusimista kannattaa harkita, jos pattereilla on ikää yli 40 vuotta. Näin lämmitysjärjestelmän energiatehokkuutta voidaan parantaa ja vähentää lämmityskuluja.

Seuraavaksi tarkastellaan takaisinmaksuaikaa, kun kohteessa uusittaisiin lämmitysjärjestelmän lisäksi myös vesikiertoiset lämmityspatterit. Lämmityspattereiden uusimisen kokonaishinta perustuu hinta-arvioon, joka on saatu Hana-kat.fi-sivustolta patteriremonttilaskurin avulla asuinrakennuksen perustietojen perusteella. Laskurilla patteriremontin hinta-arvioksi saatiin 10 500 €. Seuraavaksi lasketaan takaisinmaksuaika valtionavustuksella ja patteriremontilla:

$$TMA = \frac{((15\,000 - 4\,000) + 10\,500) \text{ €}}{2\,884 \text{ €}} = 7,5$$

Kun uuden lämmitysjärjestelmän asennuksen yhteydessä uusittaisiin myös vesikiertoiset lämmityspatterit, takaisinmaksuaika nousisi 7,5 vuoteen. Patteriremontti nostattaa takaisinmaksuaikaa huomattavasti, mutta on kuitenkin edelleen kohtuullinen. Kalliimmalla sähkö sopimuksella koroton takaisinmaksuaika olisi jo 21 vuotta. Laskentakorkokannalla 3,0 % investoinnin kokonaiskustannukseksi tulisi patteriremontin kanssa 26 875 € ja takaisinmaksuaika olisi 9,3 vuotta. Lämmityspattereiden uusimisella niiden lämmönluovutusteho paranisi, jolloin menoveden lämpötilaa voitaisiin laskea. Näin lämmitysjärjestelmän energiatehokkuus paranisi ja se toisi säästöjä lämmityskuluihin, jolloin myös takaisinmaksuaika vähenisi.

Taulukko 6. Yhteenveto takaisinmaksuajoista eri menetelmillä

	Ilman valtion- avustusta	Valtionavustus	Valtionavustus + patteriremontti
Takaisinmaksuaika nykyisellä sähköso- pimuksella, a	5,2	3,8	7,5
Takaisinmaksuaika nykyisellä sähköso- pimuksella + lasken- takorko 3 %, a	6,5	4,8	9,3
Takaisinmaksuaika 29 snt/kWh sähkö- sopimuksella, a	14,7	10,8	21

Taulukkoon 6 on kerätty yhteenveto takaisinmaksuajoista eri menetelmillä. Lämmityspatteriremontilla takaisinmaksuaika lähes kaksinkertaistuisi verrattuna lämmitysjärjestelmän investointiin valtionavustuksella, mutta lämmitysjärjestelmän energiatehokkuus paranisi, jolloin lämmityskulut mahdollisesti vähenisivät. Täten myös arvioitu takaisinmaksuaika lyhenisi.

Uusi lämmitysjärjestelmä voidaan myös asentaa nykyisen lämmitysjärjestelmän rinnalle, jolloin käytetään termiä hybridilämmitys. Hybridilämmityksessä on kyse vähintään kahden lämmitysmuodon yhdistämisestä, joita voidaan vuorotella vuodenajan tai vuorokauden ajan mukaan. Esimerkiksi päälämmitysjärjestelmänä voisi toimia ilma-vesilämpöpumppu, mutta kovemmillä pakka-
silla tai sähkökatkokkien aikana voitaisiin turvautua öljylämmitykseen. Jos ilma-vesilämpöpumppu asennetaan olemassa olevan öljylämmitysjärjestelmän rinnalle, ei ole oikeutettu saamaan valtionavustusta. Valtionavustuksen ehtona on öljylämmitysjärjestelmän purku lämmitysmuodon vaihtamisen yhteydessä.

4.2 Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri

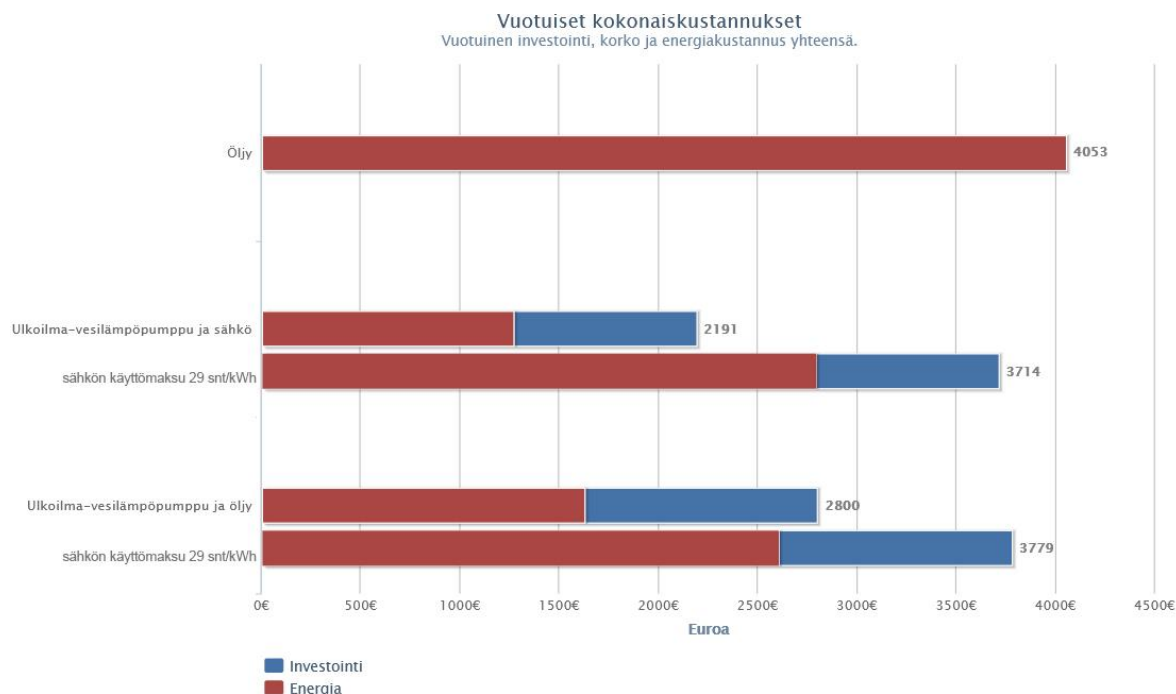
Lämmitystapojen vertailussa voidaan hyödyntää Motivan sivuilta löytyvää laskuria, jonka avulla voidaan vertailla pientalon yleisimpiä pää- ja tukilämmitysmuotoja. Laskuri on ensisijaisesti suunnattu uusien pientalojen rakentajille ja

vanhojen asuintalojen remontoijille. Vertailulaskurilla pyritään tarjoamaan puolueetonta ja vertailukelpoista tietoa erilaisista lämmitystavoista ja niiden kokonaiskustannuksista. Vertauslaskurissa on huomioitu ainoastaan yleisimmät pää- ja tukilämmitystavat. Lämmitysjärjestelmäremontit ovat pitkäaikaisia sijoituksia, jonka vuoksi laskurissa on otettu huomioon tulevaisuuden energiahintojen mahdollinen muutos. Vertailulaskurissa on huomioitu energiahintojen nousuvauhti, jolloin oletusarvoina hyödynnetään tilastoihin perustuvia arvoja eri energiamuotojen hintojen kehityksestä viimeisen 10 vuoden ajalta. Kustannustietojen lisäksi vertauslaskuri tarjoaa tietoa eri lämmitystapojen ominaisuuksista. (Motiva 2022e.)

Laskurin pohjatietoina on käytetty samoja arvoja ja laskelmista saatuja tuloksia, joita tässä opinnäytetyössä on hyödynnetty. Vertailtavia lämmitysjärjestelmiä ovat öljy, ilma-vesilämpöpumppu sekä hybridilämmitys (öljy + ilma-vesi). Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän investointikustannuksissa on huomioitu 4 000 euron valtionavustus. Hybridilämmityksessä ei ole huomioitu valtionavustusta, koska avustuksen saamisen ehtona on öljylämmityksen purkamisen. Epävakaan sähkömarkkinatilanteen vuoksi sähkön hintana on käytetty kahta eri hintatietoa: nykyistä voimassa olevaa sähkösopimusta (7,99 snt/kWh) sekä KSOY:ltä saatavaa toistaiseksi voimassa olevaa sähkösopimusta (29 snt/kWh). Lämmitysöljyn hintana on käytetty samaa kevytpolttoöljyn hintatietoa kuin aikaisemminkin tässä opinnäytetyössä, eli 1,93 €/l. Energiahintojen nousussa sekä sähkön että öljyn osalta on käytetty oletusarvona lukua 2 %. Investoinnin korkona on 3 % ja laskenta-ajaksi on määritetty 15 vuotta. Öljylämmityksen suhteen investointikustannuksina on käytetty 0 €, koska se on esimerkkikohteessa valmiina.

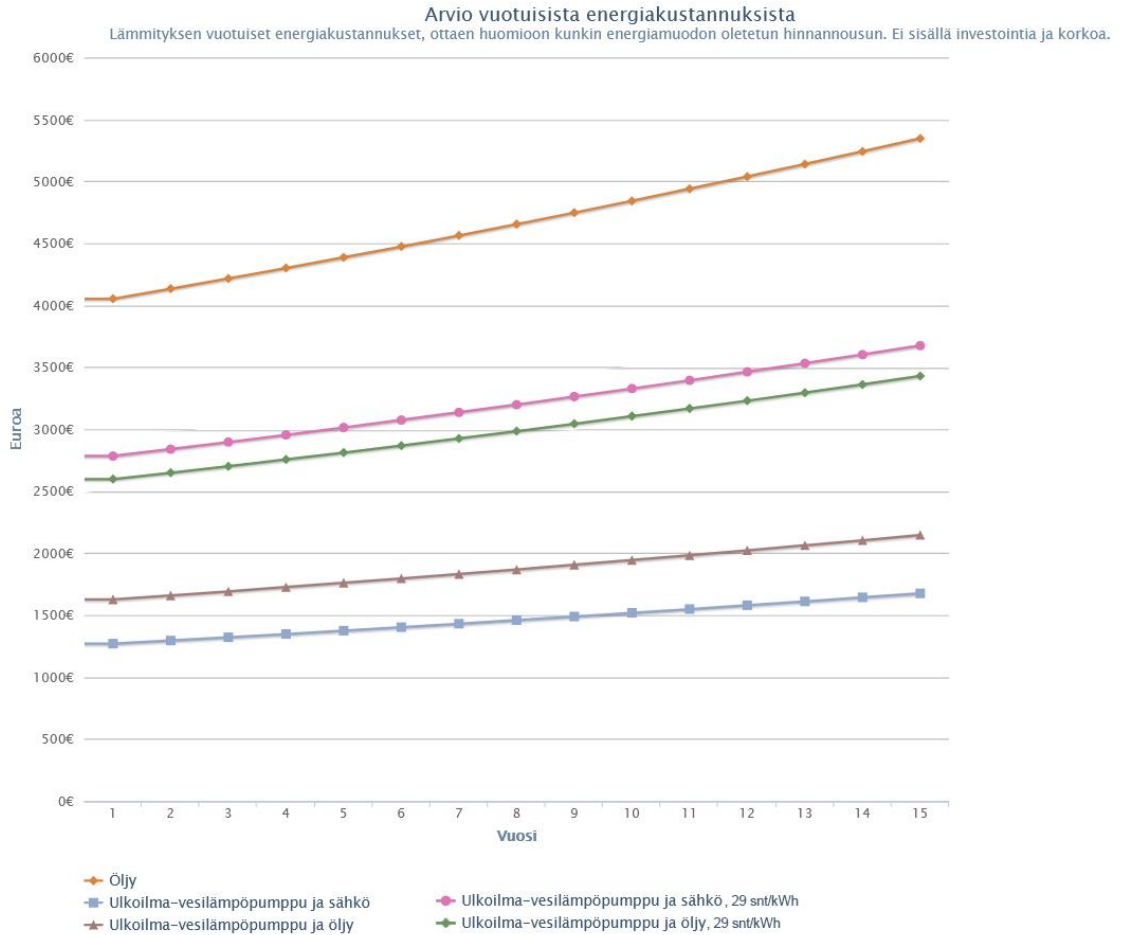
Lämmitysöljyn hinta on tällä hetkellä erittäin korkealla, jonka vuoksi pelkässä öljylämmityksessä on selkeästi korkeimmat vuotuiset kokonaiskustannukset. Nykyisellä sähkösopimuksella ilma-vesilämpöpumppulämmitys olisi halvin vaihtoehto ja hybridilämmitys toiseksi halvin, kuten kuvasta 10 voidaan nähdä. Kalliimmalla sähkösopimuksella hybridilämmityksen ja pelkän ilma-vesilämpöpumpun vuotuiset kokonaiskustannukset pyörivät samoissa summissa.

Öljylämmityksen vuotuiset kokonaiskustannukset ovat silti kalleimmat, vaikka kokonaiskustannuksissa ei ole huomioitu investointikustannuksia, kuten muissa lämmitysmuodoissa.



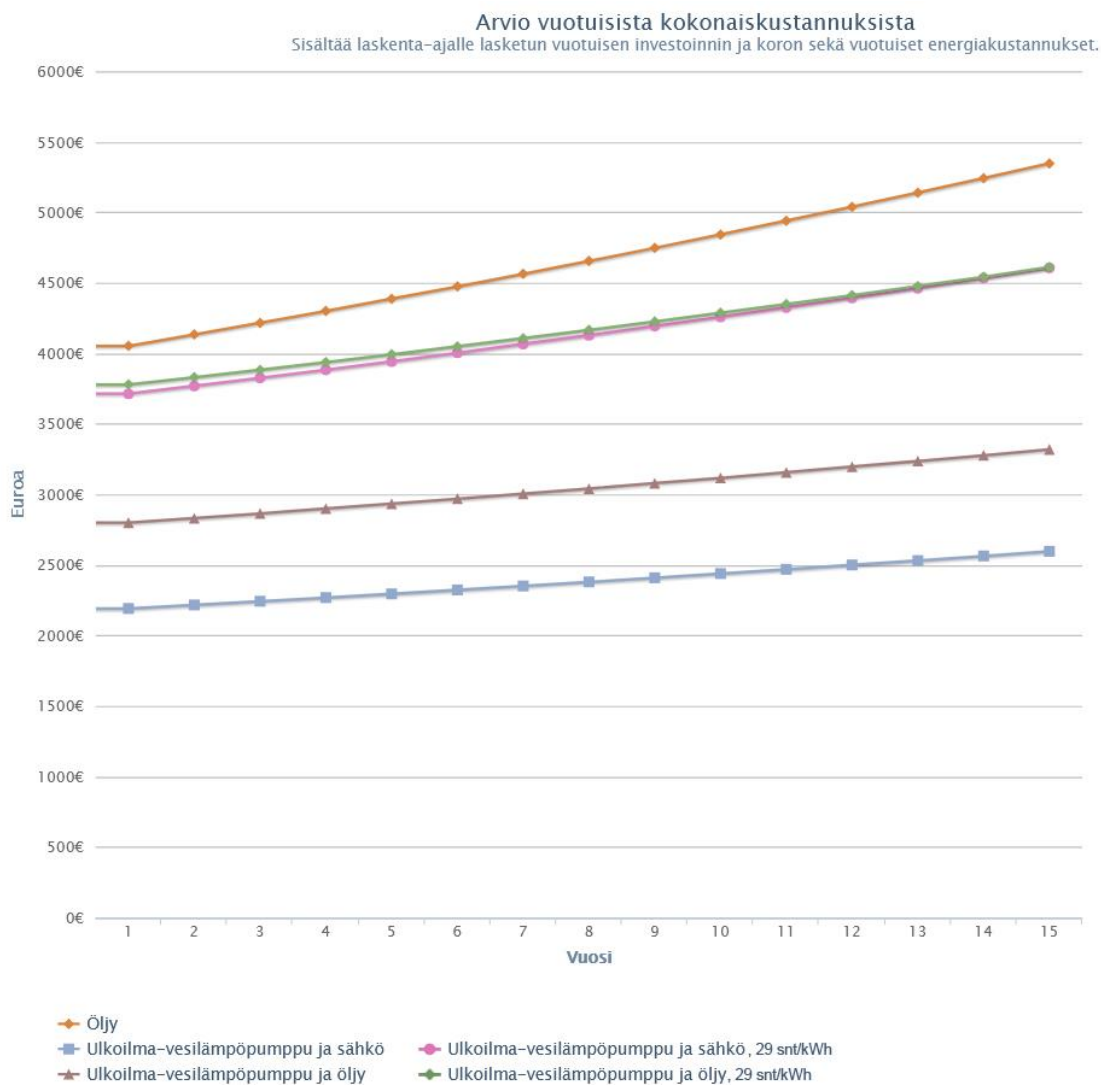
Kuva 10. Vuotuiset kokonaiskustannukset (Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri 2022)

Lämmityksen vuotuisissa energiankustannuksissa on otettu huomioon energiamuotojen oletetut hinnannousut, joka on sekä sähkön että öljyn kohdalla 2 %. Energiakustannuksissa ei ole huomioituna investointia eikä korkoa. Vuotuisia energiakustannuksia tarkastellessa voidaan kuvan 11 perusteella todeta, että öljylämmitys on jälleen kallein vaihtoehto. Nykyisellä sähkö sopimuksella ilma-vesilämpöpumpulla on alhaisimmat vuotuiset energiakustannukset. Toiseksi ja kolmanneksi edullisimmat lämmitysmuodot ovat hybridilämmitys molemmat sähkön hintatiedot huomioiden. 15 vuoden kohdalla öljylämmityksen vuotuinen energiakustannus olisi noin 5 350 € ja ilma-vesilämpöpumpun vuotuinen kustannus nykyisellä sähkö sopimuksella olisi 1 670 €.



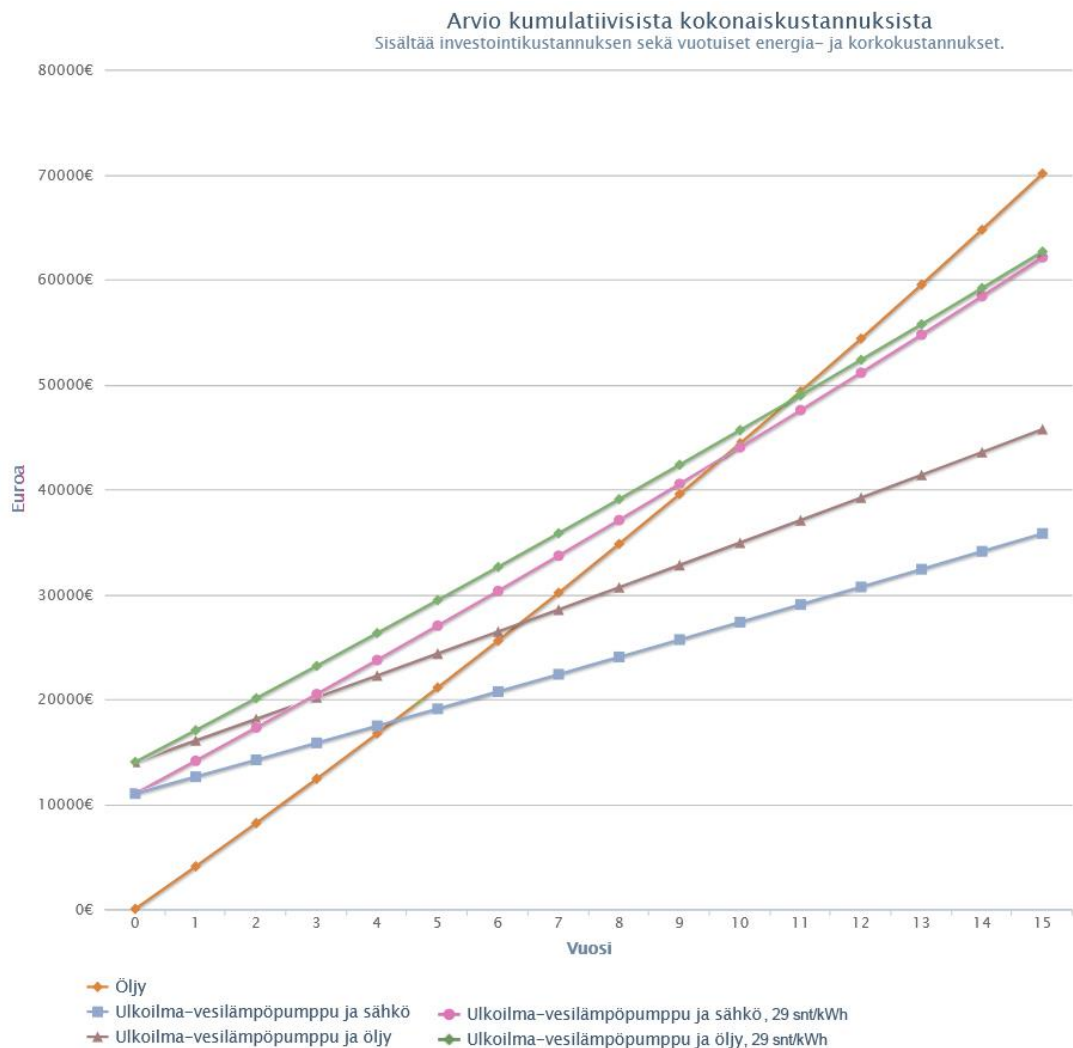
Kuva 11. Arvio vuotuisista energiakustannuksista (Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri 2022)

Lämmitystapojen vertailulaskurin arvio vuotuisista kokonaiskustannuksista sisältää laskenta-ajalle lasketun vuotuisen investoinnin ja koron sekä vuotuiset energiakustannukset. Jälleen kerran öljylämmitys on kallein lämmitysmuoto ja nykyisellä sähkösopimuksella ilma-vesilämpöpumppu on edullisin lämmitysmuoto. Sähkön käyttöhinnan ollessa 29 snt/kWh ilma-vesilämpöpumpun ja hybridilämmityksen välillä ei ole suuria eroja vuotuisissa kokonaiskustannuksissa, kuten kuvasta 12 voidaan todeta. Vuoteen 15 mennessä niiden vuotuiset kokonaiskustannukset ovat yhtä suuria.



Kuva 12. Arvio vuotuisista kokonaiskustannuksista (Pientalon lämmitystapojen vertailulaskuri 2022)

Kuvassa 13 on nähtävillä arvio lämmitystapojen kumulatiivisista kokonaiskustannuksista. Kumulatiivisessa kokonaiskustannuksessa on otettu huomioon investointikustannukset sekä vuotuiset energia- ja korkokustannukset. Öljylämmitys häviää kaikille lämmitysmuodoille 11 vuoden kohdalla. 4 vuoden jälkeen öljylämmityksestä tulee kannattomampi ja ilma-vesilämpöpumppu nykyisellä sähkönsopimuksella on kannattavin vaihtoehto. 6,5 vuoden jälkeen hybridilämmitys nykyisellä sähkönsopimuksella on kannattavampi vaihtoehto öljylämmitykseen verrattuna ja 10 vuoden jälkeen ilma-vesilämpöpumppu kalliimmalla sähkön hinnalla on kannattavampi vaihtoehto kuin nykyinen öljylämmitysjärjestelmä.



Kuva 13. Arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista (Pientalon lämmitystapojen vertauslaskuri 2022)

Pientalon lämmitystapojen vertauslaskuri on suuntaa antava, mutta lämmitystaparemonttia suunnitellessa sillä saadaan helposti ja nopeasti vertailukelpoista tietoa erilaisista lämmitystavoista sekä niiden kokonaiskustannuksista. Tämän lisäksi laskurissa pystyi valitsemaan tukilämmitysmuodon, jolloin voidaan vertailla tukilämmityksestä saatava lisähyöty.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella nykyisen lämmitysjärjestelmän korvaamista ilma-vesilämpöpumpulla esimerkkitilanteessa ja antaa osviittaa lämmitysjärjestelmän vaihtamisen myötä muodostuvista vuotuisista säästöistä

ja takaisinmaksuajasta. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että ilma-vesi-lämpöpumppu olisi kannattava investointi kyseiseen kohteeseen. Opinnäytetyön laskelmien tulokset ovat suuntaa antavia, mutta niiden perusteella saadaan yleispätevä käsitys lämmitysjärjestelmän vaihtamisen hyödyistä ja kokonaisuuden muodostumisesta.

Takaisinmaksuaikaa laskettaessa huomioitiin useampi eri menetelmä. Ukrainan sota on vaikuttanut sähkön hinnan nousuun, jonka vuoksi sähkön hinta on tällä hetkellä todella korkealla tasolla edellisiin vuosiin verrattuna. Takaisinmaksuaikaa laskettaessa keskityttiin pääasiassa nykyisen sähkösopimuksen mukaisiin hintatietoihin, jossa käyttösähkön hinta oli 7,99 snt/kWh, mutta epävakaa sähkömarkkinatilasta vuoksi takaisinmaksussa on huomioitu myös korkeampi käyttösähkön hinta, joka oli 29 snt/kWh. Ilman valtionavustusta takaisinmaksuaika olisi nykyisellä sähkösopimuksella reilu 5 vuotta ja kalliimmalla käyttösähkön hinnalla se olisi lähes 15 vuotta. Jos takaisinmaksussa huomioidaan valtiolta saatava 4 000 euron avustus, nykyisellä sähkösopimuksella takaisinmaksuaika lyhenisi alle 4 vuoteen ja kalliimmalla käyttösähköso- pimuksella se olisi melkein 11 vuotta. Kaikilta ei löydy valmiina säästöjä lämmitysjärjestelmäremonttiin, jonka vuoksi on mahdollista ottaa lainaa. Tämän vuoksi takaisinmaksuaikaa tarkasteltiin myös lainan kanssa, jonka laskentakorkokantana käytettiin 3,0 %. Nykyisellä sähkösopimuksella ja lainalla takaisinmaksuajat olisivat ilman valtionavustusta 6,5 vuotta, valtionavustuksella lähes 5 vuotta ja valtionavustuksella ja patteriremontin kanssa takaisinmaksuaika olisi reilu 9 vuotta.

Esimerkkikohteen lämmityspatterit ja putkistot ovat kunnostettu tai uusittu 1960-luvulla, jolloin suositellaan harkitsemaan lämmityspattereiden uusimista. Tämän vuoksi takaisinmaksussa on huomioitu myös mahdollinen vesikiertoisten lämmityspattereiden remontti, joka nostattaa takaisinmaksuajan nykyisellä sähkösopimuksella 7,5 vuoteen ja kalliimmalla sähkösopimuksella se olisi jo 21 vuotta. Patteriremontin myötä rakennuksen energiatehokkuutta voitaisiin parantaa ja lämmityskuluja vähentää, jolloin takaisinmaksuaika lyhenisi.

Investoitavan laitteiston hankintahinta vaikuttaa takaisinmaksu-aikaan vuotuis- ten säästöjen lisäksi. Koska esimerkkikohteeseen ei ollut valittuna mitään tiet- tyä lämpöpumppua, käytettiin investointikustannuksissa hinta-arvioita. Ilma-

vesilämpöpumpun hinta asennuksen kanssa vaihtelee keskimäärin 8 000–20 000 euron välillä, joten investointikustannuksena käytettiin 15 000 euron summaa. Öljylämmitysjärjestelmän purkaminen sisällytettiin investointikustannukseen. Myös lämmityspattereiden remontissa käytettiin laskurin avulla saatua hinta-arviota, joka oli vähän päälle 10 000 euroa. Todelliset hintatiedot saadaan kilpailuttamalla ja vertailemalla laitetoimittajien ja asentajien tarjouksia. Myös öljylämmitysjärjestelmän purkamisen hinnoissa on heittelyä, joten todelliset hintatiedot saadaan kysymällä tarjoukset purkutöitä suorittavilta yrityksiltä. Kun investointikustannuksissa huomioitiin mahdollinen otettu laina, jonka laskentakorkokanta oli 3,0 %, investointikustannukset vaihtelivat 18 750 eurosta lähes 27 000 euroon.

Viime vuosiin verrattuna myös raakaöljyn hinta on tänä päivänä erittäin korkealla tasolla. Raakaöljyn korkeaan hintaan ovat vaikuttaneet sekä kansainvälinen COVID-19-pandemia että kysynnän ja tarjonnan tasapainottomuus. Tämän vuoksi öljyn saannin turvaaminen on epävarmaa. Esimerkkikohteen lämmitysöljyn vuosittaisia kulutuskustannuksia selvitetessä käytettiin sen hetkistä lämmitysöljyn hintatietoa, joka oli keskimäärin 1,93 €/l. Kyseisen hintatiedon mukaan lämmitysöljyn kulutuskustannukset vuodessa olivat vähän päälle 4 000 euroa. Eri tekijöiden takia tulevaisuuden hinnankehitystä on kuitenkin vaikea ennustaa.

Valtio haluaa kannustaa öljylämmittäjiä luopumaan öljylämmityksestä tarjoamalla avustusta lämmitystaparemonttiin. Avustuksen yksi ehdoista on, että nykyinen öljylämmitysjärjestelmä puretaan uuden lämmitysjärjestelmän tieltä. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa öljylämmitysjärjestelmän rinnalle, jolloin kyseessä on hybridi- eli yhdistelmälämmitys. Jos hybridilämmityksessä käytetään öljylämmitystä, ei ole oikeutettu valtiolta saatavaan avustukseen. Korkean sähkön hinnan vuoksi hybridilämmitys voisi olla kannattava vaihtoehto tällä hetkellä. Ilma-vesilämpöpumppu toimisi päälämmitysjärjestelmänä ja kovemmilla pakkasilla voitaisiin turvautua öljylämmitykseen. Vallitsevan sähkömarkkinatilanteen vuoksi on varauduttava pidempiin sähkökatkoksiin, jolloin öljylämmityksellä voitaisiin turvata rakennuksen lämmittäminen pidempien sähkökatkoksien aikana. Nykyinen öljykattila on uusittu noin 20 vuotta sitten.

Öljykattilan tekninen käyttöikä on noin 25 vuotta, joten nykyistä öljylämmitys-järjestelmää voisi hyödyntää hybridilämmityksessä, jonka jälkeen lämmitys-järjestelmän remontoiminen tai vaihto tulisi viimeistään ajankohtaiseksi.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö antoi tekijälleen laajemman käsityksen öljylämmityksen sekä ilma-vesilämpöpumpun ominaisuuksista ja toimintaperiaatteista. Laskentamenetelmien ja saatujen tuloksien avulla pystyi antamaan suuntaa antavia tietoja investointikustannuksista ja säästöistä öljylämmitys-järjestelmästä luovuttaessa. Takaisinmaksuaikaa tarkasteltiin eri menetelmin valitsevan sähkömarkkinatilanteen vuoksi, jolloin takaisinmaksuajoissa pystyttiin huomioimaan eri tekijät. Opinnäytetyö antaa ajankohtaista tietoa öljylämmityksen korvaamisesta ilma-vesilämpöpumpulla, josta on hyötyä toimeksiantajalle lämmitys-järjestelmäremonttia suunnitellessa.

LÄHTEET

Ely-keskus. 2022. Avustus pientalon öljylämmityksestä luopumiseksi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/oljylammituksen-vaihtajalle> [viitattu 13.4.2022].

Energiateollisuus. 2020. Rakennusten kaukolämmitys. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://energia.fi/files/5423/JulkaistuK1_2020_Energiateollisuus_ry_%28paiv._20201119%29.pdf [viitattu 2.9.2022].

Hanakat.fi. s.a. Kuinka paljon vesikiertoisien patterijärjestelmän remontti maksaa? Verkkokaupan sivut. Saatavissa: <https://www.hanakat.fi/palvelut/remonttit/patteriremonttilaskuri> [viitattu 17.10.2022].

Ilmatieteenlaitos. s.a. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut> [viitattu 2.9.2022].

Kotimaan Lämpö. a.s. Mitä eroa on lämmitysöljyllä ja polttoöljyllä? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://kotimaanlampo.fi/mita-eroa-on-lammitysoljylla-ja-polttooljylla.page> [9.6.2022].

Lämmitysenergia Yhdistys. 2020a. Lämmitysjärjestelmän kunnossapito. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://oljylammitys.fi/huolto-ja-kunnostus/lammitysjarjestelman-kunnossapito/> [viitattu 4.4.2022].

Lämmitysenergia Yhdistys. 2020b. Sanasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://oljylammitys.fi/ajankohtaista/sanasto/> [viitattu 10.5.2022].

Lämmitysenergia Yhdistys. 2020c. Öljy on tehokasta energiaa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://oljylammitys.fi/energiatehokkuus/oljy-on-tehokasta-energiaa/> [1.4.2022].

Lämpöykkönen. s.a. Verkkokaupan sivut. Saatavissa: <https://lampoykkonen.fi/tuotteet/ilma-vesilampopumput/> [viitattu 16.10.2022].

Motiva. 2022a. Ilma-vesilämpöpumppu. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopump-puteknologiat/ilma-vesilampopumppu [viitattu 9.10.2022].

Motiva. 2022b. Huonetilat, patterit, ja termostaatit. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/huonelampotilat_patterit_ja_termostaatit [viitattu 16.10.2022].

Motiva. 2022c. Laskentatyökalu energiatehokkuustoimien taloudellisen kannattavuuden tarkasteluun. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/laskentatyokalu_energiatehokkuustoimien_taloudellisen_kannattavuuden_tarkasteluun [viitattu 15.10.2022].

Motiva. 2022d. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi [viitattu 6.10.2022].

Motiva. 2022e, Lämmitystapojen vertailulaskuri. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/vertaile_lammitysjarjestelmia/pientalon_lammitystapojen_vertailulaskuri [viitattu 21.11.2022].

Motiva. 2022f. Perusteita valinnan tekemiseen. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/vertaile_lammitysjarjestelmia/perusteita_valinnan_tekemiseen [viitattu 30.3.2022].

Motiva. 2022g. Öljylämmitys. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys [viitattu 5.4.2022].

Neste. s.a. Neste MY Uusiutuva Polttoöljy – Pienennä nopeasti lämmityksen hiilijalanjälkeä jopa 90 %. WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.neste.fi/yksityisasiakkaat/tilaa-lammitysoljya/neste-my-uusiutuva-polttooljy> [viitattu 21.11.2022].

Neste. s.a. Oikein hoidettu öljysäiliö kestää vuosikymmeniä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.neste.fi/oljysailion-kunnossapito> [viitattu 14.5.2022].

Neste. s.a. Savupiippu – Öljylämmittäjän opas. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.neste.fi/savupiippu-oljylammitajan-opas> [viitattu 13.5.2022].

Neste. s.a. Lämmityksen säätölaitteiston toimintaperiaate. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.neste.fi/lammituksen-saatolaitteiston-toimintaperiaate> [viitattu 17.5.2022].

Pennanen, P. 2019. Selvitys monoblock-ilma-vesilämpöpumpun mahdollisuuksista. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Energiateknikka. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019062417507> [viitattu 8.10.2022].

Sawo Heat. 2022. Mitä COP- ja SCOP-arvot tarkoittavat? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://sawoheat.fi/cop-ja-scop-arvot/> [viitattu 12.9.2022].

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021. Asumisen energiankulutus. PDF-dokumentti. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen_2020_2021-12-16_fi.pdf [viitattu 30.3.2022].

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021. Liitekuvio 2. Tärkeimpien öljytuotteiden kuluttajahinnat. WWW-dokumentti. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/ehi/2021/03/ehi_2021_03_2021-12-09_kuv_002_fi.html [viitattu 15.5.2022].

Suomi rakentaa. 2019. Öljylämmitys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/laemmitys/oeljylaemmitys> [viitattu 4.4.2022].

Sähkötieto. 2001. ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. ST-kortisto. Saatavissa: <https://docplayer.fi/671145-Rakennuksen-sahko-verkon-ja-liittymän-mitoittaminen.html> [viitattu 21.11.2022].

Talotekniikka. 2019. Öljy sopii hybridilämmitykseen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://talotekniikka-lehti.fi/oljy-sopii-hybridilammitykseen/> [viitattu 12.4.2022].

Vero. 2022. Kotitalousvähennys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/> [viitattu 15.4.2022].

Ympäristöministeriö. 2012. Lämpöpumppujen energialaskentaopas. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Lampo-pumppujen-energiälaskentaopas-3.10.2012-10A732A6_EA2F_45F9_869C_6F909138CB26-30757.pdf [viitattu 28.9.2022].

Ympäristöministeriö. 2018. Energiatehokkuus – Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskoelma. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje---Rakennuksen-energiankulutuksen-ja-lammitystehontarpeen-laskenta-20-12-2017-4332AA81_75E1_4CA0_B208_B0ACB60A267F-133692.pdf [viitattu 28.10.2022].

Ympäristöministeriö. 2022. Öljylämmityksestä luopuminen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/oljylammityksesta-luopuminen> [viitattu 13.4.2022].

LIITE 1

Ulkoilmalämpöpumpun suhteellinen lämpöenergiataulukko (Lämpöpumppujen energialaskentaopas, 2012)

Taulukko 2. Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) suhteellinen lämpöenergia ($Q_{lp}/Q_{lämmitys,tilat,LKV}$) taulukoituna suhteellisen lämpötehon (ϕ_{lpn}/ϕ_{ilja}) suhteen, tilojen lämmitys- ja käyttövesienergioiden suhteen ($Q_{lämmitys,tilat}/Q_{lämmitys,LKV}$) ja tilojen lämmityksen menoveden max. lämpötilan (T_m) funktiona eri säävyöhykkeillä. Lämpöpumpun nimellisteho ϕ_{lpn} annetaan toimintapisteessä $T_{ulko} / T_{meno} (+7/35)$.

ϕ_{lpn}/ϕ_{ilja}	$Q_{lämmitys,tilat}/Q_{lämmitys,LKV}$	Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, ^\circ C$				$T_m, ^\circ C$				$T_m, ^\circ C$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,3	0,5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
	1	0,39	0,39	0,39	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33
	2	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,40	0,39	0,39	0,38
	4	0,56	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41
0,4	0,5	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38
	1	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44
	2	0,63	0,61	0,60	0,58	0,60	0,58	0,57	0,56	0,52	0,51	0,50	0,49
	4	0,68	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,51
0,5	0,5	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,52	0,52	0,47	0,47	0,47	0,47
	1	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,55	0,54	0,54	0,53
	2	0,73	0,71	0,69	0,68	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,60	0,58	0,57
	4	0,78	0,75	0,72	0,70	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58
0,6	0,5	0,64	0,64	0,64	0,64	0,62	0,62	0,62	0,61	0,55	0,55	0,55	0,55
	1	0,75	0,74	0,72	0,72	0,72	0,70	0,69	0,69	0,64	0,63	0,62	0,61
	2	0,82	0,79	0,77	0,75	0,78	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	0,65	0,64
	4	0,84	0,82	0,80	0,77	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,66	0,64
0,7	0,5	0,73	0,73	0,73	0,73	0,70	0,70	0,70	0,70	0,63	0,63	0,63	0,63
	1	0,83	0,81	0,80	0,78	0,79	0,78	0,76	0,75	0,71	0,69	0,68	0,67
	2	0,87	0,85	0,83	0,82	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69
	4	0,89	0,87	0,85	0,83	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70
0,8	0,5	0,81	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,72	0,71	0,71	0,70
	1	0,88	0,87	0,85	0,84	0,86	0,85	0,84	0,82	0,77	0,76	0,74	0,73
	2	0,90	0,89	0,88	0,86	0,88	0,86	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
	4	0,91	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
0,9	0,5	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,77	0,76	0,76	0,75
	1	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
	2	0,92	0,91	0,90	0,89	0,90	0,89	0,88	0,87	0,81	0,80	0,79	0,77
	4	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
1,0	0,5	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79
	1	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	2	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	4	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79