

Kari Alamikkela

# Pienkiinteistön lämmitysjärjestelmän uudistaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

Tekijä	Kari Alamikkela
Otsikko	Pienkiinteistön lämmitysjärjestelmän uudistaminen
Sivumäärä	36 sivua + 3 liitettä
Aika	2.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin 1999 rakennetun pienkiinteistön lämmitysjärjestelmän uusimista energian säästön kannalta.</p> <p>Tavoitteena oli löytää kokonaistaloudellisesti kustannustehokkain lämmöntuottojärjestelmä, jolla saataisiin energian säästöä verrattuna nykyiseen lämmitysjärjestelmään.</p> <p>Insinöörityötä varten kerättiin tietoa alan kirjallisuudesta sekä verkkosivustoilta. Ilmastonmuutokseen vaikuttavista sopimuksista, investointilaskennasta sekä lämmöntuottojärjestelmistä.</p> <p>Työtä varten tehtiin investointilaskelmat nettonykyarvo-, takaisinmaksu- ja suhteellisella nykyarvomenetelmällä.</p> <p>Työssä vertailtiin uusiutuvia energialähteitä käyttäviä lämpöpumppuja, ilmastollisten näkökulmien ja ilmaisenergian painottuessa investointikustannuksia enemmän.</p> <p>Laskelmissa todettiin lämpöpumppu tekniikan maksavan itsensä takaisin 8-9:ssä vuodessa Riippuen järjestelmästä, jonka jälkeen tuottavat huomattavaa säästöä olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään nähden.</p> <p>Tuloksina saatiin laskelma siitä mitkä lämmöntuottojärjestelmät kannattaa ottaa tarkempaan tarkasteluun.</p>	
Avainsanat	Investointilaskenta, lämpöpumppu, pienkiinteistö, aurinkosähkö, aurinkolämpö

Author Title Number of Pages Date	Kari Alamikkela Small Real Estate Heating System Reform 36 pages + 3 appendices 2 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructor	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>This work focuses on the energy saving aspects of the renewal of the heating system in a small real estate which was built in 1999. The objective was to find an economically cost-effective heat dissipation system to achieve energy savings compared to the existing heating system</p> <p>For the thesis, information was collected from the literature, as well as websites, and from climate-change affecting agreements, investment calculation and heat dissipation systems. Investment calculations were made with the net present value, reimbursement and relative value of the current-go method. Renewable energy sources using heat pumps were compared, with climatic aspects and free energy emphasized more than the investment costs.</p> <p>In the calculations, it was found heat pump technology to pay itself back in 8 to 9 in years depending on the system. After this it produces considerable savings in relation to the existing heating system. The result is comparable calculations of what heat production system we should take into closer examination</p>	
Keywords	Investment calculation, heat pumps, small real estate, photovoltaic, solar heat

## Lyhenteet

Btu	<i>British thermal unit</i> , brittiläinen terminen yksikkö.
H	Perusinvestointi.
i	Laskentakorko.
JA	Jäännösarvo.
LKV	Lämminkäyttövesi.
n	Investoinnin pitoaika.
NPV	<i>Net Present Value</i> , nettonykyarvo.
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance</i> , lämmityskauden lämpökerroin.
SNA	suhteellinen nykyarvo.
$S_t$	Investoinnin nettotuotot vuonna t.
t	aika vuosina.

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Energiantuotannon vaikutus ilmastoon	2
3	Energiamuodot	3
3.1	Uusiutuvat energiamuodot	3
3.2	Fossiiliset polttoaineet	6
4	Energian tuotanto	7
4.1	Aurinkoenergia	7
4.2	Lämpöpumput	9
4.3	Kaukolämpö	11
4.4	Puu- ja pellettilämmitykset	12
4.5	Öljy	13
4.6	Sähkö	13
5	Lämmitysjärjestelmien elinkaari	14
6	Lämmitysjärjestelmän uusinta kohde	15
7	Lämmitysjärjestelmän investointi	16
7.1	Investoinnin suunnittelu	16
7.2	Investointilaskelma	17
7.3	Investointikustannukset	18
8	Tarjouspyynnön laadinta	19
9	Käyttökustannukset	21
9.1	Maalämpö	22
9.2	Ilma-vesilämpöpumppu	23
9.3	Öljylämmitys	24
10	Lämmitysjärjestelmien vertailu	25
11	Johtopäätökset	27
	Lähteet	28

## Liitteet

Liite 1. Käyttöikälaskin

Liite 2. Investointikustannukset

Liite 3 Toimitus sisällöt

## 1 Johdanto

Asumisen kulut ovat kasvaneet Suomessa huomattavasti 2000-luvulla. Suurimpana kustannus eränä on rakennuksen lämmittämiseen kulutettu energia. Viimeisten kymmenen vuoden aikana sähkön siirtohintaa on noussut energian hintaa voimakkaammin. Sähkön kokonaishinta joka sisältää energian, siirtokustannukset ja verot on noussut enemmän kuin kaksinkertaiseksi viimeisten 17 vuoden aikana, joten lämmitysjärjestelmän vaihtaminen energiatehokkaampaan tuottaa huomattavia säästöjä järjestelmän pitoaikana.

Rakennuksen energiantarpeeseen vaikuttavat sen maantieteellinen sijainti, eristys, ilmanvaihto, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen käytetty energia myös rakennuksen tiivyydellä on vaikutusta energian kulutukseen. Energian kulutusta vähentää ikkunoista sisätiloihin tuleva auringon säteily sekä sähkölaitteiden tuottama lämpö.

Lämmitysjärjestelmän investoinnin valinta vaikuttaa pitkällä aikavälillä asumiskustannuksiin. Tästä syystä on tärkeää vertailla kustannuksia koko järjestelmän pitoajalla. Määriteltäessä investoinnin kokonaiskustannuksia on laskelmissa syytä käyttää kohdekohtaisia energiankulutuksia.

Energian käytön tehostaminen ja energiansäästötoimet hillitsevät käynnissä olevaa ilmastomuutosta, tähän voidaan vaikuttaa lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä myös kotitalouksissa.

Tässä työssä keskitytään lähinnä aurinkoenergiaa hyödyntäviin lämmitysmuotoihin, lämpöpumppuihin sekä aurinkopaneeliin. Vertailukohteeksi valittiin vuonna 1999 valmistunut omakotitalo Etelä – Suomessa, kohteen lämmitysjärjestelmä alkaa piakkoin olla uusimisen tarpeessa. Tästä syystä katsottiin tarpeelliseksi tutkia eri lämmitysmuotojen investointi- ja ylläpitokustannuksia sekä lämmitysjärjestelmän tukena toimivia aurinkopaneeleita.

## 2 Energiantuotannon vaikutus ilmastoon

On ennustettu, että Suomen ilmasto lämpenee 1–3 astetta vuoteen 2030 mennessä. Suurimpana syyllisenä tähän on kasvihuonekaasut, joita fossiilisilla polttoaineilla tuotettu energia tuottaa. Maiden välillä on solmittu ilmastopimuksia, jotka rajoittavat kasvihuonepäästöjä ja ohjaavat siten uusiutuvan energian käyttöön. [34.]

Uusiutuvan energian käyttö vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä merkittävästi. Suomen tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta 38 % vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi Suomen pitäisi olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä ja tuottaa 60 % energian tarpeesta uusiutuvilla energia muodoilla. [35.]

Energiantuotanto on suurin päästöjen aiheuttaja. Liikenteen ohella se myös kasvaa nopeimmin. Suurin osa energiasta kulutetaan kiinteistöissä ja teollisuudessa, pienkiinteistöissä energia on pääasiassa sähköä. Väestönkasvun ja kulutuksen lisääntymisen myötä varsinkin uusiutuvalla energialla tuotettuun sähköön pitäisi investoida lähiaikoina enemmän. [34.]

Tekniikkaa kehittämällä saadaan energian käyttöä tehostettua ja hiilidioksidipäästöjä pienennettyä. Ongelmana on yleensä uuden teknologian kalleus sekä energian tuotto. Tästä syystä uusien tekniikoiden käyttöönotto onkin hidasta. Vähitellen uusiutuvia energia lähteitä käyttävät teknologiat kuitenkin lisääntyvät maailmanmarkkinoilla ja luovat Suomelle hyvät mahdollisuudet energiateknologian markkinoille. [34.]



### 3 Energiamuodot

Lämmitysenergian tuotanto voidaan jakaa kahteen pää muotoon, uusiutuvaan ja perinteisiin eli fossiilisiin energiamuotoihin. Uusiutuviin energialähteisiin luetaan sellaiset lähteet, joita saadaan jatkuvasta luonnon prosesseista, kuten auringosta, tuulesta, veden virtauksesta tai aallokosta, maan lämmöstä sekä puusta. Uusiutuva energia ei ole riippuvainen perinteisten energiamuotojen hinnanvaihtelusta ja sillä saadaan myös vähennettyä hiilidioksidipäästöjä ilmakehään. Lämmitysjärjestelmien investoinnit ovatkin olleet kasvussa tähän suuntaan. Uusiutuvien energiamuotojen ympäristövaikutukset ovat huomattavasti pienemmät kuin fossiilisten.

Fossiiliset polttoaineet ovat syntyneet biomassasta ja varastoituneet maaperään. Tällaisia ovat öljy, kivihiili, turve ja maakaasu eli metaani. Fossiiliset polttoaineet ovat vielä tällä hetkellä yleisimmin käytettyjä energian tuotannossa. Niitä poltettaessa syntyy runsaasti kasvihuonekaasuna tunnettua hiilidioksidia sekä muita haitallisia savukaasuja.

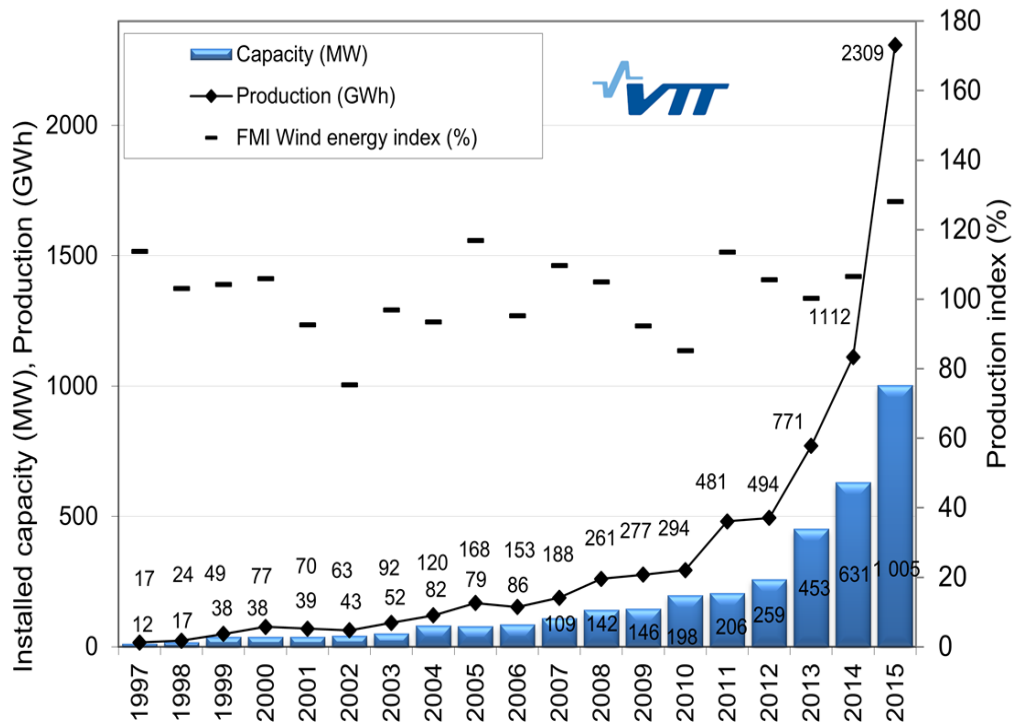
#### 3.1 Uusiutuvat energiamuodot

Maanpintaan ja ilmakehään absorboituu auringon energiaa tunnissa yhtä paljon kuin ihmiskunta käyttää energiaa vuoden aikana. Aurinkoenergian kokonaisteho maanpinnalla on noin 170 000 TW, josta käytännössä voidaan käyttää pieni osa, noin 30 % heijastuu suoraan takaisin avaruuteen. Kolmen päivän säteily määrä vastaa koko fossiilisten polttoaine esiintymien määrää [1.]

Suomessakin aurinkoenergiaa saadaan riittävästi sen hyödyntämiseen, Etelä – Suomen ja Pohjois-Saksan auringonsäteily määrät ovat suurin piirtein samalla tasolla, Pohjois-Saksassa hyödynnetään aurinkoenergiaa huomattavasti Suomea enemmän. Etelä-Suomessa säteilyenergiaa saadaan noin 1000 kilowattituntia neliötä kohti, Keski-Euroopan säteily määrä on vain viidenneksen suurempi. [2.]

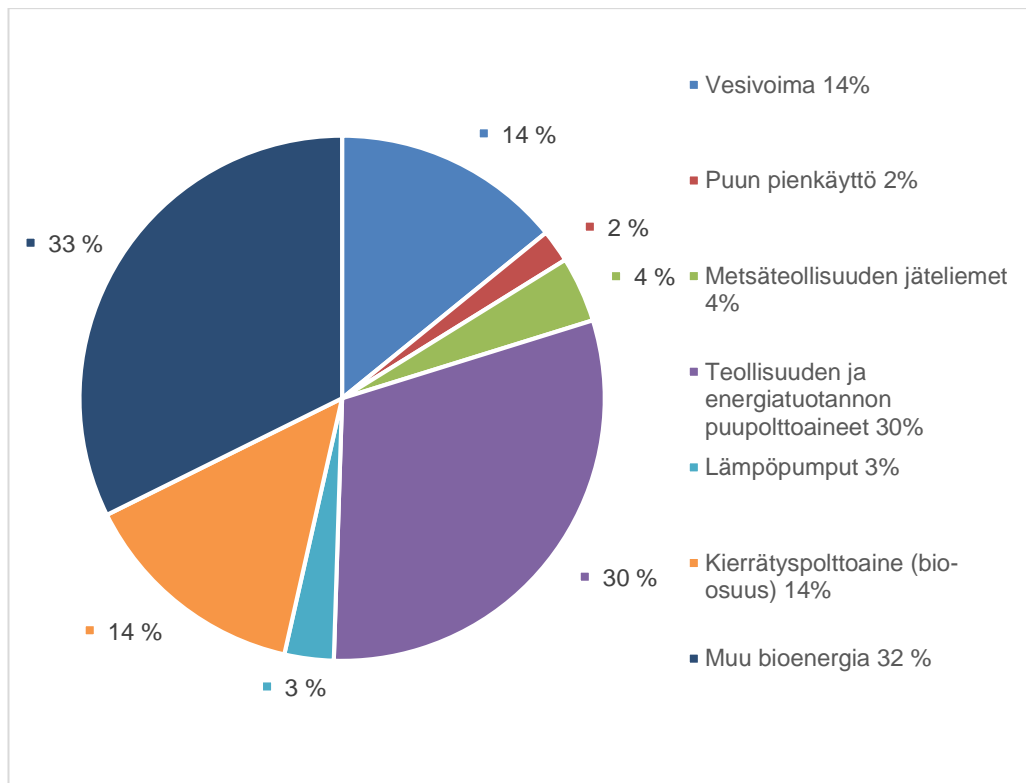
Suomessa on rakennettu 387 tuulivoimalaa vuoteen 2016 mennessä. Tuulivoimakapasiteetti oli 1005 MW. Kuviossa 1 on esitetty tuulivoimantuotannon kehitys vuodesta 1997 vuoteen 2015. Vuonna 2016 tuulivoimaloilla tuotettiin sähköä 3,1 TWh joka on 3,6 % Suomen sähkön kulutuksesta. Ilmasto ja energiastrategian mukaan

tuotanto pitäisi nostaa 6 TWh:iin vuodessa vuoteen 2016 mennessä. Tekniikan kehittyessä tuulivoiman kannattavuus paranee ja on odotettavissa, että sitä rakennetaan huomattavasti nykyistä enemmän tulevaisuudessa. Suomessa rakennettujen tuulivoimaloiden keskiteho on kasvanut, vuonna 1991 keskiteho oli 173 kW. Vuoden 2015 lopussa se oli 2,1 MW, yleisin voimalakoko Suomessa on 3 MW. [3.]



Kuvio 1. Suomen tuulivoimakapasiteetin ja tuulisähköntuotannon kehitys vuodesta 1997 vuoden 2015 loppuun [31]

Muita uusiutuvia energiamuotoja ovat bioenergia, vesivoima, aalto ja vuorovedenliikkeistä saatava energia sekä puuperäinen energia. Kuvio 2 selviää uusiutuvien energiamuotojen osuudet uusiutuvan energian kokonaiskäytöstä. Erityisesti bioenergiaa hyödynnetään energian tuotannossa. Bioenergiaksi luetaan erilaiset biomassat, kuten metsistä saatu hakkuujäte, maataloilta tuleva kasvi ja eläin peräiset biomassat, joista saadaan biokaasua tai nestemäisiä polttoaineita jalostamalla sekä puulämmitys. Bioenergiasta saadaan noin 80 % uusiutuvan energian käytöstä. [27.]



Kuvio 2. Uusiutuvan energian muotojen osuudet Suomen uusiutuvan energian kokonaiskäytöstä vuonna 2012.[27]

Vesivoima on uusiutuva energiamuoto. Suomen yli 220 vesivoimalasta saadaan noin 10–20 % Suomen energiatuotannosta riippuen vesitilanteesta. Vesivoimakapasiteettia voimaloissa on noin 3100 MW. Suomen tavoitteena on nostaa vuosituotanto 14000GW vuoteen 2020 mennessä. [6.]

Vesivoimalat jaetaan kolmeen ryhmään:

- yli 10 MW :n suurvoimaloihin,
- pienvesivoimaloihin 1–10 MW
- minivesivoimaloihin alle 1 MW.

Yli 10 MW:n suurvesivoimaloita Suomessa on 70 kpl, pienvesivoimaloita 1–10 MW 83 kpl ja minivoimalaitoksia alle 1 MW:n 67 kpl [7;8]

### 3.2 Fossiiliset polttoaineet

Perinteisistä energianlähteistä kivihiiltä on maaperässä eniten. Se on kauimmin käytetty polttoaine energiantuotannossa. Suomeen kivihiili tuodaan pääasiassa Venäjältä ja Puolasta. Suurin osa kivihiilestä käytetään kuitenkin tuotantomaisissa, ylivoimaisesti eniten sitä tuotetaan Kiinassa. Polttoaineena se on epäpuhtaimpia ja sen käyttöä energian tuotannossa onkin korvattu maakaasulla, puulla ja turpeella. [9.]

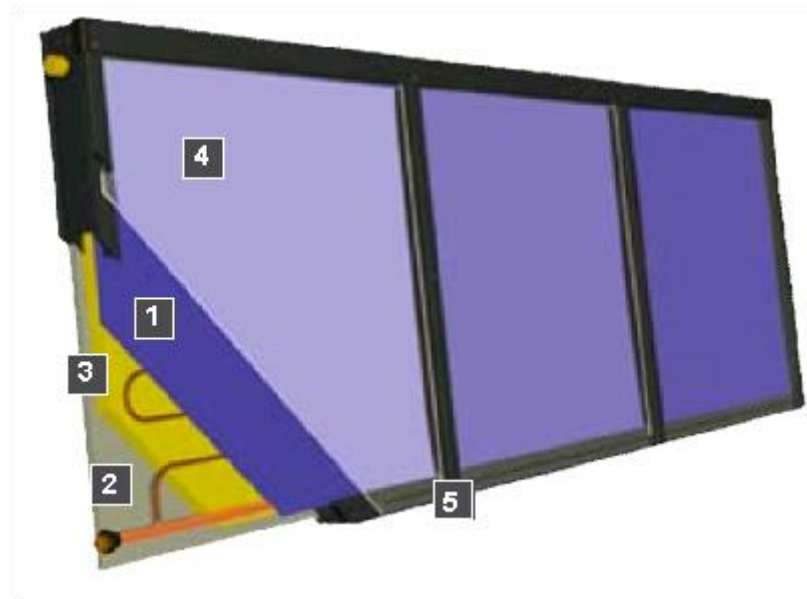
Öljylämmityksen suosio pientalojen lämmityksessä on laskenut tasaisesti vuodesta 2000, nykyisin noin 1 % taloista varustetaan öljykattiloilla [10]. Voimalaitoksissa öljyä käytetään pääasiassa huippu- ja varavoimalaitoksissa. Vaikka öljyä onkin runsaasti maaperässä, on ennustettu, että nykyisellä energiankulutustahdilla öljyä riittää noin 40 vuotta. [11.]

Maakaasun eli metaanin käyttö lämmityksessä rajoittuu Etelä-Suomeen jakeluverkon vuoksi. Siitä on kuitenkin tulossa Suomen tärkein lämmitysvoimalaitosten polttoaine. Vaikka se tuottaakin fossiilisista polttoaineista vähiten savukaasuja, on se kuitenkin ilmakehään päästessään voimakas kasvihuonekaasu. On ennustettu, että maakaasua riittää noin 60 vuotta nykyisellä energiankulutustahdilla. [12.]

## 4 Energian tuotanto

### 4.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergiaa voidaan tuottaa kahdella eri tavalla. Aurinkokeräimeksi kutsutaan laitetta joka kerää auringon lämpöä ja sitoo sen nesteeseen tai ilmaan, jotka kiertävät aurinkokeräimen sisään asennetussa putkistossa (kuvio 3).

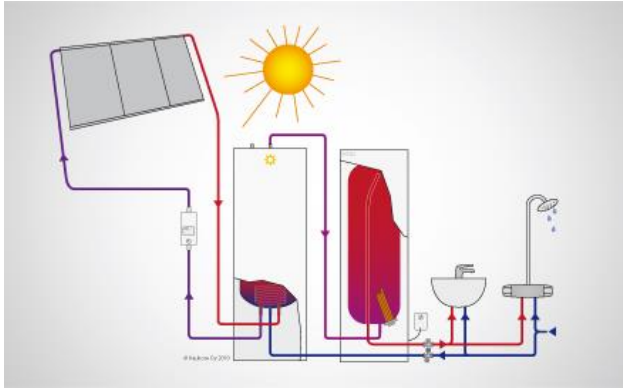


Kuvio 3. Suurkeräimen rakenne [33]

Kuviossa 3 näkyvien numeroiden selitykset ovat:

1. Absorptiolevy, korkea selektiivinen PVD-pinnoite
2. Alumiininen taustapaneeli
3. Eristys
4. Prismattu, 4 mm aurinkoturvalasi
5. Alumiinikehikkorakenne

Tavallisesti aurinkokeräimiä hyödynnetään jonkin toisen lämmitysmuodon rinnalla, tällaista lämmitys muotoa kutsutaan hybridilämmitykseksi (kuvio 4).



Kuvio 4. Hybridilämmitys [32]

Osaan käyttöveden lämmityksestä tarvittava paneelin pinta-ala on noin 4–6 m<sup>2</sup>, keräimien käyttö myös lämmitykseen vaatii noin 10–20 m<sup>2</sup> pinta-alan paneeleilta. Paneelien tehokkuus kasvaa tekniikan kehittyessä [2.] Kaikkea auringon säteilyä ei keräimillä saada talteen, suurimmillaankin hyötysuhde voi olla 70 % riippuen olosuhteista ja käytettävästä tekniikasta. Hyötysuhteeseen vaikuttavat lämpötilaero keräimien ja ympäristön välillä sekä auringon säteilyn määrä. Laadukkailla keräimillä saadaan Suomessa noin 400–500 kWh neliötä kohti vuodessa [13.]

Saatavaan aurinkoenergian määrään vaikuttavat muun muassa seuraavat seikat [14]:

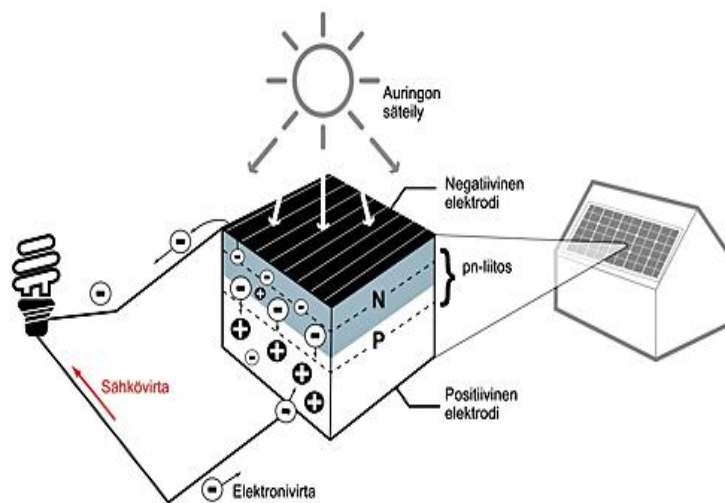
- aurinkokeräimen lasi
- lämmöneristys ja tiiviys
- aineiden absorptio- ja lämmönsiirtokyky
- lämmönsiirtoaineen ominaisuudet
- aurinkokeräimen käyttölämpötila
- etäisyys keräimistä varaajaan
- lämmönsiirtoputkien lämmöneristys
- aurinkokeräimen suuntaus ja kaltevuus
- varaajan lämpötila
- tarvittava lämpötila ja tarvittava energiamäärä
- ulkolämpötila ja tuulisuus
- auringon tulokulma (vuodenaika ja kellonaika)
- varjot.

Aurinkolämmön käyttämisessä hybridilämmityksessä on etuja, Esimerkiksi sillä saadaan pidennettyä päälämmitysjärjestelmän käyttöikää sekä vähennettyä huollontarvetta.

Auringon energiaa voidaan muuttaa myös sähköksi aurinkosähköpaneelien avulla. Aurinkosähköpaneeli tuottaa tasavirtaa, joka vaihtosuuntaajan avulla muutetaan vaihtosähköksi. Aurinkokennot toteutetaan puolijohdemateriaaleilla. Kennossa on kaksi kerrosta, joilla on erilaiset ominaisuudet. Auringon valon osuessa kennoon pakenevat elektronit kerrosten välisen rajapinnan yli. Tätä kutsutaan valosähköilmiöksi. Ilmiö aiheuttaa sähkökentän kerrosten yli. Näistä kennoista kootaan aurinkopaneeli (Kuvio 5).

Aurinkosähköpaneelit ovat yleensä vakiokokoisia. Kytkemällä näitä yhteen saadaan rakennettua kohteeseen sopiva paneelijärjestelmä.

Wp (Watt-peak) on aurinkopaneelien huipputehoa ilmaiseva yksikkö. Sillä kuvataan paneelin nimellistehoa testausolosuhteissa.



Kuvio 5. Pn-liitokseen perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate [28]

## 4.2 Lämpöpumput

Lämpöpumpuilla siirretään maaperään, veteen tai ilmaan varastoitunutta auringonlämpöä rakennusten lämmitysenergiaksi. Vuonna 2013 Lämpöpumput tuottivat energiaa

4.26 TW [4]. Loviisan kaksi ydinvoimalaa tuottivat 8,33 TWh [5] sähköä vuonna 2016. Lämpöpumpuilla saatu energia vastaa jo yhtä Loviisan ydinvoimalaa.

Lämpöpumpuissa hyödynnetään fysikaalisia luonnonilmiöitä:

- nestemäisen aineen höyrystymistä
- höyryn tiivistymistä nesteeksi
- olomuodon muutoksen luovuttamaa lämpöenergiaa
- lämmön siirtymistä lämpimästä kylmään.

Lämpöpumppulämmityksen suunnittelussa on otettava huomioon käyttötarkoitus, ympäristöolosuhteet, käytettävissä olevat lämmön lähteet, tontin koko, keruuputkiston asennus mahdollisuus, lämmönjakojärjestelmä. [36.]

lämpöpumppujen tehokkuutta ilmaistaan SCOP-luvulla, maalämpöpumpuilla noin 3 ja ilmalämpöpumpuilla noin 2. Se kertoo tuotetun energian ja kulutetun sähkön suhteen, eli montako kiloWattia lämpöenergiaa tuotetaan yhtä kulutettua sähkön kiloWattia kohti. Valmistajat ilmoittavat SCOP-luvun +7 °C lämpötilassa jolloin SCOP- luvuksi saadaan jopa yli 5 mutta lämmitystehoa ei kuitenkaan tuossa lämpötilassa juurikaan tarvita ja SCOP-luku pieneneekin lämpötilan laskiessa huomattavasti. [17]

Ensimmäiset maalämpöpumput tulivat markkinoille 1970-luvun puolessa välissä. Niiden suosio on kasvanut 2000-luvulla, vuonna 2014 yli puoleen uusista pientaloista valittiin lämmitysmuodoksi maalämpö [15]. Maalämpöpumpulla kerätään maaperästä tai vesistöistä auringon varastoitunutta lämpöä. Tavallisimmin lämpö otetaan porakaivosta, jos tontin pinta-ala on riittävän suuri, siihen voidaan käyttää maahan upotettua vaakaputkistoa. Vesistöjen äärellä voidaan keruuputkisto upottaa vesistöön painojen avulla, tällöin on huomioitava veden lämpötila, se ei saa talvellakaan mennä alle +1 °C:n veden lämpötilan mennessä tämän alle voi putken pintaan kerääntyä jäätä, joka aiheuttaa nosteen ja putki voi nousta pintaan. Maalämpöputkiston asentamiseen on täytynyt haakea toimen pidelupa vuodesta 2015 lähtien. [16.]

Ulkoilmalämpöpumppu on pääasiassa lisälämmityslaite ja tarvitsee rinnalle toisen lämmitysjärjestelmän. Ilmalämpöpumpulla saadaan kuitenkin melko pienellä investoinnilla huomattavia säästöjä lämmityskuluissa.



Ulkoilmalämpöpumppu koostuu sisä- ja ulkoyksiköstä. Ulkoyksikössä sijaitsee höyrystin, joka kerää ilmasta lämpöä, kompressori ja ohjausautomaatiikka. Sisäyksikön puhallinpatteri kierrättää lämmitettävää ilmaa. Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös jäähdytykseen. Lämpöpumppujen koko ilmoitetaan luvulla, joka on peräisin Pohjois-Amerikan jäähdytyskonealalta. Yleisimmät koot ovat 9 ja 12, luku viittaa laitteen lämpöenergian määrään  $9 = 9000 \text{ Btu}$ ,  $12 = 12000 \text{ Btu}$ , jne.  $1000 \text{ Btu} = 0,239 \text{ kW}$  ja  $1 \text{ Btu} = 1,054 \text{ J}$ . [17.]

Ilma-vesilämpöpumpun toiminta on jokseenkin sama kuin ulkoilmalämpöpumpun Erona ilmalämpöpumppuun lämpö luovutetaan vesikiertoiseen lämmitykseen sekä käyttöveden lämmitykseen. Ilma-vesilämpöpumppua voidaan käyttää päälämmitysjärjestelmänä mutta se tarvitsee varajärjestelmän rinnalle talvisin. Tavallisimmin niissä käytetään sähkövastusta vesitilassa, lämmittämään vettä kovimmilla pakkasilla. Toisaalta lämmintä käyttövetä saadaan lämpimällä ilmalla hyvällä kertoimella. [17.]

### 4.3 Kaukolämpö

Kaukolämpöä tuotetaan yleensä yhteistuotannossa sähkön kanssa. Sitä voidaan tuottaa myös kaukolämpövoimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa. Myös teollisuudesta saadaan tuotettua vastapainehöyryllä kaukolämpöä. Yhteistuotannossa tuotetusta polttoaine-energiasta saadaan talteen noin 80–90 % [18]. Polttoaineena käytetään tavallisesti kivihiiltä, maakaasua, öljyä, puuta sekä turvetta. Uusiutuvat energialähteet tekevät myös tuloa kaukolämmön tuotantoon.

Voimaloista lämpö johdetaan kiinteistöjen lämmönjakokeskuksiin putkistoissa ja jäähtynyt vesi palaa tuotantolaitokselle [18]. Kaukolämmön lämmönjakeluna käytetään vesikiertoista lämmitystä joko lattiassa tai patteriverkolla. Toimiakseen kaukolämpö tarvitsee kiinteistöön lämmönvaihtimen, jossa voimalaitoksessa tuotettu lämpö siirretään kiinteistön lämmönjakoverkkoon. Kaukolämpöön liittyvä joutuu maksamaan kaukolämpöyhtiölle liittymismaksun, vuosikustannukset koostuvat energiamaksusta sekä tehomaksusta.

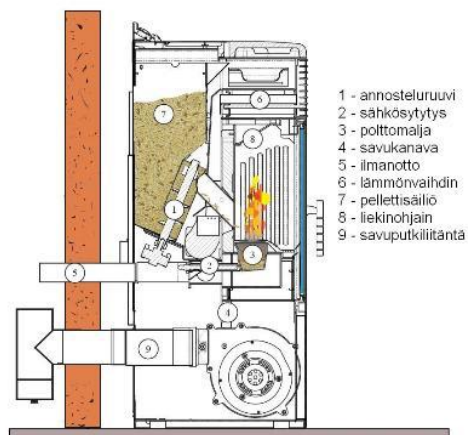
#### 4.4 Puu- ja pellettilämmitykset

Useimmiten puulämmitys on täydentävä lämmitysmuoto, vaikka puulla tuotetaankin noin 40 % pientalojen lämmitysenergiasta. Puulämmitysmuotona voidaan käyttää takkaa tai lämpökattilaa. Samat energiantuotantovälineet käyvät myös pellettilämmitykselle. Puulle ja pelletille tarvitaan kohtalaisen suuret säilytystilat. Puuta kuluu noin 20 m<sup>3</sup> vuodessa omakotitalon lämmittämiseen. Pelletille pitäisi varata noin 8 m<sup>3</sup>:n säiliö varastointiin.

60–70-luvulla yleistyivät niin kutsutut avotakat. Niiden käyttö lämmitykseen oli nimelistä lämmön karatessa yleensä ulos hormin kautta. Näihin on kuitenkin saatavilla takkasydämiä, joissa lämmitys on toteutettu kiertävän ilman avulla. Lämmitettävä ilma imetään takan alaosasta, se lämpiää takkasydämen ympärillä ja puhalletaan ulos yläosasta. Ilman kierto voidaan toteuttaa painovoimaisesti tai tehostaa sähköpuhaltimella.

Tavallisin takka on nykyisin varaava, jolloin lämpö varataan massiiviseen kivimassaan. Takka voidaan varustaa myös lämmönvaihtimella, jolloin sitä hyödynnetään käyttö- tai lämmitysveden lämmitykseen.

Pellettitakat ovat pitkälle automatisoituja. Kuviossa 6 esitellään pellettitakan toiminta. Niissä annostellaan pellettejä säiliöstä tuleen tarpeen mukaan. Automatiikka hoitaa tulen sytyttämisen ja pellettien annostelun tarpeen mukaan, jolloin käyttäjälle jää huolehdittavaksi vain pellettien riittävyys säiliössä.



Kuvio 6. Pellettitakan toiminta [29]

Puuta ja pellettiä voidaan hyödyntää myös eri laisissa polttokattiloissa. Kattiloissa lämmitetty vesi varastoidaan vesivaraajiin. Polttokattiloiden rinnalla voidaan hyödyntää myös hybridilämmitystä esimerkiksi aurinkokeräin tai lämpöpumppu kattilan rinnalle. [17.]

#### 4.5 Öljy

Kuten puu- ja pellettilämmitys, öljylämmitys toteutetaan kattilan avulla. Kattila saa polttoaineen öljysäiliöstä. Öljysäiliöt ovat muovia tai terästä, ne voidaan sijoittaa sisälle, ulos maan päälle tai maan alle. Kiertovesipumppu siirtää lämmitetyn veden lämmitysjärjestelmään. Toisin kuin puu- ja pellettikattiloissa, öljykattila ei tarvitse varaajaa vaan tuotettu lämpö siirretään suoraan lämmitysjärjestelmään. Öljylämmityksen hyötysuhde on varsin hyvä, noin 95 %. Lämmitysmuotona öljy on varsin huoleton, käyttäjälle riittää öljyn ja huoltojen tilaaminen. Automaattikka säätää poltinta päälle tarpeen mukaan. Öljylämmityksessä voidaan hyödyntää myös hybridilämmitystä. [19.] Öljylämmityksen rinnalle voidaan kytkeä lämpöpumpputekniikkaa tai aurinkokeräimiä.

#### 4.6 Sähkö

Suorasähkölämmitys on investointina yleensä edullisin. Sen etuja ovat tarkka ja nopea lämpötilansäätö sekä korkea energiatehokkuus. Sähkölämmityksen toteuttamistapoja on vesikiertoinenlämmitys, jossa vesivaraajan vesi lämmitetään sähkövastuksella, ilmalämmityksellä joka hyödyntää ilmanvaihtokanavistoa lämmön jakelussa ja ilma lämmitetään sähkövastuksella, sähkölämmityksen perinteisemmät muodot ovat huonekohtainen patteri- tai lattialämmitys. Monissa lämmitysjärjestelmissä sähkö toimii varajärjestelmänä ja onkin järkevä valinta tähän ohjattavuutensa ja nopean reagoinnin vuoksi. Suorasähkölämmitys vaatii käyttöveden lämmitykseen erillisen noin 300–500 litran varaajan. [20.]

Sähkölämmitykseen voidaan helposti kytkeä keskitetty ohjausjärjestelmä, jonka avulla lämmityksen hallinta on helppoa eri asumistilanteiden välillä. Ohjausta voidaan suorittaa käyttöpaneelien kautta tai etänä puhelimen välityksellä.

Suoran sähkölämmityksen avuksi kannattaa hankkia ilmalämpöpumppu, jolla saadaan talon energia tehokkuutta parannettua huomattavasti.

## 5 Lämmitysjärjestelmien elinkaari

Tuotetaan lämmitysenergia millä tavalla tahansa, on näissä yleensä komponentteja, jotka joudutaan uusimaan pitoaikana. Eri lämmitysjärjestelmien laitteet ja komponentit ovat elinkaareltaan erilaisia. Laitteita valittaessa laatuerojen huomioiminen voi olla vaikeaa, joskin voidaan ajatella hinnan vaikutusta laatuun kuten kaikissa muissakin laitteissa. Seuraavaan luetteloon on poimittu tyypillisiä elinkaariodotuksia.

- Pellettikattila 20–30 vuotta
- Kaukolämpö/lämmönvaihdin 20–30 vuotta
- Maalämpöpumppu 15–30 vuotta, kompressori 10–15 vuotta
- Ilma-vesilämpöpumppu 10–20 vuotta,
- Poistoilmalämpöpumppu 20–30 vuotta
- Ilmalämpöpumppu 10–20 vuotta
- Öljylämmityskattila 20–30 vuotta. [37.]

Lämmitysjärjestelmän elinkaareen vaikuttaa sen käyttöaste. Tekniset käyttöiät voidaan jakaa kolmeen luokkaan: vaikea, normaali ja kevyt [38]. Lämmön tuotto järjestelmät luetaan yleensä normaaliin luokkaan. Tähän vaikuttaa lämmitysjärjestelmän mitoitus. Pieneksi mitoitettu järjestelmä saattaa tulla käyttöiän päähän ennen laskennallista käyttöikä. Liian tehokkaaksi mitoitettu lämmityslaitteisto vaikuttaa kustannuksiin negatiivisesti.

## 6 Lämmitysjärjestelmän uusintakohde

Jotta vertailu lämmitysenergian tuotantotavoilla olisi mahdollista, täytyy vertailukohteen olla kaikille sama. Esimerkkikohteeksi valikoitui vuonna 1999 valmistunut 154 m<sup>2</sup>:n omakoti talo. Talo on 1,5 kerroksinen, alakerrassa 103 m<sup>2</sup> ja yläkerrassa 51 m<sup>2</sup>. Alakeran lämmönjako tapahtuu vesikiertoisen lattialämmityksen avulla, yläkerrassa on suora sähkölämmitys. Lämmitysvesi ja lämminkäyttövesi tuotetaan varaajalla pääsääntöisesti yösähköllä.

Sähkön kulutuksen keskiarvo kohteessa vuonna 2014–2016 oli 26000 kWh. Lämmitykseen käytettävä sähkön osuus omakotitalossa on noin 55 % ja lämpimään käyttöveteen käytetään noin 18 % sähkön kulutuksesta, tässä kohteessa yhteensä noin 19000 kWh.

Kiinteistöjen laitteistoille on hyvä aika ajoin tehdä kuntoarvio. Ensimmäinen ajoitetaan noin kymmenen vuotta valmistumisen jälkeen ja jatketaan noin viiden vuoden välein. Kohteen lämmitysjärjestelmän kunnonmäärittelyyn käytettiin Rakennustieto OY:n laatimaa taulukkoa (liite 1). Laitteiden keskimääräiset tekniset käyttöiät on poimittu ohjekortista KH 90-00400, LVI 01-10424 kiinteistöjen tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. Taulukosta ilmenee, että lämmitysjärjestelmä alkaa olla käyttöikänsä loppupuolella ja kaipaa pikaista päivitystä. Lämmitysmuodon vaihtamisen puolesta puhuu myös sähkön hinnan nousujohteinen kehitys.

Varteenotettavat vaihtoehdot uudeksi lämmitysenergian tuottomuodoksi löytyvät lämpöpumpputekniikan puolelta. Valintaan vaikuttavat myös ympäristötekijät, jotka puoltavat uusiutuvan energian käyttöä. Tästä syystä vertailuun valittiinkin vain lämpöpumpuja sekä aurinkopaneeleita.

## 7 Lämmitysjärjestelmän investointi

### 7.1 Investoinnin suunnittelu

Investointina voidaan pitää menoeränä suurta kerta investointia, joka vaikuttaa kustannuksiin monien vuosien ajan niinpä investoinnin epäonnistuminen saattaa merkitä huomattavaa rahallista menetystä koko käyttöiän ajan. Investoinnin suunnittelu kannattaa tehdä huolellisesti, sillä suunnittelu määrittää investoinnin kustannukset. Investoinnille määritetään tuottovaatimukset, joidenka tulee olla suurempia kuin hankinta- ja huolto-kustannukset, toisin sanoen investoinnin täytyy maksaa itsensä takaisin ennen käyttöiän loppua. Investointikustannuksiin lasketaan mukaan laitteiston hinta sekä asennus kustannukset

Työtehoseuran julkaisun mukaan johdonmukainen investoinnin suunnittelu koostuu seuraavista vaiheista. [21.]

- ”Heräte investointiin syntyy.
- Määritellään investointiongelman ja tarve, mihin asiaan haetaan muutosta.
- Täsmennetään tavoitteet (päätoimintakriteerit).
- Etsitään investointi-ideoita.
- Kehitetään ideoita investointivaihtoehtoiksi.
- Laaditaan vaihtoehtolaskelmia, verrataan ja karsitaan vaihtoehtoja.
- Suunnitellaan investoinnin pääomatarve ja rahoitus.
- Tarkastellaan riskejä.
- Tehdään päätös.
- Käynnistetään hanke ja valvotaan sen etenemistä.”

Energiainvestoinnin intresseissä tulee ajatella koko järjestelmän elinkaaren ajalta. Sijoitusten kannattavuutta on välttämätöntä verrata oman energiantuotannon hintaan koko käyttöiän aikana.

## 7.2 Investointilaskelma

Investointilaskelma täytyy tehdä laitteen koko käyttöiän ajalta, tällä pyritään selvittämään, onko sijoittaminen kannattavaa. Investoinnin kannattavuutta voidaan arvioida seuraavilla tekijöillä [23]:

- ”hankintahinta
- käyttöpääoma
- nettokassavirta
- pitoaika
- jäännösarvo
- laskentakorkokanta
- käyttöpääoman tarpeen muutokset.”

Laskelmat kannattaa tehdä varsinkin, jos vaihtoehtoja on useita.

Investoinnin kannattavuuden laskentaan on olemassa viisi eri tapaa [23]:

- ”takaisinmaksuaika
- laskennallinen pääomantuotto
- sisäisenkorkokannan menetelmä
- nykyarvo menetelmä
- nykyarvo indeksi eli suhteellinen nykyarvo.”

Edellä mainituista kahta tulisi käyttää investoinnin kannattavuutta arvioitaessa.

Kohteessa käytettiin nettonykyarvoa (NPV), Takaisinmaksuaikaa sekä verrattiin lämmitysjärjestelmien suhteellista nykyarvoa (SNA).

NPV-menetelmässä kaava 1 diskontataan kaikki rahavirrat investoinnin alkuhetkeen. Nettonykyarvomenetelmällä saadaan selville, kuinka paljon sijoitus tuottaa voittoa tai tappiota rahamääräisenä. NPV:n heikkous on, että investoinnista riippumatta kaikki asetetaan vertailuun sen mukaan kuinka suuren NPV:n ne tuottavat. Tämän vuoksi on hyvä vertailla myös suhteellista nykyarvoa ja takaisinmaksuaikaa. [23.]

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} + \frac{JA}{(1+i)^n} - H \quad [1]$$

Suhteellinen nykyarvo lasketaan kaavalla 2 tai 3 näillä saadaan erikokoiset investoinnit verrannollisiksi toisilleen. Mikäli nykyarvo indeksin SNA-arvo on suurempi kuin yksi, on investointi kannattavaa. Omistajan näkökulmasta on kannattavaa valita suuremman indeksiluvun omaava investointi. Luku ei sinänsä kerro muuta kuin, että toinen investointi on kannattavampi kuin toinen, mutta SNA-arvojen suhteuttaminen tuottoon ei kuitenkaan onnistu.

$$SNA = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} + \frac{JA}{(1+i)^n}}{H} \quad [2]$$

$$SNA = \frac{NPV + \text{investointikustannus}}{\text{investointikustannus}} \quad [3]$$

Takaisin maksuajan menetelmällä kaava 4 etsitään kohta, jossa investointi maksaa itsensä takaisin tuottamallaan kassavirralla tai määritellään takaisinmaksuaika, jossa investoinnin täytyy maksaa itsensä takaisin ollakseen kannattava. Takaisinmaksuajalla ei huomioida takaisinmaksuajan jälkeisiä kassavirtoja. Tämän vuoksi sillä ei voida mitata investoinnin kannattavuutta ja tuottovaatimuksia. Näitä puutteita on pyritty korjaamaan diskontatuilla kassavirroilla. [23.]

$$\sum_{i=0}^{n^*} \frac{S_t}{(1-i)^t} - H = 0 \quad [4]$$

### 7.3 Investointikustannukset

Investointikustannukset koostuvat lämmöntuottoyksiköstä sekä apulaitteistoista (pumput, säätimet, anturit yms.) sekä asennustöistä.

Kustannuksissa on otettava huomioon myös vanhan laitteiston purkutyöt, jotka kohteessa arvioitiin 1200 euron arvoiseksi kulueräksi.

Investointien kustannukset laskettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmalla, Aurinkosähkö- sekä aurinkolämpöjärjestelmissä hyödynnettiin valmiita taulukko-ohjelmia [24]. Maalämpöpumpun Investointikustannukset koostuvat lämpöpumpusta ja lämpökaivosta. Käytettäessä maahan tai veteen upotettua keruuputkistoa päästään noin 2000 euroa pienempiin kustannuksiin



## 8 Tarjouspyynnön laadinta

Tarjouspyynnöllä pyritään selvittämään, keneltä tuote tai muu palvelu ostetaan. Tarjouspyynnön voi lähettää sähköpostilla tai kirjeenä.

Tarjouspyynnöllä varmistetaan hankkeen onnistuminen ja sillä voidaan vaikuttaa lopputulokseen. Sillä selvitetään myös, mitä toimittajan toimitussisältöön kuuluu sekä voidaan vaikuttaa toimituksen hintaan.

Tarjouspyyntöön on sisällytettävä kaikki asiakirjat jotka vaikuttavat tarjouksen sisältöön. Tarjouspyynnöstä tulee myös selvittää urakan laajuus, jos se poikkeaa annetuista asiakirjoista sekä muut selvitykset jotka vaikuttavat tarjouksen laskemiseen. Jo tarjouspyyntövaiheessa on hyvä selvittää projektin aikataulua toimittajille, jotta vältetään turhilta viivästyksiltä. Pyynnöstä on selvittävä myös tarjouksen viimeinen jättöpäivä. Tähän vaikuttaa hankkeen laajuus, jotta laskenta-aika on riittävän pitkä. Riittävällä laskenta-ajalla varmistetaan pitkälti tarjouksen oikeellisuus. Tarjouspyynnöstä on hyvä selvittää tarjouksen voimassaolo aika sekä tarjouksen toimitus osoite. Varsinkin saneeraus kohteissa on hyvä pyytää tarjouksen antajia tutustumaan kohteeseen etukäteen, väärinkäsitysten välttämiseksi.

Hankinnan voi myös jakaa osiin, jos ne ovat helposti rajattavissa. Tällöin voi tarjouksen jättäjää pyytää erittelemään hinnan rajatuista kohteista erikseen. Tarjouksen jättäjältä on syytä pyytää myös tiedot siitä, mitkä työt annetaan alihankkijoiden urakoimaksi.

Tarjouspyyntö kannattaa lähettää korkeintaan neljälle varteenotettavalle toimittajalle, jotta tarjousvertailu ei olisi liian työlästä.

Pelkkää tarjoushintaa ei ole järkevää pitää hyväksynnän perusteena vaan on ajateltava kokonaistaloudellisesti edullisinta ratkaisua. Ennen tarjouksen hyväksymistä voidaan urakoitsijalta pyytää lisäselvityksiä urakan sisällöstä. Tällä voidaan varmistaa, että urakoitsija on ymmärtänyt kaikki tarpeelliset urakan sisältöön kuuluvat asiat.

Lämmitysjärjestelmän uusintakohteeseen pyydettiin vertailua varten tarjoukset

- maalämpöpumpusta
- ilma-vesilämpöpumpusta
- aurinkosähköpaneeleista
- Öljylämmityksen sekä aurinkolämpö paneelien investointikustannukset selvitetiin verkkokaupoista.

Tarjouksia ei pyydettiin vain yhdeltä toimittajalta kannattavuuslaskelmien suorittamiseksi. Todellinen tarjouskilpailu suoritetaan, kunnes lämmöntuottojärjestelmä on laskelmien perusteella valittu.

.Aurinkoenergiaa hyödyntävät järjestelmät mitoitettiin lämpimän käyttöveden vaatiman energian mukaan. Muut järjestelmät mitoitettiin koko lämmitysenergian tarpeen mukaan.

Liitteessä 3 on esitelty tarjousten toimitus sisältöjä eri lämmitysjärjestelmiin.

## 9 Käyttökustannukset

Energiakustannukset ovat tyypillisesti muuttuvia kustannuksia. Sähkön ja polttoaineiden hinnat muuttuvat markkinoiden ja tuotantokustannusten mukaan. Tästä syystä on otettava huomioon myös kustannusten nousu käyttöajalla käyttökustannuksia las-  
kiessa.

Käyttökustannuksia on hyvä arvioida pitemmällä aikavälillä Suomen ilmastosta johtuen. Välillä Suomessa on kovia pakkastalvia ja toisinaan taas leutoja. Sään suuret vaihtelut vaikuttavat lämmitysenergian käyttöön.

Meneillään oleva ilmastonmuutos vaikuttaa Suomessakin lämmitysenergian käyttöön, antaen paremmat mahdollisuudet aurinkoenergian hyödyntämiseen. Ilmastonmuutos lämmittää myös merivettä, jolloin merijää vähenee ja etenkin syksyllä on ennustettu tuulien voimistuvan rannikkoalueilla. Tämä mahdollistaa myös lisääntyvän tuulienergian tuoton.

Käyttökustannusten laskemisessa käytettiin saatavilla olevien vuosien 2014-2016 läm-  
mityssähköenergian kulutuksen keskiarvoja. (taulukko 1)

Aurinkopaneelijärjestelmistä ei tehty käyttökustannuslaskelmia, koska ne eivät tarvitse toimiakseen muuta kuin apulaitteiden käyttämän sähkön joka jää verrattain pieneksi vuoden ajalta.

Laskelmissa on sähköenergian hinnan oletettu kasvavan 5,29 % vuodessa (10 vuoden keskiarvo). [25.]

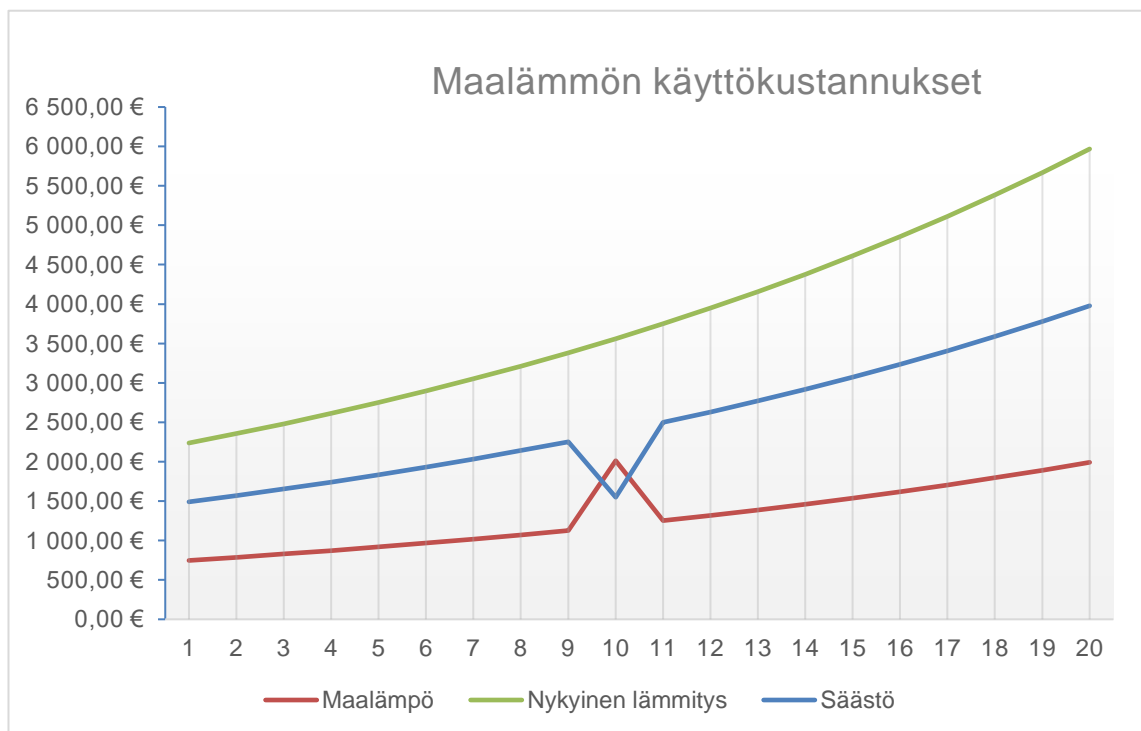
Taulukko 1 Lämmitysenergian kulutus

Kulutuksen keskiarvo vuosina 2014-2016					
tammikuu	2666,51	kWh	heinäkuu	860,43	kWh
Helmikuu	1831,02	kWh	elokuu	888,07	kWh
maaliskuu	1867,33	kWh	syyskuu	977,26	kWh
huhtikuu	1555,24	kWh	lokakuu	1580,01	kWh
toukokuu	1713,10	kWh	marraskuu	1957,85	kWh
kesäkuu	821,89	kWh	joulukuu	2320,85	kWh

## 9.1 Maalämpö

Maalämpöpumpun käyttökustannusten laskennassa on käytetty SCOP-lukua 3, joka vastaa hyvin pumppujen keskimääräistä tuottoa vuodessa. Käyttökustannuksissa otettiin huomioon laitteiston ottama sähköenergia sekä vuotuiset huoltokustannukset sekä 20 vuoden käyttöajalla yksi suurempi huoltokustannus noin 15 % hankintahinnasta. Taulukossa 2 on vertailtu maalämpöjärjestelmän käyttökustannuksia nykyiseen sähkölämmitysjärjestelmään sekä sillä saatavia kustannus säästöjä

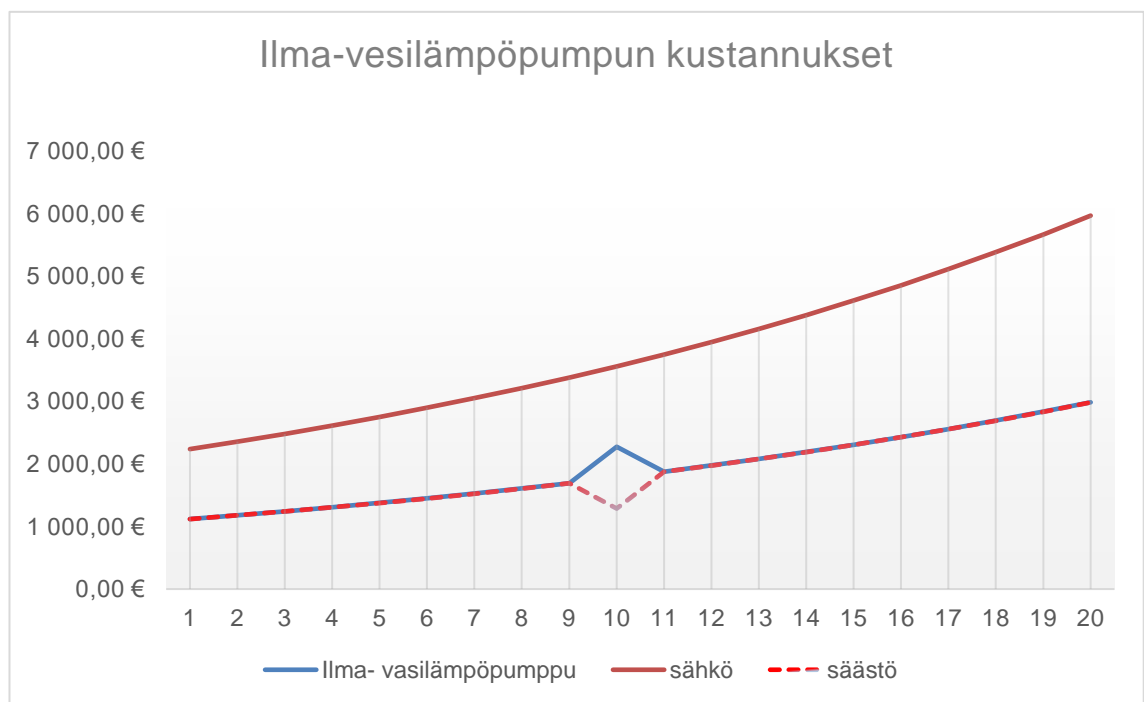
Taulukko 2. maalämmön käyttökustannusvertailu.



## 9.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Koska ilma-vesilämpöpumpun toiminta on verrattavissa maalämpöpumppuun, myös laskentatapa on sama. Erona pidettiin ainoastaan SCOP-lukua, joka kyseisellä laitteistolla on noin 2, jolloin säästöä tulee yhtä paljon kuin kustannuksia. Taulukossa 3 on vertailtu Ilma-vesilämpöjärjestelmän käyttökustannuksia nykyiseen sähkölämmitysjärjestelmään sekä sillä saatavaa kustannus säästöä

Taulukko 3. Ilma-vesilämpöjärjestelmän käyttökustannusvertailu.

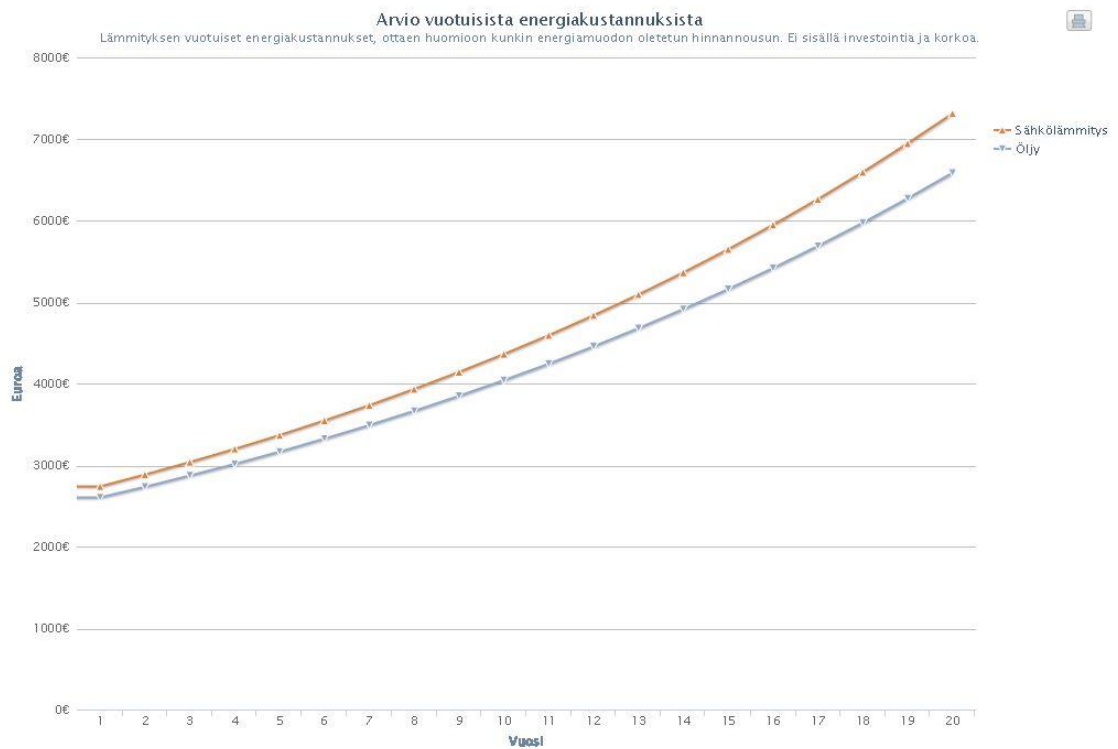


### 9.3 Öljylämmitys

Öljylämmityksen kustannusvertailussa lämmitys öljyn tämänhetkinen hinta etsittiin öljy-yhtiöiden internetsivuilta, joka oli 0,90 euroa/litra ja kulutukseksi 1000 litraa/10000 kWh [26], öljyn ostohintaan lisättiin vuosittaisia huoltokustannuksia 50 euroa, vuosittaiseksi hinnannousuksi arvioitiin 5 %.

Öljylämmityksen kustannuksia (taulukko 3) vertailtiin Motivan internetsivuilta löytyvällä laskurilla.

Taulukko 3. öljylämmitysjärjestelmän käyttökustannusvertailu.



## 10 Lämmitysjärjestelmien vertailu

Tuloksista käy ilmi, että investointi öljylämmitykseen ei ole kannattavaa nykyisillä energian hinnoilla ja toisaalta on ennustettu öljyn loppuvan 40 vuoden [11]. kuluessa. Se miten bioöljyn tuotanto lämmitykseen vaikuttaa energian hintaan, jätettiin huomiotta sen vähäisyyden vuoksi. Bioöljyn lämpöarvo on hiukan huonompi kuin fossiilisen öljyn, ja sen käyttö vaatii kattilan säätämistä. Bioöljy myös tuottaa nopea enemmän ja vaatii huoltokustannuksissa tämän huomioimisen.

Vertaillessa maalämpöä ja Ilma-vesilämpöpumppua huomattiin, että vaikka maalämmön investointikustannukset ovat suuremmat kuin ilma-vesilämpöpumpun on takaisinmaksuaika suurin piirtein sama ja nettonykyarvo maalämmöllä huomattavasti parempi kuin ilma-vesilämpöpumpulla. Vertailua suoritettiin myös suhteellisella nykyarvolla, joka puoltaisi ilma-vesilämpöpumpun hankintaa. Suhteelliset nettonykyarvot maalämmölle ovat 20 vuoden pitoajalla 2,78 ja ilma-vesilämpöpumpulle 3,32.

Aurinkoenergian tuotto paneeleilla soveltuu Suomen oloissa vain hybridilämmitykseen. Aurinkosähkön tuottaminen taloudellisesti vaatii pitkän takaisinmaksuajan, mutta on kannattavaa, jos tuotto-odotukset eivät ole korkeat. Aurinkolämmön investoinnit ovat huomattavasti halvemmat mutta käyttökustannuksia tulee jonkin verran pumpuista sekä muista apulaitteista.

Energiantuottoennusteet lupaavat eri järjestelmille seuraavanlaisia tuottoja vuodessa:

- maalämmölle noin 12600 kWh
- Ilma-vesi lämpöpumpulle noin 9500 kWh
- aurinkolämmölle noin 4800 kWh
- aurinkosähkölle noin 6500 kWh

Ostettavaksi jäävä lämmityssähkön osuus vuodessa olisi seuraava:

- maalämpö noin 6400 kWh
- ilma-vesi lämpöpumppu noin 9500 kWh
- aurinkolämpö noin 14200 kWh
- aurinkosähkö noin 12500 kWh

Rahaksi muutettuna ostosähkön osuudet käytettäessä 30 vuoden sähkön hinnan keskiarvoa 0,269 ovat

- maalämmöllä noin 6400 kWh x 0,269 €/kWh = 1664 €/a
- ilma-vesilämpöpumpulla noin 9500 kWh x 0,269 €/kWh = 2470 €/a
- aurinkolämmöllä noin 14200 kWh x 0,269 €/kWh = 3692 €/a
- aurinkosähköllä noin 12500 kWh x 0,269 €/kWh = 3250 €/a

Säilytettäessä lämmitysjärjestelmä ennallaan ja kunnostettuna vuotuinen sähkölasku olisi edellä lasketulla periaatteella noin 5200 euroa

Yleissähkön osuus kokonaiskulutuksesta oli kohteessa noin 7000 kWh/a, jonka osuus täytyy lisätä lämmityssähkön osuuteen laskettaessa sähkön hintaa koko vuodelle.

Liitteessä 2 on laskennan tuloksia järjestelmistä 20 ja 30 vuoden käyttöajalla



## 11 Johtopäätökset

Työssä selvitettiin pienikiinteistön lämmitysjärjestelmän uusimiskustannuksia investointilaskennan avulla. Tavoitteena oli löytää kustannustehokkain lämmöntuottojärjestelmä noin 20 vuoden pitoajalle. Lämmitysjärjestelmältä vaadittiin uusiutuvan energian hyödyntämistä sekä kustannustehokasta takaisinmaksuaikaa. Järjestelmällä piti myös saada käyttökustannussäästöjä nykyiseen lämmitysmuotoon verrattuna.

Investointilaskentaa käyttämällä saatiin vertailtua erilaisia lämmitysjärjestelmiä luotettavalla tavalla toisiinsa ja valikoitiin tehokkaimmat jatkoharkintaan.

Vaikka nykyiseen järjestelmään ei kovinkaan suuria investointeja tarvitse tehdä ajaa lämpöpumpputekniikka nopeasti ohi käyttökustannuksista saatavilla säästöillä.

Lämpöpumppuja vertailtaessa takaisinmaksuajassa voittaa ilma- vesilämpöpumppu maalämpöpumpun vain vuodella, vaikka kustannuksissa on huomattava ero, NPV–vertailussa maalämpöpumpun eduksi tulee noin 20 %. Tämä ero tuntuu pieneltä vertaillessa investointikustannuksia, joissa ero oli noin 60 %. SNA–vertailussa Ilma-vesilämpöpumpulla on parempi vertailuluku: 3,32 maalämmöllä 2,78.

Rahallinen vertailu siitä, kuinka paljon joutuu ostamaan lisäsähköä, puoltaa maalämmön hankintaa. 20 vuoden ajalta säästöä tulee noin 600 euroa/vuosi laskettuna säästön keskiarvolla ja huomioimalla sähkön hinnan nousun.

Oli järjestelmä kumpi tahansa, vuositasolla säästöt ovat niin huomattavat, että lämmitysjärjestelmän vaihtaminen on järkevää.

Aurinkopaneelitekniikkaan investointi ei vielä tunnu kovin järkevältä investoinnin kannalta, mutta tässä täytyy painottaa enemmän ilmastollisia kysymyksiä kuin taloudellisia. Aurinkopaneelitekniikka on nopeasti kehittyvä ala ja valmistajatkin kilpailevat nykyään huipputeholla eivätkä niinkään hinnalla.

Kumpi sitten olisi parempi vaihtoehto? Kaikkien kolmen laskentatavan huomioon ottaminen valintaa tehtäessä tuntuisi järkevältä valinta perusteelta . Tähän vaikuttaa tietysti rahoituksen saanti ja lainan takaisinmaksuaika, joka on tietysti lyhyempi ilma-vesilämpöpumpulla.

## Lähteet

1. Aurinko energia. 2015. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkoenergia>. Päivitetty 17.02.2017. Luettu 28.12.2016.
2. Auringosta lämpöä ja sähköä. 2016. Verkkodokumentti. Motiva OY [http://www.motiva.fi/files/12322/Auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa\\_2016.pdf](http://www.motiva.fi/files/12322/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_2016.pdf). Luettu 30.12.2016.
3. Teollinen tuulivoima Suomessa 2016. Tuulivoimayhdistys. Verkkodokumentti. <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/hankelista>. Luettu 03.01.2017.
4. Jouko Korpi-Tuomola. 2015. Maamme energia. Verkkodokumentti. <https://www.el-library.com/reader/9789522644800/preview>. Luettu 15.02.2017.
5. Loviisan Ydinvoimalaitos. 2016. Verkkodokumentti. [http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisan\\_voimalaitos/pages/default.aspx](http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/ydinvoima/loviisan_voimalaitos/pages/default.aspx). Luettu 15.02.2017.
6. Vesivoimalla eniten uusiutuvaa sähköntuotantoa. Verkkodokumentti.: [http://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/vesivoima](http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/vesivoima). Luettu 16.01.2017.
7. Vesivoima. 2016.. Verkkodokumentti. Motiva Oy [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/vesivoima](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/vesivoima). Päivitetty 16.11.2016. Luettu 16.01.2017.
8. Pienvesivoima. 2016. Verkkodokumentti. Motiva. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/vesivoima/pienvesivoima](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/vesivoima/pienvesivoima). Luettu 16.01.2017.
9. Kivihiili. 2014. Verkkodokumentti. Energiamaailma. <http://energiamaailma.fi/mistavirtaa/fossiiliset-energiالاhteet/kivihiili/>. Luettu 18.01.2017.
10. Öljylämmitys on tehokas. 2013. Verkkodokumentti. Suomirakentaa.fi. <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/laemmitys/oeljylaemmitys>. Luettu 18.01.2017.
11. Öljyvoimalat. Verkkodokumentti. Energianet. <http://www.energianet.fi/index.php?page=sahkohoolto&osa=4>. Luettu 20.01.2017.
12. . Kaasuvoima. Verkkodokumentti. Energianet. <http://energianet.fi/index.php?page=sahkohoolto&osa=4> 2017. Luettu 20.01.2017.
13. Aurinkojärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. 2016. Verkkodokumentti Finsolar.. <http://www.finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>. Luettu 12.02.2017.




14. Aurinkokeräinten hyötysuhteet. 2016. Verkkodokumentti. Motiva.[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten\\_hyotysuhteet](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet). Luettu 13.01.2017.
15. Lämmitysjärjestelmän valinta. 2016. Verkkodokumentti. Motiva.[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta) Luettu 18.01.2017.
16. Maalämpöpumppu. Verkkodokumentti. Motiva.[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu\\_mlp](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp). Luettu 18.01.2017.
17. Isosaari Kyösti. 2012. Mistä energia taloon. Helsinki.Otavamedia
18. Rakennusten lämmitysjärjestelmät. 2007. Helsinki. Rakennustieto OY
19. Kehittyvä öljylämmitys. 2016. Öljyalan palvelu keskus.. Verkkodokumentti. <http://www.oljylammitys.fi/nykyaikainen-oljylammitys/kehittyva-oljylammitys>. Luettu 12.01.2017.
20. Sähkölämmitys. Energiatehokas koti. Verkkodokumentti. [http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys). Päivitetty 05.02.2016. Luettu 12.01.2017.
21. Investoinnit. Verkkodokumentti. Työtehoseura.<http://www.tts.fi/index.php/talous-opas/investoinnit>. Luettu 20.01.2017
22. Investointi ja päätöksenteko Opetusmoniste. 2013. Metropolia Ammattikorkeakoulu Luettu.04.02.2017.
23. . Ikäheimo Seppo, Malmi Teemu, Walden Risto 2016.Yrityksen laskentatoimi. Helsinki. Talentum
24. Kannattavuuslaskurit Verkkodokumentti. Finsolar. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kannattavuuslaskurit/>. Luettu 12.02.2017.
25. Sähköenergian ja siirron hinnan kehitys Energiamarkkina virasto, Tilastokeskus. Verkkodokumentti.[http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ene\\_\\_ehi/050\\_ehi\\_tau\\_105\\_fi.px/?rxid=034b7c5f-d9e2-4c1c-813c-f5fb2a974be3](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/050_ehi_tau_105_fi.px/?rxid=034b7c5f-d9e2-4c1c-813c-f5fb2a974be3). Luettu 24.02.2017.
26. Öljy on tehokasta energiaa. 2016. Öljy alan palvelukeskus <http://www.oljylammitys.fi/energiatehokkuus/oljy-tehokasta-energiaa>. Luettu13.01.2017.

27. Bioenergian käyttö 2017. Verkkodokumentti. Motiva Oy.[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/bioenergian\\_kaytto](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto). Päivitetty 26.01.2017. Luettu. 30.01.2017.
28. Aurinkosähköteknologiat. 2017 Verkkodokumentti. Motiva. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat). Päivitetty 07.02.2017. Luettu 13.01.2017.
29. Pellettitakat. Verkkodokumentti. Karbonar.<http://www.kardonar.com/fi/tuotteet/pellettitakat/>. Luettu 18.01.2017.
30. Suomen tuulivoimatilastot. Verkkodokumentti. VTT. <http://www.vtt.fi/palvelut/v%C3%A4h%C3%A4hiilinen-energia/tuulivoima/suomen-tuulivoimatilastot>. Luettu. 22.01.2017.
31. Aurinkolämmitys 2017. Verkkodokumentti. Hanakat <http://www.hanakat.fi/tuotteet/l%C3%A4mmitys/aurinkol%C3%A4mmitys>. Luettu 14.01.2017.
32. Aurinkokeräimet.2016 Verkkodokumentti. Gallidus TiSun.<http://www.callidus.fi/fi/lammitys/tuotteet/aurinkolampo/tisun-aurinkokeraimet>. Luettu 14.01.2017.
33. Savolainen Ilkka, Ohlström Mikael, Kärkkäinen Anne. 2003. Ilmasto haaste teknologialle.
34. Energiaa uusiutuvasti.2014. Verkkodokumentti. Motiva Oy.[http://www.motiva.fi/files/8540/Energiaa\\_uusiutuvasti\\_2014.pdf](http://www.motiva.fi/files/8540/Energiaa_uusiutuvasti_2014.pdf). Luettu 14.01.2014.
35. Lämpöpumppu. 2002. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto. LVI-kortti t LVI 11-10332.
36. Lämmitysjärjestelmien elinkaari. 2016. Energiatehokas koti. Verkkodokumentti. [http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien\\_elinkaari](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari). Päivitetty19.1.2016. Luettu 20.02.2017.
37. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. 2008. Rakennustieto Oy LVI 01 – 10424.



## KÄYTTÖIKÄLASKIN KIINTEISTÖN RAKENNUS- OSILLE JA TALOTEKNIII- KALLE

Lue ensin käyttöohjeet. Tallenna sitten taulukko koneellesi ja muokkaa se kiinteistöllesi sopivaksi. Lukittujen solujen suojaus saa auki salasanalla rati.

<b>Värikoodit</b>	<b>Toimenpiteet</b>	<b>Vuos i</b>
- hyvä 	- hyvä: ei toimenpiteitä	2017 <b>Tä-nään on</b> 29.1.2017 11:06
- välttävä 	- välttävä: uusiminen PTS:ään	
- huono 	- huono: uusiminen ajankohtaista	<b>Ra-ken-nus-vuosi</b> 1999

### PERUSTIEDOT

Kiinteistö

Osoite

Laatija

K.A

Päivämäärä

Laite tai järjestelmä

Asen-  
nus-  
vuosi

Arvi-  
oitu  
käytt-  
öikä  
v

Jäl-  
jellä  
ole-  
vat  
käyt-  
tö-  
vuo-  
det  
v

Kunto

Huo-  
mautuk-  
sia

### TALOTEKNIikka

#### Lämmitysjärjestelmät

Levylämmönsiirtimet	1999	20	2		
Kupariputkilämmönsiirtimet	1999	20	2		
Kupariputket sisätiloissa (ei kosketuksessa betoniin)	1999	50	32		
Kupariputket sisätiloissa (kosketuksessa betoniin)	1999	40	22		
Muoviputket	1999	50	32		
Komposiittiputket	1999	50	32		
Pumput	1999	20	2		
Linjasäätöventtiilit	1999	30	12		
Linjasulkuventtiilit	1999	30	12		

<b>Investointien vertailu</b>	
<b>Öljylämmitys</b>	
Öljynosto hinta snt/kWh	0,90 €
sähkön/öljyn hinnan nousu % per vuosi	0,1
Järjestelmän investointikustannus €	7 500,00 €
Kotitalous vähennys	18,0 %
Investoinnin laskentakorko	0 €
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöiällä	-5373
Takaisinmaksuaika vuotta	30
Investoinnin nettonykyarvo 20 vuoden käyttöiällä	-3418
Takaisinmaksuaika vuotta	30
<b>Maalämpö</b>	
Sähkön hinta €/kWh	0,1175 €
sähkön hinnan nousu % per vuosi	5,30 %
scop luku	3
Järjestelmän investointikustannus €	16 500,00 €
Kotitalous vähennys	21,00 %
Investoinnin laskentakorko	5,00 %
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöiällä	29 399,50 €
Takaisinmaksuaika vuotta	9
Suhteellinen nykyarvo	2,78
Investoinnin nettonykyarvo 20 vuoden käyttöiällä	14 894,63 €
Takaisinmaksuaika vuotta	9
Suhteellinen nykyarvo	1,90
<b>Ilma-vesilämpöpumppu</b>	
Sähkön hinta snt/kWh	0,12 €
sähkön hinnan nousu % per vuosi	5,30 %
scop luku	2
Järjestelmän investointikustannus €	9 880,00 €
Kotitalous vähennys	10,00 %
Investoinnin laskentakorko	5,00 %
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöiällä	22 961,19 €
Takaisinmaksuaika vuotta	8
Suhteellinen nykyarvo	3,32
Investoinnin nettonykyarvo 20 vuoden käyttöiällä	12 083,23 €
Takaisinmaksuaika vuotta	8
Suhteellinen nykyarvo	2,22

<b>Aurinko lämpö</b>	
Lämmön kuluttajahinta veroineen snt/kWh	11,75
Arvio ostolämmön hinnan noususta % per vuosi	5,29 %
Aurinkolämpöjärjestelmän koko neliöinä	6
Järjestelmän investointikustannus	4 894,00 €
Investoinnin laskentakorko, esim. pankin korkokulu	5,00 %
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden kuluttua	9 241,46 €
Takaisinmaksuaika vuotta	9
<b>Aurinkosähkö</b>	
Sähkön kuluttajahinta snt/kWh	11,8
Kiinteistön sähkönkulutus vuodessa kWh/v	19000
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/vuosi	5,3%
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona Wp	5830
Järjestelmän investointikustannus €	€11 200
Investointituki tai kotitalousvähennys alkuinvestoinnista, %	12 %
Oma kiinteistöarvo-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0
Investoinnin laskentakorko, esim. pankin korkokulu	5,0%
Aurinkosähkön oman käytön osuus, %	100 %
Invertterin vaihdon kustannus, % alkuinvestoinnista.	2 %
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut) %	0,0 %
Aurinkosähkön vuosituotto 1 kWp:n järjestelmän sijainnin mukaan	1120
Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto	6530
Aurinkovoimalan vuosittainen sähköntuotannon vähenemä %/v	-0,5%
Järjestelmän koko paneelien pinta-alana m <sup>2</sup>	35,40
Järjestelmän käyttöikä vuotta	30
Järjestelmän investointikustannus tukien jälkeen €	9 856 €
Järjestelmän vertailuhinta ilman tukia	1,9 €
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöiällä	10 733,20 €
Takaisinmaksuaika	13

#### Maalämpöpumpun toimitussisältö

- Maalämpöpumppu
- Uusien laitteiden siirto laitetilaan
- Keruuputkiston asennus laitetilaan
- Keruupiirin kytkennät laitetilassa
- Maalämpöpumpun kytkentä lämmönjakoverkkoon
- Laitteiston liittäminen talon käyttövesiverkkoon

#### Energiakaivon toimitussisältö

- energiakaivon poraus
- teräspuutitus
- teräspuutken tiivistys kallioon
- teräspuutken katkaisu kaivussyvyyteen
- keruuputkipari energiakaivoon asennettuna ja maalämpönesteellä täytettynä
- teräspuutken painekansi
- muovikaivo energiakaivon suojaksi (kaivetaan maan alle)
- vaakaputkiston kaivu 30-40 cm syvyyteen
- eristetty suojakuorellinen vaakaputkipari asennettuna
- vaakaputkiston merkintänauha maan alle
- putkiparin vienti sisälle rakennukseen
- läpivientireikien eristys polyuretaanivaahdolla
- läpivientireikien radontiivistys
- energiakaivon merkintälaatta rakennuksen seinään
- vaakaputkistolle kaivetun kaivannon täyttö
- kaivujälkien tasoitus haravapintaan
- porausjätteen keruu sekä poisvienti

#### Ilmavesilämpöpumpun toimitussisältö

- ulkoyksikkö
- sisäyksikkö
- putkisto yksiköiden välillä
- Laitteiston liittäminen talon käyttövesiverkkoon



- Laitteiston liittäminen talon lämmitysverkkoon

#### Öljylämmitysjärjestelmän toimitussisältö

- kattila
- piippu
- öljysäiliö
- työt ja tarvikkeet
- purkutyöt

#### Aurinkopaneeli paketin sisältö

- 22 kpl aurinkopaneeli 265 Wp, = 5830 Wp
- 1 kpl 3-vaihe invertteri
- 1 kpl Turvakytkin
- 50m DC kaapeli 4mm<sup>2</sup>
- Asennustelineet tarvikkeineen vinolle tiilikatolle 22 paneelille
- Asennustyöt

#### Aurinkokeräinjärjestelmän sisältö

- Aurinkokeräimet: 3 kpl, yhteensä 6 m<sup>2</sup>
- Kattokiinnikkeet (sis. kiskot ja jalat)
- Kattoläpivienti
- Pumppu ja ohjausyksikkö
- Turvapaineventtiilin poistoletku
- Paisunta-astia ja sen tarvikesarja
- Lämmönsiirtoneste
- Lämmönsiirtoputki
- Putkiliittimet keräinten ja pumpun välille
- Anturikaapelin kytkentärasia Käyttövesivaraaja 400 litraa. Sisältää aurinkokierukan, sauva-anodin ja 6 kW sähkövastuksen.