

Markku Määttä

Maalämpö – uusiutuvaa lähienergiaa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

10.2.2015

| | |
|--|---|
| Tekijä Otsikko | Markku Määttä Maalämpö - uusiutuvaa lähienergiaa |
| Sivumäärä Aika | 25 sivua 10.2.2015 |
| Tutkinto | rakennusmestari LVI (AMK) |
| Koulutusohjelma | rakennusalan työnjohto |
| Suuntautumisvaihtoehto | LVI-tekniikka |
| Ohjaaja | lehtori Jyrki Viranko |
| <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää lähienergian käyttömahdollisuuksia maalämpöpumpulla maaperästä saatavalla uusiutuvalla lämpöenergialla pientaloihin. Mielenkiintoista oli verrata eri tapoja hyödyntää ja kerätä energiaa maaperästä.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin maalämmön kannattavuutta Suomessa sekä tarkasteltiin maalämpöpumpun toimintaa. Kannattavuutta verrattiin pientalojen yleisempiin lämmitysmuotoihin. Työssä selvitettiin myös suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Opinnäytetyön johtopäätöksenä voidaan todeta, että suunnitteluun ja mitoitukseen on käytettävä osaavia asiantuntijoita ja lisäksi maaperäkoostumuksella on merkittävä vaikutus energian saatavuuteen.</p> <p>Voidaan lisäksi todeta, että maalämmön hyödyntäminen lämpöpumpun avulla on lämmitysenergiana vähän päästöjä tuottavaa sekä edullista uusiutuvaa lähienergiaa.</p> | |
| Avainsanat | maalämpö, uusiutuva energia, lämpöpumppu, mitoitus |

| | |
|--|---|
| Author Title | Markku Määttä Geothermal Heating - renewable local energy |
| Number of Pages Date | 25 pages 10 feb 2015 |
| Degree | Bachelor of Construction Management |
| Degree Programme | Construction Site management |
| Specialisation option | HVAC Engineering |
| Instructor | Jyrki Viranko, Senior Lecturer |
| <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to examine the possibilities of geothermal energy in one-family houses. Different ways to collect energy from the soil were compared. One of the most important issues to look into were the cost-effectiveness and the operation of geothermal pumps. The sources were mostly documents of different companies on the internet.</p> <p>The comparisons revealed that the emissions from geothermal heating to the atmosphere are very low. The bigger the house or unit the more cost-effective geothermal energy will become. In a house of 180 square meters geothermal energy it is already more cost-effective than heating with oil or electricity.</p> <p>As a conclusion it can be said that geothermal energy is cost-efficient and environmentally friendly. It is even more cost-efficient, if the oil price rises. Planning and measuring also requires expert knowledge.</p> | |
| Keywords | geothermal heating, renewable energy, heat pump, dimensioning |

Sisällys

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Geoterminen energia | 2 |
| 3 | Energianhankinta | 3 |
| 3.1 | Energiankäytön tehostaminen | 3 |
| 3.2 | Suunnittelu | 3 |
| 3.3 | Tavoiteasettelu | 4 |
| 3.4 | Energianhankinnan suunnittelun vaiheet | 4 |
| 3.5 | Energianlaskenta ja kokonaisenergiatarkastelu | 5 |
| 4 | Maalämpöpumppu | 5 |
| 4.1 | Maalämpöpumpun mitoitus | 5 |
| 4.2 | Maalämpöpumpun toiminnan kuvaus | 6 |
| 5 | Lämmönkeruu | 8 |
| 5.1 | Lämpökaivo | 8 |
| 5.2 | Lämmönkeruupiiri pintamaasta | 9 |
| 5.3 | Lämmönkeruupiiri vesistöön | 10 |
| 6 | Energiakaivojen lupaprosessi | 11 |
| 6.1 | Lait ja määräykset | 11 |
| 6.2 | Maalämpöjärjestelmän suunnittelu | 12 |
| 6.3 | Tarkastaminen ja laadunvalvonta | 14 |
| 7 | Käyttö, seuranta, huolto ja kunnossapito | 15 |
| 7.1 | Yleistä | 15 |
| 7.2 | Lämpöpumput, energiakaivot ja siirtoputkistot | 15 |
| 8 | Maalämmön kustannukset ja taloudelliset hyödyt | 17 |
| 8.1 | Lämmitysenergian hinnankehitys 2000–2013 | 17 |
| 8.2 | Vuotuiset kokonaiskustannukset | 17 |

| | | |
|-----|--|----|
| 8.3 | Arvio vuotuisista energiakustannuksista 20 vuodelle | 18 |
| 9 | Energiakaivon rakentamiseen liittyvät riskit ja ongelmatilanteet | 23 |
| 10 | Yhteenveto | 24 |
| | Lähteet | 25 |

1 Johdanto

Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on lisätä uusiutuvien energianlähteiden käyttöä 20 %. EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan keskeisenä tavoitteena on vähentää kasvihuonepäästöjä 20 %:lla.

Opinnäytetyön tavoitteena on perehdyttää pientalorakentaja maalämpöön, uusiutuvaan lähienergiaan. Työssä tarkastellaan uusiutuvan energian käytön etuja, riskejä ja investointi- ja käyttökustannuksia pientalojen lämmitysenergiana.

Uusiutuvalla lähienergialla tarkoitetaan pienimuotoisesti tuotettua energiaa, joka tuotetaan rakennuskohtaisesti, rakennusryhmäkohtaisesti tai lähialueellisesti.

Työssä tarkastellaan maalämpöpumpulla tuotettua energiaa.

Maalämmön käyttö uusiutuvana energiana on lisääntynyt merkittävästi, energiamääräyksien tiukentuessa. Viimeistään vuonna 2021 tulee uusien talojen olla lähes nolla-energiataloja.

Opinnäytetyössä tarkastellaan eri tapoja hyödyntää ja kerätä lämpöä maasta ja vesistöistä. Opinnäytetyössä tarkastellaan lisäksi rakennuksen energian hankinnan suunnittelua, elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutusten suhteen, maalämpöpumpun toimintaa ja sen tärkeimpiä komponentteja. Lämmitystapojen vertailussa on mukana maalämpö sekä öljy- ja sähkölämmitys, joissa on lisäksi tulisija.

Vertailussa on esitetty lämmitysenergian hinnankehitys vuosina 2000–2013 on vuotuiset kokonaiskustannukset, arvio vuotuisista energiakustannuksista 20 vuoden ajalle ja arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista. Vertailussa on käytetty pientaloa 180 m², neljän henkilön talous, sijaintina Keski-Suomi ja rakennusvuotena 2005. Vuotuinen kokonaisenergian tarve esimerkissä oli 26 000 kWh, josta lämpimän käyttöveden osuus oli 4 000 kWh.

Opinnäytetyö on kirjallisuustutkimus. Pääasialliset tietolähteeni ovat Uusiutuvan lähienergioiden käyttö rakennuksessa 2014 [2] sekä internetsivustoilta löytyneet julkaisut ja tutkimukset.

2 Geoterminen energia

Geoterminen energia eli geoterminen lämpö on maansisäistä lämpöä (kuva 1). Geoterminen lämpö on lähtöisin maan sisällä olevasta lämmöstä. Lämpö johtuu maan kuoren ylempiin kerroksiin. Suomessa geotermistä energiaa on käytössä sekundäärisesti maalämpöpumppujen kautta, tilanteessa jossa maalämpöpumppu saa energiansa syvästä porakaivosta. [1.]

Geoterminen energia on lähes rajaton energianlähde, etuja ovat ympäristöystävällisyys, uusiutuvuus, energian edullisuus sekä riippumattomuus sääolosuhteista.

Itse maaperän lämpöenergian voidaan katsoa olevan ilmaista, kustannuksia aiheuttaa vain energian valjastamiseen tarvittava tekniikka. Ongelmana geotermisen energian käytössä on sen hinta, joka muodostuu rakennus- ja porauskustannuksista sekä asiantuntijatyöstä. Geotermisen energian odotetaan tulevaisuudessa kattavan 10–20 % maailman energiantarpeesta. Sen hyödyntäminen maailmalla on kasvava trendi.

Auringon lämpöenergia varastoituu maahan, mutta ulottuu Suomen oloissa enintään 15 metrin syvyyteen. Geoterminen energia on lähes päästötöntä. Ongelmia aiheuttavat kuitenkin hyvin syvällä olevan veden rikkioksidi, typpioksidi, metaani ja muut pitoisuudet, joiden vuoksi tällaista vettä ei voida käyttää suoraan esimerkiksi kaukolämmitysverkossa. Suurimpana haasteena laajemmalle käytölle ovat toistaiseksi erittäin syvälle ylettyvien kanavien porauskustannukset. [1.]



Kuva 1. Geoterminen lämpö [15].

3 Energianhankinta

3.1 Energiankäytön tehostaminen

Kansallisten energiatavoitteiden saavuttaminen edellyttää uusiutuvan energian käytön lisäämistä ja energiankäytön tehostamista. Energiankäytön tehostamisen tavoitteita on kasvihuonekaasujen vähentäminen, energian saatavuuden turvaaminen ja energiakustannusten alentaminen. Kotitaloudet omistavat rakennuskannasta 60 % joko suoraan tai asuntoyhtiöiden välityksellä. Ne ovat siten avainryhmä energiantehokkuuden tavoittelussa. Suomessa yli puolet omakotitaloista ja viidennes rivi- ja kerrostaloista lämmitetään öljyllä tai sähköllä. [2, s. 17.]

3.2 Suunnittelu

Rakennuksen energiamuodon ja energiajärjestelmän valinta on keskeinen tehtävä uudisrakentamisessa kuin rakennuksen korjauksessa ja kehittämisessä. Suunnittelijan ammattitasovaatimukset ja energia-asiantuntijoiden roolit ovat merkittäviä mentäessä monimutkaisempiin energianhankinnan ratkaisuihin.

Rakennuksen energianhankintasuunnittelulla pyritään valitsemaan kohteeseen energian tuottomuodot, joiden yhdistelmällä saavutetaan optimiratkaisu elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutusten suhteen. Suunnittelussa vertaillaan kaukoenergian ja eri lähienergian mahdollisuudet, hyödyt, kustannukset, päästöt ja elinkaariominaisuudet. [2, s. 21.]

Rakennuksen energianhankinnan suunnittelu on osa rakennuksen energiankäytön kokonaisuoptimointia, jossa otetaan energiantuottoratkaisujen lisäksi huomioon myös muut energiankulutukseen ja sen kustannuksiin vaikuttavat seikat, kuten arkkitehtuuri, rakennus- ja talotekniset ratkaisut. Energian hankintaan liittyvät päätökset tulisi tehdä hankkeen alkuvaiheessa, jotta valitun ratkaisun vaikutukset voidaan tehokkaasti ottaa rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon. [2, s. 21.]

3.3 Tavoiteasettelu

Energiakustannusten minimoinnin lisäksi voi tavoitteena olla uusiutuvan lähienergian tehokas hyödyntäminen, energiankäytön alhaiset päästöt sekä tietyn tasoisen E-luvun saavuttaminen E-luku on energiamuotokertoimilla painotettu ostoenergiankulutus suhteessa rakennuksen nettoalaan (kWh/m²/a) [2, s. 21].

Uudis- ja korjaushankkeessa tulee energiankulutukselle asettaa tavoite. Työkalu tähän on rakentamismääräyksissä määritelty E-luku, joka esitetään rakennuksen energiatoistuksessa.

E-luku lasketaan rakennuslupaa varten tarvittavaan energiaselvitykseen. Luku lasketaan rakennukseen ostettavien energioiden ja energiamuotojen kertoimien tulona. Luku ilmaistaan kWh/ m²/ vuodessa. [2, s.154.]

3.4 Energianhankinnan suunnittelun vaiheet

Energian suunnittelun vaiheet voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin.

- Määritellään hankesuunnitelman perusteella alustava arvio energiankulutuksesta ja sen jakautumasta sekä ajallisesta vaihtelusta.
- Määritellään alustava arvio huipputehosta ja sen pysyvyydestä.
- Tarkastellaan käytettävissä olevien kunnallisten liittymien tai paikallisten lähienergiantuottajien palvelujen saatavuutta ja kustannuksia.
- Määritellään asetettujen päästö- tai E-lukutavoitteiden tai muiden tavoitteiden perusteella, miten suuri osuus energiasta on tarkoitus tuottaa paikallisesti.
- Määritellään tontin koon, muodon, maaperän tai sijainnin sekä naapuruston asettamat rajoitukset.
- Määritellään vaihtoehtoisia energiantuottomahdollisuuksia.

- Vertaillaan kulutustavoitteiden toteutumista eri vaihtoehdoilla ottaen huomioon rakennuksen suunnitteluun muut näkökulmat.
- Tarkastellaan energianhankintavaihtoehtojen kannattavuutta elinkaarikustannuslaskelmin.
- Tarkastellaan energianhankintavaihtoehtojen päästövaikutuksia, riskejä ja järjestelmien keskeisten laitteiden käyttöikä.
- Määritellään eri vaihtoehdoissa netto-ostoenergia ja E-luku.
- Määritellään kannattavampien vaihtoehtojen vaikutukset rakennusten suunnitteluratkaisuihin ja niiden kustannusvaikutukset. [2, s. 22.]

3.5 Energianlaskenta ja kokonaisenergiatarkastelu

Energianlaskenta olisi aloitettava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa suunnittelu-prosessia, joskus jo hankesuunnittelun yhteydessä. Luonnosvaiheen valinnoilla on mahdollisuus vaikuttaa valmiin rakennuksen energiatarpeeseen enemmän kuin missään muussa myöhemmässä suunnittelun vaiheessa. Kokonaistarkastelu osoittaa eri ratkaisujen painoarvot ja tarkoituksenmukaiset keinot arkkitehtonisesti laadukkaiden ja toimivien ratkaisujen löytämiseksi.

4 Maalämpöpumppu

4.1 Maalämpöpumpun mitoitus

Lämpöpumpun tehon mitoitus on käyttö- ja investointikustannusten optimointia. Maalämpöpumppu (kuva 2). Voidaan mitoittaa täys- tai osamitoituksella. Täystehomitoitus tarkoittaa, että maalämpöpumppu tuottaa kaiken rakennuksen tarvitseman energian ja tehon mikä tarvitaan rakennuksen ja käyttöveden lämmitykseen myös kovilla pakkasilla. Täystehomitoitus vaatii suuremman lämpöpumpun ja pidemmän keruupiirin, joka kasvattaa investointikustannuksia ja sähkönkulutusta, joka pienentää kokonaishyötysuhdetta. [2, s. 92.]

Täystehomitoituksessa maalämpöpumppu on varustettava invertterillä eli vaihtosuuntaajalla, vaihtosuuntaaja ohjaa kompressorin kierroslukua ja edelleen kompressorin lämmitystehoa. Vaihtosuuntaajalla varustetulla maalämpöpumpulla saadaan tuotettua aina oikea määrä lämpöenergiaa, näin saavutetaan hyvä hyötysuhde. [7.]

Osateholle mitoitettut lämpöpumput tuottavat tyypillisesti 60–85 % tehosta, jolloin se voi kattaa 90–98 % talon vuosienergiasta. Kovimmilla pakkasilla tarvitaan lisälämmitystä, joka tuotetaan sähköllä tai puulla. [2, s. 92.]

Maalämpöpumpun suorituskerroin (COP, Coefficient Of Performance) kertoo laitteen hyötysuhteen. Esimerkiksi COP 4 kertoo, että yhdellä kilowattitunnilla sähkö saadaan tuotettua neljä kilowattituntia lämpöä. Lämpökerroin COP on lähtökohtaisesti tehosuhteluku tietyissä, määrätyissä ja vallitsevissa olosuhteissa [2, s. 153.] COP-lukemia verratessa kannattaa varmistaa, millä standardilla ja arvolla COP -luku on ilmoitettu. Vanha EN 255 -standardi antaa suuremmat lukemat kuin virallinen EN 14511 -standardi. [14.]

Lämpöpumpun vuosihyötysuhde SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) kertoo koko lämmityskauden hyötysuhteen. SCOP-luku kertoo tarkemmin, mikä on laitteen oikea hyötysuhde markkina-alueella. [14.]

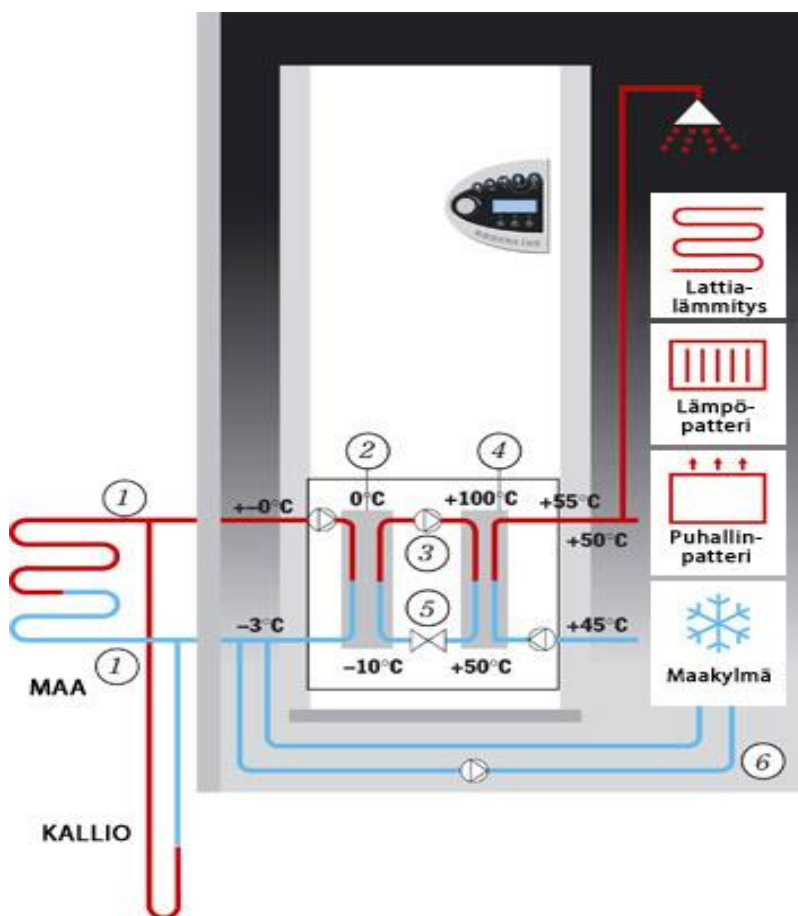
SCOP-luvun standardi EN14825:ssa Eurooppa on jaettu kolmeen eri ilmastovyöhykkeeseen Etelä-Eurooppa, Keski-Eurooppa ja Pohjois-Eurooppa. Pohjois-Euroopan laskenta perustuu Helsingin ilmasto-olosuhteisiin. Suomessa myynnissä olevien laitteiden SCOP-luku määräytyy Helsingin olosuhteiden mukaisesti. [14.]

Lämmönkeruupiiri tulee mitoittaa talon tilojen lämmityksen ja käyttöveden tarvitseman vuotuisen energian mukaisesti. Reilusti mitoitettu lämmönkeruupiiri maksaa itsensä takaisin hieman paremman lämpökertoimen muodossa pitkällä aikavälillä. [7.]

4.2 Maalämpöpumpun toiminnan kuvaus

Maalämpöpumppu toimii kuvan 2 mukaisesti. Seuraavat numeroidut vaiheet viittaavat kuvan numerointiin.

1. Muoviputkessa kiertävä maaneste sitoo maahan varastoitunutta geotermistä lämpöä.
2. Höyrystimessä nolla-asteinen maaneste kohtaa kylmäaineen, joka alkaa kiehua. Se muodostaa kaasua, joka johdetaan kompressoriin.
3. Kompressorissa kylmäaineen paine kasvaa ja lämpötila nousee 0 asteesta noin 100 asteeseen. Kuuma kaasu johdetaan lauhduttimeen.
4. Lauhduttimesta lämpö siirtyy talon lämmitysjärjestelmään ja kaasu tiivistyy ja palautuu nestemäiseen muotoon. Kylmäaineen paine on edelleen korkea, kun se johdetaan paisuntaventtiiliin.
5. Paisuntaventtiilissä kylmäaineen paine laskee. Samalla lämpötila laskee – 10 asteeseen. Kun kylmäaine tulee höyrystimeen, se muuttuu jälleen höyryksi.
6. Porausreikää voidaan käyttää myös jäähdytykseen.



Kuva 2. Maalämpöpumpun toiminnan kuvaus [3].

5 Lämmönkeruu

5.1 Lämpökaivo

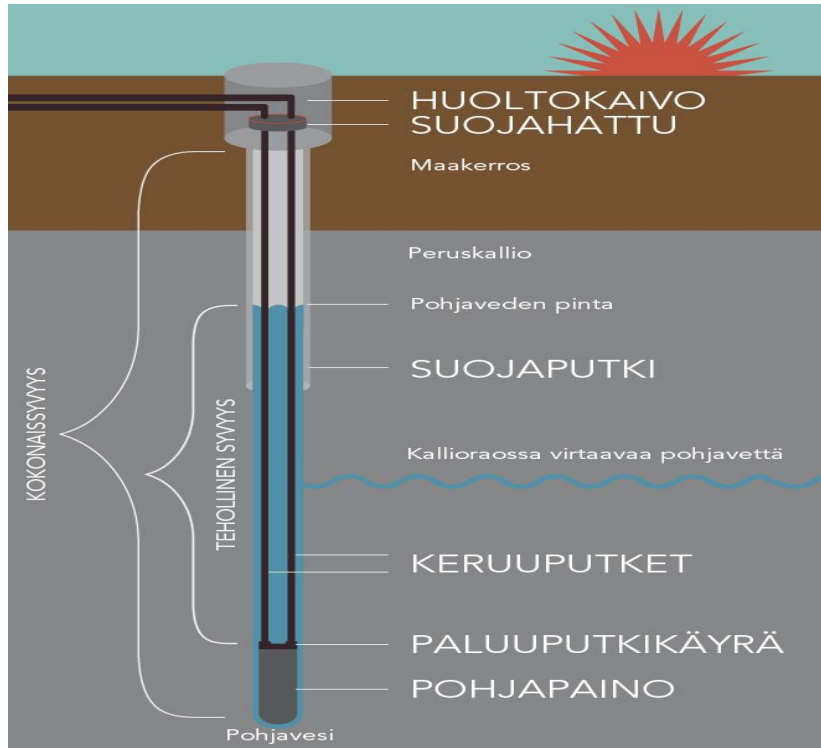
Useimmiten maalämpö kerätään kallioperään poratusta lämpökaivosta. (kuva 3). Valittaessa porakaivo lämmönlähteeksi vältytään laajoilta kaivutöiltä tontilla. Eduksi voidaan laskea myös porakaivon energiansaanti, joka on noin kaksinkertainen putkimetriä kohti verrattuna maahan vaakatasoon kaivettuun keruuputkistoon. Porakaivo on myös pitkäikäisempi, toimintavarmempi, routimaton ja helposti ilmattava järjestelmä. Ainoana miinuksena voidaan todeta porakaivon kalliimpi hinta.

Käytännössä reikiä porataan tarvittava määrä noin 10–20 metrin välein ja niistä tehdään rinnakkain kytketty putkisilmukka erillisessä kytkentäkaivossa. [3.] Tarkka kaivon määrä ja syvyydet voidaan määrittellä tarvittaessa koeporausten avulla. Näillä voidaan arvioida tarkemmin ominaisuudet kallioperänlämmöntuotanto. Kaivoon upotettuihin putkiin kiinnitetään laskennallisesti määritetty paino, jonka avulla putket menevät vaivattomammin maan sisään eivätkä pyri pureutumaan seiniin ja nousemaan veden mukana ylös keveytensä vuoksi. Putket liitetään silmukaksi niiden alapäähän liitettävällä messinkisellä U-kappaleella, johon paino kiinnitetään. Putkistojen asennuksessa käytetään 2-, 3- ja 4-putkijärjestelmiä. 2-putkijärjestelmä on edelle mainitun kaltainen, 3-putkijärjestelmässä liuos pumpataan kahta putkea pitkin kaivoon päin ja yhtä putkea pitkin takaisin kaivosta höyrystimelle. 4-putkijärjestelmä muodostuu kahdesta rinnakkain kytketystä putkisilmukasta. Kaikissa tapauksissa putket on eristettävä routarajan alapuolelle ja rakennuksen sisällä porakaivon huoltokaivoon asti.

Kaivo täyttyy tavallisesti itsekseen vedellä muutamassa päivässä porauksesta pohjavesivirtausten tai kallion halkeamien kautta tulevasta vedestä, jos kaivo ei täyty itsestään, joudutaan porareikä täyttämään vedellä, koska vesi toimii lämmönsiirtonesteinä kallion ja keruuputkien välillä. Tällöin täytyy varmistaa mille tasolle veden pinta asettuu täytön jälkeen ja miten se vaikuttaa teholliseen syvyyteen. Vain vedellä täyttynyt syvyys lasketaan porakaivon teholliseksi syvyydeksi. [15, s. 33.]

Suomessa maaperän geoterminen lämpö 200 metrin syvyydessä on noin 6–10 astetta, maaperästä riippuen. [5.]

Asuinrakennuksen viilentäminen onnistuu ilmalämpöpumpun tavoin myös maalämpöpumpulla. Parhaiten tähän soveltuu porakaivoon sijoitettu lämmönkeruuputkisto. Veden lämpötila porakaivosta tullessaan maksimissaan 10 celsiusastetta kesäisin, joten se on riittävän viileää jäähdytykseen. [3.]



Kuva 3. Energiakaivo [17].

5.2 Lämmönkeruupiiri pintamaasta

Maaperään varastoitunutta aurinkolämpöä kerätään talteen vaakasuoraan, noin metrin syvyyteen routarajan alapuolelle asennettavalla keruuputkistolla, jossa kierrätetään jäätymätöntä nestettä, useimmiten käytetään etanolia jäätymisen estoaineena (kuva 4). Syvyys määräytyy tarkemmin maaperän laadun ja maantieteellisen sijainnin perusteella. Maaperän laatu ja koostumus vaikuttavat merkittävästi sen lämmöntalteenottokykyyn. Vuotuiseen lämpömäärään vaikuttaa lisäksi sijainti. (Taulukko 1.) [4.]

Taulukko 1. Maaperän ja sijainnin vaikutus vuotuiseen lämpömäärään [4].

| Sijainti | Savimaa | Hiekkamaa | Yksikkö |
|---------------|---------|-----------|---------|
| Etelä-Suomi | 50–60 | 30–40 | kWh/m |
| Keski-Suomi | 40–45 | 15–20 | kWh/m |
| Pohjois-Suomi | 30–35 | 00–10 | kWh/m |



Kuva 4. Maalämmönkeruupiiri maaperään [16].

5.3 Lämmönkeruupiiri vesistöön

Vesistöstä voidaan ottaa energiaa pohjaan asennettavalla keruuputkistolla (kuva 5). Vesistössä oleva keruuputkisto on upotettava ja ankkuroitava painoilla pohjasedimenttiin. Vesistön on oltava riittävän syvä jo rannan läheisyydessä, jotta keruuputket saadaan asennettua routarajan alapuolelle, jäät eivät riko keruuputkistoa. Putket ankkuroidaan vesistöjen pohjaan betonipainoilla paino 5–10 kg, painot kiinnitetään putkiin noin 3–5 metrin välein. Vesistön syvyyden on oltava yli kaksi metriä jo rannassa. Putket on eristettävä rakennuksesta rantaan asti. Vesistössä olevasta putkituksesta voidaan ottaa suurempia tehoja ja energiamääriä kuin vastaavasta maaputkituksesta veden maaperää parempien lämmönsiirto-ominaisuuksien takia. Suunnittelussa on kuitenkin varmistuttava siitä, että veden lämpötila putken ympärillä ei laske talviaikanakaan alle +1 °C. Jos lämpötila laskee alemmaksi, on vaarana, että putkien pinnalle kertyy jäätä. Kertynyt jää saattaa aiheuttaa putkistoon suuren nosteen, jonka seurauksena putkisto nousee veden pinnalle. [6.]



Kuva 5. Maalämmönkeruuputkisto vesistössä [16].

6 Energiakaivojen lupaprosessi

6.1 Lait ja määräykset

Energiakaivojen poraaminen tuli luvanvaraiseksi 2011. Yhden tai muutaman energiakaivon rakentamiseen tarvitaan toimenpidelupa, suuren järjestelmän rakentaminen vaatii rakennusluvan.

Luvanvaraisuus koskee myös maaperään ja vesistöön sijoitettavan keruuputkiston asentamista. [15.] Käytännössä toimenpidelupa myönnetään, ellei sille ole estettä. Luvan myöntämisen esteenä voi olla esimerkiksi se, että energiakaivo halutaan porata merkittävälle pohjavesialueelle tai liian lähelle toista energiakaivoa tai porakaivoa. Pohjavesialueella lupaharkinnassa voidaan ottaa huomioon suunnitellun energiakaivon sijainti suhteessa esimerkiksi vedenottamoihin. [2, s. 81.]

Keruujärjestelmiä suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavat lait:

- maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)
- kiinteistönmuodostamislaki (554/1995)
- ympäristönsuojelulaki (86/2000)
- vesilaki (264/1961)
- kemikaalilaki (744/1989)
- terveydensuojelulaki (763/1994)
- kuntien ympäristönsuojelumääräykset
- rakennusjärjestys
- Suomen rakentamismääräyskokoelma. [2, s. 81.]

6.2 Maalämpöjärjestelmän suunnittelu

Energiakaivo tarvitsee rakennusvalvonnan luvan sekä uudisrakentamisessa että lämmitysjärjestelmän vaihdoksissa. Rakennusluvan saantiin vaikuttaa pohjavesialueet ja suojaetäisyydet rakennuksiin, tontinrajoihin ja muihin kaivantoihin. Jos lämmönkeruuputkistoa suunnitellaan asennettavaksi vesistöön, vesialueen omistajan lupa on saatava. [2, s. 100.]

Maalämpöjärjestelmän suunnittelijan tulee olla pätevä. Suunnittelija ilmoitetaan lupahakemuksessa. Rakennusvalvontaviranomainen voi ottaa kantaa suunnittelijan kelpoisuuteen. [8].

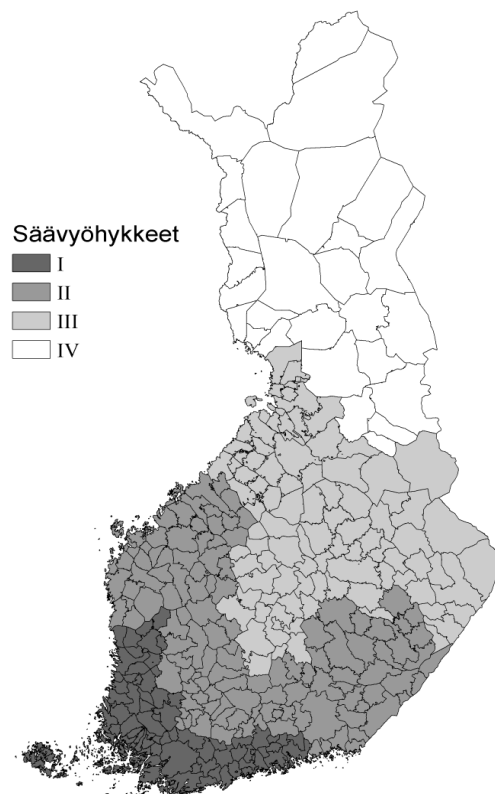
Energiakaivon suunnittelussa tärkeimpiä asioita ovat energiakaivon ja siihen liittyvien siirtoputkien sijoittaminen kiinteistöllä ja keruuputkiston oikea mitoitus. Energiakaivon sijainti määräytyy usein sen mukaan, mistä siirtoputket on helpointa johtaa lämpöpumpulle. Vastuu energiakaivon mitoituksesta on maalämpöjärjestelmän suunnittelijalla. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on määräyksiä ja ohjeita rakennusten ener-

giatehokkuudesta sekä kiinteistöjen vesilaitteistoista. Nämä määräykset on huomioitava mitoitettaessa maalämpöjärjestelmää. [15.]

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämmitysteho on mitoitettava siten, että lämmintä käyttövettä on käytettävissä riittävästi ja että lämminvesilaitteistossa olevan veden lämpötila on vähintään 55 °C. Lämmönkehittämislaitteisto on suunniteltava ja toteutettava siten, että laitteisto toimii hyvällä hyötysuhteella huippu- ja osakuormilla. [15.]

Matalalämpöjärjestelmissä lämmityskiertoon riittää 30–45 °C, joka voidaan ottaa alemmista osista varaajaa ja lämmittää ainoastaan yläosa käyttöveden vaatimaan lämpötilaan. [21, s. 185.]

Mitoidetaan lämmitysjärjestelmän lämmitysteholtaan siten, että lämpöolot voidaan ylläpitää lämmityskauden mitoitettavalla ulkolämpötiloilla eri säävyöhykkeillä (kuva 6).



Kuva 6. Säävyöhykkeet [8].

Säävyöhykkeiden mitoittavat ulkolämpötilat ja vuoden keskilämpötilat selviävät taulukosta 2.

Taulukko 2. Mitoittavat ulkolämpötilat ja vuoden keskilämpötilat [16].

| Säävyöhyke | Ulkoilman lämpötila | Keskimääräinen ulkolämpötila |
|------------|---------------------|------------------------------|
| 1 | -26 | 5,3 |
| 2 | -29 | 4,6 |
| 3 | -32 | 3,2 |
| 4 | -38 | -0,4 |

6.3 Tarkastaminen ja laadunvalvonta

Suurimmissa kaupungeissa on ohjeistettu tekemään selvitys siitä, onko suunniteltu energiakaivon paikka muiden maanalaisten rakennelmien kannalta soveltuva. Näihin selvityksiin voi liittyä sijaintikatselmuksia, joissa tarkastetaan, että kaivo on oikein sijoitettu. Tiiviisti rakennetulla asemakaava-alueella on luonnollisesti suurempi tarve valvoa energiakaivon sijoittamista kuin haja-asutusalueella.

Energiahankkeeseen ryhtyvä vastaa, että energiakaivon rakentamista, rakenteiden ja materiaalien laatua valvotaan rakennustyön yhteydessä. Valvonta voidaan siirtää kirjallisella sopimuksella urakoitsijan vastuulle. [13, s. 21.]

7 Käyttö, seuranta, huolto ja kunnossapito

7.1 Yleistä

Hankkeen tuloksena saadaan toimiva lähienergiajärjestelmä. Rakennuksen käytön aikana huolehditaan, että laitteet ja järjestelmät toimivat suunnitellun mukaisesti. Tällöin energiatehokkuustavoitteet toteutuvat ja sisäilmaolosuhteet toteutuvat. Energian kulutuksen seuranta ja raportointi suunnitellaan ja toteutetaan energiankäyttöön nähden riittävän yksityiskohtaisesti. [2, s. 97.]

Energiankulutuksen seuranta ja raportointi sisällytetään käyttö- ja huolto-ohjeeseen sekä varmistetaan, että ne muuttuvat osaksi jatkuvaa toimintaa ja energiatehokkuuden parantamista. Käyttäjille kerrotaan rakennuksen energiatehokkuustavoitteista ja energiankulutuksesta sekä ohjeistetaan heitä energiatehokkuuden parantamiseen. [2, s. 97.]

Käyttö- ja ylläpito henkilöstön osaamisen kehittämällä ja koulutuksella varmistetaan energiatehokkuuden toteutumisen edellytykset käytännössä.

Kiinteistön huoltosopimuksen kilpailutuksissa ja sopimuksissa määritetään energiatehokkuustavoitteet. Erityisesti sopimuksissa määritetään lämmön, sähkön ja vedenkäytön hallintaan liittyvät asiat sekä tavoitekulutukset. [2, s. 97.]

7.2 Lämpöpumput, energiakaivot ja siirtoputkistot

Energiakaivolle tehtäviä seuranta- ja huoltotoimenpiteitä ovat rakenteiden kunnon seuraaminen, lämmönsiirtonesteen vaihtaminen ja keruuputkiston uusiminen joko osittain tai kokonaan. Lämmönkeruunesteen vaihtamisen syynä voi olla ympäristöystävällisemmän tai lämmönkeruunominaisuuksiltaan tehokkaamman aineen tarve. Rikkoutuneet keruuputket on vaihdettava. [1.]

Energiakaivo ja siihen kuuluva suojakaivo ja siirtoputkiston reitti tarkastetaan säännöllisesti. Energiakaivo on rakennettava niin että porareiästä voidaan tarvittaessa ottaa

vesinäyte ja tarkastaa veden pinta. [15.] Siirtoputkiston kuntoa voidaan arvioida seuraamalla pintamaan muutoksia, näin rajoitetaan kasvustoa. Lisäksi reitin päälle ei saa pystyttää putkistoja vaurioittavia rakenteita. [2, s. 97.] Oikein mitoitettun ja rakennettun putkiston iäksi arvioidaan 50 vuotta [16].

8 Maalämmön kustannukset ja taloudelliset hyödyt

8.1 Lämmitysenergian hinnankehitys 2000–2013

Omakotitalojen lämmittämisessä käytettävä energia saadaan pääosin uusiutumattomista luonnonvaroista kuten öljystä, hiilestä, maakaasusta ja uraanista. Nämä energiavarastot ovat rajalliset ja niiden saatavuus on vaikeutunut. Öljyn poraaminen yhä syvemältä lisää ongelmia ja kustannuksia.

Talouden kasvu suurissa ja väkirikkaissa maissa kuten Kiinassa ja Intiassa lisää kysyntää, mikä on korottanut hintoja 2000 -luvulla (taulukko 3).

Vertailussa käytetty pientalo rakennusvuosi on 2005, 180 m², neljän henkilön talous, talo sijaitsee Keski-Suomessa. Vuotuinen kokonaisenergiantarve 26 000 kWh, josta lämpimän käyttöveden osuus on 4 000 kWh. [14, s. 3.]

Taulukko 3. Lämmitysmuotojen energiakulut [15.]

| LÄMMITYSENERGIAN HINTAKEHITYS 2000–2013 | | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|
| | Hinta cent/kWh Tammikuu 2000 | Hinta cent/kWh Tammikuu 2013 | Hinnan nousu | Keskimääräinen hinnannousu/v |
| Öljy | 3,6 | 11,2 | 214 % | 10,00 % |
| Suorasähkö | 6,4 | 12,8 | 100 % | 6,00 % |
| Varaavasähkö | 5,5 | 12 | 118 % | 6,80 % |

Energian hinnan muutos vaikuttaa suuresti vertailuun. Se ei vaikuta investointeihin tai lämmitysenergian määrään. Lämmitysjärjestelmän valinnassa se tulee ottaa huomioon koska energian hinnat ovat jatkuvassa nousussa.

8.2 Vuotuiset kokonaiskustannukset

Sisältää laskenta-ajalle lasketun vuotuisen investoinnin ja koron sekä vuotuiset energiakustannukset (taulukko 4). Huoltokustannuksia ei ole huomioitu. [11]

Taulukko 4. Vuotuiset kokonaiskustannukset [11].

| VUOTUISET KOKONAISKUSTANNUKSET | | | | |
|--------------------------------|-------------|---------|----------|------------|
| | Investointi | Energia | Yhteensä | Hyötysuhde |
| Maalämpö | 1 344 € | 1 059 € | 2 403 € | 3 SPF |
| Sähkö/Tulisija | 269 € | 2 923 € | 3 192 € | 99 |
| Öljy/Tulisija | 605 € | 3 095 € | 3 700 € | 85 % |

SPF -luku on vuoden keskimääräinen lämpökerroin, joka on lämpöpumpulla tuotetun vuotuisen energian suhde lämpöpumpun sekä apulaitteiden vuotuisen sähkönkulutukseen. [10.]

Taulukko 5. Maalämpöpumppujen SPF -lukuja [10].

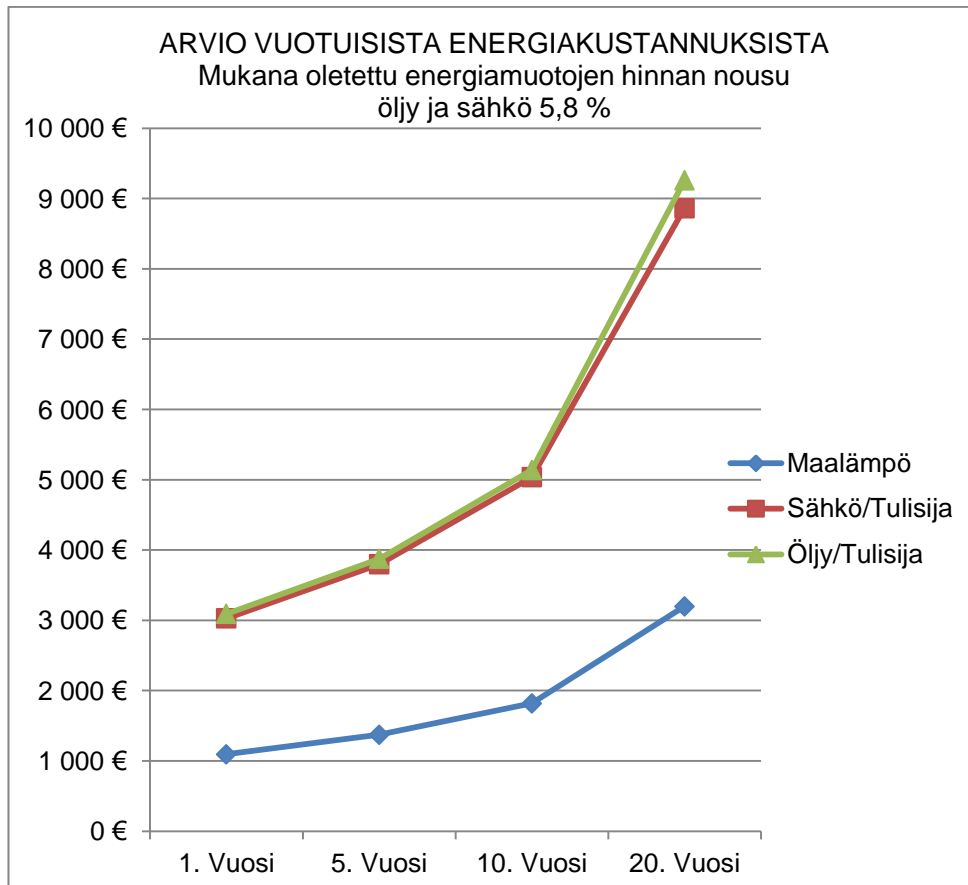
| Maalämpöpumppu max. Lämpötila (menovesi), °C | SPF -luku | |
|--|--|-----|
| | Vuotuisen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila °C | |
| | -3 | +3 |
| Tilojen lämmitys | | |
| 30 | 3,4 | 3,5 |
| 40 | 3 | 3,1 |
| 50 | 2,7 | 2,7 |
| 60 | 2,5 | 2,5 |
| Käyttöveden lämmitys | | |
| 60 | 2,3 | 2,3 |

Taulukossa esitetyt SPF -luvut ovat vuoden keskimääräisiä lämpökertoimia, joita voidaan käyttää vain silloin kun energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta.

8.3 Arvio vuotuisista energiakustannuksista 20 vuodelle

Öljyn hintakehitystä on vaikea ennustaa, todennäköisesti öljyn hinta nousee jatkossakin hetkellisestä hintojen tasaantumisesta huolimatta. Oletuksena on, että hinnankehitys olisi maltillisempaa teknologian kehityksen sekä uusiutuvien energian tuotantomuotojen käyttöönoton kasvun myötä.

Arviossa on käytetty öljyn ja sähkön vuotuisena nousuna 5,8 % (kuva 7).



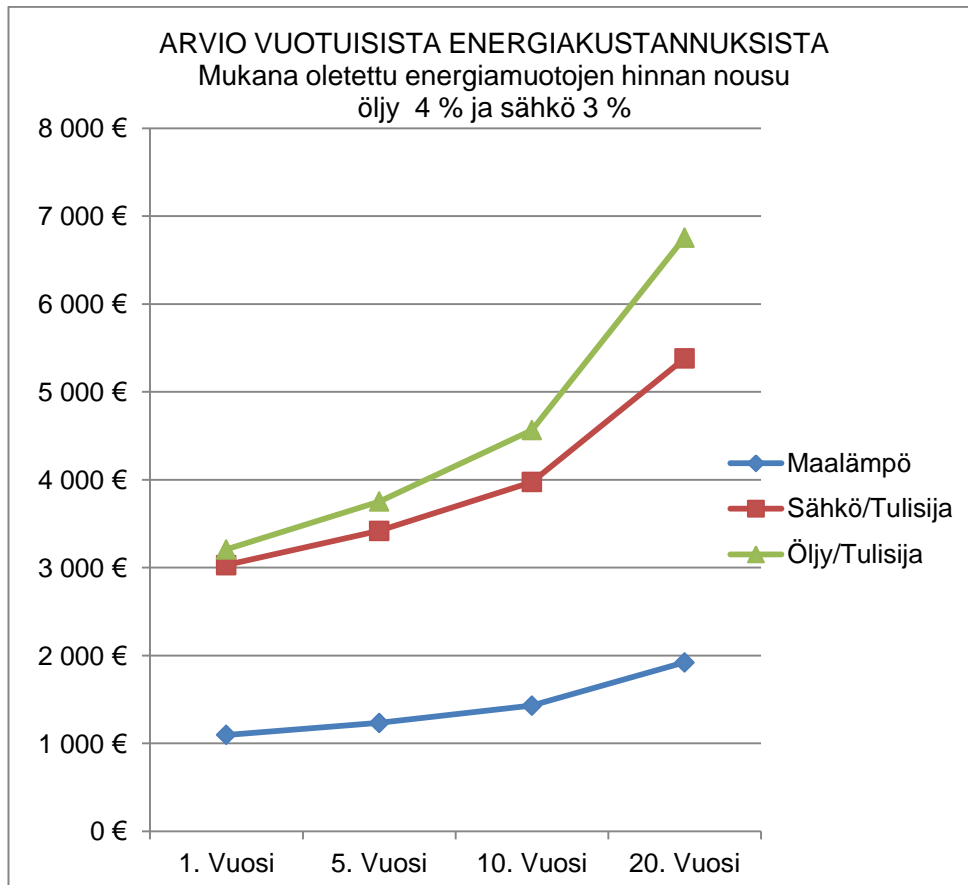
Kuva 7. Öljyn ja sähkön vuotuinen hinnan nousu 5,8 % [11].

Taulukossa 6 olevat luvut ovat arvioidut vuosittaiset energiakustannukset 5 vuoden välein 5,8 %:n arvioidulla hinnannousulla.

Taulukko 6. Arvio vuotuisista energiakustannuksista [11].

| ARVIO VUOTUISISTA ENERGIAKUSTANNUKSISTA | | | | |
|---|----------|----------|-----------|-----------|
| | 1. Vuosi | 5. Vuosi | 10. Vuosi | 20. Vuosi |
| Maalämpö | 1 096 € | 1 373 € | 1 820 € | 3 199 € |
| Sähkö/Tulisija | 3 029 € | 3 797 € | 5 036 € | 8 862 € |
| Öljy/Tulisija | 3 091 € | 3 874 € | 5 139 € | 9 256 € |

Arviossa on käytetty öljyn hinnan nousuna 4 %:a ja sähkön hinnan nousuna 3 %:a (kuva 8).



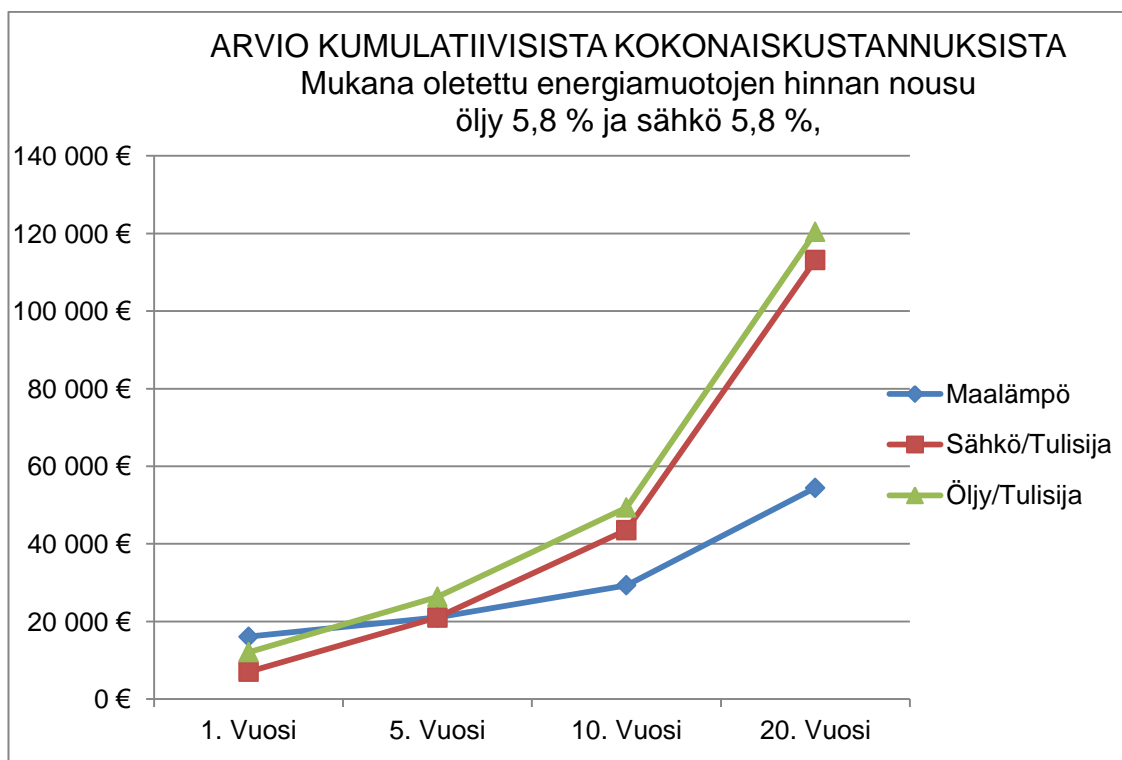
Kuva 8. Arvio vuotuisista energiakustannuksista [11].

Taulukossa 7 olevat luvut ovat arvioidut vuosittaiset energiakustannukset 5 vuoden välein öljyn 4 % ja sähkön 3 % arvioidulla hinnannousulla.

Taulukko 7. Arvio vuotuista energiakustannuksista [11].

| ARVIO VUOTUISISTA ENERGIKUSTANNUKSISTA | | | | |
|--|----------|----------|-----------|-----------|
| | 1. Vuosi | 5. Vuosi | 10. Vuosi | 20. Vuosi |
| Maalämpö | 1 096 € | 1 233 € | 1 430 € | 1 921 € |
| Sähkö/Tulisija | 3 029 € | 3 418 € | 3 975 € | 5 381 € |
| Öljy/Tulisija | 3 207 € | 3 751 € | 4 564 € | 6 756 € |

Kuva 9 sisältää investointikustannusten ja vuosittain tulevat energiakustannukset.

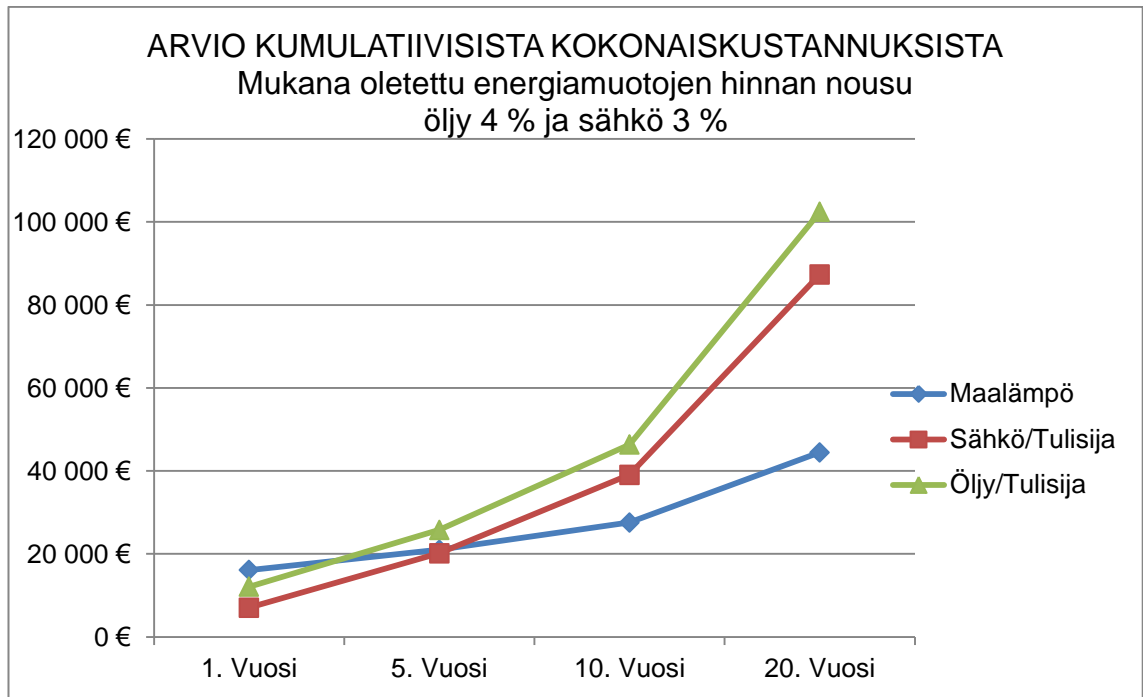


Kuva 9. Arvio kumulatiivista kokonaiskustannuksista [11].

Taulukossa 8 olevat luvut ovat arvioituja vuosittaisia energiakustannuksia 5 vuoden välein.

Taulukko 8. Arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista [11].

| ARVIO KUMULATIIVISISTA KOKONAISKUSTANNUKSISTA | | | | |
|---|----------|----------|-----------|-----------|
| | 1. Vuosi | 5. Vuosi | 10. Vuosi | 20. Vuosi |
| Maalämpö | 16 096 € | 21 010 € | 29 306 € | 54 451 € |
| Sähkö/Tulisija | 7 029 € | 21 010 € | 43 572 € | 113 203 € |
| Öljy/Tulisija | 12 095 € | 26 356 € | 49 380 € | 120 434 € |



Kuva 10. Arvio kumulatiivista kokonaiskustannuksista [11].

Taulukossa 9 olevat luvut ovat arvioituja vuosittaisia energiakustannuksia 5 vuoden välein.

Taulukko 9. Arvio kumulatiivisista kokonaiskustannuksista [11].

| ARVIO KUMULATIIVISISTÄ KOKONAISKUSTANNUKSISTA | | | | |
|---|----------|----------|-----------|-----------|
| | 1. Vuosi | 5. Vuosi | 10. Vuosi | 20. Vuosi |
| Maalämpö | 16 096 € | 21 010 € | 27 559 € | 44 438 € |
| Sähkö/Tulisija | 7 029 € | 20 144 € | 39 063 € | 87 363 € |
| Öljy/Tulisija | 12 091 € | 25 784 € | 46 341 € | 102 434 € |

9 Energiakaivon rakentamiseen liittyvät riskit ja ongelmatilanteet

Energiakaivojen ympäristöriskit liittyvät pääasiassa pohjaveteen. Pohjavesi voi pilaantua joko suoraan tai välillisesti esimerkiksi maaperän saastumisen kautta. Pohjaveden muutoksen riskiä aiheuttavat pinnalta valuvien hulevesien pääsy suoraan pohjaveteen puutteellisesti tiivistettyjen kaivorakenteiden tai suojaputkitusten takia.

Muita riskejä ovat energiakaivon poraaminen pilaantuneilla maa-alueilla, orsivesikerroksen puhkeaminen, porauksen aiheuttamat muutokset pohjavedenpinnan tasoissa ja veden laadussa sekä pohjaveden lämpötilamuutos. Rakennusvaiheessa voi aiheutua muitakin haittoja, kuten paineellisen pohjaveden tulviminen, porauspölyn lietteen haitallinen leviäminen tai radonpitoisuuden lisääntyminen. [13, s. 40.]

Lämpöpumppujärjestelmän yhtenä haasteena on maaputkiston ja energiakaivojen mitoitus. Putkiston pituus ja energiakaivojen syvyys on riippuvainen talon ja käyttöveden energian tarpeesta ja niiden lämpötiloista ja niiden lämpötiloista. [2, s. 56.]

10 Yhteenveto

Energian käyttäjien kannalta maalämpöpumppu on vaivaton ja helppokäyttöinen, sillä se vaatii vain vähän huoltoa ja tarkastustoimia. Maalämpöpumppujen suosio on kasvussa. Lämpöpumppuja myytiinkin vuonna 2014 yli 67 000 kpl. Lämpöpumppujen määrä kasvoi vuoteen 2013 verrattuna 10 %.[18.]

Maalämpöpumpun investointikustannukset ovat melko suuret, mutta käyttökustannukset ovat edulliset. Vastaavasti saneerauskohteiden investointi on suurempi kuin uudistalojen.

Lämpöpumpun etuna on sen energian tuotto. Vuonna 2014 investoitiin lämpöpumppuihin 400 M€. Ratkaisu tuottaa ympäristöystävällistä, edullista lähienergiaa omalta tontilta, omalla laitteistolla. Jäähdytys voi järjestyä samalla tekniikalla, huollon tarve on vähäinen. Energian korotukset koskevat vain sähköä, joka vie yhden kolmasosan lämmön tarpeesta.[18.]

Lämpöpumppu on kannattava sijoitus sekä uudisrakentamisessa ja saneerauksessa. Lämmityksen hinta on noin kolmasosa siitä kuin öljyllä tai sähköllä.

Hintavertailun perusteella nähdään, että maalämpö on edullisin lämmitysmuoto suurista alkuinvestoinneista huolimatta. Öljyyn ja sähköön verrattuna säästö muodostui lämmitysenergian hinnassa ja käytettävän energian kokonaishinnassa.

Lämpöpumppujen päästöjä arvioitaessa olennaista on, millä energialla lämpöpumpun käyttämä sähkö tuotetaan ja voidaanko lämpöpumpun ottamaa sähköenergiaa vähentää. Lämpöpumppujen käytön ilmastoystävällisyyttä voidaan parantaa tekemällä lämmönjakojärjestelmä rakennuksessa siten, että se toimii mahdollisimman pienellä lämpötilaerolla huonelämpötilaan nähden. Mitä pienempi on lämpötilan nostotarve, sitä parempi on lämpökerroin.

Lähteet

- 1 Geoterminen energia. 2014. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/geoterminen-energia>. Luettu 12.11.2014.
- 2 Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. 2014. Helsinki: Suomen insinööriliitto.
- 3 Maalämpöpumput. Lämpöpumpun toimintaperiaate 2014. Verkkodokumentti. <http://ivtturku.fi/lampopumpun-toiminta>. Luettu 14.11.2014.
- 4 Maaperä lämmönlähteenä. 2014. Verkkodokumentti. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. <http://www.sulpu.fi/maopera-lammonlahteenä>. Luettu 14.11.2014.
- 5 Porakaivo lämmön-lähteenä. Verkkodokumentti. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. <http://www.sulpu.fi/porakaivo-maalammont-lahteenä>. Luettu 15.11.2014.
- 6 Vesistö lämmönlähteenä. Motiva 2009. Verkkodokumentti. http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu. Luettu 15.11.2014.
- 7 Rakentaminen. Verkkodokumentti. Motiva. http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu. Luettu 16.11.2014.
- 8 Hanki hallitusti maalämpöjärjestelmä. 2011. Verkkodokumentti. Motiva. http://www.motiva.fi/files/4764/Hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.pdf. Luettu 16.11.2014.
- 9 Lämpöä omasta maasta. 2012. Verkkodokumentti. Motiva. http://www.motiva.fi/files/6058/Lampoa_omasta_maasta.pdf. Luettu 17.11.2014.
- 10 IVT Maalämpöpumput – Serena Oy. Verkkodokumentti. [Shttp://www.senera.fi/IVT Maalampopumput](http://www.senera.fi/IVT_Maalampopumput). Luettu 18.11.2014.
- 11 Motiva energialaskuri. Verkkodokumentti. <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/> Luettu 16.11.2014.
- 12 Juvonen Janne & Lapinlampi Toivo. 2013. Ympäristöopas 2013. Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. http://www.ym.fi/fiFI/Ajankohtaista/Julkaisut/YO_2013_Energiakaivo%2824946%29. 15.3.2013 Luettu 17.11.2014.
- 13 Suomen uusiutuva energia. 2009. Verkkodokumentti. <http://www.uusiutuva.fi/perustietoa-maalammosta/lammonkeruujarjestelma.aspx>. Luettu 18.11.2014.
- 14 Nilan Suomi Oy. COP vs. SCOP hyötysuhteiden erot. Verkkodokumentti. <http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>. Luettu 9.12.2014.
- 15 Seppänen Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI liitto ry.

- 16 Lämpöpumppujen laskentaopas 3.10.2012. Verkkodokumentti. www.ym.fi/download/noname/%7B10A732A6-EA2F-45F9.../30757. Luettu 9.12.2014.
- 17 Geodrill Oy. Verkkodokumentti. <http://www.geodrill.fi/> Luettu 9.12.2014.
- 18 Lämpöpumppujen myyntimäärät kasvoivat. Verkkodokumentti. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. http://www.sulpu.fi/-/lampopumppujen-myyntimaarat-kasvoivat-vuonna-2014?redirect=http%3A%2F%2Fwww.sulpu.fi%2Fhome%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_WAsJkplJYlg7%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3D_118_INSTANCE_F80iMVThU0Yx__column-1%26p_p_col_count%3D1 Luettu 10.2.2015