



Jaakko Laurila

OMAKOTITALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN

OMAKOTITALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN

Jaakko Laurila
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma, Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Jaakko Laurila

Opinnäytetyön nimi: Puulämmitteisen omakotitalon lämmitysjärjestelmän uusiminen

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 45 + 4 liitettä

Työn tarkoitus oli etsiä sopivin lämmitysmuoto vanhan puulämmitysjärjestelmän tilalle. Ongelmana on tähän asti ollut vanhanaikainen ja huonolla hyötysuhteella toimiva puukeskuslämmityskattila. Polttopuita palaa paljon ja kattilan lämmitys ja huolto on vaivalloista. Nykyisen lämmitysjärjestelmän hyötysuhde selvitettiin mittauksin.

Työssä käsitellään vaihtoehtoisina lämmitysjärjestelminä maalämpöä, öljylämmitystä, sähkölämmitystä ja uutta ekologista puulämmitystä sekä aurinkolämpöä. Pääasiassa käsittelyssä on maalämpö, koska se on todennäköisin vaihtoehto uutta järjestelmää valittaessa. Kaukolämpöä ei käsitellä, koska sitä ei ole saatavana tällä alueella.

Työn tulos oli että tähän rakennukseen tulee uudeksi päälämmitysjärjestelmäksi maaalämpö. Maalämmöllä on alhaisimmat käyttökustannukset, ja siihen pystytään laittamaan tukilämmitysjärjestelmiä lisäksi, jonka vuoksi se valittiin uudeksi päälämmitysjärjestelmäksi. Tukilämmitysjärjestelmäksi laitetaan aurinkokerääjät ja takan tilalle rakennetaan vesikiertoinen takka.

Asiasanat: lämmitysjärjestelmä, lämmitysenergia, lämmityskattila, polttoaine

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 PUUKATTILAT	7
2.1 Yläpalokattila	8
2.2 Alapalokattila	10
2.3 Käänteispalokattila	12
2.4 Pellettilämmitys	14
3 PUULÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MITTAUSMENETELMÄT	15
3.1 Savukaasuhäviöt	15
3.2 Kattilahäviöt	16
3.3 Tuhkahäviöt	16
3.4 Suora mittaus	16
3.5 Tehon perusteella mitattu energia	16
4 MUITA LÄMMITYSJÄRJESTELMIÄ	18
4.1 Öljylämmitys	18
4.2 Sähkölämmitys	18
4.2.1 Suora sähkölämmitys	19
4.2.2 Varaava sähkölämmitys	20
4.3 Tukilämmitysjärjestelmät	21
4.3.1 Ilmalämpöpumppu	21
4.3.2 Ilma-vesilämpöpumppu	22
4.3.3 Takat, uunit ja muut tulipesät	22
4.4 Maalämpö	22
4.5 Aurinkolämmitys	23
5 NYKYISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TESTAUS	25
5.1 Suora hyötysuhde	25
5.1.1 Hyötysuhde tehosta laskettuna	26
5.1.2 Hyötysuhde säiliön keskilämpötilan muutoksesta laskettuna	26
5.2 Epäsuora hyötysuhde	27

6 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	30
6.1 Maalämpöjärjestelmä	30
6.2 Maalämmön mitoitus	30
6.3 Vaakakeruupiiri	34
6.4 Porakaivo	34
6.5 Hybridijärjestelmän suunnittelu maalämmön rinnalla	34
7 KUSTANNUSVERTAILU	36
7.1 Puukeskuslämmitysjärjestelmä	36
7.2 Maalämpö	38
7.3 Käyttökustannukset maalämpöjärjestelmällä	38
7.3.1 Maakeruuputkisto	39
7.3.2 Porakaivo	40
7.4 Sähkölämmitysjärjestelmä	40
7.5 Yhteenveto kustannuksista	40
8 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	43
LIITTEET	45

1 JOHDANTO

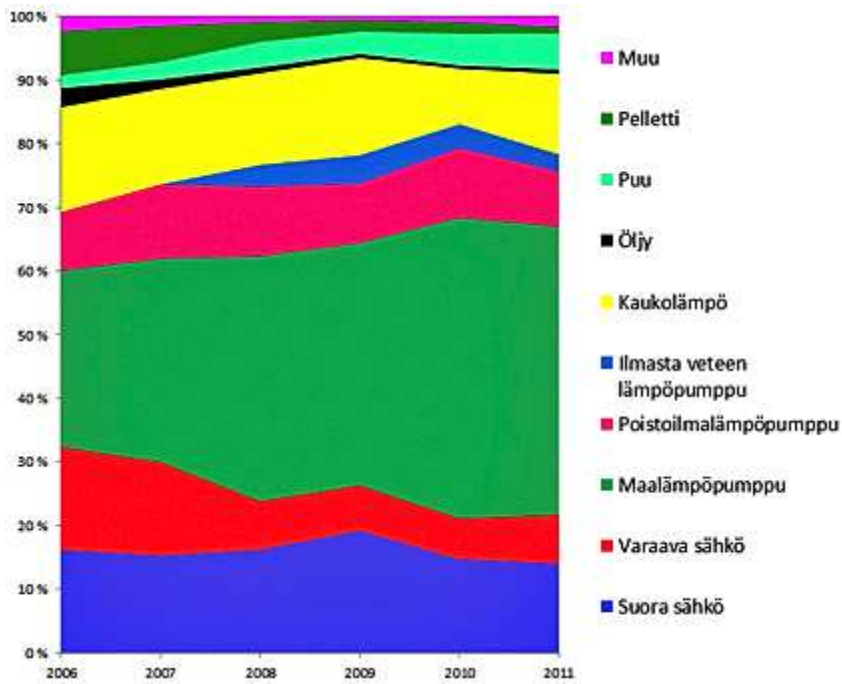
Työssä selvitettiin eri lämmitysjärjestelmävaihtoehtoja omakotitalon vanhan puulämmitysjärjestelmän tilalle. Työssä laskettiin uuden järjestelmän investointikustannukset. Uusi lämmitysjärjestelmä voi olla uusi puulämmitys-, maalämpö- tai sähkölämmitysjärjestelmä, ja vertailtiin käyttökustannuksia uuden ja vanhan järjestelmän välillä. Tukilämmityksenä työn kohteessa on aurinkolämpö.

Pelletti- ja öljylämmitysjärjestelmästä kerrotaan vain vähän taustatietoa eikä niitä ole laskelmissa mukana, koska niitä ei tulla valitsemaan missään tapauksessa uudeksi päälämmitysjärjestelmäksi. Kaukolämpöä ei käsitellä tässä työssä ollenkaan, koska sitä ei ole saatavilla kyseisellä alueella. Työn tilaaja on työn tekijä itse.

2 PUUKATTILAT

Puulämmitys on yleisesti käytetty lämmitysmuoto Suomessa etenkin tukilämmitysjärjestelmänä, mutta päälämmitysjärjestelmänä sen markkinaosuus uusissa omakotitaloissa on vain noin 8 % (kuva 1). Se on ekologista ja ympäristöystävällistä, kun tulipesät ovat nykyaikaisia ja oikein suunniteltuja. Varaavat takat ja leivinuunit ovat vuosisatoja vanhoja keksintöjä ja kehittyneet sitä mukaa, kun kehitys ja teknologia ovat menneet eteenpäin. Puulämmitys on täysin kilpailukykyinen kaikkien muiden lämmitysjärjestelmien rinnalla, vaikka se vaatii enemmän työtä kuin mikään muu lämmitysmuoto. (1, s. 1.)

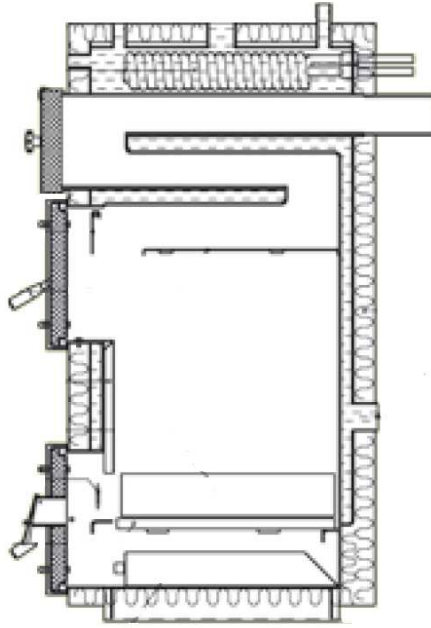
Puukeskuslämmityskattila toimii puulla tai pelletillä. Kun puupolttoaine palaa, sen sisältämä lämpöenergia vapautuu ja siirtyy kattilassa olevaan veteen. Kattilassa kuumennettu vesi siirretään pumpun avulla lämminvesivaraajaan tai suoraan lämmitysverkostoon. Puulämmitysjärjestelmä vaatii aina varaajan, jos kattila toimii pilkkeillä, mutta pellettikattila vaatii toimiakseen vain käyttövesivaraajan. Puukattilat ryhmitellään kolmeen eri pääryhmään puunpolttotavan mukaan: alapalokattila, yläpalokattila ja käänteispalokattila. (2, s. 109–112.)



KUVA 1 Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus uusissa pientaloissa 2006 – 2011 (3. s, 1.)

2.1 Yläpalokattila

Yläpalokattilassa ei ole samalla tavalla polttoainevarastoa eli varastopesää kuin alapalo- ja kääteispalokattilassa, vaan koko polttoainereservin on samanaikaisesti oltava kokonaan tulessa. Kuvassa 2 näkyy periaate yläpalokattilasta.



KUVA 2 Yläpalokattila Jäspi YPV 40 (4, s. 2)

Tästä syystä yksi pesällinen ei pala niin kauan kuin alapalo- tai kääteispalokattilassa. Kun kaikki polttoaine ei ole samanaikaisesti tulella, palamattomia polttoainehiukkasia ja kaasuja pääsee savukaasujen mukana ilmakehään. Yleensä yläpalokattiloissa on polttoaineen täyttöluukku kattilan sivussa. Aina kun polttoainetta lisätään kattilaan, on luukku aukaistava ja kylmää ilmaa pääsee suoraan palotilaan jäähdyttäen tulipesää. Myös polttoaineen palaminen muuttuu hetkellisesti epätäydelliseksi koska uusi polttoaine heitetään vanhan palavan kerroksen päälle, polttoaine on kylmää ja kestää hetken, ennen kuin se lämpiää ja syttyy kunnolla. Tällä tavoin pääsee savukaasujen mukana energiaa savupiippuun. Yläpalokattilassa käy aina näin, kun polttoainetta lisätään. Polttoainetta ei saa kuitenkaan lisätä kattilaan niin paljon, että se on täynnä. Palamisprosessille on jätävä riittävästi palotilaa kattilan yläosaan, tai muuten kaikki palokaasut eivät ehdi palaa tulipesässä, vaan lähtevät palamattomina savupiippuun. Kattilan hyötysuhde laskee, koka tulipesän kuormitus kasvaa liikaa. (2, s. 114–116.)

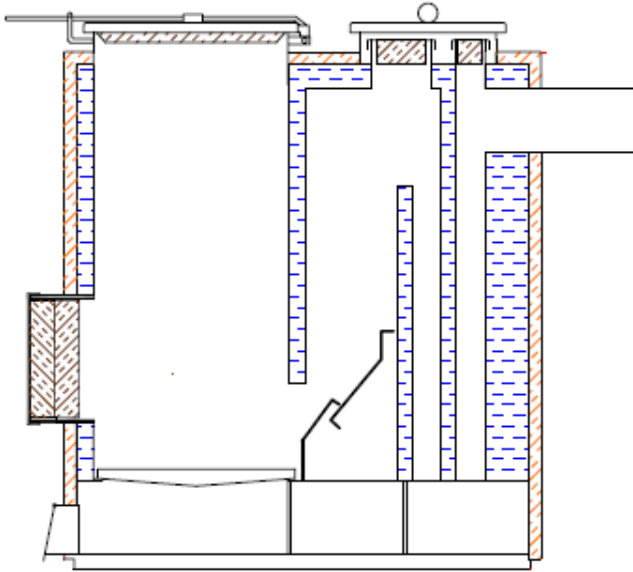
Yläpalokattilassa lämmitysteho vaihtelee sen mukaan, missä vaiheessa polttoprosessi on. Alussa lämmitysteho on korkeimmillaan, koska polttoainetta on paljon. Loppua kohden lämmitysteho kuitenkin pienenee sitä mukaa, kun polttoaine vähenee kattilan tulipesässä. (2, s. 114–116.)

Jos arinan alle syötetään iso määrä primääri-ilmaa, kattilan lämmitysteho kasvaa suuresti. Tällä saadaan paljon tehoa kattilasta, mutta hyötysuhde laskee jos, tulipesän päälle ei saada tarpeeksi sekundääri-ilmaa polttamaan palamattomia kaasuja. Näin ollen kattilaa kannattaa polttaa pienehköllä ilmamäärällä, jotta kattilan hyötysuhde ei laskisi. (2, s. 114–116.)

Yläpalokattilassa tuhka valuu arinan läpi kattilan alaosaan, josta se on helppo poistaa aina ennen lämmitystä. Arina on kestävä, koska se saa hyvin jäähdytysilmaa sen läpi menevästä primääri-ilmasta. Arina voi kuitenkin kulua puhki nopeastikin, jos tuhkaa ei poisteta, ennen kuin se koskettaa arinan alapintaa. Jos tuhka koskettaa arinaa, tämä arinan osa ei saa jäähdytystä ja sulaa nopeasti muodottomaksi, ja arina täytyy vaihtaa. (2, s. 114–116.)

2.2 Alapalokattila

Alapalokattilassa kiinteä polttoaine laitetaan yläkautta kattilassa olevaan varastopesään, joka on vesivaipan ympäröimä. Varastopesän alaosa muodostaa varsinaisen tulipesän, jossa polttoainetta poltetaan. (Kuva 3.) Palamisilmaa eli primääri-ilmaa syötetään arinan alta palavan polttoainekerroksen alaosaan. Kaasut ja palavat ainehiukkaset jatkavat palamistaan tulipesässä sen jälkeen, kun ne ensin ovat syttyneet. (2, s. 112–114.)



KUVA 3. Alapalokattila Vetoalatakkari (5, s. 2)

Alapalokattilassa puun syöttö tapahtuu automaattisesti sen jälkeen, kun puut on varastopesään laitettu. Sitä mukaa kun puut palavat arinan päällä, varastopesästä valuu uutta polttoainetta tilalle. Palaminen jatkuu niin kauan, kuin polttoainetta varastopesässä riittää. Puita voi myös lisätä kesken polton varastopesään, jos yhdellä pesällisellä ei saa tarpeeksi lämpöä varastoitua lämminvesivaraajaan. Puun lisäämisessä täytyy muistaa varoa, ettei savukaasuja pääse pannuhuoneen sisäilmaan. Näin voi tapahtua, jos luukun avaa liian nopeasti tai jos polttoaine ei ole tasalaatuista vaan karkeaa. Vetoa kannattaa lisätä ennen luukun aukaisemista, että vältetään turhalta savujen tuprahtelulta. (2, s. 112–114.)

Yksi alapalokattilan etu on se, että varastopesässä oleva polttoaine esilämpenee sen ympärillä olevan lämpimän vesivaipan ja alapuolella palavan polttoaineen ansiosta. Tämä lisää merkittävästi polttoaineesta saatavaa hyötysuhdetta ja edistää polttoaineen syttymistä sen tullessa varastopesän alaosaan. (2, s. 112–114.)

Alapalokattilassa puusta haihtuvat palavat kaasut joutuvat kulkeutumaan palamisvyöhykkeen läpi. Kaasut kuumenevat erittäin nopeasti omaan syttymislämpötilaansa eli syttymispisteeseen, ja tämän jälkeen ne palavat puhtaasti ja luovuttavat viimeisetkin energiat pois ja nostavat voimakkaasti kattilan läpötilaa. On erittäin tärkeää, että palavat kaasut saadaan poltettua pois, ennen kuin ne pääsevät kulkeutumaan kylmien jälkitulipintojen vyöhykkeelle, sillä siellä ne eivät enää palakaan, vaan pääsevät palamattomina savukaasujen mukana taivaalle. Jos näin pääsee tapahtumaan, se heikentää paljon kattilan kokonaishyötysuhdetta sekä nokeennuttaa jälkipolttopintoja. (2, s. 112–114.)

Arinan alapuolelta syötetty ilma antaa myös sen edun, että arinan läpi putoavat pienet polttoainehiukkaset palavat kuumen tuhkakerroksen päällä kokonaan loppuun, ja tätäkään kautta ei siten synny ylimääräisiä häviöitä. (2, s. 112–114.)

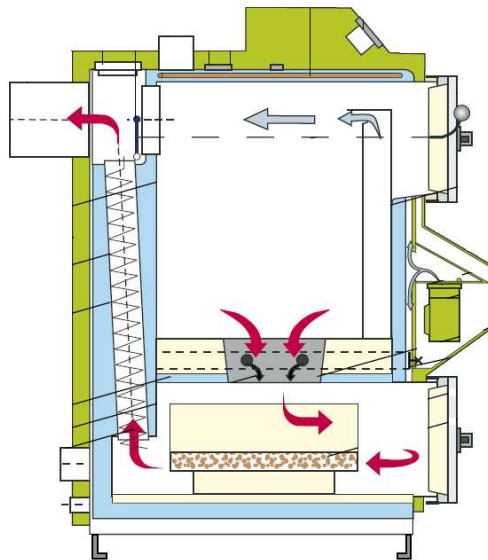
Arinan alapuolella on tuhkatila, jonne tuhka kerääntyy lopuksi. Tuhkatila on yleensä tehty tulenkestävästä massasta tai tiilistä. Massa ja tiili kestävät, koska tuhka on emäksistä eikä näin ollen syövytä tuhkapesää. Massaus tai tiili myös suojaavat kattilan pohjaa lämmityksen alkuvaiheessa, sillä puusta valuva syövyttävä vesi valuu kattilan pohjalle. (2, s. 112–114.)

Arinan alapuolelle syötettävä primääri-ilma eli ensiöilma ei riitä polttamaan täydellisesti kaikkia palamiskaasuja, vaan polttaminen vaatii aina lisäilmaa eli sekundääri-ilmaa. Sekundääri-ilma johdetaan varsinaisen palamisprosessin jälkeiseen lieskapesään, jossa ilma ja palavat kaasut sekoittuvat hyvin ja palavat puhtaasti pois. (2, s. 112–114.)

2.3 Käänteispalokattila

Käänteispalokattila ei periaatteeltaan poikkea paljon alapalokattilasta. Siinä on samanlainen varastopesä kuin alapalokattilassa, eli kattilan yläpuolella on täyttöluukku, josta polttoaine syötetään varastopesään. Kattilan pohjalla siilon alapäässä on arina, jonka päällä polttoaine palaa. Polttoaine palaa arinan päällä siten, että liekit menevät arinan läpi joko kokonaan tai osittain. Palamisilma eli primääri-ilma kulkeutuu huokoisen polttoainekerroksen läpi. Huonona puolena

tässä on se, että polttoaine pysyy viileänä, ennen kuin se siirtyy palavaan kerrokseen arinan päälle. (Kuva 4.) Yleensä ottaen polttoaineesta saatava hyötysuhde olisi korkeampi, jos polttoaine olisi esilämmitettyä. Kattilassa oleva arina joutuu kovalle koetukselle, koska se on jatkuvasti liekkiänsä ympäröivällä ja käynnin ollessa todella kuumana. Arinan on oltava tulenkestävää terästä, mutta se on silti herkimmin vioittuva osa kattilassa. Kun kattila toimii oikein ja normaalisti eli polttoaine kaasutetaan arinan yläpuolella ja poltetaan vasta arinan alapuolella olevassa tulipesässä, arina kyllä kestää. (2, s. 116–117.)



KUVA 4 Käänteispalokattila Termax Natura (6, s. 4)

Käänteispalokattilan heikoin kohta on arina. Jos kattilaan tulee syöttöhäiriö eli puut menevät ristiin varastopesässä, tuli siirtyy ylemmäksi arinan päälle ja palaminen tapahtuu arinan yläpuolella. Sen jälkeen arina alkaa lämmitä liian kuumaksi ja joutuu valkohehkuiseen tilaan, jossa se on vaarassa palaa puhki tai vääntyä muodottomaksi. (2, s. 116–117.)

Käänteispalokattilaan johdettava sekundääri-ilma menee arinan alapuolelle ja sekoittuu palavaan kaasuun, millä varmistetaan täydellinen loppuun palaminen. Arinan alapuolella on tuhkatila, jonne tuhkat putoavat palamisen jälkeen. Jos tuhkatilan päälle putoaa isompia puunkappaleita, ne palavat loppuun kuuman tuhkan ja sekundääri-ilman ansiosta. (2, s. 116-117.)

Polttoainekerroksen läpi on saatava iso ilmavirta, jotta palaminen tapahtuu kunnolla. Huonolla vedolla poltto heikkenee ja kattilahuoneeseen tulee savua säätöpeltien kautta. Käänteispalokattiloissa on usein käytetty savukaasuimuria vedon parantamiseksi. (2, s. 116-117.)

2.4 Pellettilämmitys

Pelletti on perinteiseen polttopuuhun verrattuna hieman erilaista, vaikka se on puusta tehtyä. Sen kosteus on noin 8–10 %, kun perinteisen polttopuun kosteus on noin 20 %. Pelletissä on myös pienempi tuhkapitoisuus eli vain 0,5 %. Puupelletissä on energiaa 4,7–5,0 kwh/kg, eli se sisältää hieman enemmän energiaa kuin koivuhalko. Pelletti on valmistettu sahanpurusta tai kutterin purusta, joka on puristettu lieriön muotoiseen tiiviiseen pakettiin. (7, s. 75.)

Pelletti vaatii aina polttimen palaakseen kunnolla. Pellettipoltin varustetaan varastosiilolla, josta ruuvi työntää pelletit pellettipolttimeen. Pellettiä palaa normaali omakotitalossa noin 4–5 tonnia vuodessa. Pellettipoltin voidaan jälkiasentaa useimpiin eri puukattiloihin puulämmityksen tilalle. Parhaiten se sopii yläpaloiseen puukattilaan asennettavaksi. Pellettipoltin tulee asentaa siten, että polttimen liekki ei saa osua kattilan seinämään, koska se voi polttaa reiän ja kattila menee rikki. (7, s. 75.)

3 PUULÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MITTAUSMENETELMÄT

Puukeskuslämmityskattilasta voidaan mitata hyötysuhdetta kahdella eri menetelmällä, suoralla ja epäsuoralla menetelmällä.

Hyötysuhteen laskeminen epäsuoralla menetelmällä tarkoittaa, että savukaasuista mitataan kaasupitoisuudet ja siitä lasketaan hyötysuhde. Epäsuorassa menetelmässä täytyy tuntea polttoainekoostumus. Savukaasuista määritetään häviöt, sidotut ja vapaat häviöt, kattilasta mitataan pintalämpötilat ja siitä lasketaan kattilahäviöt ja tuhkasta määritetään tuhkahäviöt. Kaikki häviöt lasketaan yhteen ja näin saadaan kokonaishäviöt laskettua. Hyötysuhde saadaan, kun 100 %:sta vähennetään häviöt.

Hyötysuhteen laskeminen suoralla menetelmällä tarkoittaa, että lasketaan kattilaan syötetty energia ja mitataan veteen hyödyksi saatu energia. Menetelmässä täytyy tuntea polttoaineen alempi lämpöarvo. Hyötysuhde saadaan, kun verrataan hyödyksi saatua energiaa syötettyyn energiaan.

3.1 Savukaasuhäviöt

Savukaasuanalysointorilla mitataan savukaasujen eri pitoisuuksia. Laite ilmoittaa prosentteina pitoisuudet hiilimonoksidista eli häkäkaasusta (CO), hiilidioksidista (CO₂), hapesta (O₂) sekä savukaasun lämpötilan. Savukaasujen pitoisuuksia seuraamalla voidaan laskea palamisen hyötysuhdetta. Palamisen hyötysuhde tarkoittaa sitä, kuinka paljon puun sisältämästä lämpöenergiasta poistuu savukaasujen mukana palamattomina kaasuina ja kuumana savukaasuna savupiipun kautta ilmakehään. Menetelmä edellyttää puun alkuainepitoisuuden tuntemusta. Myös savupiippuun pääsee savukaasujen mukana paljon lämpöä hukkaan. Savukaasun lämpötilaa voi pienentää pienentämällä kattilasta vetoa, mutta vedon pienentäminen eli ilmamäärän pienentäminen heikentää palamista, ja sidottujen häviöiden osuus nousee.

3.2 Kattilahäviöt

Puukattilassa on useita eri lämpöhäviöitä. Kattilan sivut, kansi ja pohja ovat lämmityksen aikana lämpimiä, joten niistä tulee kovektion ja säteilyn myötä lämpöhäviöitä.

3.3 Tuhkahäviöt

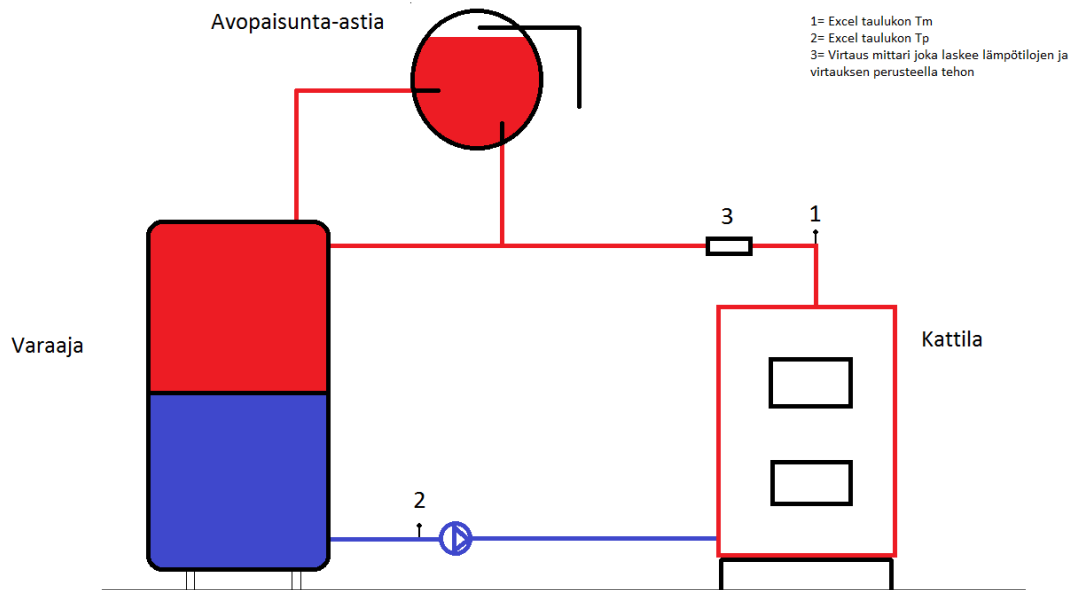
Puukattilassa on myös tuhkahäviöitä, mutta niitä ei tässä työssä mitattu, vaan käytettiin tavanomaista häviö- %:a.

3.4 Suora mittaus

Varaajan keskilämpötilan muutoksen perusteella voidaan mitata, kuinka paljon energiaa varaajaan saadaan lämmityksen aikana. Varaajaan asennetaan noin 20 cm:n välein pystysuunnassa lämpötila-antureita, joista menee tieto mittarille. Mittarista otetaan lukemat ylös ennen kokeen alkua, kuten liitteessä 2 näkyy. Kokeen aikana lukemat kirjataan ylös, vaikka se ei ole välttämätöntä lopputuloksen kannalta. Loppulukemista otetaan ylös keskilämpötila. Alku- ja loppulämpötilojen muutoksen perusteella kaavojen avulla voidaan laskea lämpöenergia, joka on saatu talteen. Hyödyksi tullutta lämpöenergiaa verrataan kattilaan syötettyyn energiaan, joka saadaan, kun tunnetaan syötetyn polttoaineen määrä ja polttoaineen alempi lämpöarvo.

3.5 Tehon perusteella mitattu energia

Kattilalaitokseen on asennettava virtausmittari putken väliin ja meno- ja paluulämpötila anturit. Mittari laskee virtauksen ja lämpötilaeron avulla energian, joka siirtyy kattilasta varaajaan. Kuvassa 5 näkyy periaate, miten mittalaitteet on asennettava kattilan ja varaajan väliin.



KUVA 5. Puulämmitysjärjestelmän periaatekuva

4 MUITA LÄMMITYSJÄRJESTELMIÄ

4.1 Öljylämmitys

Suomessa on noin 300 000 kiinteistöä, joiden päälämmitysjärjestelmä on öljylämmitys. Tutkimusten mukaan näissä rakennuksissa asuvat ihmiset ovat tyytyväisiä lämmitysjärjestelmäänsä. Nykyajan öljylämmityslaitteisto on pienikokoinen, tehokas ja helppokäyttöinen. Huoltoa öljylämmityslaitteisto vaatii vain noin kerran vuodessa, jolloin polttimen suuttimet tarkistetaan, sytytyskärjet puhdistetaan ja kattilan oikeanlainen toiminta tarkistetaan, kattila nuohotaan ja palamisilmamäärä säädetään. Yleensä öljyä on tilattava keskimäärin noin kerran vuodessa. Öljysäiliö on tarkastettava 5–10 vuoden välein. Savupiippu on nuohottava kerran vuodessa, mutta sen hoitaa aina paikallinen nuohooja. Näistä seikoista johtuen öljylämmitys on erittäin vaivaton ja luotettava lämmitysmuoto, mutta öljyn koko ajan nousussa oleva hinta ja ympäristöpolitiikka heikentävät sen markkinaosuutta. (7, s. 55–58.)

4.2 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys on Suomessa jo kolmekymmentävuotta vanha perinne. Se saavutti markkinajohtajan aseman melkein heti saavuttuaan markkinoille, ja se on edelleen markkinajohtaja pientalojen lämmitysmuotona. Tähän tilanteeseen on selvä syy: sähkölämmitys on halvin alkuinvestoinniltaan ja siinä on kohtuullisen hyvä hinta/laatusuhde. Sen saatavuus on hyvä ja se on erittäin varmatoiminen ja helppokäyttöinen. (10, s. 3.)

Sähkölämmityksen perusajatus on sähkön muuttaminen lämmöksi. Sähkössä ei ole häviöitä ollenkaan asiakkaan kannalta katsottuna, vaan kaikki mitattu sähköenergia muuttuu lämmöksi. Tästä syystä sähkölämmityksen perusajatus on säilynyt samana koko sen historian ajan. (10, s. 3.)

4.2.1 Suora sähkölämmitys

Suora sähkölämmitys on helppohoitoisin ja vähiten tilaa vaativa. Siinä huonetilaa lämmitetään huoneessa olevalla sähkölämmittimellä, esimerkiksi sähköpatterilla, lattialämmityskaapelilla tai kattolämmityksellä. Lämmitystä ohjataan huonekohtaisella termostaatilla. Suorasähkölämmityksen suurin etu muihin lämmitysmuotoihin nähden on sen pieni tilan tarve. Erillistä kattilahuonetta ei tarvita, vaan jokaiseen lämmitettävään tilaan tulee lattialämmityksessä vain valokatkaisijan kokoinen huonetermostaatti seinälle (kuva 7) tai patterilämmityksessä patterin mukana oleva termostaatti (kuva 6), ei muuta.

Suora sähkölämmitys on myös halvin alkuinvestoinniltaan, minkä vuoksi se on houkutteleva vaihtoehto rakennusvaiheessa. Suorasähkölämmitys on myös erittäin luotettava. Komponentit kestävät kauan ja niille ei tarvitse tehdä mitään huoltotoimenpiteitä koko elinkaarensa aikana. Lämmitysmuodon vaihtaminen on vaikeaa, koska mitään valmiuksia muille lämmitysmuodoille ei yleensä tehdä. Monesti suorasähkölämmityksen rinnalla onkin varaava takka, leivinuuni tai ilmalämpöpumppu pienentämässä energialaskua pakkaskausilla sekä varalämmitysjärjestelmänä sähkökatkosten varalta. (11, s. 211–213.)



KUVA 6 Sähköpatteri (12, s. 1)



KUVA 7 Ensto lattialämmitystermostaatti (13, s. 1)

4.2.2 Varaava sähkölämmitys

Lämpöä voidaan varata sähkölämmityksessä esimerkiksi vesivaraajaan tai lattiabetoniin rytmittaisellä lämmityksellä eli yösähköllä. Varausaika on yleensä noin 8–9 tuntia vuorokaudessa, ja varaus puretaan vuorokauden aikana pois ja

ladataan taas seuraavana yönä. Varauksen purkaminen pitäisi kestää noin 16 tuntia. (10, s. 69.)

Massavaraajat on yksi varaava sähkölämmitysmuoto. Massavaraajiin varastoidaan lämpöä yösähköllä. Esimerkiksi 20 m² huoneen lämmitystä varten tarvitaan 640*670*260 mm:n (leveys*korkeus*syvyys) kokoinen lämmitin, jota ladataan vain yösähköllä. Tämän kokoiseen massavaraajaan mahtuu lämmitysenergiaa 16 kWh. Tämä riittää 1 kW:n tehoon 16 tunnin ajan, eli se riittää hyvin tämän kokoiseen huoneeseen. Omakotitalossa tällainen lämmitin pitää sijoittaa jokaiseen huoneeseen, eikä se sovellu toimintatapansa vuoksi keskuslämmitysjärjestelmäksi. (10, s. 155.)

Varaava vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä sopii keskuslämmitysjärjestelmäksi. Sellainen on esimerkiksi vesikiertoinen lattialämmitys, joka saa lämpöenergiansa lämminvesivaraajasta, joka lämpiää sähkövastuksilla yösähkön aikaan. Vesikiertoinen lattialämmitys on parempi ratkaisu kuin sähkökaapeleilla tehty lattialämmitys, koska vesikiertoisen voi myöhemmin muuttaa moneksi eri lämmitysmuodoksi.

4.3 Tukilämmitysjärjestelmät

Tukilämmitysjärjestelmiä käytetään päälämmitysjärjestelmän rinnalla tukemaan pakkashuippujen aikaan rakennusten lämmitystä. Varaava takka ja leivinuuni ovat perinteisimmät tukilämmitysjärjestelmät. Nykyään tukilämmityksenä käytetään myös ilmalämpöpumppua ja aurinkolämitystä.

4.3.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin maalämpöpumppu, sillä erolla että ilmalämpöpumppu ottaa energiansa ulkoilmasta. Ilmalämpöpumpun etu maalämpöön nähden on, että sille ei tarvitse porata kaivoa eikä kaivaa maaputkistoa. Energia otetaan suoraan ulkoilmasta. Ilmalämpöpumpun asennus on nopeaa, ja se on suhteellisen halpa investointi. Ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika suorasähkölämmitystalossa on noin 3 - 4 vuotta.

Ilmalämpöpumpun huono puoli on kuitenkin se, että sen hyötysuhde laskee sitä mukaan kun ulkolämpötila laskee. Noin -20°C :ssa ilmalämpöpumpun COP eli lämpökerroin on noin 1. Jos ulkolämpötila laskee alle -20°C , ilmalämpöpumppu kuluttaa enemmän sähköenergiaa kuin luovuttaa lämpöenergiaa. Tästä syystä ilmalämpöpumppu ei voi olla päälämmitysjärjestelmänä, koska sen toiminta-alue rajoittuu noin -20°C :seen. Ilmalämpöpumpun huono puoli on myös se, että sillä ei voi jakaa lämpöä kuin siihen huonetilaan, minne se on asennettu. Ilmalämpöpumpuissa on kuitenkin yleensä jäähdytysmahdollisuus, joka tuo mukavuutta asumiseen kesällä.

4.3.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa energiansa ulkoilmasta aivan kuten ilmalämpöpumppukin, mutta lämmönluovutus tapahtuu lämminvesivaraajaan, josta se puretaan taloon jonkin vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän kautta. Ilma-vesilämpöpumppu on parempi kuin ilmalämpöpumppu kahdessa asiassa: Lämpöä voi jakaa koko rakennukseen, eli se sopii keskuslämmitysjärjestelmäksi. Lisäksi sillä voi lämmittää käyttövettäkin, mitä ei ilmalämpöpumpulla voi tehdä. Ilma-vesilämpöpumppuilla on toiminta-alue kuitenkin vain noin -20°C :seen. Vesi-ilmalämpöpumpun vuotuinen COP on huonompi kuin ilma-ilmalämpöpumpun.

4.3.3 Takat, uunit ja muut tulipesät

Takka ja leivinuuni ovat erittäin hyviä tukilämmitysjärjestelmiä muun lämmitysjärjestelmän rinnalla. Ne tuovat taloon mukavaa lämpöä kovilla pakkasilla, ja energialaskussa säästää polttamalla puita tulipesässä. Tulisijat ovat hyvä turva talon lämmitykselle pitkien sähkökatkosten aikana tai muissa kriisitilanteissa, jolloin energiaa ei ole ulkopuolelta saatavissa.

4.4 Maalämpö

Lämpöpumppu on pitkälle kehitetty, energiataloudellinen lämmityslaite, jolla siirretään lämpöenergiaa alemmasta lämpötilasta korkeampaan lämpötilaan. Samalla periaatteella toimivat myös jääkaappi ja pakastin, jotka ottavat kaapin sisällä olevista elintarvikkeista lämpöenergiaa ja siirtävät lämmön kaapin

ulkopuolelle huoneilmaan. Lämpöenergian siirtoon tarvitaan ulkopuolinen sähköenergian lähde tekemään pumppaustyötä. Sähköenergian kulutus on kuitenkin vain noin 1/3 lämpöpumpulla hyödyksi saadusta kokonaislämpöenergiasta. Tästä syystä lämmityskustannukset ovat maalämpöpumpulla käytännössä vain noin 1/3 suoransähkölämmityksen käyttökustannuksiin verrattuna. (7, s. 78.)

Maalämpö on maahan, kallioon tai vesistöön varastoitunutta aurinkoenergiaa, jota otetaan lämmityskäyttöön pääasiassa talvella. Lämmön keruu tapahtuu maahan upotetussa muoviputkessa, jossa kiertää jäätymätön vesi-glykooliliuos. Kun maaliuos on kiertänyt maassa, kalliossa tai vesistössä ja kerännyt itseensä lämpöenergiaa, se kulkee höyrystinlämmönsiirtimeksi läpi. Lämmönsiirtimessä maaliuoksessa oleva lämpö siirtyy kylmä-aineeseen. Kylmäaineen sisältämä lämpöenergia luovutetaan tulistustulämmönsiirtimessä lämpimän käyttöveden kuumentamiseen ja sen jälkeen lauhdutinlämmönsiirtimessä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Maalämpöpumpun kanssa pitää käyttää vesivaraajaa, jonne lämmitetty vesi menee varastoon ja sieltä lämmitysjärjestelmään ja kierukan kautta lämpimäksi käyttövedeksi. (7, s. 78.)

4.5 Aurinkolämmitys

Aurinkoenergiaa saadaan Suomessa helmikuun alusta marraskuuhun saakka. Aurinkoenergiaa ei voida käyttää päälämmitysmuotona, koska sitä ei ole tarjolla silloin, kun energian tarve on suurimmillaan. Tukilämmitysmuotona aurinkoenergia on hyvä. Se on ilmaista, ja automatiikan avulla laitteet toimivat ilman huoltoa tai päivittäistä tarkastelua.

Aurinkolämmityksellä lämmitetään etenkin käyttövettä. Arviolta noin puolet vuotuisesta käyttöveden tarpeesta voidaan lämmittää aurinkoenergialla. Kesällä muutaman viikon ajan energiaa on tarjolla enemmän kuin sitä pystytään kuluttamaan. Aurinkoenergian saanti ei riipu suoraan ulkolämpötilasta. Aurinkoenergiaa saadaan myös silloin kun ulkolämpötila on pakkasella.

Aurinkokerääjiä on kahdenlaisia päätyyppejä, tasokeräimiä ja tyhjiöputkikeräimiä. Tyhjiöputkikeräimet ovat parempia ja kalliimpia

lämmitykseen käytettynä. Tyhjiöputkikerääjät toimivat eteenkin talvella energiatehokkaammin. (14, s. 1.)

Aurinkolämmitysjärjestelmä koostuu aurinkokeräimistä, pumppu- ja ohjainyksiköstä sekä putkistosta. Aurinkokeräimestä tulevat putket on liitettävä aina varaajaan kierukan kautta. Aurinkolämmitysjärjestelmän sisällä on käytettävä pakkasenkestävää liuosta, koska putket ja keräimet jäätyvät talvella, jos niissä on vettä. (14, s. 1.)

5 NYKYISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TESTAUS

Tässä työssä tehtiin koe nykyiseen puukeskuslämmityskattilaan. Kokeessa mitattiin kattilan tehoa, hyötysuhdetta ja savukaasuhäviöitä. Kokeen tarkoitus oli selvittää puukeskuslämmityskattilan hyötysuhde. Hyötysuhde tarkoittaa, kuinka paljon syötetystä polttoaineesta saadaan lämpöenergiaa siirrettyä vesivaraajaan.

Koe aloitettiin punnitsemalla kaikki puut. Puut painoivat 78,5 kg. Kokeessa käytetyn puun kosteus oli noin 20 p-%. Polttoaine oli koivuhalkoa. Puiden kosteus mitattiin kosteusmittarilla. Halkoja oli 188 litraa. Puun sisältämä energia lasketaan kaavalla 1 kertomalla halkojen massa puun sisältämällä alemmalla lämpöarvolla 4,15 kWh/kg. (8, s. 27.)

$$Q = Ha * m_{pa}$$

KAAVA 1

missä

Q = Energia [kWh]

Ha= Puun alempi lämpöarvo [kWh/kg] (8, s. 27.)

m= Puun massa [kg]

Tulokseksi tuli 326 kWh energiaa. Kattilaan syötettiin tämän verran lämpöenergiaa, ja seuraavissa laskuissa lasketaan, kuinka paljon energiaa saatiin siirrettyä lämminvesivaraajaan ja kuinka paljon tästä energiamäärästä meni hukkaan.

5.1 Suora hyötysuhde

Suorassa hyötysuhteessa lasketaan säiliön lämpötilamuutoksesta saatu energia tai säiliöön siirtynyt energia mitataan energialaskurilla.

5.1.1 Hyötysuhde tehosta laskettuna

Energiamittari Kamstrup 601 laskee automaattisesti varaajaan siirretyn tehon ja energian. Energiamittari mittaa energian MWh:ina, joten lukemia ei näin lyhyessä kokeessa voi käyttää vaan käytettiin mitattuja tehoja. Teholukema kirjattiin kokeen aikana 10 minuutin välein ylös. Tulokset näkyvät liitteessä 2. Keskiteho energiamittarin mukaan oli 69 kW. Koe kesti 2 tuntia 20 minuuttia. Tehomittauksen mukaan kattilasta saatu energia lasketaan kaavalla 2 keskiteho kerrottuna ajalla.

$$Q = \phi * t$$

KAAVA 2

missä

ϕ = keskiteho [kW]

t= aika [h]

Tulokseksi saatiin 161 kWh. Kattilan hyötysuhde lasketaan kaavalla 3.

$$\eta = \frac{kWh(saatu)}{kWh(syötetty)}$$

KAAVA 3

missä

η = Hyötysuhde [%]

Kokonaishyötysuhteeksi kokeessa tuli 49,4 % suoralla menetelmällä mitattuna.

5.1.2 Hyötysuhde säiliön keskilämpötilan muutoksesta laskettuna

Hyötysuhde lasketaan säiliön keskilämpötilan muutoksesta. Kokeen alussa säiliön keskilämpötila oli 17,7 °C ja kokeen lopussa lämpötila oli 64,3 °C. (Liite 2.) Saatu energia lasketaan kaavalla 4.

$$Q = C_p * \zeta * V * \Delta T * \frac{1h}{3600s} [kWh] \quad \text{KAAVA 4}$$

missä

V = Säiliön tilavuus [m^3]

ζ = Veden tiheys [kg/m^3]

C_p = Ominaislämpökapasiteetti kJ/kgK

ΔT = Säiliön lämpötila muutos [K]

Säiliöön on saatu lämpöenergiaa noin 160 kWh. Hyötysuhde lasketaan kaavalla 3. Hyötysuhteeksi saatiin suoralla menetelmällä 49 %.

5.2 Epäsuora hyötysuhde

Savukaasuanalysointorilla mitattiin savupiippuun menevää savukaasua. Savukaasuanalyysin tulokset ovat liitteessä 2. Analysointorin mukaan palamisen hyötysuhde oli keskimäärin 72 % (Liite 2). Kattilan häviöistä suurin osa oli savukaasuhäviöitä. Savukaasuhäviöistä sidotut häviöt olivat suurempia tässä kokeessa. Sidotut häviöt katsotaan käyrästä (liite 3). Koska CO – pitoisuus on yli 5, ei taulukosta pysty katsoaan sidottuja häviöitä, vaan ne pitää laskea kaavalla 5. (9, s. 69.)

$$K_2 * \frac{30,2 * CO}{CO_2 + 0,994 * CO} = \%(\text{sidotuthäviöt}) \quad \text{KAAVA 5}$$

missä

K_2 = Kerroin joka riippuu polttoaineen hiilipitoisuudesta C ja kosteudesta V ja on ilmaisuvalle puulle 2,15

CO = Kuivan savukaasun häkäpitoisuus [%]

CO_2 = Kuivan savukaasun hiilidioksidipitoisuus [%]

Sidotut savukaasuhäviöt ovat 39,8 %. Sidottujen savukaasujen lisäksi on myös laskettava vapaat savukaasuhäviöt ja ne on laskettava yhteen, jotta saadaan kaikki savukaasuhäviöt yhteensä. Vapaat savukaasuhäviöt katsotaan käyrästöstä (liite 3). Käyrästön käyttöä varten pitää tietää savukaasujen ja palamisilman keskimääräinen lämpötilaero, joka on 176 °C, ja savukaasuista mitatut CO₂ + CO pitoisuudet. Mitattu pitoisuus oli 12 %. Vapaat savukaasuhäviöt ovat noin 11,5 %. Savukaasuhäviöt ovat yhteensä 51,3 %. Savukaasuhäviöiden lisäksi on otettava huomioon myös tuhkahäviöt ja kattilan konvektio- ja säteilyhäviöt. Tuhkahäviöitä ei mitattu, joten siitä käytetään arviota, joka on noin 3 %. Konvektio- ja säteilyhäviöt lasketaan kattilan pintalämpötilojen ja pinta-alojen perusteella kaavalla 6. Pintojen pinta-alat ja lämpötilat on kirjattu ylös liitteeseen 2.

$$\phi = \alpha * A * \Delta T$$

KAAVA 6

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_s = \text{Pinnan lämmönsiirtokerroin}$$

α_k = Konvektio lämmönsiirtokerroin

α_s = Säteily lämmönsiirtokerroin

missä

ϕ = Teho

α = Pinnan lämmönsiirtokerroin joka on seinälle $10,4 \frac{W}{m^2 K}$ ja kannelle

$$13,4 \frac{W}{m^2 K}$$

A = Seinän pinta-ala [m²]

ΔT = Lämpötilaero seinän painotettu keskilämpötila - huonelämpötila [K]

Seinä A:n lämpöhäviötehoksi saadaan 313 W. Seinä B lasketaan samalla kaavalla, ja sen lämpöhäviöteho on 299 W. Seinä C lasketaan samalla kaavalla, sen lämpöhäviöteho on 354 W. Seinä D lasketaan samalla kaavalla, ja se lämpöhäviöteho on 299 W. Kansi lasketaan samalla kaavalla, mutta lämmönsiirtokerroin on $13, \text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Kannen lämpöhäviöteho on 761 W. Pohjan pintalämpötiloja ei pysty mittaamaan, mutta oletetaan niiden olevan samat kuin kannessa. Laskukaava on muuten sama, mutta pinnan lämmönsiirtokerroin on $8,39 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Pohjan lämpöhäviöteho on 476 W. Kaikki lämpöhäviötehot ovat yhteensä 2502 W eli 2,5 kW. Kattilahäviö lasketaan kaavalla 3. Kattilahäviö on 5,8 kWh tässä kokeessa. Kattilahäviötä verrataan syötettyyn energiamäärään ja siitä saadaan lämpöhäviöprosentti kaavalla 4. Konvektiohäviöksi tulee 1,8 %. Kaikki häviöt yhteensä ovat 56 %, jolloin kokonaishyötysuhteeksi epäsuoralla menetelmällä saadaan 44 %.

6 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN SUUNITTELU

Maalämpöjärjestelmän suunnittelu alkaa talon lämmitysenergiatarpeen laskennasta. Tämä tehtiin rakennuksen lämmitysenergiantarvelaskennan LP-optima ohjelmalla (liite 4). Ohjelmaan syötettiin tiedot talosta: pinta-ala 154 m², nykyinen energian kulutus noin 30 pino-m³ halkoja, rakennusvuosi 1988, talon eristystaso ja joitakin pieniä yksityiskohtia. Tulokseksi tuli tarvittava vuosittainen energiamäärä 24330kWh ja maalämpöpumpun lämpötehoksi saatiin 8,7 kW. Lämpöpumpuksi valitaan 10 kW:n pumppu, koska tähän kohteeseen ei sovi osatehomitoitettu pumppu.

Porakaivolle ohjelma antaa aktiivisyvyudeksi 162 m tai maaputkiston pituudeksi 1* 462 m PEM40-putki.

Maalämmöllä lämmitetään yleensä rakennusta, mutta maakeruuputkien matalaa lämpötilaa voi käyttää hyväksi myös jäähdytyksessä. Jäähdytys otetaan talteen liuospiiristä lämmönsiirtimen välityksellä. Jäähdytysjärjestelmä vaatii erillisen pumpun sekä säätöventtiilin ilmalämpökoneelta palaavan veden ja käyttövesivaraajalta palaavan veden väliin. Automatiikka ohjaa lämmitys- tai viilennystarpeen mukaan säätöventtiiliä.

6.1 Maalämpöjärjestelmä

Maalämpöjärjestelmä vaatii maakeruuputkiston tai porakaivon tekemistä sekä maalämpöpumpun asennuksen ja liittämisen vanhaan lämmitysjärjestelmään. Kattilahuoneesta on poistettava vanha puukeskuslämmityskattila ja lämminvesivaraaja varusteineen. Kattilahuoneen seinään on tehtävä reikä, jotta vanha kattila saadaan pois. Varaaja on pilkottava osiin niillä sijoilla, mihin se on aikoinaan asennettu, koska se on liian iso ja painava vietäväksi ulos muulla tavoin.

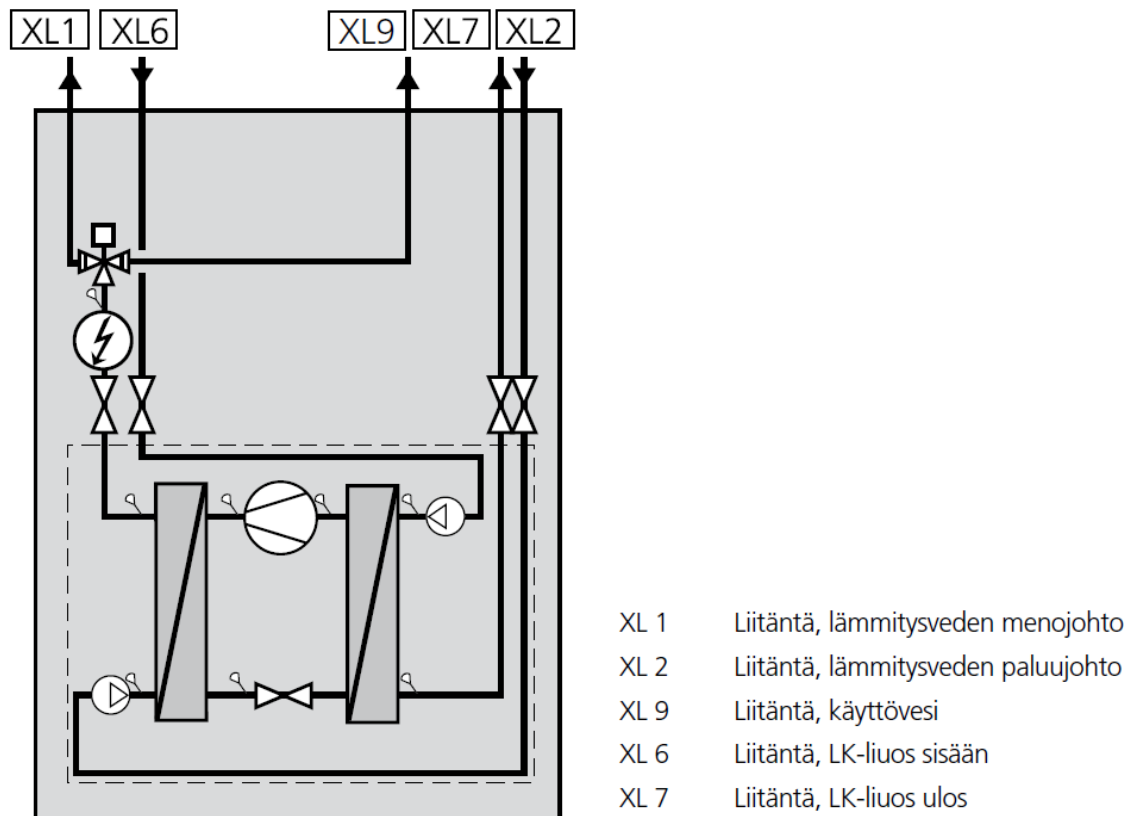
6.2 Maalämmön mitoitus

Maalämpöjärjestelmä täytyy mitoittaa tarkasti joka rakennukseen erikseen, koska alimitoituksessa rakennuksessa teho ei riitä kulutushuipun aikaan.

Ylimitoituksessa koneet ovat kalliimpia ostaa ja käyttökustannuksia voi tulla normaalia enemmän; esimerkiksi jos maakeruuputkisto on liian pitkä, siitä tulee ylimääräisiä pumppauskustannuksia. Maalämpöä voi ottaa pintamaahan upotetusta keruuputkistosta sillä tontilla riittää sille tilaa. Porakaivokin sopii oikein hyvin, koska peruskallio on lähellä pintamaata.

Rakennuksessa on ilmalämmitys, joka sopii hyvin maalämmöllä lämmitettäväksi, koska ilmalämmitys on matalalämpöjärjestelmä ja maalämpö toimii hyvällä hyötysuhteella, kun lämmönjako tapahtuu matalassa lämpötilassa. Lämmin käyttövesi on tietenkin kuumennettava ainakin 58 °C:seen, jolloin lämpökerroin on pienempi verrattuna pelkän lämmityksen tarvitsemaan energiaan.

Tässä tapauksessa säästöä pitäisi periaatteessa syntyä vaihtventtiilimaalämpöpumpulla, eli niinsanotulla ruotsalaisella maalämpöjärjestelmällä verrattuna tavalliseen lämpöpumppuun eli niinsanottuun suomalaiseen tulistinmaalämpöjärjestelmään. Periaatekuvasta (kuva 8) näkyy, että vaihtventtiililämpöpumpulta lähtevä vesi menee ensimmäisenä vaihtventtiiliin, joka ohjaa menovettä joko käyttöveden tuottoon tai lämmitysjärjestelmään.

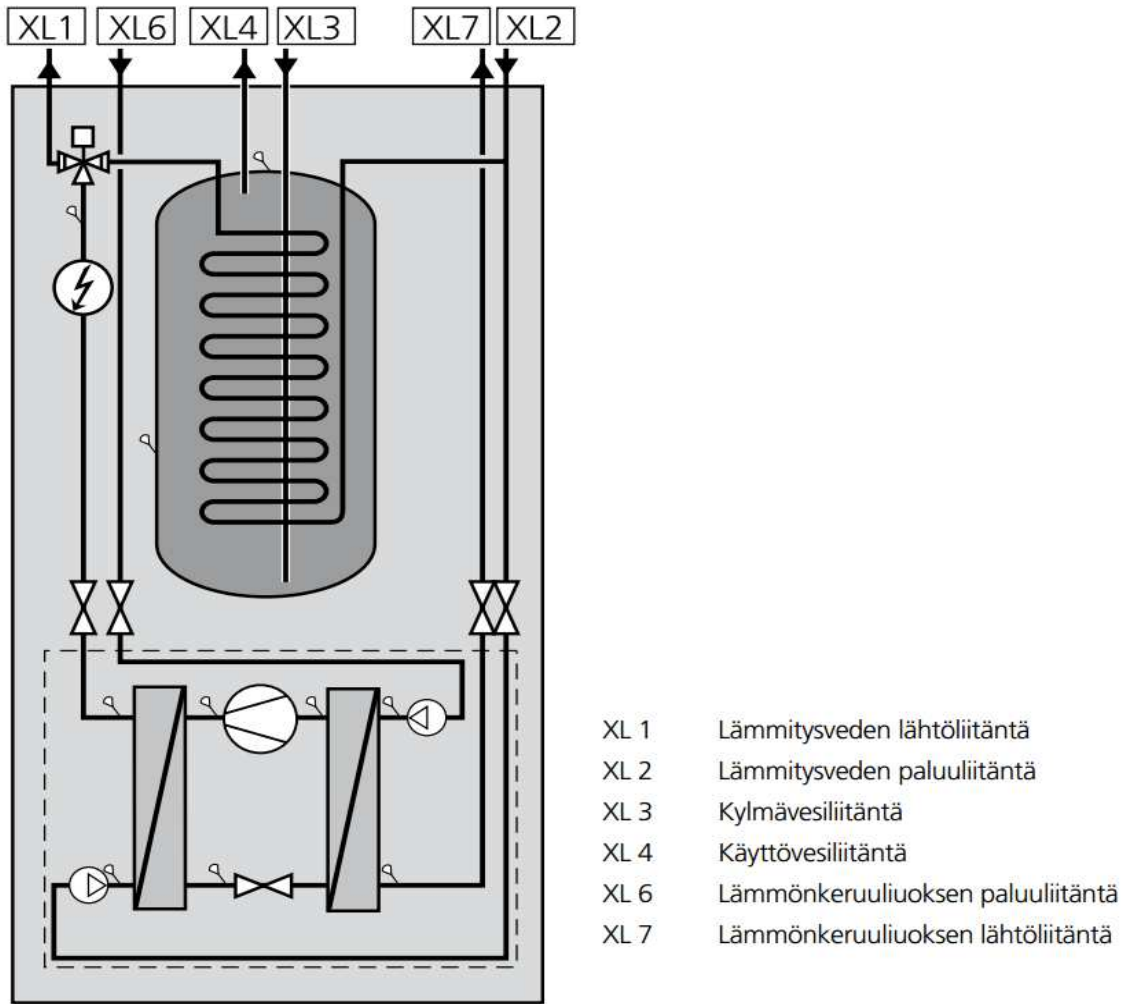


KUVA 8. Periaatekuva vaihtoventtiili lämpöpumpusta (15, s. 2)

Matalalämpöinen menovesi menee suoraan lämmitysjärjestelmään eli tässä tapauksessa ilmalämmityskoneen lämmityspatterikennolle, josta se palaa takaisin lämpiämään maalämpöpumpulle. Kun käyttövettä tarvitaan, vaihtoventtiili kääntyy ja ohjaa koko lämpöpumpun tehon lämminvesivaraajaan, jossa se kierukan kautta lämmittää käyttövesisäiliössä olevaa vettä ja palaa paluuputkea pitkin lämpöpumpulle.

Lämminvesivaraaja voi olla sisäänrakennettu maalämpöpumppuun, kuten kuvassa 9, tai se voi olla erillinen, kuten kuvassa 8, jossa putki XL9 yhdistetään lämminvesivaraajaan. Erillisen varaajan etuna on, että siihen voidaan yhdistää myös muita lämmönlähteitä helpommin kuin sisäänrakennettuun varaajaan. Esimerkiksi aurinkolämmitys, josta on kerrottu enemmän luvussa 4.5.1. tai vesikiertoinen takka on helppo asentaa ulkoiseen vesivaraajaan. Tämän opinnäytetyön kohteessa jopa molemmat ovat mahdollisia, jos käyttövesivaraajan tuo ulkorakennuksesta sisätilaan. Päärakennuksen katolle asennetaan aurinkokerääjät, ja nykyisen takan tilalle tehdään vesikiertoinen takka. Näin käyttöveden tekemiseen ei tarvitse käyttää maalämpöä niin paljon

varsinkaan keväällä ja kesällä, jolloin aurinkolämmityksellä saisi lämmitettyä suurimman osan käyttövedestä. Vesitakallakin voi lämmittää vaikka kaikki käyttövedet loppusyksystä ja talvella, jos poltetaan puita takassa joka päivä. Automatiikka ohjaa kaiken niin, että maalämpö, aurinkolämmitys ja vesitakka toimivat yhdessä.



KUVA 9 Vaihtoventtiililämpöpumppu sisäänrakennetulla varaajalla (16, s. 2)

Sisäänrakennetulla käyttövesivaraajalla on oma etunsa ulkoiseen varaajaan nähden: se on kompakti paketti, joka vie vähemmän tilaa. Jos tila ei riitä ulkoiselle varaajalle tai tiedetään varmasti, ettei rinnalle tule tulevaisuudessa mitään tukilämmitystä, sisäisellä vesivaraajalla varustettu maalämpöpumppu on hyvä valinta. Käyttövesi vaatii kuitenkin aina vesivaraajan, oli se sitten sisäinen tai ulkoinen, sillä kulutushuiput vaativat puskuria lämmityksessä toimiakseen.

6.3 Vaakakeruupiiri

Maakeruuputkistoa tarvitaan tässä kohteessa noin 460 metriä (liite 4). Putkisto pitää kaivaa noin 1,2 metrin syvyyteen maahan, ja kulkupaikan kohdalta putken päälle on laitettava eristettä. Meno- ja paluuputkia ei saa asentaa liian lähelle toisiaan, vaan etäisyyden on oltava vähintään 1 metri, mieluiten 1,5 metriä.

Putkisto on kaivettava maahan niin, että putkisto on nouseva maalämpöpumppua kohden. Putkistossa ei myöskään saa olla isoja korkeuseroheittoja ilmataskujen välttämiseksi. Maakeruuputkistona huono puoli on se, että kaivinkoneella on kaivettava tontti auki pitkältä matkalta ja leveästi ja putken päälle ei saa rakentaa putken asennuksen jälkeen mitään.

Maakeruuputkiston hyvä puoli porakaivoon verrattuna on kuitenkin se, että siinä riittää lämpöä ikuisesti, ja se on edullisempi rakentaa kuin porakaivo.

6.4 Porakaivo

Porakaivo on teetätettävä porausalan yrityksellä. Porakaivo on helppo, nopea ja vaivaton ratkaisu. Poraus kestää yleensä vain yhden päivän, ja porakaivo on heti valmiina käyttöön, kun sen saa kytkettyä maalämpöpumppuun. Lisäksi pihaa ei tarvitse kaivaa auki kuin muutaman metrin matkalta teknisen tilan läheltä, josta siirtoputki menee kaivosta maalämpökoneelle. Porakaivon aktiivisyvyudeksi tässä kohteessa tulisi noin 160 metriä.

6.5 Hybridijärjestelmän suunnittelu maalämmön rinnalla

Hybridilämmitysjärjestelmä tarkoittaa eri lämmönlähteiden käyttämistä lämpimän käyttöveden ja lämmitysveden valmistukseen. Tässä rakennuksessa ei kannata maalämmön rinnalle laittaa huonetilojen lämmitystä varten mitään eri lämpöenergianlähteitä, vaan pelkästään lämpimän käyttöveden lämmittämiseen.

Lämpimän käyttöveden esilämmitys tapahtuu maalämmöllä, mutta lopullinen lämpötila saavutetaan kesällä ja keväällä aurinkolämmityksellä ja syksyllä ja talvella vesitakalla. Lämminvesivaraajaa pidetään maalämmöllä noin 45 – 50 °C:ssa. Vesivaraajaan mahtuu vielä lämpöenergiaa ladattavaksi aurinkolämmöllä ja/tai vesitakalla, mutta lämmintä käyttövettä on kuitenkin saatavilla koko ajan jonkin verran. Maalämpökoneen ohjauskeskuksesta

voidaan säätää käyttövesivaraajan lämpötila, joka pitää säätää lopullisesti rakennuksen käyttökokemusten mukaan. Jos aurinkokennoista ei tule tarpeeksi lämpöä tai takalla ei lämmitetä tarpeeksi vettä, on maalämpökoneen käyttöpaneelista säädettävä käyttövesivaraajan lämpötilaa suuremmaksi, jotta käyttövettä riittää enemmän.

7 KUSTANNUSVERTAILU

Tässä luvussa on tarkoitus laskea eri järjestelmien investointikustannuksia. Myös käyttökustannuksista tehdään laskelmia. Pääkohteena ovat uusi puulämmitysjärjestelmä ja maalämpö. Öljy-, sähkö- ja pellettijärjestelmistä kerrotaan vain vähän, koska niitä ei todennäköisesti valita lämmitysjärjestelmäksi. Missään laskelmissa ei oteta huomioon LVI-töiden osuutta, koska tilaaja hoitaa ne itse omalla ajallaan.

7.1 Puukeskuslämmitysjärjestelmä

Puukeskuslämmityskattilan vaihto vanhan tilalle onnistuu kohtuullisen vaivattomasti. Kattila vaihdetaan suoraan vanhan tilalle ja toimintaperiaate on sama joka näkyy kuvassa 5. Savupiippu on valmiina ja kattilahuone on valmiiksi paloeristetty. Vanha kattila puretaan joka tapauksessa pois, minkä vuoksi on oviaukkoa ja seinää suurennettava ja siten saa uuden puukattilan tilalle. Kustannuksia tulee vain putkiston ja putkistovarusteiden uusimisesta varaajan ja kattilan välillä.

Käyttökustannukset nykyisellä kattilalla voi laskea suoraan kulutuksesta, joka on noin 30 pino-m³ halkoja/vuosi. Polttopuut myydyään yleensä irto-m³:ina. Jotta kulutus 30 pino-m³ saadaan muutettua irto-m³:ksi, kerrotaan se 1,55:llä. (8, s. 26.) Polttopuita tarvitaan siis $30 \text{ m}^3 * 1,55 = 46,5 \text{ m}^3$. Yksi irto m³ koivuhalkoja maksaa Oulun alueella keskimäärin 55 €. Polttopuut maksavat $46,5 \text{ €/m}^3 * 55 \text{ €} = 2557,5 \text{ €}$, joka on siis vuotuinen kustannus nykyisellä järjestelmällä.

Nykyaikainen puukattila olisi esimerkiksi Arimax Ariterm 35+, joka toimii käänteispaloperiaatteella, josta on kerrottu enemmän luvussa 2.3. Kattilan hinta on Taloon.com nettirautakaupassa 5099 €. (17, s. 1.) Latausventtiili samassa kaupassa maksaa 155 € ja pumppu 345 €, ja putkien ja osien hinta on noin 150 €. Kaikki yhteensä on 5749 €. Käyttökustannukset voidaan laskea vanhan kattilan kulutuksen perusteella. Vanhan kattilan kulutus on 30 pino-m³ halkoja, ja kattilan hyötysuhde on 49 %. Puun tehollinen lämpöarvo on 1700 kWh/m³.

Kaavalla 7 voidaan laskea puista saatu energia ja uuden kattilan polttoaineenkulutus kaavalla 8, kun tiedetään uuden kattilan hyötysuhde.

$$Q = P_a * H_a * \eta \quad \text{KAAVA 7}$$

missä

P_a = Polttoaineen määrä [m^3]

H_a = Polttoaineen sisältämä energia [kWh/m^3]

η = Nykyisen kattilan hyötysuhde [%]

Edellisen mukaan vanhalla kattilalla poltetuista puista saa energiaa vuodessa 24990 kWh. Ja tämä sama määrä pitää saada myös uudella kattilalla. Joka lasketaan kaavalla 8.

$$P_a = Q / H_a / \eta \quad \text{KAAVA 8}$$

missä

Q = Tarvittava energia [kWh/v]

η = Uuden kattilan hyötysuhde [%]

Uuden kattilan hyötysuhde on valmistajan mukaan 90 % (18, s. 7.), mutta todellinen vuosihyötysuhde on noin 65 %.

Uuden kattilan vuotuinen polttoaineen kulutus olisi 22,6 pino- m^3 , kun se vanhalla kattilalla oli 30 pino- m^3 . Polttopuut irto- m^3 :issa on 22,6 m^3 * 1,55 = 35,1 irto- m^3 . 35,1 irto- m^3 * 55 €/irto- m^3 = 1928 €. Säästöä tulee uudella kattilalla nykyiseen verrattuna 2557,5 € - 1928 € = 629,5 €/vuosi. Uuden kattilan hinta varusteineen oli 5746 €, eli takaisinmaksuajaksi tulee 9,1 vuotta.

7.2 Maalämpö

Maalämpökoneeksi valittiin tähän rakennukseen Nibe Fighter 1145 10 kW. Maalämpöpumppu pitää varustaa erillisellä lämminvesivaraajalla, joka sijoitetaan päärakennukseen. Vanhaa lämpökanaalia päärakennuksen ja varastorakennuksen välillä käytetään sekä lämmitykseen että käyttövesivaraajan putkituksessa hyväksi. Lämminvesivaraajan koko on 1000 litraa. Maalämpöpumpun hinta on 5389 € Taloon.com nettirautakaupassa. Lisäksi tarvitaan erillinen lämminvesivaraaja, jokin valittiin Akva solar 1000. Tässä varaajassa on kaikki valmiudet myöhemmin käyttöön otettavia aurinkokennoja ja vesitakkaa varten. Varaajan hinta on 2616 € rahteineen. Putkisto ja putkistovarusteet on arviolta 500 €. Yhteensä lämpöpumpun ja varaajan hinnaksi tulee 8505 €. Tähän ei vielä sisälly keruuputkistoa tai porakaivon hintaa.

7.3 Käyttökustannukset maalämpöjärjestelmällä

Maalämpöjärjestelmään tarvitaan sähköä kompressorin, maaliuosumpun ja lämmitysveden pumpun pyörittämiseen. Rakennuksen energian kulutuksesta on alla taulukko 1. (Liite 4.)

TAULUKKO 1. Rakennuksen energian kulutus

Rakennuksen energian käyttö	energiankulutus/vuosi [kWh]
lämmitys	17940
ilmanvaihto	3150
käyttövesi	3900
yhteensä	24990

Lämmitysenergiaa kuluu yhteensä 24 990 kWh/vuosi, josta on laskelma taulukossa 2. (Liite 4)

TAULUKKO 2. Maalämmöllä saavutettava ilmaisenergia

Rakennuksen energian käyttö	energiankulutus/vuosi [kWh]
ilmaisenergia(= maasta saatu aurinko energia)	16814
Lämpöpumpun käyttämä sähkö	8176
yhteensä	24990

Maalämpöpumpun vuosittainen käyttökustannus on siis $8176 \text{ kWh} * 0,12 \text{ €/kWh}$
= 981 €/vuosi.

7.3.1 Maakeruuputkisto

Maakeruuputkiston hintaan vaikuttaa jonkin verran maan laatu. Koska työ on tehtävä kaivinkoneella ja tietoa maan kivisyydestä ei ole, hintaa ei voi muuta kuin arvioida ja todellinen loppusumma voi poiketa jonkin verran arviosta. Putkea pitää kaivaa maahan noin 460 metriä, mutta jos kaivinkoneessa on esimerkiksi 1,2 metriä leveä kauha, voi meno- ja paluuputken laittaa samaan kaivantoon. Näin ollen kaivantoa tarvitsee vain kaivaa noin 230 metriä. Tällä tontilla maa on savikkoa, joten kaivamiseen menee aikaa noin 20 tuntia. Kaivinkoneen tuntihinta on noin 80 €/h. Kaivamistyön hinnaksi tulee siis 1600 €. Putken hinta on noin 1 €/m, joten sen hinta on 462 €. Vesietanoli liuosta tarvitsee noin 1 l/m, joten sitä tarvitaan noin 500 l, koska sitä menee paisunta-astiaan ja maalämpökoneeseenkin jonkin verran. Liuoksen hinta on noin 1 €/l, eli se maksaa 500 €. Kaikki yhteensä 2562 €. Tämänlisäksi tulee vielä laskelmat luvusta 7.2, eli keruuputkisto ja maalämpöpumppu yhteensä tekee 11067 €.

Kuten luvussa 7.3 on laskettu, maalämmöllä tuotetun energian hinta vuodessa on 982 €. Säästöä vuodessa syntyy alkuperäiseen puulämmitysjärjestelmään verrattuna $2557,5 \text{ €} - 981 \text{ €} = 1576,5 \text{ €/vuosi}$. Takaisinmaksuaika maalämpöjärjestelmällä on $11067 \text{ €} / 1576,5 \text{ €/vuosi} = 7,1$ vuotta.

7.3.2 Porakaivo

Porakaivon hintoja tiedusteltiin soittamalla eri porausalan yrityksiin, joista saatiin kustannusarvio tähän kohteeseen. Halvin hinta oli 28 €/m, johon kuului itse porakaivo, putket, vesietanoliliuos ja 9 metriä teräsputkea, jota tarvitaan niin pitkästi, että päästään kallioon asti. Tämän lisäksi on vielä laskettava siirtoputki kaivamistöineen kaivosta tekniseen tilaan. Kaivon saa niin lähelle teknistä tilaa, että putkelle ja kaivamistyölle voi laskea hintaa noin 200 €.

Porakaivon hinnaksi tulee $162 \text{ m} * 28 \text{ €/m} = 4536 \text{ €}$. Maalämpöjärjestelmä porakaivolla tehtynä tulee maksamaan siis $4536 \text{ €} + 200 \text{ €} + 8505 \text{ €} = 13241 \text{ €}$.

Säästöä porakaivolla tuotetusta maalämmöstä tulee saman verran kuin maakeruuputkistolla tuotetusta maalämmöstä verrattuna vanhaan puulämmitysjärjestelmään eli 1576,5 €/vuosi. Takaisinmaksuaika on kuitenkin pidempi kuin keruuputkistossa, koska porakaivo on kalliimpi investointi. Takaisinmaksuaika on $13241 \text{ €} / 1576,5 \text{ €/vuosi} = 8,4$ vuotta.

7.4 Sähkölämmitysjärjestelmä

Sähkölämmitys olisi helpoin vaihtaa päälämmitysjärjestelmäksi nykyisen puukeskuslämmityskattilan tilalle. Energian kulutus rakennuksessa on 24 330 kWh/vuosi, ja sähkölämmityksen hinnaksi tulisi vuosittain siis $24330 \text{ kWh} * 0,12 \text{ €} = 2929,6 \text{ €/vuosi}$. Sähkölämmitys on siis $2929,6 \text{ €} - 2557,5 \text{ €} = 372,1 \text{ €}$ kalliimpi kuin puulämmitys vuosittain. Sähkölämmitykseen ei kuitenkaan tarvitse alkuinvestointia, koska nykyisessä järjestelmässä on varajärjestelmänä sähkövastukset lämminvesivaraajassa.

7.5 Yhteenveto kustannuksista

Taulukosta 3 nähdään vielä yhteenveto kaikista laskelmista sekä järjestelmien takaisinmaksuajat.

TAULUKKO 3. Vertailutaulukko eri lämmitysjärjestelmien hinnoista ja käyttökustannuksista.

Päälämmitysjärjestelmä	Energian hinta	Säästö	Alkuinvestointi	Takaisinmaksuaika
	€/vuosi	€/vuosi	€	Vuosi
Nykyinen puulämmitys	2557,5	0	0	0
Uusi puukattila	1928	629,5	5746	9,1
Maalämpö	981	1576,5	11067	7,1
Maalämpö (porakaivo)	981	1576,5	13241	8,4
Sähkölämmitys	2929,6	-372,1	0	0

Sähkön hinta on laskelmissa 0,12 €/kWh
 Polttopuun hinta on laskelmissa 55 €/irtokuutiometri
 Vuotuinen energian tarve on laskelmissa 24330 kWh
 Uuden puukattilan hyötysuhde on laskelmissa 65%

8 YHTEENVETO

Ongelmana on ollut omakotitalo, jonka lämmitysjärjestelmä oli vanhanaikainen ja paljon energiaa kuluttava puukeskuslämmityskattila. Kattilaan asennettiin mittarit hyötysuhteen laskemista varten. Mittauksissa hyötysuhde kattilalla oli vain 49 %, joka on todella huono tulos. Nykyaikaiset parhaat puukattilat ovat hyötysuhteeltaan noin 60 – 70 %. Näin ollen oletus on ollut oikea: talo kaipasi jo energiaremonttia ja uutta lämmitysjärjestelmää.

Opinnäytetyön tarkoitus oli löytää kokonaistaloudellinen järjestelmä talon lämmitykseen. Lopputulos on selvä: maalämpö on edullinen käyttökustannuksiltaan ja helppokäyttöinen lämmitysjärjestelmä. Alkuinvestointi on iso, mutta takaisinmaksuaika on kohtuullinen. Tähän uuteen järjestelmään on mahdollista liittää myöhemmässä vaiheessa myös aurinkokerääjät ja vesikiertoinen takka.

Puulämmitysjärjestelmä ei uudella kattilallakaan pärjää kustannuksissa maalämmölle, jos puut joutuu ostamaan. Jos on omaa metsää ja tekee puut itse, puulämmitys on halvempi mutta, todella paljon työtä vaativa lämmitysjärjestelmä. Puulämmitys eli leivinuuni ja takka tulee tässä kohteessa olemaan hyvä tukilämmitysjärjestelmä maalämmön rinnalla.

LÄHTEET

1. Puulla lämmittäminen. 2013. Mottinetti.fi. Saatavissa: <http://www.mottinetti.fi/puulla-lammittaminen/>. Hakupäivä 20.2.2013
2. Wahlroos, Lasse 1979. Kotimaiset polttoaineet ja keskuslämmityskattilat. Pori: Kokemäki 1979 Satakunnan Maakunta Oy.
3. Lämmitysjärjestelmän valinta. 2013. Motiva.fi. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta. Hakupäivä 17.4.2013.
4. Jäspi Puukattilat. 2013. Kaukora.fi. Saatavissa: http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Jaspi-Puukattilat_0213_web.pdf. Hakupäivä 19.2.2013.
5. Veto Alapalokattilat. 2013. Alatalkkari.fi. Saatavissa: <http://www.alatalkkari.fi/esitteet/fin/alapalotFIN.pdf>. Hakupäivä 17.2.2013.
6. Termax puukattilat. 2013. Termax.fi. Saatavissa: http://www.termox.fi/easydata/customers/termocal/files/liitetiedostot/613372_puukattilat_suomi.pdf. Hakupäivä 21.2.2013.
7. Säteri, Jorma 1999. Lämmitys 2000. Lämmitysjärjestelmien oikea käyttö ja kunnossapito. Espoo: Gummerus kirjapaino Oy.
8. Alakangas, Eija – Erkkilä, Ari – Oravainen, Heikki 2008. Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys. Jyväskylä: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-10553-08.pdf>. Hakupäivä 12.4.2013.
9. Vuorelainen Olavi 1978. LVI-tekniikka, polttoaineet ja palaminen. Toinen painos. Espoo: Otakustantamo.
10. Kara, Reijo 1994. Sähkölämmityksen käsikirja. Espoo: Gummerus.
11. Vainio, Martti J. Niemi, Markku 1993. LVI-Tekniikka. Porvoo: WSOY.

12. Sähköpatteri Dimplex Comfort 800W/400*645mm. 2013. Taloon.com.
Saatavissa: <http://www.taloon.com/sahkopatteri-dimplex-comfort-800w-400x645mm/S-8126656/dp>. Hakupäivä 12.3.2013
13. Lattialämmitystermostaatti eco10fj. 2013. Finpoint.fi. Saatavissa:
http://www.finpoint.fi/index.php?main_page=product_info&products_id=2790
Hakupäivä 12.3.2013.
14. Aurinkolämmitys. 2013. Motiva.fi. Saatavissa:
<http://www.kaukora.fi/hybridilammitys/aurinkolammitys>. Hakupäivä
27.3.2013.
15. Käyttöohjeet ja esitteet. 2013. Nibe.fi. Saatavissa:
<http://www.nibeonline.com/pdf/M10797-3.pdf> . Hakupäivä 3.4.2013.
16. Käyttöohjeet ja esitteet. 2013. Nibe.fi. Saatavissa:
<http://www.nibeonline.com/pdf/M10785-3.pdf>. Hakupäivä 3.4.2013.
17. Puukattila Ariterm 35+ alapalo. 2013. Taloon.com. Saatavissa
<http://www.taloon.com/puukattila-ariterm-35-alapalo/LVIN-5010121/dp?openGroup=267>. Hakupäivä 29.3.2013.
18. Arimax puulämmitys. 2013. Arimax.fi. Saatavissa:
<http://195.67.82.150/ariterm/Puulammitys%20low%20res.pdf>. Hakupäivä
29.3.2013.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Kattilamittauspöytäkirja

Liite 3 Vapaa ja sidottuhäviö

Liite 4 Maalämpö laskentaraportti

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Jaakko Laurila _____

Tilaaja _____

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot _____

Työn nimi Puulämmitteisen omakotitalon lämmitysjärjestelmän uusiminen _____

Työn kuvaus Työn tarkoitus on vaihtaa puulämmitteisen omakotitalon lämmitysjärjestelmä johonkin uudempaan järjestelmään, vanhan lämmitysjärjestelmän tultua elinkaarensa loppuun. _____

Työn tavoitteet

Löytää sopivin lämmitysmuoto vanhan puulämmityksen tilalle. _____

Tavoiteaikataulu Valmis maaliskuu-huhtikuussa 2013 _____

Päiväys ja allekirjoitukset 14.11.2012. _____

Jaakko Laurila _____

PUUKATTILA

Mittaukset

Puun massa	78,5	kg
Pinon leveys	0,55	m
Pinon pituus	1,22	m
Pinon korkeus	0,28	m
Puun tilavuus	0,188	p-m3
Puun painokosteus	20,9	%

Energiamittari					Varaaja								
Klo	Vesivirta	Teho	Tm	Tp	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	l/h	kw	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
0:00					20	19	18	18	17	16	15	15	15
0:10	1180	40,1	46,3	17,6	22	19	18	18	17	16	15	15	16
0:20	1184	75	73,2	17,8	33	21	19	18	17	18	16	15	16
0:30	1198	81,9	77,5	17,9	49	26	21	20	20	19	18	15	16
0:40	1188	64,4	66	18	56	32	25	22	21	20	20	20	17
0:50	1152	69,3	70	17,9	58	42	30	24	22	21	21	20	17
1:00	957	76,8	87	18	60	49	40	34	22	22	21	20	17
1:10	1267	95,9	83,4	18,1	66	57	52	45	25	23	21	20	18
1:20	1285	95,8	82,2	18	68	62	57	52	29	25	23	20	18
1:30	1285	103	87,7	18,2	68	64	60	56	40	31	28	20	18
1:40	1281	105,8	87,2	18,6	70	64	62	60	48	37	32	20	18
1:50	1296	91,8	82,7	20	71	64	63	62	55	43	40	35	19
2:00	1238	44,8	59,5	27,7	72	64	64	64	58	51	48	40	25
2:10	1252	19,5	50,8	37,3	71	65	65	65	60	56	54	50	35
2:20	1231	1,2	55	54	70	65	65	64	62	60	60	58	54

68,95 kW
160,86035 kWh

Hyötysuhde Energiamittarista laskettuna

Suora hyötysuhde

Klo	Q (netto) kw
0:00	0
0:10	40,1
0:20	75
0:30	81,9
0:40	64,4
0:50	69,3
1:00	76,8
1:10	95,9
1:20	95,8
1:30	103
1:40	105,8
1:50	91,8
2:00	44,8
2:10	19,5
2:20	1,2

Puun sisältämä brutto energia(koivu)

$$78,5\text{kg} \cdot 4,15\text{kwh/kg} = 325,8\text{kwh}$$

$$1700\text{kwh/p-m}^3 \cdot 0,188\text{p-m}^3 = 319,6\text{kwh}$$

$$160,9\text{kwh} / 325,8\text{kwh} \cdot 100 = 49,4\%$$

Hyötysuhde 49,4%

68,95 kw

160,9 kwh

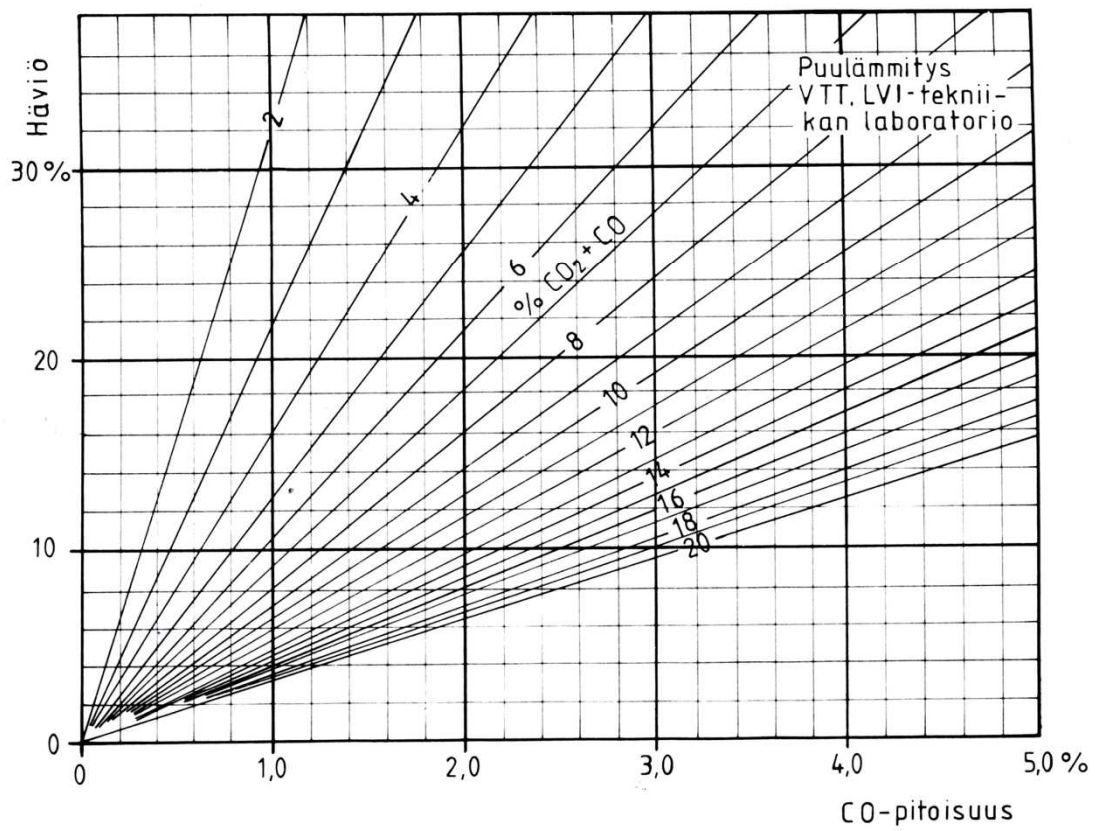
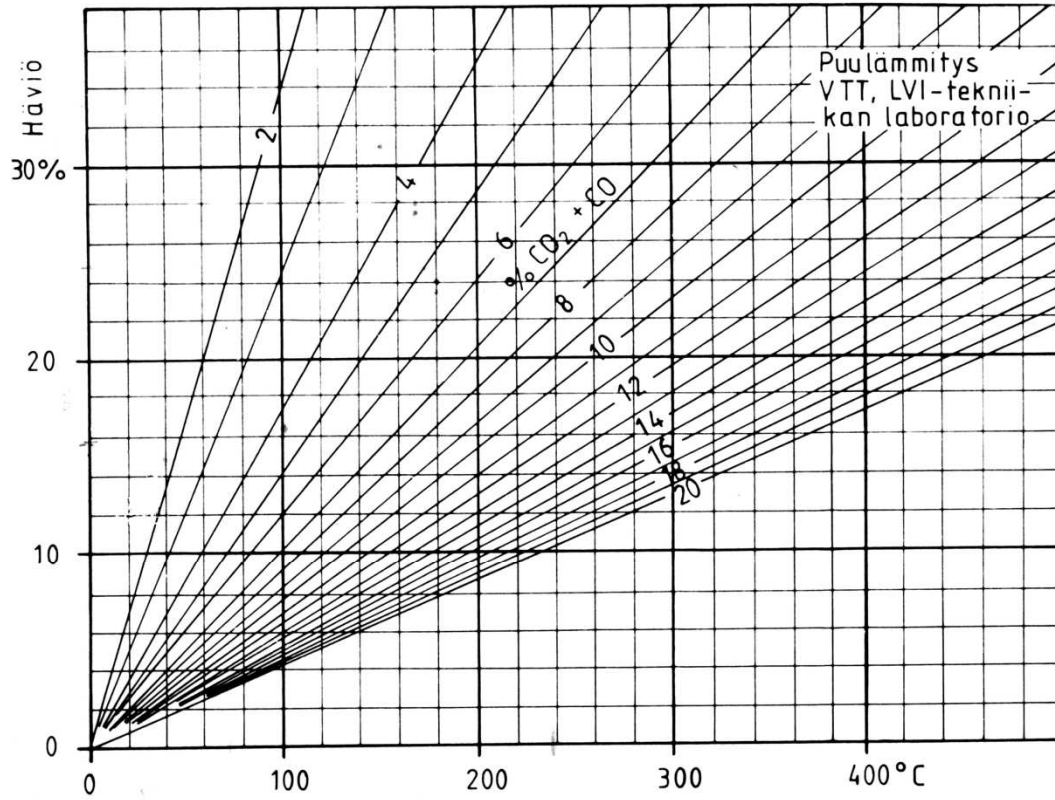
Hyötysuhde säiliön keskilämpötilasta laskettuna

energianmuutos säiliössä					
	Keskilämpötila				
V(säiliö)	T alku	T loppu	Cp	roo	Q
m3	°C	°C	kJ/(kg°C)	kg/m3	kwh
3	17,7	64,3	4,18	990	160,47

$$((3\text{m}^3 \cdot 990\text{kg/m}^3 \cdot 4,18\text{kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C}) \cdot 46,6^\circ\text{C}) / 8400\text{s}) \cdot 2,33\text{h} = 160,47\text{kwh}$$

$$160,47 / 325,8 \cdot 100 = 49,2\%$$

Hyötysuhde 49,2%



LP-optima

19.03.2013

Perustiedot

Kohde

Kontin nimi	OKT	Työsuurin
Henkilö	Jaakko Laurila	Kotopuuri
Lähiaste		
Potasto		

Rakennuksen tiedot

Talotyyppi	Vanhate talo	Lämmitysmuoto	Öljylämmitys
Lämmitettävä tilavuus	450 m3	Eräpäätaso	0 +/- %
Lämmönpoistopaikka	154 m2	Ikunatyyppi	3-lasiset
Puolämmön tilavuus	0 m3	Rakennusvuosi	1980 - 89
Asukasuku	3 henkilöä	Lämmönjao tapa	Vesikiertoinen lattialämmitys
		ilmavaihtotapa	LTO, jälkilämmitys nestekierrolla

Rakennuksen energiankäyttö

Laskentaperusteet

Ominaiskutsut Energiankutsut

huonelämmitys	17280 kWh/v	Öljyn kuluus	3000 iv
ilmalaisto	3100 kWh/v	Taoussäähä	7000 kWh/v
Käytövesi	3900 kWh/v		
Yhteensä	24330 kWh/v	Lämmityksen tehonarvo	8,7 xiv
Ominaiskutsu	54,1 kWh/m2.v		

Lämpöpumpun mitoitus

Lämpöpumputyyppi	Käytöveden jälkilämmitys tulitietos alla	Lämpöpumpun mako	8,7 xiv
Lämpöpumpun suositeltu energiamäärä	24231 kWh/v	Lämpöpumpun mitoitusteho	8,0 xiv
Tarvittava lämmitysenergia	99 kWh/v		
Lämmitysenergia yhteensä	24330 kWh/v		

Vaakaakseli / maa	Vaakaakseli / vesistö	Lämpökuvo

Energian hankinta lämpöpumpukäytössä

ilmalaistoa (venerajan säästö)	16154 kWh/v	
Lämpöpumpun säähä	8077 kWh/v	
Lisälämmitysenergia	99 kWh/v	
Energian käyttö lämmitykseen	24330 kWh/v	
Taoussäähä	5030 kWh/v	

LP-optima

19.03.2013

Energialatus

Kohde

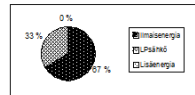
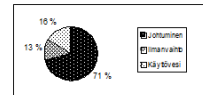
Kontin nimi	OKT
Henkilö	Jaakko Laurila

Rakennuksen tiedot

Lämmitettävä tilavuus	450 m3
Lämmönpoistopaikka	154 m2
Puolämmön tilavuus	0 m3
Asukasuku	3 henkilöä

Energialatus

huonelämmitys	17280 kWh/v	Lämpöpumpun kompressorin ja apuväliket	8077 kWh/v
ilmalaisto	3100 kWh/v	ilmalaistoa (venerajan säästö)	16154 kWh/v
Käytövesi	3900 kWh/v	Lisälämmitysenergia	99 kWh/v
Yhteensä	24330 kWh/v	Energian käyttö lämmitykseen	24330 kWh/v



Sähkön käyttö

Lämpöpumpun kompressorin ja apuväliket	8077 kWh/v	Lämpöpumpun ilmalaiston	3
Lisälämmitysenergia	99 kWh/v	kokonaissähkönkulutus	2,98
Sähkön käyttö lämmitykseen	8176 kWh/v		
Taoussäähä	5030 kWh/v		

Lasketuissa käytetyt sähkön hinnat

Sähkötyyppi	Oulun Energia		Oulun Energia
	Sähkötariffi	Yleistariffi	Yleistariffi
Perusmaksu	€v	150	150
Energia tavalliseen	psk/kWh	12	12
Energia tavalliseen	psk/kWh	12	12
Energia kesäaikaan	psk/kWh	12	12
Energia kesäaikaan	psk/kWh	12	12

Lämpöpumputalon sähkönhankintakustannus eri tariffilla (€/v)

Sähkötyyppi	Oulun Energia		Oulun Energia
	Sähkötariffi	Yleistariffi	Yleistariffi
Perusmaksu		150	150
Taoussäähä		604	604
Lämmitysenergia		969	969
Yhteensä		1735	1735

LP-optima

19.03.2013

Lämmityskustannusvertailu

Kohde		Rakennuksen tiedot	
Kontin nimi	OKT	Lämmittävä tilavuus	450 m ³
Henkilö	Jaakko Laurilla	Lämmitysponnissa	154 m ³
		Puolämmitte tilavuus	0 m ³
		Asukasuku	3 henkilöä

Rakennuksen energiankulutusjakauma

Lämpöpumputyyppi	Käyttöveden jäähdytys	Lämmitys	Tuuletus
Huonelämmitys	17200 kWh/v	Laskemassa lämmitys	1,2 €/v
Imuaineito	3150 kWh/v	Ojakaivon notaus	0,7 €/v
Käyttövesi	3800 kWh/v		
Yhteensä	24330 kWh/v		
Talous- ja muu lämmitys	5030 kWh/v		

Lasketuissa käytetyt sähkön hinnat

Sähkösäätö		Oulun Energia		Oulun Energia
Sähkösäätö		Yleisariffi		Yleisariffi
Potenssi	€/v	150	150	150
Energia / talvipäivä	€/kWh	12	12	12
Energia / talviyö	€/kWh	12	12	12
Energia / keskipäivä	€/kWh	12	12	12
Energia / keskiyö	€/kWh	12	12	12

Lämmityskustannusvertailu

Sähkösäätö		Vesikierto	Ojakaivo	Lämpöpumppu
Sähkösäätö		Yleisariffi	Yleisariffi	Yleisariffi
Potenssi	€/v	150	150	150
Lämmitysenergian yhteensä	kWh/v	24330	24330	24330
Lämmityskustannus yhteensä	€/v	0,95	0,70	2,98
Sähkösäätöenergian tulo	kWh/v	25611	34767	9179
Sähkösäätöenergian keskiarvo	€/kWh	0,12	0,12	0,12
Lämmitysenergian kustannus	€/v	3073	4171	981
Taloudellisuus	kWh/v	5030	5030	5030
Sähkösäätöenergian keskiarvo	€/kWh	0,12	0,12	0,12
Taloudellisuus yhteensä	€/v	604	604	604
Kustannukset yhteensä	€/v	3827	4924	1735

LP-optima

19.03.2013

Tekninen raportti

Kohde		Lämmitysmuoto	Öljylämmitys
Kontin nimi	OKT	Lämmitysjärjestelmä	Vesikiertoinen lattialämmitys
Henkilö	Jaakko Laurilla	Imuaineito	LTO, jäähdytys nestekeilillä
Taloyyppi	Vanha talo	Lämpöpumputyyppi	Käyttöveden jäähdytys tulla tinnosilla

Tehomitoituslaskelma

	teho kW	osuus huppoenergiasta %	energiatähti kW	energiatähti %
Lämpöpumpun teho ja energia	8,0	91,9	24231	99,6
Tarvittava lämmitys	0,7	8,0	99	0,4
Yhteensä	8,7	100,0	24330	100,0

Porareikien mitoitus /kuiva lämpökaivo

Porareikien lukumäärä	1	Puolitoista siltäistä energiamäärä	18154 kWh/v
Porareikien syvyys	162 m	Puolitoista siltäistä	5,3 kW
		Laskennassa käytetty maalitus	Etanollisuus 30 lit-%

Porareikakohtaiset mitoitusarvot

	Itäsuunta	Pitäsuunta
Valettava pumputyyppi	1 x PEM50	1 x PEM50
Puikalon pituus	1 x 162 m	1 x 162 m
Puikalon paineisuus	10,5	10,5 kPa
Taloudellisuus vastavaa virtausnopeus	0,389	0,389 m/s
Virtausnopeutta vastaava Reynoldsin luku	2444	2444

Siirtoputki

0,0 m

Porareikien puikoston mitoituspiste

Lämpöalareikien ja puikoston lämpötila	2,7 °C
Lämpöalareikien vastavaa massa	0,494 kg/s
Lämpöalareikien vastavaa virtausnopeus	0,509 m/s
Lämpöalareikien nestekapasiteetti	424 l (sisältää ruuhojen vastavaa)

Maapiiriin pumpon mitoituspiste

Puikoston paineisuus mitoitusarvossa	21,0 kPa
Lämpöpumpun nostovoiman paineisuus	0,0 kPa
Muut paineistukset	0,0 kPa
Paineisuus yhteensä	21,0 kPa
Pumpon tila vastavaa mitoitusarvossa	0,509 m/s

LP-optima

19.03.2013

Tekninen raportti

Kohde

Komppani	OKT	Lämmitysmuoto	Sijälämmitys
Henkilö	Jaska Lounila	Lämmitysjärjestelmä	Vesikiertoinen lattialämmitys
Talotyyppi	Väninä talo	Ilmanvaihtotyyppi	LTO, jälkilämmitys, nestekiertoilla
		Lämpöpumputyyppi	Käyttöveden jälkilämmitys tulla siinosalla

Tehomitoituslaskelma

	sa kW	osuus huippuenergiasta %	energiatähti kWh	energiatähti %
Lämpöpumpon lämpö ja energia	8,0	91,9	24231	99,0
Tarvittava lämmitys	0,7	8,0	99	0,4
Yhteensä	8,7	100,0	24330	100,0

Lämmönkeräystä varten tarvittavan vaakaputkiston mitoitus /putkisto maaperässä

Putkiston sähkösäätöenergian määrä	10154	kWh/v
Putkiston tulo	5,3	kW
Maaperätyyppi	Savimaa	
Laskennassa käytetty maajätkä	Etanoli/luoto 30 t1-%	
Sallittu painehäviö putkistossa	25	kPa
Vaihto putkistossa	PEM40	
Rinnakkaisasettelit	1	
Putkistossa yhteensä	1 x 402 m	
Lämmönenergiaputkiston nestelaajuus	380 l	(Ei sisälly laskentaan tässä)

Putkiston mitoitus piste

Putkiston painehäviö	71,5	kPa
Lämpötaero maahan ja pöytäpöytä	3,0	C
Lämpötaero vastavaa maavirta	0,444	kg/s
Lämpötaero vastavaa virtausvirta	0,458	dm ³ /s
Virtausvirtaa vastava virtausnopeus	0,548	m/s
Virtausnopeutta vastava Reynoldsin luku	2753	

Maapiirin pumpun mitoitus piste

Putkiston painehäviö mitoitustilanteessa	71,5	kPa
Lämpöpumpun hönnyttimen painehäviö	0,0	kPa
Muut painehäviöt	0,0	kPa
Painehäviö yhteensä	71,5	kPa
Pumpun virtausvirta mitoitustilanteessa	0,458	dm ³ /s