

Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jarno Krapi

Tilapäisten ja määräaikaisten rakennusten lämmitysjärjestelmien vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

18.9.2020

Tekijä Otsikko	Jarno Krapa Tilapäisten ja määräaikaisten rakennusten lämmitysjärjestelmien vertailu
Sivumäärä Aika	42 sivua + 9 liitettä 18.9.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	sisäilma-asiantuntija Marianna Tuomainen yliopettaja Rauno Holopainen
<p>Tässä opinnäytetyössä vertailtiin tilapäisten ja määräaikaisten rakennusten lämmitysjärjestelmiä, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarkoitettuja järjestelmiä, lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöitä sekä aurinkoenergian käytön mahdollisuuksia. Työn tarkoituksena oli löytää tilapäisiin ja määräaikaisiin rakennuksiin parhaiten soveltuvin lämmitysjärjestelmä eri määräajoille. Lämmitysjärjestelmiä vertailtaessa, huomioitiin hankintakustannukset, ostoenergiankulutus ja kokonaiskustannukset sekä hiilidioksidipäästöt.</p> <p>Työssä vertailtiin lämminvesivaraajalla ja läpivirtauslämmittimellä lämmitetyn lämpimän käyttöveden kokonaiskustannuksia ja kannattavuutta. Lämpimän veden kiertojohto tarkastellessa vertailtiin lämpöeristeen paksuuden vaikutusta lämpöhäviöihin.</p> <p>Työssä tutkittiin aurinkosähköjärjestelmän ja aurinkolämpöjärjestelmällä lämmitetyn lämpimän käyttöveden tuottoa ja kannattavuutta tilapäisissä ja määräaikaisissa rakennuksissa.</p> <p>Työn lopputuloksena voidaan todeta, että suora sähkölämmitys on kokonaiskustannuksiltaan edullisin noin 2–4 vuoden määräajalla, ilma-vesilämpöpumppu 5–14 vuoden määräajalla ja maalämpöjärjestelmä 15–20 vuoden määräajalla. Kaukolämpö on neljän vuoden käyttöajan jälkeen kokonaiskustannuksiltaan kallein vaihtoehto, joka johtuu osittain kaukolämpöliittymän korkeista kiinteistä maksuista.</p> <p>Työn tuloksista voidaan todeta lämpimän veden kiertojohdon eristyksen paksuudella olevan huomattava merkitys vuotuisiin lämpöhäviöihin. Aurinkoenergian hyödyntäminen on kannattavaa myös tilapäisissä ja määräaikaisissa rakennuksissa, kun kulutus ja tuotto ovat samanaikaista.</p>	
Avainsanat	määräaikainen rakennus, lämmitysjärjestelmät, energiatehokkuus, hiilijalanjälki, aurinkoenergia

Author Title	Jarno Krapu Heating System Options for Temporary and Temporarily Used Buildings
Number of Pages Date	42 pages + 9 appendices 18 September 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Marianna Tuomainen, Indoor Climate Expert Rauno Holopainen, Principal Lecturer
<p>The aim of the thesis was to compare heating system and find the best options for temporary and temporarily used buildings in terms of cost, energy efficiency and carbon footprint. The comparison was done by calculating the total costs of the heating systems at 2, 5, 10, 15 and 20 year use. The total cost was discounted to the present time.</p> <p>The comparison of energy efficiency considered the amount of purchased energy for heating systems. When calculating the carbon footprint, the carbon dioxide emissions of purchased energy from heating systems were calculated.</p> <p>The thesis established, that an air-to-water heat pump or a ground-source heat pump would be the best heating system for temporary builds when the calculation was made over 6 years. The currently most widely used heating system, district heating, is the most expensive of the compared heating systems.</p> <p>The decision of a heating system for a temporary or temporarily used building should be taken on a case-by-case basis, determining which heating systems is the best for the building in question.</p>	
Keywords	temporarily used buildings, temporary building, heating systems, energy efficiency, carbon footprint, solar power

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tilaaja	1
1.2	Tuloksien hyödyntäminen	1
2	Rakennustyyppin määritelmät	2
2.1	Tilapäinen rakennus	2
2.2	Määräaikainen rakennus	2
2.3	Energiatehokkuus	2
3	Esimerkkirakennus	3
4	Käyttöikä	4
5	Työtä ohjaavat lait, asetukset ja ohjeet	4
6	Kustannustiedot	5
7	Korko, inflaatio ja energian reaalin hintakehitys	5
7.1	Korko	5
7.2	Inflaatio ja reaalikorko	6
7.3	Energian reaalin hintakehitys	6
8	Lämpimän käyttöveden lämmitys	7
8.1	Hankintakustannukset	8
8.2	Lämpimän käyttöveden kiertojohdon kustannukset	8
8.3	Kiertovesipumppu	9
8.4	Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt	10
8.5	Lämpöhäviöt yhteensä	10
8.6	Eristyspaksuuksien vaikutus vuosittaisiin kustannuksiin	11
8.7	Lopputulos	12
9	Lämmitysjärjestelmät	13

9.1	Kaukolämpö	13
9.2	Lämpöpumput	14
9.2.1	Maalämpöpumppu (MLP)	16
9.2.2	Ilma-vesilämpöpumppu (VILP)	16
9.2.3	Ilmalämpöpumppu (ILP)	17
9.3	Suora sähkölämmitys	17
10	Kaukolämpöliittymän kustannukset	17
10.1	Sopimusvesivirta	18
10.2	Helen Oy:n kaukolämmön liittymismaksu	18
10.3	Kaukolämmön kaivannon hinta	19
11	Sähköliittymä	19
12	Lämmitysjärjestelmien hankintakustannusten vertailu	20
12.1	Kaukolämpö	20
12.1.1	Kaukolämpö 1	20
12.1.2	Kaukolämpö 2	21
12.1.3	Kaukolämpö 3	21
12.1.4	Kaukolämpö 4	21
12.1.5	Kaukolämpö 5	21
12.1.6	Kaukolämpö 6	22
12.2	Maalämpöpumppu	22
12.3	Ilma-vesilämpöpumppu	22
12.4	Ilmalämpöpumppu	22
12.5	Suora sähkölämmitys	23
12.6	Järjestelmien hankintakustannukset	23
13	Energiat hinnat	24
13.1	Sähkön hinta ja hinnan kehitys	24
13.2	Kaukolämmön hinnan kehitys	26
14	Lämmitysjärjestelmien ostoenergiankulutus ja hinnat	27
14.1	Ostoenergiakulutuksen laskenta	27
14.1.1	Kaukolämpö	28
14.1.2	Maalämpöpumppu	28
14.1.3	Ilma-vesilämpöpumppu	28

14.1.4	Ilmalämpöpumppu	28
14.1.5	Suora sähkölämmitys	28
14.2	Ostoenergian kulutus	29
14.3	Ostoenergian kokonaiskulutus ja energiakustannukset	29
15	Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset	30
16	Aurinkoenergia	31
16.1	Aurinkosähkö	31
16.1.1	Kannattavuus	32
16.2	Aurinkokeräimet	33
16.2.1	Aurinkokeräinten tuotto	34
16.2.2	Aurinkolämpöjärjestelmän hankintakustannukset	35
16.2.3	Kannattavuus	35
17	Lämmitysjärjestelmien lämmitysenergian hiilijalanjälki	36
18	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Pohjapiirros	
	Liite 2. Vedenlämmittimien vertailu	
	Liite 3. Eristepaksuuden vaikutus energiakulutukseen	
	Liite 4. Hankintakustannukset	
	Liite 5. Energiankulutus	
	Liite 6. Kokonaiskustannukset	
	Liite 7. Aurinkosähkö	
	Liite 8. Aurinkokeräimet	
	Liite 9. Hiilijalanjälki	

Lyhenteet

COP	Coefficient of Performance. Lämpökerroin.
LTO	Lämmöntalteenotto
SCOP	Seasonal coefficient of performance. Lämpökerroin SCOP huomioi markkinalueen olosuhteet.
SFP	Specific fan power. Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
SPF	Seasonal performance factor. Lämpöpumpun kausisuorituskykykerroin

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla tilapäisiin ja määräaikaisiin rakennuksiin soveltuvia lämmitysjärjestelmiä. Työn tarkoituksena oli löytää hankintakustannuksiltaan, energiatehokkuudeltaan ja hiilijalanjäljeltään paras lämmitysjärjestelmä tilapäisiin ja määräaikaisiin rakennuksiin. Työssä vertailtiin lämmitysjärjestelmien kustannuksia 2, 5, 10, 15 ja 20 vuoden käyttöajalle.

1.1 Työn tilaaja

Työn tilaajana toimi Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimiala, rakennukset ja yleiset alueet, rakennuttamisen palvelu. Rakennuttamisen palvelu vastaa Helsingissä julkisten palvelurakennuksien rakennuttamisesta. Helsingin kaupunki rakennuttaa vuosittain useita tilapäisiä ja määräaikaisia rakennuksia väistötiloiksi sekä nopeasti muuttuneiden tilatarpeiden vuoksi. Tilapäisten rakennusten energiatehokkuutta ohjaa Maankäyttö- ja rakennuslaki, Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 uuden rakennuksen energiatehokkuudesta sekä Helsingin kaupungin LVI-suunnitteluohje ja Helsingin kaupungin energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje.

1.2 Tuloksien hyödyntäminen

Työn tuloksia tullaan hyödyntämään tilapäisiä ja määräaikaisia rakennuksia rakennuttaessa ja niiden lämmitysjärjestelmää valittaessa. Tämän työn tuloksia voidaan käyttää myös tilapäisten ja määräaikaisten rakennuksien suunnitteluohjetta laadittaessa, jolle koetaan olevan tarve. Erillisen tilapäisten ja määräaikaisten rakennusten suunnitteluohjeen tavoite on päästä laadultaan, kustannuksiltaan ja energiatehokkuudeltaan parempiin rakennuksiin.

Lämmitysjärjestelmien vertailusta rajattiin pois ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmät. Tilapäisiä ja määräaikaisia rakennuksia toimittavilla yrityksillä on huomattavasti toisistaan eroavia ilmanvaihdon ratkaisuja ja lämmöntalteenottolaitteistoja.

2 Rakennustyyppin määritelmät

2.1 Tilapäinen rakennus

Maankäyttö- ja rakennuslain 176 §:ssä on määrätty tilapäisistä rakennuksista seuraavaa:

Rakennusvalvontaviranomainen voi 171 §:n 2 momentissa säädetyin edellytyksin ja rajoituksin myöntää rakennusluvan, kun kysymys on tilapäisen rakennuksen rakentamisesta enintään viiden vuoden ajaksi. Tilapäisenä pidetään rakennusta, joka sen rakenne, arvo ja käyttötarkoitus huomioon ottaen on katsottava tarkoitettun pysytettäväksi paikallaan enintään mainitun ajan. [1.]

2.2 Määräaikainen rakennus

Maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:ssä määrätään seuraavaa:

Määräajan paikallaan pysytettävää rakennusta varten rakennuslupa voidaan asettaa määräaika [1].

Määräaikaisia rakennuksia rakennettaessa ja määräaika määrittäessä tulisi tarkkaan laskea tarvittava määräaika. Usein määräaikaisen rakennuksen käytölle haetaan jatkoaikaa, koska rakennuksen tarve ei ole poistunut käyttöön myönnetyn määräajan sisällä [2, s. 25].

2.3 Energiatehokkuus

Maankäyttö- ja rakennuslain 117 g §:ssä on määritetty, että tilapäisiä ja määräaikaisia rakennuksia koskevat samat energiatehokkuusvaatimukset kuin pysyviä rakennuksia, mikäli niiden koko on yli 50 m² tai niiden käyttöikä on yli kaksi vuotta [1].

3 Esimerkkirakennus

Työssä käytettiin esimerkkirakennuksena Helsingin Kalasatamassa vuonna 2019 käyttöön otettua paviljonkityyppistä, kaukolämpöön liitettyä, kaksikerroksista tilapäistä päiväkotirakennusta. Rakennus valikoitui esimerkkirakennukseksi energiatehokkuuden sekä tilapäisille ja määräaikaisille rakennuksille tyypillisen koon perusteella.

Esimerkkirakennuksen tiedot:

- 2 kerrosta
- tilojen lämmitys kaukolämmöllä, lattialämmitys 35/30 °C
- ilmanvaihdon lämmitys kaukolämmöllä 55/30 °C
- lämminkäyttövesi kaukolämmöllä
- kerrosala yhteensä 1 120,5 m²
- puurunko
- puuverhoiltu
- tuulettuva alapohja
- E-luku 81 kWh_E/(m²a), E-luku laskettu 2018 säädöksen mukaan energiatehokkuusluokka A.
- SFP-luku 1,67 kW/(m³/s)
- ulkoseinässä 250 mm Paroc-lämmöneriste, U-arvo 0,17 W/m²K
- yläpohjassa 350 mm lämmöneriste, U-arvo 0,09 W/m²K
- alapohjassa 250 mm Kigspan-lämmöneriste, U-arvo 0,09 W/m²K.
- ikkunat, U-arvo 0,98 W/m²K
- ovet, U-arvo 1,0 W/m²K
- ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 81 %

Esimerkkirakennuksen lämmitystehontarve ja energiankulutustiedot otettiin Lupapisteestä löytyvästä 29.7.2019 päivätystä energiaselvityksestä [3]. Energiaselvityksestä käytettiin kustannuksia vertaillessa seuraavia tietoja:

- Lämmitetty nettoala 1 050 m².
- Tilojen lämmitykseen tarvittava energia 44 951 kWh/a.
- Tilojen lämmitysteho mitoitustilanteessa 26,6 kW.
- Lämpimän käyttöveden tehon tarve 44,1 kW.

- Ilmanvaihdon lämmitykseen tarvittava energia 6 405 kWh/a
- Ilmanvaihdon lämmityksen tehontarve 51,0 kW [3.].

Lämpimän käyttöveden ja kiertojohdon energiankulutuksena käytettiin luvussa 8 lasketua määrää 23 828 kWh/a.

Esimerkkirakennus kuten muutkin tilapäiset ja määräaikaiset rakennukset ovat pohjan muodoltaan suorakaiteen muotoisia, ulkopuolella sijaitsevia portaikkoja lukuun ottamatta. Rakennus on suunniteltu 120 lapselle, eikä se sisällä iltakäyttöön tarkoitettuja tiloja. Rakennuksessa on kuumennuskeittiö, jossa valmiina tuotu ruoka lämmitetään.

Pohjapiirros on esitetty liitteessä 1.

4 Käyttöikä

Tilapäisten ja määräaikaisten rakennusten enimmäiskäyttöikä määräytyy rakennusluvan mukaan. Rakennuslupaa haettaessa käyttöikä määritetään rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Viime vuosina Helsingissä rakennettujen määräaikaisten rakennusten käyttöaika vaihtelee. Rakennuslupaa hakiessa ja määräaikaa määritettäessä on vaikea tietää, mikä on todellinen tilanne määräajan täytyessä. Osa määräaikaisista rakennuksista on ollut käytössä jo yli kymmenen vuotta.

5 Työtä ohjaavat lait, asetukset ja ohjeet

Työtä ohjaavia lakeja, asetuksia ja ohjeita ovat

- Maankäyttö- ja rakennuslaki
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017
- Ympäristöministeriön rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaohje
- Helsingin kaupungin LVI-suunnitteluohje
- Helsingin kaupungin energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje

- Hiilineutraali Helsinki 2035 toimenpideohjelma
- Ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä
- Aurinko-opas 2012.

6 Kustannustiedot

Lämmitysjärjestelmien hankintakustannuksia vertailtaessa käytettiin Timbal Pro -ohjelmasta saatuja arvonlisäverottomia hintoja. Timbal Pro -ohjelmasta saatavat hintatiedoissa on huomioitu suunnittelun, tarvikkeiden ja työn kustannukset. [4.]

Kaikkien järjestelmien kustannuksia ei saatu Timbal Pro -ohjelmasta vaan ne saatiin järjestelmiä myyviltä yrityksiltä ja yritysten verkkosivuilta. Muualta kuin Timbal Pro -ohjelmasta saatuja hintatietoja ovat

- maalämpöpumppujärjestelmä
- ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä
- ilmalämpöpumppu.

Kaikki työssä esitellyt kustannukset ovat suuntaa antavia hintoja alv 0 %.

Energian kustannustiedot lähteineen on esitetty luvussa 13.

7 Korke, inflaatio ja energian reaalin hintakehitys

7.1 Korke

Nimelliskorke on sijoitukselle suunniteltu tuottovaatimus, jonka hankkeen rahoittaja päättää. Investointien kannattavuuslaskelmissa nimelliskorolla on merkittävä vaikutus. Mikäli käytetään matalaa korkokantaa erot nykyhetken ja tulevaisuuden välillä tasaantuvat. [5, s. 19.]

Kun tarkastellaan investointeja kuten lämmitysjärjestelmiä, joilla on vain menoja, nimelliskorke ei voida pitää investoinnin tuottovaatimuksena. Korkotasona voidaan tällöin

pitää esimerkiksi lainan korkotasoa, kustannustason nousua tai bruttokansantuotteen kasvunopeutta. [5, s. 19.]

Vertailussa käytettiin 2 %:n nimelliskorkoa, jonka oletetaan kattavan arvioidun inflaation.

7.2 Inflaatio ja reaalikorko

Inflaatiolla tarkoitetaan yleistä kustannustason nousua [5, s. 19]. Nimelliskoron lisätessä ostovoimaa tulevaisuudessa inflaatio vähentää sitä.

Inflaation arvioitiin olevan 2 %, mikä otettiin huomioon laskettaessa reaalikorko, r kaavalla 1.

$$\text{reaalikorko } (r) = \frac{\text{nimelliskorko } (i) - \text{inflaatio } (f)}{1 + \text{inflaatio } (f)} \quad (1)$$

Reaalikoroksi saatiin 0 %.

7.3 Energian reaalin hintakehitys

Energian reaalin hintakehitys e_r saadaan kaavalla 2.

$$e_r = \frac{\text{energian hinnannousu} - \text{inflaatio}}{1 + \text{inflaatio}} \quad (2)$$

Luvussa 13 on esitelty kaukolämpöenergian ja sähkön hinnan kehitys. Laskettaessa energian reaalista hintakehitystä kaukolämmön lämpöenergian arvioitiin nousevan 5 % vuodessa ja sähkön hinnan 3 % vuodessa.

Kaukolämmön reaalisesti hintakehitykseksi saatiin 3 % ja sähkön reaalisesti hintakehitykseksi 1 %.

8 Lämpimän käyttöveden lämmitys

Ilmalämpöpumppujärjestelmässä ja suorassa sähkölämmityksessä vaaditaan erillinen lämminvesivaraaja tai läpivirtauslämmitin, jolla lämmin käyttövesi lämmitetään. Osa tilapäisiä ja määräaikaista rakennuksia toimittavista yrityksistä käyttää lämpimän käyttöveden lämmittämiseen läpivirtauslämmittäjiä, jotka asennetaan vesipistekohtaisesti. Työssä haluttiin vertailla lämminvesivaraajalla ja läpivirtauslämmittimillä tuotetun lämpimän käyttöveden kustannuksia. Kaukolämpö-, maalämpöpumppu- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmissä lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ei tarvita erillistä lämminvesivaraajaa, koska niissä lämmin käyttövesi lämmitetään samalla laitteistolla kuin tilojen lämmitys.

Rakennuksen lämpimän käyttöveden kulutusta arvioidessa käytettiin lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarvetta 11 kWh/m²a [6, s. 8]. Esimerkkirakennuksen lämpimän käyttöveden laskennallinen kokonaisenergiatarve on 11 550 kWh/a. Lämpimän käyttöveden energiantarpeesta saadaan laskennalliseksi lämpimän käyttöveden kulutukseksi 565 dm³/vrk.

$$V_{LKV} = \frac{11\,550 \text{ kWh/a} \times 3600 \text{ s/h}}{4,2 \text{ kJ/kgK} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times (58^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \times 365} = 565 \text{ dm}^3/\text{vrk}$$

Helsingissä sijaitsevien pinta-alaltaan samankokoisten päiväkotirakennusten mitattu kylmän veden kulutus, viime vuonna oli noin 800 m³/a [7]. Lämpimän käyttöveden kulutus päiväkotirakennuksissa on 30 % veden kokonaiskulutuksesta [8]. Mitatun kylmän veden mukaan lämpimän veden kulutukseksi saadaan 656 dm³/vrk. Vuosittaiseksi lämpimän käyttöveden energiankulutukseksi saadaan 13 440 kWh.

$$Q_{LKV} = \frac{800 \text{ m}^3/\text{a} \times 30\% \times 4,2 \text{ kJ/kgK} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times (58^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}{3600} = 13\,440 \text{ kWh}$$

Lämminvesivaraajan tilavuus mitoitetaan yleensä vuorokautisen lämpimän käyttöveden tarpeen mukaan. Tässä työssä vuorokautisena lämpimän käyttöveden kulutuksena käytettiin mitatun kylmän veden kulutuksen mukaan saatua 656 dm³/vrk ja lämminvesivaraajan tilavuudeksi valittiin 700 dm³. Tässä työssä lämminvesivaraajan

hankintakustannuksena käytettiin 1 698 €, joka saatiin Timbal Pro -ohjelmasta. Vertailussa lämminvesivaraaja koolla on merkitys hankintakustannusten lisäksi vuotuisiin lämminvesivaraajan lämpöhäviöihin.

Läpivirtauslämmittimellä tarkoitetaan veden lämmitintä, joka asennetaan vesipiste kohtaisesti. Läpivirtauslämmittimelle johdetaan kylmää vettä, jonka se lämmittää asetettuun lämpötilaan virtauksen alkaessa eli kun vesipiste avataan. Vertailussa käytettiin 11 kW:n Metromini-läpivirtauslämmittimen Varaaja.com verkkosivuilla ilmoitettua hintaa [9].

Vedenlämmittimien kokonaiskustannusten laskelmat on esitetty liitteessä 2.

8.1 Hankintakustannukset

Esimerkkirakennuksen 1. kerroksessa on 19 lämpimän veden vesipistettä ja 2. kerroksessa 13 lämpimän veden vesipistettä eli yhteensä 32 lämpimän veden vesipistettä. Koska virtauslämmitin tarvitaan joka vesipisteelle, tarkoittaa 32:ta läpivirtauslämmitintä. Vertailussa 11 kW:n Metromini-läpivirtauslämmittimen hankintakustannuksena käytettiin 330 € [9]. Läpivirtauslämmittimen asennuskustannuksen arvioitiin olevan 150 €.

Taulukosta 1 on nähtävissä, että läpivirtauslämmittimien hankintakustannus on huomattavasti suurempi kuin lämminvesivaraajan.

Taulukko 1. Vedenlämmittimien hankintakustannukset

	á	kpl	yhteensä
Metromini 11kW läpivirtauslämmiin	480,00 €	32	15 360,00 €
Lämminvesivaraaja	1 698,00 €	1	1 698,00 €

8.2 Lämpimän käyttöveden kiertojohtojen kustannukset

Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista on määritetty, että lämmintä käyttövettä on saatava vesikalusteesta 20 sekunnin kuluessa hanan avaamisesta [10, s. 3]. Läpivirtauslämmittimillä tämä toteutuu, koska lämmin käyttövesi valmistetaan vesipistekohtaisesti. Lämminvesivaraajalla valmistettu lämmin

käyttövesijärjestelmä vaatii lämpimän käyttövedenkierron, jotta asetuksessa määritetty aikaa ei ylitetä. Lämpimän käyttövedenkierron vuotuiset lämpöhäviökustannukset ovat huomattavat, joten ne tulee ottaa vertailussa huomioon.

Uuden rakennuksen kiertovesijohto voidaan olettaa olevan suojaputkessa ja eristetty. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen -laskentaoppaan mukaan lämpöhäviö suojaputkeen asennetulle 1,5 x d eristetylle kiertovesiputkelle on 5 W/m [11, s. 46]. Mikäli kiertojohdon pituutta ei ole saatavilla, voidaan oppaan mukaan käyttää opetus- ja päiväkotirakennuksille kiertojohdon oletuspituutta 0,20 m/m² [11, s. 46]. Esimerkkirakennuksen huoneistoalan ollessa 1 050 m² saadaan kiertojohdon pituudeksi 210 m.

Lämpimänkiertojohdon lämpöhäviö lasketaan kaavalla 3 [9, s. 45].

$$Q_{l_{kv},kierto} = \phi_{l_{kv},kierto,omin} \times L_{l_{kv}} \times \frac{t_{l_{kv},pumppu} \times 365}{1000} \quad (3)$$

$Q_{l_{kv},kierto}$	on lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö, kWh/vuosi
$\phi_{l_{kv},kierto,omin}$	on lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominais-teho, W/m
$L_{l_{kv}}$	on lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus, m
$t_{l_{kv},pumppu}$	on lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika, käyttöaikana käytetään 24 h/vrk

josta saadaan lämpimän käyttövedenkierron lämpöhäviöksi 9 198 kWh/a.

Timbal Pro –ohjelmasta saatujen kustannustietojen pohjalta 1,5 x d eristetyn kiertovesiputkiston kustannukset arvioitiin olevan 5 807 €.

8.3 Kiertovesipumppu

Kiertovesipumpun energiankulutuksen laskemiseksi pitää laskea pumpun kierrättämän vesimäärän tilavuusvirta. Tilavuusvirta saadaan kaavasta 4.

$$Q_{v,pumppu} = \frac{\phi_{l_{kv}} \times L_{l_{kv}} \times A}{\rho \times c \times \Delta t} \quad (4)$$

$Q_{v,pumppu}$	on pumpun tilavuusvirta
$\phi_{l_{kv}}$	on kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho, W/m
$L_{l_{kv}}$	on kiertojohdon ominaispituus, m/m ²
A	on rakennuksen pinta-ala, m ²
ρ	on veden tiheys, kg/m ³
c	on veden ominaislämpökapasiteetti, kJ/kgK
Δt	on lämpötila ero $T_{l_{kv}} - T_{l_{kv},kierto}$ paluu, käytetään arvoa 5 K [11, s. 70]

Kiertojohdon virtaamaksi saadaan 0,05 dm³/s.

Kiertovesipumpun energiankulutus saadaan kertomalla virtaamasta riippuva arvo 200 W/(dm³s) kiertovesipumpun virtaamalla ja käyntiajalla [11, s. 47]. Kiertovesipumpun energiankulutukseksi saadaan 88 kWh/a.

Vertailussa lämpimänveden kiertovesipumpun hankintakustannuksen arvioitiin olevan 600 €.

8.4 Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Vertailussa lämminvesivaraajan lämpöhäviöinä käytettiin 1 050 kWh/a. Lämpöhäviöt arvioitaessa käytettiin hyväksi rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaoppaan taulukosta saatuja 100 mm lämpöeristetyn lämminvesivaraajan vuotuisia lämpöhäviöitä [11, s. 45]. Oppaassa ei ole saatavilla lämpöhäviötä vertailussa käytetylle 700 dm³:n lämminvesivaraajalle, joten se laskettiin interpoloimalla.

8.5 Lämpöhäviöt yhteensä

Laskettaessa lämpimänveden varastoinnista ja lämpimän käyttöveden kierrosta aiheutuvat lämpöhäviöt sekä kiertovesipumpun sähköenergiankulutus yhteen, saadaan

tulokseksi 9 198 kWh/a + 1 050 kWh/a + 88 kWh/a = 10 336 kWh/a. Vertailussa käytetyllä sähkön hinnalla 0,11 €/kWh lämpöhäviöiden kustannukset ovat 1 155 €/a. Sähkönhinnan muodostuminen on esitetty kohdassa 13.1.

8.6 Eristyspaksuuksien vaikutus vuosittaisiin kustannuksiin

Kiertovesijohdon lämpöhäviöiden aiheuttaessa merkittävät energiakustannukset, haluttiin työssä vertailla, onko paremman eristystason aiheuttamat lisäkustannukset elinkaarikustannusten näkökulmasta kannattavaa. Vertailukohtana käytettiin tilannetta, jossa lämminvesivaraajassa on käytetty 40 mm:n eristettä ja kiertovesijohdon eristepaksuus on 0,5 x d. Laskennassa 40 mm eristeellä olevan 700 dm³ lämminvesivaraajan lämpöhäviönä käytettiin interpoloimalla saatua 1 900 kWh/a [11, s. 45]. Suojaputkeen asennetun 0,5 x d eristetyn kiertojohdon lämpöhäviö on 8 W/m. Kaavalla 3 laskettuna kiertovesijohdon vuotuiseksi lämpöhäviöksi saadaan 14 717 kWh/a. Kiertovesipumpun energiakulutus 140 kWh/a saadaan luvun 8.3. esitettyllä laskentatavalla. Taulukosta 2 on nähtävissä eristepaksuuden vaikutus lämpöhäviöihin.

Taulukko 2. Lämpöhäviöt

	Lämpöhäviöt, kWh/vuosi	Lämpöhäviöt, €/vuosi
Varaaja 40 mm:n eristeellä ja kiertojohto 0,5 x d eristeellä	16 757	1 872,26 €
Varaaja 100 mm:n eristeellä ja kiertojohto 1,5 x d eristeellä	10 336	1 154,80 €
erotus	6 421	717,46 €

Eristepaksuuden vaikutusta lämpimän käyttöveden kokonaiskustannuksiin tarkasteltaessa tulee huomioida eristepaksuuden aiheuttamat materiaalikustannukset. Tätä työtä tehtäessä, ei ollut saatavilla vertailukelpoista tietoa eristyspaksuuden vaikutuksesta lämminvesivaraajan ja kiertovesiputkiston kustannuksiin. Kokonaiskustannukset laskettiin käyttämällä samaa hankintakustannusta molemmiin eristepaksuuksille. Taulukosta 3 on nähtävissä säästöt 2, 5, 10, 15 ja 20 vuoden laskenta-ajoilla, kun lämminvesivaraajan ja kiertovesiputkiston hankintakustannukset ovat samat.

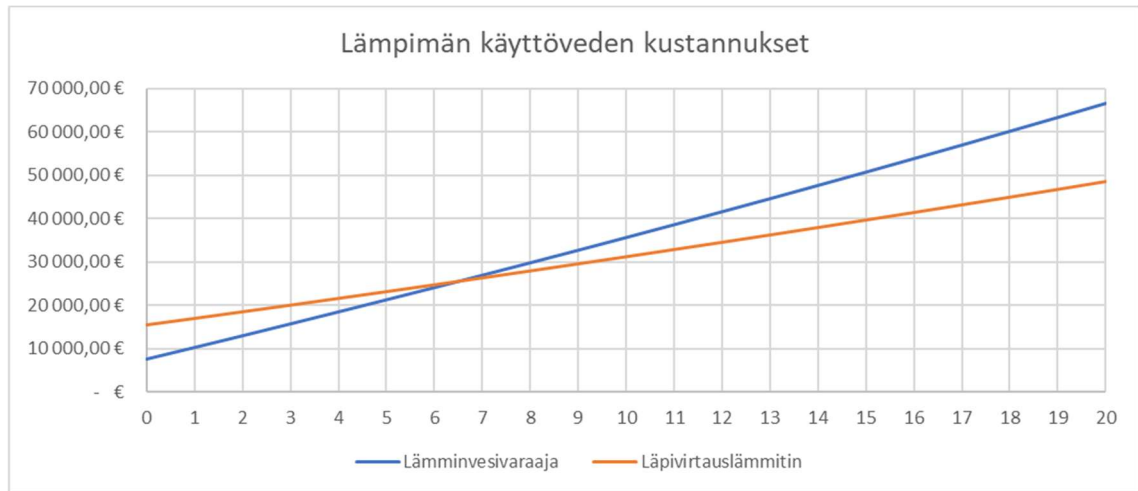
Taulukko 3. Lämpimän käyttöveden lämpöhäviöistä aiheutuvat kustannukset

Vuosi	2	5	10	15	20
Varaaja 40mm eristeellä ja kiertojohto 0,5D eristeellä	14 352,37 €	24 877,23 €	43 117,90 €	62 270,42 €	82 380,39 €
Varaaja 100mm eristeellä ja kiertojohto 1,5D eristeellä	12 896,28 €	21 183,04 €	35 544,84 €	50 624,60 €	66 458,20 €
säästö	1 456,09 €	3 694,19 €	7 573,06 €	11 645,82 €	15 922,19 €

8.7 Lopputulos

Kuvasta 1 on nähtävissä, että läpivirtauslämmitin tulee kokonaiskustannuksiltaan edullisemmaksi noin 7 vuoden jälkeen. Läpivirtauslämmittimiä harkittaessa tulee kuitenkin muistaa, että laitteistojen määrän noustessa mahdollisia vikaantuvien laitteiden suurempi määrä. Vertailussa käytetty 11 kW:n Metromini läpivirtauslämmitin on teholtaan suhteellisen pieni, eikä se pysty tuottamaan pesualtaille määritettyä nimellisvirtaama 0,1 dm³/s. [12, s. 35]. Samanaikaisesti käytettynä useampi läpivirtauslämmitin vaatii huomattavan suuren sähkötehon, joten niiden vaatima sähköliittymän koko on huomattavasti suurempi kuin mitä lämminvesivaraaja vaatii. Vertailussa ei ole otettu huomioon sähköliittymän koon vaikutusta kokonaiskustannuksiin.

Kuvasta 1 ja taulukosta 3 voidaan nähdä, että lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöiden kustannukset ovat huomattavat 20 vuoden määräajalla, ja eristepaksuutta lisäämällä saavutetaan huomattavat vuosittaiset säästöt. Energiatohokkuuden parantamiseksi tulee kiertojohtoon pituus minimoida ja eristää vähintään 1,5 kertaa putken halkaisijan paksuudella.



Kuva 1. Lämpimän käyttöveden kustannukset

Tässä työssä käytetty lämpimän käyttöveden vuosittainen energiakulutus saadaan laskeamalla yhteen veden lämmittämisestä tarvittava energia 13 440 kWh/a ja kiertojohdon lämpöhäviöt 10 338 kWh/a. Lämpimän käyttöveden energiakulutus on yhteensä 23 828 kWh/a.

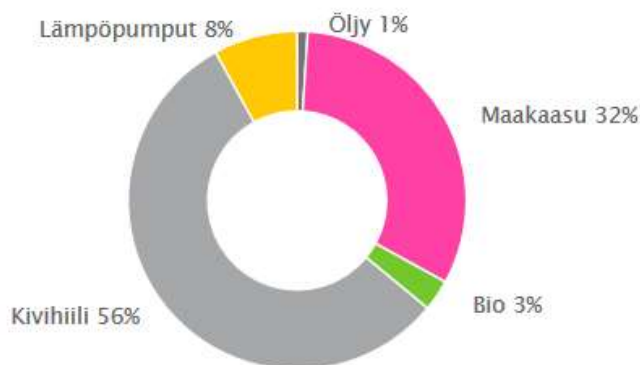
Vertailussa käytettiin lämpimän käyttöveden lämmitykseen lämminvesivaraajan kustannuksia. Kiertojohdon kustannuksia ei vertailussa käytetty, koska sen kustannus on kaikilla lämmitysjärjestelmällä yhtä suuri.

9 Lämmitysjärjestelmät

9.1 Kaukolämpö

Kaukolämmöllä tarkoitetaan keskitetysti tuotettua lämpöä, jota johdetaan lämmöntuottolaitoksista käyttöpaikalla maahan sijoitetussa putkiverkostossa. Kaukolämpö on tällä hetkellä Suomen yleisin lämmitysmuoto. Vuonna 2018 kaukolämmön markkinaosuus oli noin 46 % asuin- ja palvelurakennuksissa. [13.] Helsingissä 95 % rakennuksista lämpiää kaukolämmöllä [14].

Kaukolämpöverkkoon voi olla liitettynä useampia polttolaitoksia, jolloin mahdollistetaan järjestelmien huolto ja varaudutaan häiriötilanteisiin. Valtakunnallisesti kaukolämpöä tuotetaan polttamalla biomassaa, puuta, kivihiiltä, maakaasua, turvetta ja jätettä. [11.] Pyritäessä pienentämään hiilidioksidipäästöjä on myös kaukolämmön tuotannossa kiinnitetty huomioita fossiilisten polttoaineiden polton vähentämiseen. Kaukolämmön tuotannossa on otettu käyttöön erilaisia hybridi- ja lämpöpumppujärjestelmiä, jolla lämpö tuotetaan muulla kuin polttamiseen perustuvilla ratkaisuilla. Helen Oy:n kaukolämmön alkuperä vuonna 2019 on esitetty kuvassa 2 [15]. Helsingissä uusiutuvaa kaukolämpöä tuotetaan lämpöpumpputekniikalla Viikin jätevesipuhdistamolla jäteveden lämpöenergiaa hyödyntäen [14].



Kuva 2. Helen Oy:n kaukolämmön alkuperä vuonna 2019 [15].

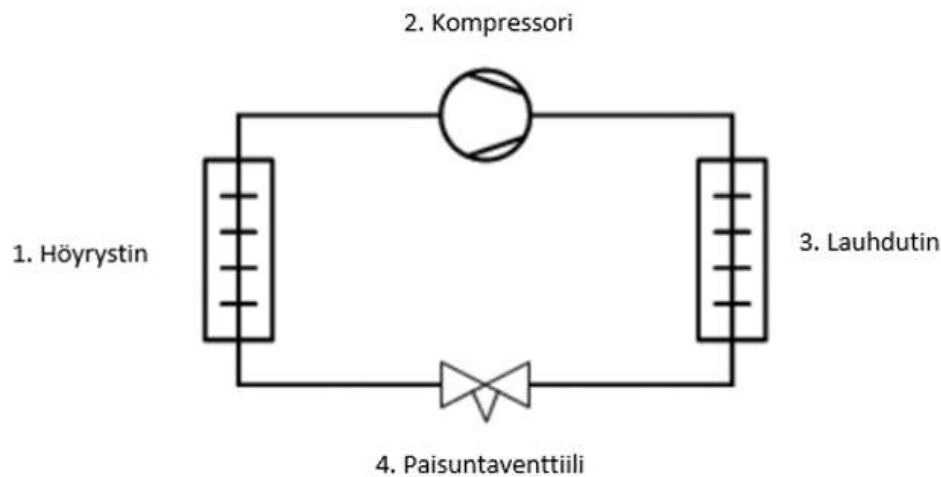
Kaukolämmössä rakennukseen tuotu kuuma kaukolämpövesi johdetaan lämmönsiirtimiin, joissa kaukolämpövedessä oleva lämpöenergia siirtyy tilojen lämmitykseen käytettävään veteen, lämpimään käyttöveteen tai ilmanvaihdon lämmityksessä käytettävään veteen.

9.2 Lämpöpumput

Lämpöpumput ovat kasvattaneet suosiotaan viime vuosina fossiilisten polttoaineiden hinnan noustessa ja teknologian hintojen laskiessa. Lämpöpumpuilla saadaan maahan,

kallioon, veteen tai ilmaan auringosta varastoitunut lämpöenergia rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen [16].

Lämpöpumpun toiminta perustuu kiertoprosessiin, jossa kylmäaine vuoroin höyrystyy ja nesteytyy [17, s. 10]. Kuvassa 3 on esitetty yksinkertaistetun lämpöpumpujärjestelmän pääkomponentit. Höyrystimessä (1.) matalapaineinen ympäristöä kylmempi kylmäaineneste sitoo itseensä lämpöä ja kylmäaine höyrystyy. Kompressor (2.) imee lauhduttimesta kylmäainehöyryä ja puristaa kylmäainehöyryn korkeampaan paineeseen. Kompressorista korkeapaineinen kuuma kylmäainehöyry virtaa lauhduttimeen (3.), jossa se luovuttaa lämpöä ympäristöön ja lauhtuu nesteeksi. Lauhduttimesta kylmäaineneste virtaa paisuntaventtiin (4.), jossa korkeapaineisen kylmäainenesteen paine ja lämpötila laskee ja kylmäaineneste muuttuu neste-höyryseokseksi.



Kuva 3. Lämpöpumppu

Valmistajat ilmoittavat lämpöpumpuille COP ja/tai SCOP lämpökertoimen, jolla ilmaistaan tuotetun energian suhde ostettuun energiaan. Lyhenne SCOP tulee sanoista *seasonal coefficient of performance*. SCOP-vuosihyötysuhdetta laskettaessa otetaan huomioon markkina-alue, jossa lämpöpumppu myydään. SCOP-luvun laskenta perustuu standardiin EN 14825 [18].

Lämpöpumppujen energiatehokkuutta vertailtaessa suorituskykykertoimena tulee käyttää, Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskentaoppaassa ilmoitettuja lämpöpumpun kausisuorituskykykertoimia eli SPF-lukuja [9, s. 55]. SPF-luku on

vuoden keskimääräinen lämpökerroin. Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaoppaassa annetaan SPF-luku tilojen lämmitykselle ja lämpimän käyttöveden laskentaa eri lämpöpumppujärjestelmille. SPF-lukua voidaan käyttää vain, kun tarkastellaan koko vuoden energiankulutusta. [11, s. 52.]

Lämpöpumppujärjestelmien kustannuksia laskettaessa otettiin huomioon kaukolämpöjärjestelmän tarvitsemaa sähköliittymää suurempi sähköliittymä. Lämpöpumppujärjestelmissä sähköliittymäksi valittiin 3 x 250 A sähköliittymä.

Lämpöpumpputekniikkaa on myös hyödynnettävissä tilojen viilennykseen. Tässä työssä ei huomioida viilennystä tai siitä aiheutuvia energiakustannuksia.

9.2.1 Maalämpöpumppu (MLP)

Maalämpöjärjestelmä hyödyntää maaperään tai vesistöön varastoitunutta lämpöä, joka on peräisin auringosta. Maalämpöjärjestelmä vaatii toimiakseen energiakaivon tai -kaivoja, joista lämpö siirretään keruuputkiston ja lämmönsiirtonesteellä lämpöpumpun höyrystimelle. Lämpöpumpun lauhduttimesta lämpö siirtyy lämmönsiirtonesteeseen, joka johdetaan lattialämmitysputkistoon.

Vertailussa tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihdon lämmitys on järjestetty maalämmöllä. Energiankulutuksia laskettaessa käytettiin Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskentaoppaan mukaisia SPF-lukuja. Laskennassa lattialämmityksen menoveden lämpötilaksi valittiin 40 °C ja vuotuiseksi keruupiirin paluunesteen keskilämpötilaksi -3 °C [11, s. 55].

9.2.2 Ilma-vesilämpöpumppu (VILP)

Ilma-vesilämpöpumpussa ilmassa oleva lämpöenergia siirretään lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmitykseen [14]. Etuina ilma-vesilämpöpumpulle maalämpöpumppuun verrattuna on, että energiakaivoja ei tarvita. Nykyisillä ilma-vesilämpöpumpuilla päästään hyvin lähelle maalämpöpumppujen lämpökertoimia [11, s. 55]. Kovimmilla pakkasilla ilma-vesilämpöpumppu ei pysty tuottamaan tarvittavaa lämmitystehoa vaan se tuotetaan täysitehoisella lisälämmönlähteellä, joka on yleensä sähkövastus.

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän kustannuksia laskettaessa valittiin lämpöpumppujärjestelmä, joka sisältää ulkoyksikön sekä lämmönjakohuoneessa sijaitsevan lämpöpumppuyksikön. Lisäksi kustannuksiin sisällytettiin lattialämmitys sekä 3 x 250 A:n sähköliittymä.

Vertailussa tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihdon lämmitys on suunniteltu ilma-vesilämpöpumppujärjestelmällä. Energiankulutuksia laskettaessa käytettiin Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskentaoppaan mukaisia SPF-lukuja. Laskennassa lattialämmityksen menoveden lämpötilaksi valittiin 40 °C, joka vaikuttaa SPF-lukuun. [11, s. 52.]

9.2.3 Ilmalämpöpumppu (ILP)

Ilmalämpöpumppujärjestelmässä hyödynnetään ulkoilmassa olevaa lämpöenergiaa, joka lämpöpumpputekniikalla siirretään huoneiston ilmaan puhaltimia apuna käyttäen [16].

9.3 Suora sähkölämmitys

Suoralla sähkölämmityksellä tarkoitetaan tässä työssä seinille tilakohtaisesti asennettavia sähköpattereita. Laskennan yksinkertaistamiseksi sähköpattereiden määrä laskettiin, että jokaisessa tilassa on vähintään yksi lämmityspatteri. Tiloissa, joissa on useita ikkunoita, lämmityspatteri sijoitetaan jokaisen ikkunan alapuolelle.

10 Kaukolämpöliittymän kustannukset

Helsingin kaupunki rakentaa tilapäisiä ja määräaikaista rakennuksia uusille rakennuspaikoille sekä väistötiloiksi olemassa olevien rakennusten viereen. Vertailua tehdessä otettiin huomioon mahdollisesti olemassa oleva kaukolämpöliittymä. Koska kaukolämpöliittymän kustannukset ovat huomattavat, on sillä suuri vaikutus kaukolämpöjärjestelmän kokonaiskustannuksiin.

Kaukolämmön liittymiskustannuksiin vaikuttaa kaukolämmön liittymismaksu sekä tarvittavat kaukolämpöputkien asennustyöt liittymiskohdasta lämmönjakohuoneeseen.

10.1 Sopimusvesivirta

Liittymiskustannuksia laskettaessa on tiedettävä sopimusvesivirta, joka saadaan kaukolämmön toimittajalta eli tässä tapauksessa Helen Oy:ltä. Sopimusvesivirta on suurin asiakkaan käyttöön varattu kaukolämpöveden virtaama (m^3/h). Sopimusvesivirta lasketaan Helen Oy:n toimesta, joka saa tarvittavat tiedot LVI-suunnittelijan lähettämistä kaukolämpösuunnitelmista. Suunnitelmat saatuaan Helen Oy:n asiantuntijat tarkastavat suunnitelmista tehotiedot, laitemitoituksen sekä laskevat sopimusvesivirran. [19.]

Vertailussa on käytetty sopimusvesivirtana $1,5 m^3/h$ silloin, kun tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihdon lämmitys on tuotettu kaukolämmöllä (Kaukolämpö 1, 2 ja 3). Jos tilojen lämmitys ja ilmanvaihdon lämmitys on tuotettu kaukolämmöllä ja lämmin käyttövesi lämmitetään sähköllä, on sopimusvesivirtana käytetty $1,0 m^3/h$ (Kaukolämpö 4, 5 ja 6).

10.2 Helen Oy:n kaukolämmön liittymismaksu

Kaukolämmön liittymismaksu tulee maksettavaksi, kun rakennusta varten hankitaan uusi kaukolämpöliittymä. Kaukolämmön liittymismaksu lasketaan kaavalla 5.

$$KL_{liittymismaks} = \text{perusmaksu} + \text{sopimusvesivirta} \times \text{vesivirtamaksu} \quad (5)$$

Perusmaksu määräytyy sopimusvesivirran mukaan. Sopimusvesivirran ollessa $1,5 m^3/h$ tai $1,0 m^3/h$ Helen Oy:n kaukolämpöliittymähinnaston mukaisesti rakennukseen riittää pienin kaukolämpöliittymä ja sen perusmaksu on 2 200 € ja vesivirtamaksu on 4 510 €/ (m^3/h). Vertailuiksi liittymismaksuiksi saadaan [20]:

$$KL_{liittymismaksu\ 1,5m^3/h} = 2200\text{€} + 1,5\ m^3/h \times 4510\ \text{€} / (m^3/h) = 8\ 965\text{€}$$

ja

$$KL_{\text{liittymismaksu } 1,0 \text{ m}^3/\text{h}} = 2200\text{€} + 1,0 \text{ m}^3/\text{h} \times 4510 \text{ €}/(\text{m}^3/\text{h}) = 6\,710\text{€}$$

10.3 Kaukolämmön kaivannon hinta

Helen Oy:ltä saadun suuntaa antavan hinta arvion mukaan, tilapäisten ja määräaikaisten rakennuksien vaatima DN25-kaukolämpöputken hinta on 270 €/m, sisältäen 1 metrin meno- ja paluuputkea kaikkine töineen ja materiaaleineen [21.]. Mahdollisen louhinnan aiheuttamaa kustannusta ei tässä työssä oteta huomioon. Vertailussa kaivannon pituutena liittymiskohdasta lämmönjakokeskukseen käytettiin 30 metriä.

Mikäli rakennuspaikalla on olemassa oleva kaukolämpöliittymä, lämpöjohdot johdetaan olemassa olevasta lämmönjakokeskuksesta tilapäiseen tai määräaikaiseen rakennukseen. Vertailussa on käytetty lämpöjohtojen kaivannon hintaa 270 €/m.

11 Sähköliittymä

Tilapäiset ja määräaikaisten rakennukset liitetään 0,4 kV:n pienjänniteverkkoon, jolloin liittymismaksu määräytyy pääsulakkeen mukaan. Vertailussa käytettiin kaukolämpö 1, 2 ja 3 kustannuksissa 3 x 200 A:n pääsulakkeen mukaista sähköliittymän hintaa, joka on ilmoitettu Helen sähköverkkojen verkkosivuilta saatavasta sähköliittymien hinnastosta. Kaikissa muissa vertailtavissa lämmitysjärjestelmissä käytettiin pääsulakkeen kokona 3 x 250 A. Helen sähköverkkojen sähköliittymien hinnaston mukaan 3 x 250 A:n pääsulakkeella olevan sähköliittymän hinta on 42,42 €/A. [22.]

- 3 x 200 A sähköliittymä 8 411 €
- 3 x 250 A sähköliittymä 10 605 €

12 Lämmitysjärjestelmien hankintakustannusten vertailu

Lämmitysjärjestelmien kustannuksia laskettaessa otettiin huomioon eri lämmitysjärjestelmien liittymiskustannukset, lämmitysjärjestelmän kustannukset, lämminvesivaraajan kustannukset sekä lämmönjakojärjestelmän kustannukset.

Hankintakustannuksia vertailtaessa ei otettu huomioon mahdollisia määräajan jälkeisiä kustannuksia. Määräajan jälkeisillä kustannuksilla tarkoitetaan purkamisesta aiheutuvia kustannuksia tai jäännösarvoa.

Hankintakustannusten laskelmat on esitetty liitteessä 3.

12.1 Kaukolämpö

Helsingin kaupunki rakentaa tilapäisiä ja määräaikaisia rakennuksia erilaisille rakennuspaikoille ja erilaisiin tarpeisiin, joten rakennuspaikoilla saattaa olla valmiita hyödynnettäviä liittymiä ja järjestelmiä. Tästä syystä vertailtiin kuutta erilaista kaukolämpöjärjestelmää.

Mikäli rakennuspaikalla on olemassa kaukolämpöliittymä ja liittymä siirretään rakennettavaan tilapäiseen tai määräaikaiseen rakennukseen, tulee rakentaa uusi lämmönjakokeskus. Kolmen lämmönsiirtimen kaukolämpökeskuksen kustannus Timbal Pro -ohjelman mukaan on 17 099 €. Kahden lämmönsiirtimen kaukolämpökeskuksen hintana on käytetty arvoa 13 665 €.

Lämmönjakotapana kaikissa kaukolämpöjärjestelmissä käytettiin lattialämmitystä. Lattialämmityksen kustannus on 21 000 €.

12.1.1 Kaukolämpö 1

Kaukolämpö 1 -järjestelmässä tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihdon lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä. Rakennukseen tarvitaan uusi kaukolämpöliittymä, uusi

sähköliittymä sekä uusi lämmönjakokeskus. Hankintakustannukset ovat yhteensä 63 575 €.

12.1.2 Kaukolämpö 2

Kaukolämpö 2 -järjestelmässä tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihdon lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä. Rakennuspaikalla on olemassa kaukolämpö- ja sähköliittymä. Rakennukseen tarvitaan uusi lämmönjakokeskus. Hankintakustannukset ovat yhteensä 54 610 €.

12.1.3 Kaukolämpö 3

Kaukolämpö 3 -järjestelmässä tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihdon lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä. Rakennuspaikalla on olemassa kaukolämpö ja sähköliittymä. Olemassa olevaa lämmönjakokeskusta pystytään hyödyntämään. Hankintakustannukset ovat yhteensä 29 100 €.

12.1.4 Kaukolämpö 4

Kaukolämpö 4 -järjestelmässä tilojen lämmitys ja ilmanvaihdon lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä. Lämmin käyttövesi lämmitetään lämminvesivaraajassa sähkövastuksilla. Rakennukseen tarvitaan uusi kaukolämpöliittymä, uusi sähköliittymä sekä uusi lämmönjakokeskus. Hankintakustannukset ovat yhteensä 61 778 €.

12.1.5 Kaukolämpö 5

Kaukolämpö 5 -järjestelmässä tilojen lämmitys ja ilmanvaihdon lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä. Lämmin käyttövesi lämmitetään lämminvesivaraajassa sähkövastuksilla. Rakennuspaikalla on olemassa kaukolämpö ja sähköliittymä. Rakennukseen tarvitaan uusi lämmönjakokeskus. Hankintakustannukset ovat yhteensä 44 463 €.

12.1.6 Kaukolämpö 6

Kaukolämpö 6 -järjestelmässä tilojen lämmitys ja ilmanvaihdon lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä. Lämmin käyttövesi lämmitetään lämminvesivaraajassa sähkövastuksilla. Rakennuspaikalla on olemassa kaukolämpö ja sähköliittymä. Olemassa olevaa lämmönjakokeskusta pystytään hyödyntämään. Hankintakustannukset ovat yhteensä 30 798 €.

12.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöjärjestelmän hankintakustannuksista pyydettiin hinta-arviota maalämpöjärjestelmiä suunnittelevalta Konsulttitoimisto Enersys Oy:lta ja Kaukora Oy:ltä. Esimerkkirakennuksen maalämpöjärjestelmän hinnaksi Enersys Oy arvioi 50 000–60 000 € ja Kaukora 40 000–50 000 € [23; 24]. Timbal Pro -ohjelmasta saatiin maalämpöjärjestelmälle hinnaksi 32 034 €. Työssä käytettiin Enersys Oy:n hinta-arvion keskiarvoa 55 000 €.

Lattialämmityksen kustannukset 21 000 € saatiin Timbal Pro -ohjelmasta. 3 x 250 A:n sähköliittymän hintana käytettiin Helen sähköverkot hinnaston mukaista hintaa 10 605 € [22]. Hankintakustannukset ovat yhteensä 65 605 €.

12.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän kustannukset saatiin yrityksiltä pyydetyistä hinta-arvioista. Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän hankintakustannuksena käytettiin Kaukora Oy:n hinta-arvion mukaista 32 500 € [24]. Lattialämmityksen hintana käytettiin 21 000 € ja 3 x 250 A:n sähköliittymän hintana 10 605 €. Hankintakustannukset ovat yhteensä 64 105 €.

12.4 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppujen kustannuksia laskettaessa otettiin huomioon ilmalämpöpumppujen kustannukset. Järjestelmiksi valittiin lämpöpumppu, joka sisältää yhden ulkoyksikön sekä kaksi sisäyksikköä. Yhden lämpöpumpun hinnaksi arvioitiin 2 000 € sekä Timbal

Pro -ohjelmasta saaduiksi asennuskustannuksiksi 1 084 €. Ilmalämpöpumppujen kokonaislukumäärä vertailussa on 12 kappaletta.

Ilmalämpöpumpun tuottaessa lämpöä vain tilojen lämmitykseen otettiin laskennassa huomioon lämminvesivaraajan hankintakustannus, joka saatiin Timbal Pro -ohjelmasta. Lämminvesivaraajan hankintakustannukset ovat 1 698 €.

Koska ilmalämpöpumppu ei pysty yksin tuottamaan tarvittavaa lämmitystä kovimmilla pakkasilla, laskettiin asennettavaksi myös sähköpatterit, joiden hankintakustannukseksi arvioitiin 25 000 €. 3 x 250 A sähköliittymän hintana käytettiin 10 605 €. Hankintakustannukset ovat yhteensä 74 311 €.

12.5 Suora sähkölämmitys

Pattereiden hinnaksi arvioitiin asennuksineen 500 €/kpl ja esimerkkirakennukseen lämmityspattereita laskettiin tarvittavan 50 kpl. Lämmityspattereiden yhteishinnaksi tulee 25 000 €.

Suoran sähkölämmityksen kustannuksia laskettaessa, huomioitiin lämminvesivaraajan hankintakustannus 1 698 € sekä 3 x 250 A sähköliittymä 10 605 €. Hankintakustannukset ovat yhteensä 37 303 €.

12.6 Järjestelmien hankintakustannukset

Taulukosta 4 ovat nähtävissä hinnat lämmitysjärjestelmittäin. Hankintakustannuksiltaan kallein on maalämpöpumppu. Viimeisessä sarakkeessa oleva prosenttiluku esittää lämmitysjärjestelmän hankintakustannuksia suhteessa kalleimman järjestelmän hankintakustannuksiin.

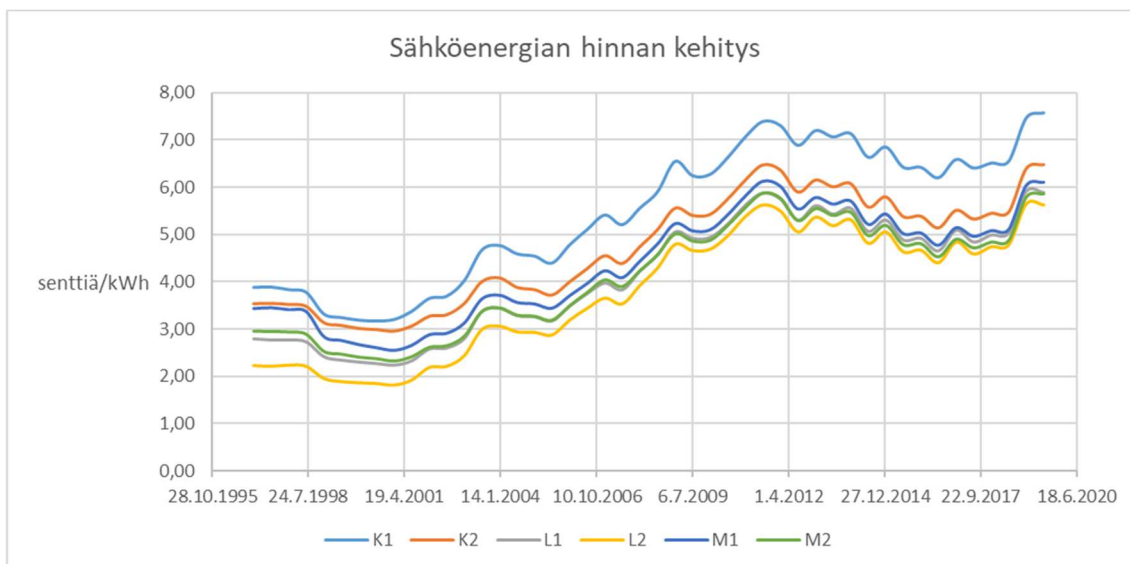
Taulukko 4. Lämmitysjärjestelmien hankintakustannukset

Lämmitysjärjestelmä	Hankintakustannukset		
Kaukolämpö 1	63 575 €		73 %
Kaukolämpö 2	54 610 €		63 %
Kaukolämpö 3	29 100 €		34 %
Kaukolämpö 4	61 778 €		71 %
Kaukolämpö 5	44 463 €		51 %
Kaukolämpö 6	30 798 €		36 %
Maalämpöpumppu	86 605 €		100 %
Ilma-vesilämpöpumppu	64 105 €		74 %
Ilmalämpöpumppu	74 311 €		86 %
Suora sähkölämmitys	37 303 €		43 %

13 Energiahinnat

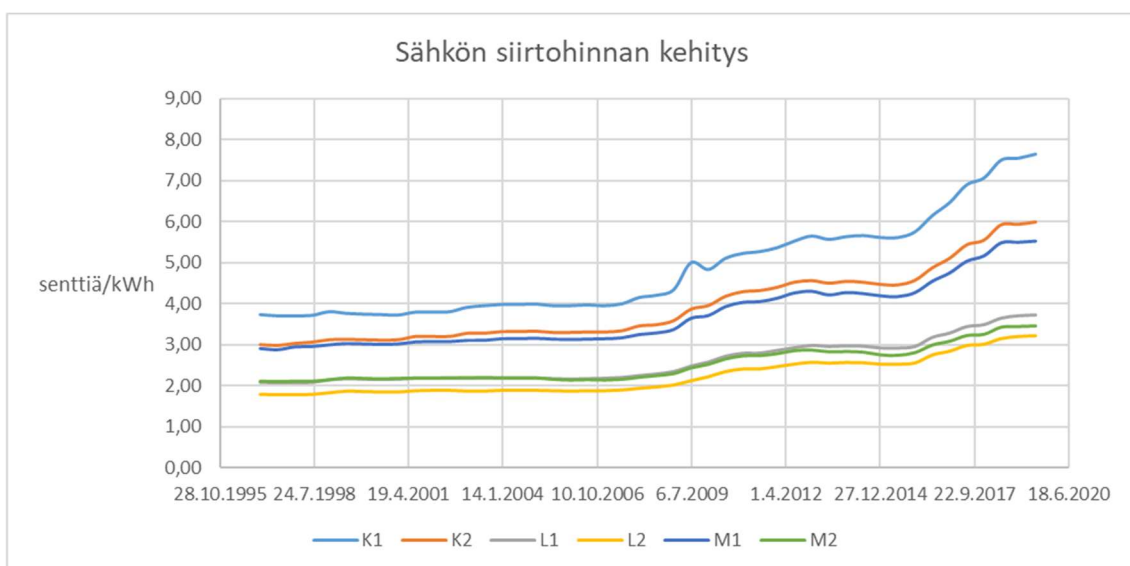
13.1 Sähkön hinta ja hinnan kehitys

Sähkön hinta koostuu kuukausittaisesta sähköenergian perusmaksusta sekä sähköenergiaperusmaksusta, sähkönsiirtomaksusta ja sähköverosta. Sähköenergiaperusmaksu ja sähköenergiaperusmaksun määrää sähköä myyvä energiayhtiö. Sähkönsiirtomaksun määrää sähkösiirtoyhtiö ja sähköveron Suomen valtio. Energiaviraston verkkosivuilta on saatavissa sähköenergian ja sähkönsiirto hintojen hintahistoria myyjäkohtaisesti. [25.] Sähköä myyvillä sähköyhtiöillä on olemassa useita erilaisia sähköhintoja, joten tutkittaessa sähkön hinnan ja sähkön siirtomaksun kehitystä vertailtiin kaikkia Energiaviraston verkkosivuilta saatavia sähköenergia tyyppisiä. Kuvasta 4 on nähtävissä kaikkien sähköliittymätyyppien sähköenergian hinnankehitys. Hintakehitys kaikissa sähköliittymätyypeissä on 3 % vuodessa.



Kuva 4. Sähköenergian hinnan kehitys

Kuvasta 5 on nähtävissä sähkön siirtohintojen kehitys, joka on kiihtynyt viime vuosien aikana. Sähkön siirtohinnan nousu on ollut keskimäärin 3 % vuodessa vuosina 2007–2019.



Kuva 5. Sähkösiirtohinnan kehitys

Vertailussa sähkön hintana käytettiin 0,11 €/kWh. Sähkön hinnan muodostuminen on esitetty taulukossa 5. Kiinteähintaista sähkön perusmaksua ei vertailussa otettu huomioon sen ollessa sama jokaisella lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 5. Sähkön kokonaishinnan muodostuminen

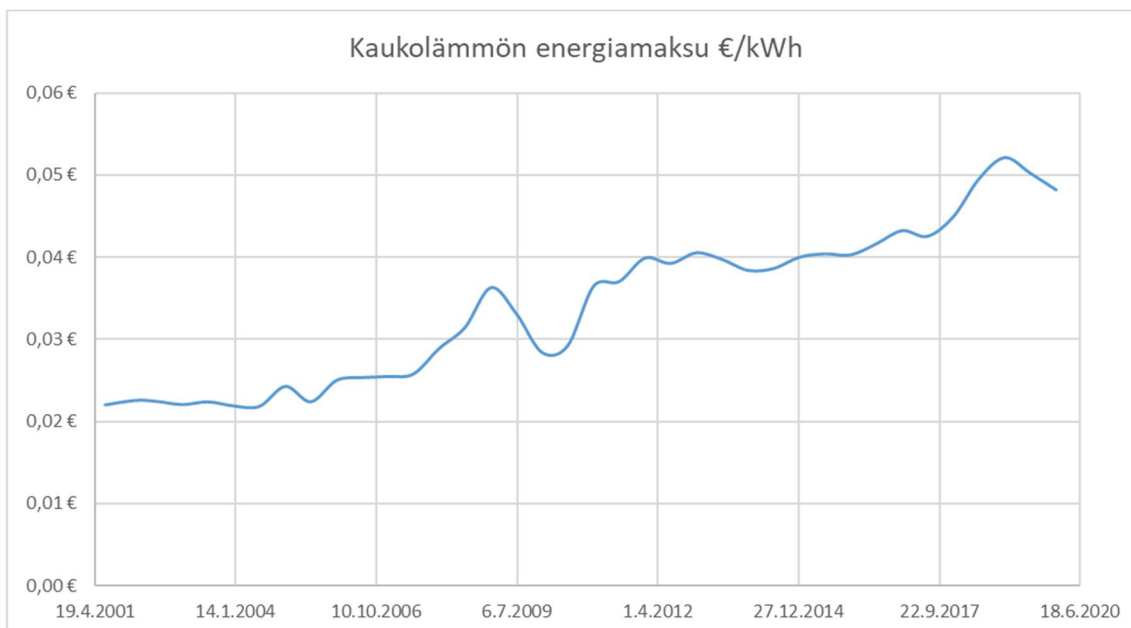
Sähköenergia	Perussähkö, Helen Oy	5,64	c/kWh
Sähkösiirtomaksu	Yleissiirto, Helen sähköverkko	3,28	c/kWh
Sähkövero	Veroluokka 1	2,253	c/kWh
yhteensä		11,17	c/kWh
			0,11 €/kWh

Laskennassa sähkön kokonaishinnan kehityksenä käytettiin 3 % vuodessa, joka perustuu aiemmin esitettyihin tarkasteluihin.

13.2 Kaukolämmön hinnan kehitys

Energiateollisuuden verkkosivuilta on saatavissa hintahistoria kaukolämmön energiahinnoista eri vuosilta kaukolämpötoimittajakohtaisesti. Vertailtaessa Helen Oy:n kaukolämpöhintoja 1.1.2003–1.1.2020 on huomattavissa kaukolämmön selkeä nousu. 1.1.2003 Helen Oy:n kaukolämmön energiamaksu oli 22,02 €/MWh ja 1.1.2020 Helen Oy:n energiamaksu oli 48,24 €/MWh [26.]. Helen Oy:n kaukolämmön hintahistoriaa tutkittaessa 1.1.2003–1.1.2020 kaukolämmön energiahinnan nousu on 5 % vuodessa. Vertailussa käytettiin kaukolämmön hinnan nousuna 5 %:a vuodessa. Vertailussa kaukolämmön hintana käytettiin vuoden 2019 keskihintaa 0,051 €/kWh [25].

Kuvasta 6 on nähtävissä Helen Oy:n kaukolämmön hinnan kehitys. Energiahinnan vaihtelu johtuu osaltaan siitä, että Helen korjaa hinnoittelua vuodenaikojen mukaan.



Kuva 6. Kaukolämmön energiamaksun kehitys

Kaukolämmön tuottaja laskuttaa asiakkaalta energiamaksun lisäksi kiinteään vesivirtamaksun. Vesivirtamaksu määräytyy sopimusvesivirran mukaan. Vesivirtamaksun kehityksestä ei ollut saatavilla tietoja. Vertailussa vesivirtamaksun nousun oletettiin olevan sama 5 % kuin kaukolämpöenergian hinnan nousulla.

14 Lämmitysjärjestelmien ostoenergiankulutus ja hinnat

14.1 Ostoenergiakulutuksen laskenta

Ostoenergiankulutusta laskettaessa otettiin huomioon lämmitysjärjestelmien ja lämmönjakotavan vuosihyötysuhde sekä lämmitysjärjestelmien osuus tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksestä. Lämpöpumppujen energiakulutuksen laskennassa tarvittava lämmitysenergian tarpeen suhde lämpimän käyttöveden energiatarpeeseen on 2,0.

Lattialämmityksen menoveden lämpötilana käytettiin 40 °C:ta.

Energiankulutuksen laskelmat on esitetty liitteessä 4.

14.1.1 Kaukolämpö

Kaukolämpöjärjestelmissä 1, 2 ja 3 tilojen lämmityksen, lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihdon lämmitysenergian tuoton hyötysuhteena käytettiin 0,97. Kaukolämpöjärjestelmissä 4, 5 ja 6 tilojen lämmityksen hyötysuhteena käytettiin 0,97 ja lämpimän käyttöveden lämpöhäviönä luvussa 8.5 laskettua 10 388 kWh/a. Kaukolämpöjärjestelmien apulaitteiden sähkökulutukseksi laskettiin 74 kWh/a. [11, s. 49.]

14.1.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpun SPF-luku menoveden lämpötilalla 40 °C on 3,0 [11, s. 55]. Maalämpöpumpun tuottaman tehon suhteena tilojen lämmitykseen tarvittavaan tehoon käytettiin 0,8. Maalämpöpumpun osuus tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksestä on 0,98 ja lämpimän käyttöveden lämmityksestä 0,96 [11, s. 74].

14.1.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun SPF-luku menoveden lämpötilalla 40 °C on 2,5 [11, s. 55]. Ilma-vesilämpöpumpun tuottaman tehon suhteena lämmitykseen tarvittavaan tehoon käytettiin 0,8:n. Ilma-vesilämpöpumpun osuus tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksestä on 0,89 ja lämpimän käyttöveden lämmityksestä 0,86 [11, s. 76].

14.1.4 Ilmalämpöpumppu

Tässä työssä ilmalämpöpumppujen tuottama lämpötehon osuus tilojen lämmitystehon tarpeesta arvioitiin olevan 0,5, jolloin ilmalämpöpumpun osuus tilojen lämmityksen energiatarpeesta on 0,75 [11, s. 54].

14.1.5 Suora sähkölämmitys

Sähköpatterilämmityksen vuosihyötysuhteena käytettiin 0,95 [11, s. 41].

14.2 Ostoenergian kulutus

Taulukossa 6 on esitetty lämmitysjärjestelmien ostoenergiankulutukset energialähteiden mukaan.

Taulukko 6. Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

Lämmitysjärjestelmä	Kaukolämmön energiankulutus, Sähköenergiankulutus,	
	kWh/a	kWh/a
Kaukolämpö 1	77509	74
Kaukolämpö 2	77509	74
Kaukolämpö 3	77509	74
Kaukolämpö 4	52944	23902
Kaukolämpö 5	52944	23902
Kaukolämpö 6	52944	23902
Maalämpöpumppu		23951
Ilma-vesilämpöpumppu		38652
Ilmalämpöpumppu		53511
Suora sähkölämmitys		77550

14.3 Ostoenergian kokonaiskulutus ja energiakustannukset

Taulukossa 7 on esitetty ostoenergian kulutus ja energiakustannukset lämmitysjärjestelmittäin. On huomattavaa, että maalämpöpumpun ostoenergiankulutus on vain noin 31 % kaukolämmön ja suoran sähkölämmityksen ostoenergiankulutuksesta.

Taulukko 7. Lämmitysjärjestelmien energian kulutus ja energiakustannukset ilman aurinkosähköä

Lämmitysjärjestelmä	Ostoenergian kulutus,		Energiakustannukset	
	kWh/vuosi		yhteensä, €/vuosi	
Kaukolämpö 1	77583	100 %	3 965 €	46 %
Kaukolämpö 2	77583	100 %	3 965 €	46 %
Kaukolämpö 3	77583	100 %	3 965 €	46 %
Kaukolämpö 4	76846	99 %	5 373 €	62 %
Kaukolämpö 5	76846	99 %	5 373 €	62 %
Kaukolämpö 6	76846	99 %	5 373 €	62 %
Maalämpöpumppu	23951	31 %	2 676 €	31 %
Ilma-vesilämpöpumppu	38652	50 %	4 319 €	50 %
Ilmalämpöpumppu	53511	69 %	5 979 €	69 %
Suora sähkölämmitys	77550	100 %	8 665 €	100 %

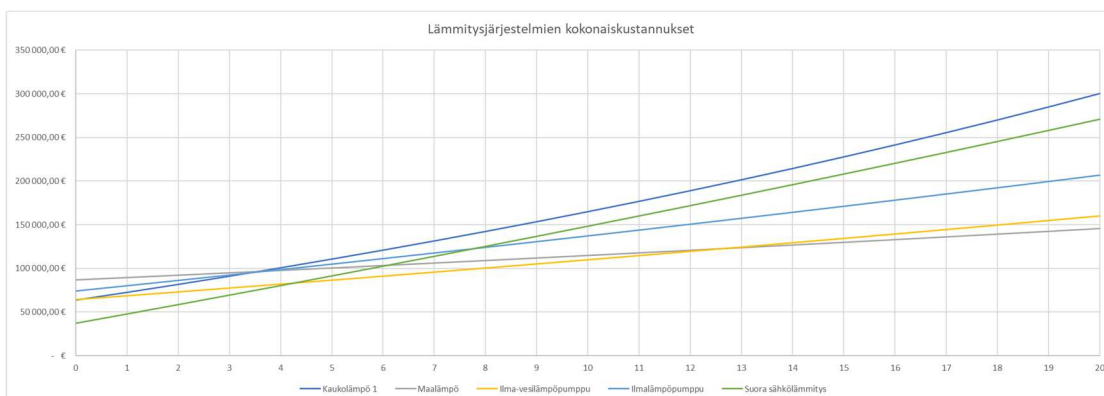
15 Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset

Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannuksia vertaillaessa eri määräajoilla kaikki kustannukset diskontattiin nykypäivään. Taulukossa 8 on nähtävissä eri lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset. Kokonaiskustannuksien vertailusta on jätetty pois lämmitysjärjestelmät kaukolämpö 2, 3, 4, 5 ja 6, vertailutulosten tutkimisen yksinkertaistamiseksi. Kaikkien lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset on esitetty liitteessä 5.

Taulukko 8. Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset eri tarkastelujaksoilla.

Vuosi	2	5	10	15	20
Kaukolämpö 1	81 566 €	110 584 €	164 921 €	227 728 €	300 325 €
Maalämpö	92 036 €	100 384 €	114 851 €	130 042 €	145 992 €
Ilma-vesilämpöpumppu	72 870 €	86 342 €	109 690 €	134 205 €	159 946 €
Ilmalämpöpumppu	86 445 €	105 096 €	137 420 €	171 360 €	206 996 €
Suora sähkölämmitys	58 688 €	91 558 €	148 524 €	208 339 €	271 143 €

Kuvasta 7 on nähtävissä suoran sähkölämmityksen olevan kokonaiskustannuksiltaan edullisin noin 4 vuoden määräajalla. 5 vuoden jälkeen ilma-vesilämpöpumppu on pienen ostoenergiakulutuksen ansiosta edullisin, vaikka hankinta kustannuksissa on huomattava ero. 15 vuoden jälkeen hankintakustannuksiltaan kallein maalämpöjärjestelmä on kokonaiskustannuksiltaan edullisin. Huomattavaa on, että nykyisin yleisimmin käytetty kaukolämpö 1 -järjestelmä on neljän vuoden käyttöajan jälkeen kokonaiskustannuksiltaan kallein, mikä osaksi johtuu kaukolämpöliittymän korkeista kiinteistä maksuista.



Kuva 7. Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset

16 Aurinkoenergia

Tässä työssä tarkasteltiin aurinkovoimalan ja aurinkolämpöjärjestelmien kannattavuutta tilapäisissä ja määräaikaissä rakennuksissa. Helsingin kaupungin energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohjeessa ohjeistetaan hyödyntämään paikalla tuotettua energiaa korvaamaan ostoenergia. Aurinkoenergia on yksi mahdollinen paikalla tuotetun energian lähde.

16.1 Aurinkosähkö

Helsingin kaupungin energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohjeessa aurinkosähkön energiatuoton tavoitteeksi asetetaan, että vähintään 10 % rakennuksen ostosähkönosuuista vastaava määrä tuotetaan aurinkosähköllä [27, s. 6]. Tässä työssä selvitettiin, mikä kokoinen aurinkovoimala vaaditaan tuottamaan sähköä 10 % esimerkkirakennuksen sähkönkulutuksesta.

Aurinkovoimalan tuotto laskettiin Aurinko-opas 2012:n laskentaohjeen mukaan [28, s. 20]. Laskenta suoritettiin Laskentapalvelu.fi -laskurilla. Laskentaa varten tarvitaan rakennuksen käyttösähkönkulutus sekä lämmityssähkönkulutus. Lämpimän käyttöveden sähkönkulutus sisällytetään käyttösähkönkulutukseen. Käyttösähkön kulutuksena käytettiin esimerkkirakennuksen energiatodistuksesta saatua sähkönkulutustietoa 40 719 kWh/a sekä tässä työssä lasketun maalämpöjärjestelmällä tuotetun lämpimän käyttöveden sähkönkulutusta 2 200 kWh/a [3]. Lämmityssähkönkulutuksena käytettiin maalämpöjärjestelmällä tuotetun tilojen lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmityksen sähkön kulutusta 26 500 kWh/a. Esimerkkirakennuksessa 10 % tuottavan aurinkosähköjärjestelmän tuoton vaatimus on 6 942 kWh/a.

Laskentaa tehdessä käytettiin taulukossa 7 olevia lähtöarvoja.

Taulukko 9. Aurinkovoimalan laskennan lähtöarvot

Säävyöhyke	1
Aurinkosähkökennostojen ilmansuunta	Etelä
Aurinkosähkökennostojen asenustapa	Hieman tuuletettu moduuli
Aurinkosähkökennostojen pinta-ala	53 m ²
Aurinkosähkökennon huipputehokerroin	0,15
Aurinkosähkökennostojen kallistuskulma	45

Aurinkosähköjärjestelmän laskelmat on esitetty liitteessä 6.

Aurinko-opas 2012:n mukaisesti lasketun 6 942 kWh/a tuottavan aurinkovoimalan pinta-alaksi saatiin 53 m². 53 m²:n aurinkovoimalan sähkön tuotto on yhteensä 6 977 kWh/a, joka kattaa 13 % käyttösähkötarpeesta ja 6 % lämmityssähkön tarpeesta. Aurinko-opas 2012:n mukaisella laskentamenetelmällä verkkoon syötettävää sähköä ei juuri synny.

16.1.1 Kannattavuus

Aurinkovoimalan kannattavuutta laskettaessa käytettiin järjestelmän hankintakustannuksena 1,3 €/W_p [29, s. 33]. Aurinkokennostojen huipputeho W_p saadaan, kun aurinkokennostojen pinta-ala 53 m² kerrotaan aurinkosähkökennon laskennassa käytetyllä huipputehokertoimella 0,15 kW/m², joka vastaa 15 %:n hyötysuhdetta säteilyreferenssin ollessa 1 kW/m² [28, s. 22]. Tässä työssä tutkitun aurinkosähköjärjestelmän huipputeho on 7,95 kW_p. Aurinkovoimalan hankintakustannuksen arvioidaan olevan 10 335 €.

Aurinkovoimalan tuottaessa 6 977 kWh/a ja sähkön hinnan ollessa 0,11 €/kWh aurinkovoimalalla tuotettu sähkö säästää noin 780 € vuodessa, jolloin koroton takaisinmaksuaika on noin 13 vuotta.

Kannattavuutta tarkastellessa on huomioitava aurinkovoimalan pitkä käyttöikä ja suhteellisen helppo siirrettävyys toiseen rakennukseen. Näin ollen aurinkovoimalan hankintaa myös tilapäisiin ja määräaikaisiin rakennuksiin tulisi harkita.

16.2 Aurinkokeräimet

Tässä työssä selvitettiin aurinkolämpöjärjestelmällä tuotetun lämpimän käyttöveden mahdollisuudet ja kannattavuus tilapäisissä ja määräaikaisissa rakennuksissa. Aurinkolämpöjärjestelmän tuottoa tarkastellessa on olemassa kolmea erilaista laskentatapaa: Aurinko-opas 2012, Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5 ja Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta -opas. Tässä vertailussa on käytetty Aurinko-opas 2012:n laskentatapaa, jossa energian tuotto lasketaan kuukausittain. Aurinkokeräimistä hyödynnettävä tuotto ei voi olla suurempi kuin lämpimän veden kulutus vuorokaudessa. Liitteessä 7 on esitetty aurinkolämpöjärjestelmän tuotto kuukausittain vuorokautinen tuotto huomioiden. Laskenta suoritettiin laskentapalvelut.fi -laskurilla.

Aurinkokeräinten pinta-alaksi valittiin 20 m², jotta järjestelmällä katettaisiin mahdollisimman suuri osa lämpimän käyttöveden tarpeesta. Kasvattamalla keräimien pinta-alaa hankintakustannukset nousevat ja ylituotannon riski kesäkuukausilla kasvaa. Koska kuukausittaista lämpimän käyttöveden kulutustietoja ei ole saatavilla, on energian kulutus jaettu vuorokausikohtaisesti tasaisesti vuoden jokaiselle päivälle. Päiväkotien ollessa kiinni viikonloppuisin ja kesäkuukausina käytön ollessa vähäisempää tulee tämä huomioida järjestelmän kannattavuutta tarkastellessa.

Laskentaa tehdessä käytettiin taulukossa 8 esitettyjä arvoja.

Taulukko 10. Aurinkolämpö

Säävyöhyke	1	
Lisälämmittimen käyttötapa	Jatkuva käyttö	
Lämmönkäyttö	Lämmin käyttövesi	
Lämminvesivaraajan nimellistilavuus	1 200	dm ³
Lämminvesivaraajan lisälämmitysosan tilavuus	200	dm ³
Lämpimän käyttöveden lämmöntarve	23 776	kWh/vuosi
Aurinkokeräimien ilmansuunta	etelä	
Aurinkokeräimien pinta-ala	20	m ²
Optinen hyötysuhde (arvio)	0,83	
Lämpöhäviökerroin a_1 (tasokeräin) [24, s. 12]	6	W/m ² K
Häviökerroin a_2 [24, s. 12]	0	W/m ² K ²
Putkiston lämpöhäviökerroin	20	W/K
Kallistuskulma	45°	
Kohtauskulmakerroin (tasokeräin) [24, s. 12]	0,94	
Kiertopumpun teho käyttöaikana	150	W

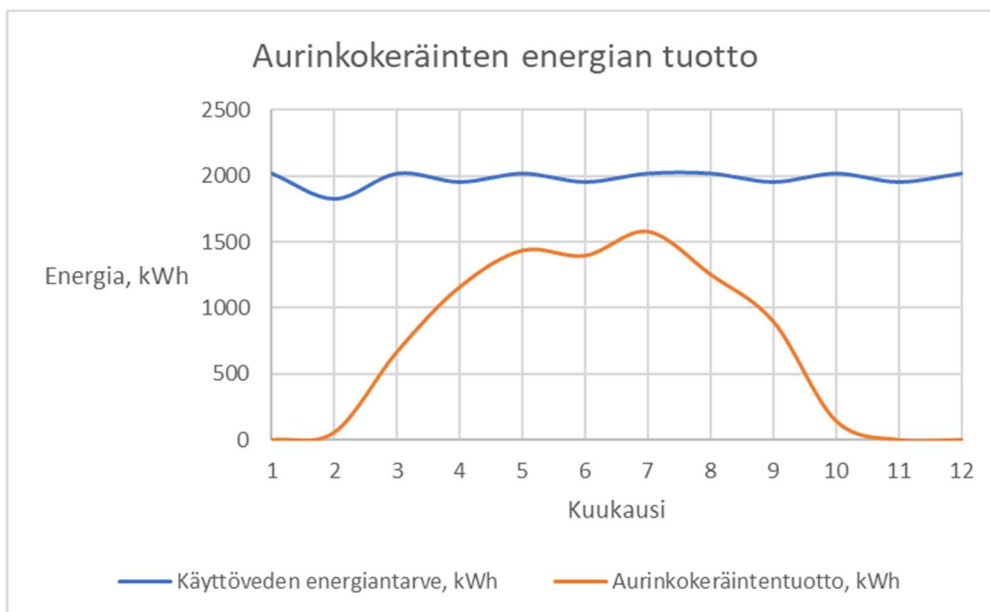
Aurinkolämpöjärjestelmän pumpun teho 150 W saadaan kaavalla 7 [28, s. 14].

$$P_{pumppu} = 50 + 5 \times A_{aurinkokeräin} \quad (7)$$

16.2.1 Aurinkokeräinten tuotto

Aurinko-opas 2012:n laskentatavalla aurinkokeräimien lämpimän käyttöveden tuotoksi tulee 8 594 kWh/a, joka on 36 % vuotuisesta lämpimän käyttöveden tarpeesta.

Aurinko-oppaan laskentaohjeen mukaisesti laskettu aurinkolämpöjärjestelmän kuukausittainen tuotto ja lämpimän käyttöveden energiantarve on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Aurinkokeräinten tuotto

16.2.2 Aurinkolämpöjärjestelmän hankintakustannukset

Aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuutta tarkastellessa järjestelmän hankintakustannukseksi arvioitiin 500 €/keräineliö [30, s. 43], jolloin 20 m²:n hankintakustannus on 10 000 €. Pilvisinä päiviä ja kulutushuippuja tasaamaan aurinkolämpöjärjestelmän lämminvesivaraajan tilavuus tulisi olla 2–3 kertaa päivittäinen lämpimän veden tarve [31, s. 9]. Varaajan tilavuudeksi valittiin 2 x 700 dm³, joka on 2 kertaa päivittäinen lämpimän veden tarve. Lämminvesivaraajien hankintakustannuksena käytettiin 2 x 1 698 € = 3 396 €, joka saatiin Timbal Pro -ohjelmasta. Aurinkolämpöjärjestelmän hankintakustannuksena käytettiin 13 396 €.

16.2.3 Kannattavuus

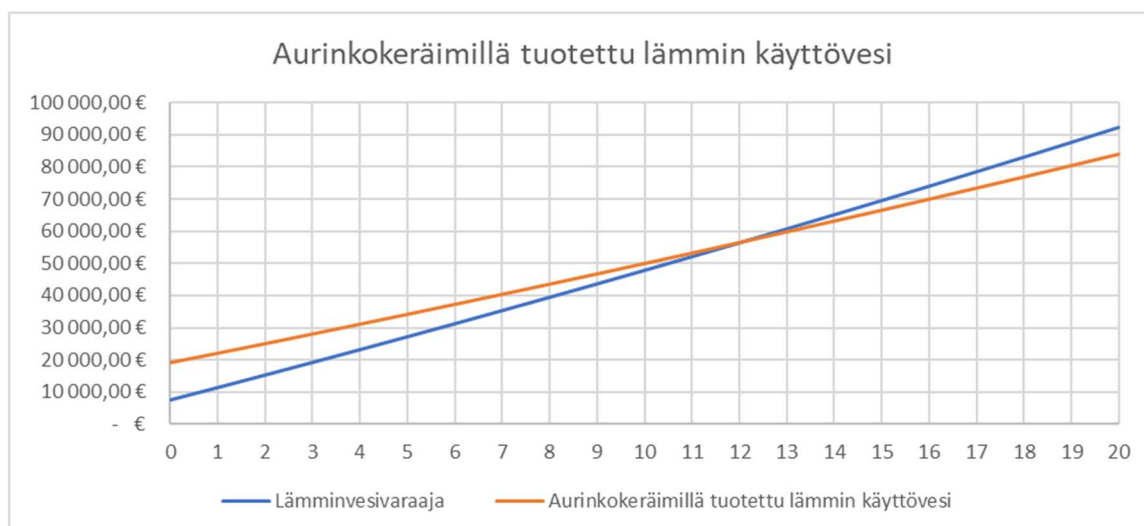
Kannattavuutta tarkastellessa vertailtiin aurinkokeräinjärjestelmän ja lämminvesivaraajalla tuotetun lämpimän käyttöveden kokonaiskustannuksia 2, 5, 10, 15, 20 vuoden määrajoilla.

Taulukosta 11 on nähtävissä 20 m²:n aurinkolämpöjärjestelmän ja järjestelmällä lämmitetyn lämpimän käyttöveden kokonaiskustannukset eri määräajoilla. Tarkemmat laskelman aurinkolämpöjärjestelmän kokonaiskustannuksista on esitetty liitteessä 7.

Taulukko 11. Aurinkolämpöjärjestelmän kokonaiskustannukset

	2	5	10	15	20
Lämminvesivaraajalla tuotettu lämmin käyttövesi	12 896,28 €	21 183,04 €	35 544,84 €	50 624,60 €	66 458,20 €
20 m ² :n aurinkokeräinjärjestelmällä tuotettu lämmin käyttövesi	25 117,09 €	34 207,44 €	49 961,96 €	66 504,05 €	83 873,09 €

Kuvasta 9 on nähtävissä aurinkolämpöjärjestelmällä lämmitetyn lämpimän käyttöveden kokonaiskustannukset, verrattuna lämminvesivaraajalla lämmitettyyn lämpimään käyttöveteen. Kuvasta 9 voidaan nähdä aurinkolämpöjärjestelmän olevan taloudellisesti kannattava noin 13 vuoden jälkeen.



Kuva 9. Aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus

17 Lämmitysjärjestelmien lämmitysenergian hiilijalanjälki

Helsingin kaupunki on asettanut kaupunkistrategiassa 2017–2021 tavoitteeksi olla hiili-neutraali vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteeseen pääsemiseksi on kasvihuonepäästöjä vähennettävä 80 %. Jäljelle jäävän 20 %:n Helsinki kompensoi muualla tehtävillä päästövähennyksillä. Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelmaan on rakennusten energiankäytön päästötavoite vähennykseksi määritetty 82 %. [32, s. 12.]

Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman mukaan kaukolämmön päästökerroin tulee laskemaan vuoden 2015 päästökertoimesta 74 % vuoteen 2035 mennessä. Helen Oy on asettanut 40 %:n päästövähennystavoitteen vuoteen 2025, joka on linjassa Helsingin kaupungin tavoitteisiin. Tällä hetkellä kaukolämmön hiilidioksidin päästökerroin on 198 g/kWh. [33.]

Sähkönkulutuksen hiilidioksidipäästöjä laskettaessa tulee käyttää valtakunnallisia sähköntuotannon päästökertoimia, mikäli tarkkaan ei ole tiedossa minkä yhtiön sähköä käytetään. Tällä hetkellä Helen Oy:n sähkön hiilidioksidin ominaispäästökerroin on 139 g/kWh. [33.]

Vertailua tehdessä käytettiin Ympäristöministeriön ”Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä” -oppaan mukaisia energiamuotojen päästökertoimia. Oppaassa annettujen päästökertoimissa on huomioitu, että päästökertoimien odotetaan laskevan Suomen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti [34, s. 29].

Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä -oppaan liitteessä 4 energiamuotojen päästökertoimet on annettu kymmenen vuoden portain, taulukko 12. [34, s 46].

Energianhiilijalanjäljen laskenta on esitelty liitteessä 8.

Taulukko 12. Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä opas liite 4, Ympäristöministeriö [34, s. 46]

Liite 4. Energiamuotojen päästökertoimet (g CO₂/kWh)

	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120
Sähkö	121	57	30	18	14	7	4	2	1	1	0
Kaukolämpö	130	93	63	37	33	22	15	10	7	4	3
Kaukojäähdytys	130	93	63	37	33	22	15	10	7	4	3
Fossiiliset polttoaineet	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260
Uusiutuvat polttoaineet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taulukko 13. Lämmitysjärjestelmien lämmitysenergian hiilijalanjälki

Hiilidioksidipäästöt, tCO2

	2020-2021		2020-2024		2020-2029		2020-2034		2020-2039	
Kaukolämpö 1	20	100 %	50	100 %	101	100 %	137	100 %	173	100 %
Kaukolämpö 2	20	100 %	50	100 %	101	100 %	137	100 %	173	100 %
Kaukolämpö 3	20	100 %	50	100 %	101	100 %	137	100 %	173	100 %
Kaukolämpö 4	20	97 %	49	97 %	98	97 %	129	94 %	161	93 %
Kaukolämpö 5	20	97 %	49	97 %	98	97 %	129	94 %	161	93 %
Kaukolämpö 6	20	97 %	49	97 %	98	97 %	129	94 %	161	93 %
Maalämpö	6	29 %	14	29 %	29	29 %	36	26 %	43	25 %
Ilma-vesilämpöpumppu	9	46 %	23	46 %	47	46 %	58	42 %	69	40 %
Ilmalämpöpumppu	13	64 %	32	64 %	65	64 %	80	58 %	95	55 %
Suora sähkölämmitys	19	93 %	47	93 %	94	93 %	116	85 %	138	80 %

Taulukossa 13 on esitetty eri lämmitysjärjestelmien lämmitysenergian hiilidioksidipäästöt tuhansina kiloina hiilidioksidia 2, 5, 10, 15 ja 20 vuoden määräajoilla. Kaukolämpöenergian hiilidioksidipäästöt ovat suuremmat johtuen kaukolämmön suuremmasta päästökerroimesta verrattuna sähköön. Tulevaisuudessa hiilidioksidipäästöjen kehitykseen tulee vaikuttamaan käytettävät energialähteet. Taulukossa 13 on verrattu lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästöjä korkeimman päästön omaaviin kaukolämpö 1, 2 ja 3 -lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästöihin.

Valitsemalla lämmitysjärjestelmäksi maalämpöpumppu kaukolämmön sijasta saadaan tarkastelujakson pituudesta riippuen 71–75 %:n vähennys lämmitysenergian hiilidioksidipäästöistä. Tämä ei yksistään riitä tavoittamaan Helsingin kaupungin Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman 82 %:n vähennystavoitetta energiankäytöstä, mutta on siinä huomattava tekijä. [32, s. 10.]

18 Yhteenveto

Päätettäessä tilapäisten ja määräaikaisten rakennusten lämmitysjärjestelmää, tulee ti-laajalla olla mahdollisimman tarkka tieto rakennuksen määräajasta. Ennen päätöksen tekoa tulee myös päättää, tavoitellaanko kustannuksiltaan, energiatehokkuudeltaan vai hiilijalanjäljeltään parasta lämmitysjärjestelmää.

Vaikka vesipistekohtaisesti asennettujen läpivirtauslämmittimien kokonaiskustannukset tulevat lämminvesivaraajaa edullisemmaksi, on huomioitava suurempi laitteistojen määrä sekä vesipisteiden lämpimän veden yhtäaikaisen käytön aiheuttama sähkötehon tarve ja hetkellisen suuren tehon vaikutukset sähköverkkoon.

Lämpimän käyttöveden kiertoa suunniteltaessa tulee kiertojohdon pituus minimoida ja kiertojohto eristää vähintään 1,5 kertaa putken halkaisijan paksuudella. Lämpimän veden kiertojohdon lämpöhäviöt ovat vuositasolla huomattavat ja hyvällä eristyksellä voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä energiankulutuksessa.

Tällä hetkellä lämmitysjärjestelmien valinta on kohdistunut tilapäisissä ja määräaikaisissa rakennuksissa kaukolämpöön, joka on tämän opinnäytetyön tulosten mukaan hankintakustannuksiltaan, energiatehokkuudeltaan ja hiilijalanjäljeltään huonoin vaihtoehto.

Työssä tehdyssä vertailussa voidaan maalämpöpumppu- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän todeta olevan parhaita lämmitysjärjestelmiä tilapäisiin ja määräaikaisiin rakennuksiin. Vaikka suoran sähkölämmityksen hankintakustannukset ovat huomattavasti pienemmät, tulee huomioida energiatehokkuuden ja hiilijalanjäljen ero maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmiin. Ilma-vesilämpöpumpunjärjestelmän etuna maalämpöjärjestelmään on, että se voidaan kokonaisuudessaan siirtää rakennuksen mukana toiselle käyttöpaikalle.

Mikäli maalämpöjärjestelmän hankintakustannuksena olisi käytetty Timbal Pro -ohjelmasta saatua 32 034 €, olisi maalämpöjärjestelmä edullisin yli 4 vuoden laskenta-ajalla.

Tilapäisiin ja määräaikaisiin rakennuksiin tulisi asentaa aurinkovoimala, mikäli lämmitysmuotona on muu kuin kaukolämpö. Aurinkovoimala ovat helposti siirrettäviä ja pitkäikäisiä järjestelmiä, joten niiden siirtäminen rakennuksen mukana on suhteellisen helppoa ja edullista.

Tilapäisissä ja määräaikaisissa rakennuksissa tulisi tapauskohtaisesti harkita aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuutta. Päiväkotirakennuksissa lämpimän veden kulutus ja aurinkolämpöjärjestelmän tuotto kohdistuvat samoille tunneille, näin ollen aurinkolämpöjärjestelmän kannattavuus saattaa olla parempi kuin tässä työssä laskettu.

Lämmitysjärjestelmää valittaessa, tulisi yhä suurempi painoarvo asettaa lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästöjen vähäisyyteen. Rakennusten lämmityksestä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä pienentämällä voidaan saavuttaa huomattavia vähennyksiä päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi.

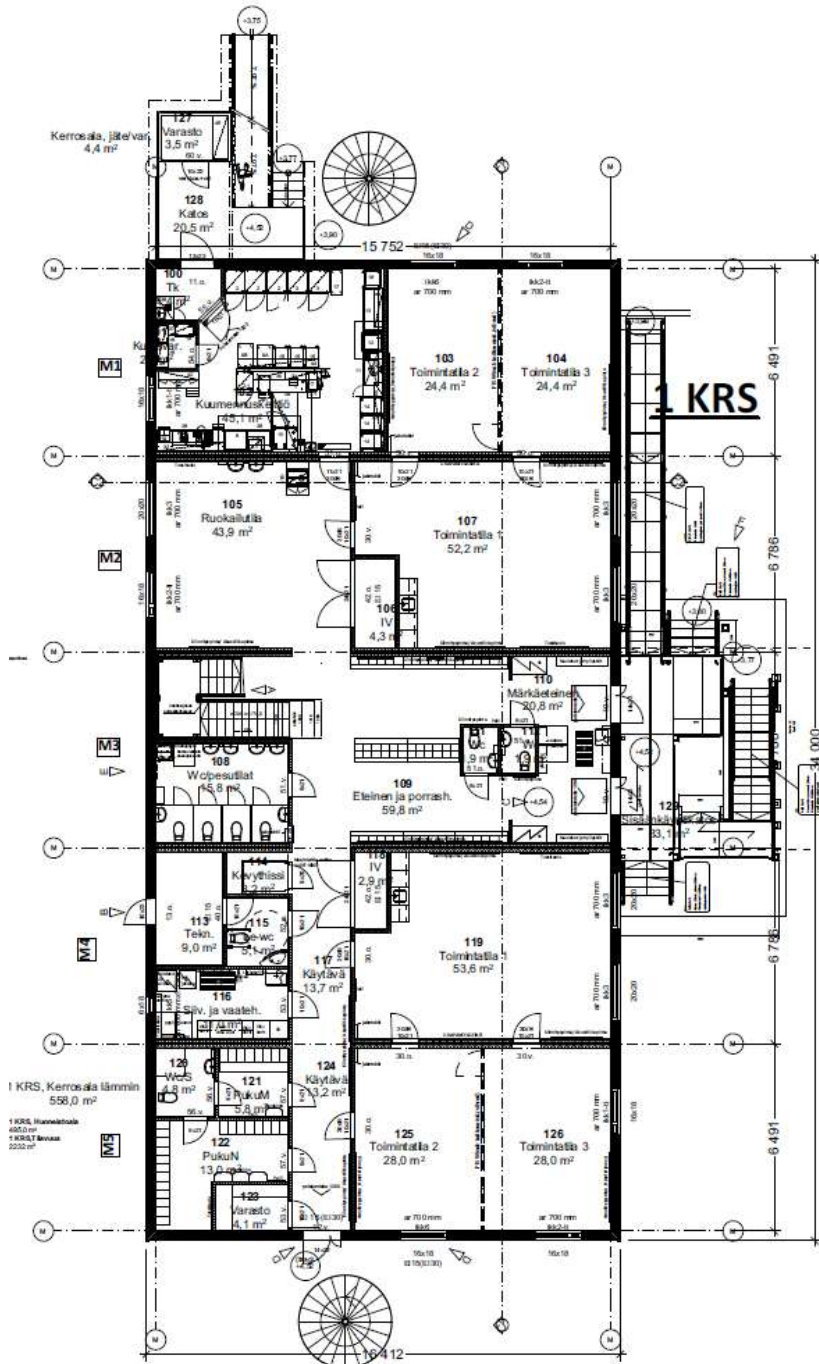
Lähteet

- 1 Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 132/5.2.1999
- 2 Jääskeläinen, Lauri. 2018. Pysyivistä ja tilapäisistä käyttötarkoituksista. Rakennettu ympäristö 2/2018.
- 3 Lupapiste.fi. Rajattu pääsy.
- 4 Timbal Pro. Verkko-ohjelma. <www.timbal.fi>. Timbal palvelut Oy. Helsinki.
- 5 Sirén, Kai. 2015. Rakennusten energiainvestointien kannattavuuden laskenta. Espoo: Aalto yliopisto.
- 6 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. 2017. Suomen säädöskokoelma. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Tuomainen, Marianna. 2020. Sisäilma-asiantuntija, Helsingin kaupunki, Helsinki. Keskustelu 20.4.2020.
- 8 Lämmin käyttövesi. 2020. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi>. Luettu 9.5.2020
- 9 Läpivirtauslämmitin Metromini 11kW. 2020. Varaaja.com. Verkkoaineisto. <<https://www.varaaja.com/index.php/laemminvesivaraajat-2/laepivirtauslaemmitin/lapivirtauslammitin-metromini-11-kw>>. Luettu 12.4.2020
- 10 Rakennusten vesi- ja viemärlaitteisto. 2018. Ympäristöministeriön asetus 1047/2017. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 11 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2018. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 12 Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö
- 13 Energiavuosi 2019, kaukolämpö. 2020. Energiateollisuus ry. Luentoaineisto. Energiateollisuus ry.
- 14 Uusiutuva kaukolämpö. 2020. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/uusiutuva-kaukolampo>>. Luettu 29.3.2020.

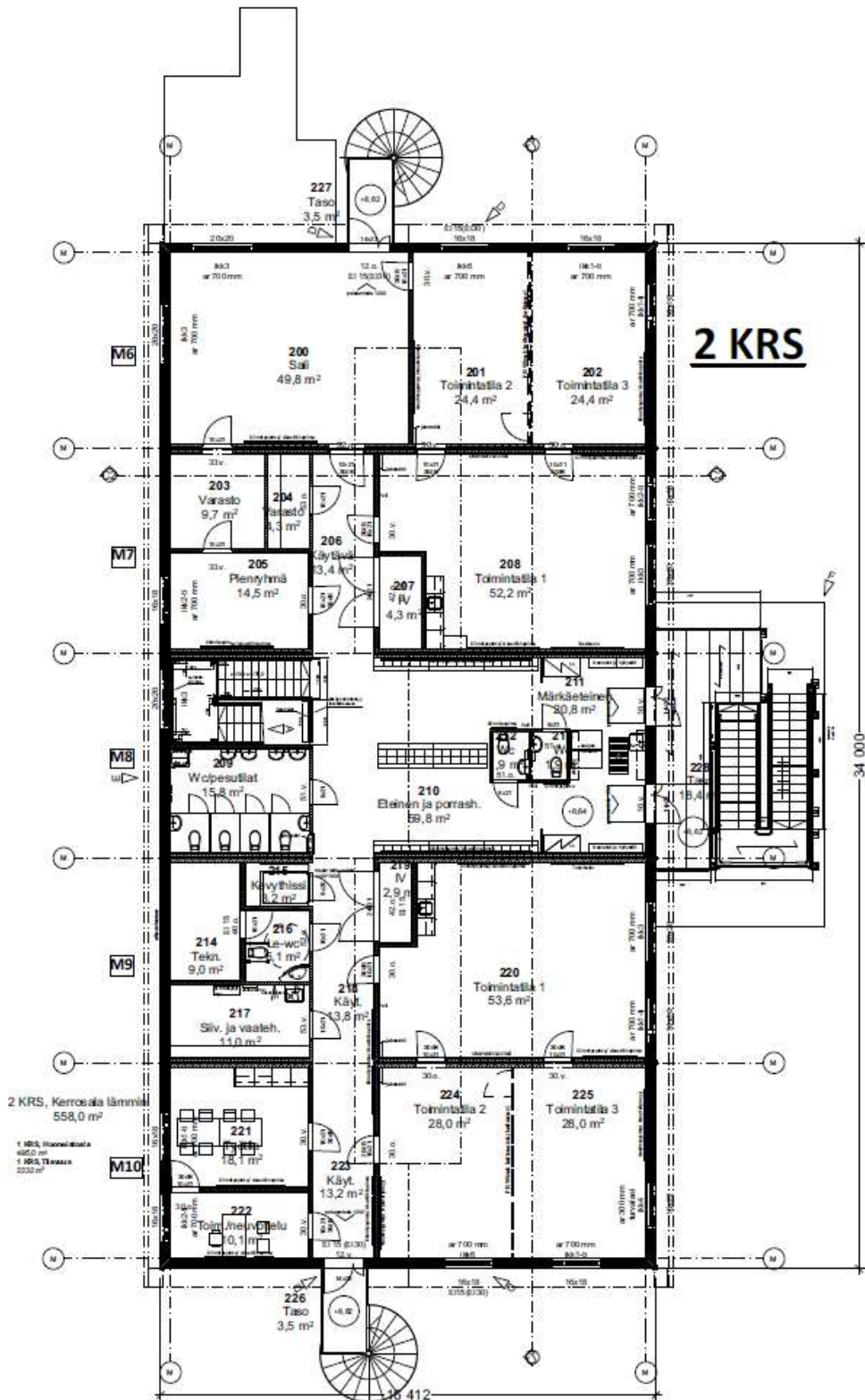
- 15 Energian alkuperä. 2020. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/energian-alkupera>>. Luettu 29.3.2020.
- 16 Lämpöpumput. Verkkoaineisto. Suomen lämpöpumppuyhdistys. <<https://www.sulpu.fi>>. Luettu 27.3.2020.
- 17 Hakala, Pertti & Kaappola, Esko. 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.
- 18 SFS-EN 14825. Air conditioner, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors for space heating and cooling. Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance. 2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 19 Kaukolämmön sopimusvesivirta. 2019. Helen Oy. Helsinki
- 20 Kaukolämmön liittymishinnasto. 2019. Helen Oy. Helsinki
- 21 Käyhkö, Sanna. 2020. Tuoteasiantuntija, Helen Oy, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 10.3.2020.
- 22 Sähkölittymien hinnasto. 2018. Helen Sähköverkko. Helsinki.
- 23 Korhonen, Saku. 2020. Konsulttitoimisto Enersys, Hyvinkää. Sähköpostikeskustelu 15.5.2020
- 24 Myrberg, John. 2020. Kaukora, Raiso. Sähköpostikeskustelu 9.3.2020
- 25 Kaukolämmön hinta. 2020. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energia.fi/>>. Luettu 9.3.2020.
- 26 Helen Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.helen.fi/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/hinnat>>. Luettu 25.4.2020.
- 27 Energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje. 2020. Helsinki: Helsingin kaupunki.
- 28 Aurinkolämmön ja -sähkön energiatuotannon laskenta -opas. 2011. Aurinko-opas 2012. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 29 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. 2017. ST-käsikirja 40. Espoo: Sähköinfo Oy.

- 30 Auvinen, Karoliina; Lovio, Raimo; Jalas, Mikko; Juntunen, Jouni; Liuksiala, Lotta; Nissilä, Heli; Müller, Julia. 2016. Aurinkoenergian markkinat kasvuun. Aalto-yliopiston julkaisusarja, Kauppa + Talous 1/2016. Helsinki: Unigrafia Oy.
- 31 Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. 2006. Solpros.
- 32 Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. 2018. Helsinki: Helsingin kaupunki.
- 33 Energian ominaispäästöt. 2020. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot>>. Luettu 2.9.2020.
- 34 Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä. 2019. Helsinki: ympäristöministeriö.

Pohjapiirros 1. kerros



Pohjapiirros 2. kerros



Vedenlämmittimien vertailu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Vuosi		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Lämpimän käytöveden energiatuotannukset	1 516,37 €	1 531,28 €	1 546,25 €	1 561,22 €	1 576,19 €	1 591,16 €	1 606,13 €	1 621,10 €	1 636,07 €	1 651,04 €	1 666,01 €	1 680,98 €	1 695,95 €	1 710,92 €	1 725,89 €	1 740,86 €	1 755,83 €	1 770,80 €	1 785,77 €	1 800,74 €	1 815,71 €	
Lämpimän käyttöveden kloronenergiakustannukset	1 772,05 €	1 833,54 €	1 895,03 €	1 956,52 €	2 018,01 €	2 079,50 €	2 141,00 €	2 202,49 €	2 263,98 €	2 325,47 €	2 386,96 €	2 448,45 €	2 509,94 €	2 571,43 €	2 632,92 €	2 694,41 €	2 755,90 €	2 817,39 €	2 878,88 €	2 940,37 €	3 001,86 €	
Lämpimän käyttöveden kloronenergiakustannukset	2 688,42 €	2 714,78 €	2 741,14 €	2 767,50 €	2 793,86 €	2 820,22 €	2 846,58 €	2 872,94 €	2 899,30 €	2 925,66 €	2 952,02 €	2 978,38 €	3 004,74 €	3 031,10 €	3 057,46 €	3 083,82 €	3 110,18 €	3 136,54 €	3 162,90 €	3 189,26 €	3 215,62 €	
Disiointattu reaktiivivoima																						
Kulujen määrä		1 688,00 €	5 807,00 €	10 193,42 €	12 300,20 €	15 649,59 €	18 417,86 €	21 213,27 €	24 036,09 €	26 886,58 €	29 765,02 €	32 671,68 €	35 606,83 €	38 570,76 €	41 563,75 €	44 586,08 €	47 638,04 €	50 720,92 €	53 835,22 €	56 974,63 €	60 140,05 €	63 332,58 €
Lämpimän käyttöveden puhtaus																						
Vuosi		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Lämpimän käyttöveden kustannukset	1 516,37 €	1 531,24 €	1 546,25 €	1 561,21 €	1 576,17 €	1 591,14 €	1 606,11 €	1 621,08 €	1 636,05 €	1 651,02 €	1 665,99 €	1 680,96 €	1 695,93 €	1 710,90 €	1 725,87 €	1 740,84 €	1 755,81 €	1 770,78 €	1 785,75 €	1 800,72 €	1 815,69 €	
Disiointattu reaktiivivoima	1 516,37 €	1 531,24 €	1 546,25 €	1 561,21 €	1 576,17 €	1 591,14 €	1 606,11 €	1 621,08 €	1 636,05 €	1 651,02 €	1 665,99 €	1 680,96 €	1 695,93 €	1 710,90 €	1 725,87 €	1 740,84 €	1 755,81 €	1 770,78 €	1 785,75 €	1 800,72 €	1 815,69 €	
Kulujen määrä	15 360,00 €	16 876,37 €	18 407,61 €	19 953,86 €	21 515,28 €	23 092,00 €	24 684,17 €	26 291,98 €	27 915,51 €	29 554,97 €	31 210,51 €	32 882,28 €	34 570,45 €	36 275,16 €	37 996,38 €	39 734,38 €	41 490,22 €	43 262,78 €	45 052,71 €	46 860,18 €	48 685,38 €	

Eristyspaksuuden vaikutus energiakulutukseen

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Uraalla 40mm eristeellä ja kerrospinta 0,50 eristeellä																							
Lämmönkäytön energiatuotannon muutokset																							
Lämmönvesivaraaja lämpöohjaukset	1 516,37 €	1 531,24 €	1 546,25 €	1 561,41 €	1 576,72 €	1 592,28 €	1 607,79 €	1 623,55 €	1 639,47 €	1 655,54 €	1 671,77 €	1 688,16 €	1 704,71 €	1 721,42 €	1 738,30 €	1 755,34 €	1 772,55 €	1 789,93 €	1 807,48 €	1 825,20 €			
Lämmönvesivaraaja lämpöohjaukset	214,37 €	216,47 €	218,59 €	220,74 €	222,90 €	225,08 €	227,29 €	229,52 €	231,77 €	234,04 €	236,34 €	238,65 €	240,99 €	243,36 €	245,74 €	248,15 €	250,58 €	253,04 €	255,52 €	258,01 €			
Kerrosjohdon lämpöohjaukset	1 660,43 €	1 676,71 €	1 693,15 €	1 709,75 €	1 726,51 €	1 743,43 €	1 760,53 €	1 777,79 €	1 795,22 €	1 812,82 €	1 830,59 €	1 848,54 €	1 866,66 €	1 884,94 €	1 903,44 €	1 922,19 €	1 940,94 €	1 959,97 €	1 979,19 €	1 998,59 €			
Kerrosjohdon lämpöohjaukset	15,81 €	15,97 €	16,13 €	16,28 €	16,44 €	16,60 €	16,77 €	16,93 €	17,10 €	17,26 €	17,43 €	17,61 €	17,78 €	18,13 €	18,31 €	18,49 €	18,67 €	18,85 €	19,03 €				
Kerrosjohdon lämpöohjaukset	3 406,98 €	3 440,39 €	3 474,11 €	3 508,17 €	3 542,57 €	3 577,30 €	3 612,37 €	3 647,79 €	3 683,55 €	3 719,66 €	3 756,13 €	3 792,95 €	3 830,14 €	3 867,69 €	3 905,61 €	3 943,90 €	3 982,57 €	4 021,61 €	4 061,04 €	4 100,85 €			
Yhteensä	3 406,98 €	3 440,39 €	3 474,11 €	3 508,17 €	3 542,57 €	3 577,30 €	3 612,37 €	3 647,79 €	3 683,55 €	3 719,66 €	3 756,13 €	3 792,95 €	3 830,14 €	3 867,69 €	3 905,61 €	3 943,90 €	3 982,57 €	4 021,61 €	4 061,04 €	4 100,85 €			
Diskonttattu reaalkorolla																							
Kulujen nykyarvo	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	
Lämmönvesivaraaja	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	
Kerrosjohdot	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	
Eristys	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	
DCF	7 505,00 €	10 911,98 €	14 352,37 €	17 826,48 €	21 334,65 €	24 877,23 €	28 454,53 €	32 066,50 €	35 714,69 €	39 398,24 €	43 117,90 €	46 874,03 €	50 666,98 €	54 497,12 €	58 364,41 €	62 270,42 €	66 214,32 €	70 196,68 €	74 218,50 €	78 279,54 €	82 380,39 €		
Uraalla 100mm eristeellä ja kerrospinta 1,50 eristeellä																							
Lämmönkäytön energiatuotannon muutokset																							
Lämmönvesivaraaja lämpöohjaukset	1 516,37 €	1 531,24 €	1 546,25 €	1 561,41 €	1 576,72 €	1 592,28 €	1 607,79 €	1 623,55 €	1 639,47 €	1 655,54 €	1 671,77 €	1 688,16 €	1 704,71 €	1 721,42 €	1 738,30 €	1 755,34 €	1 772,55 €	1 789,93 €	1 807,48 €	1 825,20 €			
Lämmönvesivaraaja lämpöohjaukset	118,47 €	119,63 €	120,80 €	121,99 €	123,18 €	124,39 €	125,61 €	126,84 €	128,08 €	129,34 €	130,61 €	131,89 €	133,18 €	134,49 €	135,80 €	137,14 €	138,48 €	139,84 €	141,21 €	142,59 €			
Kerrosjohdon lämpöohjaukset	1 037,77 €	1 047,94 €	1 058,22 €	1 068,59 €	1 079,07 €	1 089,56 €	1 100,33 €	1 111,12 €	1 122,01 €	1 133,01 €	1 144,12 €	1 155,33 €	1 166,66 €	1 178,00 €	1 189,66 €	1 201,31 €	1 213,09 €	1 224,98 €	1 236,99 €	1 249,12 €			
Kerrosjohdon lämpöohjaukset	15,81 €	15,97 €	16,13 €	16,28 €	16,44 €	16,60 €	16,77 €	16,93 €	17,10 €	17,26 €	17,43 €	17,61 €	17,78 €	18,13 €	18,31 €	18,49 €	18,67 €	18,85 €	19,03 €				
Kerrosjohdon lämpöohjaukset	2 688,42 €	2 714,78 €	2 741,39 €	2 768,27 €	2 795,41 €	2 822,82 €	2 850,49 €	2 878,44 €	2 906,66 €	2 935,15 €	2 963,93 €	2 992,99 €	3 022,33 €	3 051,96 €	3 081,88 €	3 112,10 €	3 142,61 €	3 173,42 €	3 204,53 €	3 235,95 €			
Yhteensä	2 688,42 €	2 714,78 €	2 741,39 €	2 768,27 €	2 795,41 €	2 822,82 €	2 850,49 €	2 878,44 €	2 906,66 €	2 935,15 €	2 963,93 €	2 992,99 €	3 022,33 €	3 051,96 €	3 081,88 €	3 112,10 €	3 142,61 €	3 173,42 €	3 204,53 €	3 235,95 €			
Diskonttattu reaalkorolla																							
Kulujen nykyarvo	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	
Lämmönvesivaraaja	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	1 688,00 €	
Kerrosjohdot	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	3 088,00 €	
Eristys	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	2 726,00 €	
DCF	7 505,00 €	10 933,42 €	14 298,20 €	17 649,59 €	21 093,42 €	24 636,09 €	28 166,58 €	31 696,83 €	35 227,08 €	38 757,23 €	42 287,28 €	45 817,23 €	49 347,18 €	52 877,13 €	56 407,08 €	60 036,93 €	63 666,78 €	67 296,63 €	70 926,48 €	74 556,33 €	78 186,18 €	81 816,03 €	

Hankintakustannukset

Kaukolämpö 1	Lämmönjakokeskus, 3 lämmönsiirintä	17 099,00 €
	Liittymiskustannukset	17 065,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä 3x200A	8 411,29 €
	Yhteensä	63 575,29 €
Kaukolämpö 2	Lämmönjakokeskus, 3 lämmönsiirintä	17 099,00 €
	Liittymiskustannukset (kaivanto sis 30m putki)	8 100,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä 3x200A	8 411,29 €
	Yhteensä	54 610,29 €
Kaukolämpö 3	Lämmönjakokeskus	- €
	Liittymiskustannukset (kaivanto sis 30m putki)	8 100,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä 3x200A	- €
	Yhteensä	29 100,00 €
Kaukolämpö 4	Lämmönjakokeskus, 2 lämmönsiirintä	13 665,00 €
	Liittymiskustannukset 1,0m3/h	14 810,00 €
	Läminvasivaraaja	1 698,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä 3x250A	10 605,00 €
Yhteensä	61 778,00 €	
Kaukolämpö 5	Lämmönjakokeskus, 2 lämmönsiirintä	13 665,00 €
	Liittymiskustannukset 1,0m3/h (kaivanto sis 30m pu	8 100,00 €
	Läminvasivaraaja	1 698,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä 3x250A	- €
Yhteensä	44 463,00 €	
Kaukolämpö 6	Lämmönjakokeskus	- €
	Liittymiskustannukset 1,0m3/h (kaivanto sis 30m pu	8 100,00 €
	Läminvasivaraaja	1 698,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä 3x250A	- €
Yhteensä	30 798,00 €	
Maalämpöpumppu	Energiakaivot	30 000,00 €
	Maalämpöjärjestelmä	25 000,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä 3x250A	10 605,00 €
	Yhteensä	86 605,00 €
Ilma-vesilämpöpumppu	Ilma-vesilämpöpumppu järjestelmä	32 500,00 €
	Lattialämmitys	21 000,00 €
	Sähköliittymä	10 605,00 €
	Yhteensä	64 105,00 €
Ilmalämpöpumppu	Ilmalämpöpumput 12kpl	37 008,00 €
	Sähköliittymä 3x250A	10 605,00 €
	Läminvasivaraaja	1 698,00 €
	Lämmityspatterit	25 000,00 €
	Yhteensä	74 311,00 €
Suora sähkölämmitys	Sähkötterit	25 000,00 €
	Sähköliittymä 3x250A	10 605,00 €
	Läminvasivaraaja	1 698,00 €
	Yhteensä	37 303,00 €

Energiankulutus

Kaukolämmön vuosi hyötysuhde	Hyötysuhde 0,97		
Kaukolämpö 1, 2 ja 3	kWh/vuosi		
Tilojen lämmitys, kaukolämpö	46341		
Lämmin käyttövesi, kaukolämpö	24565		
Ilmanvaihdon lämmitys, kaukolämpö	6603		
yhteensä	77509		
Kaukolämpö 4, 5 ja 6			
Tilojen lämmitys, kaukolämpö	46341		
Lämmin käyttövesi, sähkö	23828		
Ilmanvaihdon lämmitys, kaukolämpö	6603		
yhteensä	76772		
Maalämpöjärjestelmän SPF-luku, menovesi 40°C	3	lämmitys	
Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila -3 °C	2,3	käyttövesi	
	osuus	kWh/vuosi	Sähköenergian kulutus, kW/vuosi
Tilojen ja ilmastoinnin lämmitys, maalämpö	0,98	44052	14684
Tilojen ja ilmastoinnin lämmitys, sähkö	0,02	899	899
Lämmin käyttövesi, maalämpö	0,96	12902	5610
Lämmin käyttövesi, sähkö	0,04	538	538
Ilmanvaihdon lämmitys, maalämpö	0,98	6277	2092
Ilmanvaihdon lämmitys, sähkö	0,02	128	128
		Yhteensä	23951
Ilma-vesilämpöpumppu			
Ilma-vesilämpöpumppu SPF-luku, menovesi 40°C	2,5	lämmitys	
	1,8	käyttövesi	
	osuus	kWh/vuosi	
Tilojen lämmitys, ilma-vesilämpöpumppu	0,89	40006	16003
Tilojen lämmitys, sähkö	0,11	4945	4945
Lämmin käyttövesi, ilma-vesilämpöpumppu	0,86	20492	11385
Lämmin käyttövesi, sähkö	0,14	3336	3336
Ilmanvaihdon lämmitys, ilma-vesipumpulla	0,89	5700	2280
Ilmanvaihdon lämmitys, sähköllä	0,11	705	705
		Yhteensä	38652
Ilmalämpöpumppu			
Ilmalämpöpumpun SPF-luku	2,8	lämmitys	
Tilojen lämmitys, ilmalämpöpumppu	0,75	33713	12040
Tilojen lämmitys, sähköpatterit	0,25	11238	11238
Lämminkäyttövesi	1	23828	23828
Ilmanvaihdon lämmitys	1	6405	6405
		Yhteensä	53511
Suora sähkölämmitys	Hyötysuhde 0,95		
Tilojen lämmitys, sähköpatteri	1	47317	47317
Lämminkäyttövesi	1	23828	23828
Ilmanvaihdon lämmitys	1	6405	6405
		Yhteensä	77550

Energiankustannukset

Lämmitysjärjestelmä	Kaukolämmön energiakulutukset		Kaukolämmön energiainmaksu, €/vuosi		Sähköenergian kulutus, kWh/vuosi		Sähköenergiainmaksu, €/vuosi		Ostoenergiankulutus, kWh/vuosi		Energiakustannukset yhteensä, €/vuosi	
	kWh/vuosi	€/vuosi	kWh/vuosi	€/vuosi	kWh/vuosi	€/vuosi	kWh/vuosi	€/vuosi	kWh/vuosi	€/vuosi	kWh/vuosi	€/vuosi
Kaukolämpö 1	77509	3 957 €	74	8 €	77583	8 €	77583	8 €	77583	8 €	77583	3 965 €
Kaukolämpö 2	77509	3 957 €	74	8 €	77583	8 €	77583	8 €	77583	8 €	77583	3 965 €
Kaukolämpö 3	77509	3 957 €	74	8 €	77583	8 €	77583	8 €	77583	8 €	77583	3 965 €
Kaukolämpö 4	52944	2 703 €	23902	2 671 €	76846	2 671 €	76846	2 671 €	76846	2 671 €	76846	5 373 €
Kaukolämpö 5	52944	2 703 €	23902	2 671 €	76846	2 671 €	76846	2 671 €	76846	2 671 €	76846	5 373 €
Kaukolämpö 6	52944	2 703 €	23902	2 671 €	76846	2 671 €	76846	2 671 €	76846	2 671 €	76846	5 373 €
Maa- ja vesilämpöpumppu			23951	2 676 €	23951	2 676 €	23951	2 676 €	23951	2 676 €	23951	2 676 €
Ilma-vesilämpöpumppu			38652	4 319 €	38652	4 319 €	38652	4 319 €	38652	4 319 €	38652	4 319 €
Ilmalämpöpumppu			53511	5 979 €	53511	5 979 €	53511	5 979 €	53511	5 979 €	53511	5 979 €
Suora sähkölämmitys			77550	8 665 €	77550	8 665 €	77550	8 665 €	77550	8 665 €	77550	8 665 €

Kokonaiskustannukset

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Kaikkioppila 4																				
Tilgeli littyvät ja loppuilmajoakkeus, Lattialämmitys	2 485,22 €	2 350,85 €	2 380,38 €	2 650,78 €	2 794,01 €	2 815,04 €	2 872,51 €	2 983,06 €	3 070,20 €	3 161,11 €	3 254,09 €	3 349,36 €	3 445,81 €	3 543,55 €	3 642,56 €	3 742,86 €	3 844,45 €	3 947,34 €	4 051,53 €	4 224,08 €
Lämmityksen energiakustannukset	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €
Ilmanpuhdistuslaitteiden energiakustannukset	346,89 €	357,20 €	367,50 €	378,52 €	389,58 €	401,11 €	412,91 €	425,98 €	439,58 €	453,78 €	468,57 €	483,97 €	499,98 €	516,61 €	533,88 €	551,78 €	570,31 €	589,56 €	609,54 €	630,26 €
Kaikkioppilaitteen sähkökulutus	8,29 €	8,27 €	8,26 €	8,24 €	8,24 €	8,24 €	8,28 €	8,38 €	8,57 €	8,84 €	9,14 €	9,51 €	9,94 €	10,43 €	10,98 €	11,60 €	12,29 €	13,04 €	13,86 €	14,74 €
Kiinteä vieritintamaksu 1,0m ² /h	3 260,81 €	3 356,72 €	3 455,44 €	3 557,07 €	3 661,69 €	3 769,39 €	3 880,23 €	3 994,38 €	4 111,86 €	4 232,60 €	4 357,99 €	4 485,45 €	4 617,37 €	4 753,18 €	4 892,88 €	5 036,89 €	5 185,03 €	5 337,33 €	5 494,32 €	5 666,12 €
Vierintä	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Diskontattu reaaliarvo	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Kulujen nyvayvo	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Lämmönlaskaus, 2 llimönläimintä	13 665,00 €																			
Litiumkattamukset 1,0m ² /h	14 810,00 €																			
Lämmitysvarajaj	1 698,00 €																			
Lattialämmitys	21 000,00 €																			
Siiköilyväjä 3x250A	61 178,00 €																			
DCF	72 448,35 €	83 261,41 €	94 342,35 €	105 651,51 €	117 244,32 €	129 065,51 €	141 071,38 €	153 385,38 €	165 965,35 €	178 818,02 €	191 950,11 €	205 370,88 €	219 084,21 €	233 100,38 €	247 427,88 €	262 071,84 €	277 043,20 €	292 349,76 €	308 000,33 €	324 044,00 €
Kaikkioppila 5																				
Tilgeli littyvät ja loppuilmajoakkeus, Lattialämmitys	2 485,22 €	2 350,85 €	2 380,38 €	2 650,78 €	2 794,01 €	2 815,04 €	2 872,51 €	2 983,06 €	3 070,20 €	3 161,11 €	3 254,09 €	3 349,36 €	3 445,81 €	3 543,55 €	3 642,56 €	3 742,86 €	3 844,45 €	3 947,34 €	4 051,53 €	4 224,08 €
Lämmityksen energiakustannukset	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €
Ilmanpuhdistuslaitteiden energiakustannukset	346,89 €	357,20 €	367,50 €	378,52 €	389,58 €	401,11 €	412,91 €	425,98 €	439,58 €	453,78 €	468,57 €	483,97 €	499,98 €	516,61 €	533,88 €	551,78 €	570,31 €	589,56 €	609,54 €	630,26 €
Kaikkioppilaitteen sähkökulutus	8,29 €	8,27 €	8,26 €	8,24 €	8,24 €	8,24 €	8,28 €	8,38 €	8,57 €	8,84 €	9,14 €	9,51 €	9,94 €	10,43 €	10,98 €	11,60 €	12,29 €	13,04 €	13,86 €	14,74 €
Kiinteä vieritintamaksu 1,0m ² /h	3 260,81 €	3 356,72 €	3 455,44 €	3 557,07 €	3 661,69 €	3 769,39 €	3 880,23 €	3 994,38 €	4 111,86 €	4 232,60 €	4 357,99 €	4 485,45 €	4 617,37 €	4 753,18 €	4 892,88 €	5 036,89 €	5 185,03 €	5 337,33 €	5 494,32 €	5 666,12 €
Vierintä	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Diskontattu reaaliarvo	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Kulujen nyvayvo	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Lämmönlaskaus, 2 llimönläimintä	13 665,00 €																			
Litiumkattamukset 1,0m ² /h (kaavanto sis 30m puki)	8 100,00 €																			
Lämmitysvarajaj	1 698,00 €																			
Lattialämmitys	21 000,00 €																			
Siiköilyväjä 3x250A	44 463,00 €																			
DCF	55 093,35 €	65 946,41 €	77 027,35 €	88 343,49 €	99 899,32 €	111 701,51 €	123 756,38 €	136 070,43 €	148 639,35 €	161 500,02 €	174 655,11 €	188 055,88 €	201 769,21 €	215 785,38 €	230 112,88 €	244 756,84 €	259 728,20 €	275 034,76 €	290 685,33 €	306 689,00 €
Kaikkioppila 6																				
Tilgeli littyvät ja loppuilmajoakkeus, Lattialämmitys	2 485,22 €	2 350,85 €	2 380,38 €	2 650,78 €	2 794,01 €	2 815,04 €	2 872,51 €	2 983,06 €	3 070,20 €	3 161,11 €	3 254,09 €	3 349,36 €	3 445,81 €	3 543,55 €	3 642,56 €	3 742,86 €	3 844,45 €	3 947,34 €	4 051,53 €	4 224,08 €
Lämmityksen energiakustannukset	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €	4 329,20 €
Ilmanpuhdistuslaitteiden energiakustannukset	346,89 €	357,20 €	367,50 €	378,52 €	389,58 €	401,11 €	412,91 €	425,98 €	439,58 €	453,78 €	468,57 €	483,97 €	499,98 €	516,61 €	533,88 €	551,78 €	570,31 €	589,56 €	609,54 €	630,26 €
Kaikkioppilaitteen sähkökulutus	8,29 €	8,27 €	8,26 €	8,24 €	8,24 €	8,24 €	8,28 €	8,38 €	8,57 €	8,84 €	9,14 €	9,51 €	9,94 €	10,43 €	10,98 €	11,60 €	12,29 €	13,04 €	13,86 €	14,74 €
Kiinteä vieritintamaksu 1,0m ² /h	3 260,81 €	3 356,72 €	3 455,44 €	3 557,07 €	3 661,69 €	3 769,39 €	3 880,23 €	3 994,38 €	4 111,86 €	4 232,60 €	4 357,99 €	4 485,45 €	4 617,37 €	4 753,18 €	4 892,88 €	5 036,89 €	5 185,03 €	5 337,33 €	5 494,32 €	5 666,12 €
Vierintä	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Diskontattu reaaliarvo	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Kulujen nyvayvo	10 630,35 €	10 633,06 €	11 081,44 €	11 315,64 €	11 555,84 €	11 802,19 €	12 064,87 €	12 344,05 €	12 799,52 €	13 332,67 €	13 952,27 €	14 666,27 €	15 474,33 €	16 377,13 €	17 374,38 €	18 466,50 €	19 652,55 €	20 933,65 €	23 314,38 €	26 803,67 €
Lämmönlaskaus	0																			
Litiumkattamukset 1,0m ² /h (kaavanto sis 30m puki)	8 100,00 €																			
Lämmitysvarajaj	1 698,00 €																			
Lattialämmitys	21 000,00 €																			
Siiköilyväjä 3x250A	30 798,00 €																			
DCF	41 428,35 €	52 281,41 €	63 362,35 €	74 678,49 €	86 234,32 €	98 046,51 €	110 091,38 €	122 405,43 €	134 985,35 €	147 838,02 €	160 970,51 €	174 390,88 €	188 104,21 €	202 120,38 €	216 447,88 €	231 091,84 €	246 063,20 €	261 369,76 €	277 020,33 €	293 024,00 €

Kokonaiskustannukset

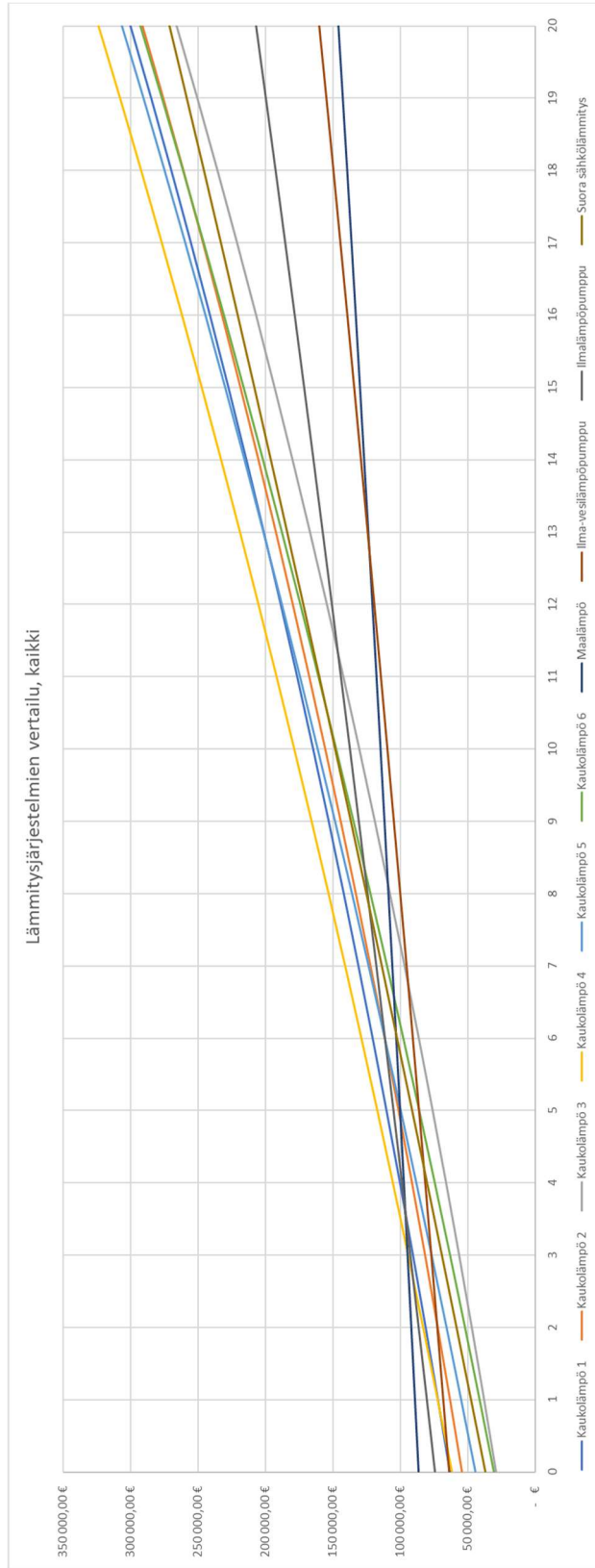
Muunnos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Maailmapoli																						
Lämmityksen energia kustannukset	1 758,16 €	1 775,40 €	1 739,20 €	1 810,33 €	1 838,13 €	1 866,52 €	1 864,13 €	1 882,24 €	1 900,38 €	1 919,52 €	1 938,33 €	1 957,24 €	1 976,24 €	1 995,33 €	2 014,52 €	2 033,83 €	2 053,33 €	2 072,93 €	2 092,63 €	2 112,43 €	2 132,33 €	
Lämpöpumpun lämmityksen energia kustannukset	693,18 €	700,38 €	707,54 €	714,18 €	721,18 €	728,24 €	735,39 €	742,60 €	749,88 €	757,24 €	764,65 €	772,13 €	779,72 €	787,38 €	795,08 €	802,88 €	810,75 €	818,70 €	826,72 €	834,83 €	843,03 €	
Ilmavälikon lämmityksen energia kustannukset	250,52 €	252,87 €	255,25 €	257,96 €	260,99 €	264,32 €	267,94 €	271,84 €	276,02 €	279,48 €	283,24 €	287,28 €	291,59 €	296,16 €	301,00 €	306,11 €	311,49 €	317,14 €	323,06 €	329,25 €	335,71 €	
Yhteensä	2 702,25 €	2 728,75 €	2 755,20 €	2 782,51 €	2 809,79 €	2 837,34 €	2 865,16 €	2 893,24 €	2 921,60 €	2 950,30 €	2 979,38 €	3 008,79 €	3 038,54 €	3 068,64 €	3 099,14 €	3 129,14 €	3 158,78 €	3 189,14 €	3 220,21 €	3 251,99 €	3 284,44 €	
Diskonttu reaalkorkolla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Kulujen lyhytvaro	2 702,25 €	2 728,75 €	2 755,20 €	2 782,51 €	2 809,79 €	2 837,34 €	2 865,16 €	2 893,24 €	2 921,60 €	2 950,30 €	2 979,38 €	3 008,79 €	3 038,54 €	3 068,64 €	3 099,14 €	3 129,14 €	3 158,78 €	3 189,14 €	3 220,21 €	3 251,99 €	3 284,44 €	
Energialuokit	30 000,00 €																					
Muunnospolijäristelmä	25 000,00 €																					
Lattialämmitys	21 000,00 €																					
Siikollittymä 3x25 DA	10 605,00 €																					
DCF	88 865,00 €	92 036,00 €	94 734,01 €	97 574,01 €	100 389,89 €	103 221,14 €	106 068,39 €	108 979,54 €	111 901,16 €	114 851,14 €	117 830,99 €	120 838,97 €	123 876,58 €	126 944,24 €	130 042,36 €	133 170,37 €	136 329,34 €	139 518,89 €	142 739,90 €	146 092,90 €	149 582,20 €	153 213,20 €

Ilma-vesi lämmityspumppu	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lämmityksen energia kustannukset	2 630,37 €	2 686,54 €	2 742,78 €	2 800,13 €	2 858,57 €	2 918,01 €	2 978,45 €	3 039,89 €	3 102,33 €	3 165,77 €	3 230,21 €	3 295,65 €	3 362,09 €	3 429,53 €	3 497,97 €	3 567,41 €	3 637,85 €	3 709,29 €	3 781,73 €	3 855,17 €	3 929,61 €
Lämpöpumpun lämmityksen energia kustannukset	1 888,42 €	1 914,78 €	1 942,14 €	1 970,50 €	2 000,00 €	2 030,70 €	2 062,70 €	2 095,00 €	2 128,60 €	2 163,60 €	2 200,10 €	2 238,20 €	2 277,00 €	2 316,60 €	2 357,00 €	2 408,20 €	2 460,20 €	2 513,00 €	2 566,60 €	2 621,00 €	2 676,20 €
Ilmavälikon lämmityksen energia kustannukset	722,65 €	729,78 €	736,89 €	744,11 €	751,44 €	758,94 €	766,60 €	774,44 €	782,46 €	790,76 €	799,34 €	808,20 €	817,34 €	826,76 €	836,44 €	846,38 €	856,58 €	867,04 €	877,76 €	888,74 €	899,98 €
Yhteensä	6 037,44 €	6 096,09 €	6 156,00 €	6 217,16 €	6 279,51 €	6 343,25 €	6 408,45 €	6 475,13 €	6 543,39 €	6 613,27 €	6 684,81 €	6 758,15 €	6 833,29 €	6 910,24 €	6 989,04 €	7 069,79 €	7 152,50 €	7 237,28 €	7 324,14 €	7 413,08 €	7 504,10 €
Diskonttu reaalkorkolla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kulujen lyhytvaro	6 037,44 €	6 096,09 €	6 156,00 €	6 217,16 €	6 279,51 €	6 343,25 €	6 408,45 €	6 475,13 €	6 543,39 €	6 613,27 €	6 684,81 €	6 758,15 €	6 833,29 €	6 910,24 €	6 989,04 €	7 069,79 €	7 152,50 €	7 237,28 €	7 324,14 €	7 413,08 €	7 504,10 €
Ilma-vesi lämmityspumppu ja järjestelmä	37 000,00 €																				
Lattialämmitys	21 000,00 €																				
Siikollittymä	10 605,00 €																				
DCF	64 105,00 €	68 465,97 €	72 869,70 €	77 316,60 €	81 807,10 €	86 341,62 €	90 920,60 €	95 544,47 €	100 213,67 €	104 928,65 €	109 689,36 €	114 497,74 €	119 352,76 €	124 255,38 €	129 206,06 €	134 205,28 €	139 253,51 €	144 351,23 €	149 498,93 €	154 697,10 €	159 946,23 €

Ilmalämpöpumppu	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lämmityksen energia kustannukset	2 626,37 €	2 652,12 €	2 678,12 €	2 704,38 €	2 730,90 €	2 757,68 €	2 784,70 €	2 812,00 €	2 839,57 €	2 867,41 €	2 895,52 €	2 923,91 €	2 952,57 €	2 981,50 €	3 010,71 €	3 040,27 €	3 070,08 €	3 100,14 €	3 130,45 €	3 161,01 €	3 191,82 €
Lämpöpumpun lämmityksen energia kustannukset	2 888,42 €	2 914,78 €	2 942,14 €	2 970,50 €	3 000,00 €	3 030,70 €	3 062,70 €	3 095,00 €	3 128,60 €	3 163,60 €	3 200,10 €	3 238,20 €	3 277,00 €	3 316,60 €	3 357,00 €	3 408,20 €	3 460,20 €	3 513,00 €	3 566,60 €	3 621,00 €	3 676,20 €
Ilmavälikon lämmityksen energia kustannukset	722,65 €	729,78 €	736,89 €	744,11 €	751,44 €	758,94 €	766,60 €	774,44 €	782,46 €	790,76 €	799,34 €	808,20 €	817,34 €	826,76 €	836,44 €	846,38 €	856,58 €	867,04 €	877,76 €	888,74 €	899,98 €
Yhteensä	6 037,44 €	6 096,68 €	6 156,85 €	6 217,99 €	6 279,78 €	6 343,24 €	6 408,46 €	6 475,14 €	6 543,37 €	6 613,31 €	6 684,91 €	6 758,25 €	6 833,31 €	6 909,10 €	6 985,74 €	7 063,24 €	7 141,60 €	7 220,82 €	7 300,90 €	7 381,84 €	7 463,64 €
Diskonttu reaalkorkolla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kulujen lyhytvaro	6 037,44 €	6 096,68 €	6 156,85 €	6 217,99 €	6 279,78 €	6 343,24 €	6 408,46 €	6 475,14 €	6 543,37 €	6 613,31 €	6 684,91 €	6 758,25 €	6 833,31 €	6 909,10 €	6 985,74 €	7 063,24 €	7 141,60 €	7 220,82 €	7 300,90 €	7 381,84 €	7 463,64 €
Ilmalämpöpumppu 12kw	37 000,00 €																				
Siikollittymä 3x25 DA	10 605,00 €																				
Lämmitysarja	25 000,00 €																				
Lämmitysarja	74 311,00 €																				
DCF	80 346,04 €	86 445,07 €	92 501,97 €	98 632,23 €	104 836,94 €	111 115,19 €	117 468,19 €	123 898,29 €	130 409,29 €	137 007,96 €	143 699,86 €	150 490,57 €	157 386,69 €	164 384,84 €	171 490,68 €	178 709,88 €	186 045,98 €	193 502,30 €	201 084,37 €	208 796,72 €	216 644,90 €

Suorasähkölämmitys	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lämmityksen energia kustannukset	5 338,54 €	5 390,88 €	5 443,73 €	5 497,10 €	5 551,00 €	5 605,42 €	5 660,46 €	5 716,12 €	5 772,40 €	5 829,30 €	5 886,82 €	5 944,96 €	6 003,72 €	6 063,10 €	6 123,10 €	6 183,82 €	6 245,26 €	6 307,42 €	6 370,30 €	6 433,90 €	6 498,32 €
Lämpöpumpun lämmityksen energia kustannukset	4 722,65 €	4 769,78 €	4 817,89 €	4 866,50 €	4 915,70 €	4 965,50 €	5 015,90 €	5 067,00 €	5 118,80 €	5 171,30 €	5 224,50 €	5 278,40 €	5 332,90 €	5 388,00 €	5 443,70 €	5 500,00 €	5 556,90 €	5 624,40 €	5 692,50 €	5 761,20 €	5 830,50 €
Ilmavälikon lämmityksen energia kustannukset	1 040,22 €	1 044,54 €	1 048,97 €	1 053,46 €	1 058,00 €	1 062,59 €	1 067,24 €	1 071,94 €	1 076,69 €	1 081,49 €	1 086,34 €	1 091,24 €	1 096,18 €	1 101,16 €	1 106,18 €	1 111,24 €	1 116,34 €	1 121,48 €	1 126,66 €	1 131,88 €	1 137,14 €
Yhteensä	10 502,22 €	10 744,54 €	10 849,27 €	10 960,56 €	11 073,10 €	11 187,11 €	11 302,65 €	11 419,74 €	11 538,39 €	11 658,60 €	11 780,40 €	11 903,80 €	12 028,90 €	12 155,70 €	12 284,20 €	12 414,40 €	12 546,30 €	12 679,90 €	12 815,20 €	12 952,20 €	13 090,90 €
Diskonttu reaalkorkolla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kulujen lyhytvaro	10 502,22 €	10 744,54 €	10 849,27 €	10 960,56 €	11 073,10 €	11 187,11 €	11 302,65 €	11 419,74 €	11 538,39 €	11 658,60 €	11 780,40 €	11 903,80 €	12 028,90 €	12 155,70 €	12 284,20 €	12 414,40 €	12 546,30 €	12 679,90 €	12 815,20 €	12 952,20 €	13 090,90 €
Siikollittymä 3x25 DA	10 605,00 €																				
Lämmitysarja	37 000,00 €																				
DCF	47 843,22 €	58 687,76 €	69 537,63 €	80 498,38 €	91 557,54 €	102 729,66 €	114 011,32 €	125 403,38 €	136 907,53 €	148 528,27 €	160 254,49 €	172 090,52 €	184 042,29 €	196 114,13 €	208 338,78 €	220 655,83 €	233 099,62 €	245 653,36 €	258 356,23 €	271 144,44 €	

Kokonaiskustannukset



Aurinkosähkö**AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN LASKENTA**

YM:n Aurinko-opas 2012 (Aurinkolämmön ja -sähkön energiantuoton laskennan opas) mukaisesti

Laskennan lähtötiedot

Säävyöhyke:	1
Sähkön käyttö:	Käyttö+lämmitys­sähkö
Sähkölukituksen ylittävä sähkö:	Syötetään verkkoon
Käytösähkölukitus vuoden aikana, kWh/a:	42919
Lämmitys­sähkölukitus vuoden aikana, kWh/a:	26500
Aurinkosähkölukituksen nimi:	Tilapäisten ja määräaikaisten rakennuste
Aurinkosähkölukituksen ilmansuunta:	Etelä
Aurinkosähkölukituksen asennustapa:	Hieman tuuletettu moduli
Aurinkosähkölukituksen nettoala (ilman kehystä) m ² :	53
Aurinkosähkölukituksen huipputehokerroin kW/m ² :	0.15
Aurinkosähkölukituksen kallistuskulma:	45

Aurinkosähkö

Laskentatulokset

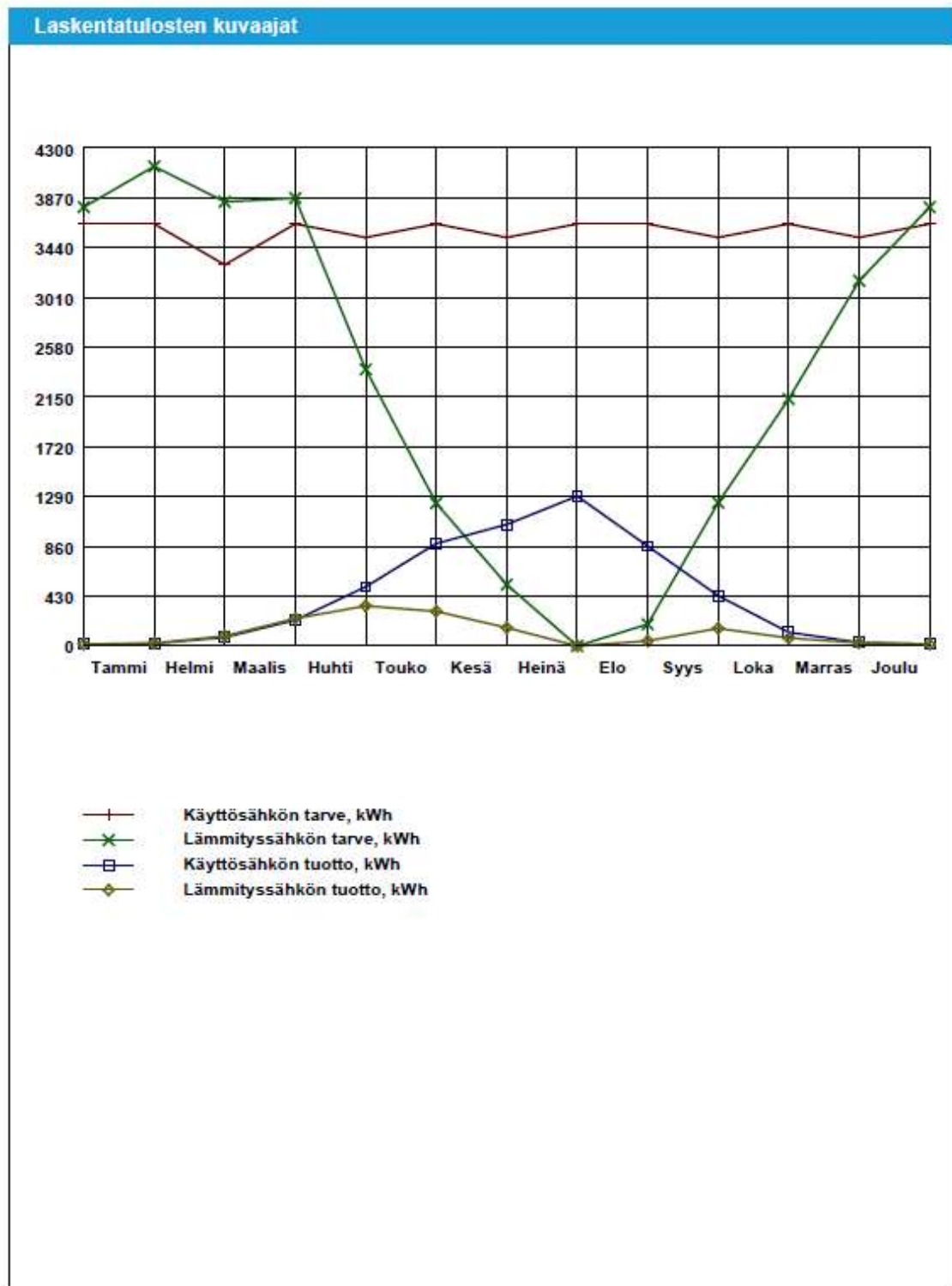
Aurinkosähkökennoston nimi: Tilapäisten ja määräaikaisten rakennusten lämmitysjärjestelmien

Aurinkosähkökennoston käyttösähkön tuotto:	5518 kWh/a
Aurinkosähkökennoston lämmityssähkön tuotto:	1459 kWh/a
Aurinkosähkökennoston ylimääräsähkö verkkoon:	0 kWh/a
Aurinkosähkökennoston sähkön tuotto yhteensä:	6977 kWh/a
Aurinkosähkökennoston käyttösähkön tuotto-osuus:	13 %
Aurinkosähkökennoston lämmityssähkön tuotto-osuus:	6 %
Aurinkosähkökennoston tuotto-osuus yhteensä:	10 %

Tulokset kuukausittain:

Aika kk	Auringon- säteily kWh/m ²	Sähköntarve		Sähköntuotto		Verkkoon siirtyvä kWh
		käyttö kWh	lämmitys kWh	käyttö kWh	lämmitys kWh	
Tammi	6	3645	4142	21	24	0
Helmi	22	3292	3836	74	86	0
Maalis	64	3645	3868	223	237	0
Huhti	120	3528	2389	511	346	0
Touko	166	3645	1233	885	299	0
Kesä	169	3528	530	1049	158	0
Heinä	181	3645	0	1294	0	0
Elo	127	3645	188	862	44	0
Syys	82	3528	1237	434	152	0
Loka	26	3645	2133	118	69	0
Marras	8	3528	3154	31	27	0
Joulu	4	3645	3790	15	16	0
Vuosi	975	42919	26500	5518	1459	0

Aurinkosähkö



Aurinkokeräin

Aika	T _{in} , °C	Auringonsäteily, kWh/m ²	Käyttöveden energiatarve, kWh	Aurinkokeräint entuotto, kWh	Aurinkokeräinten tuoton osuus, %	Pumpun energiakulutus, kWh	Pumpun käyntiaika, tuntia	
Tammikuu	-3,97	6,20	2024	0	0 %	0	0	
Helmikuu	-4,50	22,40	1828	59	3 %	38	0	Pumpun energiakulutus 563 kWh
Maaliskuu	-2,58	64,30	2024	670	33 %	54	357	Pumpun energiakustannukset 62,90 €
Huhtikuu	4,50	119,90	1958	1160	59 %	64	427	
Toukokuu	10,76	165,50	2024	1435	71 %	74	492	Aurinkokeräinten tuottaman energian säästö vuodessa 960,10 €
Kesäkuu	14,23	168,60	1958	1396	71 %	80	537	
Heinäkuu	17,30	180,90	2024	1578	78 %	73	488	
Elokuu	16,05	126,70	2024	1253	62 %	73	487	Aurinkolämpöjärjestelmän todellinen säästö vuodessa 897,19 €
Syyskuu	10,53	82,00	1958	897	46 %	59	390	
Lokakuu	6,20	26,20	2024	145	7 %	48	322	
Marraskuu	0,50	8,10	1958	0	0 %	0	0	Aurinkolämpöjärjestelmän lisäkustannukset 11 698,00 €
Joulukuu	-2,19	4,40	2024	0	0 %	0	0	Koroton takaisin maksuaika 13 vuotta
	5,57	975,20	23828	8593	36 %	563	3500	

Aurinkokeräin

Vuosi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lämpöpumpun kiertyneiden energiatuotannukset	1 718,91 €	1 725,76 €	1 732,78 €	1 739,78 €	1 746,97 €	1 754,32 €	1 761,84 €	1 769,54 €	1 777,32 €	1 785,27 €	1 793,39 €	1 801,68 €	1 810,14 €	1 818,77 €	1 827,57 €	1 836,54 €	1 845,67 €	1 854,96 €	1 864,41 €	1 874,02 €	1 883,79 €
Lämpöpumpun kiertyneiden lämmön energiatuotannukset	1 172,05 €	1 183,54 €	1 195,14 €	1 206,86 €	1 218,69 €	1 230,64 €	1 242,70 €	1 254,89 €	1 267,19 €	1 279,61 €	1 292,16 €	1 304,85 €	1 317,67 €	1 330,54 €	1 343,58 €	1 356,75 €	1 370,06 €	1 383,49 €	1 397,05 €	1 410,75 €	1 424,58 €
Aurinkokeräinjärjestelmän pumppujen energiatuotannukset	63,52 €	64,14 €	64,77 €	65,41 €	66,05 €	66,70 €	67,35 €	68,01 €	68,68 €	69,35 €	70,03 €	70,72 €	71,41 €	72,11 €	72,82 €	73,53 €	74,25 €	74,98 €	75,72 €	76,46 €	77,21 €
Yhteensä	2 954,48 €	2 983,45 €	3 012,70 €	3 042,23 €	3 072,06 €	3 102,18 €	3 132,59 €	3 163,30 €	3 194,32 €	3 225,63 €	3 257,26 €	3 289,19 €	3 321,44 €	3 354,00 €	3 386,88 €	3 420,09 €	3 453,62 €	3 487,48 €	3 521,67 €	3 556,19 €	3 591,04 €
Diskontittuuraikaerolla	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kulujen nykyarvo	2 954,48 €	2 983,45 €	3 012,70 €	3 042,23 €	3 072,06 €	3 102,18 €	3 132,59 €	3 163,30 €	3 194,32 €	3 225,63 €	3 257,26 €	3 289,19 €	3 321,44 €	3 354,00 €	3 386,88 €	3 420,09 €	3 453,62 €	3 487,48 €	3 521,67 €	3 556,19 €	3 591,04 €
Lämpöpumpun kiertyneiden energiatuotannukset	3 386,00 €																				
Lämpöpumpun kiertyneiden lämmön energiatuotannukset	5 807,90 €																				
Aurinkokeräinjärjestelmän pumppujen energiatuotannukset	10 000,00 €																				
DCF	19 203,60 €	22 157,48 €	25 140,93 €	28 153,63 €	31 195,86 €	34 267,92 €	37 370,09 €	40 502,69 €	43 665,99 €	46 860,30 €	50 085,93 €	53 343,19 €	56 632,38 €	59 953,82 €	63 307,82 €	66 694,70 €	70 114,78 €	73 568,40 €	77 055,88 €	80 577,54 €	84 133,74 €

Hiihijalanjälki

CO₂-päästökerrin

	2020-2029	2030-2039	2040
Kaukolämpö	130	93	63
Sähkö	121	57	30

g/kWh

Vuosi	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	Yhteensä Hg CO ₂	
Kaukolämpö 1	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	173
Kaukolämpö 2	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	173
Kaukolämpö 3	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	10085124	173
Kaukolämpö 4	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	161
Kaukolämpö 5	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	161
Kaukolämpö 6	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	9774862	161
Maalämpö	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	2897950	43
Ilma-vesilämpöpumppu	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	4677013	69
Ilmalämpöpumppu	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	6474831	95
Suora sähkölämmitys	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	9383550	138