

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

Vaihtoehtoisten lämmitysjärjestelmien kannattavuus kiinteistökokoluokassa

Työn tarkastaja: Tapio Ranta

Työn ohjaaja: Antti Karhunen, Mika Laihanen

Lappeenranta 4.4.2019

Kim Sundberg

TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Kim Sundberg

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaajat: Antti Karhunen, Mika Laihanen

Kandidaatintyö 2019

28 sivua, 7 kuvaa, 8 taulukkoa

Hakusanat: maalämpö, öljylämmitysjärjestelmä, kustannusvertailu, sähkölämmitys

Työssä on tarkoituksena mieltää vaihtoehtoisia lämmitysjärjestelmiä Espoossa sijaitsevaan omakotitalokohteeseen ja vertailla niiden kustannuksia verrattuna vanhaan öljylämmitysratkaisuun. Lopputuloksena tulisi olla selkeää, mikä työssä mainituista lämmitysratkaisuista olisi tilanteeseen järkevin vaihtoehto.

Työn esimerkkikohteena toimii Espoossa sijaitseva 120 m² omakotitalo, jolle suoritetaan tarvittavat laskut sekä pyydetään tarjoukset, jotta saadaan kokonaiskuva mahdollisten lämmitysvaihtoehtojen realistisista kustannuksista. Kustannuksia verrataan nykyisen lämmitysratkaisun käyttökustannuksiin. Koska energian hinnan muutos on tärkeä osa tarkastelua, suoritetaan polttoainehinnoille herkkyystarkastelut.

Uusien lämmitysjärjestelmien investointikustannukset ovat vaihtelevia, mutta jokaisessa tapauksessa on käytetty 6 % laskentakorkoa, sekä 15 vuoden tarkasteluaikaa. Työn edetessä huomataan, että uusitun öljylämmitysjärjestelmän ja varaavan sähkölämmitysjärjestelmän kannattavuus on pienempi, kuin maalämpöratkaisun. Maalämpöjärjestelmän kustannuksia ja toimintaa tutkitaankin siis hieman yksityiskohtaisemmin kuin muita ja laskut suoritetaan käyttäen useampaa hyötysuhdetta.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
SISÄLLYSLUETTELO	3
1 JOHDANTO	4
2 PIENTALOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT SUOMESSA	5
3 KOHTEEN NYKYINEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	7
3.1 Toimintaperiaate.....	8
3.2 Uusittu öljylämmitysjärjestelmä.....	9
4 KOHTEEN VAIHTOEHTOISET LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	11
4.1 Perustelut valinnalle	11
4.2 Varaava sähkölämmitys	11
4.3 Maalämpö.....	12
4.3.1 Maalämmön toimintaperiaate	13
4.3.2 Energiakaivo	14
4.4 Rakentamiseen liittyvät luvat ja määräykset	16
4.5 Hinta	16
5 KUSTANNUSTEN VERTAILU JA HERKKYYSTARKASTELUT	19
5.1 Eri lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat.....	21
5.2 Herkkyystarkastelut.....	22
5.3 Öljylämmitysjärjestelmän uusiminen.....	25
6 YHTEENVETO	27
LÄHDELUETTELO	28

1 JOHDANTO

Euroopan komission ei-päästökauppasektorin päästövähennystavoite on Suomelle 39 % vuoteen 2030 mennessä. Avainroolissa tavoitteen onnistumiseen on tuontiöljyn käytön puolittaminen. (Energiateollisuus, 2019) Lämmitysjärjestelmän valinta on pientalon omistajalle tärkeää, jolloin siihen käytetään yleensä paljon aikaa. Suurella todennäköisyydellä energianhinta nousee talon elinkaaren aikana ja lämmitystarpeen minimoimiseen pyrkivät investoinnit ovat sitä kannattavampia, mitä lyhyempi takaisinmaksuaika on. (Motiva B, 2019)

Lämmitysjärjestelmän vaihdossa on otettava huomioon taloudelliset lähtökohdat, rakennusalueen suomat mahdollisuudet ja ominaisuudet, joita lämmitysjärjestelmältä tahdotaan. Asennuksessa ja suunnittelussa on käytettävä ammattitaitoista apua, jota tässä tapauksessa sitä tarjoavat esimerkiksi paikalliset sähkö- ja LVI-alan ammattilaiset. (Motiva C, 2017) Kohteen tapauksessa lämmitysjärjestelmän täytyy olla mahdollista kytkeä lattialämmitykseen, joka on kohteessa jo valmiina, joten vaihtoehtoina tutkitaan öljylämmitysjärjestelmän uusimista, varaavaa sähkölämmitystä sekä maalämpöratkaisua. Kaukolämpövaihtoehtoa ei käsitellä, koska kaukolämpöverkko on liian kaukana kohteesta, jolloin liittämiskustannukset olisivat liian suuret.

Työn tarkoituksena on verrata öljylämmitysjärjestelmän käyttökustannuksia muihin lämmitysratkaisuihin, sekä uusittuun öljykattilaan ja öljypolttimeen. Kandidaatintyön esimerkkikohteena toimii Espoossa sijaitseva lattialämmitteinen omakotitalo, jossa on noin 20 vuotta vanha öljykattila- sekä poltin. Käydään läpi myös lyhyesti eri lämmitysmuotojen toimintaperiaatteita ja lopuksi kulutusarvioita muuttuvilla polttoainehinnoilla. Suurin keskittyminen työssä kohdistuu maalämpöjärjestelmälle sen ollessa kohteen kannalta kiinnostavin vaihtoehto.

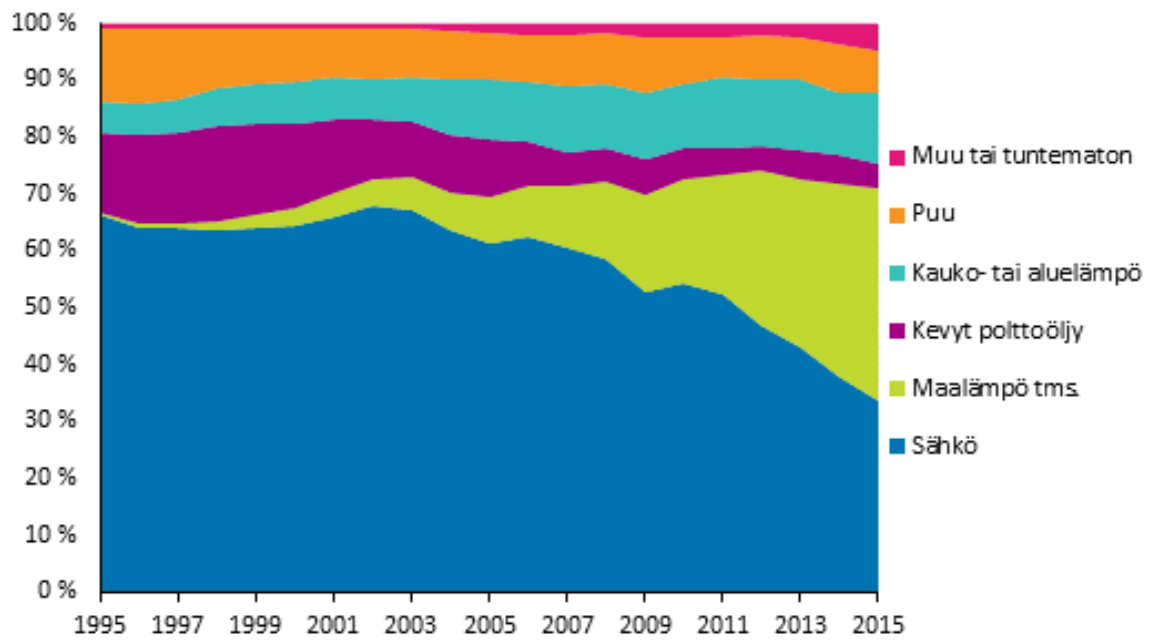
2 PIENTALOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT SUOMESSA

Suomalaiset lämmittävät asuinrakennuksiaan tyypillisesti polttoaineilla, kaukolämmöllä, sähköllä ja lämpöpumpuilla, jotka keräävät lämpöä maasta, ilmasta tai vedestä. On myös otettava huomioon, että päälämmönlähteen lisäksi asunnossa voi olla myös toissijaisia lämpöä tuottavia laitteita. (Tilastokeskus 2016)

Viime vuosikymmeninä rakennusten lämmitystavat Suomessa ovat muuttuneet paljon. Suurimpia syitä tähän ovat maaltamuutto sekä uudisrakentamisen energiataloudellisemmat lämmitysratkaisut. 1970-luvulta 2000-luvun alkuun, puun 40 prosentin osuus on tippunut roimasti. Kaukolämmön kulutus asuintaloissa sen sijaan on nelinkertaistunut, kun fossiilisten polttoaineiden lämmönkulutus on pudonnut samassa suhteessa. Tässä on huomioitava, että rakennusten lämmitys sisältää muidenkin kuin pienrakennusten lämmityksen. (Kara et al. 2004, s.60)

Kuva 1 nähdään, kuinka voimakkaasti pientalojen lämmönlähteiden suhteelliset osuudet ovat muuttuneet kymmenen vuoden aikana. Eniten muutosta nähdään maalämmön kasvussa ja sähkölämmityksen osuuden laskussa. 74 prosenttia pääasiallisesti maalämpöä lämmönlähteenä käyttävistä valmistuneista rakennushankkeista kohdistui pientaloihin vuonna 2015.

Samana vuonna myös maalämpöä (37,5 %) käytettiin lämmityslähteenä ensimmäisen kerran enemmän kuin sähköä (33,5 %). Tarkastelu aikavälillä myös kauko- tai aluelämpö on kasvanut lähes samassa suhteessa, missä kevyen polttoöljyn käyttö on laskenut. Maalämpöpumppujen lukumäärän nousuun on vaikuttanut tasaisesti kasvava öljyn, sekä sähkön hintojen nousu. (Suomen virallinen tilasto 2016)



Kuva 1. Lämmönlähteiden suhteelliset osuudet pientaloissa 1995-2015 (Suomen virallinen tilasto 2016)

3 KOHTEEN NYKYINEN ÖLJYLÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Kohteen tämänhetkinen lämmönkulutus on laskettu nykyisen lämmitysjärjestelmän öljyn kulutuksen mukaan. Tällä hetkellä öljyä ostetaan 2000 litraa vuodessa, sulakekoko on 3x25A. Käytetään laskuissa 15 vuoden maksuaikaa ja 6 % korkoa. Korkokustannukset lasketaan käyttäen tasapoistomenetelmää. Kohteessa on toissijaisia lämmönlähteitä, mutta ne jätetään tässä tarkastelussa huomiotta. Tällä hetkellä kohteeseen ostetaan lämmitysöljyä kaksi kertaa vuodessa, kesälaatua ja talvilaatua.

$$\text{Öljyn hinta, } a = 0,868 \frac{e}{l} \times 1000 l + 0,911 \frac{e}{l} \times 1000 l = 1779 e \quad (1)$$

$$\text{Lämmön kulutus, } a = 1000 l \times 36,0 \frac{MJ}{l} + 1000 l \times 35,3 \frac{MJ}{l} = 71300 MJ = 19,81 MWh$$

(2)

(Neste A, 2019), (Neste B, 2018), (Neste C, 2018)

Järjestelmän huoltoon kuluu vuosittain noin 80 e ja käyttökustannuksiin kuluu yhteensä 1860 euroa vuodessa, joten kulut 15 vuodessa ovat yhteensä 27 900 euroa eli 155 e/kk.

Taulukko 1. Vanhan öljylämmitysjärjestelmän käyttökustannukset 15 vuoden tarkasteluaajalla

Polttoaine	Huolto	Kustannukset,a	Kokonaiskustannukset
1 779,0€	80,0€	1 859,0€	27 885,0€

Kohteen öljykattila on noin 25 vuotta vanha, joten hyötysuhteen arvioidaan olevan 85 % luokkaa. Hukkalämpö otettuna huomioon, hyötykäyttöön menevä lämpöenergia kohteessa on:

$$19,81 MWh \times 0,85 = 16,84 MWh \quad (3)$$

3.1 Toimintaperiaate

Öljypoltin muuttaa kevyen polttoöljyn hienojakoiseksi öljyn ja ilman seokseksi, jotta palaminen ei olisi epätäydellistä. Manuaalisesti säädettävällä kattilatermostaatilla ohjataan kattilaveden lämpötilaa, jolloin poltin käynnistyy ja sammuu automaattisesti. Polttimen ohjainlaite valvoo öljyn palamista, sekä polttimen käynnistystä ja sammutusta. Öljy pumpataan polttimelle öljysäiliöstä, joka on kohteessa tilavuudeltaan 3 000 litraa. Öljyliekin palaessa kattilavesi lämpenee ja kiertovesipumppu kierrättää vettä lämmönjakoverkoston läpi ja savukaasut poistuvat piipusta. Poistuvien savukaasujen suosituslämpötila liikkuu 125 - 150 °C välillä, jolloin savuhormissa täytyy olla teräksestä valmistettu vuorausputki. (Neste D, 2019)

Yleisimmin lämmönjako tapahtuu patteriverkoston avulla tai lattialämmityksellä kuten kohteessa. Säätoventtiilillä muutetaan kiertävän veden lämpötilaa ja lattia luovuttaa lämmön huoneeseen, jolloin suljetussa kierrossa oleva vesi palautuu takaisin kattilaan. Lämmönjakoverkosto sisältää paisunta-astian, jonka ansiosta veden lämpötilan muutoksista aiheutuvat paine-erot eivät aiheuta ongelmia ja putkiverkosto pysyy täynnä vettä. Pienkiinteistöissä tyypillinen painetaso on 0,7 – 1,2 baaria. Verkoston varoventtiili avautuu paineen noustessa liian korkeaksi ja estää mahdolliset ylipaineen aiheuttamat vahingot. Varoventtiili aukeaa yleisesti paineen noustessa 1,5 baariin. (Neste E, 2019)



Kuva 2. Kohteen öljypoltin öljykattilassa

Kuvassa 2 nähdään punainen öljypoltin ja vasemmalla ylhäällä polttimen termostaatti. Poltin on osa öljykattilaa, joka on kooltaan noin 1 m² ja 2 metriä korkea. Öljysäiliöstä tuleva polttoaine kulkee kuvassa sinisen öljysuodattimen läpi, joka estää tukoksien syntymisen ja epäpuhtauksien pääsyn polttimeen.

3.2 Uusittu öljylämmitysjärjestelmä

Öljylämmitysjärjestelmää uusittaessa tulee ottaa huomioon öljykattilan, öljypolttimen sekä asennuksen kulut. Öljykattilan kustannus on kokonaisinvestoinnista suurin 1 699 e. Tämän lisäksi öljypoltin kustantaa 849 euroa ja töiden jälkeen kokonaisinvestointi nousee 3 448 euroon, kun lainaa ei vielä oteta huomioon. (K-Rauta, 2019) Suurin osa hinnasta koostuu uudesta öljykattilasta ja polttimesta sekä niiden osista. Yhteenlasketut korkokustannukset 15 vuoden ajalta on 1 448 e.

Uusille öljykattiloille luvataan 95 % hyötysuhdetta, eli järjestelmää uusimalla kattila pystyy käyttämään hyödyksi 10 % enemmän energiaa poltettavasta öljystä. (Jäspi, 2019)
Tällöin vuosittainen polttoainekustannus olisi:

$$\text{Öljyn uusi hinta, } a = 1779 \text{ e} \times 0,9 = 1\,601 \text{ e} \quad (4)$$

Huoltokustannukset pysyvät samana kuin vanhassakin järjestelmässä eli vuotuiset käyttökustannukset ovat yhteensä 1 680 e eli 140 e/kk ja investointikustannukset 3 448 e. 15 vuoden jälkeen käyttö- huolto- sekä investointikustannuksista korkoineen saadaan 30 111 e, jolloin tälle ajalle kuukausittaisia kuluja kertyy 167,3 e.

Taulukko 2. Uusitun öljylämmitysjärjestelmän kustannukset 15 vuoden tarkasteluajalta

Investointi	Polttoaine,a	Huolto,a	Korko,a	Kustannukset,a	Kokonaiskustannukset
3 448,0 €	1 601,0 €	80,0 €	96,5 €	2 007,4 €	30 111,2 €

Tässä tapauksessa on otettava huomioon, että uusitun järjestelmän investointi on kohtuullisen pieni ja takaisinmaksuaika tässä suhteessa iso, joten korkokustannukset ovat lähes puolet koko investointikustannuksista. Tähän vaihtoehtoon päädyttäessä on järkevämpää lyhentää lainaa pois nopeammin tai investoida ottamatta lainaa.

4 KOHTEEN VAIHTOEHTOISET LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Käydään läpi vaihtoehtoisten lämmitysjärjestelmien käyttökustannuksia kohteen kokoiselle 120 m² pientalolle, jotta hinnat pysyvät vertailukelpoisina keskenään. Arvioidaan kulutus kuten edellä, eli koko vuodelle. Talon lämmönkulutus on laskettu nykyisen lämmitysjärjestelmän öljyn kulutuksen mukaan. Tällä hetkellä lämpöenergian käyttö vuodessa on 17 MWh.

4.1 Perustelut valinnalle

Kohteen sijainnin ja koon kannalta järkeviä lämmitysvaihtoehtoja ovat sähkölämmitys, jolloin on valittava suora tai varaava sähkölämmitys, maalämpö tai kaukolämpö. Järjestelmän uusintaa alettiin harkitsemaan, koska öljyn hinta on nousemaan päin ja vanha järjestelmä ei tule kestäämään loputtomiin. Sähkölämmitys on potentiaalinen vaihtoehto johtuen sen helppoudesta liittää suoraan kohteen vesikiertoiseen lattialämmitykseen, jolloin investointikustannukset jäisivät pienemmiksi. Kaukolämmöstä kysyessäni selvisi, että jakelulinja on liian kaukana, jolloin liittymisestä tulisi liian kallista. Liittymismaksua korotetaan 20 metrin jälkeen 370 e/m, joten kaukolämpö vaihtoehdosta luovuttiin kokonaan (Fortum B, 2019). Tarkoituksena on siis saada käyttökustannukset mahdollisimman pieniksi. Eniten puhetta on ollut maalämpöön sijoittamisesta, joten tätä vaihtoehtoa työssä käsitellään hieman laajemmin kuin muita.

4.2 Varaava sähkölämmitys

Sähkön kokonaishinta koostuu sähkösopimuksen määräämästä sähköhinnasta, joka määräytyy käytettyä kilowattituntia kohden ja kuukausikohtaisesta perusmaksusta. Tämän lisäksi paikallinen sähkönsiirtoyhtiö laskuttaa siirtomaksun, perusmaksun ja sähköveron. Sähkölämmitystä mietittäessä on varattava suora tai varaava sähkölämmitys. Otettaessa huomioon, että kohteessa on jo vesikiertoinen lattialämmitys, on varaava sähkölämmitys vaihtoehtona paras. (Caruna A, 2019)

Investointi sähkölämmitykseen vaihdettaessa on noin 4000 e sisältäen sähkökattilan, käyttövedenlämmittimen ja asennustyöt. Asennustyön osuus investoinnista on 1500 euroa. Varaavan sähkölämmityksen hyötysuhde on varsin hyvä 95 % ja yösähkön ostaminen on mahdollista toisin, kuin suoraa sähkölämmitystä käytettäessä. Laitteiston huolto kustantaa maksimissaan 50 euroa vuodessa. (Iviespoo puhelu)

Talo kuluttaa 17 MWh energiaa eli 17 000 kWh vuodessa. Kohteeseen myytävä yösähkö on halvempaa kuin yleissähkö ja maksaa 6,52 c/kWh + 4,02 e/kk perusmaksu (Fortum A, 2019). Yösähkön siirtohintaan kuuluu perusmaksu 12,95 e/kk ja siirtomaksu 1,83 c/kWh. Perusmaksu on korkeampi yösiirrolle, kuin yleissiirrolle, mutta ero muodostuu halvemman siirtomaksun myötä. Lisäksi on maksettava sähkövero 2,79 c/kWh. (Caruna B, 2019)

Vuodessa sähkön ostoon kuluu 1156,6 e, siirtoon 466,5 e ja sähköveroon 474,3 euroa. Huollot mukaan lukien vuotuiset käyttökustannukset ovat 2152,6 e eli 179,4 e/kk. Korke investoinnin osalta on 1680 euroa koko 15 vuodelta eli kokonaisinvestointikustannukset ovat 5680 e. Maksettavaa jää siis 32,9 e/kk + käyttökustannukset.

Taulukko 3. Varaavan sähkölämmitysjärjestelmän kustannukset 15 vuoden tarkasteluajalta

Investointi	Sähkö,a	Huolto,a	Korko,a	Kustannukset,a	Kokonaiskustannukset
4 000,0€	2 097,4€	50,0€	112,0€	2 526,1€	37 891,0€

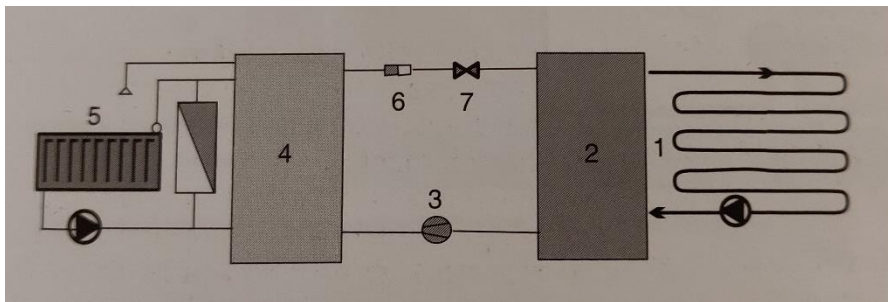
4.3 Maalämpö

Maalämpöpumpun tarkoitus on siirtää energiaa rakennuksen käyttöön maaperästä, kalliosta tai vedestä sinne asennettavan keruuputkiston avulla (Rantala, s.50). Maasta kerättävä lämpöenergia on syvällä maaperässä sijaitsevaa geotermistä energiaa, kun taas pintakerrokseen varastoitunut lämpö on peräisin auringon säteilystä (Juvonen, 2013, s.7)

4.3.1 Maalämmön toimintaperiaate

Suurella tontilla putkisto voidaan asentaa kulkemaan vaakatasossa (maapiiri), jolloin syvyyttä vaaditaan vain noin metri. Jos putkisto asennetaan veteen, se on kiinnitettävä pohjaan painojen avulla.

Keruuputkiston (1) sisällä kiertää lämmönsiirtoneste. Neste kerää lämpöä kiertäessään putkistoa ja lämpenee matkalla muutaman asteen, jonka jälkeen höyrystin (2) hyödyntää lämmönsiirtonesteen keräämän lämmön ja höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Seuraavaksi kompressorilla (3) nostetaan kylmäaineen painetta, jolloin myös lämpötila kasvaa. Kompressorissa lämmennyt kylmäaine siirtyy lauhtuttimeen (4), jossa se lauhtuu takaisin nesteeksi ja luovuttaa lämpöä käyttöveteen eli kohteen tapauksessa myös lattialämmityksen vesikiertoon. Lopuksi lauhtunut lämmönsiirtoneste siirtyy suodattimen (6) ja paisuntaventtiilin (7) kautta takaisin keruuputkiston kiertoon. (Rantala, s.51)

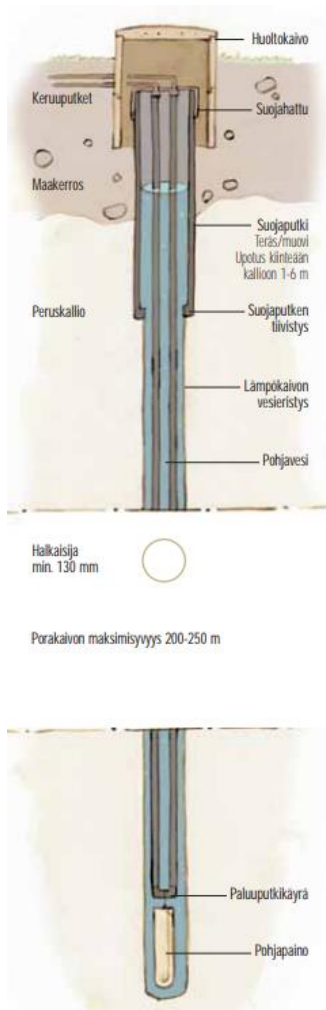


Kuva 3. Esimerkki maalämmön toimintaperiaatteesta (Pietikäinen, s.10)

Maalämpöpumppujärjestelmän käyttö ei kuitenkaan ole täysin ilmaista, koska kompressorin ja pumppu tarvitsevat sähkövirtaa. Kaksi kolmasosaa tuotetusta lämmöstä on maaperästä kerättyä geotermistä sekä auringon lämpöenergiaa ja jäljelle jäävä kolmasosa on tuotettu sähköllä. (Rantala s.51)

4.3.2 Energiakaivo

Energiakaivo tarkoittaa kallioon porattua 120-300 metriä syvää reikää, johon lämmönkeruuputkisto asetetaan. Porareian yläosaan on asennettava suojaputki, jotta irtomaata ei pääse sekoittumaan pohjaveden kanssa. Suojaputki yksin ei riitä eristämään hule- ja kuivatusvesien pääsyä kaivoon, joten sen alle on asennettava vesieristys esimerkiksi betonoimalla. Mikäli on mahdollista, että eri pohjavesikerrokset sekoittuvat keskenään, kaivo tulpataan kriittisestä kohdasta. Pohjavesialueilla koko energiakaivon rakentaminen on tarkempaa ja vaatii enemmän toimenpiteitä. Jos porattu reikä ei muutaman päivän sisällä täyty vedellä, on se täytettävä manuaalisesti ja tarkistettava lopullinen vedenpinnan korkeus. Jotta kevyt lämmönkeruuputkisto, sekä lämmönsiirtoneste pysyvät kaivon pohjassa veden alla, on apuna käytettävä pohjapainoa. Lopuksi kaivon yläosaan asetetaan suojahattu, joka tilanteen vaatiessa on myös paineen kestävä. Tällä estetään ei-toivottujen aineiden, kuten huleveden pääsy rakennettuun kaivoon. (Juvonen, 2013, s.33)



Kuva 4. Energiakaivon rakenne peruskallioon porattuna (Motiva A, 2012)

Riippuen lämmitystarpeesta ja lämmitettävän alueen koosta porareikien syvyys ja lukumäärä vaihtelevat. Jos yksi energiakaivo ei riitä on vierekkäisten kaivojen oltava vähintään 15 metrin etäisyydellä toisistaan. Kokonaisuudessaan porakaivon lämpötila vaihtelee 2-3 astetta vuoden aikana, joten kesällä järjestelmää voidaan käyttää myös viilentämistarkoituksessa. (Motiva A, 2012)

Energiakaivo on mitoitettava ennen varsinaista rakentamista ja siitä on vastuussa lämpöjärjestelmän suunnittelija. Kaivo mitoitetaan talon energiantarpeen, eristystason, muiden lämmönlähteiden, käyttöveden tarpeen, ilmanvaihdon ja sijainnin mukaan.

Tarkasteltaessa maaperää johon keruupiiri asennetaan, saadaan tarkempaa tietoa tarvittavasta pituudesta putkistolle. (Rantala, s.92)

4.4 Rakentamiseen liittyvät luvat ja määräykset

Koska tarkoituksena on vaihtaa jo olemassa oleva lämmitysjärjestelmä maalämpöön, on hankittava toimenpidelupa (132/1999, 126 a §), koska porakaivon rakentaminen saattaa vaikuttaa esimerkiksi naapureiden mahdollisuuksiin käyttää maalämpöä. Tietyissä tapauksissa myös kunta voi vaikuttaa maalämpöjärjestelmän rakentamiseen mm. pohjavesiolosuhteiden tai pilaantuneen maan takia. Lisäksi rakentamiseen liittyy lakeja, kuten vesilaki (587/2011) ja ympäristönsuojelulaki (86/2000), jotka liittyvät pohjavesiesiintymien tilan huononemiseen tai pilaantumiseen. Vastaava työnjohtaja on vastuussa, että urakka tehdään lupien edellyttämällä tavalla. (Juvonen, 2013, s. 15-16)

4.5 Hinta

Maalämpöjärjestelmän kustannukset tehdään ensimmäisen saadun tarjouksen perusteella. Tarjouksen kokonaishinta koostuu laitteiden ja tarvikkeiden sekä kotitalousvähennyskelpoisten töiden osuudesta. Kokonaishinnasta tarvikkeiden osuus on 10 325e ja töiden osuus 7 013e. Suurin osa hinnasta (10 013e) koostuu lämpöpumppujärjestelmästä, joka sisältää itse lämpöpumpun, lämpö- ja kylmäpuolen kytkentäsarjat sekä paisunta-astian. Lämpökaivo kohteen kokoiselle omakotitalolle mitoitettiin 155 metriä syväksi 40 mm keruuputkistolla. Lämpökaivon hintaan kuuluu lisäksi alkuun 3 m teräsputkiporaus, pölynsidontakontti, separointikontti, kaivuutyöt vaakaputket, toimenpidelupa sekä ulkosuoja siirtoputkelle. Energiakaivon osuus yhteishinnasta on 6 184 euroa. Sähkökytkentätöiden osuus on 252 euroa sisältäen turvakytkimen ja asennuskaapelin. Lämmönjakokytkentä käyttövesi- ja lämmitysjärjestelmään on hieman sähkötöitä kalliimpi ja kustantaa 519 euroa. Lopuksi työhön lisätään vielä käyttöönoton kustannukset, johon kuuluu järjestelmän käynnistys ja ilmaus, sekä ensihuolto ja erillinen pienimuotoinen käyttökoulutus. (Tom Allen Senera Oy, 2019)

Ennen töiden aloittamista ei ole mahdollista ennakoida kaikkien mahdollisten töiden kuluja. Lisähintaa saattaa kertyä kanaalin kaivuun lisämetreiltä 44 e/m, tarjotun määrän ylittävistä siirtoputkista 22 e/m ja tarjotun määrän ylittävästä teräsputkiporauksesta 69 e/m. Koska kuluja on mahdotonta arvioida tässä vaiheessa, jätetään ne tässä työssä huomiotta. (Tom Allen Senera Oy, 2019)

Maalämpöjärjestelmän rakentamisesta on mahdollista saada kotitalousvähennystä. Kotitalousvähennyskelpoisten töiden osuus kohteeseen on 7 013,48 euroa. Tällä hetkellä kiinteistössä asuu kaksi ihmistä, joten työn kokonaishinnasta on mahdollista vähentää 3 306,74 e, koska kotitalousvähennykseen kuuluu 100 e/hlö omavastuu (Vero, 2019).

$$7\,013,48\,e \times 50\% - 2 \times 100\,e = 3\,306,74\,e \quad (5)$$

Kotitalousvähennyksineen kokonaisinvestointikustannukseksi saadaan siis 12 140 euroa. Tarjousvaiheessa ei pystytä ennakoimaan kaikkia mahdollisia työhön liittyviä kuluja, joten lopullinen investointikustannus saattaa nousta rakennusvaiheessa. Esimerkiksi jos kanaalia joudutaan kaivamaan pidemmälle, kuin tarjousvaiheessa on katsottu, hinta nousee 44 e per kaivettu metri. Työn kustannukset lasketaan kuitenkin ilman mahdollista lisähintaa. (Tom Allen Senera Oy, 2019)

Taulukko 4. Lämpöpumppujärjestelmän investointikustannus

Lämpöpumppujärjestelmä	Energiakaivo	Asennustyöt	Kotitalousvähennys	Kokonaishinta
10 013,5 €	6 184,2 €	1 141,4 €	3 306,7 €	14 032,3 €

Tarjotun lämpöpumpun energiankulutus jakautuu lämmityksen ja lämpimän käyttöveden kulutuksen mukaan. Kulutukset on laskettu käyttämällä järjestelmän vuosihyötysuhdetta 4,24, joka on laskettu tehdyn tarjouksen ja mitoituksen yhteydessä.

$$\text{Pumpun sähkönkulutus, } a = \frac{\text{Lämmitys}}{\text{Vuosihyötysuhde}} + \frac{\text{Lämmin käyttövesi}}{\text{Vuosihyötysuhde}} = \frac{13,1\,MWh,a}{4,24} + \frac{3,9\,MWh,a}{4,24} = 4,01\,MWh,a \quad (6)$$

Sähkönkulutus on siis yhteensä 4,01 MWh,a, josta lämmityksen osuus on 3,09 MWh,a ja loput 0,92 MWh,a kuluu käyttöveden lämmitykseen. Maalämmön käyttökustannuksiin lisätään myös huoltokustannukset eli noin 50 euroa vuodessa. (Tom Allen Senera Oy, 2019)

Vuosihyötysuhde on käytetyn ja tuotetun energiamäärän suhde, mikä tarkoittaa käytännössä, että tämän kohteen maalämpöjärjestelmä kuluttaa hieman alle neljäsosan energiaa tämän hetkisestä öljyn tuottamasta energiasta. (Tom Allen Senera Oy, 2019)

Lasketaan lämpöpumpun käyttämän sähkön hinta. Valitaan sähkön sopimustyyppiä yleissähkö. Yleissähkön hinta on 6,98 c/kWh ja perusmaksu 4,02 e/kk (Fortum A, 2019) Paikallinen sähkönsiirtoyritys veloittaa yleissiirrosta 3,14 c/kWh ja 5,9 e/kk perusmaksun. Sähkövero pysyy samana kuin varaavan sähkölämmityksen laskuissa eli 2,79 c/kWh. (Caruna B, 2019) Pumpun sähkönkulutuksen hinta vuodessa lasketaan kaavalla (7).

$$\text{Hinta} = 4010 \text{ kWh} \times \left(\frac{6,98 \frac{\text{c}}{\text{kWh}}}{100} + \frac{3,14 \frac{\text{c}}{\text{kWh}}}{100} + \frac{2,79 \frac{\text{c}}{\text{kWh}}}{100} \right) + 12 \times \left(4,02 \frac{\text{e}}{\text{kk}} + 5,9 \frac{\text{e}}{\text{kk}} \right) = 636,7 \text{ e} \quad (7)$$

Taulukosta 4 saadaan kokonaisinvestoinniksi 14 032 euroa. 15 vuoden ajalle on laskettava vuosittainen vähennys investoinnista, sähkön hinta, huoltokustannukset ja lainasta kertyvät korot. Kustannukset yhdelle vuodelle ovat 2 063 euroa, jolloin 15 vuoden tarkasteluajalla hintaa kertyy 30 938 euroa.

Taulukko 5. Maalämmön kokonaiskustannukset 15 vuoden tarkasteluajalta

Lainan lyhennys,a	Sähkö,a	Huolto,a	Korko,a	Kustannukset,a	Kokonaiskustannukset
935,5 €	636,7 €	50,0 €	440,3 €	2 062,5 €	30 937,5 €

5 KUSTANNUSTEN VERTAILU JA HERKKYYSTARKASTELOT

Ennen kuin vertaillaan kustannuksia, on otettava huomioon, että maalämpöpumpun tarjouksen sisältämät vastuuvapautusehdot ilmaisevat tulosten perustuvan vakio-olettamuksiin, johon kuuluu esimerkiksi METEONORM:in määrittämä ”normaali vuosi”. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi hyötysuhde 4,24, jolla maalämpöpumpun sähkönkulutus on laskettu, on suuntaa antava eikä lupaa laskennallisia säästöjä. (Tom Allen Senera Oy) Tiedustelin realistisempaa hyötysuhdetta lämpöpumpun toimittajalta kohteen tämän hetkiselä lämmönkulutuksella. Koska toimittaja ilmoitti saavani tarkat arvot paikalliselta jälleenmyyjältäni, on turvaututtava muihin lähteisiin, jotta saadaan tuloksiin lisää perspektiiviä.

Suomen olosuhteissa lämpökertoimen keskiarvo maalämpöpumpuille on noin kolme, eli ostetulla yhdellä kilowattitunnilla sähköä järjestelmä tuottaa kolme kilowattituntia lämpöenergiaa. (Juvonen, 2013, s.31)

Taulukossa 6 on vertailtu COP arvon vaikutusta lämmitysjärjestelmän nettotuottoon. Vuosittainen vähennys on maalämpöpumpun käyttökustannuksista saatava säästö verrattuna öljylämmitykseen, kun lainan korot jätetään vielä huomioimatta. Optimistisemmalla hyötysuhteella vuosittainen säästö on 1172 euroa kun taas pienemmällä COP arvolla säästö pienenee 958 euroon.

Taulukko 6. Kertynyt nettotuotto mitoitettulla ja arvioidulla COP arvolla

Vuosi	Kertynyt nettotuotto yhteensä (COP=4,24)	Kertynyt nettotuotto yhteensä (COP=3,0)
0	-14 032,3 €	-14 032,3 €
1	-12 860,0 €	-13 073,9 €
2	-11 687,7 €	-12 115,5 €
3	-10 515,4 €	-11 157,1 €
4	-9 343,1 €	-10 198,7 €
5	-8 170,8 €	-9 240,3 €
6	-6 998,5 €	-8 281,9 €
7	-5 826,2 €	-7 323,5 €
8	-4 653,9 €	-6 365,1 €
9	-3 481,6 €	-5 406,7 €
10	-2 309,3 €	-4 448,3 €
11	-1 137,0 €	-3 490,0 €
12	35,3 €	-2 531,6 €
13	1 207,6 €	-1 573,2 €
14	2 379,9 €	-614,8 €
15	3 552,2 €	343,6 €

Taulukossa 7 vertaillaan luvuissa 3 ja 4 laskettujen eri lämmitysjärjestelmien vuosittaisia kustannuksia, sekä koko 15 vuoden tarkasteluajan kokonaiskustannuksia. Taulukossa on laskettu kustannukset ilman korkoa (A) ja lainan vuosittaisilla koroilla (B).

Taulukko 7. Kokonaiskustannukset lämmitysmuodoittain 15 vuoden tarkasteluajana

Lämmitysmuoto	Öljylämmitys (vanha)	Öljylämmitys (uusi)	Varaava sähkölämmitys	Maalämpö (COP=4,24)	Maalämpö (COP=3,0)
Investointi	-	3 448,0 €	4 000,0 €	14 032,3 €	14 032,3 €
Ostettu öljy/sähkö,a	1 779,0 €	1 601,0 €	2 097,4 €	636,7 €	850,6 €
Huolto,a	80,0 €	80,0 €	50,0 €	50,0 €	50,0 €
Kustannukset,a (A)	1 859,0 €	1 910,9 €	2 414,1 €	1 622,2 €	1 836,1 €
Kokonaiskustannukset (A)	27 885,0 €	28 663,0 €	36 211,0 €	24 332,8 €	27 541,4 €
Korko,a	-	96,5 €	112,0 €	440,3 €	440,3 €
Kustannukset,a (B)	1 859,0 €	2 007,4 €	2 526,1 €	2 062,5 €	2 276,4 €
Kokonaiskustannukset (B)	27 885,0 €	30 111,2 €	37 891,0 €	30 937,5 €	34 146,1 €

Taulukosta huomataan nopeasti, että jälleenmyyjän lupaamalla hyötysuhteella kokonaiskustannukset lainan kanssa seuraavalta 15 vuodelta ovat hieman kalliimmat, kuin tämänhetkisen öljylämmityksen kustannukset. COP arvon lasku nostaa sähkön hintaa yli kahdella sadalla erolla vuodessa, mikä lisää eroa lopullisissa kokonaiskustannuksissa. Jos olisi mahdollisuus sijoittaa maalämpöön ilman lainaa, tulisivat kokonaiskustannukset halvemmiksi, vaikka alkuinvestointi on huomattavasti suurempi muihin lämmitysmuotoihin verrattuna. Varaavan sähkölämmityksen käyttökustannukset ovat huomattavasti korkeammat kuin öljyn, joten lämmitysmuoto osoittautuu tässä tarkastelussa heikoimmaksi. On selvää, että öljyn ja sähkön hinta ei tule pysymään vakiona, joten polttoainehintojen vaikutusta kokonaiskustannuksiin tullaan tarkastelemaan erillisessä kappaleessa.

5.1 Eri lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat

Lasketaan takaisinmaksuaika eri lämmitysjärjestelmille, kun täytyy ottaa lainaa. Laskuissa käytetään takaisinmaksuajan menetelmää, joka kertoo missä ajassa investoinnin tuotot kattavat kokonaisinvestoinnin. Tässä tarkastelussa vuosittainen korko on 15 vuoden korkomenojen summan keskiarvo yhdelle vuodelle, jolloin vuosittaiset korkoerät pysyvät saman suuruisina. Laskut toteutetaan 6 % laskentakorkokannalla. Koska investointikustannusten suuruuksissa on selviä eroja, suoritetaan laskut tässä luvussa myös sillä oletuksella, ettei lainaa tarvitse ottaa.

Taulukosta 8 huomataan, että maalämmön vuosittainen nettotuotto on moninkertaisesti suurempi kuin muiden lämmitysjärjestelmien. Sähkölämmityksen käyttökustannukset ovat korkeammat kuin öljyllä, joten polttoainehintojen pysyessä samana ei sijoitus ole kannattava. Samaa voidaan sanoa uudella kattilalla lämmitettävästä öljystä, koska pelkän paremman hyötysuhteen tuoma rahallinen etu jää pieneksi. Laskentakoron ollessa pienempi, jäisi vuosittaiset tuotot liian alhaisiksi sijoituksen kannattavuuden kannalta. Vaikka hankinta ei olisikaan kannattava on ratkaisu tehtävä, koska nykyinen lämmitysjärjestelmä ei tule kestämaan enää tulevia vuosia. Tämän hetkisillä polttoaineiden hinnoilla maalämpö maksaisi itsensä takaisin noin 20-30 vuodessa riippuen lainan korosta ja järjestelmän todellisesta hyötysuhteesta. Lasketun

takaisinmaksuajan jälkeen lämmitysjärjestelmä säästää ”Vuositainen säästö ilman lainaa” kohdan mukaisen summan.

Taulukko 8. Investoinnin takaisinmaksuaika

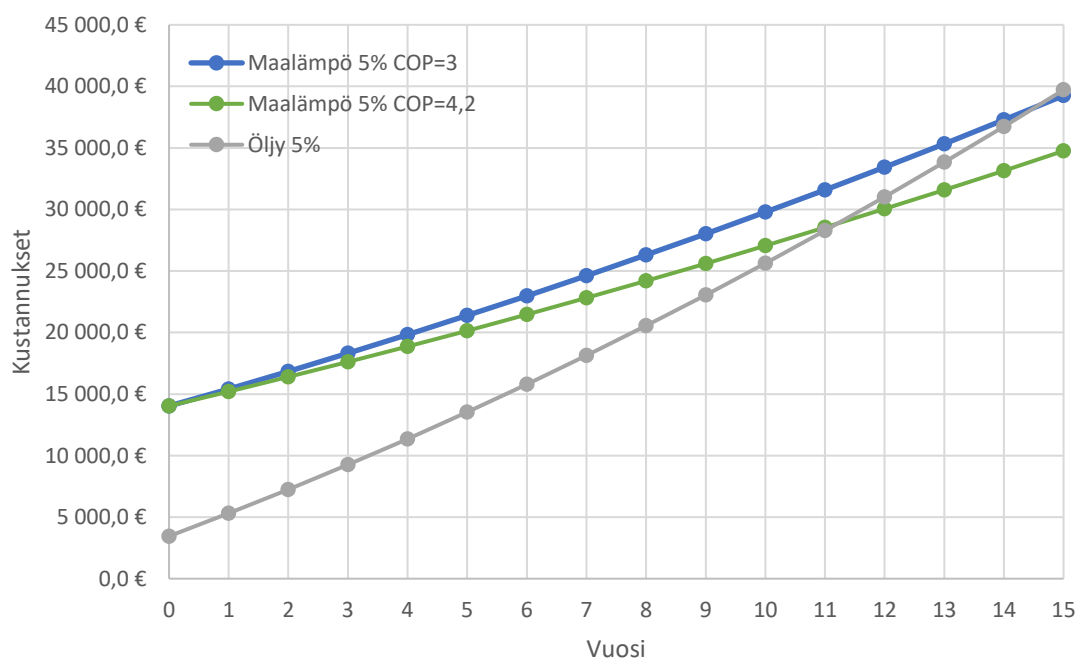
Lämmitysmuoto	Vuosittainen säästö lainan kanssa	Vuosittainen säästö ilman lainaa	Takaisinmaksuaika lainan kanssa,a	Takaisinmaksuaika ilman lainaa,a
Maalämpö (COP=4,24)	732,0 €	1 172,3 €	19,2	12
Maalämpö (COP=3,0)	518,1 €	958,4 €	27,1	14,6
Uusittu öljy	81,5 €	178,0 €	-	68,2
Varaava sähkö	-400,4 €	-288,4 €	-	-

5.2 Herkkyystarkastelut

Arvioidaan polttoainehintojen mahdollista nousua ja laskua aikaisempien vuosien hintakehitysten perusteella, jotta voidaan paremmin arvioida maalämmön kannattavuutta verrattuna öljylämmitykseen. Varaava sähkölämmitys on jätetty herkkyystarkastelusta pois, koska se on todettu kannattamattomaksi aiemmin tässä luvussa.

Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta-tilastosta nähdään, että kevyen polttoöljyn eli lämmitysöljyn verollinen hinta on vaihdellut noin 50 snt/l ja 110 snt/l eli 50 e/MWh ja 110 e/MWh välillä viimeisen 15 vuoden aikana (Öljy & Biopolttoaineala, 2018). Sähkön myyntihinta samalla aikavälillä on liikkunut noin 30 e/MWh ja 50 e/MWh välillä (Nordpool, 2018). Sähkön myyntihintaan on vielä lisättävä siirron ja verojen ja aiheuttamat kustannukset, jolloin saadaan kokonaishinnan muutos liikkumaan noin 160 e/MWh ja 180 e/MWh välillä. Tarkastelun helpottamiseksi tutkitaan kuitenkin sähkön kokonaishinnan muutosta. Hintojen vaihtelun perusteella suoritetaan herkkyystarkastelut, kun kummankin energianlähteen hinta nousee 5-10 % vuodessa alkuperäisestä hinnasta. Maalämmön kustannuksia vertaillaan kahden eri hyötysuhteen näkökulmasta ja investointikustannus on sijoitettu 0-vuoden kohdalle selkeyttämään tarkastelua.

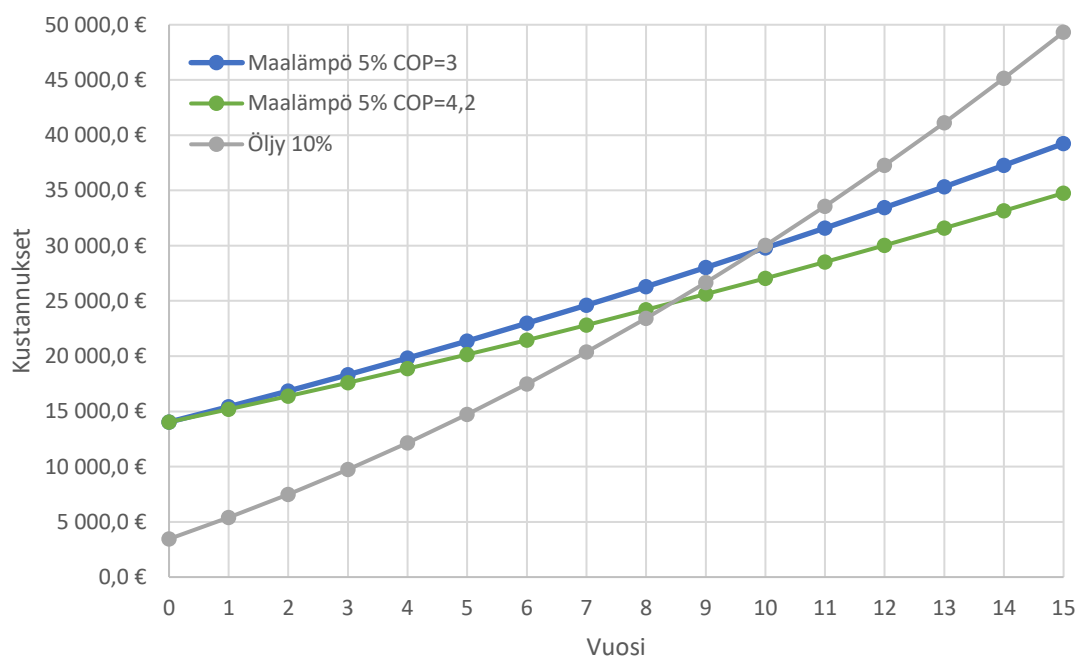
Kuvasta 5 nähdään, että 15 vuoden jälkeen öljylämmitysjärjestelmän kokonaiskustannukset ylittävät maalämmön. Maalämmön kustannukset ovat noin 5 000 euroa matalammat kuin öljyllä laskettaessa optimistisemmalla hyötysuhteella. Matalammalla COP arvolla menot jäävät vain hiukan pienemmiksi. On kuitenkin pidettävä mielessä, että 15 vuoden tarkasteluajan jälkeen maalämmön käyrä loivenee, koska maalämpöinvestoinnin korkokustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin öljyinvestoinnin. Öljylämmityksen kustannukset ylittävät maalämmön noin 11 ja 14,5 vuoden kohdalla, jonka jälkeen vuosittaisista hintojen erotuksista voidaan laskea maalämmön kerryttämä säästö.



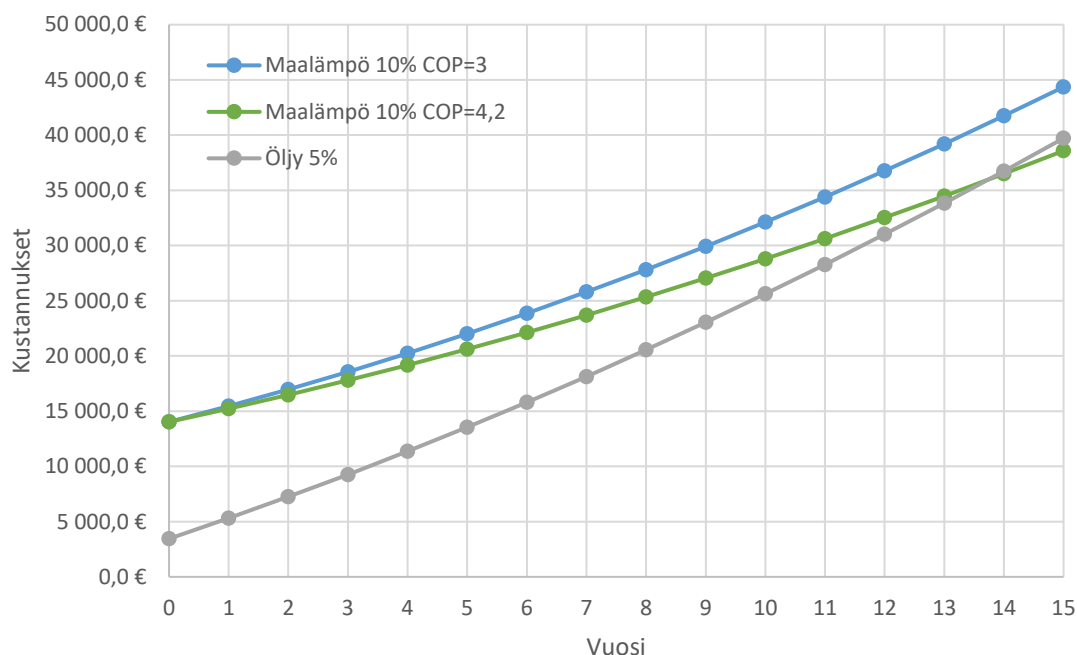
Kuva 5. Kustannusvertailu, kun sähkön sekä öljyn hinnat nousevat 5 % vuodessa

Kuvan 6 tilanteessa vanhan öljylämmityksen kustannukset ohittavat maalämmön jo kahdeksassa ja puolessa vuodessa. 10 %:in vuosittainen polttoainehinnan nousu öljylle on paljon, jolloin kustannuskäyrästä tulee jyrkempi muihin tilanteisiin verrattuna. Tässä tapauksessa heikommallakin hyötysuhteella lasketut maalämmön kokonaiskustannukset alittavat öljyn jo kymmenessä vuodessa. Jos hintojen kehitys jatkaisi nousuaan tasaisena koko 15 vuoden ajan, koituisi öljylämmitysratkaisun käyttö noin 10 000 – 14 500 euroa kalliimmaksi.

Kuvassa 7 sähkön hinnan nousu on kaksi kertaa korkeampi kuin öljyllä. Tästä huomataan, että maalämmön kustannuskäyrät ovat jyrkemmät kuin edellisen kuvan tilanteessa, jolloin hyötysuhteen merkitys korostuu. Pienemmällä COP arvolla lasketut kustannukset eivät alita öljylämmityksen kustannuksia ollenkaan, kun paremmalla hyötysuhteella tämä tapahtuu 14 vuoden kohdalla. 15 vuodessa reilu 1 000 euron säästö on paljon vähemmän kuin kuvan 5 ja 6 tilanteissa, mutta on tärkeää huomata, että säästöä kuitenkin syntyy, vaikka sähkön hinta nousisikin paljon vauhdikkaammin kuin öljyn.



Kuva 6. Kustannusvertailu, kun sähkön hinta nousee 5 % ja öljyn hinta 10 % vuodessa



Kuva 7. Kustannusvertailu, kun sähkön hinta nousee 10 % ja öljyn hinta 5 % vuodessa

Kuvaajien arvoja katsoessa täytyy muistaa, että hintojen nousut ovat ääripäitä, joten vuosittainen hinnan nousu on pitkän ajan hyvin korkea. Maalämmön kustannukset sisältävät lainasta koostuvan 6 % koron, joka voi todellisessa tilanteessa olla suurempi tai pienempi. Viimeistä lukuun ottamatta kaikissa muissa tilanteissa öljylämmitys koituu kalliimmaksi vaihtoehdoksi viimeistään tarkasteluajan loppuvaiheessa. Lisäksi kuten jo sivulla 24 todettiin, maalämmön korkokustannukset ovat yli 400 euroa suuremmat vuodessa kuin öljyratkaisun. Tämä tarkoittaa, että kun laina on kokonaisuudessaan maksettu takaisin, maalämmityksen vuosittainen säästö kasvaa entisestään.

5.3 Öljylämmitysjärjestelmän uusiminen

Uusittaessa öljylämmitysjärjestelmää säästytään kohtuullisen pienillä investointikuluilla verrattuna muihin esitettyihin vaihtoehtoihin. Kattilan uusimisen yhteydessä oli myös mahdollisuus harkita yhdistelmäkattilaa, jossa on mahdollisuus polttaa öljyn lisäksi esimerkiksi puuta, mutta kohteelle tämä ei ole tarpeellista.

Tutkittaessa vanhan ja uuden öljylämmitysjärjestelmän kustannuseroja, huomataan että pelkkä kattilan hyötysuhteen tuoma säästö ei ole suuri. Verrattuna maalämpövaihtoehtoon, on uudenkin öljylämmityksen tuottama etu niin pieni, että se häviää kilpailussa merkittävästi.

6 YHTEENVETO

Eri lämmitysjärjestelmiä tarkasteltaessa nähdään, että maalämpö on paras vaihtoehto lähes jokaisessa tarkastelussa. 15 vuoden aikana tuotot eivät kuitenkaan ole niin suuria, että investointia kannattaa harkita pelkkänä sijoituksena. Vanhan öljylämmitysjärjestelmän vaihto tulee väistämättä pian eteen, mutta sähkölämmitykseen tai uuteen öljykattilaan investoiminen ei näiden tarkasteluiden perusteella ole kannattavaa. Kokonaisuudessaan tuottojen kokoon vaikuttaa kohtalaisen suureksi valittu laskentakorko ja jokaiselle lämmitysjärjestelmälle sama 15 vuoden tarkastelu-aika, jolloin maksettavia korkokuluja kertyy yhteensä paljon, vaikka investointikustannus olisikin ollut pieni.

Jos sähkön sekä öljyn hintojen nousu olisi toisiinsa nähden yhtä suuret, olisi maalämmöllä mahdollista tienata tarkasteluajassa maksimissaan n. 5 000 euroa. Tämän jälkeen vuosittainen hintaero kasvaa lainan takaisinmaksun ansiosta vieläkin positiivisemmaksi maalämpöratkaisulle. Vaikka sähkön hinta kasvaisi kaksi kertaa nopeammin kuin öljyn, olisi maalämmitysvaihtoehto silti hyvin kilpailukykyinen. Sähkön hinnan noustessa myös sähkölämmitys osoittautuu vertailussa heikommaksi investointikustannuksista huolimatta, koska maalämmön sähkönkulutus on vain noin 25-35 % varaavan sähkölämmityksen kulutuksesta. Jos kohde sijaitaisi lähempänä kaukolämpöverkkoa, olisi kaukolämpö ollut myös varmasti kilpailukykyinen vaihtoehto.

Lopulliseen valintaan vaikuttaa myös kohteessa jo valmiina oleva vesikiertoinen lattialämmitys. Tämä alentaa investointikustannuksia huomattavasti ja sopii jokaiselle tarkastellulle lämmitysvaihtoehdolle. Myös tontin ja kattilahuoneen koko on riittävä maalämpöä ajateltaessa. Työn tarkastelun pohjalta voidaan kokonaisuudessaan todeta, että maalämmitys on kannattavin vaihtoehto kohteelle.

LÄHDELUETTELO

Caruna A, 2019, Hinnan muodostuminen, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 11.1.2019], Saatavissa: <https://www.caruna.fi/palvelut/tuotteet-ja-hinnat>

Caruna B, 2019, Verkkopalveluhinnasto, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 11.1.2019], Saatavissa: https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/web_30693845_caruna_ces_verkkopalveluhin_espoo_6s_2018_fi.pdf?xv7kYW..81MvcW_w5uKyPFXBdMRvS1QD

Energiateollisuus, 2019, Energiapolitiikka, Energia- ja ilmastostrategia, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 16.3.2019], Saatavissa: https://energia.fi/energiateollisuuden_edunvalvonta/energiapolitiikka/energia-ja_ilmastostrategia

Fortum A, 2019, Sähköä kotiin, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 11.1.2019], Saatavissa: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/sahkosopimukset/takuu>

Fortum B, 2019, Liitä kotisi kaukolämpöön, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 19.1.2019], Saatavissa: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/lammitys/kaukolampo/liita-kotisi-kaukolampoon>

Juvonen Janne & Lapinlampi Toivo, 2013, Energiakaivo, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 13.1.2019] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4

Jäspi, 2019, öljykattilat, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 8.1.2019], Saatavissa: https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/08/Oljykattilat_0217_web.pdf

Kara Mikko et al. 2004, Energia Suomessa, 3.painos, Helsinki, Edita Prisma

K-Rauta, 2019, tarjous, [Viitattu 16.3.2019]

Motiva A, 2012, Lämpöä omasta maasta - lämpöpumput, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 15.1.2019], Saatavissa:

https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Motiva B, 2019, Lämmitysjärjestelmän valinta, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 16.3.2019], Saatavissa:

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta

Motiva C, 2019, Vertaile lämmitysjärjestelmiä, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 16.3.2019], Saatavissa:

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/vertaile_lammitysjarjestelmia/perusteita_valinnan_tekemiseen

Neste A, 2019, Tilaa lämmitysöljyä [Verkkajulkaisu], [Viitattu 7.1.2019], Saatavissa:

<https://www.neste.fi/lammitysoljytilaus>

Neste B, 2018, Polttoöljy kesälaatu [Verkkajulkaisu], [Viitattu 7.1.2019], Saatavissa:

https://www.neste.fi/static/datasheet_pdf/160360_fi.pdf

Neste C, 2018, Polttoöljy talvilaatu [Verkkajulkaisu], [Viitattu 7.1.2019], Saatavissa:

https://www.neste.fi/static/datasheet_pdf/160205_fi.pdf

Neste D, 2019, Öljypolttimen ja kattilan kunnossapito [Verkkajulkaisu], [Viitattu 16.2.2019], Saatavissa: <https://www.neste.fi/oljypoltin-ja-kattila-hoito>

Neste E, 2019, Öljylämmitteisen talon lämmönjakoverkosto [Verkkajulkaisu], [Viitattu 17.2.2019], Saatavissa:

<https://www.neste.fi/oljylammitteisen-talon-lammonjakoverkosto>

Nordpool, 2018, Day-ahead prices, FI, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 7.2.2019], Saatavissa:

<https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/FI/Yearly/?view=table>

Pietikäinen Anita, 2007, Rakennusten lämmitysjärjestelmät, Rakennustieto, Tampere, Tammer-Paino

Rantala Eino, Suomen rakennusinsinöörien liitto, 2014, Uusiutuvien lähienergioiden käyttö uudisrakennuksissa, Helsinki, Tammerprint

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2016 Rakennus- ja asuntotuotanto [verkkajulkaisu]. ISSN=1796-3257. Maalämmön osuus lämmönlähteenä kasvussa. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 24.11.2018]. Saatavissa:http://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras_2016_09_2016-11-25_kat_001.fi.html

Tilastokeskus, 2016, Asumisen energiankulutus, [Verkkajulkaisu], [Viitattu 22.11.2018], Saatavissa: <https://www.stat.fi/meta/til/asen.html>

Tom Allen Senera Oy, 2019, Lämpöpumpun mitoitusraportti, [Viitattu 4.2.2019]

Vero, 2019, Kotitalousvähennys [Verkkajulkaisu], [Viitattu: 8.2.2019], Saatavissa: <https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/>

Öljy & Biopolttoaineala, 2018, Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta, [Verkkajulkaisu], [Viitattu: 7.2.2019], Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/11-oljytuotteiden-kuluttajahintaseuranta>