

Pekka Ranta - Lassila

Toimistorakennuksen lämmityksen vaihtoehtojen tarkastelu

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinnto - ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Pekka Ranta - Lassila

Työn nimi: Toimistorakennuksen lämmityksen vaihtoehtojen tarkastelu.

Ohjaaja: Tapani Palmunen

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä:

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella eri lämmitysmuotoja. Lauhdevettä, biokaasua, maalämpöä ja aurinkoenergiaa.

Työ tehtiin Lakeuden Etappi OY: n Pojanluoman toimistorakennukseen mahdollista lämmitysmuodon muuttamista varten tulevaisuuden tarpeet huomioon ottaen.

Työ rajattiin koskemaan taloudellisesti kannattavia ja järkeviä lämmitysmuotoja. Kohteena olevaan toimistorakennukseen todettiin maalämmön ja aurinkoenergian olevan edullisin vaihtoehto perustamiskustannuksiltaan ja pitkällä aikavälillä.

Avainsanat: maalämpö, aurinkoenergia, lauhdevesi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation :HVAC Technology

Author: Pekka Ranta - Lassila

Title of thesis: Heat energy modification need report

Supervisor : Tapani Palmunen

Year :2018 Number of pages: 41 Number of appendices:

The purpose of this thesis was to examine different forms of heating to find the best alternative for an office building. The compared heating systems were condensation water, biogas, geothermal heat and solar energy.

This work was done for the possible heating system modification at the main office of Lakeuden Etappi OY. Attention was also paid to the possibly changing needs in the future.

This work concentrated on economically profitable and sensible heating systems. For the target office building of this thesis geothermal heating and solar power were found to be the most economical heating systems in the long term.

Keywords: geothermal heat, solar energy, condensation water

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva - , kuvio - ja taulukkoluettelo.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja taustat.....	6
1.2 Työn rajaus.....	6
2 KOHTEEN ESITTELY.....	7
2.1 Yleistä lämmitysjärjestelmästä.....	8
2.2 Käyttövesi.....	10
2.3 Ilmastointi.....	11
3. LÄMMITYSTEHDON TARVE.....	13
4. LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN TARKASTELU.....	22
4.1 Lauhdevesi.....	22
4.2 Biokaasu.....	24
4.3 Maalämpö.....	26
4.3.1 Maalämpöpumput.....	26
4.3.2 Maalämpölaitteiston keruuputkisto ja mitoitus.....	27
4.4 Ilmalämpöpumppu.....	28
4.5 Ilmavesilämpöpumppu.....	29
4.6 Aurinkoenergia.....	30
4.6.1 Aurinkopaneelit.....	32
4.6.2 Aurinkojulkisivut.....	33
4.6.3 Aurinkokeräimet.....	33
4.7 Hybridijärjestelmä.....	35
5. Yhteenveto.....	37
LÄHTEET.....	40

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kerroskuva rakennuksesta.	7
Kuva 2. Toimistorakennus.	8
Kuva 3. Termax - kattila.	10
Kuva 4. Ilmastointikoneet.	12
Kuva 5. Biokaasulaitos.	22
Taulukko 1 Lämpöhäviöt.	14
Taulukko 2 Tulo - ja poistokoneiden ilmamäärät ja ilmanvaihdon tehontarve	17
Taulukko 3 Ikkunoiden tuottama vuotuinen säteilyenergia.	18
Taulukko 4 Lämmitystehon tarve	20

Käytetyt termit ja lyhenteet

Hybridilämmitys	Lämmitysjärjestelmä, jossa lämpöä tuotetaan monella eri keinolla, esim. öljypoltin, maalämpö ja aurinkolämpö yhdessä.
Invertteri	Laite, joka muuntaa tasavirran vaihtovirraksi.
Erillismittaus	Lämmitysjärjestelmän sähkön tai veden kiinteistökohtainen mittaus.
U - arvo	Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka läpäisee rakenneosan, kun lämpötilaero rakenteen eri puolilla on yhden asteen suuruinen.
COP	Maalämpöpumpun suorituskerroin, joka kertoo, kuinka paljon laite tuottaa lämpöä kyseisellä hetkellä suhteessa käytettyyn sähkön määrään.
Glykoli	Propyleeniglykoli on neste, jota käytetään aurinkopaneelikeräimissä jäätymisen ja korroosioneston takia.
Selektiivinen	Valikoiva, erottelukykyinen.
Radiaattori	Kuuman veden lämpösäteilijä, suljettu yksikkö veden kiertoa varten
Konvektori	Pienempään tilaan sopiva tehokas vesikiertoinen lämmönluovuttaja.
Absorptio	Kappaleen vastaanottama säteilyenergia.
Kondensaatio	Aineen olomuodon tiivistyminen kaasusta nesteeksi.

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja taustat

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lakeuden Etappi OY:lle. Opinnäytetyön kohteena oli jätehuoltokeskuksen toimistorakennuksen lämmitysmuotojen tarkastelu. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää vaihtoehtoisia lämmitysjärjestelmiä eri energialähteistä hyödyntäen olemassa olevaa ilmastointia ja vesikiertoista lämmitystä. Lämmitysmuotoina tutkittiin biokaasulaitoksesta saatavaa lauhdevettä, biokaasua, maalämpöä sekä aurinkolämpöä. Energian hinta tulee nousemaan todennäköisesti, joten investointi toimivampaan ja taloudellisempaan lämmitysmuotoon on kannattavaa pitkällä aikavälillä.

Tavoitteena oli löytää ratkaisu, jolla ostettavan energian määrää voidaan vähentää käyttäen hyväksi vaihtoehtoisia energianlähteitä.

Järjestelmien eri vaihtoehtojen tarkastelu suoritettiin laskennallisesti sekä olemassa olevaa tutkimustietoa hyväksi käyttäen. Mahdollisista teknisistä ratkaisuista laskettiin toteutus - ja ylläpitokustannukset sekä saavutettava hyöty.

Opinnäytetyön lopputuloksena esitellään tulokset, sekä tehokkaampia ja taloudellisempia lämmitysmuotoja olemassa olevan sähkölämmitysjärjestelmän tilalle. Opinnäytetyössä esitetyt hinnat ja hinta – arviot eivät sisällä arvonlisäveroa.

1.2 Työn rajaus

Energiansäästö muilta osin sekä toteutusten suunnittelu rajattiin työn ulkopuolelle. Opinnäytetyössä ei myöskään huomioitu takaisinmaksuajaltaan liian pitkiä vaihtoehtoja sekä kustannuksiltaan liian suuria tai epäkäytännöllisiä järjestelmiä.

2 KOHTEEN ESITTELY

Toimistotilat sijaitsevat Ilmajoen Pojanluomalla (kuva1). Rakennuksen valmistumisvuosi on 2004, ja pinta-alaltaan se on 1223 bruttoneliötä. Rakennuksessa on kellari ja yksi maanpäällinen kerros.

Kellarikerroksen alapohjarakenne ja ulkoseinät ovat betonia, joissa on lämmöneriste. Ensimmäisen kerroksen seinät ovat puurakenteiset. Välipohja on ontelolaattarakenteinen. Yläpohja on puurakenteinen ja kylmässä ullakkotilassa on eristeenä puhallusvilla. Rakennuksen ylin ikkunarivi on ullakkokerroksessa.



Kuva 1. Kerroskuva rakennuksesta.



Kuva 2. Toimistorakennus.

2.1 Yleistä lämmitysjärjestelmästä

Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on TERMAX sähkökattila (malli OSBY PARCA EL150), kuva 2. Kattilan käyttöalue on 56 - 135 kW ja vesitilavuus on 85 litraa. Varustuksena on automatiikan ohitus, joka antaa 60 % tehosta, jos järjestelmä ei toimi, sekä automaattinen takaisinkytkentä portaittain, mikäli sähkökatkoja esiintyy. Kattila on myös varustettu erillisellä kuiviin kiehunnan estimellä, LABKOSET - 61:llä, joka valvoo höyryneräyskammiossa vedenpinnan korkeutta. Kattilan veden lämmityksen lämpötila-alue on 20 - 80 °C. Veden lämpötila on säädettävissä käyttötarpeen mukaan. Lämpötilarajoitustermostaatti pysäyttää polttimen, jos kattilasta lähtevän veden lämpötila saavuttaa termostaattiin asetetun arvon. Sähkökattila soveltuu myös hyvin ison lämmitysjärjestelmän lisä- tai varalämmönlähteeksi. Kattila on varustettu järjestelmällä, joka mahdollistaa ohjauksen lämpöpumpulta. (Termax parca, [28.1 2018].)

Kattilassa on myös kaksi kappaletta varoventtiilejä, jotka poistavat ylipaineen kattilan kierrosta tarpeen mukaan. Sähkökattila on hiljainen ja vähän tilaa vievä. Laite on myös toimintavarma ja tehoalue melko laaja. Kattilasta lämmitetty vesi kiertää 1000 dm³ lämminvesivaraajaan kiertovesipumpun (P8) avulla. Lämminvesivaraaja on merkiltään Akvatherm (Liite. 1), ja se on vakiomallia. Varaajasta verkostoon lähtevän veden lämpötila on noin 80 °C ja paluueden lämpötila piiristä riippuen 30 - 40 °C. Lämpimän veden verkostoissa on lämmitysveden kierto. Vesi kiertää pumpun (P7) avulla lämmönsiirtimen kautta takaisin varaajalle. Kylmä vesi tulee lämmönsiirtimeen toisiopiirille pumpulla (P3). Automatiikalla ohjataan pumpun käyntiä ja lämpimän veden toimilaitteventtiiliä. Se ohjaa kyseisen verkoston lämpimän veden määrää ja pumpun käynnistymistä lämpötilan pudotessa asetusarvon alapuolelle.

Ulkoilman lämpötila - anturin perusteella menoveden lämpötilaa patteriverkostoon säädetään siten, että lähtevän menoveden lämpötila lämmitysverkostossa pysyy asetusarvojen mukaisena. Lämmönjakohuoneen lämminvesivaraajan kautta tapahtuva kierto lämmittää ensimmäisen kerroksen patteriverkostoa ja ilmastointikonehuoneen seinäpatteria pumpulla (P5). Lämpöpattereina käytetään radiaattoreita ja radia c - konvektoreita tilan tarpeen mukaan.

Kellarikerroksen lattialämmityksien kiertovesipumppu (P4) kierrättää vettä myös lämminvesivaraajan kautta. Omavoimainen säätöventtiili pitää lattialämmitysverkostoon menevän lämpötilan asetetussa arvossa. Ylärajatermostaatti pysäyttää pumpun (P4) tarvittaessa, mikäli lämpötila kohoaa asetettuun arvoon. Jokaisessa lattialämmityspiirissä on omat tilakohtaiset termostaatit, jotka jakotukin säätöventtiileiden avulla säätelevät lattialämmityspiirille menevää lämpimän veden määrää tarpeen mukaan.

Lämpöjohdot on tehty hitsaus - , laippa - ja kierrelitoksien teräksestä. Kaikki lämpöä luovuttavat tai ns. hikoilevat runkoputket on eristetty. Lämpimälle käyttövedelle, patteriverkostolle ja lattialämmityspiireille on mitoitettu omat pumppunsa, jotka sijaitsevat kellarikerroksen lämmönjakohuoneessa. Ilmastoinnin tuloilman lämmityspatterien kiertovesipumppu sijaitsee ilmastointikonehuoneessa. Lämmitysverkostojen kierron paluupuolella ennen varaajaa sijaitsee myös 0,2 m³ paisunta-astia ja verkoston täyttöventtiili.



Kuva 3. Termax - kattila.

Sähkökattilaan on tehty nopea korjaus edellisen lämmitysjärjestelmän rikkouduttua korjauskelvottomaksi talviaikana. Takaseinällä näkyvät varoventtiilit, jotka päästävät veden lämmönjakohuoneen lattiakaivoon paineen noustessa liikaa. Oikealla kuvassa on kuiviin kiehunnan eston automatiikka.

2.2 Käyttövesi

Kylmä käyttövesi tulee rakennuksen lämmönjakohuoneeseen. Rakennuksen sisäpuoliset käyttövesijohdot ja osat ovat kuparia, jotka on liitetty toisiinsa kuparijuotoksilla. Linjastoissa on tarvittavat säätö - ja sulkuventtiilit. Erillistä veden mittausta rakennukselle ei ole. Kaikki lämmin - ja kylmävesijohdot ovat eristettyjä

hikoilun estämiseksi tarpeelliselta osin. Käyttöveden lämmitys tapahtuu lämmönsiirrintä käyttäen sähkökattilasta tulevan lämpimän veden avulla.

Varaajalta tuleva lämmin vesi kiertää pumpun (P3) avulla lämmönsiirtimen ensiöpuolen kautta takaisin varaajalle. Kylmä vesi tulee toisiopuolelle ja käyttövesi lämpiää. Käyttöveden kierto takaa lämpimän käyttöveden nopean saannin. Käyttöveden siirtimen malli on CETHERM 401 – 100 - 2v, teholtaan 150 kW. Käyttöveden lämpötilaa säädetään säätöventtiilillä asetettuun arvoon automatiikan avulla. Käyttöveden lämpötila ei saa olla alle 55 °C legionella - bakteerin lisääntymisen takia.

2.3 Ilmastointi

Ilmastointikoneet sijaitsevat konehuoneessa ullakkokerroksessa, lämmitetyssä tilassa (Kuva 3). Konehuoneessa on kaksi kappaletta ilmastointikoneita, jotka on varustettu tuloilman lämmityksellä, suodatuksella, lämmön talteenotolla sekä jäähdytyksellä. Ilmastointikoneet ovat kerroskohtaisia. Ilmastointikanavisto sijaitsee pääosin ullakkotiloissa eristettynä. Kellarikerroksen kanavisto sijaitsee osittain alakaton yläpuolella. Ilmastoinnin säätö on toteutettu kanavakohtaisilla säätimillä runkolinjoissa ja päätelaitteet on säädetty erikseen.



Kuva 4. Ilmastointikoneet.

Automaatiojärjestelmä antureineen huolehtii ilmanvaihtokoneen halutusta toiminnasta. Suodattimien läpi tulevaa tuloilmaa lämmitetään talteenottojärjestelmällä, joka ottaa lämpöä talteen poistoilmasta pyörivällä lämmönsiirtimellä. Sen jälkeen ilmaa lämmitetään vesikiertoisella lämmityspattereilla. Koneiden tuloilman lämmityspattereiden kiertopumppu (P6) kierrättää lämmönjakuhuoneen varaajasta vettä pattereihin. Puhallin puhaltaa ilman halutun lämpöisenä kanavistoa pitkin käytettäviin tiloihin tuloilmaventtiilien kautta. Ilmastointikoneita ohjataan aikaohjelman mukaan. Käyttöaste on suurin arkipäivisin.

Koneiden valmistaja on FläktWoods OY. Ilmastointikoneet on myös varustettu jäätymissuojalla. Jäätymisvaaratermostaatti mittaa ilmastointikoneen patterin paluuveden lämpötilaa. Jos lämpötila laskee alle asetusrajan, puhallin pysähtyy ja hälytin hälyttää. Suodatinvahti kertoo suodattimen likaisuusasteen koneen kyljessä olevalla paine - eromittauksella.

Keittiötiloista ja kellarikerroksen wc - tiloista on erilliset poistot huippuimurilla katolle.

3 LÄMMITYKSEN KULUTUS JA TEHON TARVE

Lämmöntuottojärjestelmän avulla tuotetaan kiinteistöihin lämpöä, jolla ylläpidetään rakennuksissa sisälämpötila haluttuna ja tasaisena eri vuodenaikoina. Myös kosteudenhallinnan kannalta tilojen tasainen lämmitys on tärkeää rakenteiden toimivuuden takia koko sen elinkaaren aikana.

Opinnäytetyön tarkoituksena on mitoittaa lämmitysjärjestelmän laitteet, muuttamatta lattia - ja patterilämmityksien verkostoja kiertopumppuineen. Mikäli lämmitysjärjestelmää tullaan muuttamaan, varaaja kannattaa myös vaihtaa. Vaikka varaaja on melko hyväkuntoinen, putkilähtöjä hybriditarkoitukseen on liian vähän. Myöskään ilmastoinnin järjestelmiin ei puututtu. Toimistotiloissa ei ollut erillismittauksia käytettävissä, joten mittaustulokset perustuvat laskennallisiin tuloksiin. Laskelmien perusteella voidaan vertailla eri lämmitysmuotojen kustannuksia. Tässä työssä käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osia D3 ja D5 (2012). Lämpöenergian tarve lasketaan käyttäen vuotuisia keskimääräisiä arvoja. Laskennassa ei ole otettu huomioon ilmastoinnin kesäaikaisen jäähdytyksen järjestelmän vaatimaa tehoa.

Lasketaan ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinän, alapohjan, yläpohjan, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt eli rakenteiden läpi johtuva hukkalämpö.

$$Q_{\text{joht}} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (1)$$

Missä:

$Q_{\text{johtumislämpöhäviö}}$ = johtumislämpöhäviö rakenteen läpi, kWh

U_i = rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W(m²K)

A_i = rakennusosan pinta-ala m²

$T_{\text{sisäilma}}$ = sisäilman lämpötila, °C (21)

T_{ulkoilma} = ulkoilman lämpötila, °C (4.6)

Δt = ajanjakson pituus, h (vuodessa 8760 tuntia.)

Seinäjoki kuuluu säävyöhykkeeseen II, jossa ulkoilman keskilämpötila on 4.6 °C.

Alapohjan alapuolisen maan lämpötilana käytetään 9.6 °C (Tulkoilma)

Alla olevassa taulukossa on laskettuna lämpöhäviöt rakennuksen eri rakenteiden läpi vuodessa. U - arvoina on käytetty rakennuspiirustuksista saatuja arvoja. Ikkunoiden ja ovien u-arvot on otettu vuoden 2004 määräysten mukaan. Rakennuslupa on haettu ennen vuotta 2003 kiinteistölle, koska rakennus on rakennettu vuoden 1985 määräyskokoelman minimisuositusten mukaan.

Taulukko 1. Lämpöhäviöt.

	u - arvo	m ²	kWh
ulkoseinät	0,28	482	19389
yläpohja	0,22	583	18426
alapohja	0,36	583	20959
ikkunat	1.4	82,5	16593
ovet	1.4	13,5	2715
seinät maan alla	0,28	137	5511
			(83593)

Lasketaan vuotoilmavirran aiheuttamat lämpöhäviöt

$$Q_v \text{ vuotoilma} = n50 / (3600 * X) * V \quad 0,243 \text{ m}^3/\text{s} \quad (2)$$

Missä:

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \text{vuotoilmavirta m}^3/\text{s}$$

n50 = rakennusvaipan ilmanvuotoluku 6 (1/h)

X = kerroin = 24

v = rakennuksen tilavuus

(3498 m³)

Lasketaan vuotoilman ominaislämpöhäviö kaavalla 3:

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i * c_{pi} * Q_{\text{vuotoilma}} \quad 201.5 \text{ W/K} \quad (3)$$

Missä:

ρ_i = ilman tiheys 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 Ws/kgK

$Q_{vuotoilma}$ = vuotoilmavirta m³/s

Lasketaan vuotoilman tarvitsema energia kaavalla 4.

$$H_{vuotoilma} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000 \quad \mathbf{28948 \text{ kWh}} \quad (4)$$

Missä.

$T_{sisäilma}$ = sisäilman lämpötila, °C

$T_{ulkoilma}$ = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h (vuodessa 8760 tuntia.)

Lasketaan ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve: (taulukko 2)

$$t * d * \rho_i * c_{pi} * Q_{v \text{ tulo}} * (T_{sp} - T_{lto}) * \Delta t / 1000 \quad (5)$$

Missä:

t = käyttötunnit h/vrk (11/24)

d = käyttöpäivät pv/vk (5/7)

ρ_i = ilman tiheys 1.2kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 J(kg K)

$Q_{v \text{ tulo}}$ = tuloilmavirta m³/s

$T_{sisäänpuhallus}$ = sisäänpuhalluksen lämpötila (18 °C)

$T_{lämmöntalteenotto}$ = talteenoton jälkeinen laskennallinen keskilämpötila °C

Δt = ajanjakson pituus, h (vuodessa 8760)

Lasketaan talteenoton jälkeinen keskimääräinen lämpötila: (taulukko 2)

$$T_u + (Q_{lto} / d * v * \rho_i * C_{pi} * Q_{v\ tulo}) \quad (6)$$

Missä:

$T_{ulkoilma}$ = ulkoilman lämpötila, °C

Q_{lto} = Lämmöntalteenotolla talteen otettu teho kW

d = käyttöpäivät pv/vk (5/7)

v = rakennuksen ilmatilavuus m³

ρ_i = ilman tiheys 1.2kg/m³

C_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 J(kg/K)

$Q_{v\ tulo}$ = tuloilmavirta m³/s

Lämmöntalteenotolla talteen otettu energia:

(Taulukko 2)

$$Q_{lto} = \eta_{a\ ivkone} * t * d * \rho_i * C_{pi} * Q_{v\ poisto} * (T_s - T_u) \quad (7)$$

Missä:

$\eta_{a\ ivkone}$ = talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde (0.65)

t = käyttötunnit h/vrk (11/24)

d = käyttöpäivät pv/vk (5/7)

ρ_i = ilman tiheys 1.2kg/m³

C_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 J(kg/K)

$Q_{v\ poisto}$ = poistoilmavirta m³/s

$T_{sisailma}$ = sisäilman lämpötila, °C

$T_{ulkoilma}$ = ulkoilman lämpötila, °C

Taulukko 2. Tulo - ja poistokoneiden ilmamäärät ja ilmanvaihdon lämmönkulutus.

	tuloilma m ³ /s	poistoilma m ³ /s	Ito teho kW	Ito jälk. °C	lämmönkulutus kWh
TK 1	1.70	1.53	6407	15.2	16381
TK 2	0.77	0.89	3727	10.8	7420

Tulo - ja poistokoneiden ilmamäärät ovat lähes samat, kun huippuimurit lasketaan mukaan mitoitukseen.

Lasketaan lämpimän käyttöveden määrästä (45 m³) lämpöenergia:

$$Q_{lkv} = pv \cdot C_{pv} \cdot (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 \quad \mathbf{2625 \text{ kW}} \quad (8)$$

Missä:

pv = veden tiheys 1000kg/m³

C_{pv} = veden ominaislämpökapasiteetti 4.2kj (kg K)

T_{lkv} = lämmin käyttövesi °C

T_{kv} = kylmä käyttövesi °C

Lasketaan valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma sekä henkilöiden läsnäolo käyttöajan aikana.

$$Q = k \cdot P \cdot t \cdot d \cdot 8760 / 1000 \quad (54.1 \text{ W/m}^2) \quad \mathbf{66.3 \text{ kW}} \quad (9)$$

Missä:

k = käyttöaste (tuntia viikossa keskimäärin 0.65)

P = lämpökuorma 29 W/m² (valaistus 12 w, kuluttajalaitteet 12 w ja ihmiset 5 w)

t = käyttötunnit h/vrk (11/24)

d = käyttöpäivät pv/vk (5/7)

Lasketaan lopuksi ikkunoiden läpi tuleva vuotuinen auringon säteilyenergia (taulukko 3).

$$\text{Säteilyenergia kWh} = \sum G_{\text{säteily}} * F_{\text{läpäisy}} * A_{\text{ikk.}} * g \quad (10)$$

Missä:

$G_{\text{säteily}}$ = pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia/yksikkö

$F_{\text{läpäisy}}$ = säteilyn läpäisyn korjauskerroin (0.75)

A_{ikkuna} = ikkunan ala (karmeineen)

g = ikkuna-aukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin (0.63)

Taulukko 3. Ikkunoiden tuottama vuotuinen säteilyenergia.

	ikkuna - ala m ²	läpäisy kerroin F	kok.läpäisy kerroin G	kok.energ. läpäisy (kWh/m ²)	säteily - energia (kWh)
pohjoinen	12	0,75	0.63	418	2370
etelä	7.5	0.75	0.63	811.7	2876
itä	44	0.75	0.63	615.6	12798
länsi	24	0.75	0.63	605.1	6862

Kaikki kokonaislämpökuormat yhteensä **27 598 kWh**

Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä **136 342 kWh**

Lämpökuorman hyödynnettävyys kokonaislämpökuormasta lasketaan seuraavilla kaavoilla:

Rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö

$$H_{\text{tila}} = (Q_{\text{tila}} / (T_s - T_u) * 8760) * 1000 \quad (949 \text{ w/k}) \quad (11)$$

Missä:

Q_{tila} = tilojen lämmitysenergian tarve

$T_{\text{sisäilma}}$ = sisäilman lämpötila, °C

T_{ulkoilma} = ulkoilman lämpötila, °C

Lasketaan aikavakio t:

$$t = C_{\text{rak}} / H_{\text{tila}} \quad (0.122 \text{ h}) \quad (12)$$

Missä:

C_{rakennus} = rakennuksen tehollinen lämpökapasiteetti W/k (110WK m³k)

H_{tila} = rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö

Lasketaan kaavaan tarvittava numeerinen parametri a, sekä suhdeluku y:

$$a = 1 + (t/15) \quad (1.01) \quad (13)$$

$$y = Q_{\text{lämpökuorma}} / Q_{\text{tila}} \quad (0.212) \quad (14)$$

Missä:

$Q_{\text{lämpökuorma}}$ = rakennuksen lämpökuorma kWh

Q_{tila} = tilojen lämmitysenergian tarve

Y = lämpökuormien suhde lämpöhäviöön

$$\text{Hyödyntämisaste on: } 1 - y^a / 1 - y^{a+1} = 0.83 \quad (15)$$

$$0.83 * 27598 \text{ kWh} = 22848.4 \text{ kWh}$$

Toimistorakennuksen laskennallinen energiankulutus on **32.4 kWh/m³** vuodessa.

Saatu tuloksen virhettä voidaan arvioida Motivan palvelusektorin ominaiskulutustiedoilla. Saatu lämmönkulutus vastaa toimistorakennusten keskiarvoa. (Motiva. Palvelusektorin ominaiskulutus, [viitattu.13.2 2018].)

Seuraavaksi lasketaan rakennuksen lämmitystehon tarve (taulukko 4).

$$\sum U_i * A_i * (T_s - T_{u \text{ mit.}}) \quad (16)$$

Missä:

U_i = rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W(m²K)

A_i = rakennusosan pinta - ala m²

$T_{\text{sisäilma}}$ = sisäilman lämpötila, °C

$T_{\text{ulkoilma mit.}}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C (-29, vyöhyke II)

Taulukko 4. Lämmitystehon tarve.

	u - arvo	m²	W
ulkoseinät	0,28	482	6748
yläpohja	0,22	583	6413
alapohja	0,36	583	3022
ikkunat	1.4	82,5	5775
ovet	1.4	13,5	945
seinät maan alla	0,28	137	552

(23455)

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve:

$$\Phi_{\text{vuotoilma}} = \rho_{\text{pi}} \cdot c_{\text{pi}} \cdot Q_{\text{vuotoilma}} \cdot (T_{\text{s}} - T_{\text{u mit.}}) \quad \mathbf{14580 \text{ w}} \quad (17)$$

Missä:

 ρ_{pi} = ilman tiheys 1,2 kg/m³ c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 J (kgK) $Q_{\text{vuotoilma}}$ = vuotoilmavirta (0.243 m³/s) $T_{\text{sisäilma}}$ = sisäilman lämpötila, °C $T_{\text{ulkoilma mit.}}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C (-29, vyöhyke II)

Tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve:

$$\rho_{\text{pi}} \cdot c_{\text{pi}} \cdot Q_{\text{v tulo}} \cdot (T_{\text{s}} - T_{\text{sp}}) \quad \mathbf{TK1 = 6120 \text{ w}} \quad \mathbf{TK2 = 2772 \text{ w}} \quad (18)$$

Missä:

 ρ_{pi} = ilman tiheys 1,2 kg/m³ c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 J (kgK) $Q_{\text{v tulo}}$ = tuloilmavirta m³/s (TK1 1.7 ja TK 2 0.77) $T_{\text{sisäilma}}$ = sisäilman lämpötila, °C T_{sp} = sisään puhalluksen lämpötila (18 °C)

Rakennuksen lämmityksen tehon tarve on yhteensä 46.9 kW.

Lasketaan käyttöveden lämmityksen tehontarve:

$$P_v \cdot C_{pv} \cdot q_{vkv} \cdot (T_{lkv} - T_{kv}) = 1000 \cdot 4.2 \cdot 0.0008 \cdot 50 = 168 \text{ kW} \quad (19)$$

Missä:

P_v = veden tiheys 1000kg/m³

C_{pv} = 4.2kJ/kgK ominaislämpökapasiteetti

q_{vkv} = mitoitusvirtaama, lämmin käyttövesi m³/s

T_{lkv} = käyttövesi lämmin °C

T_{kv} = käyttövesi kylmä °C

Käyttöveden lämmityksen tarve ei ole jatkuvaa, vaan hetkellistä. Lämmityksen käyttöveden tehontarpeen laskenta ei anna todellista kuvaa, koska varaajan lämmittämiseen ei tarvita jatkuvaa tehoa. Lämpimän veden kulutus on 45 m³ vuodessa, joten kiinteistössä kuluu päivässä noin 123 litraa lämmintä vettä.. Käytännössä pelkän käyttövesivaraajan kooksi riittäisi 400 litraa lämpimän käyttöveden tarpeeseen. 12 kW:n sähkövastus riittää hyvin käyttöveden tarvetta varten, mikäli varaaja on erillinen pelkästään käyttövedelle.

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN TARKASTELU

4.1 Lauhdevesi

Lakeuden Etapin biokaasulaitoksen toiminta käynnistyi vuonna 2007 (kuva 4). Laitos on Suomen suurimpia biokaasulaitoksia. Laitoksessa käsitellään puhdistamolietteiden lisäksi kotitalouksien ja yritysten biojätteitä sekä ruoka- ja elintarvikejätteitä.



Kuva 5. Biokaasulaitos.

Lauhdevesi on erilaisista prosesseista tai niiden osista syntyvää lämmintä tai kuumaa vettä. Sitä syntyy voimalaitoksissa ja muussa teollisuudessa. Se on pääasiassa energiantuotannon sivutuotetta. Biokaasulaitoksella syntyy prosessin jäädytyksestä lauhdevettä. Sitä syntyy, kun käytetään termistä kiekkokuivuria, jolla kuivatetaan biolietettä. Kiekkokuivurista tuleva hienojakoinen rae on kuumaa, 50 - 150 °C ja se pitää jäädyttää. Rae jäädytetään nestejäähdytteisillä kuljetinruuveilla, ja lopputuote on maanparannusraetta. Tästä prosessin osasta syntyy lauhdevettä. Lauhdeveden mahdollinen hyötyenergiakäyttö konttorirakennuksessa on talviaikana mahdollista. Lauhdeveden lämpötila on 72 °C, ja sitä on käytössä riittävästi. Toimistorakennuksesta biokaasulaitokselle on matkaa noin 900 metriä. Korkeuseroa on vain vähäisessä määrin laitoksen tulevan lauhdeveden ja toimistotilojen lämmönjakuhuoneen välillä. Lauhdeveden putkistoa

ei voi kuitenkaan tuoda lyhintä reittiä jätekeskuksen maavarauksen takia. Putkistolinja täytyy tuoda tien reunaan myötäillen, joten pituudeksi tulee noin 1220 metriä. Putkistona voidaan käyttää polyeteenillä pinnoitettua uretaanieristeistä kaukolämpöputkea, joka suunniteltiin tähän käyttötarkoitukseen.

Nykyisin kaukolämpöputket ovat kiinnivaahdotettuja. Virtausputki on terästä ja suojaputki muovia. Meno - ja paluuvesi voivat olla saman tai erillisen suojaputken sisällä. Kaukolämpövesi on käsitelty hapen poistamiseksi ja korroosion estämiseksi. Näin tehtyjen putkien käyttöikä on pitkä, jopa 100 vuotta.(Energiateollisuus, [viitattu.26.2 2018].)

Kaukolämpöputkella rakennetun lauhdevesilinjaston käyttöikää on vaikea arvioida. Käyttöikään vaikuttaa mm. linjastossa olevan hapen määrä. Mikäli lämmönsiirtimiä käytetään biokaasulaitoksella ja toimistorakennuksella, saadaan suljettu piiri, jossa kiertävän nesteen hapen määrä vähenee ja korroosionestoaineiden käyttö on mahdollista.

Putkiston lämpöhäviö on 0,031 - 0,035 W/K metrille riippuen eristeen iästä (Arvo - Putki Oy, [viitattu.1.2 2018].) Eristävyys on siis melko hyvä ja lämpöhäviöt pieniä.

Lauhdevettä on käytössä aina, kun biokaasulaitos toimii, huoltoseisokkeja lukuun ottamatta. Huoltoseisokkien ja häiriötilanteiden ajaksi kannattaa konttorin lämmitykseen tehdä varaaja sähkövastuslämmityksellä lämmitysvarmuuden ylläpitämiseksi tai säästää olemassa oleva sähkökattila. Myös lauhdevesi täytyy pumpata takaisin biokaasulaitokselle, joten kaksiputkinen eristetty kaukolämpöputki on vaihtoehtona hyvä. Lauhdeveden lämpötila on lähes sama kuin sähkökattilan käyttölämpötila. Kattilan kiertovesipumpun virtaus on 1,9 dm³/s. Voidaan mitoittaa tarpeenmukainen suurempi pumppu, levylämmönsiirrin tai siirtimet ja puskurivaraaja. Lisänä käytetään sähkövastuksella olevaa vanhaa kattilaa, joka kytkeytyy automaattisesti päälle lämpimän veden lämpötilan laskiessa alle asetusarvon. Kiertojärjestelmiä ja käyttöveden lämmönsiirrintä ei ole tarvetta muuttaa.

Putken materiaalina on polyuretaanilla eristetty muovipinnoitettu teräsputki. Esimerkkinä on Uponor Wehotharm, kaksi putkea vierekkäin, molempien halkaisija 65 mm.Ympärillä eristeenä 280 mm uretaani, (eristeluokka 3). toimituspituus 12 m.

Hinta 70.58 e/m. 1 kappale 90 asteinen mutka, hinta 296.25 e ja levylämmönsiirrin 536-30 (rst), tehoalue 27 - 190 kW, 231.83 e/kpl. Yhteishinnaksi materiaaleille muodostuu 86 636 e.

Lisäksi täytyy laskea maanrakennuskustannukset. Maa-aines on kaivettavissa, joten louhintaa ei tarvita. Pohjan täyttö tehdään sepelillä ja lopullinen täyttö pienellä kivikoolla. Maanrakennuskustannukset ovat noin 50 - 60 e/m. Asfalttiosuutta täytyy kaivaa auki noin 50 neliömetrin alueelta. Lisäksi hintaa saattavat nostaa pienet louhintatyöt. (Veljekset Rinta OY 2018.)

Kaukolämpöputken liitoksien hitsaus - ja asennuskustannukset ovat 80 e/liitos, yhteensä 8133 e. (A - Hitsaus Seinäjoki 2018.)

Asfaltin hinta on noin 25 - 35 e/m², kokonaiskustannus 1320 e. Rahti - ja purkukustannukset kaukolämpöputkille ovat 1000 e.

Kokonaiskustannushinta laskettuna materiaaleille ja työlle kahdella lämmönsiirtimellä ja yhdellä pumpulla on 166 169 e.

Käytännössä käytettävä energia on ilmaista, tuotannosta saatavaa lauhdevettä, mutta kesäaikana lauhdeveden tarve on lämmityksessä todella pieni, vain käyttövettä pitää lämmitellä. Pumppu ei pyöri juuri lainkaan, ja matkat ovat pitkiä. Toiminta saattaa häiriintyä pitkien ns. seisokikäyttöjen takia kesällä, kun lämpöä ei tarvita, joten talteenoton ohitus olisi myös rakennettava.

4.2 Biokaasu

Biokaasu on kaasuseos, joka syntyy biomassan hajoamisen tuloksena hapettomassa tilassa. Hapen puutteen takia hajoaminen tapahtuu mädäntymällä anaerobisten bakteerien vaikutuksesta. Hajoamisprosessin loppuvaiheessa syntyy metaania bakteerien hajotustoiminnan tuloksena. Se sisältää metaania, hiilidioksidia ja happea. Energiankäytön kannalta tärkein syntyvä kaasu on metaani, jota seoksessa on noin 50 - 70 prosenttia. Kaasun koostumus on riippuvainen biomassan määrästä ja prosessista. (Motiva. Biokaasu, [viitattu.3.2 2018].)

Kaasu on palavaa, ja sen ominaislämpökapasiteetti on hyvä. Sitä otetaan talteen jätetäytöiltä kaasukaivoilla, joita on useita. Biokaasun määrä kymmenestä kaivosta mitattuna on keskimäärin 164 litraa tunnissa, joten sitä on saatavilla riittävästi. Kaasun keräystä, pumppausta ja puhdistusta ei otettu laskelmissa huomioon, koska ne tekevät kaasun kustannuksista kalliita. Myös loppusijoitusalueen sulkeminen nostaa kustannuksia.

Metaani on syttyvää, kun sitä on ilmassa vähintään 5 tilavuusprosenttia, mutta enintään 15 tilavuusprosenttia. Metaanin suuresta vetypitoisuudesta johtuen palamistuloksena muodostuu paljon vettä. Metaanin palamisen tuloksena syntyvien savukaasujen vesikastepiste on noin 59 °C palamiskertoimen ollessa 1. Yhden maakaasukuutiometrin palaessa muodostuu vettä 1,6 kg ja hiilidioksidia 2,0 kg sekä lämpöenergiaa 10 kWh (36 MJ). Kun kaasua johdetaan muovista rakennetusta putkistosta rakennukseen, muovi - ja teräsputken mekaanisen liitoksen on oltava maan alla vähintään 1 m ennen rakennusta. Vaihtoehtoisesti liitos voi tietysti edellytyksin olla maan päällä ennen pääsulkuventtiiliä, jos sulkuventtiili on erikseen merkitty. (Suomen kaasuyhdistys, [viitattu.19.2.2018].)

Maakaasu siirretään putkea pitkin lähemmäs konttorirakennusta maakaasukäyttöön tarkoitetulla muoviputkella (PE). Suurin sallittu käyttöpaine on 4 - 8 baaria. Matkaa on yhteensä noin 260 metriä, hinta (Uponor) 874 e. Toteuttamiskustannuksiin täytyy huomioida myös maankaivuukustannukset, 50 - 60 e/m, yhteensä 14 300 e, ja asfaltointikustannukset (50 m²) 1064 e.

Metaanin polttojärjestelmä on hyvin samankaltainen kuin normaali öljypoltinjärjestelmä. Kondenssivesikattila on pienikokoinen ja melko kevyt. Palokaasujen lämpötila on matala, joten savupiipuksi käy vaikka muoviputki. Savukaasuista ja poltosta tulevasta energiasta otetaan lämpöä talteen. Laitteisto voidaan myös kytkeä maalämmön rinnalle. Laitteistovalmistajien määrä ja laitteiston kehitys menee kiristyvien energiamääräysten takia jatkuvasti eteenpäin. Laitteistovalmistajaesimerkkinä on Demeca, joka toimittaa kaasulaitteistoja teräskonttiin asennettuna täysin valmiina pakettina toivomusten mukaan.

Toisena järjestelmäesimerkkinä on Attack compact plus kaasukondenssikattila varustettuna läpivirtauslämmittinä automatiikalla. Tehoalue on 11 - 50 kW ja

valmistajan ilmoittama laskennallinen tehokkuus on 109 %. Järjestelmä lämmittää veden 30 - 70-asteiseksi tarpeen mukaan. Hinta on 1527 e. Laitteeseen on mahdollisuus kytkeä hybridivaraaja ja esimerkiksi aurinkopaneelit.(Kotituli, [viitattu.20.2 2018].)

Kaasukondenssikattila sopisi lämmönjakohuoneeseen muiden järjestelmien rinnalle. Varaaja täytyisi vaihtaa hybridimalliseksi, mutta sähkökattila jäisi jatkuvan lämmityksen turvaamiseksi häiriön sattuessa.

4.3 Maalämpö

Maalämpö on pääosin auringosta maahan varastoitunutta energiaa, jota pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti maalämpöjärjestelmän kautta. Maalämpö lämmitysmuotona on ekologinen ja energiatehokas.

Järjestelmän osatehon mitoitus voidaan tehdä täysteholle tai osateholle. Esimerkiksi 60 – 80 - prosenttiselle osateholle mitoitettun lämpöpumpun tuotto on noin 95 prosenttia vuotuisesta lämmitysenergiasta. Loput tuotetaan (kovimmille pakkasille) yleensä sähkövastuksilla. Täysteholle mitoitettu pumppu kattaa kaiken lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden. (Motiva. Lämpöä omasta maasta, [viitattu.30.1 2018].)

4.3.1 Maalämpöpumput

Maalämpöpumpun toimintaperiaate on sama kuin esimerkiksi jäähdytyskoneessa, mutta tuotetaan vain kylmän sijasta lämpöä kompressoriperiaatteella. Maalämpöpumpun glykoli kiertää maapiirissä tai kaivossa. Liuospiirin neste lämpiää varastoituneen energian avulla. Maalämpöpumppua voidaan käyttää myös viilennykseen, jos käytetään keruupiirinä porakaivoa. Viilentämisessä ei tarvita kompressoria, energiaa kuluu vain kiertovesipumpun ja puhaltimien käyttöön. Seinäpatterit eivät sovellu viilennykseen, koska vaarana on veden kondensoituminen pinnoille. Lattialämmityksen komponentteja voidaan käyttää

lattiaviilennykseen tarpeen mukaan. Myös puhallinyksiköitä on saatavilla maalämpöpumppujärjestelmälle tilojen jäähdyttämistä varten. Pumpun tilantarve on pieni, joten laitteiston uusiminen saneerauskohteisiin ei tarvitse tilojen suurentamista.

4.3.2 Maalämpölaitteiston keruuputkisto ja mitoitus

Maapiirin teho on kyseisessä maastossa noin 25 - 40 W/metri. Maan pinnalle asennettavan lämmönkeruupiirin putkisto asennetaan puolentoista metrin välein toisiinsa nähden ja noin metrin syvyyteen. Maapiirin teko vaatisi pinta-alaa suuren määrän, että tehontarve saataisiin järkevästi katettua. Keruuputkisto tarvitsee noin neljä neliötä maata keruuputkelle yhtä kerrosneliötä kohti karkeasti arvioituna. Kyseisen toimistorakennuksen ympärillä on kallioista maastoa, joten puunkaato, louhinta ja maatäyttö nostaisivat kustannuksia. Roudan takia liikkuvat kivet voivat myös aiheuttaa vaurioita. Tulevaisuuden tilantarpeet huomioon ottaen maapiirin toteutus saattaisi myös hankaloittaa maa - alueen tilankäyttöä. Keruupiirin kustannukset ja tilan tarpeen mahdollisuus huomioon ottaen järkevin vaihtoehto on porakaivojen tekeminen.

Porakaivojen syvyydet ja lukumäärä lasketaan tehontarpeen mukaan. Yhden kaivon syvyys on 100 - 230 metriä. Maalämpökaivon putkisto on yleensä 40 mm polyeteeniputkea ja porakaivon halkaisija 130 mm.

Maalämpöpumppujen ylimitoitus ei ole järkevää, koska pumpun käyttöikä voi lyhentyä ja laitteet ovat kalliimpia. Pumpun käynti on jatkuvampaa. Jos verrataan huippukulutusta, kun sähkönkulutus menee päälle, investointi on hinnaltaan järkevämpi. Osateholle mitoitettu pumppu toimii tehokkaimmalla toiminta-alueellaan, jolloin hyötysuhde on parhaimmillaan (Oilon, maalämpöpumpun mitoitus, [viitattu.26.2 2018].)

Mitoitetaan maalämpöpumppu 100 % tehontarpeelle:

Maalämpöpumppu 52 kW, lämpökerroin 4

Maasta saadaan $3/4 * 52 = 39$ kW

Kaivon tarvittava aktiivisyvyys on $39\ 000\ w / 35\ w/m = 1114\ m$

6 kpl kaivoja, syvyys 185 metriä

Poraushinta metrille noin 25 e/m, yhteensä 27 850 e.

Maalämpöpumpuna esim Gebwell gemini 52 12 084 e.

Putket pem 40 ja pem 63, yhteensä 1620 e

Keruupiirin neste noin 1860 litraa, hinta 1000 e.

Maankaivuu - kuljetus - ja putkistotöiden hinnaksi arvioitu noin 7000 e.

Tarvitaan 2kpl keruukaivoja, ja matka kaivoille on 40 metriä lämmönjakuhuoneesta. Porakaivojen välinen etäisyys on keruukaivosta noin 20 metriä maasta saatavan parhaimman hyödyn takia. Arvioitu kokonaiskustannushinta putkistoiheen, keruukaivoineen ja maalämpöpumppujen kanssa on noin 49 554 e. Mikäli maalämpö katsotaan tarpeelliseksi tehdä, varaaja kannattaa myös muuttaa vastaamaan tarpeita, jos yhdistetään eri lämmitysmuotoja keskenään.

4.4 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate on lähes sama kuin maalämpöpumpulla. Se ottaa lämpöenergiaa talteen ilmasta väliaineen avulla, kun maalämpöpumppu ottaa sitä maaperästä. Se on myös ympäristöystävällinen ja energiatehokas ratkaisu kiinteistön lämmitykseen. Se on ns. täydentävä lämmitysjärjestelmä, koska huippupakkasilla sen teho ei riitä. Ilmalämpöpumpun talteen ottama teho laskee ulkoilman kylmentyessä. Tehon lasku suurenee vasta huomattavasti mentäessä alle - 20 °C lämpötilaan.(Motiva, lämpöä ilmassa, [viitattu.3.3 2018].)

Ilmalämpöpumpussa on sisä - ja ulkoyksikkö, joiden välillä kiertää glykolipohjainen neste. Sisäyksikkö ei ole suuri, ja se on yleensä seinään tai kattoon kiinnitettävä. Ilma virtaa puhaltimen avulla sisäyksikön läpi, ja se puhaltaa lämmintä tai kylmää ilmaa tarpeen mukaan. Järjestelmällä voidaan tarvittaessa myös viilentää sisäilmaa. Se sekoittaa myös tehokkaasti ilmaa, joten ilman lämpötilaerot alhaalla

lattianrajassa ja ylhäällä katonrajassa tasaantuvat, mikä myös kuivattaa sisäilmaa. Alkuinvestointina järjestelmä ei vaadi suurta investointia verrattuna esimerkiksi maalämpöön eikä se tarvitse vesikiertoista lämmitysjärjestelmää toimiakseen. Yhdelle ulkoyksikölle on saatavissa useita sisäyksiköitä tarvittaessa, joten ulkoyksiköitä ei tarvita useita. Hyötynä on myös asennuksen helppous. Ilmalämpöpumpun huonoja puolia ovat mm. sisäyksikön suodattimien melko tiheä puhdistusväli. Jos pumppu on säädettyä rinnakkaiseksi lämmityslaitteeksi ja lämpötila ylittyy, se alkaa automaattitoiminnolla jäähdyttämään huoneilmaa. Ilmalämpöpumpuissa on tapahtunut viime vuosina kehitystä. Hyötysuhdetta on saatu parannettua ja lämpöä saadaan nykyään kerättyä jopa kovillakin pakkasilla, mutta saavutettu tuotto ei ole suuri. Ilmalämpöpumppu on käytössä yleensä pientaloissa. Ilmalämpöpumppujärjestelmä ei ole toimiva vaihtoehto kyseiseen rakennukseen, koska ulkoyksiköitä tarvittaisiin useampi ja sisäyksiköitä lähes joka huoneeseen, mikä nostaisi kustannuksia. Myös päälämmitysjärjestelmänä toimiminen ei ole mahdollista nykytekniikalla. Energiankulutuksen säästö ei ole iso yhdellä ilmalämpöpumppuyksiköllä, koska energian kulutus on muutenkin suuri. Useammalla yksiköllä myös jatkuva suodattimien puhdistus ja eriasteiset tilakohtaiset lämpötilanvaihtelut käyttäjien säätäminä eivät vastaisi tarkoitusta.

4.5 Ilma - vesilämpöpumppu

Ilma - vesilämpöpumppu siirtää ulkoilmasta lämpöä suoraan veden lämmitykseen kiinteistössä. Järjestelmää voidaan myös käyttää toisen lämmitysmuodon rinnalla ja myös silloin, kun maapiirin tai porakaivon tekeminen ei ole mahdollista. Laitteisto tarvitsee rinnalleen huipputeholle mitoitettun lämmitysjärjestelmän. Sisäyksikkö on kaappimallinen. Laitteistossa on myös, samoin kuin ilmalämpöpumpussa, ulkoyksikkö varustettuna automaattisulatuksella. Hyötysuhde on hyvä, mutta ilma - vesilämpöpumpun tuottama lämmitysteho pienenee huomattavasti sään kylmentyessä alle - 20 °C. Silti se on tehokas lämmöntuottaja, joka sopii vaikka päälämmityslaitteeksi pienissä kiinteistöissä. Jäähdytyslaitteena toimiminen on myös mahdollista, mutta laite tarvitsee ulkoisen puhallinkonvektorin. Viilennystä voidaan myös toteuttaa lattialämmityspotkistolla. Ilmavesilämpöpumppua on

saatavana erikseen, mutta myös öljypoltin - , sähkö - ja maakaasujärjestelmän (Atlantic) kanssa hybridinä.

Energiansäästö on ilma - vesilämpöpumpulla 50 - 60 % sähkölämmitykseen verrattuna. Maalämpöpumpun energiansäästö on 70 - 80 % verrattuna sähköön. Ilmavesilämpöpumppu on kannattavampi, jos laitteisto hankitaan alle 200 m²:n kiinteistöön, ja sen takaisinmaksuajan halutaan olevan 5 - 10 vuotta. (Lämpöykkönen, [viitattu.26.2 2018].)

Ilmavesilämpöjärjestelmän kustannukset arvion mukaan kiinteistöön ovat pienemmät kuin maalämpöjärjestelmän, koska porausreikiä ja maaperän putkituksia ei tarvita. Laittekustannukset asennuksineen ovat samaa luokkaa, mikäli sillä yritettäisiin kattaa mahdollisimman suuri osuus lämmitystehon tarpeesta. Silti kovimmilla pakkasilla laitteet lämmittäisivät sähköllä.

4.6 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia on säteilystä hyödynnettävää lämpö - tai sähköenergiaa. Sitä otetaan talteen ulkona olevilla aurinkopaneeleilla tai - keräimillä. Suurimmat energian tuottokuukaudet ovat touko - elokuussa. Aurinkoenergian talteenotossa on huomattavasti suurempi hyötysuhde, mikäli energiaa otetaan talteen esimerkiksi veden lämmittämiseen kuin suoraan sähköksi. Energian säilytys on helpompaa, ja varaaja luovuttaa lämpöä myös yöllä. Energiantuottojärjestelmän hyöty riippuu myös tuulesta, suuntauksesta ja varjoista. Aurinkokeräin - ja paneelijärjestelmät vaativat kohtuullisen investoinnin, mutta järjestelmän helppohoitoisuus, ekologisuus ja taloudellisuus tuovat asialle lisäarvoa. Aurinkopaneelien hyötysuhde kasvaa materiaalien ja kehitystyön tuloksena jatkuvasti yhä tehokkaammaksi, joten tarkkaa paneelin hyötysuhdetta on vaikea määritellä. (Motiva, aurinkolämpö, [viitattu.20.3 2018].)

Maalämpöpumpun ostosähkön tarvetta kannattaa pienentää aurinkoenergialla, joko sähkönä tai lämpönä. Erityisesti aurinkolämpö on kannattavin maalämmön rinnalla arvioitaessa investoinnin kannattavuutta verrattuna esimerkiksi sähkö - tai öljylämmitykseen. Aurinkokennojen hinta on viime vuosina laskenut merkittävästi.

Jos aurinkosähköllä leikataan maalämpöpumpun ostosähkön tarvetta, investoinnin takaisinmaksuaika on noin 9 vuotta. Etuina ovat myös ympäristöystävällisyys, äänettömyys ja helppous. Myös kaikkiin päälämmitysmuotoihin yhdistettävyyden on mahdollista. (VTT, Distributed Energy Systems, [viitattu.17.6.2015].)

Koko vuoden aikana auringon säteilemää energiaa saadaan keskimäärin 870 kWh/m²/v. Jos sähköpaneelin hyötysuhde on noin 17 %, neliömetrin kokoisesta aurinkokennosta saadaan noin 170 kWh energiaa vuodessa. (RIL 265-2014, 33.)

Aurinkojärjestelmän osuus vuositasolla voi olla noin 10 prosenttia rakennuksen energiantarpeesta. Järjestelmän tuottamaa sähköä on myös mahdollista siirtää kiinteistöstä toiseen, mikäli ne sijaitsevat samalla tontilla. Järjestelmien laajennus on kohtuullisen helppoa. Aurinkopaneelin tai keräimen suuntakulma täytyisi olla 30 - 60 astetta. Kesällä paras tuotto tulee 30 asteen kulmalla, talvella 60 asteella. Paras suuntauskulma kiinteälle järjestelmälle on 45 astetta. Paneeli - ja keräinlevyjen katolle asennus on kohtuullisen helppoa. Levyjen pitää olla vankkarakenteisia. Paneelit pysyvät yleensä melko hyvin puhtaina sateiden avulla. Siitepöly ja lika on hyvä kuitenkin pestä joskus pois, koska lumi tarttuu herkemmin, ja sulaa pois myöhemmin, mikä myös aiheuttaa hyötysuhteen laskua. Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa vain tasavirtaa, joten invertteri tarvitaan muuttamaan sähkö vaihtovirraksi. Järkevintä on tukea sähköllä vesivaraajan lämmitystä. Järjestelmiin on myös saatavilla ohjausyksiköitä, jotka ohjaavat aurinkojärjestelmiä ja muita lämmitysjärjestelmiä parhaalla mahdollisella tavalla.

Takaisinmaksuaika ei ole soveltuva arviointimenetelmä, koska keräinten käyttöikä on yli 30 vuotta ja ne ovat erittäin toimintavarmoja. Aurinkojärjestelmän pitoajaksi on arvioitu yleensä noin 30 vuotta. Ylläpitokustannukset ovat noin 5 - 10 prosenttia. Kustannukset kattavat paisunta-astian ja ohjausyksikön sekä siirrinjärjestelmän nesteiden vaihdot. Pumppu kestää yleensä, joten sitä ei ole laskettu kustannuksiin. Sähkönkulutus järjestelmällä on noin 0.01 - 0.03 snt/kWh järjestelmästä riippuen.

Suuren keräinjärjestelmän hinnaksi (100 - 1000 neliötä) tulee noin 400 - 500 e/keräinneliö. Tuotantohinta perustuen järjestelmähintoihin vuosina 2014 - 2015 oli noin 35 - 55 e/MWh. (Finsolar, [viitattu.25.2 2018].)

Arvioinnin perusteella aurinkopaneelin tai keräimen järjestelmä alkuinvestointina on kallis. Alhaisten huoltokustannusten ja pienien investointien takia tuotto pitkällä aikavälillä on kuitenkin hyvä, koska energian tuottokustannukset ovat pienet, myös huoltokustannukset ovat alhaiset, mikä korostaa käyttömukavuutta. Aurinkojärjestelmä on myös myöhemmin laajennettavissa kohtuullisin kustannuksin, lisäyksenä ei tarvita välttämättä muuta kuin keräimiä tai paneeleja.

4.6.1 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit koostuvat sarjaan kytketyistä aurinkokennoista, joiden ala - ja yläpinnoille auringon säteily saa aikaan sähköjännitteen. Aurinkopaneelit ovat kevyitä, joten katolle asentaminen on suhteellisen helppoa, eikä lisäkuormaa kattorakenteille tule mainittavasti. Aurinkopaneeleissa ei tarvita pumppuja, putkistoja eristyksineen eikä kierukkaa varaajaan. Paneelijärjestelmä on lähes huoltovapaa, ja elinkaari pitkä. Järjestelmä on yksinkertainen, tarvitaan invertteri ja turvakytin sekä johdotukset, joten kuluvia tai liikkuvia laitteita ei ole. Mikäli aurinkopaneeleita ei kytketä sähköverkkoon, tarvitaan myös akkuja ja lataussäädin. Verkkoon kytkettyä aurinkosähköä voi myös myydä, mutta kannattavinta se on omassa käytössä, koska myyntihinta on ostohintaa pienempi.

Paneeleita on saatavilla moniin eri käyttötarkoituksiin. Aurinkopaneelin hyötysuhde on noin 15 - 24 %, kun nestekiertoisen keräimen suhde on 70 %. Aurinkokennojen yleisin materiaali on pii. Teknologia on jo vakiintunutta, ja noin 90 prosenttia aurinkopaneeleista on piikidekennoja. Hyötysuhde näillä kennoilla on tavallisesti 15 - 17 prosenttia. Ohutkalvokennojen valmistus tapahtuu lisäämällä hyvin ohuita kerroksia valoherkkää ainetta edulliselle pohjamateriaalille, kuten lasille, ruostumattomalle teräkselle tai muoville. Ohutkalvokennoista koottujen aurinkopaneelien hyötysuhde on yleensä 9 - 11 prosenttia. (Motiva - Uusiutuva energia, [viitattu.3.2 2018].)

Aurinkojärjestelmän esimerkkinä käytetään tässä 10,6 kWn järjestelmää. Paneelien pinta - ala on 66 m² (40 kpl) ja vuosituottoarvio 8498 kWh. Järjestelmän hinta on 14 364 e täydellisenä asennuksineen, mukana invertteri, turvakytkin ja kiinnitystelineet. (Areva Solar, [viitattu.15.2 2018].)

Esimerkkijärjestelmällä voi lämmittää maalämmön keruupiirin nestettä tai hyödyntää käyttöveden lämmityksessä. Myös muut päälämmityksen tukemismuodot ovat mahdollisia varaajasta ja järjestelmästä riippuen.

4.6.2 Aurinkojulkisivut

Aurinkojulkisivut ovat julkisivuun integroitavissa olevia aurinkosähköjärjestelmiä, jotka toimivat yksinomaan auringon säteilyllä.

Esimerkkipaneelina käytetään Ruukin Liberta solar -kasettia. Se on noin yhden neliömetrin kokoinen ja painaa 25 kg. Tehoa on 0,146 kWp ja kasetin vahvuus on 39 mm. Piilokiinnitykset ja johdot eivät näy. Järjestelmä toimii hyvin myös pilvisellä säällä. (Ruukki, [viitattu.20.2 2018].)

Järjestelmät eivät kerää myöskään lunta. Julkisivupaneeli on lähes musta ja lasinomainen. Julkisivupaneeli soveltuu myös hyvin rakennuksen ulkonäön parantamiseen. Myös aurinkopaneeleja ja -keräimiä voi asentaa seinälle, mutta hyötysuhde pienenee auringon suunnan suhteessa, ja ulkonäölliset seikat ovat myös ongelma.

Käytettävän teknologian hinta on vielä tällä hetkellä korkea, mikä johtuu osittain vähäisestä käyttökokemuksesta. Yhden paneelin tuotto on noin 85 kWh/m². Takaisinmaksuaika on tällä hetkellä noin 15 vuotta.

4.6.3 Aurinkokeräimet

Kolmannen sukupolven aurinkokennot ovat vielä tutkimusasteella. Esimerkkinä voidaan mainita nanokidekennot. Niiden lisäksi tutkimus - ja kehitysvaiheessa on

useita muita erilaisia aurinkokennotyyppejä. Näistä esimerkkejä ovat keskittäviin järjestelmätarpeisiin kehitetyt aurinkokennot ja myös joustavat aurinkokennot. Joustavat aurinkokennot vastaavat ohutkalvoteknologiaa, mutta niissä valoherkkä aine painetaan joustavalle pohjamateriaalille, esimerkiksi rullattavalle muoville. Muokattavuutensa ansiosta niitä voidaan käyttää monissa eri sovelluksissa. Ohutkalvosta tehdyillä kalvopaneeleilla pystytään keräämään hajasäteilyä vähän tehokkaammin kuin kiteisen piin paneeleilla, mutta vaikutusta vuositason ei juurikaan ole. Ohutkalvopaneelit päästävät enemmän valoa läpi, joten niillä auringonsäteilyä ei saada hyödynnettyä sähköntuotantoon yhtä hyvin kuin kiteiseen piihin perustuvilla paneeleilla. (Motiva. Tasokeräimet, [viitattu.23.2 2018].)

Tällä hetkellä kuitenkin käytetään pääasiassa kahdenlaisia keruulaitteita: tasokeräimiä ja tyhjiöputkikeräimiä. Keräinjärjestelmiin kuuluu lisäksi pumppu, joka kierrättää nestettä varaajan kautta. Neste sisältää glykolia jäätyksen estämiseksi sekä korroosionestoaineita.

Järjestelmän jäätyksen estämiseksi nestettä täytyy olla vähintään 40 - 50 %. Korkeampi pitoisuus ei paranna nesteen ominaisuuksia, liian korkea pitoisuus voi vaurioittaa tiivisteitä. Pienemmällä pitoisuudella järjestelmä voi jäätymään ja vaurioitua. Neste tulisi vaihtaa 8 - 15 vuoden välein. Keräimien neste on myrkyllistä, joten sitä ei saa käyttää yksivaippaisissa kierukoissa. (Energiakauppa, [viitattu.22.2 2018].)

Kerujärjestelmä on suljettu piiri, jossa on myös asianmukaiset varo - ja ilmausventtiilit. Näiden nestekiertoisten keräimien etuina ovat helppo säädettävyys ja nesteen hyvä lämmönsiirtokyky.

Tasokeräin on rakennettu absorptiolevyistä ja putkista lämpöeristettyyn koteloon, jossa on lasilevy molemmilla puolilla. Säteilyä kerätään mustan absorptiolevyn avulla, joka kuumenee. Keräinelementti on normaalisti metallirakenteinen, mutta muovisiakin on. Hyötysuhde on 25 - 50 %. Lämpötilan nousu korkeaksi aiheuttaa tasokeräimessä hyötysuhteen laskua. Kuitenkin tasokeräin on kesäaikana tehokkaampi kuin tyhjiöputkikeräin.

Keräinlevy on yleensä aina varustettu läpinäkyvällä katteella. Muuten lämpöhäviö on voimakasta. Yleensä siihen riittää yksi kerros, koska lisäkerrokset nostavat hintaa ja pienentävät säteilyn aiheuttamaa hyötyä. Katteen ominaisuudet

vaikuttavat hyötysuhteeseen. Tavallisesti kattamiseen käytetään erikoislasia, joka kyllä kestää keräimen suuret lämpötilaerot ja läpäisee erittäin hyvin auringonsäteilyä. Muovikatteessa on pehmeämpi pinta ja se on herkempi likaantumiaan. Muovilevy on helppoa käsitellä ja myös kestävä. Hinnaltaan se on myös edullisempi kuin erikoislasi. (Motiva. Tasokeräimet, [viitattu.23.2 2018].)

Tyhjiöputkikeräimessä putket ovat kahden lasilevyn välissä tyhjiössä. Selektiivinen pinnoite on putken sisäpinnalla. Tyhjiö on hyvä lämmöneriste, koska lämpöä ei häviä. Lämmön säteilyhäviötä tapahtuu keräimen pinnasta, mutta se on merkittävää vasta, kun lämpötila nousee korkeaksi. Tyhjiöputkikeräin kerää energiaa myös pilvisellä säällä, koska keräimen keruupinta on pyöreä. Keräin toimii myös myöhään syksyllä ja aikaisin keväällä.

Aurinkokeräimen hyötysuhde riippuu monista eri tekijöistä. Vuosittaisessa energiantuottovertailussa (kWh/a) voidaan todeta tyhjiökeräimien olevan vain vähän tehokkaampia kuin tasokeräimet, mutta hinnaltaan tyhjiökeräimet ovat 30 - 50 prosenttia kalliimpia. (Motiva-uusiutuva energia, [viitattu.3.2 2018].)

Keräimen putkiston pituus ja eristys myös muuttavat tehonsaannin määrää. Putkiston etäisyys lämmönjakohuoneeseen on oltava mahdollisimman lyhyt, lämmönhukan pienentämiseksi. Myös hyvä eristäminen on tärkeää.

4.7 Hybridijärjestelmä

Lämmityksen tarvetta esiintyy Suomessa koko vuoden. Talvella lämmityksen tarve on suuri, mutta kesällä suurin osa lämmityskustannuksista tarvitaan yleensä vain käyttöveteen. Rakennuksien lämmitys voidaan tuottaa useilla eri järjestelmillä. Suomen olosuhteisiin sopii melko hyvin hybridilämmitysjärjestelmät, koska lämmityksen tarve on jatkuvaa. Järjestelmät ovat pääasiassa eri lämmitysmuodoista varaajaan tai varaajiin integroitua erilaisia lämmityskierukoita, mutta myös kattilamallisia on. Kaikkia yleisiä lämmitysjärjestelmiä voidaan yhdistää toimimaan esimerkiksi vain lämmitystä varten. Hybridin hyödyntämisen rajana eri lämmitysmuotojen välillä on vain taloudellinen järkevyys. Laitteistoja ei kannata rakentaa liian monimuotoiseksi ja kustannustehottomiksi pitkällä aikavälillä.

Huomioon täytyy ottaa myös ylläpitokustannukset. Laitteistojen järjestelmät ovat monimutkaisempia, joten ohjauksen tarkkuus ja toiminnallisuus on tärkeää.

Hybridivaraajasta on saatavilla räätälöityjä malleja erilaisiin tarpeisiin. Varaajia on myös kohtuullisen kokoisia, joten ne sopivat myös saneerauskohteisiin erinomaisesti. Varaajan mitat kannattaa etukäteen varmistaa, sillä oviaukkojen koot voivat aiheuttaa ongelmia. Joillakin laitevalmistajilla on irrotettava eristekuori varaajan pinnalla suuremman varaajan kuljettamiseksi lämmönjakuhuoneeseen. Hybridivaraajien hinnat ovat noin 1500-6000 e riippuen siitä, minkälaista lämmitysmuodon yhdistelmää halutaan. Lisäksi tulevat myös putkityön ja automatiikan kustannukset. Pitkällä aikavälillä hybridivaraaja on järkevin valinta. Varaaja pysyy samana koko elinkaaren ajan, vaikka lämmitysmuodot muuttuisivatkin. Hybridijärjestelmät tulevat yleistymään tekniikan jatkuvasti kehittyessä.

5 YHTEENVETO JA TOIMENPIDE - EHDOTUKSET

Tämän opinnäytetyön avulla selvitettiin eri lämmitysmuotojentoteutustapoja sekä kustannuksia. Todettiin lauhdevesilämmityksen perustamiskustannusten olevan järjestelmistä korkeimpia. Selvitysten perusteella havaittiin aurinkopaneelien käyttökustannusten suhteessa laskettuun käyttöikänsä olevan alhaisimmat. Aurinkojärjestelmien keräin - ja paneelimateriaalien kehittyessä hyötysuhteet paranevat. Lämmitysjärjestelmien eri hybridimuodot ovat toteutettavissa kohtuukustannuksin ainakin maalämmön ja aurinkolämmön yhdistelmällä. Ilmalämpö ja vesi - ilmalämpöpumput eivät sovellu hyvin päälämmitysjärjestelmäksi suuriin kiinteistöihin. Niillä voidaan kuitenkin pienentää sähkönkulutusta sähkölämmityksen rinnalle asennettaessa. Sisäyksiköt olisivat tilakohtaisia, jotenhuollon tarve lisääntyisi. Maalämpöpumpun hyötysuhde on paras lämmitysmuodoista, perustamiskustannukset kohtuulliset ja se on aurinkojärjestelmän kanssa toimivin. Myös porakaivot ovat työllistäviä, mutta ne ovat kertainvestointeja, joilla ei ole uusimisen tarvetta.

Toimenpide - ehdotuksena maalämpöpumppu sijoitetaan sähkökattilan tilalle. Maalämpöpumpuksi valitaan Gebwell gemini, josta saadaan 52 kW:n teho. Laitteiston käyttämä ottoteho on 11,8 kW ja hinta 12 084 euroa. Lisäksi valitaan hybridivaraaja Akva geo solar 1000, jonka hinta on 2174 euroa. Varaajassa on kaksi käyttövesikierukkaa (käyttöveden esilämmitys ja kuumennus), sekä yksi aurinkolämmölle oleva kierukka. Varaajan korkeus on 2150 mm ja leveys 1150 mm eristyksineen. Arvioitu kokonaiskustannushinta putkistoineen, keruukaivoineen ja maalämpöpumpun kanssa on noin 49 554 e. Lisäksi huoltokustannuksiin on arvioitu noin 10 % hankintahinnasta. Huoltokustannuksiin on arvioitu kompressori, vaihto pientä huoltoa ja kylmäaineiden vaihtoa. Hinta on yhteensä 54 509 e.

Sähkön hintana käytettiin tällä hetkellä voimassa olevaa hintatasoa 4 snt/kWh. Hinnaksi muodostuu siirtomaksuineen ja veron kanssa yhteensä 8 snt/kWh.

Maalämpöpumpun kertoimena on käytetty keskiarvoa 4. Laskennallinen takaisinmaksuaika investoinnille on:

Sähkölämmitys 136 MWh*80 e = 10 880 e vuodessa

Maalämpö $136 \text{ MWh}/4 * 80 = 2720 \text{ e}$ vuodessa

Takaisinmaksuaika on **7 vuotta**

Maalämpöpumpun käyttöikä on noin 25 vuotta. Pumpun voi vaihtaa tarvittaessa, mutta porakaivojen käyttöikä on pitempi.

Maalämpöpumppu kattaa 95 - 99 prosenttia lämmityksen tarpeesta ja loppu tuotetaan sähkövastuksella. Varaajan hankintakustannukset eivät mainittavasti kohoa. Mikäli tulevaisuudessa halutaan esimerkiksi aurinkojärjestelmä tai muu lämmitystä tukeva vaihtoehto, varaukset ovat varaajassa jo valmiina.

Oven koko huomioon ottaen varaaja kannattaa tilata irrotettavilla eristelevyillä, jotka saa tilauksesta tehtaalta tarpeen mukaan. Varaajan leveys kapenee 850 millimetriin, joten oviaukoista mahtuu helpommin.

Jos halutaan myös katolle sijoitettavat aurinkopaneelit, ne toimivat apusähkötuottajina. Kesäaikana automatiikka ohjaa maalämpöä pienemmälle ja aurinkolämpöä käyttöveden lämmitykseen. Aurinkojärjestelmäksi valitaan Areva solar. Paneelien pinta-ala 66 m^2 (40 kpl) ja vuosituottoarvio 8498 kWh. Järjestelmän hinta on 14 364 e täydellisenä asennuksineen, mukana invertteri (Solar edge), turvakytkin ja kiinnitystelineet. Laskettiin myös huoltokustannukset 5 %. Huoltokustannukset kattavat invertterin vaihdon (yksi kerta) sekä puhdistuksen (kaksi kertaa). Hinta on yhteensä 15 082 e.

Maalämpö +aurinkopaneelit, takaisinmaksuaika:

$136 \text{ MWh} - 8.5 \text{ MWh} = 127.5 \text{ MWh}$

$127.5 \text{ MWh}/4 * 80 = 2550 \text{ e}$

Takaisinmaksuaika on **8.5 vuotta**

"Sähkön hinnan takia lämmitysmuodon muuttamisella takaisinmaksuajat ovat lyhyitä. Laskennoissa ei ole huomioitu energian hinnan nousua, jolloin järjestelmien takaisinmaksuajat voivat lyhentyä ja investoinneista saadaan vielä kannattavampia.

Työ- ja elinkeinoministeriöltä on mahdollista saada energiatukea sellaisiin investointi- tai selvityshankkeisiin, jotka edistävät

- uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä
- energiansäästöä tai energian tuotannon tai käytön tehostamista
- energiajärjestelmän muuttumista vähähiiliseksi

Mahdollisen energiatuen avulla myös lauhdevedestä tai biokaasusta voisi saada myös kannattavamman investoinnin (Työ- ja Elinkeinoministeriö, [viitattu.3.2 2018].)

LÄHTEET

A-Hitsaus Seinäjoki. 2018. Puhelinkeskustelu 27.2.2018.

Areva solar, aurinkosähköjärjestelmät. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.2.2018] Saatavana: <http://www.areasolar.fi/fi/hinnasto>

Arvo - Putki Oy. Ei päivystä. Kaukolämpö. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.2.2018]. Saatavana: <http://www.arvoputki.fi/tuotteet>

Energiakauppa, ympäristöenergia. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.2.2018]. Saatavana: https://www.energiakauppa.com/epages/energiakauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014082005/Categories/Aurinkolaempoe/Pakkasneste

Energiateollisuus. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.2..2018]. Saatavana: <https://energia.fi/perustieto/energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>

Finsolar. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 25.2..2018]. Saatavana: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>

Kotituli. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.2.2018]. http://kotituli.fi/index.php?main_page=product_info&cPath=12_14&products_id=131

Lämpö ykkönen. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.2.2018]. Saatavana: <https://lampoykkonen.fi/100faktaa/fakta-86-lammitysjarjestelmavertailu-maalampopumppu-vai-ilma-vesilampopumppu/>

Motiva, aurinkolämpö. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2018]. Saatavana: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo

Motiva. Biokaasu. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.2.2018] Saatavana: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu

Motiva. Lämpöä ilmassa. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.3.2018] Saatavana: <https://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>

Motiva. Lämpöä omasta maasta. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.1.2018]. Saatavana: https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Motiva. Palvelusektorin ominaiskulutuksia. Ei päivystä. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 13.2.2018]. Saatavana:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/.../tem_n.../palvelusektorin_ominaiskulutuksia

Motiva. Tasokeräimet. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavana:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet

Motiva. Uusiutuva energia. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.2.2018]

Saatavana: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia

Oilon, maalämpöpumpun mitoitus. Ei päivystä. [Verkojulkaisu]. [Viitattu

25.2.2018]. Saatavana: <https://oilon.com/oilon-home/maalampo/>

Ril 265-2014 Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa.

Lähienergiamuodot Suomessa. Helsinki. Suomen Rakennusinsinööriliitto.

Ruukki, tuotteet. Ei päivystä. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 20.2.2018]. Saatavana:

<https://www.ruukki.com/fin/b2b/tuotteet/julkisivuverhoukset/aurinkos%C3%A4h%C3%B6j%C3%A4rjestelm%C3%A4t/solar-systems-for-walls---details-page/photovoltaic-solar-cladding-liberta-solar>

Suomen kaasuyhdistys,. Ei päivystä. Maakaasun ominaisuudet. [Verkkosivu].

[Viitattu 19.2.2018]. Saatavana: <http://www.kaasuyhdistys.fi/kirjat/maakaasun-yleiset-turvaohjeet-ja-hatatilanteiden-toimintaohjeet/yleiset-turvaohjeet/maakaasun>

Termax parca. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.1.2018]. Saatavana:

<http://www.termax.fi/easydata/customers/termocal/files/liitetiedostot/termaxparcael36500suomi.pdf>

Työ- ja Elinkeinoministeriö. Ei päivystä, [Verkkosivu]. [Viitattu.3.5

2018]. Saatavana: <http://tem.fi/energiatuki>

Veljekset Rinta OY. 2018. Puhelinkeskustelu 27.2.2018.

VTT Distributed Energy Systems. 17.6.2015. Hajautettu energiantuotanto ja

investointi. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.2.2018]. Saatavana: [Distributed Energy Systems – DESY](#)