

Panu Järveläinen

LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMINEN KOLMESSA KOHTEESSA

Opinnäytetyö
Talotekniikka

2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

| Tekijä | Tutkinto | Aika |
|--|-----------------|--------------------------|
| Panu Järveläinen | insinööri (AMK) | Huhtikuu 2017 |
| Opinnäytetyön nimi | | |
| Lämmitysjärjestelmien kehittäminen kolmessa kohteessa | | 49 sivua 5 liitesivua |
| Toimeksiantaja | | |
| Järvi-Saimaan Palvelut Oy | | |
| Ohjaaja | | |
| Martti Veuro | | |
| Tiivistelmä | | |
| <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin kolmen kohteen lämmitysjärjestelmiä. Työssä tutkittavina olivat Juvan ja Rantasalmen kunnanvirastot sekä Sulkavan keskuskoulu. Työn tarjoajana toimi Järvi-Saimaan Palvelut Oy. Tehtävänä oli tutustua kohteiden lämmitysjärjestelmiin ja määrittää niiden nykyinen kunto. Kunnan perusteella kohteille selvitettiin tarvittavat parannukset ja laskettiin lämmitysjärjestelmien korjausvelka. Järjestelmille pohdittiin myös erilaisia kehitysvaihtoehtoja, joiksi työhön valittiin maalämpö ja aurinkoenergia. Kehitysvaihtoehtojen kannattavuutta tutkittiin takaisinmaksulaskelmien avulla.</p> | | |
| <p>Työssä tutustuttiin lämmitysjärjestelmien korjausvelkaan ja sen määrän laskemiseen. Selvitettiin, kuinka lämmitysjärjestelmän kuntotutkimus suoritetaan ja mitä kaikkea sen yhteydessä tarkastetaan. Tarkasteltiin kohteissa nykyisenä lämmitysmuotona olevaa kaukolämpöä ja sitä, kuinka maalämpöä tai aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää sen rinnalla. Taustatutkimustyön lopuksi tutustuttiin siihen, kuinka investointien takaisinmaksuaikoja lasketaan ja mitä kaikkea sen laskennan suorittamiseksi on selvitettävä.</p> | | |
| <p>Kohteisiin perehdyttiin yhdessä työn tilaajan laitospäällikön kanssa. Tämän jälkeen aloitettiin selvittämään lämmitysjärjestelmien nykyistä kuntoa. Laitteille, joiden asennusvuodet eivät olleet tiedossa, arvioitiin oletettavaa käyttöikää silmämääräisen tarkastelun avulla. Lämmitysjärjestelmien kunnan perusteella laskettiin korjausvelka. Kaukolämmön rinnalle vertailtiin valittuja kehitysvaihtoehtoja, ja niille laskettiin investointihinnat ja vuotuiset huoltokustannukset ja säästöt. Näiden laskelmien avulla laskettiin järjestelmille takaisinmaksuajat.</p> | | |
| <p>Työssä selvisi, että opinnäytetyössä tarkasteltavana olleet kohteet ovat lämmitysjärjestelmiensä osalta korjausvelkaisia. Kyseisissä kohteissa saadaan maalämmöllä ja aurinkolämmöllä lyhyet takaisinmaksuajat. Maalämpöä ja aurinkolämpöä voidaan suositella kaikkiin työn kohteisiin tukevaksi lämmitysmuodoksi.</p> | | |
| Asiasanat | | |
| lämmitys, korjausvelka, maalämpö, kaukolämpö, aurinkolämpö, takaisinmaksuaika | | |

| Author | Degree | Time |
|---|-------------------------|-----------------------------------|
| Panu Järveläinen | Bachelor of Engineering | April 2017 |
| Thesis Title | | |
| The development of heating systems in three buildings | | 49 pages 5 pages of appendices |
| Commissioned by | | |
| Järvi-Saimaan Palvelut Oy | | |
| Supervisor | | |
| Martti Veuro | | |
| Abstract | | |
| <p>The thesis looked at the heating systems of three different buildings. The thesis examined municipal agencies of Juva and Rantasalmi and the central school of Sulkava. The work was provided by Järvi-Saimaan Palvelut Oy. The task was to explore the heating-systems of the buildings and determine their current condition. Based on current condition of systems the necessary improvements were discussed and the repair debt of heating systems were calculated. Variety of development options for systems were also discussed. As options act geothermal heating, solar heating and heat recovery of waste water. The viability of the development options were analyzed through payback period calculations.</p> | | |
| <p>In this work, the repair debt of heating system was explored and how to calculate its amount. It was explored how to do the inspection of condition of heating system and what parts of system need to be inspected in its context. Building's current source of power, district heating was examined and how to use it with geothermal energy and solar energy. In the end of background research, it was examined how to calculate investments' payback periods and what needs to be solved to determine them.</p> | | |
| <p>The buildings were studied together with the customer's maintenance man. After this the condition of heating systems was investigated. For devices of which the installation period was unknown, the remaining lifetime was estimated by visual inspection. Based on condition of heating systems the repair debt was calculated. Selected development options by side of district heating systems were compared and calculations of investments, annual maintenance cost and savings were made. These calculations were used to solve the investments payback periods.</p> | | |
| <p>It was found out that the buildings of thesis have repair dept on their heating systems. For the buildings of this thesis the payback periods of geothermal heating and solar heating are short. Geothermal heating and solar heating can be recommended to all this work's buildings for a supporting heating system.</p> | | |
| Keywords | | |
| heating, repair debt, geothermal heating, district heating, solar heating, the payback period | | |

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | KORJAUSVELKA | 7 |
| 2.1 | Korjausvelan kehitys..... | 7 |
| 2.2 | Korjausvelan määrä..... | 8 |
| 3 | RAKENNUSTEN KUNTOTUTKIMUS..... | 9 |
| 4 | TUTKITTAVAT LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT | 10 |
| 4.1 | Kaukolämpö..... | 11 |
| 4.1.1 | Kaukolämmön hinta..... | 13 |
| 4.2 | Maalämpö | 15 |
| 4.2.1 | Maalämmön hinta | 17 |
| 4.3 | Aurinkolämpö..... | 19 |
| 4.3.1 | Aurinkolämmön hinta..... | 21 |
| 4.4 | Sähkö | 22 |
| 5 | LÄMMIN KÄYTTÖVESI | 23 |
| 6 | INVESTOINNIN TAKAISINMAKSUAIKA | 23 |
| 7 | TULOKSET..... | 24 |
| 7.1 | Juvan kunnanvirasto..... | 24 |
| 7.2 | Rantasalmen kunnanvirasto | 27 |
| 7.3 | Sulkavan keskuskoulu | 30 |
| 7.4 | Lämmitysjärjestelmien kehittäminen | 33 |
| 7.5 | Laskelmat | 35 |
| 7.5.1 | Korjausvelkalaskelmat..... | 36 |
| 7.5.2 | Kehitysvaihtoehtojen investointikustannukset | 38 |
| 7.5.3 | Huoltokustannukset..... | 41 |
| 7.5.4 | Säästölaskelmat | 42 |
| 7.5.5 | Kehitysvaihtoehtojen takaisinmaksuajat | 43 |
| 8 | TULOSTEN ANALYSOINTI..... | 44 |

| | | |
|-----|------------------|----|
| 8.1 | Juva..... | 44 |
| 8.2 | Rantasalmi..... | 45 |
| 8.3 | Sulkava..... | 46 |
| 9 | YHTEENVETO | 47 |
| | LÄHTEET..... | 50 |

LIITTEET

Liite 1. Nibe maalämpöpumppu

Liite 2. Nova future Oy:n aurinkokeräin

Liite 3. Akvaterm Oy:n varaaja

Liite 4. Aurinkolämpö laskut

Liite 5. Maalämpö laskut

1 JOHDANTO

Nykyisin kuluttajat ovat energiatietoisempia kuin ennen. Energiaa pyritään kuluttamaan vähemmän sekä siihen liittyvät kustannukset koetetaan pitää mahdollisimman pieninä. Suuri merkitys energiankulutuksessa on rakennusten lämmityksellä. Vaihtamalla vanhoja lämmitysjärjestelmiä uusiin ja energiatehokkaampiin pystytään saamaan aikaiseksi huomattavia säästöjä lämmitysenergiankulutuksessa. Rakennuksille on olemassa useita erilaisia lämmitysmuotoja. Kohteen lämmitysenergia voidaan tuottaa yhden päälämmitysjärjestelmän avulla tai siihen voidaan asentaa useampi erilainen lämmitysjärjestelmä, jotka toimivat rinnan.

Opinnäytetyön tutkimusaiheen on tarjonnut Järvi-Saimaan Palvelut Oy. Järvi-Saimaan Palvelut Oy toimii teknisen palvelun tarjoajana Etelä-Savossa pääasiassa Juvan, Rantasalmen ja Sulkavan kuntien alueella. Tutkittavina kohteina opinnäytetyössä ovat Juvan ja Rantasalmen kunnanvirastot sekä Sulkavan keskuskoulu. Työssä tutustutaan kyseisten kohteiden LVI-tekniikkaan erityisesti lämmitysjärjestelmien osalta. Lämmitysjärjestelmien nykykunto selvitetään sekä tarkastellaan, vastaavatko lämmitysjärjestelmät nykyaikaista toimintaperiaatetta. Työssä perustellaan, miksi korjausvelkatarkastelussa on syytä perehtyä juuri lämmitysjärjestelmiin.

Työn tavoitteena on selvittää näiden kolmen kohteen lämmitysjärjestelmien nykytilanne ja mahdollinen korjausvelka. Kohteiden lämmitysjärjestelmien nykykunnan ja odotettavan käyttöiän perusteella pohditaan, ovatko järjestelmät kunnostuksen tarpeessa. Kohteille vertaillaan erilaisia lämmitysjärjestelmien kehitysvaihtoehtoja sekä niiden taloudellista hyötyä tarkastelemalla järjestelmien investointihintoja, tuottoja sekä takaisinmaksuaikoja. Pohditaan, millaisia parannuksia lämmitysjärjestelmille voitaisiin tehdä lämmitysmuodon muuttamisen lisäksi ja millaisia hyötyjä niistä olisi. Selvitysten avulla kohteille luodaan yhteenvedot mahdollisista lämmitysjärjestelmien parannusehdotuksista. Työn lopputulokseksi muodostuu näin euromääräinen summa lämmitysjärjestelmien nykyisestä korjausvelasta sekä esitys järjestelmien kehittämisestä perusteluineen.

2 KORJAUSVELKA

Työssä selvitetään lämmitysjärjestelmien kunnan perusteella kohteiden korjausvelkaa lämmitysjärjestelmien osalta. Korjausvelka tarkoittaa yleisesti rakennusmaailmassa, kuinka paljon rakennukseen olisi pitänyt investoida rahaa, että sen kunto vastaisi tekniikaltaan hyväkuntoista rakennusta. Korjausvelka pystytään jakamaan osiin järjestelmäkohtaisesti. Työssä tutkitaan kohteita vain lämmitysjärjestelmien osalta, joten tässä tapauksessa korjausvelalla tarkoitetaan sitä rahamäärää, joka järjestelmään olisi pitänyt sijoittaa, että sen kunto vastaisi toiminnaltaan hyväkuntoista järjestelmää. Huollon puute ja laitteiden ikääntyminen aiheuttavat usein korjausvelkaa järjestelmille. /1, s. 3./

Hyvin toimiva lämmitysjärjestelmä on tärkeä osa rakennusta. Tämän takia lämmitysjärjestelmän korjausvelan kasvaessa laskee koko rakennuksen tekninen arvo. Rakennus ollessa julkisessa käytössä laskee korjausvelan noustessa sen tuottaman palvelun laatu. Jos kunnan keskeisille julkisille rakennuksille kertyy runsaasti korjausvelkaa, voi tästä olla niille paljon harmia. Julkisen rakennuksen korjausvelan kasvaminen liian suureksi, voi aiheuttaa sen, että rakennus poistetaan käytöstä. Silloin palveluita joudutaan siirtämään muualle. Tämä voi vähentää alueen asukkaiden viihtyvyyttä ja siten lisätä muuttotappiota. /1, s. 26./

2.1 Korjausvelan kehitys

Korjausvelka kasvaa tai pienenee kohteessa jatkuvasti. Vaikka kohteiden järjestelmille ja laitteille tehdään korjaus- ja huoltotöitä, laskee olemassa olevien laitteiden kunto jatkuvasti huonommaksi. Nykyisin käyttäjät vaativat laitteiltaan energia- tehokkuutta, ja siksi laitteiden toimivuuden huononemiseen ymmärretään puuttua entistä nopeammin. /1, s. 6./

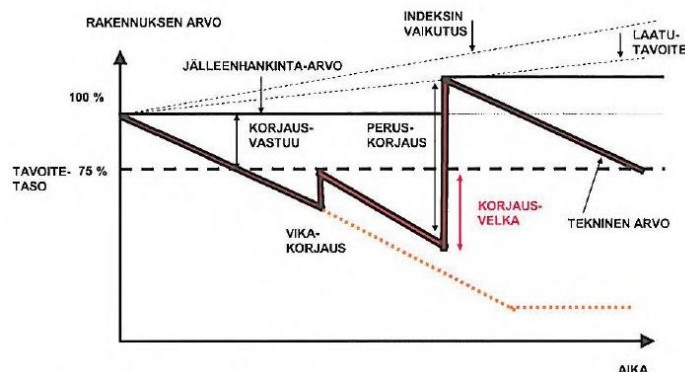
Kohteita käyttävät henkilöt näkevät niiden lämmitysjärjestelmien osalta vain lämmönluovuttimet. Lämmitysjärjestelmien ja laitteiden todellista kuntoa ei usein tiedetä. Tämän takia kohteilla tulee olla järjestelmien toimintaa tarkkaileva huoltomies. Varsinkaan kesäaikaan vikoja ei usein havaita, vaan ne ilmenevät lämmityskauden aikana, jos tiloissa koetaan liiallista viileyttä tai kuumuutta laitteiden

toiminnasta johtuen. Osa vioista voidaan myös havaita vuotoina. Vuodot ilmenevät usein ainoastaan huoltohenkilökunnalle, jos järjestelmän verkoston paine näyttää vähän kerrassaan laskevan ja sitä joudutaan tietyin aikaväleihin täyttämään lisää. Tällöin lämmityslaitteisiin ja rakenteisiin, joissa ne kulkevat, on jo päässyt syntymään suuria vaurioita, ja tällöin tehtävä korjaus tulee huomattavasti kalliimmaksi kuin suunnitelmallinen jatkuva ylläpito. /1, s. 6./

Vika lämmitysjärjestelmässä voidaan myös huomata rakennuksen lämmitysenergian kulutuksen avulla. Lämmitysenergian kulutus voi kasvaa huomattavasti, jos lämmönluovuttimien lämmönluovutusteho on huonontunut tai lämmönsiirtimen lämmönsiirtokyky on huomattavasti heikentynyt. Tässä tapauksessa lämmönluovuttimista ja siirtimistä ei saadakaan samaa lämmönsiirtotehoa kuin ennen, ja siitä johtuen tilojen lämmittämiseen tarvitaan enemmän energiaa. /2, s. 40./

2.2 Korjausvelan määrä

Korjausvelkaa laskiessa ei korjauksia tule laskea uutta vastaavaa kuntoa tavoitellen /1, s. 3/. Työssä järjestelmän arvo on ollut uutena 100 %. Järjestelmän ikäänntyessä sen arvo alkaa laskea osien kulumisen ja ikääntymisen takia. Järjestelmän arvo tulee pyrkiä pitämään tavoitetasolla 75 % alkuperäisestä arvosta. Järjestelmän arvon ollessa 75 % alkuperäisestä se toimii tekniikaltaan yhä kuin uusi järjestelmä. Kun järjestelmän arvo laskee alle tämän tavoitetason, sen toiminta alkaa heikentyä. Tämän tavoitetason alittuessa alkaa järjestelmälle kertyä korjausvelkaa. Alla olevassa kuvassa 1 nähdään, kuinka ajan kuluessa järjestelmän arvo laskee. /1, s. 4./



Kuva 1. Rakennuksen arvo ajan kuluessa /1, s.4/

Työssä tutkitaan, kuinka paljon kohteilla on korjausvelkaa. Korjausvelka määrittyy sen investoinnin arvon mukaan, mikä kohteille tulee tehdä, jotta niiden lämmitys-järjestelmät toimivat hyvin. Kaikki tehtävät korjaukset tähtäävät siihen, että rakennuksen kunto saataisiin tavoitetasolle 75 %. Rakennuksille tulee lähivuosikymmeninä kehittymään vielä runsaasti korjausvelkaa, jonka hallitsemiseksi järjestelmiä tulee korjata jatkossakin. /1, s. 24./

3 RAKENNUSTEN KUNTOTUTKIMUS

Rakennusten LVV-kuntotutkimuksen perusteena on saada työn tilaajalle tieto, millaisessa kunnossa rakennuksen talotekniset järjestelmät, putkistot ja niiden osat ovat tällä hetkellä /3, s. 1/. Kuntotutkimusta aloitettaessa on tärkeää, että kohteesta saadaan mahdollisimman kattavat lähtötiedot, koska niiden avulla voidaan ennalta tutustua järjestelmiin ja pohtia järjestelmien ongelmakohtia /3, s. 3/.

Järjestelmän kunnan määritys tehdään selvittämällä sen eri osien jäljellä oleva tekninen käyttöikä. Jäljellä olevaa teknistä käyttöikää voidaan tarkastella selvittämällä laitteiston osien asennusvuotta, josta voidaan laskea osan nykyinen käyttöikä ja päätellä jäljellä olevaa aikaa. Järjestelmien käyttöikää voi myös tarkastella virtausmittarien avulla, esimerkiksi tutkimalla miten neste virtaa tietyssä putkenosassa. Selvitystä voi tehdä myös aistinvaraisesti katsomalla laitteitten ulkopuolista kuntoa, ovatko laitteet kuluneet tai hapettuneet sekä kuuntelemalla ääniä tai kohisevatko venttiilit tarpeettoman paljon. /3, s. 3/

Järjestelmän kunto kirjataan ylös luokkien 1-5 mukaan. Luokka 1 on järjestelmän kuntoluokista huonoin ja luokka 5 paras. Tosin koska luokassa 1 järjestelmän nykyistä kuntoa ei saada selvitettyä, se ei välttämättä aina tarkoita, että laite on uusimisen tarpeessa, vaan kohde tarvitsee lisäselvitystä. Seuraavalla sivulla olevasta taulukosta, johon lämmitysjärjestelmien kuntoluokitukset on kirjattu kuvauksiensa kanssa, nähdään laitteiden oletettu jäljellä oleva käyttöikä. Käymällä läpi järjestelmän osat tämän luokituksen mukaan pystytään sen kokonaiskuntoa tarkastelemaan osa-alueittain. Tutkimuksen tulokset kirjataan pöytäkirjoiksi, joiden avulla pystytään suunnittelemaan järjestelmälle korjausohjelma. Korjausohjelmaa suunnitellessa pohditaan laitteiden teknisen käyttöiän perusteella laitteiden ja

osien mahdollista korjaus- ja uusimistarvetta. Korjaus- ja uusimistarpeeseen voivat vaikuttaa laitteen uusimisen kiireellisyys, eli siis tulevat riskit, kuten vuodot, jos laitteistoa ei korjata, taloudellinen käyttöikä sekä tilaajan toiveet ja tavoitteet. /3, s. 2./

Taulukko 1. Lämmitysjärjestelmien kuntoluokitus /3, s. 2./

| Kuntoluokka | Kuvaus |
|--------------------|--|
| 5 | Jäljellä oleva käyttöikä ilman toimenpide- /uusinta- /kunnostustarvetta yli 10 vuotta |
| 4 | Jäljellä oleva käyttöikä ilman toimenpide- /uusinta- /kunnostustarvetta 5- 10 vuotta |
| 3 | Jäljellä oleva käyttöikä ilman toimenpide- /uusinta- /kunnostustarvetta 3- 5 vuotta |
| 2 | Jäljellä oleva käyttöikä ilman toimenpide- /uusinta- /kunnostustarvetta 1- 3 vuotta |
| 1 | Järjestelmän jäljellä olevaa käyttöikää ei voi määrittää /toimenpide- /uusinta- /kunnostustarve välittömästi |

Työssä tutkitaan kohteiden lämmitysjärjestelmien yleiskuntoa. Työhön on valittu tarkasteltaviksi lämmitysjärjestelmien lämmönsiirtimet, varo- ja paisuntalaitteet, verkoston pumput, putkisto, sulku- ja linjasäätöventtiilit, patterit sekä termostaatti- ja patteriventtiilit. Nämä ovat lämmitysjärjestelmän toiminnan kannalta sen tärkeimmät osat, joten niiden perusteella saadaan luotua hyvä kuva kohteiden järjestelmien kunnosta.

4 TUTKITTAVAT LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Lämmitysjärjestelmien tehtävänä on luoda viihtyisät ja terveelliset olosuhteet käyttäjälle /4, s. 3/. Erilaisille rakennuksille pyritään luomaan erilaiset lämpöolot. Nämä lämpöolot ovat perusteena rakennus- ja ilmanvaihtotekniikan kanssa sille, kuinka lämmitysjärjestelmä tullaan mitoittamaan. Lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa tulee kohteelle valita lämmitysmuoto. Lämmityksen energianlähteen valintaan vaikuttaa energianlähteen taloudellisuus ja se, kuinka hyvin se palvelee rakennuksen käyttötarkoitusta. /5, s. 135./ Kaikissa opinnäytetyön kohteissa on

lämmitysmuotona kaukolämpö. Tutkittaviksi lämmöntuottojärjestelmiksi kaukolämmön tilalle valittiin maalämpö sekä aurinkolämpö.

4.1 Kaukolämpö

Kaukolämmitys on Suomessa käytetyin lämmitysmuoto. Lähes puolet Suomen rakennuksista kuuluu kaukolämpöverkkoon. Julkisten rakennusten osuus kaukolämmössä on lähes 100 %. /6, s. 2./ Se on toiminnaltaan yksinkertainen ja vaatii käyttäjältään vain vähän huoltotoimenpiteitä. Kaukolämpö on tästä johtuen hyvä lämmitysmuoto niillä alueilla, joilla se on saatavilla.

Kaukolämmön kuuma vesi muodostuu vastapainevoimalaitoksissa sähköntuotannon yhteydessä tai lämpökeskuksissa. Kaukolämpöverkosto on suljettu järjestelmä, jossa kuuma vesi ohjataan kuluttajien rakennuksiin, joissa se virtaa lämmönsiirtimen läpi ja näin lämmittää kiinteistön veden. Jäähdyttyään vesi palaa takaisin energialaitokselle uutta käyttöä varten. /6, s. 3./ Kaukolämpölaitteiden tekninen elinikä on noin 20 - 25 vuotta. Loppuvaiheessa usein varsinkin lämmönsiirrin alkaa olla usein niin tukkeutunut, että se huonontaa lämmitystehoa. Lämmönsiirrinlaitteistoa ei kannata yleensä uusida osittain pieniä korjauksia lukuun ottamatta, vaan koko järjestelmä tulee uusida kerralla. /6, s. 6./

Kaukolämpöputkisto mitoitetaan kohteen mitoituslämpötilan mukaisen rakennuksen suurimman lämmitystehontarpeen mukaan. Kaukolämmön liitäntäputkiston tilavuusvirta lasketaan kohteen tehontarpeesta. Liian suuri tilavuusvirta nostaa tarpeettomasti lämmityksen perusmaksua. Alimitoitettu tilavuusvirta aiheuttaa sen, että kohteeseen ei saadakaan aikaiseksi haluttuja lämpötiloja. /6, s. 4./

Kohteen lämmönjakohuoneessa lämmön säätely tapahtuu kaukolämmön säätöventtiilin avulla. Kaukolämmön lämmönsiirrin mitoitetaan kohteelle asetettujen mitoituslämpötilojen sekä lämmönmyyjältä saatavissa olevan paine-eron avulla. /7, s. 65./ Kaukolämpöyhtiö velvoittaa lämmöntilaajalta, että kaukolämpöveden kuljettua rakennuksessa olevan lämmönsiirtimen läpi sen jäähtymän tulisi olla aina yli 25°C /6, s. 3/. Tämä johtuu siitä, että lämpötilaeron pieneneminen nostaa kau-

kolämpölaitoksen pumppauskustannuksia. Jos rakennuksella on siis omia rinnakkaislämpöä tuottavia laitoksia kiinteistössään, ne pitää mitoittaa siten, että niiden toiminnan ollessa käynnissä kaukolämpövedelle saadaan yhä riittävä jäähtymä aikaiseksi. /7, s. 91./ Työssä tarkastellaan kaukolämpöä jo olemassa oleviin kohteisiin. Vanhat rakennukset on mitoitettu usein korkeille lämpötiloille. Energiateollisuus ry on määrännyt julkaisussaan K1/2013 olemassa oleville kohteille suurimmat sallitut ensiö- ja toisiopuolen mitoituslämpötilat. Alla olevassa kuvassa 2 on kirjattuna edellä mainitun määräyksen mukaiset lämpötilat.

| | LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C | | | |
|---|--|--|-------------|-------------|
| | ENSIÖ | | TOISIO | |
| | TULO | PALUU | PALUU | MENO |
| Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys | 115 | 43 (max) | 40 (max) | 70 (max) |
| Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys – vanhat rakennukset | 115 | 63 (max) | 60 (max) | 80 (max) |
| Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys | 115 | 33 (max) | 30 (max) | 40 (max) |
| Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys | 70 | 28 (max) | 25 (max) | 35 (max) |
| Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet | 115 | 43 | 40 | 70 |
| Huomautus | | Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila | | |
| | LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C | | | |
| | ENSIÖ | | TOISIO | |
| | TULO | PALUU | KYLMÄ VESI | LÄMMIN VESI |
| Käyttöveden lämmönsiirtimet | 70 | 20 (max) | 10 | 58 |

Kuva 2. Olemassa olevan rakennuksen mitoituslämpötilat /2, s.8, s.57/

Lämmitysmuotona kaukolämpö on varma ja luotettava vaihtoehto. Se ei vaadi lähes lainkaan vuotuisia käyttö- tai huoltotoimenpiteitä. Ainoastaan kaukolämmön varo- ja apulaitteet on hyvä tarkastaa vuosittain. Kesäsulku vaatii ajoittain käyttötoimenpiteitä. Kaukolämmön vuotuiset kustannukset tilaajalle koostuvatkin pääasiassa käyttötoimenpiteistä. Tosin lämmityslaitteiden osat voivat ajan kuluessa vikaantua, ja siksi päi laitteiden toimivuuden tarkastuksia täytyy tehdä riittävän usein, että viat huomataan ajoissa ja ne osataan korjata ammattilaisten toimesta. /7, s. 16./

4.1.1 Kaukolämmön hinta

Kaukolämmön hinta koostuu vuotuisesta perusmaksusta ja kaukolämmön energian kulutuksesta. Kaukolämmön perusmaksu lasketaan kohteen laskutusvesivirran mukaan. Laskutusvesivirta tarkoittaa asiakkaan laskutustehoa vastaavaa kaukolämmön vesivirtaa. Kaukolämmön hinta rakentuu alueen kaukolämmön tarjoajan hinnoittelun mukaisesti. Kaukolämmön perusmaksun yhtälön kertoimet muuttuvat sen mukaan millainen on kohteen laskutusvesivirta. /7, s. 116/ Alla olevassa kuvassa 3 on Suur-Savon Sähkön ohje kaukolämmön perusmaksun laske-
miseksi eri laskutusvesivirroille V.

| Laskutusvesivirta = V | Perusmaksu |
|------------------------------|------------------------|
| m ³ /tunti | €/vuosi |
| 0,10 - 0,79 | $k * (33 + 958 * V)$ |
| 0,80 - 1,99 | $k * (53 + 933 * V)$ |
| 2,00 - 7,99 | $k * (867 + 526 * V)$ |
| 8,00 - | $k * (2657 + 302 * V)$ |

Kuva 3. Kaukolämmön perusmaksun laskenta eri laskutusvesivirroilla. /22/

Kaukolämmön perusmaksun hintaan vaikuttaa laskutusvesivirran lisäksi myös kuntakohtainen perusmaksun kerroin k. Tämä kerroin vastaa lämpöliiketoiminnan kiinteiden kustannusten hintatasoa. Kerroin on aluekohtainen. /22./ Kiinteiden kustannusten taso ei ota huomioon kaukolämmössä ajoittaen muuttuvia tuotantokustannuksia vaan siihen sisällytetään pääasiassa kaukolämpöyhtiöiden kiinteät palkkakustannukset, kiinteistökustannukset, verkoston kustannukset ja lämmön-
tuotantolaitosten kustannukset /7, s. 122/. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 4 on Suur-Savon Sähkön aluekohtaiset k-kertoimet.

Kunta k-kerroin

| | |
|-------------|------|
| Hartola | 3,15 |
| Juva | 2,33 |
| Kangasniemi | 2,01 |
| Kerimäki | 1,84 |
| Mäntyharju | 1,83 |
| Pertunmaa | 1,82 |
| Rantasalmi | 2,42 |
| Puumala | 2,65 |
| Savonlinna | 2,09 |

Kuva 4. Suur-Savon Sähkön aluekohtaiset k-kertoimet. /22/

Kaukolämmön energian hinta muodostuu kaukolämmön tarjoajan hinnaston mukaisesti. Energiamaksu pitävät sisällään kaukolämmön muuttuvat kustannukset joita ovat polttoainekustannukset, polttoaineen varastointikustannukset, polttoaineen käsittelykustannukset, käyttö ja kunnossapitokustannukset sekä kaukolämmön pumppauskustannukset /7, s.120/ Suur-Savon sähkö on määritellyt itselleen alla olevan kuvan 5 mukaisen kaukolämmön energian hinnaston. Hinnaston on ollut voimassa 1.1.2016 lähtien.

Kunta €/ MWh

| | |
|-------------|-------|
| Hartola | 67,50 |
| Juva | 65,80 |
| Kangasniemi | 66,20 |
| Kerimäki | 57,90 |
| Mäntyharju | 66,10 |
| Pertunmaa | 67,70 |
| Rantasalmi | 62,20 |
| Puumala | 63,20 |
| Savonlinna | 66,70 |

Kuva 5. Suur-Savon Sähkön kuntakohtaiset kaukolämmön energiamaksut. /22/

4.2 Maalämpö

Maalämpö on alkujaan aurinkoenergiaa, joka on ilman, auringonpaisteen ja sateiden mukana varastoitunut maaperään. Se on nostanut suosiotaan runsaasti viime vuosina energiatehokkuutensa takia. Maalämpö tuottaa lämpöä tasaisesti palvelemalleen rakennukselle ympäri vuoden. /8, s. 3./ Lämpöpumpun avulla voidaan tuottaa rakennuksen lämmityksestä jopa 75 % uusiutuvalla energialla /5, s. 94/. Maalämpöpumpulla otetaan lämmitysenergiaa talteen maahan asennetusta keruuputkistosta kylmäaineliuosta käyttäen. Keruuputkistoja on olemassa vaakaputkistoja, jotka muodostavat lämmönkeruukentän, tai pystyputkistoja, jotka ovat porakaivoissa. Lämmönkeruukenttä on putkisto, joka on upotettu lenkeille maahan noin 0,7 - 1,2 m syvyyteen. Porakaivo voi olla tarpeen mukaan jopa satoja metrejä syvä. Varsinkin kaupunki- ja taajama-alueilla porakaivo on näistä suosittu vaihtoehto, koska se vie vain vähän tilaa tontilta. Maalämpöjärjestelmän elinikä on noin 15 - 20 vuotta, minkä jälkeen pumppu täytyy uusida. /8, s. 4./ Jos keruuputkistoon ei ole tullut vaurioita, voidaan sitä käyttää vielä yhä sellaisenaan.

Maalämpöä käytetään pääasiassa rakennusten lämmittämiseen, mutta sitä voidaan käyttää myös viilennykseen esimerkiksi johtamalla lämpökaivosta tulevaa liuosta ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin läpi /5, s. 95/. Maalämpö voi toimia rakennuksen pääasiallisena lämmönlähteenä tai pääasiallista lämmitysmuotoa tukevana lämmitysmuotona. Sen avulla ei pystytä saamaan aikaiseksi korkeita lämpötiloja, vaan se tuottaa puuttuvan lämmitysenergian tarpeen suoraan sähkön avulla. Tämän takia sitä ei ole kannattavaa asentaa pääasialliseksi lämmitysmuodoksi sellaisiin kohteisiin, jotka vaativat toimiakseen erittäin korkeita lämpötiloja. /8, s. 5./

Maalämpöjärjestelmän mitoitus aloitetaan selvittämällä rakennuksen lämmitysteho. Maalämpö voidaan mitoittaa, joko osatehoiseksi tai täystehoiseksi. Täysitehoinen maalämpöpumppu tuottaa kaiken lämmitykseen tarvittavan energian, kun taas osatehoinen lämmittää maalämmöllä noin 60 – 90 % ja loput tuotetaan sähköllä. Osatehomitoituksen hyöty kokotehomitoitukseen verrattaessa on se, että se on investointihinnaltaan huomattavasti halvempi. Osatehomitoituksen haittapuolena on, että huipputarveaikaan puuttuva energiavaje täytetään sähköllä.

Lämpöpumpun koko voidaan mitoittaa, kun kohteen lämmitysenergiantarve on selvillä. Kohteelle valitaan haluttu lämmönkeruupiirin malli, jonka jälkeen järjestelmän asennus voidaan toteuttaa. /10./

Vaikka pystykaivo on vaakaputkistoa kalliimpi toteuttaa, on se energiantuotannoltaan metriä kohtia tehokkaampi. Alla olevassa kuvassa 6 nähdään, kuinka Suomen eri lämpövyöhykkeille annetut lämpötehot poikkeavat toisistaan vaaka- ja pystykeruuputkiston osalta. Maalämpökaivo tulee mitoittaa riittävän tehokkaaksi. Jos maalämpökaivo ali mitoitetaan, se tarkoittaa sitä, että se luovuttaa enemmän lämpöä, kuin mitä se saa itseensä ja jossain vaiheessa kaivon teho hiipuu tai kaivossa oleva pohjavesi voi jopa jäättyä. /10./

| | I alue | II alue | III alue | IV alue |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Keskilämpötila, °C sulkeissa D5 2012 tiedot | +5 (5,4) | +4 (4,7) | +2 (3,3) | 0 (-0,3) |
| Mitoittava ulkolämpötila, °C | 26 | -29 | 32 | 38 |
| Lämpökaivo | | | | |
| kWh/m | 150 | 140 | 130 | 120 |
| W/m | 42 - 43 | 38 - 41 | 34 - 38 | 30 - 35 |
| Liuoksen keskilämpötila, °C | -2,5...+1 | -2,5...+1 | -2,5...+1 | -2,5...+1 |
| Pintamaa | | | | |
| kWh/m | 60 | 50 | 45 | 35 |
| W/m | 12 - 15 | 11 - 14 | 10 - 13 | 10 - 12 |
| Liuoksen keskilämpötila, °C | -2,5...+1 | -2,5...+1 | -2,5...+1 | -2,5...+1 |



Kuva 6. Maalämpöpiiristä saatava lämmitysenergia /9, s. 18/

Tarvittava maalämpöpiirin koko lasketaan energiantarpeen ja tuoton avulla. Ensin määritetään kohteen lämmitysenergian tarve. Sen jälkeen määrittämällä kohteen lämpövyöhyke voidaan katsoa edellä olevasta kuvasta 6 putkiston tuottama lämmitysenergia sen mukaan ollaanko valittu vaaka- vai pystykeruupiiri.

Kerupiirin putkiston pituus lasketaan yhtälöstä 1.

$$L = \frac{Q_{tarve}}{Q_{tuotto}} \quad (1)$$

| | | | |
|-------|--------------|-----------------------------|-------|
| jossa | L | kerupiirin putkiston pituus | [m] |
| | Q_{tarve} | energiantarve | [kWh] |
| | Q_{tuotto} | kaivon tuotto | [kWh] |

Maalämpö on vuotuisilta käyttö- ja huoltotoimenpiteiltään samaa luokkaa kaukolämmön kanssa. Sen vuotuiset kustannukset käyttäjälle koostuvatkin lämmityskustannuksia lukuun ottamatta pääasiassa käyttötoimenpiteistä, joihin kuuluu apu- ja varolaitteiden kunnan tarkistaminen. Se on siis vuotuisilta kustannuksiltaan edullinen /10./

4.2.1 Maalämmön hinta

Maalämpöjärjestelmä tarvitsee toimiakseen sähköä. Lämpöpumpun COP-kerroin kertoo kuinka paljon järjestelmä käyttää sähköenergiaa tuottamansa lämpöenergian hankkimiseksi. Suomessa maalämpöpumpun COP-kerroin on usein noin 3. Silloin maalämpöpumpun kuluttaessa yhden kilovattitunnin sähköenergiaa se tuottaa kolme kilovattituntia lämmitysenergiaa, joista kaksi on lähtöisin maaperästä. /13, s. 31./

Maalämpöpumppu siirtää lämmönkeruunesteeseen sitoutunutta energiaa kerupiirin pumpun avulla lämpöpumpun höyrystimelle, jossa energia siirtyy LP:n kylmäainepiiriin. Kompressorin avulla kylmäaine paineistetaan ja siirretään lauhduttimelle, jossa energia luovutetaan lämmityspiiriin. Maalämpöpumpulla pystytään tuottamaan korkeitakin verkoston lämpötiloja mutta se pienentää huomattavasti lämpöpumpun hyötysuhdetta kompressorin käyttöiheyden kasvaessa.

/13, s. 11, s. 31./

Maalämpöpumpun sähkönkulutus voidaan laskea ympäristöministeriön rakennus-
kokoelman D5 ohjeen avulla kaavan 2 mukaisesti. /s. 49/

$$W = \frac{Q_{tilat}}{SPF_{tilat}} + \frac{Q_{lkv}}{SPF_{lkv}} + W_{lisä} \quad (2)$$

| | | | |
|-------|---------------|-----------------------------------|-------|
| jossa | W | LP:n sähköenergiankulutus | [kWh] |
| | Q_{tilat} | tilojen lämmitysenergia | [kWh] |
| | SPF_{tilat} | LP:n SPF tilojen lämmitykseen | [-] |
| | Q_{lkv} | käyttöveden lämmitysenergia | [kWh] |
| | SPF_{lkv} | LP:n SPF käyttöveden lämmitykseen | [-] |

Jollei lämpöpumpuille ole tarkkoja laitekohtaisia SPF- lukuja tiedossa voidaan las-
kuissa käyttää D5 mukaisia maalämpöpumppujen SPF-lukuja sähkönkulutuksen
määrittämiseksi. /23, s. 50/. Kuvassa 7 on luettelo kyseisistä luvuista.

| Maalämpöpumppu | SPF-luku | |
|---------------------------------|--|-----|
| | Vuotuinen keruupiirin pa- luunesteen keskilämpötila, °C | |
| menoveden korkein lämpötila, °C | -3 | +3 |
| <i>Tilojen lämmitys</i> | | |
| 30 | 3,4 | 3,5 |
| 40 | 3,0 | 3,1 |
| 50 | 2,7 | 2,7 |
| 60 | 2,5 | 2,5 |
| <i>Käyttöveden lämmitys</i> | | |
| 60 | 2,3 | 2,3 |

Kuva 7. Maalämpöpumppujen SPF-lukuja. /23, s. 50/

Termi SPF tulee sanoista seasonal performance factor. SPF- luku tarkoittaa jär-
jestelmän vuotuista COP- arvoa, eli sitä kuinka paljon lämpöpumppu käyttää säh-
köenergiaa lämmitysenergian aikaansaamiseksi. Mitä pienempi ero järjestelmän
keruu- ja luovutus lämpötilojen perusteella sitä parempi on pumpun lämpökerroin.
Toisin sanoen, mitä suurempi on pumpun SFP-luku, sitä parempi on pumpun
hyötysuhde. Tämä tarkoittaa sitä, että yhdellä kilovattitunnilla sähköä saadaan
enemmän lämmitysenergiaa aikaiseksi. /14, s. 2/

4.3 Aurinkolämpö

Auringonvalo on Suomessa vielä suhteellisen vähän käytetty, mutta nousussa oleva energiamuoto. Suomessa auringonsäteilyä kertyy vaaka pinnalle Etelä-Suomen alueella 1000 kWh/m² ja Keski-Suomen alueella 900 kWh/m² vuodessa. Tämä on iso määrä energiaa, jota voitaisiin hyödyntää rakennuksissa. Kesäkuukausien aikana auringonpaistetunteja on lähes yhtä paljon tarjolla koko Suomen alueella. Mitä lähemmäs pohjoista mennään, sitä vähemmän kuitenkin auringonpaistetunteja on vuotuisesti. /11, s. 13./

Aurinkoenergiaa voidaan kerätä talteen aurinkopaneelien tai aurinkokeräimien avulla. Aurinkopaneeli muuttaa auringosta saatavan energian suoraan sähkötehoksi, kun taas aurinkokeräin muuttaa auringosta saatavan energian ilma- tai nestekiertojärjestelmään lämpötehoksi. Kaupalliseen käyttöön luodut keräimet, joilla kerätään talteen auringon lämpösäteily, voidaan jakaa kahteen luokkaan. Tyhjiöputkikeräimet ja tasokeräimet. Toimintaperiaatteeltaan keräimet ovat hyvin samantapaiset. Molemmat on pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella ja ne pystyvät hyödyntämään suoraa sekä laajalta alueella tulevaa hajasäteilyä. Erona on, että tyhjiöputkikeräin on toiminnaltaan tehokkaampi ja samalla myös investoinniltaan kalliimpi. Koska aurinkoenergian saanti ole jatkuvasti taattua ei myöskään aurinkokeräinjärjestelmällä saada aikaan jatkuvia korkeita verkosto lämpötiloja. Tämän takia sitä kannattaa käyttää päälämmitysjärjestelmän rinnalla vain avustavana lämmitysmuotona. /11, s. 72./

Rakennusten lämmityskaudella on Suomessa auringon lämpösäteilyä vähiten saatavilla. Tästä johtuen aurinkoenergian avulla on Suomen olosuhteissa hankalaa kattaa rakennuksen lämmityslaitteiden lämmitystä. /12, s. 11./ Aurinkolämpö mitoitetaan usein pelkän rakennuksen lämpimän käyttöveden lämmitystä varten. Mitoitus suoritetaan usein siten, että sillä katetaan kesäajan lämpimän käyttöveden tuotosta 100 % ja talviajan tuotosta noin 50 %. /12, s. 10./ Tätä varten täytyy kohteelle selvittää lämpimän käyttöveden kulutus. Kun käyttöveden kulutus on selvillä, saadaan laskettua sen lämmittämiseen tarvittu lämmitysenergia ja tarvittu varaajan koko. Energiantarpeen avulla voidaan laskea, kuinka paljon aurinkokeräineliöitä tarvitaan lämmittämään haluttu lämpimän käyttöveden määrä.

Aurinkokeräinten tuotto riippuu kohteen sijainnista, keräimen mallista, keräimen varaajan tilavuudesta sekä aurinkokeräinten suuntauksesta. Paras hyöty aurinkokeräimestä saadaan, kun se sijoitetaan etelään päin 45° kulmassa. /12, s. 9./ Alla olevassa taulukossa on Keski-Suomen auringon säteilyenergia vaakasuoralle pinnalle ja todellinen keräimelle osuva säteilyenergia keräinten ollessa 45° kulmassa /25, s. 15, s. 16./

Taulukko 2. Auringon säteilyenergia Keski-Suomessa. /25, s. 15, s. 16/

| kuukausi | säteilyenergia vaakasuoralle pinnalle kWh/m ² | 45° korjauskerroin | keräimelle osuva säteilyenergia kWh/m ² |
|-----------|--|--------------------|--|
| tammikuu | 5 | 1,75 | 8,8 |
| helmikuu | 20 | 2,27 | 45,4 |
| maaliskuu | 52 | 1,75 | 91 |
| huhtikuu | 103 | 1,3 | 133,9 |
| toukokuu | 171 | 1,074 | 183 |
| kesäkuu | 159 | 0,99 | 157,4 |
| heinäkuu | 158 | 1,01 | 159,6 |
| elokuu | 114 | 1,11 | 126,5 |
| syyskuu | 71 | 1,33 | 94,4 |
| lokakuu | 25 | 1,62 | 40,5 |
| marraskuu | 7 | 1,33 | 9,3 |
| joulukuu | 3 | 1 | 3 |

Aurinkokeräinjärjestelmä on vuotuisilta kustannuksiltaan vähäinen. Mahdolliset kustannukset koostuvat pääasiassa pienistä huolto- ja käyttötoimenpiteistä. Myöskin järjestelmän säätö- ja apulaitteet vievät hieman sähköä. Järjestelmän kunnossapidossa on tärkeää, että keräinelementit pidetään puhtaana ja mahdolliset varjostuksen lähteet poistetaan, jolloin keräimillä saadaan paras mahdollinen lämpöteho aikaiseksi.

4.3.1 Aurinkolämmön hinta

Aurinkokeräinjärjestelmä vaatii toimiakseen sähköä. Sähkönkulutus keräinjärjestelmän nestettä kierrättäville pumpuille on laskettavissa rakennusmääräyskokoelman osan D5 mukaisesti. /23, s. 46/

Pumppujen Sähköenergiankulutus lasketaan kaavan 3 mukaisesti /21/.

$$W = P * t / 1000 \quad (3)$$

| | | | |
|-------|-----|----------------------|---------|
| jossa | W | sähköenergiankulutus | [kWh/a] |
| | P | pumpun teho | [W] |
| | t | pumpun käyttöaika | [h] |

Kaavassa 3 pumppujen vuotuisena käyttöaikana voidaan käyttää 2000 tuntia tarkemman tiedon puuttuessa. Jos pumpusta ei ole erillisiä yksityiskohtaisia tietoja voidaan pumpun teho määrittää seuraavalla kaavalla. /23, s. 47/

Pumpun teho lasketaan kaavan 4 mukaisesti /21/.

$$P = 50W + 5 \frac{W}{m^2} * A \quad (4)$$

| | | | |
|-------|-----|------------------|-------------------|
| jossa | P | pumpun teho | [W] |
| | A | keräin pinta-ala | [m ²] |

4.4 Sähkö

Kaukolämpö, maalämpö ja aurinkolämpöjärjestelmä vaativat toimiakseen sähköä. Runsas sähkönkulutus heikentää järjestelmien hyötysuhdetta sähkön hinnan takia. Niinpä järjestelmät pyritään mitoittamaan siten, että ne käyttävät mahdollisimman vähän sähköä. Maalämmöllä ja aurinkolämmöllä aikaansaattavia säästöjä kaukolämpöjärjestelmään vertaillaessa tulee aina ottaa huomioon järjestelmän tarvitsema sähkönkulutus halutun lämmitysenergian aikaansaamiseksi.

Pumppujen sähköenergian kulutuksen laskemisen jälkeen voidaan tarkastella aurinkolämmön hintaa. Suur-Savon sähkö hinnoittelee sivuillaan sähköenergian seuraavalla sivulla olevan kuvan 7 mukaan. /24/

Tässä työssä tutkittavat kohteet sijaitsevat Juvalla, Rantasalmella ja Sulkavalla. Niinpä laskuissa käytetään paikallisen sähköntarjoajan Suur-Savon Sähkön hinnastoa. Sähköyhtiöltä löytyi nettisivuiltaan hinnasto sähkön energiamaksuista, jota tullaan käyttämään hyväksi tässä työssä.

Suur-Savon Sähkön perushinnasto 1.1.2017 alkaen.

Hinnat sisältävät alv 24 %.

| | Energiamaksu snt/kWh | Kuukausimaksu €/kk |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| Yleissähkö | 6,06 | 4,49 |
| Yösähkö | | 4,49 |
| Päiväenergia | 6,58 | |
| Yöenergia | 5,21 | |
| Vuodenaikasähkö | | 4,49 |
| Talviarkipäivä | 7,19 | |
| Muu aika | 5,50 | |

- Perushinnasto koskee toistaiseksi voimassa olevia sopimuksia.
- Perushinnasto ei koske määräaikaista sopimuksia tai MarkkinaKymppi-sopimuksia.
- VihreäKymppi-sopimuksen kuukausimaksu on euron korkeampi.



Suur-Savon Sähkö

Kuva 7. Suur-Savon Sähkön perushinnasto sähköenergialle /24/

5 LÄMMIN KÄYTTÖVESI

Työssä kohteille tulee määrittää lämpimän käyttöveden kulutus ja sen tuottamiseen kulunut energia. Työn kaikista kohteista on saatavilla vuotuinen veden kokonaiskulutus. Kohteissa ei ole erillistä lämpimän käyttöveden kulutuksen seurantaa ja niinpä sen määrä on laskettava. Motivalla on ohje, jonka mukaan lämpimän käyttöveden määrä on asuinrakennuksissa 40 % ja julkisissa rakennuksissa 30 % kokonaiskulutuksesta. Motivalla on myös yksinkertaistettu ohje lämpimän käyttöveden tuottamiseen tarvittun energian laskemiseksi. /21./

Energiantarve lasketaan kaavan 5 mukaisesti /21/.

$$Q_{lkv} = 58 * V_{lkv} \quad (5)$$

| | | | |
|-------|-----------|----------------------------------|-----------------------|
| jossa | Q_{lkv} | lämpimän veden energiankulutus | [kWh/a] |
| | 58 | energiamäärä vesikuutiota kohden | [kWh/m ³] |
| | V_{lkv} | lämpimän veden kulutus | [m ³ /a] |

6 INVESTOINNIN TAKAISINMAKSUAIKA

Takaisinmaksulaskelmat suoritetaan, jotta voidaan tarkastella korjausvelkaparannuksien ja erilaisten lämmitysmuotojen kannattavuutta. Taloudellisesti kannattavan investoinnin takaisinmaksuaika on usein välillä 8-16 vuotta. Takaisinmaksuaikaa ei tule kuitenkaan tarkastella ainoastaan edellä mainittuun aikajaksoon vaan sitä tulee vertailla myös järjestelmän oletettuun käyttöikänsä. Takaisinmaksuaika ei ota huomioon investoinnin takaisinmaksuajan jälkeisiä tuottoja. /20./

Investoinnin koroton takaisinmaksuaika lasketaan seuraavalla sivulla olevasta yhtälöstä 6 /18/.

$$T = \frac{I}{(W - H)} \quad (6)$$

| | | | |
|-------|-----|-----------------------------------|-------|
| jossa | T | investoinnin takaisinmaksuaika | [a] |
| | I | investoinnin hankintakustannukset | [€] |
| | W | säästö energiankulutuksessa | [€/a] |
| | H | vuotuiset huoltokustannukset | [€/a] |

7 TULOKSET

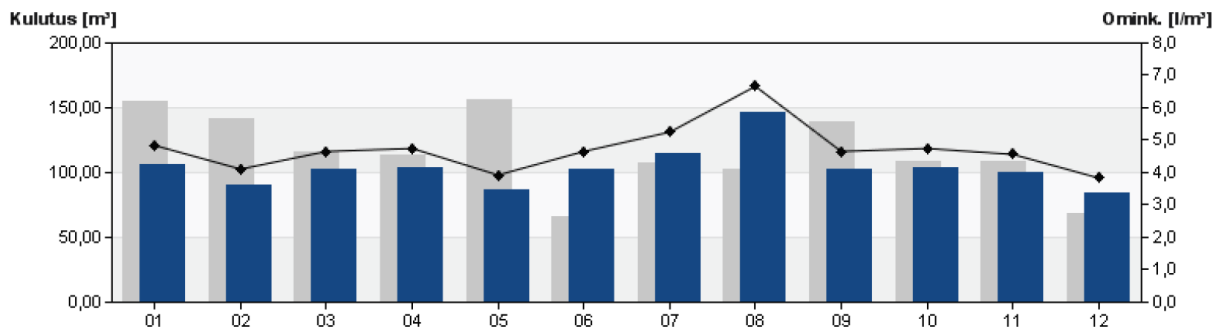
Tarkasteltavina kohteina toimii kolme erilaista kiinteistöä. Työn aluksi tutustuttiin näihin kiinteistöihin, yhdessä kohteet tuntevan laitospiehen kanssa. Samalla selvitettiin rakennusten lämmitysjärjestelmien toiminta. Tämän jälkeen tutkittiin järjestelmien kuntoa. Lämmitysjärjestelmien kuntoa selvittäessä tarkasteltiin niiden ulkopuolista kuntoa sekä järjestelmien asennusvuosia, jonka perusteella pystyttiin arvioimaan mahdollista korjaustarvetta. Kohteista selvitettiin myös lämmitysenergian ja käyttöveden kulutukset säästölaskelmia varten.

7.1 Juvan kunnanvirasto

- Juvantie 13, Juva
- Omistaja Juvan kunta
- Valmistumisvuosi 1980
- Tilavuus 22 586 m³
- Pinta-ala 5549 m²
- Lämmitysmuoto kaukolämpö
- Lämmitysenergiankulutus noin 708 MWh vuodessa
- Käyttöveden kulutus noin 1200 m³ vuodessa

Lämpimän käyttöveden määrä ja energiantarve laskettiin veden kokonaiskulutuksesta kappaleen 5 mukaisesti ja kaavan 5 avulla. Juvan kunnanvirastolta oli saatavilla kuukausikohtainen käyttöveden kulutuksen seuranta kolmelta vuodelta.

Seurannasta nähdään, että käyttöveden kulutus on tasaista kohteessa ympäri vuoden. Käyttöveden vuotuinen kokonaiskulutus on laskettu kolmen vuoden seurannan mukaan alla olevassa kuvassa 8 on seuranta yhdeltä vuodelta.



Kuva 8. Käyttöveden kulutus Juvan kunnanvirastossa.

- Lämpimän käyttöveden osuus vedenkulutuksesta 360 m³ vuodessa
- Lämpimän käyttöveden kulutus 30 m³ kuukaudessa
- Lämpimän käyttöveden tuottamiseen kulunut energia 21 MWh

Juvan kunnanvirastossa on vesikiertoinen keskuslämmitys. Kohteen lämmitys-
muotona toimii kaukolämpö sekä lämmönluovuttimina lämmityspatterit. Viraston
pääovien tuulikaapissa on kaksi rinnakkain toimivaa oviverhokojetta. Kaukoläm-
mön toimittaa Suur-Savon Sähkö Oy. Kunnanviraston kaukolämmön lämmönja-
kokeskus on uusittu vuonna 2015. Remontin yhteydessä lämmönsiirrin on siis
vaihdettu uuteen sekä lämmönjakuhuoneen putkitukset ja lämmitysjärjestelmän
varolaitteet on uusittu.

Lämmitysjärjestelmän putkisto on teräsputkea. Putket ovat alkuperäiset. Ne kul-
kevat osittain pinnoilla, sekä osittain rakenteen sisällä. Kohteessa ei ole havaittu
lämmitysjärjestelmän tyhjentymää tai jatkuvaa täytön tarvetta, minkä perusteella
putkisto voidaan päätellä pitäväksi. Lämmitysrunkojen linjasäätö- ja sulkuventtiilit
ovat alkuperäiset muualla paitsi lämmönjakuhuoneessa, jossa ne on uusittu.
Lämmönluovuttimina toimivat lämmityspatterit ovat alkuperäiset. Kohteen aulati-
loissa patterit ovat konvektoripattereita, ja muissa tiloissa patterit ovat radiaattori-
pattereita. Pattereissa ei ole kulumia eikä syöpyimiä, joten ne todettiin hyväkuntoi-

siksi. Pattereiden termostaatti- sekä patteriventtiilit ovat vanhat, mutta niiden kunosta pystyi päättämään, että ne on jossain vaiheessa uusittu. Myös ilmaruuvit ovat uusittu saman remontin yhteydessä. Patteriverkoston tyhjennysventtiilit ovat vanhat, ja osa niistä on erittäin hapettuneet. Koska lämmityspattereiden eteen on asennettu puukehyksiä koristeeksi, on tilanpuutteen takia osa termostaateista asennettu pystyasentoon. Putkesta ylöspäin nouseva lämpö aiheuttaa sen, että termostaatti lämpenee nopeasti ja sulkee venttiilin liian aikaisin. Alla kuvassa 9 esimerkki kyseisestä tapauksesta.



Kuva 9. Virheellisesti asennettu termostaatti

Kuntotutkimuksen tuloksen kirjattiin ylös seuraavalla sivulla olevaan taulukkoon 3. Kohteen lämmönsiirrin on vasta uusittu. Samalla lämmönjakohuoneen tekniikka on vaihdettu uuteen. Tämä koskee siis lämmitysjärjestelmän pumppuja sekä varo- ja paisuntalaitteita. Myös putkisto on uusittu lämmönjakohuoneen osalta. Korjaustarve kohteessa koskee ainoastaan verkoston venttiileitä ja termostaatteja. Verkosto on myös syytä korjaustöiden jälkeen tasapainottaa uudelleen toiminnan varmistamiseksi.

Taulukko 3. Juva kuntotutkimus

| Lämmitysmuoto: Kaukolämpö | | | |
|----------------------------------|----------------------------|--|-------------------------|
| kohde | kunto- luokitus | syy | Toimen- pide |
| lämmönsiirtimet | 5 | vasta uusittu | - |
| varo- ja paisuntalaitteet | 5 | vasta uusittu | - |
| verkoston pumput | 5 | vasta uusittu | - |
| putkisto | 5 | ei vuotokohtia | - |
| sulut ja linjasäätö-venttiilit | 3 | sulkeutumisen ja säädön toiminnan takaaminen | uusiminen + säätö |
| patterit | 5 | ei vuotokohtia | - |
| termostaattiventtiilit | 2 | toiminnan takaaminen | uusiminen + säätö |

7.2 Rantasalmen kunnanvirasto

- Poikkitie 2, Rantasalmi
- Omistaja Rantasalmen kunta
- Valmistumisvuosi 1954
- Tilavuus 15 570 m³
- Pinta-ala 3985 m²
- Lämmitysmuoto kaukolämpö
- Lämmitysenergiankulutus noin 445 MWh vuodessa.
- Käyttöveden kulutus on noin 400 m³ vuodessa

Lämpimän käyttöveden määrä ja energiankulutus laskettiin samalla tavalla kuin Juvan tapauksessa. Rantasalmelta ei ollut saatavilla kuukausi kohtaista käyttöveden kulutuksen seurantaa kuten Juvalta. Rantasalmen kunnanvirastolla on töissä ihmisiä ympäri vuoden, kuten Juvallakin, joten sen käyttöveden kulutuksen voidaan päätellä olevan samalla tavalla tasaista.

- Lämpimän käyttöveden osuus 120 m³ vuodessa
- Lämpimän käyttöveden kulutus 10 m³ kuukaudessa
- Lämpimän käyttöveden tuottamiseen kulunut energia 7 MWh

Rantasalmen kunnanvirastossa on vesikiertoinen keskuslämmitys. Kohteen lämmitysmuotona toimii kaukolämpö sekä pääasiallisina lämmönluovuttimina lämmityspatterit. Rakennuksen aulaan ja valtuustosaliin on asennettu iv-lämmitys. Kaukolämmön lämmöntarjoaja toimii Suur-Savon Sähkö Oy. Kunnanviraston kaukolämmön lämmönjakokeskus on uusittu vuonna 2015. Remontin yhteydessä lämmönsiirrin on siis vaihdettu uuteen sekä putkitukset sekä lämmitysjärjestelmän varolaitteet on uusittu. Kunnanviraston lämmönsiirrin palvelee myös kunnanviraston yhteyteen rakennetun kirjaston tiloja.

Lämmitysjärjestelmän putkisto kohteessa on teräsputkea. Putket ovat alkuperäiset. Ne kulkevat osittain pinnoilla sekä osittain rakenteen sisällä. Kohteessa ei ole havaittu tyhjentymää eikä jatkuvaa täytön tarvetta järjestelmässä, minkä perusteella putkisto voidaan päätellä pitäväksi. Lämmitysrunkojen linjasäätö- ja sulkuventtiilit ovat lämmönjakohuonetta lukuun ottamatta alkuperäiset. Lämmönjakohuoneen venttiilit on uusittu lämmönsiirtimen vaihdon yhteydessä.

Lämmönluovuttimina toimivat lämmityspatterit ovat pääasiassa alkuperäiset. Patterit ovat toimistohuoneissa levyradiaattoripattereita sekä portaissa ja käytävissä jaeradiaattoripattereita. Joihinkin tiloihin kohteeseen oli vaihdettu uusia pattereita vuotamisen tai huonon kunnon takia. Tutkituissa pattereissa ei ole kulumia eikä syöpymiä, joten ne todettiin hyväkuntoisiksi. Varsinkaan kaikki vanhimmat patterit eivät lämminneet tasaisesti. Tämä voi johtua siitä, että pattereihin on ajan kuluessa kertynyt tukkeumaa ja ne olisi syytä huuhdella. Seuraavalla sivulla kuvassa 10 esimerkki vanhoista pattereista, jotka eivät lämminneet tasaisesti. Pattereiden termostaatti- sekä patteriventtiilit ovat vanhat, mutta niiden kunnosta pystyi päättelemään, että ne on jossain vaiheessa uusittu. Myös ilmaruuvit on uusittu saman remontin yhteydessä. Patteriverkoston tyhjennysventtiilit ovat vanhat. Joiltain osin tyhjennysventtiilejä ei löydetty ollenkaan sieltä, missä niitä olisi syytä olla.



Kuva 10. Epätasaisesti lämpenevä patteri

Alla taulukossa 4 on Rantasalmen kunnanviraston kuntotutkimuksen tulokset. Tulokset ovat hyvin samantapaiset, kuin Juvalla. Lämmönsiirrin ja lämmönjakohuoneen tekniikka on uusittu samaan aikaan kuin Juvan kunnassa. Korjaustoimenpiteet ovat tästä johtuen hyvin samankaltaisia.

Taulukko 4. Rantasalmi kuntotutkimus

| Lämmitysmuoto: Kaukolämpö | | | |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|
| kohde | kunto- luokitus | syy | Toimen- pide |
| lämmönsiirtimet | 5 | vasta uusittu | - |
| varo- ja paisuntalaitteet | 5 | vasta uusittu | - |
| verkoston pumpput | 5 | vasta uusittu | - |
| putkisto | 5 | ei vuotokohtia | - |
| sulut ja linjasäätöventtiilit | 3 | toiminnan takaaminen | uusiminen + säätö |
| patterit | 5 | ei vuotokohtia | - |
| termostaattiventtiilit | 2 | toiminnan takaaminen | uusiminen + säätö |

7.3 Sulkavan keskuskoulu

- Koulutie 8, Sulkava
- Valmistumisvuosi 1960
- Laajennus vuonna 2002
- Tilavuus 17 650 m³
- Pinta-ala 5027 m²
- Lämmitysmuoto kaukolämpö
- Lämmitysenergiankulutus noin 1027 MWh vuodessa.
- Käyttöveden kulutus on noin 1980 m³ vuodessa
- Koulun yhteyteen on rakennettu koulun rivitalo, johon kuuluu 10 kappaletta 50 m² asuntoja
- Energiankulutukseen sisältyy myös rivitalon energiankulutus

Lämpimän käyttöveden määrä ja energiankulutus laskettiin samalla tavalla kuin Juvan ja Rantasalmen tapauksessa kaavan 5 avulla. Koulusta ei ollut kuukausikohtaista käyttöveden kulutustietoa saatavilla. Käyttöveden kulutuksen tiedetään tosin olevan kesä- ja heinäkuussa huomattavasti pienempi, koska silloin koulu on kiinni. Tänä aikana käyttöveden kulutus koskee vain koulun rivitaloa. Koska asunnot ovat kaksioita ja kolmioita on kesäajankulutus arvioitu siten, että joka asunnossa asuu 2 henkilöä, jotka käyttävät päivässä 150 litraa vettä henkilöä kohden.

- Lämpimän käyttöveden osuus 594 m³ vuodessa
- LKV kulutus kesä ja heinäkuussa 37 m³
- LKV kulutus muina kuukausina 52 m³
- Lämpimän käyttöveden tuottamiseen kulunut energia 35 MWh vuodessa

Sulkavan keskuskoulussa on vesikiertoinen keskuslämmitys. Kohteen lämmitysmuotona toimii kaukolämpö sekä lämmönluovuttimina lämmityspatterit. Yläasteen puolella pääovien tuulikaapit on varustettu oviverhokoneilla. Kaukolämmön lämmöntarjoaja toimii Sulkavan Energia Oy. Koulun kaukolämmön lämmönjakokeskus on alkuperäinen. Kohteessa ei ole kaukolämmön lämmönsiirrintä, vaan kou-

lun kellaritiloissa on Lakan hakepolttimella varustettu lämmityskattila. Lämmönlähte on Sulkavan Energian omistuksessa ja toimii paikallisena kaukolämmön lämmönlähteenä. Lämmityskattilan ja koulun lämmitysverkoston välillä ei ole lämmönsiirrintä vaan pelkästään suuret sunttiryhmät, joiden avulla patteriverkoston ohjattava vesi saadaan sopivan lämpöiseksi. Aluksi lämmityskattila on palvellut vain keskuskoulua, mutta ajan kanssa järjestelmään on liitetty myös kirjasto, liikuntahalli, virastotalo, päiväkot, K-market sekä omakotitaloja. Muut lämmönlähteeseen liitetyt kohteet on varustettu lämmönsiirtimillä. Kuvassa 11 on Sulkavan keskuskoulun kellarissa sijaitseva hakepolttimella varustettu lämmityskattila. Kuvasta näkee, kuinka lämmityskattila on ajan kuluessa kulunut ulkopuolelta.



Kuva 11. Sulkavan keskuskoulun kellarissa sijaitseva lämmityskattila

Lämmitysjärjestelmän putkisto on teräsputkea kohteessa. Vanhalla ja uudella osalla rakennusta putket ovat alkuperäiset. Ne kulkevat osittain pinnoilla sekä osittain rakenteen sisällä. Kohteessa ei ole havaittu suurta tyhjentyä eikä jatkuvaa täytön tarvetta järjestelmässä, joten sen perusteella putkisto voidaan päätellä pitäväksi.

Lämmönlvovuttimina toimivat lämmityspatterit ovat rakennuksen vanhassa osassa alkuperäiset. Kouluun on tehty laajennus vuonna 2002. Uudessa osassa olevat lämmityspatterit ovat silloin asennettuja ja siis melko uusia. Vanhan ja uuden osan patterit todettiin hyväkuntoisiksi, eikä niissä ollut syöpymiä. Vanhassa osassa pattereiden termostaatti- sekä patteriventtiilit ovat vanhat, mutta niiden

kunnosta pystyi päättelemään, että ne on jossain vaiheessa uusittu. Myös ilma-ruuvit on uusittu saman remontin yhteydessä. Osa vanhan puolen termostaattiventtiileistä oli rikkoutunut, esimerkiksi ruokailutiloissa, luultavasti iskun takia. Uudessa osassa patteriventtiilit olivat alkuperäiset ja hyväkuntoiset. Kohteessa on ongelmana, että kaikki patterit eivät lämpene hyvin. Monissa opiskelutiloista havaittiin, että suuren luokan seinällä olevan patterin termostaatti oli sijoitettu juuri opettajan tietokonepöydän luo, jolloin se pysyy tietokoneen käynnissä ollessa jatkuvasti lämpimänä ja näin ollen sulkee patterin vesikierron. Tästä tilanteesta on esimerkki kuvassa 12.



Kuva 12. Atk-pisteen taakse sijoitettu termostaattiventtiili

Kuntotutkimuksen tulokset on kirjattu seuraavalle sivulle taulukkoon 5. Kuntotutkimuksen tärkeimpänä tuloksena on huomio, että kohteessa ei ole omaa lämmönsiirintä. Tämä on iso riski järjestelmän käyttövarmuudelle. Kohteessa on kuulemma aiemminkin ilmennyt putkivuotoja, joiden takia tarpeettoman moni talo on joutunut olemaan ilman lämmitystä korjaustöiden ajan. Tämä voitaisiin välttää sillä, että kaukolämpöverkoston jokaisessa kiinteistössä on oma lämmönsiirrin.

Taulukko 5. Sulkava kuntotutkimus

| Lämmitysmuoto: Kaukolämpö | | | |
|------------------------------------|----------------------------|--|--|
| kohde | kunto- luokitus | syy | toimenpide |
| lämmönsiirtimet | 1 | ei omaa siirrintä | siirtimen asennus |
| varo- ja paisunta- laitteet | 1 | ei järjestelmän omia varo- laitteita | asennus |
| verkoston pumput | 2 | alkuperäiset | asennus siirti- men yhtey- dessä |
| putkisto | 5 | ei vuotokohtia | - |
| sulut ja linjasäätö- venttiilit | 3 | toiminnan takaaminen | uusiminen + säätö |
| patterit | 5 | ei vuotokohtia | - |
| termostaattiventtii- lit | 2 | vanhalla osalla toiminnan takaaminen, uudelle osalle irtoantureita | uusiminen + säätö |

7.4 Lämmitysjärjestelmien kehittäminen

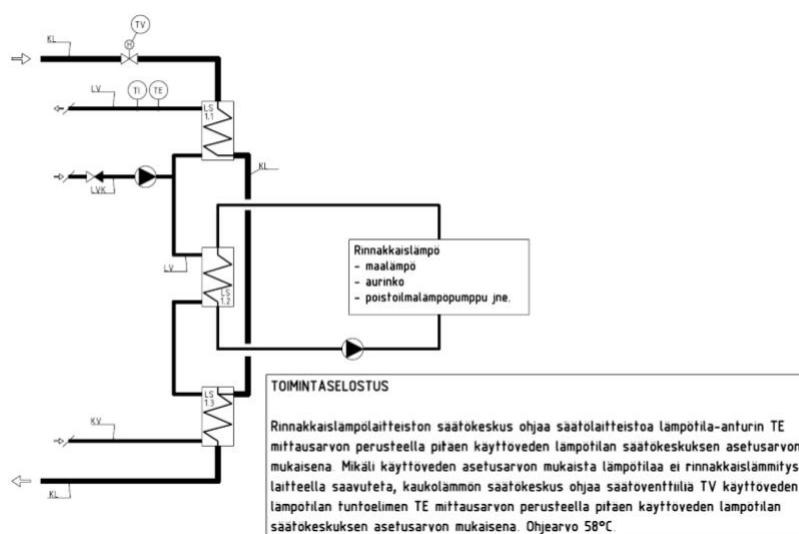
Maalämpöä ja aurinkoenergiaa tutkiessa havaittiin, että niillä on yhteisenä ominaisuutena, ettei niillä saada aikaiseksi korkeita tai jatkuvia toisiopuolen lämpötiloja hyvällä hyötysuhteella. Kaikki kolme opinnäytetyössä tutkittua kohdetta ovat kaukolämmössä, ja niiden lämmitysjärjestelmien toisiopuoli on mitoitettu korkeille lämpötiloille. Juvan lämmitysjärjestelmä on mitoitettu Energiateollisuus K1:n olemassa olevien vanhojen rakennusten mukaisesti 80°C/50°C ja Rantasalmen lämmitysjärjestelmä olemassa olevien rakennusten mukaisesti 70°C/40°C. Sulkavalta ei ollut mitoitustietoja saatavilla. Niinpä Sulkavan kohdalla kehitysvaihtoehdon pohdinta suoritettiin siten, että mitoituslämpötilojen oletetaan olevan K1 mukaiset 80°C/50°C. Työn kolmesta kohteesta Sulkava oli ainoa, jossa ei ollut lämmitysverkoston lämmönsiirrintä vaan lämmityskattilalta tulevaa kaukolämpöä.

viilennetään koululle sopivaksi kuvan 12 mukaisilla sunttiryhmillä. Kohteelle on syytä tehdä parannus pikaisesti toiminnan turvaamiseksi.



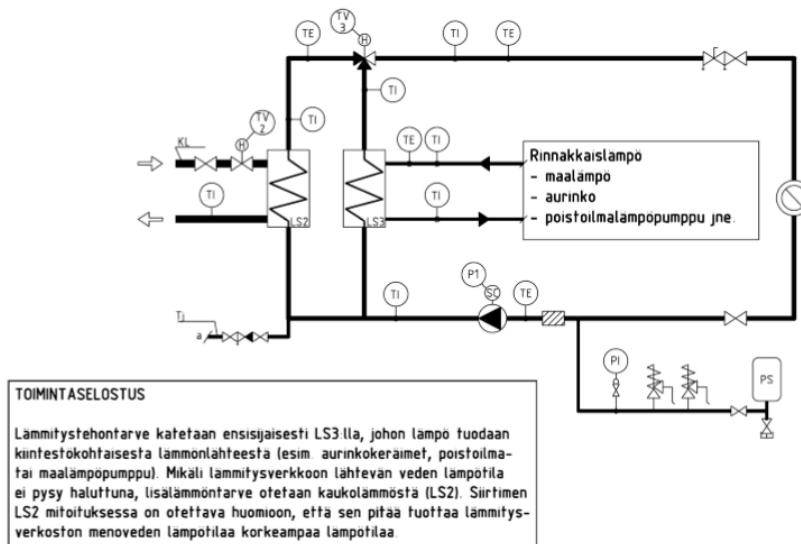
Kuva 12. Kaukolämpöveden sunntaus Sulkavan koulun lämmityspattereille

Kohteille päätettiin jättää pääasialliseksi lämmitysmuodoksi kaukolämpö ja käyttää muita pohdittuja lämmitysmuotoja avustavina lämmönlähteitä. Tällaista lämmitysmuotojen yhdistämistä kutsutaan hybridijärjestelmäksi. Kuvassa 13 on K1:n mukainen kytkentäkaavioesimerkki hybridijärjestelmästä. Kuvasta selviää rinnakkaislämmön periaatekytkentä käyttöveden lämmitykseen järjestelmässä, jonka pääasiallisena lämmitysmuotona on kaukolämpö.



Kuva 13. Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen /2.s.89/

Alla olevassa kuvassa 14 on rinnakkaislämmön periaatekytkentä tilojen lämmitykseen. Kytkenät ovat toteutettu siten, että kaukolämpöveden jäähtymä pysyy mahdollisimman hyvänä. Käyttäessä rinnakkaislämpönä aurinkoa on suositeltavaa, että järjestelmään asennetaan aurinkoenergiavaraaja. Varaaja parantaa kytkennän toimintavarmuutta. /2, s. 82./



Kuva 14. Rinnakkaislämmön kytkentä tilojen lämmitykseen /2.s.89/

7.5 Laskelmat

Työssä selvitettiin Juvan ja Rantasalmen kunnanvirastojen sekä Sulkavan keskuskoulun lämmitysjärjestelmien korjausvelkaa sekä lämmitysjärjestelmien erilaisia kehitysvaihtoehtoja ja niiden kannattavuutta. Tulokset laskettiin suuntaa antaviksi laitevalmistajien ja tukkureiden hinnastojen sekä laitteiden yleisten suuntaa antavien hintojen avulla. Näin työn tilaajalle saatiin suuntaa antavat tiedot mahdollisista kehitysvaihtoehtojen kustannuksista sekä kohteelle saatiin luotua hinta-arvio korjausvelasta. Kaikki työssä tarkasteltavat kohteet olivat alkujaan kytkettyinä kaukolämpöön. Kappaleessa 7.4 mainittiin, että kohteilla on korkeat toisipuolen mitoituslämpötilat. Tämän takia korkeiden kehitysvaihtoehtoja tarkasteltiin kohteissa ainoastaan avustavina lämmitysmuotoina kaukolämmön rinnalla. Laskelmia varten luodut Excel-laskurit ovat työn lopussa liitteinä 4 ja 5.

7.5.1 Korjausvelkalaskelmat

Korjausvelkaa laskettaessa lämmitysjärjestelmien kuntoa parannetaan siten, että niiden arvo pyrittäisiin saada olemaan 75 % alkuperäisestä. Nämä korjaukset suorittamalla järjestelmä tulisi toimimaan periaatteeltaan yhtä hyvin kuin uutena, eli se tulee olemaan järjestelmän korjausvelka. Osien hintoja arvioitiin tukkureiden Onninen, Ahlsell ja Dahl tuotteiden hintojen keskimääräisten hintojen avulla. Työssä käytettiin apuna myös Motivan sivua, jolta löydettiin erilaisia esimerkkihintoja järjestelmille. Työn arvolisäverottamana hintana käytetään usein 40 - 50 €/h. Työn laskelmissa alv. 0 hintana on käytetty 45 €. Töille ja osille ei ole määritetty urakoitsijoiden ja jälleen myyjien katetta vaan hinnoittelu on suuntaa antavaa.

Kuntotutkimuksen perusteella tultiin siihen tulokseen, että Juvan kunnanviraston lämmitysjärjestelmän toiminnan takaamisen kannalta tärkeitä suoritettavia korjauksia olisi lämpölinjojen sulkujen sekä linjasäätöventtiilien uusinta, patteriventtiilien uusiminen sekä järjestelmän tasapainotus. Rakennuksen lämmönjakokeskuksessa sijaitseva tekniikka on vasta uusittu, joten sinne ei ole tarvetta tehdä korjauksia sekä putkistolla on vielä paljon käyttöaika jäljellä. Venttiilien ja laitteiden määrää laskettiin työn tilaajalta saaduista piirustuksista. Laskelmien perusteella kohteelle saatiin alla taulukossa 6 näkyvien hintojen mukainen arvio. Laskelmat ovat suuntaa antavia, koska kohteesta ei ollut saatavilla virallisia lämmityspiirustuksia vain pelkästään suuntaa antavia rakenteellisia tasopiirustuksia. Laskelmien perusteella Juvan kunnanviraston korjausvelaksi muodostui 30 315 €.

Taulukko 6. Juva korjausvelka

| Järjestelmän osa | Hinta-arvio, € |
|---|----------------|
| Sulut | 340 |
| Linjasäätöventtiilit | 1360 |
| Termostaattiventtiilit runko + toimilaite + sulku | 19 500 |
| Työt | 9115 |
| Yhteensä | 30 315 |

Rantasalmen kunnanviraston lämmitysjärjestelmän korjausvelka muodostui hyvin samalla tapaa kuin Juvalla. Rantasalmen kunnanviraston lämpökeskus oli uusittu täysin tekniikaltaan muutama vuosi sitten kuten Juvalla, joten siinä ei ollut mitään parannettavaa. Ainoat tekniset puutteet järjestelmässä olivatkin järjestelmän lämmitysrunkojen venttiilit sekä pattereiden venttiilit. Vaihtamalla nämä uusiin saadaan lämmitysjärjestelmän toiminta turvallisemmaksi sulkujen toiminnan takaamisella sekä energiatehokkaammaksi termostaattiventtiilien toiminnan takaamisella. Nämäkin arviot venttiilien hinnasta ovat suuntaa antavia, koska kohteesta oli saatavilla vain rakenteelliset tasopiirustukset. Rantasalmen kunnanviraston korjausvelaksi muodostui näin seuraavalla sivulla olevan taulukon 7 mukaisesti 15 950 €.

Taulukko 7. Rantasalmi korjausvelka

| Järjestelmän osa | Hinta-arvio, € |
|---|-----------------------|
| Sulut | 320 |
| Linjasäätöventtiilit | 1280 |
| Termostaattiventtiilit runko + toimilaite + sulku | 9490 |
| Työt | 4860 |
| Yhteensä | 15 950 |

Annetuista kohteista Sulkavan keskuskoulun lämmitysjärjestelmä todettiin olevan heikoimmassa kunnossa. Tämä johtui siitä, ettei sen lämmönjakohuoneessa ollut omaa kaukolämpöveden lämmönsiirintä, vaan sinne sijoitettu kaukolämpöyhtiön hakepolttimella varustettu lämmityskattila, joka lämmitti patteriverkosta suoraan kattilalaitoksen vedellä. Tämä aiheuttaa kohteelle suuren riskin siitä, että mahdollisen verkoston laitteen rikkoutumisen takia kohteeseen ei saada ollenkaan lämmitysvettä. Kohteeseen arvioitu lämmönsiirtimen hinta sisältää lämmönsiirtimen apu- ja varolaitteet. Lämmönsiirtimen hinta on arvioitu Motivan hinta-arvioiden perusteella. Kohteeseen arvioitiin samalla tehtäväksi myös lämmitysjärjestelmän runkojen venttiilien uusiminen, jolla taataan sulkujen toiminta ja säädön toimivuus. Myös pattereiden venttiilit tullaan uusimaan sekä järjestelmä tasapainotta-

maan uudelleen. Osa termostaattiventtiilien kiintoantureista vaihdetaan irtoantu-reiksi, jolla taataan se, että venttiilin säätö toimii oikein huonelämpötilan mukaan. Osasta rakennusta oli saatavilla lämmityspiirustukset, mutta osasta vain rakenteelliset tasopiirustukset. Järjestelmän venttiilien määrä laskettiin lämmityspiirustuksista niiltä osin, kuin se oli mahdollista. Loppu venttiilien määrä arvioitiin tasopiirustuksista. Venttiilien ja lämmönsiirtimen kanssa kohteen lämmitysjärjestelmän korjausvelaksi saatiin taulukon 8 mukaisesti 54 427 €.

Taulukko 8. Sulkava korjausvelka

| Järjestelmän osa | Hinta-arvio, € |
|---|----------------|
| Lämmönsiirrin | 15 000 |
| Sulut | 640 |
| Linjasäätöventtiilit | 2560 |
| Termostaattiventtiilit runko + toimilaite + sulku | 22 750 |
| Työt | 13 477 |
| Yhteensä | 54 427 |

7.5.2 Kehitysvaihtoehtojen investointikustannukset

Työssä pohdittiin kohteissa oleville lämmitysjärjestelmille kehitysmahdollisuuksia ja niille suuntaa antavia investointikustannuksia. Investointikustannukset ovat suuntaa antavia, mutta niistä nähdään hyvin, millaisissa hintaluokissa kyseisten järjestelmien hinnat ovat. Investointihintoja laskettaessa on huomioitu järjestelmän hinta ja asennustöistä johtuvia kustannuksia.

Maalämmön osuutta ja työn kohteita tarkastellessa selvisi, että kohteiden järjestelmillä korkeat toimintalämpötilat. Maalämpö mitoitettiin kohteisiin siten, että sillä tuotetaan +60 asteista toisiopuolen vettä. Kun maalämmöllä tuotetaan edellä mainitun lämpöistä vettä, saadaan maalämpöpumpun hyötysuhde pysymään kohtuullisena. Tässä työssä olevasta kuvasta 7, nähdään, että tällaisella toisiopuolen toimintalämpötilalla kohteiden SPF-luvuiksi saadaan lämmitykseen 2,5 ja käyttöveteen 2,3.

Käyttövesi tulee lämmitellä K1 mukaisesti 58 asteiseksi. Tässä tapauksessa siis maalämmöllä pystytään lämmitämään 100% kohteiden käyttövedestä. Koska kohteista ei ollut kaukolämmön vuotuisen kulutuksen ja mitoitus tietojen lisäksi saatavilla muita tietoja on maalämmön osuus kohteissa laskettu kaukolämmön mitoituslämpötiloista.

- Juva toisio 80/50 → voidaan lämmitellä 33,3 %
- Rantasalmi toisio 70/40 → voidaan lämmitellä 66,6 %
- Sulkava toisio 80/50 → voidaan lämmitellä 33,3 %

Maalämmössä suuri osa investointihinnasta koostuu lämmönkeruupiiristä. Kohteissa tonteilla ei ole paljoa ylimääräistä tilaa, joten keruupiireiksi valittiin porakaivot. Juva, Rantasalmi ja Sulkava sijaitsevat Suomessa kuvan 6 mukaisesti säävyöhykkeellä 2, joilla porakaivosta saadaan lämpöä talteen 140 kWh/m.

Juvan käyttövedestä lämmitetään 100 % ja lämmitysverkoston vedestä 33,3 % maalämmöllä. Maalämmöllä tuotettava energiamäärä on Juvalla silloin 249 771 kWh. Kappaleessa 4.2 mainitun kaavan 1 mukaisesti porakaivoa tulee siis olla 1784 metriä.

Rantasalmella käyttövedestä lämmitetään 100 % ja lämmitysverkoston vedestä 66,6 % maalämmöllä. Maalämmöllä tuotettava energiamäärä on kohteessa silloin 298 708 kWh. Laskemalla samalla tavalla kuin Juvan tapauksessa saadaan porakaivon määräksi 2134 metriä.

Kuten Juvalla ja Rantasalmella myös Sulkavalla lämmitetään 100 % käyttövedestä maalämmöllä. Lämmitysverkoston vedestä pystytään lämmitämään 33,3 %. Laskemalla kuten aiemmissa tapauksissa tulee porakaivoa olla 2160 metriä.

Porakaivon hinta on Suomessa yleisesti noin 30 €/metri. Maalämpöpumpun investointikustannushintana on käytetty Motivan lämmitystapojen vertailulaskurin mukaista 15 000 €. Tähän lisätään ylimääräiset 5000 € kaukolämpölaitteistoon

kytkettävien esilämmityssiirtimien takia. /15./ Alla olevassa taulukossa 9 on kirjattuna maalämpöjärjestelmien investointikustannukset. Kohteisiin ehdotetaan liitteen 1 mukaista Nibe maalämpöpumppua.

Taulukko 9. Investointikustannukset maalämmölle

| Kohde | Lämmitysjärjestelmä | Investointihinta, € |
|--------------|----------------------------|----------------------------|
| Juva | Maalämpö | 73 522 |
| Rantasalmi | Maalämpö | 84 009 |
| Sulkava | Maalämpö | 98 286 |

Aurinkokeräinjärjestelmässä suurin osa sen investointihinnasta koostuu aurinkokeräimistä ja aurinkokeräinjärjestelmän varaajasta. Kohteen aurinkokeräimet tul- laan sijoittamaan siten, että ne osoittavat etelään päin ja ovat asennettuna 45° kulmaan. Näin aurinkokeräimellä saadaan talteen suurin mahdollinen aurin- kosäteilyenergian määrä.

Työn kohteiden alueille ei ollut aluekohtaisia säteilytietoja saatavilla, joten kuu- kausikohtaista säteilymäärää laskettiin kuvan 2 mukaisilla Keski- Suomen aurin- gon säteily määrillä. Keräimien ollessa kallistuskulmassa 45° ja niiden suuntauk- sen ollessa etelään saadaan niillä talteen säteilyenergiaa 1053 kWh/m² vuo- dessa. /12, s. 9./

Kuten kappaleessa 4.3 on mainittu, rakennusten lämmityskaudella on Suomessa auringon lämpösäteilyä vähiten saatavilla. Siispä kerääjien määrää arvioitiin si- ten, että niillä tultaisiin kattamaan 100 % kesäajan parhaiten säteilyenergiaa tuot- tavan kuukauden käyttöveden kesäajan tuotannosta.

Edellä mainitun laskutavan mukaisesti keräinpinta-aloiksi saatiin Juvalle 10 m², Rantasalmelle 3 m² ja Sulkavalle 14 m². Aurinkokeräinten hinnaksi arvioitiin No- vafuture Oy hinnastojen perusteella 240 €/m². Tiedot keräimestä löytyy liitteestä 2. Kohteiden aurinkokeräinten varaajat ovat mitoitettu siten, että niiden koko on kaksi kertaa päivittäinen lämpimän käyttöveden tarve pyöristettynä ylöspäin sii- hen lähimpään kokoon, mitä laitevalmistajilla on tarjolla /12, s. 9/. Juvan käyttöve-

den varaajan kooksi tuli 3 m³, Rantasalmen varaajan kooksi 1 m³ ja Sulkavan varaajan kooksi 4 m³. Varaajien hintoja on arvioitu Akvatermin hintojen mukaan. Varaajan esite on liitteessä 3. Alla olevassa taulukossa 10 on investointikustannukset aurinkolämmölle opinnäytetyön kohteissa.

Taulukko 10. Investointikustannukset aurinkolämmölle

| Kohde | Lämmitysjärjestelmä | Investointihinta, € |
|------------|---------------------|---------------------|
| Juva | Aurinkolämpö | 15 834 |
| Rantasalmi | Aurinkolämpö | 13 340 |
| Sulkava | Aurinkolämpö | 18 071 |

7.5.3 Huoltokustannukset

Lämmitysjärjestelmien vuotuiset huoltokustannukset koostuvat oletetuista vuotuisista laitteiden käyttämisestä ja huoltamisesta johtuvista menoista. Huoltokustannukset vaihtelevat lämmitysjärjestelmän mukaan. Kaikkia huoltokustannuksia ei pystytä etukäteen arvioimaan. Periaatteena huoltokustannuksia laskiessa toimii, että järjestelmän vuotuiset huoltokustannukset ovat yhden prosentin verran järjestelmän investointikustannuksista. /19, s. 20./

Huoltokustannusarviot on kirjattu seuraavaan taulukkoon 11. Koska työn kohteet ovat hyvin samantapaisia on niille huoltokustannukset arvioitu yhtä suuriksi. Kustannukset on arvioitu siten, että kohteiden eri järjestelmien investointihinnoille on laskettu keskiarvot. Tästä keskiarvosta laskettu prosentti on hinta-arvio järjestelmän vuotuisista huoltokustannuksista.

Taulukko 11. Järjestelmän vuotuiset huoltokustannukset

| Lämmitysjärjestelmä | Vuosikulut, € |
|---------------------|---------------|
| Maalämpö | 853 |
| Aurinkolämpö | 157 |

7.5.4 Säästölaskelmat

Juvan ja Rantasalmen kohteissa toimii energiantarjoajana Suur-Savon Sähkö ja Sulkavalla Sulkavan Energia. Koska Sulkavan energian sivuilta ei löytynyt energian hinnoittelua, työssä käytetään kaikissa kohteissa energian hintoina Suur-Savon sähkön hinnastoa. Hinnastona on käytetty työssä seuraavan laisia taulukon 12 mukaisia arvoja.

Taulukko 12. Energia hinnasto

| Energia | Hinta €/kWh |
|----------------|--------------------|
| Sähkö | 0,061 |
| Kaukolämpö | 0,066 |

Työssä laskettiin korjausvelkaparannuksille ja rinnakkaislämpöjärjestelmille vuotuiset euromääräiset säästöt. Säästölaskelmia käytetään hyödyksi myös järjestelmien takaisinmaksuaikaa lasiessa. Korjausvelkaparannuksilla ei pääasiallisesti haeta säästöä lämmityskustannuksissa, vaan niiden avulla pyritään ylläpitämään järjestelmän toimivaa kuntoa. Tosin järjestelmän kunnon heikentyessä riittävän kauan alkaa järjestelmä vähitellen toimia alkuperäistä epätaloudellisemmin. Rakennuksen tilojen tavoitelämpötila on 21°C. Motiva ohjeistaa sivuillaan, että lämmitysjärjestelmien oikein tehdyn perussäädön avulla pystytään saavuttamaan jopa 10 - 15 prosentin säästö lämmitysenergiankulutuksessa tosin vain siinä tapauksessa, että kohteen huoneistoissa on yllämpöä. Huonelämpötilojen pudotus yhdellä asteella laskee lämmityskustannuksia keskimäärin viisi prosenttia. /13./ Koska kaikki termostaatit eivät toimi tiloissa nykyisellään sijaintinsa takia tarkoituksenmukaisesti, arvioin, että vaihtamalla venttiilit ja asentamalla huoneistoihin irtaantureita päästäisiin huonelämpötiloihin, joita voitaisiin laskea säädön avulla yksi aste alaspäin, jolloin säästöä lämmityskustannuksiin saataisiin 5 prosenttia vuodessa. Alla olevaan taulukkoon 12 on laskettu korjausvelkaparannuksilla aikaansaatu energiansäästö. Säästöt lämmitysenergiankulutuksessa on normeerattu vertailupaikkakunta Jyväskylään, jotta ne ovat vertailukelpoisia keskenään. /16./ Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 13 on normeerattu kuntakohtainen energiansäästö sekä korjausvelkaparannuksilla aikaan saatava vuotuinen euromääräinen säästö.

Taulukko 13. Korjausvelkaporannuksilla aikaansaavat säästöt

| TV-vaihto ja tasapainotus | MWh/vuosi | Vuotuinen säästö, € |
|----------------------------------|------------------|----------------------------|
| Juva | 38 | 3090 |
| Rantasalmi | 23 | 1980 |
| Sulkava | 55 | 4470 |

Kohteen lämmitysjärjestelmien kehitysvaihtoehdoille laskettiin vertailua varten vuotuiset säästöt alla olevaan taulukkoon 14. Vuotuiset säästöt koostuvat siitä, kuinka paljon rinnakkaisjärjestelmällä pystytään tuottamaan lämmitysenergiaa. Maalämpö on mitoitettu kohteisiin osatehomitoituksella kappaleen 7.5.2 mukaisesti. Aurinkokeräinjärjestelmä on mitoitettu siten, että sillä saadaan tuotettua 100% eniten säteilyenergiaa tuottavan kuukauden käyttöveden lämmityskustannuksista. Laskuissa ollaan otettu huomioon maalämmön ja aurinkolämmön sähkönkulutus. Laskuissa ollaan otettu huomioon myös maalämmön ja aurinkolämmön avulla aikaansaatava kaukolämpöenergian kulutuksen väheneminen sekä kaukolämmön perusmaksun alenema.

Taulukko 14. Vuotuinen säästö rinnakkaislämmöllä

| Kohde | Lämmitysjärjestelmä | Vuotuinen säästö, € |
|--------------|----------------------------|----------------------------|
| Juva | Maalämpö | 15 465 |
| Rantasalmi | Maalämpö | 19 515 |
| Sulkava | Maalämpö | 20 265 |
| Juva | Aurinkolämpö | 1503 |
| Rantasalmi | Aurinkolämpö | 2068 |
| Sulkava | Aurinkolämpö | 2049 |

7.5.5 Kehitysvaihtoehtojen takaisinmaksuajat

Takaisinmaksuajat laskettiin investoinnin takaisinmaksu kappaleessa mainitun kaavan 6 mukaisesti. Korjausvelkaporannuksille takaisinmaksuaikoja laskiessa ei vuotuisia huoltokustannuksia otettu huomioon, koska niitä ei ole. Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 15 on laskettuna kohteiden korjausvelkalaskelmien takaisinajat.

Taulukko 15. Korjausvelkaparannuksen takaisinmaksuaika

| Kohde | Investointi, € | Säästö, € | Takaisinmaksuaika, a |
|------------|----------------|-----------|----------------------|
| Juva | 30 160 | 3090 | 10 |
| Rantasalmi | 15 950 | 1980 | 9 |
| Sulkava | 54 427 | 4470 | 13 |

Taulukossa 16 on kaukolämmön avuksi pohdittujen rinnakkaislämmitysjärjestelmien takaisinmaksuajat. Takaisinmaksuaikoja laskiessa on otettu huomioon vuotuiset huoltokustannukset. Laskelmat eivät sisällä investointien sisäistä korkoa.

Taulukko 16. Kehitysvaihtoehdon takaisinmaksuaika

| Kohde | Lämmitysjärjestelmä | Takaisinmaksuaika, a |
|------------|---------------------|----------------------|
| Juva | Maalämpö | 5 |
| Rantasalmi | Maalämpö | 5 |
| Sulkava | Maalämpö | 6 |
| Juva | Aurinkolämpö | 11 |
| Rantasalmi | Aurinkolämpö | 7 |
| Sulkava | Aurinkolämpö | 10 |

8 TULOSTEN ANALYSOINTI

Korjausvelkalaskelmia tarkastelemalla saadaan hyvä kuva kohteiden lämmitysjärjestelmien nykyisestä kunnosta. Säästölaskelmien avulla nähdään korjausvelkaparannuksilla aikaansaatava taloudellinen hyöty. Kohteiden kehitysvaihtoehtojen laskelmista nähdään eri investointien takaisinmaksuajat. Näiden avulla voidaan pohtia investointien kannattavuutta. Tuloksia analysoidessa ei kuitenkaan tarkastella ainoastaan takaisinmaksuaikaa vaan pohditaan myös laitteiston käyttöikä, saavutettavaa hyötyä ja mahdollisia haittapuolia.

8.1 Juva

Juvan kunnanviraston lämmitysjärjestelmällä on korjausvelkaa 30 315 €. Teke-mällä korjaukset saadaan aikaiseksi vuotuista säästöä 3090 €. Investoinnin takai-sinmaksuaika tulee olemaan 10 vuotta. Parannukset ovat syytä tehdä, jotta työ-ymäristö pysyy viihtyisänä ja järjestelmä toiminnaltaan tehokkaana.

Kehitysvaihtoehtoista maalämmön takaisinmaksuaika on 5 vuotta ja aurinkolämmön 11 vuotta. Maalämpöön investoimalla saa kohteessa hyvän vuotuisen säästön aikaiseksi, jonka takia takaisinmaksuaika on lyhyt. Jos maalämpöjärjestelmä toimii kohteessa moitteettomasti esimerkiksi 15 vuotta sillä kerettäisiin saamaan huomattava taloudellinen hyöty. Tässä tapauksessa maalämmön investointi hinta on 73 522 €. Hinta on kallis, joka voi nostaa kynnystä järjestelmään investoimiseen, vaikka se maksaisikin itsensä pian takaisin. Maalämpöä varten pitäisi porata myös porakaivoa 1784 metriä, joka voi koitua ongelmaksi, jos alueella ei löydy tarpeeksi tilaa kaivoille. Takaisinmaksuaikansa puolesta maalämpö on kohteelle erittäin hyvä investointi.

Aurinkolämpöjärjestelmän investointihinta kohteeseen on 15 834 € ja takaisinmaksuaika 11 vuotta. Investoinnin takaisinmaksuaika on kohtuullinen, sillä aurinkolämpöjärjestelmän eliniän voidaan olettaa olevan noin 20 vuotta. Vaikka järjestelmällä ei saadakaan ensimmäisinä vuosina voittoa aikeiseksi voi sen ajatella olevan myös ekologisesti ajateltuna viisas päätös.

8.2 Rantasalmi

Rantasalmen kunnanviraston lämmitysjärjestelmällä on korjausvelkaa 15 950 €. Järjestelmää kunnostamalla saadaan aikaan mahdollista säästöä 1980 € vuodessa. Kohteessa korjausvelkakunnostusten takaisinmaksuaika on 9 vuotta. Korjaukset ovat syytä tehdä järjestelmän toiminnan sekä hyvän työympäristön takaamiseksi. Tarvittavat korjaukset olisi ollut syytä suorittaa jo kohteen lämmönsiirtimen uusimisen yhteydessä, jolloin järjestelmä toimisi jatkuvasti parhaalla mahdollisella hyödyllä.

Rantasalmella maalämmön takaisinmaksuaika on 5 vuotta. Maalämmön investointihinta kohteessa on 84 009 €. Maalämmön investointihinnan suuruus kohteessa selittyy sillä, että vaikka sen energiankulutus on kaikkein pienin niin sen lämmitysverkoston toimintalämpötilat ovat kaikkein matalimmat. Niinpä maalämmöllä voidaan tuottaa huomattava osa kohteen energiantarpeesta. Maalämmön investointiaika on lyhyt, jonka puolesta järjestelmää voi suositella kohteeseen.

Porakaivoa kohteessa tulisi olla 2134 metriä, joka voi tulla ongelmaksi, koska kohteen ympärillä ei ole lähes lainkaan ylimääräistä tilaa.

Aurinkolämmön takaisinmaksuaika on työn kohteista Rantasalmella kaikkein lyhyin 7 vuotta. Järjestelmän investointihinta on 13 340 €. Tässäkin tapauksessa aurinkolämmön liittäminen lämpimän käyttöveden tuottamiseen on suositeltavaa. Aurinkolämpö kuluttaa vain hieman sähköä ja on toiminnaltaan lähes huoltovapaa. Kohteessa keräinpinta-alan tarve on pieni, joten järjestelmä sopisi hyvin asennettavaksi kohteen katolle.

8.3 Sulkava

Sulkavan keskuskoulun lämmitysjärjestelmällä on korjausvelkaa 54 427 €. Kohteessa korjausvelan määrä on huomattavasti suurempi, kuin Juvalla tai Rantasalmella. Tämä johtuu siitä, että kohteessa puuttui oma lämmönsiirrin. Tekemällä korjaukset sekä järjestelmän säätö saadaan vuodessa aikaiseksi 4470 € säästö. Korjausten takaisinmaksuaika on 13 vuotta. Korjaukset ovat syytä tehdä hyvän opiskeluympäristön takaamiseksi. Näiden avulla parannetaan myös laitteiden käyttövarmuutta. Lisäämällä lämmityskattilan ja koulun lämmitysverkon välille oma lämmönsiirrin saadaan parannettua myös verkostoon liitettyjen muiden kiinteistöjen käyttövarmuutta. Alueella on ennenkin ollut ongelmia, kun koulussa tapahtuneen putkirikon takia on olueen lämmöntuotantoa jouduttu rajoittamaan. Siispä kohteeseen olisi syytä hankkia oma lämmönsiirrin niin suinkin kuin mahdollista. Tämä tulee tehdä, kun lämmityskausi ei ole enää menossa. Näin siirtimen asennustyöllä olisi vähiten haittaa samaan kaukolämpöverkostoon liitetuille asunnoille ja liiketiloille.

Sulkavalla maalämmön takaisinmaksuaika on 6 vuotta. Järjestelmän investointihinta kohteeseen on 98 286 €. Takaisinmaksuaika on investointiin nähden hyvä ja järjestelmällä on vielä runsaasti käyttövuosia jäljellä, kun laite on maksanut itsensä takaisin. Investointihinta järjestelmälle on kohteessa kaikkein kallein mutta sillä alettaisiin jo pian saada huomattavaa rahallista hyötyä aikaiseksi. Porakaivoa järjestelmä tarvitsee 2160 metriä mutta tämä ei ole ongelma, koska Sulkavan

koulun ympärillä on runsaasti maastoa. Kaiken kaikkiaan maalämpöön investoiminen on Sulkavalla erittäin kannattavaa.

Aurinkolämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika on tässä kohteessa 10 vuotta ja investointihinta 18 071 €. Tällä perusteella kohteeseen voidaan suositella aurinkolämmitystä. Jos kohteen energiankulutukseen ei olisi liitetty koulun rivitaloa, ei kohteelle olisi järkevää mitoittaa aurinkolämmitystä, koska silloin ei kesäaikaan lämpimän käyttöveden kulutusta olisi lähes lainkaan.

9 YHTEENVETO

Kaikille työn kohteille on kertynyt korjausvelkaa. Tarkastamalla järjestelmien osien kunto säännöllisesti saadaan korjausten kertainvestoinnin hintaa pienemmäksi. Näin kynnyksellä suorittamaan tarvittavia korjauksia saadaan laskemaan. Korjausvelkaparannusten avulla voidaan säästää rahaa, jos niiden avulla saadaan rakennusta energiatehokkaammaksi. Pitämällä korjausvelan määrä matalalla huolehditaan myös rakennuksen viihtyisyydestä ja käytettävyydestä. Näin saadaan ylläpidettyä rakennuksen arvoa. Jos kohteelle on kertynyt huomattava määrä korjausvelkaa, tulee korjaukset arvioida kiireellisyyden mukaan. Halvin korjausvelkaparannus ei ole aina kiireellisin ja tarpeellisin. Korjauksia varten tarvittavaa rahasummaa helpompi lähteä kokoamaan, kun tiedetään korjausten tärkeysjärjestys. Tämän jälkeen korjauksia voidaan suorittaa järjestyksessä tärkeimmästä alaspäin.

Työn tuloksien mukaan maalämpöä ja aurinkolämpöä pystytään hyödyntämään kaikissa työn kiinteistöissä. Työssä aurinkokeräinjärjestelmät mitoitettiin siten, että niillä täytetään 100 % kesäajan lämpimän käyttöveden tarpeesta ja muun osan vuodesta ne esilämmittävät lämmintä käyttövettä näinpä investointikustannukset jäivät huomattavasti pienemmiksi kuin maalämmöllä. Maalämmön investointikustannukset tulivat huomattavasti suuremmiksi, kuin aurinkolämmön mutta niiden takaisinmaksuajat ovat lähes puolet lyhyempiä. Tämän työn perusteella voidaan suositella maalämpöjärjestelmän hankkimista taloudellisesti hyödyllisenä vaihtoehtona. Myöskin aurinkolämpöjärjestelmä on hankintana hyvä, koska se on in-

vestointihinnaltaan edullinen ja sillä saadaan lämmitysenergiaa talteen vielä pitkään takaisinmaksuajan umpeuduttua. Maalämpö ja aurinkolämpö ovat ekologisia ja nykyaikaisia lämmitysmuotoja. Tällaisten avulla pystytään nostamaan rakennuksen arvoa.

Työn laskelmia tehdessä selvisi, että kaukolämmön perusmaksulla on erittäin suuri merkitys kaukolämmön hinnassa. Niinpä kaukolämmön kulutuksen laskeissa saadaan perusmaksun aleneman ansiosta paljon säästöä aikaiseksi. Kaukolämmitys on siis perusmaksunsa takia suhteellisen kallis lämmitysmuoto varsinkin kunnissa, joissa on suuremmat kaukolämpömaksut. Kaukolämpö on toiminnaltaan varma lämmitysjärjestelmä. Se toimii hyvin kohteissa, joissa vaaditaan korkeita verkoston lämpötiloja. Niinpä työssä käsiteltyjen tapaisissa kohteissa kaukolämpö on hyvä ratkaisu lämmitysjärjestelmäksi laitteiston yksinkertaisuuden vuoksi. Toiminnan pystyy tarkastamaan ja laitteita huoltamaan helposti sellainenkin huoltomies, jolla on suppea käsitys lämmityslaitteistojen toiminnasta.

Työssä selvisi, että vaikka maalämmöllä saadaan huomattava määrä lämmitysenergiaa aikaiseksi käyttäen se sen saamiseen paljon sähköenergiaa. Tämä sähköenergian kulutus tulee vähentää kaukolämmön kulutuksessa aikaansaataavasta hyödystä. Aurinkolämmitysjärjestelmä taas ei käytä sähköä lähes lainkaan maalämmitykseen verrattuna. Mutta sillä taas puolestaan saadaan aikaiseksi huomattavasti pienempi taloudellinen hyöty varsinkin tässä tapauksessa, kun aurinkolämmöllä lämmitetään ainoastaan käyttövettä. Aurinkolämmitystä voidaan mitoitaa myös siten, että sillä lämmitetään kohteen lämmitysverkoston vettä. Tätä ei käytetty työssä hyväksi, koska työtä tehdessä selvisi, että lämmityskauden aikana auringonsäteilyä on erittäin vähän. Tämän takia tulisi aurinkokeräimiä olla todella paljon, jotta niillä pystyttäisiin täyttämään lämmitysjärjestelmän energiantarvetta.

Työ oli haastava sen laajuuteen nähden ja siihen mitä on koulun aikana opittu. Opiskelun aikana ei mitoitettu lämmitysjärjestelmien toimintaa rinnan mikä voisi olla nykyinen hybridijärjestelmien trendikkyys huomioon ottaen järkevää. Laskel-

mat olivat haastavia, koska kohteista oli niin vähän tietoa saatavilla. Niistä suoritettiin silti hyvin sellaisella tarkkuudella, että kohteille saatiin kuva lämmitysjärjestelmien kehitysvaihtoehtojen investointihinnoista ja takaisinmaksuajoista. Työn kaikki tarvittavat kaavat luvut ja laskutavat selvitettiin itse, minkä ansioista työ oli erittäin opettavainen. Työstä saatiin halutun kaltainen ja se täyttää tilaajan kanssa sovitut tavoitteet työlle.

LÄHTEET

1. Kesälä, Arto & Koivula, Heikki. Korjausvelka. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2012.
2. Energiateollisuus ry. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1. 2013.
3. LVI-kortti. LVI 01-10541. LVV-kuntotutkimus.
4. Seppänen, Olli. Rakennusten lämmitys. Suomen LVI-yhdistysten liitto. Helsinki. 1995.
5. Lappalainen, Markku. Energia- ja ekologiakäsikirja. Rakennustieto Oy. Tampere. 2010.
6. LVI-kortti. LVI 10-10398. Kaukolämmitys.
7. Mäkelä Veli-Matti. Tuunanen Jarmo. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Mikkeli. 2015.
8. LVI-kortti. LVI 11-103322. Lämpöpumput.
9. Nibe. Maalämpöpumppuopas.
10. Motiva. 2016. http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp. Viitattu 7.1.2017.
11. Erat Bruno, Erkkilä Vesa, Löfgren Timo, Nyman Christer, Peltola Seppo, Suokivi Hannu. Aurinko-opas: aurinkoenergiaa rakennuksiin. Aurinkoteknillinen yhdistys. Porvoo. 2008.
12. Solpros Ay. EU-projekti: Extend Accredited Renewables Training for Heating (EARTH). Aurinkolämpäjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. 2006.
13. Juvonen, Janne. Lapinlampi, Toivo. Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Helsinki. 2013.
14. Rakennusvalvonta. Geoenergia. Oulu. 2013.
15. Motiva. 2016. <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>. Viitattu 15.1.2017.
16. Motiva. 2016. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus
17. Motiva. 2016. <http://www.motiva.fi/perussaato>. Viitattu 15.1.2017.
18. Aalto University Wiki. 2009. <https://wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>. Viitattu 19.3.2017.
19. Turunen-Saaresti, Teemu. Maalämmön kannattavuus. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2012.
20. Auvinen Karoliina. FinSolar. 2015. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergianhankintaohjeita/kannattavuus/>. Viitattu 19.3.2017.
21. Motiva. 2017. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi. Viitattu 19.3.2017.
22. Suur-Savon Sähkö. <https://www.sssoy.fi/kaukolampo/kaukolammon-hinnat-ja-ehdot/>. Viitattu 25.3.2017.
23. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen eergiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2012.
24. Suur-Savon Sähkö. https://www.sssoy.fi/globalassets/dokumentit/sahkon-hinnastot-ja-ehdot/sahkoenergiatuotteiden_hinnat_010117_alkaen.pdf. Viitattu 23.3.2017

25. Aurinko-opas 2012. Aurinkolämmön ja -sähkön energiantuotannon laskennan opas. 2011

NIBE MAALÄMPÖPUMPPU

NIBE™ F1345
MAALÄMPÖPUMPPU



MAALÄMPÖPUMPPU 2 TEHOPORTAALLA. LÄMMÖNLÄHTEINÄ MAAPERÄ, KALLIO TAI VESISTÖ

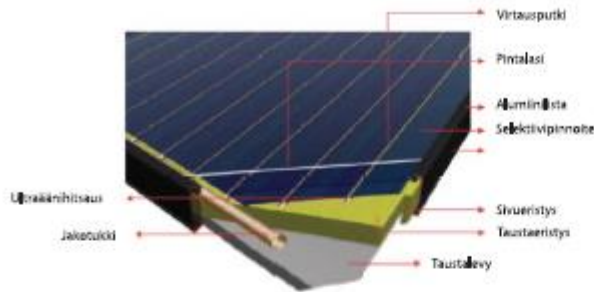
- Alle 3 kg kylmäainetta jäähdytysosa/yksikköä kohti. Ei pakollisia vuositarkastuksia.
- Kaksi scroll-kompressoria pystyy tuottamaan jopa 65 °C lämpötilan lämmitysjärjestelmään.
- Kahden kompressorin ansiosta saavutetaan parempi tehonsäästö, pidemmät käyttövälit, pienempi kuluminen ja suurempi toimintavarmuus.
- Näyttöyksikkö selkeällä värinäytöllä.
- – Lisävarusteen SMS 40 avulla lämpöpumppua voidaan valvoa ja ohjata tekstiviesteillä.
- – Lisävarusteella MODBUS 40 lämpöpumppua voidaan valvoa ja ohjata rakennusautomaatiojärjestelmällä.
- Lämpöpumpun tehovaihtoehdot ovat 24, 30, 40 ja 60 kW.
- Jopa 540 kW yhdeksällä samaan järjestelmään liitettyllä F1345-lämpöpumpulla.
- Pehmökäynnistysreleet ja valvontakytkimet asennettu valmiiksi tehtaalla.
- Sisäiset kiertovesipumput (ulkoinen lämmönkeruupumppu 40 ja 60 kW malleissa).
- Valmius uima-altaan lämmitystä varten lisävarusteella POOL 40.
- Valmius jopa neljän lämmitysjärjestelmän ohjaukseen lisävarusteella ECS40/ECS41.
- Lämpökerroin (COP) jopa 4,51 lämpötiloilla 0/35 °C.
- Erilliset jäähdytysmoduulit parantavat huollon turvallisuutta ja alentavat melutasoa.
- Jäähdytysmoduulit on helppo irrottaa.

NIBE F1345

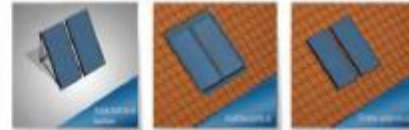
NIBE F1345 on lämpöpumppu suurehkojen kiinteistöjen, kuten kerrostalojen, kirkkojen ja teollisuuskiinteistöjen lämmitykseen. F1345 on varustettu edistyneellä ohjauksella ja sovitettavissa useisiin erilaisiin järjestelmäratkaisuihin. Lämmönlähteenä voidaan käyttää muun muassa kalliota, maaperää tai järvivettä. Myös pohjavettä voidaan käyttää lämmönlähteenä. Tämä vaatii kuitenkin lisälämmönsiirtimen. Kerrostaloissa voidaan ottaa energiaa talteen poistoilmasta. F1345 voi ohjata neljää eri lämmitysjärjestelmää, esim. yhtä lattialämmityspiireille, jossa on alhaisempi menolämpötila kuin patteripiireissä. F1345-lämpöpumpussa on valmius ulkoisen lisälämmön ohjaukseen. Käyttöveden lämmitys voidaan priorisoida, joko yhdellä tai kahdella kompressorilla. Tämä mahdollistaa lämmitysveden ja käyttöveden samanaikaisen tuotannon.

NOVAFUTURE OY: N TASOKERÄIN

NOVA CLS-tasokeräin



NOVAFUTURE OY



Säädettävä teline Kattouputus Pinta-asennus



| | NOVA CLS 2510 | NOVA CLS 2108 |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Mitat | 1988 x 1218 x 90 mm | 1218 x 1041 x 90 mm |
| Rungon materiaali | pulverimaalattu alumiini | pulverimaalattu alumiini |
| Paino | 44 kg | 37,2 kg |
| Tiivistysmateriaali | EPDM & silikonit | EPDM & silikonit |
| Bruttopinta-ala | 2,42 m ² | 2,07 m ² |
| Apertuuripinta-ala | 2,24 m ² | 1,92 m ² |
| Absorbattoripinta-ala | 2,23 m ² | 1,90 m ² |
| Absorbattorin materiaali | Selektiivipinnoitettu kupari | Selektiivipinnoitettu kupari |
| Paksuus | 0,12 mm | 0,12 mm |
| Absorptiokyky | 97% | 97% |
| Emissio | 3% | 3% |
| Nestelavuus | 1,27 l | 1,07 l |
| Hitsausmenetelmä | Ultraäänihitsaus | Ultraäänihitsaus |
| Absorptioputken halkaisija | 8,0mm / 10 mm / 12,7 mm | 8,0mm / 10 mm / 12,7 mm |
| Absorptioputken seinämävahvuus | 0,45 mm | 0,45 mm |
| Jakotukin halkaisija | 18 mm / 22 mm / 24 mm | 18 mm / 22 mm / 24 mm |
| Jakotukin seinämävahvuus | 0,70 mm | 0,70 mm |
| Putkien lukumäärä | 10 | 9 |
| Putkijako | 110 mm | 110 mm |
| Lasimateriaali | vähärautainen karkaistu lasi | vähärautainen karkaistu lasi |
| Lasin paksuus | 4 mm | 4 mm |
| Läpäisykerroin | 0,91 | 0,91 |
| Eristymateriaali | Mineraalivilla | Mineraalivilla |
| Lämmönjohtokyky | 0,037 W / (mK) | 0,037 W / (mK) |
| Mineraalivillan tiheys | 50 kg/m ³ | 50 kg/m ³ |
| Mineraalivillan paksuus | ~> 40 mm | ~> 40 mm |
| Stagnaatiolämpötila | 232 °C | 211 °C |
| Suurin käyttöpaino | 10 bar | 10 bar |
| Koeponnistus paine | 25 bar | 25 bar |
| Nimellvirtaus | 2 l / min | 2 l / min |
| Taustaosa | alumiini | alumiini |



NOVAFUTURE OY

asiakaspalvelu@novafuture.fi, Puhelin: 0445-911 928, 040-715 8757
 Nummenpääntie 533, 01860 Perttula www.novafuture.fi

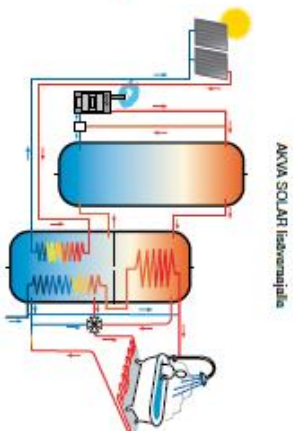
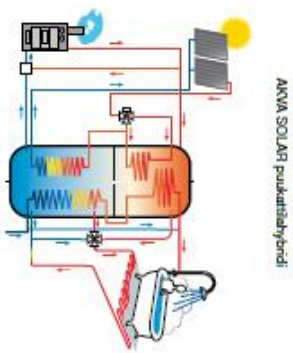
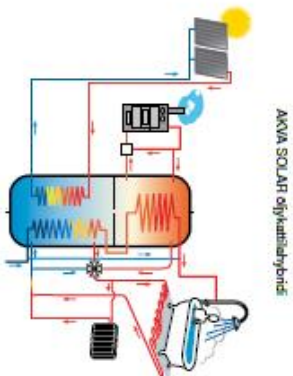
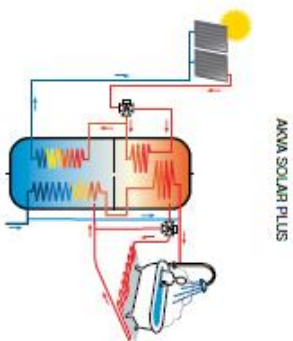
AKVATERM OY: N VARAAJA

AKVA SOLAR – ekologista energiatehokkuutta

AKVA SOLAR -mallisto on suunniteltu vastaamaan yhä kasvavaa ekologian energiatehokkuusvaatimusta. Tehokas Akvaterm-varaaja yhdistettyä aurinkokeräintä laukee huomattavasti muun energian kuluksista ja mahdollistaa oman vuodesta jopa kaiken taloudessa käytettävän veden lämmittämisen aurinkoenergian avulla. Loppuosaan kerätyä aurinkoenergiaa voidaan käyttää hyödyllisenä lämmä muun lämmönlähteen rinnalla. AKVA SOLAR -mallisto voidaan yhdistää kaikkiin lämmönlähteisiin – puolesta vuokasta.

Varaajissa on pienin malli lukuun ottamatta kolme keräintä, joihin voi yhdistää käyttöveden esilämmityksen ja lämmityksen lisäksi aurinkokeräimillä uidevan lämmöneristeen. Varaajan sisällä olevaa vettä ympäröivä eristysaineen saumatton 100 mm polyuretaanirakente, joka varmistaa että kerran lämmintä vettä säilyy lämpöeristämisenä todella pitkään. Tehokas ohjauksisto, hierokoodin optimoinnin ansiosta ja korkealaatuinen rakenne takaavat lämmön tehokkaan siirtymisen. Hyödynnä lämmön aurinkoenergia: Alkuperäinen AKVA SOLAR -mallistosta löydät siihen parhaat ratkaisut.

AKVA SOLAR Lämpöä aurinkosta



AURINKOLÄMPÖ LASKELMAT

| JUVA KERÄIN | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| kuukausi | lvs kuitutus m ³ /kk | veden kuitutus m ³ /päivä (22 arkipäivää) | lämpö KWh | stabiilienergia (KWh/m ²) | jäykkyä 45° koljauksenon | Todellinen keräintilä osana aurinkosäteilijän etä (KWh/m ²) | investointi hinta € | Kl energia säästö € | aurinkokeräin pumpujen säähäkulutus kWh | aurinkokeräin pumpujen säähäkulutus € | taakselimaksu | keräin hinta | keräin koko 3000L |
| tammikuu | 30 | 1,4 | 1750 | 5 | 1,75 | 8,8 | 183,0 | 28 | 144 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| helmikuu | 30 | 1,4 | 1750 | 20 | 2,27 | 45,4 | 183,0 | 144 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| maaliskuu | 30 | 1,4 | 1750 | 52 | 1,75 | 91,0 | 183,0 | 288 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| huhtikuu | 30 | 1,4 | 1750 | 103 | 1,3 | 133,9 | 183,0 | 424 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| toukokuu | 30 | 1,4 | 1750 | 171 | 1,07 | 183,0 | 183,0 | 580 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| kesäkuu | 30 | 1,4 | 1750 | 159 | 0,99 | 157,4 | 183,0 | 499 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| heinäkuu | 30 | 1,4 | 1750 | 158 | 1,01 | 159,6 | 183,0 | 506 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| elokuu | 30 | 1,4 | 1750 | 114 | 1,11 | 126,5 | 183,0 | 401 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| syyskuu | 10 | 0,45 | 580 | 71 | 1,33 | 94,4 | 183,0 | 299 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| lokakuu | 10 | 0,45 | 580 | 25 | 1,62 | 40,5 | 183,0 | 128 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| marraskuu | 10 | 0,45 | 580 | 7 | 1,33 | 9,3 | 183,0 | 30 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| joulukuu | 10 | 0,45 | 580 | 3 | 1 | 3,0 | 183,0 | 10 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| yht | | | | | | | | 3337 | | | | | |
| LV tarve KWh | 7000 | Kl perennaksu 9430 | Kl hinta € 461 € | Kl yhteensä € 9 891 € | paneeli tarve m ² 3 | keräinten hinta €/varajoin hinta 761 | investointi hinta € 2579 | Kl energia säästö € 212 | Kl perennaksu vähennys € 1845 | voostikulut 157 | taakselimaksu 7,0 | | |
| SILKKAVA KERÄIN | | | | | | | | | | | | | |
| kuukausi | lvs kuitutus m ³ /kk | veden kuitutus m ³ /päivä (30 arkipäivää) | lämpö KWh | stabiilienergia (KWh/m ²) | jäykkyä 45° koljauksenon | Todellinen keräintilä osana aurinkosäteilijän etä (KWh/m ²) | investointi hinta € | Kl energia säästö € | aurinkokeräin pumpujen säähäkulutus kWh | aurinkokeräin pumpujen säähäkulutus € | taakselimaksu | keräin hinta | keräin koko 4000L |
| tammikuu | 52 | 1,73 | 3016 | 5 | 1,73 | 8,8 | 183,0 | 28 | 144 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| helmikuu | 52 | 1,73 | 3016 | 20 | 2,27 | 45,4 | 183,0 | 144 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| maaliskuu | 52 | 1,73 | 3016 | 52 | 1,75 | 91,0 | 183,0 | 288 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| huhtikuu | 52 | 1,73 | 3016 | 103 | 1,3 | 133,9 | 183,0 | 424 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| toukokuu | 52 | 1,73 | 3016 | 171 | 1,07 | 183,0 | 183,0 | 580 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| kesäkuu | 37 | 1,65 | 2146 | 159 | 0,99 | 157,4 | 183,0 | 499 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| heinäkuu | 37 | 1,65 | 2146 | 158 | 1,01 | 159,6 | 183,0 | 506 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| elokuu | 52 | 1,73 | 3016 | 114 | 1,11 | 126,5 | 183,0 | 401 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| syyskuu | 52 | 1,73 | 3016 | 71 | 1,33 | 94,4 | 183,0 | 299 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| lokakuu | 52 | 1,73 | 3016 | 25 | 1,62 | 40,5 | 183,0 | 128 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| marraskuu | 52 | 1,73 | 3016 | 7 | 1,33 | 9,3 | 183,0 | 30 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| joulukuu | 52 | 1,73 | 3016 | 3 | 1 | 3,0 | 183,0 | 10 | 157 | 157 | 240 € m ² | | |
| yht | | | | | | | | 3337 | | | | | |
| LV tarve KWh | 35000 | Kl perennaksu 16070 | Kl hinta € 2 303 € | Kl yhteensä € 18 373 € | paneeli tarve m ² 14 | keräinten hinta €/varajoin hinta 3272 | investointi hinta € 4799 | Kl energia säästö € 205 | Kl perennaksu vähennys € 1858 | voostikulut 157 | taakselimaksu 9,5 | | |
| keräin hinta 240 € m ² säähä hinta 0,061 €/kWh Kl hinta 0,0658 €/kWh Varajoin koko 4000L | | | | | | | | | | | | | |

RANTASALMI KERÄIN

| kuukausi | lvs kuitutus m ³ /kk | veden kuitutus m ³ /päivä (22 arkipäivää) | lämpö KWh | stabiilienergia (KWh/m ²) | jäykkyä 45° koljauksenon | Todellinen keräintilä osana aurinkosäteilijän etä (KWh/m ²) | investointi hinta € | Kl energia säästö € | aurinkokeräin pumpujen säähäkulutus kWh | aurinkokeräin pumpujen säähäkulutus € | taakselimaksu | keräin hinta | keräin koko 1000L |
|--------------|---------------------------------|--|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
| tammikuu | 10 | 0,45 | 580 | 20 | 2,27 | 45,4 | 183,0 | 144 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| helmikuu | 10 | 0,45 | 580 | 52 | 1,75 | 91,0 | 183,0 | 288 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| maaliskuu | 10 | 0,45 | 580 | 103 | 1,3 | 133,9 | 183,0 | 424 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| huhtikuu | 10 | 0,45 | 580 | 171 | 1,07 | 183,0 | 183,0 | 580 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| toukokuu | 10 | 0,45 | 580 | 159 | 0,99 | 157,4 | 183,0 | 499 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| kesäkuu | 10 | 0,45 | 580 | 158 | 1,01 | 159,6 | 183,0 | 506 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| heinäkuu | 10 | 0,45 | 580 | 114 | 1,11 | 126,5 | 183,0 | 401 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| elokuu | 10 | 0,45 | 580 | 71 | 1,33 | 94,4 | 183,0 | 299 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| syyskuu | 10 | 0,45 | 580 | 25 | 1,62 | 40,5 | 183,0 | 128 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| lokakuu | 10 | 0,45 | 580 | 7 | 1,33 | 9,3 | 183,0 | 30 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| joulukuu | 10 | 0,45 | 580 | 3 | 1 | 3,0 | 183,0 | 10 | 157 | 157 | 157 | 240 € m ² | |
| yht | | | | | | | | 3337 | | | | | |
| LV tarve KWh | 21000 | Kl perennaksu 13562 | Kl hinta € 1 382 € | Kl yhteensä € 14 944 € | paneeli tarve m ² 10 | keräinten hinta €/varajoin hinta 2295 | investointi hinta € 3539 | Kl energia säästö € 651 | Kl perennaksu vähennys € 954 | voostikulut 157 | taakselimaksu 10,9 | | |

