

Jani Högerman

MAALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN ETULÄMMITYKSEN KAUTTA
PIENTALON ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄSSÄ.

Rakennustekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto
2012

MAALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN ETULÄMMITYKSEN KAUTTA PIENTALON ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄSSÄ

Högerman Jani
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2016
Ohjaaja: Heinonen Jarkko
Sivumäärä: 40
Liitteitä: 1

Asiasanat: Ilmanvaihto, lämmönsiirtoputkisto, maalämpö, lämmitys, jäähdytys

Kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttama huoli maapallon lämpenemisestä aiheuttaa rakennuksille tiukentuvia energiakulutusvaatimuksia. Osaltaan tämä johtaa tiettyjen energiamuotojen hinnankorotuksiin, jotka siirtyvät suoraan kuluttajahintoihin. Hintojen nousu ja kasvihuonepäästöjen vähentäminen pakottavat etsimään uusia energiamuotoja, sekä hakemaan energiaa säästäviä ratkaisuja nykyisille talotekniikan osaluille. Asuinrakennuksien ilmanvaihdon lisääntyminen aiheutti omalta osaltaan energian käyttöön nostetta, kuten useat muutkin laitteet, joita on vuosien saatossa kehitetty lisäämään asumismukavuutta.

Tässä työssä lähdettiin hakemaan ratkaisua ilmanvaihtoilman esilämmittämiseksi maahan varautuneella lämmöllä. Maaperässä olevaa lämpöä haluttiin siirtää tuloilmaa lämmittämään mahdollisimman edullisin ratkaisuin ja vähäisellä energiamäärällä.

Etulämmitysjärjestelmä putkistoinen mitoitettiin laskennallisesti ja valmistajien suositusten mukaisesti, jolloin varmistettiin järjestelmän maksimaalinen lämmönsiirtokyky. Mitattujen tulosten perusteella arvioitiin järjestelmän hyödyt. Etulämmitystä käyttämällä päästään sähkönkulutuksessa 2- 31,5 % säästöihin ulkolämpötilasta riippuen.

Etulämmityspatterin käyttö vähentää, tai jopa poistaa lämmöntalteenottokennon jäätymis- ja huurtumisriskin.

Etulämmityspatteria käyttämällä kesäisin tuloilman jäähdyttämiseen saadaan ilmanvaihdon kautta asuntoon huomattavasti viileämpää ilmaa, joka tuntuvasti lisää asumisviihtyvyyttä. Patteria ja maalämpökeräintä käyttämällä kesäisin, saadaan varastoitua maahan lämpöä talvikautta varten. Järjestelmän takaisinmaksuaika on käytöstä ja asennuspaikasta riippuen 15 – 33 vuotta.

GEOTHERMAL PREHEATING USE IN THE VENTILATION SYSTEM OF DETACHED HOUSES

Högerman Jani

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

May 2016

Supervisor: Heinonen Jarkko

Number of pages: 40

Appendices: 1

Keywords: ventilation, heat transfer pipes, geothermal, heating, cooling

The concern for global warming caused by greenhouse gases results in higher energy restrictions for buildings. This will lead to increased prices for some sources of energy and eventually come to effect consumer prices. The increased prices coupled with the goal of reducing greenhouse gases forces us to develop new forms of energy and seek more energy efficient solutions. The increased volumes of ventilation and air flow in buildings, coupled with other equipment developed to offer more pleasant living conditions, saw that the energy consumption also went up.

The goal of this project was to find if the reserved energy in the ground could be used to preheat supply air for buildings. We wanted to find a way to transport heat from the ground to supply air as affordably and efficiently as possible.

The preheat system was designed along with the piping to follow manufacturer recommendations and was calculated carefully to achieve maximum heat transfer. The benefits of the system were evaluated from the measured results. Depending from the temperature outside, by using the preheat system, we were able to achieve a save of 2- 31,5 % in electricity consumption.

The usage of this system reduces or even removes the risk of freezing from the heat recovery unit.

By using the preheat radiator we can cool the supply air in summer. This allows us to receive air in the building that is much cooler than normally and creates an atmosphere that is more pleasant. By using the radiator and collector in summer we can store heat to the ground for winter season. The payback period of the system is between 15 and 33 years depending upon usage and location.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ETULÄMMITYS JA MAALÄMMÖNSIIRTO.....	6
	2.1 Lämmönkeruuputkisto.....	6
	2.2 Etulämmitin	8
	2.3 Järjestelmän muut komponentit.....	9
3	JÄRJESTELMÄN TEKNINEN TOTEUTUS	11
	3.1 Putkiston valinta.....	11
	3.2 Lämmönkeruuputkiston neste	15
	3.3 Etulämmitin	15
	3.4 Muut komponentit	15
4	MITTAUKSET	21
	4.1 Mittausmenetelmät	21
	4.2 Mittausten suoritus	23
	4.3 Mittaustulokset	24
5	ETULÄMMITYKSEN HYÖDYT JA KANNATTAVUUS	30
	5.1 Tuloilman lämpötilamuutos	30
	5.2 Tuloilman jälkilämmityksen energiantarve.....	31
	5.3 Jälkilämmityksen säästö etulämmityksen avulla.....	32
6	JÄÄHDYTYS	35
	6.1 Patterin käyttö jäähdytyksessä.....	35
	6.2 Jäähdytyksen mittaustuloksia	36
	6.3 Patterin tehot.....	38
7	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Maassa on varastoituneena lämpöä. Maalämmön suosio on 2000 luvulla ollut nousevaa muiden energiamuotojen hintojen jatkuvan kallistumisen takia. Nykyään suositankin maalämpöpumppujen käyttöä rakennusten lämmittämisessä. Tässä työssä tehdään ilmanvaihdolle yksinkertainen esilämmitys, käyttäen hyödyksi maassa olevaa lämpöenergiaa. Sama lämmönkeräysjärjestelmä toimii myös kesäisin rakennukseen puhallettavan tuloilman jäähdyttävänä tekijänä.

Työn tavoitteena on osoittaa konkreettisesti miten jälkilämmityksestä aiheutunutta sähkön kulutusta voidaan maasta saatavalla energialla vähentää. Etulämmitystä käytettäessä saadaan myös kovilla pakkasilla aiheutunut lämmöntalteenottokennon jäätyminen lähes täysin poistettua. Työn periaate sopii hyvin nykyiseen koventuviin rakennusmääräyksiin, joissa rakennettavien kohteiden energian käyttö pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi, jopa passiiviseksi. Tiedetään myös huoli ilmaston lämpenemisestä, joka osaltaan aiheuttaa energiapolitiikan muutoksia ja ohjaa näin vähempikulutteiseen rakennuskantaan.

Työ tehtiin puolitoista kerrosta korkean omakotitalon ilmanvaihtolaitteeseen. Ilmanvaihtokoje kanavatöineen on asennettu peruskorjauksen yhteydessä vuonna 1997. Ilmanvaihtokojeen merkki on MUH ILMAVA DIGIT. Etulämmitysjärjestelmä saatiin toimintavalmiiksi helmikuussa 2016, jolloin oli vielä runsaasti pakkasella olevia vuorokausia riittävien mittaustuloksien saamiseksi.

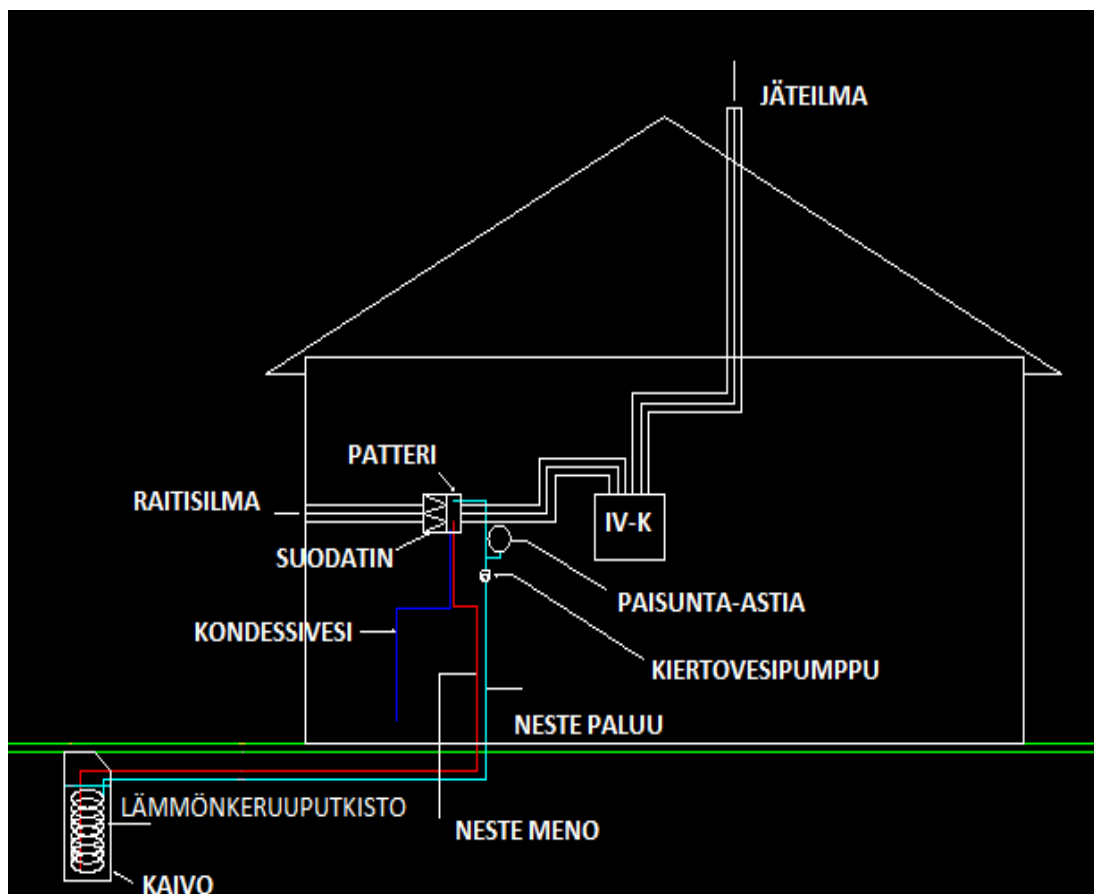
Mitattujen tulosten perusteella arvioitiin maasta saatavan lämmön toimivuus järjestelmässä ja hyöty kaikkineen ilmanvaihdossa.

2 ETULÄMMITYS JA MAALÄMMÖNSIIRTO

2.1 Lämmönkeruuputkisto

Vanhemmissa asuinrakennuksissa on jälkiasennettu ilmanvaihtojärjestelmiä tai rakennuslain muuttuessa (D2 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA v.2003) ilmanvaihto lämmöntalteenotolla tuli yleisemmäksi tavaksi hoitaa sisäilman laatu määräysten mukaisesti uusissa asuinrakennuksissa. Ensimmäiset lämmöntalteenotolla varustetut ilmanvaihtokoneet olivat vuosihyötysuhteiltaan melko heikkoja n.50 %, kuitenkin vuosien saatossa on kehitys ollut huomattavaa ja nykyään päästään lämmöntalteenoton osalta jo noin 90 %:tiin. Mitä huonompi lämmöntalteenotto prosentti, sitä enemmän vaaditaan jälkilämmitystä ja yleensä lämmitys on sähköpatterilla toimiva. Itselläni on ilmanvaihtokoneessa ohjauspaneeli, joka merkkivalolla näyttää jälkilämmityspatterin olevan päällä. Talvisin ja varsinkin kireimmillä pakkasilla patteri on lähes koko koneen käyntiajan päällä. Patteri on 1000W:tia, joten sähkön kulutus on huomattavaa. Kireällä pakkasella myös lämmöntalteenottokennon huuruuntuminen aiheuttaa lämmöntalteenoton heikentymistä ja jäätyminen koneen ns. pätkimistä kennon sulattamiseksi.

Runsas energian kulutus sekä huurtumisesta ja jäätymisestä aiheutuvat ongelmat hahuttiin minimoida. Saimme ajatuksen käyttää maalämpöä lämmittämään ilmanvaihtokoneelle ulkoa tulevaa ilmaa. Toimivuuden toteamiseksi rakensimme etulämmitysjärjestelmän maalämpökeruuputkistolla. Kuvassa 1. etulämmitys ja keruuputkiston kaavio.



Kuva 1. Toimintaperiaatekaavio järjestelmästä.

Toimintaperiaate järjestelmään pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi kustannuksien säästämiseksi. Maahan varastoitunutta lämpöä kerätään maalämpöpumpuissa tutuiksi tulleella tavalla keruuputken avulla. Tässä tapauksessa keruuputkisto asennettiin tontilla sijaitsevaan betoniseen sadevesikaivoon. Putki laitettiin painekyllästetystä materiaalista valmistetun telineen ympäri kierteelle. Kuvassa 2 nähdään putken asennusmalli.



Kuva 2. Putki kierretty telineeseen valmiiksi kaivoon asentamista varten.

Kaivosta lähtevät keruuputkiston meno- ja paluuputket kaivettiin maahan ja nostettiin ulkovuorta pitkin rakennuksen toisessa kerroksessa sijaitsevaan välitilaan.

2.2 Etulämmitin

Välitilassa sijaitsee kanava, jolla tuodaan ulkoilmaa ilmanvaihtokoneelle. Kanava katkaistiin puolesta välistä ja siihen asennettiin etulämmityspatteri. Kuvassa 3 kanavaan asennettu Vallox MLV200 Multi lämmityspatteri.



Kuva 3. Lämmityspatteri asennettuna ulkoilmaa tuovan kanavan väliin.

Lämmityspatteri on valmis Valloxin tuote. Patteripaketin läpi johdetaan raaka ulkoilma, joka lämpiää vesikiertopatterin läpi mennessä. Keruuputkessa virtaava neste kiertää vesipatterissa ja luovuttaa lämpönsä ilmanvaihtokoneelle virtaavaan ilmaan.

2.3 Järjestelmän muut komponentit

Nesteen kiertämiseen putkistossa tarvitaan muitakin komponentteja. Kiertovesipumppu kierrättää nestettä keruuputkiston kautta patterille, josta lämmön luovutettuun jatkaa virtausta takaisin keruuputkistoon. Kuvassa 4. kuvattuna kiertovesipumppu patterin paluu puolelle asennettuna.



Kuva 4. Grundfos merkinen energiatehokas kiertovesipumppu

Järjestelmän lämpötilaeroista aiheutuvien painemuutoksien tasaamiseen asennettiin kuvan 5 kalvopaisunta-astia. Nestetilavuus järjestelmässä on pieni ja lämpötilaerot eivät ole suuria, joten järjestelmä olisi saattanut toimia moitteetta ilman paisunta-astiaa. Paisunta-astiasta ja sen mitoituksista kerrotaan enemmän teknisessä osassa.



Kuva 5. Zilmet merkinen kalvopaisunta-astia torjuu mahdolliset paineen muutokset.

Kuvassa 5 on näkyvillä automaattinen ilmakello, jolla saadaan tehokkaasti nesteen mukana järjestelmään joutuneen ilman poistuminen. Kuvan alareunassa olevan hanan kautta järjestelmään saadaan pumpattua nestettä ja esipaine. Nesteen asentamiseksi järjestelmään käytettiin apuna Ridgid koepainepumppua (kuva 6). Koepainepumppussa on mukana painemittari, minkä avulla saatiin järjestelmään esipaine ja todettua järjestelmän tiiveys.



Kuva 6. Ridgid koepainepumppu auttoi järjestelmän tiiveyden varmistamisen ja esipaineen asentamisen.

3 JÄRJESTELMÄN TEKNINEN TOTEUTUS

3.1 Putkiston valinta

Lämmönkeruuputkistoa valittaessa haettiin hinta, laatu ja asennushelpous periaatteella. Kuten kuva 1 näyttää, putket asennettiin kiepille sadevesikaivossa olevan vesimäärän mukaan, joka tässä tapauksessa tarkoitti 1 metrin ja 81 senttimetrin pituista kieppikokonaisuutta. Materiaalia valittaessa jouduttiin hylkäämään kupari, rauta, teräs sekä ruostumaton teräs niiden kuitenkin ollessa lämmönjohtavuudeltaan polyeteenistä valmistettua putkea parempia (Taulukko 1).

Taulukko 1. Eri materiaalien lämmönjohtavuusarvoja.

Materiaali	Lämmönjohtavuus W(m*K)
polyeteeni	0,35
Ruostumaton teräs	30-17
Teräs	50
Kupari	380

Polyeteenistä valmistettu lattialämmitysputki oli muokattavuudeltaan parhain vaihtoehto järjestelmään ja ei tarvinnut erikoistyökaluja liitoksien asentamiseen. Valintaa tuki myös vastaavanlaisten putkien käyttö maalämmityspumppujen keruuputkistoissa. Lattialämmitysputki on korroosiokestävyydeltään erinomainen materiaali, joka kestää ulkoiset sekä sisäiset reagoinnit ympäristön (ilma, neste, maa jne.) aineiden kanssa. Materiaalin hinta oli oleellinen tekijä keruuputkistoa hankittaessa (Taulukko 2).

Taulukko 2. Putkimateriaalien hintoja.

Materiaali	Hinta €/metri
Polyeteeni	1,41
Ruostumaton teräs	10,42
Teräs	2,60
Kupari	9,14

Maalämpöputken kokonaismääräksi tuli 81 metriä, joka on materiaalivalmistajan (WehoFloor asennusohje s.4) suosittelema maksimimäärä. Itse lämpöä kaivosta keräävässä kiepissä on putkea 42 metriä 20 senttiä loput kokonaispituudesta on nesteen siirrossa patterille ja patterilta takaisin lämpöä keräävään osaan. Lämpöä keräävän putken pituus oli laskennan (Siren. opintojakso lämmönsiirto) mukaan riittävä yhtälö 1).

Virtaavan fluidin lämpötila tietyn etäisyyden päässä lähtöpisteestä, voidaan laskea yhtälöstä.

$$T = (T_{s1} - T_u) * e^{\left(\frac{-I * U}{C}\right)} + T_u \quad (1)$$

T_{s1} on fluidin lämpötila alkutilanteessa [°C]

T_u on ympäristön lämpötila [°C]

I on etäisyys lähtöpisteestä tarkastelupisteeseen [m]

C on fluidin lämpökapasiteettivirta ($q_m * c_p$) [W/K]

U on putken konduktanssi $W/(m K)$

Lämpöä kerätään betonirenkaista valmistetusta sadevesikaivosta (kuva 7), jonka syvyys on 2 metriä 85 senttimetriä, kaivo on asennettu savimaahan.



Kuva 7. Keruuputkisto asennettiin betoniseen sadevesikaivoon.

Kaivoon johdetaan ainoastaan rakennuksen perustuksien ympäri asennetun salaojan valumavesi ja kaivosta kunnalliseen sadevesiviemäriin. Vettä kaivossa on 1 metri ja 81 senttimetriä. Kaivon sisähalkaisija on 80 senttimetriä, joten vettä on 910 litraa, eli varaavaa massaa on riittävästi. Materiaalit kostea maa-aines, kaivon betoni ja vesi ovat hyvin lämpöä johtavia, näin lämmön siirtyminen maasta muiden materiaalien läpi keruuputken nesteeseen on lähes esteetöntä Taulukko 3.

Taulukko 3. Materiaalien lämmönjohtavuus.

Materiaali	Lämmönjohtavuus W(m*K)	Tiheys (ρ) kg/m ³	Ominaislämpökapasiteetti (C_p) J/kg*K
Savinen, kostea	1,88	1800	1591
Betoni	1,35	2300	1000
Vesi 10 °C	0,6	1000	4190

Veden lämpötila kaivosta mitattiin 27.1.2016 järjestelmän ollessa toimineena jo n. kuukauden ajan. Veden lämpötila oli pysynyt vastaavana koko lämpöä siirrettävän jakson aikana, hieman yli 7 °C astetta. Lämmön pysyvyys johtunee muutamasta tekijästä, salaojan kautta tulevasta vedestä ja kaivon kannen alle asennetusta eristeestä,

jonka kautta lämpöä ei päässyt haihtumaan kylmään ulkoilmaan, sekä melko lyhyet pakkasjaksot. Sadevesikaivon vieressä noin 50 senttimetrin päässä on jätevesikaivo, johon johdetaan kiinteistön jätevedet. Jätevesikaivon vaikutus sadevesikaivon lämpötilaan on mahdollista. Nämä yhdessä maasta siirtyvän lämmön kanssa pitivät kaivos- sa olevan veden tasalämpöisenä.

3.2 Lämmönkeruuputkiston neste

Neste lämmönkeruuputkistossa on etyleeniglykoli-vesisekoitus (50- 50) %, jolla saadaan -40 °C pakkasen kestävyys ja varmistetaan vesikiertopatterin kesto kiertovesipumpun syystä tai toisesta pysähtyttyä. Toinen vaihtoehto nesteeksi olisi etanolipohjaista liuosta, jota käytetään yleisesti maalämpöpumppujen keruuputkistoissa sen ympäristöystävällisyyden takia.

3.3 Etulämmitin

Etulämmittimeksi vallittiin Valloxin valmis esilämmityspaketti (kuva 2), joka sisältää suodattimen, vesikiertopatterin, kondenssivesiyhteen ja eristetyn kuoren. Paketti on valmiiksi mitoitettu maalämpöpumppua lämmitykseen käytettäviin asuinrakennuksiin.

3.4 Muut komponentit

Nesteen kierrättämiseen tarvittiin kiertovesipumppu. Pumpun valintaan vaikutti toimivuus matalassa lämpötilassa, pieni tehontarve, äänettömyys ja riittävä paineen kehitys. Painehäviötä laskettaessa otettiin huomioon vesikiertopatterin kupariputkien maksimi virtausnopeus, jonka mukaan saatiin koko järjestelmän painehäviöt (KPa). Johto jossa virtaus on jatkuvaa, annetaan kuparille (D1 kiinteistöjen vesi- ja viemäri-

laitteistot) maksimi virtausnopeudeksi 1.0 m/s kaavalla 2 (Tekniikan kaavasto) laskettiin 10 mm sisämitalla olevan patterin kupariputken tilavuusvirraksi (Q) 282.6 l/h.

Tilavuusvirran laskemiseen käytetty yhtälö.

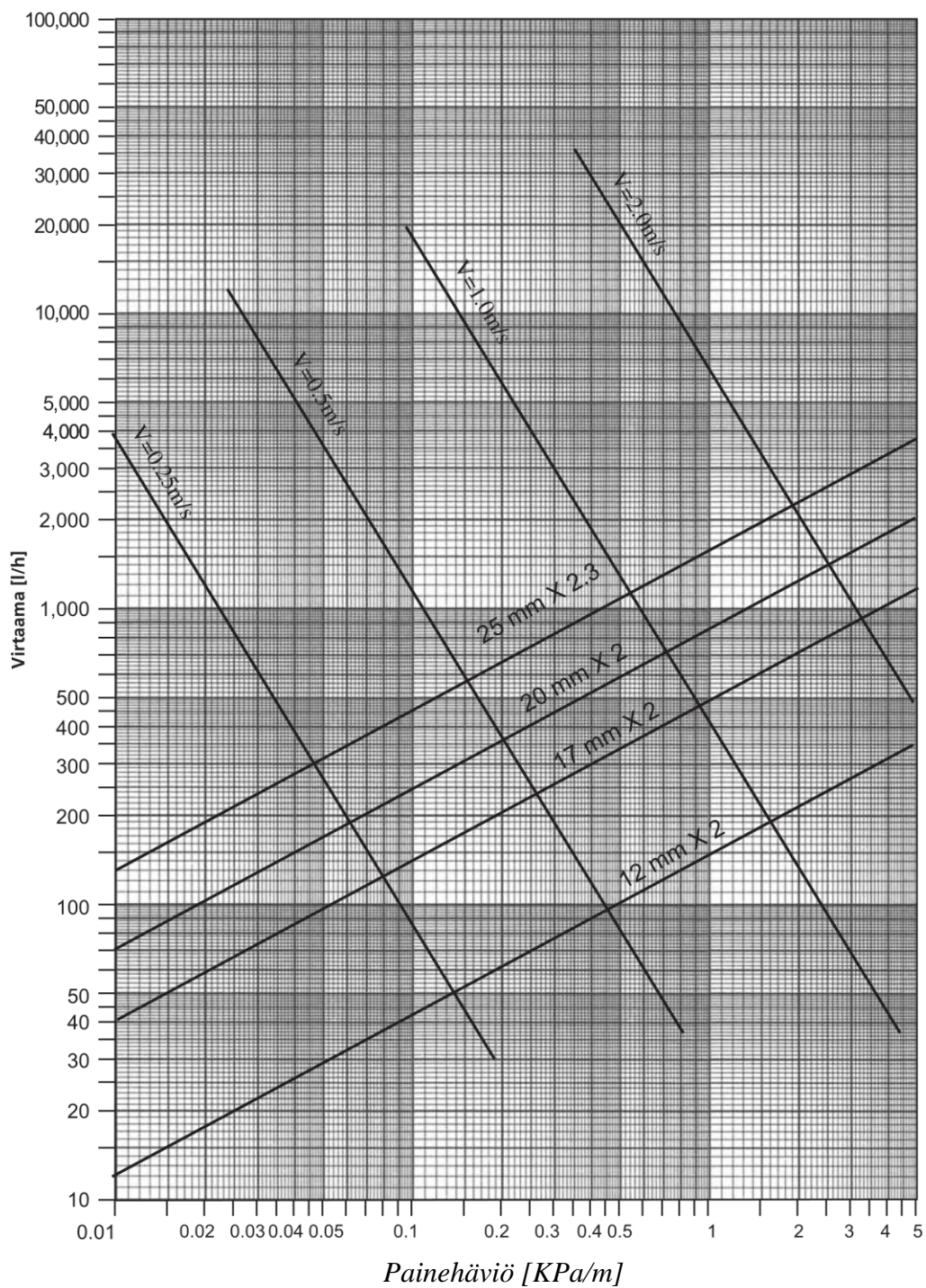
$$Q = \frac{1}{4} * \pi * d^2 * v \quad (2)$$

Q on tilavuusvirta (l/s)

d² on putken sisähalkaisija metreinä

v on virtausnopeus (m/s)

Tilavuusvirran selvittyä voitiin katsoa lattialämmitys asennusohjeesta (Wehofloor) putkessa aiheutuva painehäviö. Tilavuusvirta oli 282.6 l/h ja keruuputken pituus kaikkineen 81 metriä. Asennusohjeessa on kaavio minkä mukaan saadaan painehäviö KPa/m. (Kuva 8).



Suurin suositeltava virtausnopeus 2,5 m/s ja pienin 0,1 m/s

Lattialämmityspiirin suurin suositeltava painehäviö 25 kPa

Kuva 8. Kaavio putken painehäviön tarkastamiseen (Wehofloor 2014)

Virtaamalla 282.6 l/h saadaan 17mm x 2 putken painehäviöksi 0.34 KPa/m. Putkea koko järjestelmässä keruuputki ja siirtoputket mukaan luettuna on 81 metriä, joten painehäviöksi muoviputken osalta tuli 27.54 KPa:lia. Patterin painehäviö maksimi virtaamalla oli valmistajan (Vallox) teknisen ohjeen mukaan 16 KPa:lia. Järjestelmässä oli erinäisiä kulmia ja putken sisähalkaisijan muutoksia, joiden painehäviön laskemiseen käytettiin (Cuporin kupariputkien asennusopas) omaa laskukaava (yhtälö 3).

Muutosten ja kulmien aiheuttamat painehäviöt laskettiin yhtälöllä.

$$\Delta\rho = \sum \delta * (\rho * v^2/2) \quad (3)$$

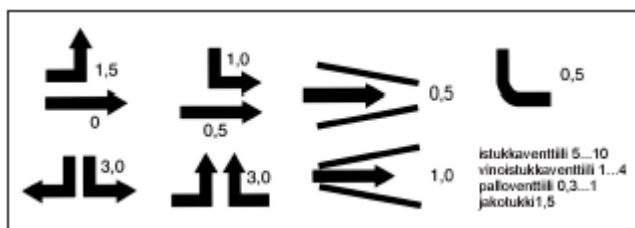
$\Delta\rho$ on Pa

$\sum \delta$ on kertavastusten summa

ρ on nesteen tiheys (n. 1060 kg/m³)

v on nesteen nopeus putkessa (m/s)

Johto-osuuden kokonaispainehäviö saadaan laskemalla yhteen ko. osuuden virtausvastuksesta ja kertavastuksesta aiheutuvat painehäviöt.



Kuva 9. Putkiston muutoksista aiheutuvat kertavastuskertoimet. (Cupori 2010)

Järjestelmässä kertavastuksien aiheuttamien painehäviöiden summaksi saatiin 2.12 KPa ja kaikkineen painehäviötä tuli 45.66 KPa jonka mukaan valittiin kiertovesipumppu. Kiertovesipumpuksi valittiin grundfors alpha1 (kuva 10).



Kuva 10. Energiatehokas pumppu täyttää vaatimukset järjestelmän toimivuuden kannalta. (Grundfos asennus ja käyttöohjeet).

Alpha-1 on järjestelmään erittäin käyttökelpoinen pumppu paine-ero säätöineen ja tehonkulutusnäyttöineen.

Järjestelmän nestetilavuus syntyy ainoastaan siihen asennettuun putken määrästä. Järjestelmä itsessään ei sisällä minkäänlaista nesteenvaraajaa tai muuta vastaava tilavuudeltaan putkesta poikkeavaa materiaalia. Koko järjestelmän nestetilavuus (yhtälö 4) on 12.7 litraa ja muodostuu lämpöä keräävästä-, meno- ja paluu- sekä patterin putkesta.

Järjestelmän nestetilavuuden laskemiseen käytetty yhtälö.

$$V = \pi * r^2 * h \quad (4)$$

V on tilavuus litroina (m^3/s)

r^2 on putken säde metreinä (m)

h on putken pituus metreinä (m)

Nestemääräksi laskennassa saatiin 12.7 litraa. Lämpötila järjestelmän nesteessä ei tule sen käytön aikana nousemaan kovinkaan korkeaksi, joten siitä aiheutunut lämpölaajeneminen ja verkostopaine ei nouse kovinkaan korkeaksi. Kuitenkin haluttiin asentaa järjestelmään kalvopaisunta-astia, varmistamaan suojaus liitoksille, patterille jos nestekierron pysähtyttyä välitilan lämpötila nousee kesäaikaan suhteettoman korkeaksi. Lämmönkeruuneste on myrkyllistä ja vähäinenkin vuoto rakenteisiin on pyrittävä minimoimaan. Kalvopaisunta-astia valittiin paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus ohjeen mukaan. Laskelma tehtiin (lämmöntalteenotto glykoliliuoksella) laskentaohjeen mukaan. Kalvopaisunta-astia yhdistettynä järjestelmään. (kuva 11).



Kuva 11. Järjestelmää suojaamaan valittu kalvopaisunta-astia.

TEKNISET TIEDOT

Käyttölämpötila-alue -10°C+100 °C

Tyypitäytteisiä, Glykolinkestäviä .

CE-TüV hyväksytyjä DGR-0036-Q5-0101-00

Koot 4-50 l rakennepaine 4 bar

Koot 80-600 l rakennepaine 6 bar

Liitäntä: R 3/4" ulkokierre : 4-50 l liitäntä päästä (voidaan asentaa putken varaan tai seinälle)

80-600 l liitäntä sivusta (asennetaan lattialle)

Koko	LVI-koodi	Tuoteno.	D/H	Esipaine	Paino	Rakennepaine	Kpl / lava
3410...	30270...	mm	bar	kg	bar		
IPX 4	004	0040	228/180	1.5	4		100

Järjestelmään asennetun kalvopaisunta-astian teknisiä tietoja. Kuva 12. (IP-Produkt Oy)

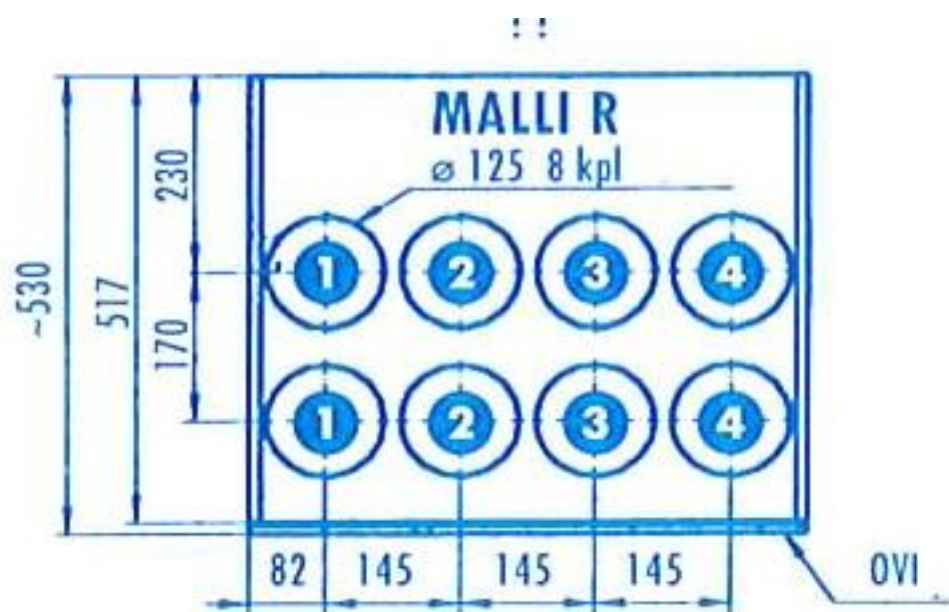
4 MITTAUKSET

4.1 Mittausmenetelmät

Etulämmityksen ja maalämmönkeruun toimivuuden toteamiseksi oli järjestelmään sijoitettava mittauspisteitä. Mittauspisteissä mitattiin lämpötila järjestelmän eri kohdissa sekä ilmanvaihtokoneessa. Mittaustuloksia kerättiin kanavasta ennen etulämmityspatteria ja patterin jälkeen. Ennen etulämmityspatteria oleva mittausanturi oli aivan ulkoseinässä olevan ilmanottoaukon jälkeen, jolloin anturi mittasi ulkolämpötilan. Patterin jälkeinen anturi mittasi ilman lämpenemän patterissa. Näin saatiin ulkoilman ja patterin lämmittämän ilman lämpötilaero.

Kaksi mittausta suoritettiin patterille menevän nesteen lämpötilasta ja patterilta poistuvan nesteen lämpötilasta. Patterissa on nesteenkierron vastavirtaankytkentä. Vastavirtakytkennällä varmistetaan patterin antama paras teho.

Kolme muuta mittauspistettä oli ilmanvaihtokoneen sisällä. Koneesta mitattiin poistoilma asunnosta (2), jäteilma lämmöntalteenottokennon jälkeen (4) sekä tuloilma huonetilaan (1). Kuvassa 13 on selvennys ilmanvaihtokoneen kanavalähdöistä.



Kanavalähdöt

- ① Tuloilma asuntoon
- ② Poistoilma asunnosta
- ③ Ulkoilma koneeseen
- ④ Jäteilma ulos

Kuva 13. Ilmanvaihtokoneen kanavalähtöjen järjestys ja niistä käytettävä nimitys.

Lämpötilan mittausanturit asennettiin koneen sisälle mittaustulosten saamiseksi mahdollisimman tarkoiksi. Lämpötilat mitattiin Axxel merkkisillä mittareilla, joiden virhe marginaali oli +/- 0,4 °C, tämä huomioitiin myös tuloksia kirjatessa. Mittareissa on langallinen ns. ulkolämpöä mittaava anturi. Kuvassa 14 asennettujen mittaantureitten paikka merkattuna kuvaan nuolilla. Nuoli 1 jäteilma ulos. Nuoli 2 poistoilma asunnosta. Nuoli 3 tuloilma asuntoon.



Kuva 14. Nuolilla merkatut mittauspisteet ilmanvaihtokoneessa.

4.2 Mittausten suoritus

Mittaukset suoritettiin eri ulkolämpötiloilla, tässä tapauksessa ulkolämpötilat olivat esilämmityksen kyseessä ollessa pakkasasteita. Jokainen mittaus eri lämpötilalla suoritettiin esilämmityksen kanssa ja ilman esilämmitystä, näin saatiin vertailtavat mitaustulokset. Mittaukset aloitettiin aina ilman esilämmitystä, jolloin kanavaan ja esilämmityspatteriin varastoitunut lämpö haihtui nopeasti, eikä ilman lämmitystä ja lämmityksen kanssa tehtyjen mittausten välissä kulunut suhteettomasti aikaa. Esilämmitystä käytettiin järjestelmän valmistuttua helmikuusta säännöllisesti kelin ollessa pakkasella. Esilämmityksen käyttö 0 °C ylöspäin olevissa lämpötiloissa ei tuone enää mainittavaa hyötyä.

Tuloksia kirjattiin esilämmityksen ollessa toiminnassa ulkoilmaa koneeseen ottavasta kanavasta ilmanottoaukosta n. 20 senttimetrin päästä, jolloin ilma oli ulkoilmaa vastaavassa lämpötilassa. Toinen mittaus kohta kanavassa oli n. 15 senttimetriä etulämmityspatterista. Näiden kahden mittauksen väliltä saatiin patterin antama lämmitysteho.

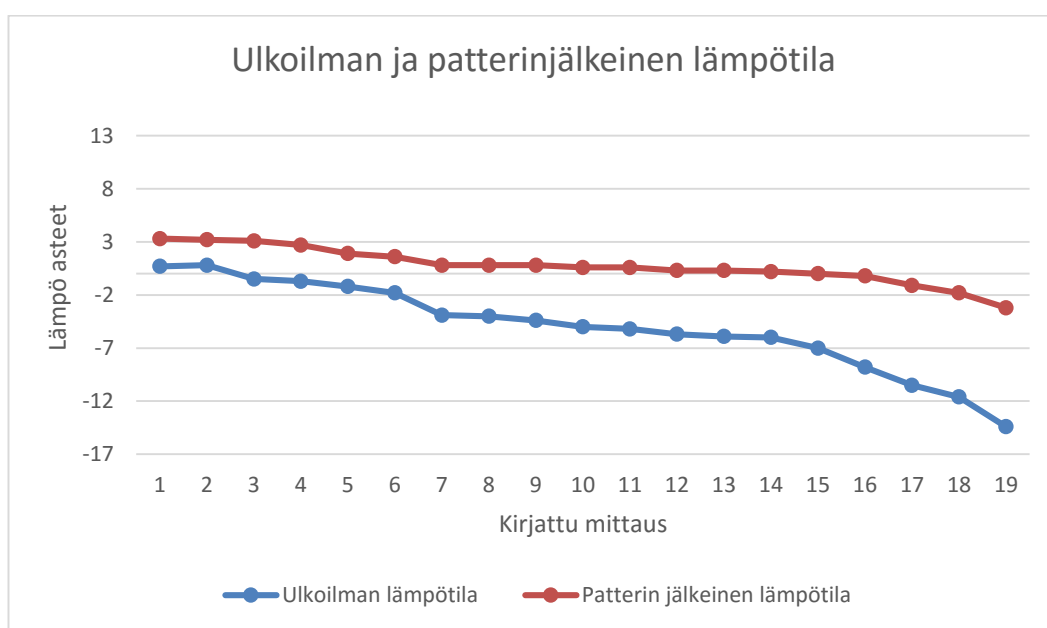
Patterille menevä ja sieltä poistuvan nesteen lämpötila mitattiin ja kirjattiin jokaisessa mittauksessa, jossa nesteen kierto oli päällä. Mittauksessa nähtiin myös lämmönkeruuputkiston toiminta kun tiedettiin kaivossa olevan veden lämpö ja verrattiin sitä patterin nesteen menopuolen päässä olevan anturin mittaamaan lämpötilaan.

Ilmanvaihtokoneesta mitattiin poistoilman asunnosta lämpötila ennen lämmöntalteenottokennoa ja kennon jälkeen, jolloin kennon läpi kulkeneesta ilmasta on osa lämpöä siirtynyt tuloilmaan. Lämmöntalteenottokennon jälkeinen tuloilma asuntoon mitattiin ja kirjattiin myös analysointia varten.

Näillä seitsemällä eri mittauskohdalla saatiin tarvittavat tiedot maalämmön käytön toimivuudesta sekä hyödyistä.

4.3 Mittaustulokset

Järjestelmästä mitattiin pakkaskaudelta useita tuloksia eri ulkolämpötiloista. Kuvassa 15 mittaustuloksia kaavioon laitettuna. Tuloksia kirjattiin vuoden 2016 helmi- ja maaliskuun aikana.



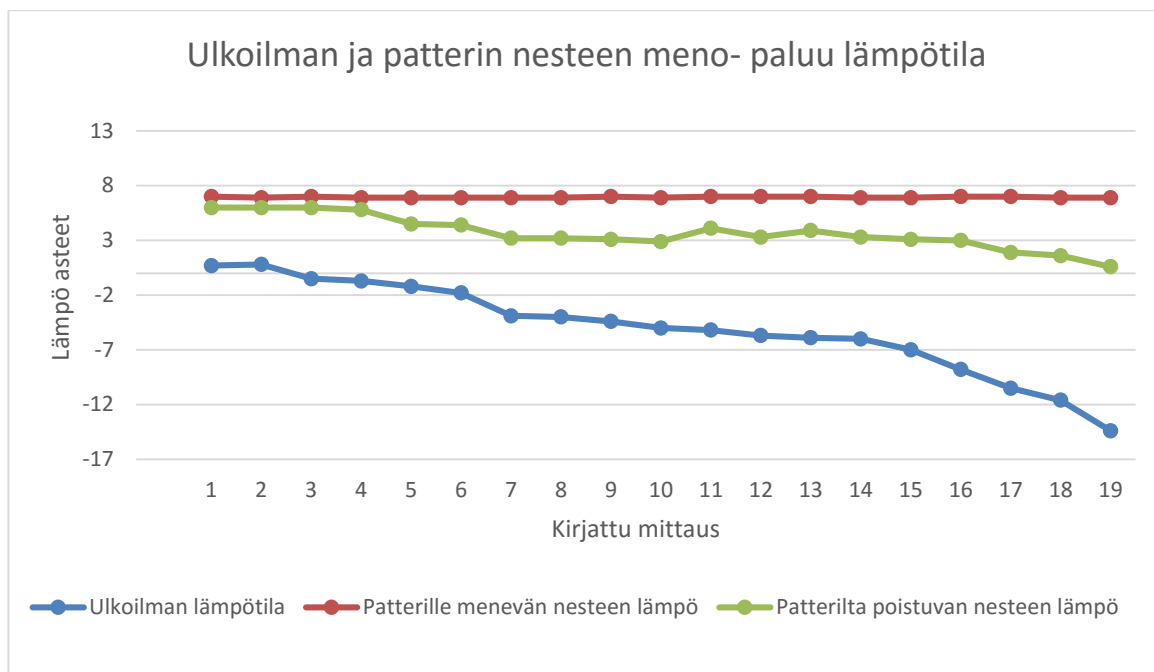
Kuva 15. Ulkoilman ja patterin jälkeinen tuloilman lämpötilat.

Kaaviosta saa hyvin kuvan, miten lämpötila muuttuu etulämmityspatterin noin 7 asteisen maalämpökeräimellä kerätyn nesteen avulla. Nesteen ja ilman lämpötilan ollessa pieni on nesteestä siirtyvän lämmön määrä ilmaan vähäisempää ja ilman kylmetessä näkyy selkeästi lämmön siirrossa lisääntyvyyttä. Esimerkiksi ulkolämpötilan ollessa + 0,8 astetta siirtyi etulämmityspatterista lämpöä 2,4 astetta ja patterin jälkeinen ilma jatkoi ilmanvaihtokoneelle 3,2 asteisena. Ulkoilman ollessa reilusti pakkasen puolella -14,4 astetta saatiin tuloilmaa lämmitettyä jo 11,2 astetta, joten ilma- vaihtokoneelle saapuvan ilman lämpötila oli -3,2 astetta. Taulukko 4. Kaaviossa näytetyt lämpötilamittaukset

Taulukko 4. Ulkoilman ja patterin jälkeinen tuloilman lämpötilat.

Sarake1	Ulkoilman lämpötila	Patterin jälkeinen lämpötila
1	0,7	3,3
2	0,8	3,2
3	-0,5	3,1
4	-0,7	2,7
5	-1,2	1,9
6	-1,8	1,6
7	-3,9	0,8
8	-4	0,8
9	-4,4	0,8
10	-5	0,6
11	-5,2	0,6
12	-5,7	0,3
13	-5,9	0,3
14	-6	0,2
15	-7	0
16	-8,8	-0,2
17	-10,5	-1,1
18	-11,6	-1,8
19	-14,4	-3,2

Patterissa kierrätettiin kiertovesipumpun avulla maalämpökeräimellä etyleeniglykoli-
 vesi sekoitusta. Maalämpökeräin sai maalämpönsä pihassa olevasta sadevesikaivosta,
 josta mitattiin veden lämpötilaksi noin 7 astetta ja pohjalta 2,85 metrin syvyydestä
 hieman yli 7 astetta, joka saatiin tehokkaasti siirrettyä järjestelmän nesteeseen. Kai-
 vossa ei huomattu lämmönkeräämisen aiheuttamaa veden jäätymistä järjestelmän
 toiminnan aikana. Kuvassa 16. Ulkoilman lämpötila ja patteriin tulevan nesteen- sekä
 patterilta poistuvan nesteen lämpötilat.



Kuvassa 16. Ulkolämpötila ja patterille menevän sekä sieltä poistuvan nesteen lämpötilat.

Kuvan 16 kaaviosta näkee kuinka mitoitettu lämmönkeruuputkisto pystyi pitämään patterille menevän nesteen lämpötilan tasaisena patterilta poistuvan nesteen ja ulkolämpötilan muutoksista huolimatta. Huomioitavaa oli myös tärkeän eristyksen toimiminen nesteen siirtoputkistossa maalämpöä keräävän putkierukan ja etulämmityspatterin välillä. Lämpöä ei päässyt hukkaan kovimmallakaan pakkaskeleillä.

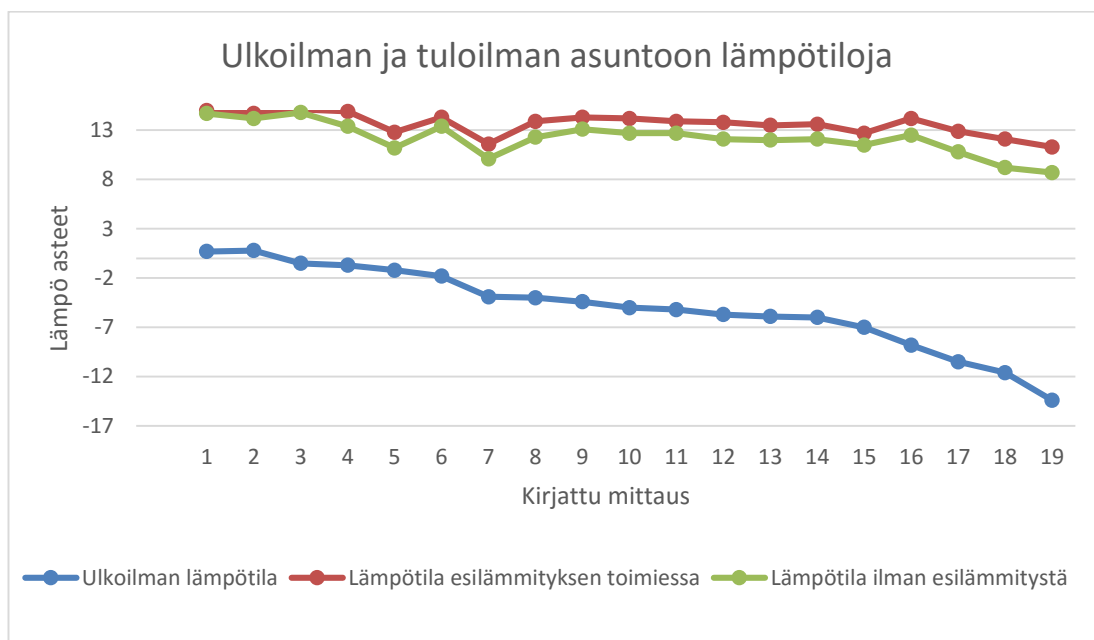
Taulukko 5. Ulkolämpötila ja patterille menevän sekä sieltä poistuvan nesteen lämpötilat.

Ulkoilman lämpötila	Patterille menevän nesteen lämpö	Patterilta poistuvan nesteen lämpö
0,7	7	6
0,8	6,9	6
-0,5	7	6
-0,7	6,9	5,8
-1,2	6,9	4,5
-1,8	6,9	4,4
-3,9	6,9	3,2
-4	6,9	3,2
-4,4	7	3,1
-5	6,9	2,9
-5,2	7	4,1
-5,7	7	3,3
-5,9	7	3,9
-6	6,9	3,3
-7	6,9	3,1
-8,8	7	3
-10,5	7	1,9
-11,6	6,9	1,6
-14,4	6,9	0,6

Taulukko 5. Patterille menevän nesteen lämpötilan tasaisuus osoittaa keräimen ja eristyksen toimivan parhaalla mahdollisella tavalla.

Ilmanvaihtokoneesta mitattiin jäteilma ulos, poistoilma asunnosta ja tuloilma asuntoon. Mittaukset suoritettiin esilämmityksen ollessa toiminnassa, sekä ilman esilämmitystä. Tuloilma asuntoon mitattiin lämmöntalteenottokennon jälkeen, siinä saatiin selvitettyä ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton hyötysuhde, joka tässä MUH Ilmava Digit vuosimallia 1997 ristivirtakennolla oli noin 50 % luokkaa. (Valloxin hyötysuhdelaskuri)

Kuvassa 17. Lämpötiloja asuntoon tulevasta ilmasta eri ulkolämpötiloilla.



Kuva 17. Asuntoon tulevan esilämmitetyn ja lämmittämättömän tuloilman mitatut lämpötilaerot.

Esilämmitetty ilma on parhaimmillaan lämmöntalteenoton jälkeen hieman yli 30 % lämpimämpää kuin ilman esilämmitettyä tuloilmaa. Kaaviosta huomaa, miten hyöty on vähäistä lämpötilan ollessa lähellä 0 °C tai sen yläpuolella. Näissä lämpötiloissa etulämmityksen käyttö ei ratkaisevasti luo säästö.

Taulukko 6. Lämpötilan mittaustulokset lämmöntalteenoton jälkeen, sekä ilman esilämmitystä, että esilämmityksen ollessa päällä.

Ulkoilman lämpötila	Lämpötila esilämmityksen toimiessa	Lämpötila ilman esilämmitystä
0,7	15	14,7
0,8	14,7	14,2
-0,5	15,1	14,8
-0,7	14,9	13,4
-1,2	12,8	11,2
-1,8	14,3	13,4
-3,9	11,6	10,1
-4	13,9	12,3
-4,4	14,3	13,1
-5	14,2	12,7
-5,2	13,9	12,7
-5,7	13,8	12,1
-5,9	13,5	12
-6	13,6	12,1
-7	12,7	11,5
-8,8	14,2	12,5
-10,5	12,9	10,8
-11,6	12,1	9,2
-14,4	11,3	8,7

Mittaustuloksissa poikkeamat selittyvät mittauksien aikana muuttuneesta sisä- sekä ulko lämpötilasta. Sisälämpötilaa oli hyvin vaikea pitää tasaisena, johtuen sisään puhallettavan tuloilman kylmyydestä, joka aiheutti asunnon sisälämpötilan jäähtymistä (katso taulukko 6, jopa 8,7 asteista tuloilmaa puhallettiin sisälle), sekä lattialämmityksen heikosta lämpötilamuutoksiin reagoinnista. Ulkolämpötilassa tapahtui myös lieviä muutoksia mittauksien välissä. Mittauksien välissä ilman esilämmitystä ja esilämmityksen kanssa täytyi ilmanvaihtoa pitää päällä kanavien ja koneen lämpötilojen tasaamiseksi ja oikean mittaustuloksen varmistamiseksi.

Lämpötilat asuntoon tulevassa ilmassa olivat 2- 31,5 % korkeammat esilämmitettynä, kuin ilman esilämmitystä.

5 ETULÄMMITYKSEN HYÖDYT JA KANNATTAVUUS

5.1 Tuloilman lämpötilamuutos

Taulukon 6. Lämpötilojen perusteella voi tehdä kartoituksen etulämmityksen hyödyistä ja siitä saatavista säästöistä. Käytettäessä etulämmitystä saatiin 2- 31,5 % lämpötilan nousu lämmöntalteenoton jälkeen. Hyöty on merkittävä huonon lämmöntalteenoton omaavilla koneilla. (Tauluko 7). Etulämmityksestä saatavan lämpötilan nousu esitetty prosentteina. Molemmat lämpötila arvot on mitattu ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottokennon jälkeen ilman jälkilämmitystä.

Taulukko 7. Oikeanpuoleisessa sarakkeessa lämpötilan nousu esitetty prosentteina.

Ulkoilman lämpötila	Lämpötila esilämmityksen toimiessa	Lämpötila ilman esilämmitystä	Ero prosentteina
0,7	15	14,7	2,0
0,8	14,7	14,2	3,5
-0,5	15,1	14,8	2,0
-0,7	14,9	13,4	11,2
-1,2	12,8	11,2	14,3
-1,8	14,3	13,4	6,7
-3,9	11,6	10,1	14,9
-4	13,9	12,3	13,0
-4,4	14,3	13,1	9,2
-5	14,2	12,7	11,8
-5,2	13,9	12,7	9,4
-5,7	13,8	12,1	14,0
-5,9	13,5	12	12,5
-6	13,6	12,1	12,4
-7	12,7	11,5	10,4
-8,8	14,2	12,5	13,6
-10,5	12,9	10,8	19,4
-11,6	12,1	9,2	31,5
-14,4	11,3	8,7	29,9

5.2 Tuloilman jälkilämmityksen energiantarve

Jälkilämmitys MUH Ilmava Digitissä on 1000W:ia ja lämmöntalteenoton hyötysuhde noin 50 %, joten ymmärrettävää on saada jälkilämmityksen käyttöä pienennettyä mahdollisimman paljon. (Kuvassa 18). Valloxin tutkimus jälkilämmityspatterin lämmityskauden energiantarpeesta.

VALLOX DIGIT2 JYVÄSKYLÄ		Tuloilman jälkilämmityspatterin lämmityskauden energiantarve, kWh/v *)						Etulämmityspatterin energiantarve, kWh/v *)	
testivuosi 1979		(lämmitysrajana ulkoil-energialaskelma man lämpötila 12°C)							
Säätö- asento	Poistoinn dm³/s	Tuloilman lämpötilan asetusarvo						Huom! talvitoiminto	MC-
		12°C	14°C	16°C	18°C	20°C	22°C		
1	26	0	106	387	747	1148	1549	288	
2	38	0	208	633	1165	1751	2337	396	
3	52	9	359	958	1694	2496	3298	508	
4	63	138	632	1388	2297	3269	4240	536	
5	76	251	889	1816	2922	4093	5265	603	
6	88	611	1479	2598	3906	5262	6619	545	
7	96	733	1697	2927	4357	5837	7316	539	
8	108	1221	2398	3819	5448	7113	8778	485	

Kuva 18. Tuloilman jälkilämmityspatterin lämmityskauden energiantarve. (Vallox 1979).

Kuten (kuvasta 18) huomataan säätöasento 4:ssä tehdyt mittaukset antavat 18 °C asetusarvolle 2297 kWh/ vuosi ja 20 asteen 3269 kWh/ vuosi energiankulutuksen. Tu-

loilman lämpötilan ollessa 22 °C kuluttaa jälkilämmityspatteri jo 4240 kWh/ vuosi. Heikon hyötysuhteen omaavat ilmanvaihtokoneet joutuvat lämmittämään useita asteita huoneeseen tulevaa ilmaa saavuttaakseen asetusarvot.

5.3 Jälkilämmityksen säästö etulämmityksen avulla

Etulämmitystä käyttämällä saadaan sisälle puhallettavaa tuloilmaa lämmitettyä useita asteita, jolloin jälkilämmityksen tarve pienenee. Suurin tarve jälkilämmitykselle on marraskuu- maaliskuun aikana. Säästö laskettiin (kuva 18) Valloxin tutkimuksen jälkilämmityspatterin lämmityskauden energiantarpeen ja Ilmatieteenlaitoksen (liite 1) Suomen kuukausittainen keskilämpötilan keskiarvojaksolla 1981- 2010. Taulukko 8. Keskilämpötilat eri kuukausille ja säästöprosentti saatujen mittaustuloksien perusteella.

Taulukko 8. Lämpötilat ja säästöprosentit.

Kuukausi	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Joulukuu
Lämpötila °C	-9,3	-9,3	-4,8	-3,2	-7,3
Säästö n. %	16,5	16,5	10,5	12,8	10,4

Jälkilämmitykseen saatava energiankulutuksen säästö laskettiin Porin energian sähkön hinnalla siirtomaksuineen ja veroineen, joka on tällä hetkellä 0,13 €/kWh. Kulutus laskettiin 18 °C (ensimmäinen taulukko) - 20 °C (toinen taulukko) - 22 °C (kolmas taulukko) tuloilman lämpötilan asetusarvoille. Taulukko 9.

Taulukko 9. Kulutus Valloxin tuloilman jälkilämmityspatterin lämmityskauden energiantarpeen mukaan ja säästö kuukausittaina sekä lämmityskauden aikana Neljäs taulukko).

Esisäättöarvo 18 °C					
Kuukausi	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Joulukuu
Kulutus kWh	630,1	630,1	325,25	216,84	494,54
Säästö %	16,5	16,5	10,5	12,8	10,4
Säästö €	13,52	13,52	4,44	3,61	6,69
Esisäättöarvo 20 °C					
Kuukausi	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Joulukuu
Kulutus kWh	896,69	896,69	462,9	308,59	703,82
Säästö %	16,5	16,5	10,5	12,8	10,4
Säästö €	19,23	19,23	6,32	5,13	9,52
Esisäättöarvo 22 °C					
Kuukausi	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Marraskuu	Joulukuu
Kulutus kWh	1163,03	1163,03	600,38	400,27	912,88
Säästö %	16,5	16,5	10,5	12,8	10,4
Säästö €	24,95	24,95	8,20	6,66	12,34
Asetusarvo	18 °C	20 °C	22 °C		
Säästö €/läm. kausi	41,77	59,44	77,09		

Todellinen säästö saadaan vähentämällä järjestelmästä saaduista hyödyistä sen käytöstä aiheutuneet kulut. Kulut muodostuvat kiertovesipumpun käyttämästä sähköstä ja etulämmityspatterin paineen korotuksesta aiheutunut puhaltimen ottama sähkötehon nousu, joka voidaan laskea (Sandberg Esa Ilmastointilaitoksen mitoitus) puhallinsähkötehon yhtälöllä. (5).

Puhaltimen ottaman sähkötehon yhtälö.

$$P = \frac{(q_{vi} * \Delta p)}{\eta} \quad (5)$$

P on ottoteho (W)

q_{vi} on ilmavirta (m³/s)

Δp on painehäviö (Pa)

η on puhaltimen hyötysuhde.

Yhtälön avulla laskettu ottotehon nousuksi saatiin 23 W:tia. Puhallintehonnousu ja kiertovesipumpun käyttämä sähkönkulutus laskettiin yhteen ja saatiin hyödyistä vähennettävä arvo. Taulukko 10.

Taulukko 10. Puhallintehon korotuksesta ja pumpun käytöstä aiheutuneet vuosikustannukset.

Puhallintehon korotus (27 Pa), W	23
Kiertovesipumpun max. Teho W	22
Sähkön hinta. €/ kWh.	0,13
Kulut yhteensä. €/ vrk.	0,14
Kulut talvikausi. €	13,3

Järjestelmän takaisinmaksuaika laskettiin erikseen 18 °C – 20 °C – 22 °C tuloilman asetusarvoille. On muistettava kuitenkin, jos käytetään asetusarvoa 18 - 20 °C. Tulee sisälämpötilaa kylmempi tuloilma kuluttamaa talolämmitykseen käytettävää energiaa. Takaisinmaksuaika Taulukossa 11.

Taulukko 11. Takaisinmaksu taulukko.

Takaisin maksuaika	18 °C (2297 kWh/v)	20 °C (3269 kWh/v)	20 °C (3269 kWh/v)
Säästö ennen kuluja €/v	41,77	59,44	77,09
Kulut €/v	13,3	13,3	13,3
Säästö yht. €/v	28,47	46,14	63,79
Materiaali kulut €	938,11	938,11	938,11
Takaisin maksuaika (vuosi)	33,0	20,3	14,7

Etulämmitys järjestelmä keruuputkineen maksaa 938,11 € ja hinta sisältää ainoastaan materiaalit, työlle ei laskettu hintaa. Materiaalikulut jaettiin etulämmityksen antamalla energian säästöllä, on kuitenkin huomioitava ulkolämpötilan vaikutus takaisinmaksuaikaan huomattavasti. Säästöjä syntyy myös ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottokennon sulatuksesta, jonka saadaan esilämmitystä käyttämällä lähes poistettua. Kennon sulatusta hoidetaan monella tapaa, kuten esimerkiksi tuloilmapuhaltimen sammuttamisella, jolloin poistopuhallin käy ja aiheuttaa runsasta alipainetta sisätiloihin. Runsas alipaine aiheuttaa kylmän korvausilman valumista sisätiloihin, jota joudutaan lämmittämään rakennuksen lämmittämiseen tarkoitetulla energialla. Kennon sulatuksen vähenemisestä ei erikseen laskettu säästyvää summaa, koska laitteiden valmistajilla on erilaisia tapoja ja järjestelmiä kennon sulattamiseen, näin ollen säästö on hyvin yksilöllistä. Takaisinmaksu riippuu myös hyvin paljon tuloilman lämpötilan asetusarvosta, kuten myös paikkakunnasta.

6 JÄÄHDYTYS

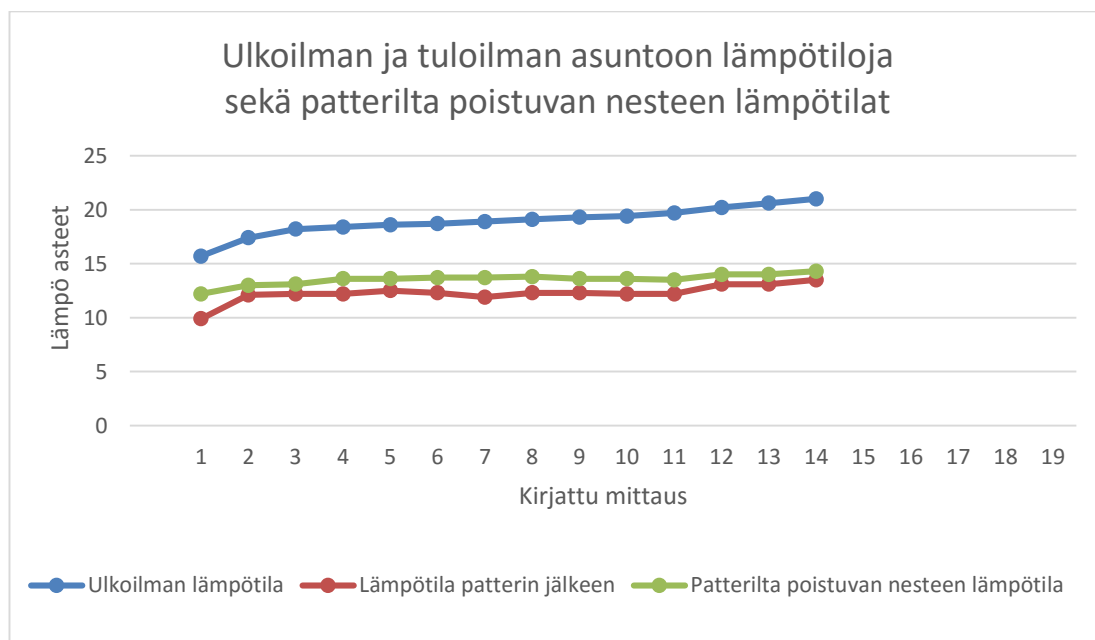
6.1 Patterin käyttö jäähdytyksessä

Kesäkaudella järjestelmää voidaan käyttää tuloilman jäähdytykseen, mihin se soveltuu erinomaisesti. Jäähdytyskäytössä on huomioitava kanaviston kondenssi eristys

sekä eristyksen laatuun huonetiloihin tuloilmaa puhaltavissa kanavissa. Kanavat kulkevat yleisesti tiloissa, joiden lämpötila nousee ulko- ja sisäilmaa huomattavasti korkeammaksi ja eristyksen huonolaatuisuus hävittää tuotettua jäähdytystehoa. Lisätehostusta jäähdytykseen saadaan asentamalla vastaavanlainen patteri halutun huonetilan tuloilmakanavaan.

6.2 Jäähdytyksen mittaustuloksia

Etulämmityspatterin jäähdyttävää vaikutusta mitattiin 4.5- 7.5.2016 välisellä ajanjaksolla, jolloin ulkolämpötila ylsi 15,7 °C - 21 °C. Kuva 22. Lämpötila patterin jälkeen on hyvin lähellä poistuvan nesteen lämpötilaa, joten järjestelmä toimii varsin tehokkaasti myös jäähdytyskäytössä.



Kuva 19. Kaaviossa ulkoilman lämpötila ja patterin jälkeisen ilman ero poistuvaan nesteeseen.

Patteria käytettäessä kesällä jäädytykseen saadaan ilmasta nesteeseen siirtyvä lämpö varastoitua lämmönkeruuputkiston avulla paikkaan, josta taas talvella halutaan kerätä lämpöä tuloilman lämmittämiseen. Neste on jo 21 °C ulkolämpötilalla noin 6.5 °C maassa olevaa lämpöä (Taulukko 5) korkeampi. Nesteen lämpötila (taulukko 12) oikeanpuoleisessa sarakkeessa.

Taulukko 12. Lämpötilat jäädytyskäytössä

Ulkoilman lämpötila	Lämpötila patterin jälkeen	Patterilta poistuvan nesteen lämpötila
15,7	9,9	12,2
17,4	12,1	13
18,2	12,2	13,1
18,4	12,2	13,6
18,6	12,5	13,6
18,7	12,3	13,7
18,9	11,9	13,7
19,1	12,3	13,8
19,3	12,3	13,6
19,4	12,2	13,6
19,7	12,2	13,5
20,2	13,1	14
20,6	13,1	14
21	13,5	14,3

Tuloilman jäähdytystä ei tietenkään kannata aloittaa niin alhaisissa ulkolämpötiloissa, joista mitattavia tuloksia jäähdytyksen toimivuudesta aloitettiin keräämään. Jäähdytyksen käyttö riippuu rakennuksen ilmakehien eristyksestä ja niiden asennuspai- kasta. Monesti kanavat kulkevat rakennuksen tiloissa, joissa lämpö nousee ulkoilman lämpötilaa huomattavasti lämpimäksi, jolloin jäähdyttäminen joudutaan aloittamaan yllättävänkin alhaisella ulkolämpötilalla. Vastaavat ongelmat ovat myös taloissa, joissa on useampi kuin yksi kerros, näissä lämpö pyrkii nousemaan ylös aiheuttaen jäähdytystarvetta.

6.3 Patterin tehot

Etulämmityspatterin tehoiksi saatiin lämmityksen osalta 823 W – 1480 W ja jäähdytys tehoksi 432 W. Lämmitysteho osoittautui patterin valmistajan (Vallox) teknisten tietojen mukaiseksi. Jäähdytystehoa valmistajan tiedoista ei löydy. Tehot laskettiin yhtälön (6) mukaan.

Patterin antama teho

$$\phi = \rho_i q_{vi} (t_u - t_{is}) \quad (6)$$

ϕ on patterin teho (W)

ρ_i on ilmavirta (m^3/s)

q_{vi} on ilman tiheys (kg/m^3)

t_u on ulkoilman lämpötila ($^{\circ}\text{C}$)

t_{is} on ulkoilman lämpötila patterin jälkeen ($^{\circ}\text{C}$)

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli valmistaa etulämmitys järjestelmä maalämmönkeräimellä omakotitalon ilmanvaihdon ulkoa tulevan ilman esilämmittämiseen sekä kesäkäytössä ilman jäähdyttämiseen. Maalämpöä siirrettiin nesteen välityksellä tontilla sijaitsevasta sadevesikaivosta. Lämpöä keräävä putkisto tuotti lämpöä täydellisesti kovemminkin pakkasilla.

Maalämmöllä toteutettu etulämmitys tuo tuntuvia säästöjä, erityisesti huonon lämmöntalteenoton omaavilla ilmanvaihtolaitteilla. Jälkilämmitystä, joka yleensä on sähkötoiminen, saatiin mittausten mukaan pienennettyä jopa 30 %. Tältä osin työ tuotti jo toivotun tuloksen. Talvisin kylmän ilman aiheuttama lämmöntalteenoton huurustumisen ja jäätyminen saadaan etulämmityksen avulla lähes täysin poistettua, jolloin ilmanvaihtokoneen ikävä pätkiminen tai lämmöntalteenottokennon jäätyminen sulatus myös poistuu. Yllättävää oli patterista saatava lämmitysteho, joka oli lähes 2 kW.

Etulämmityspatterin käyttö kesäisin tuloilmaa jäähdyttämään saadaan asumisviihtyvyyttä lisättyä. Patterin käyttö on kannattava kesäisin, jolloin saadaan varastoitua lämpöä maahan tulevaa lämmityskautta varten. Patteri tuo myös sen edun, ettei ilmanottokanavaa välttämättä tarvitse enää asentaa (pitkiäkin kanavalinjoja) pohjoispuolelle, viileän tuloilman turvaamiseksi kesäaikana. Jäähdytystehoa patterille saatiin hieman yli 400 W. Järjestelmän takaisinmaksuaika on laskelmissa saatu jälkilämmityksen asutusarvoista riippuen 15 – 33 vuotta, kuitenkin on huomioitava takaisinmaksuajan muuttuvan oleellisesti lyhemmäksi talvien ollessa kylmiä. Lämmöntalteenottokennon huurtumisen tai jäätyminen sulattaminen aiheuttaa myös kuluja. Kuitenkaan näistä saatavia säästöjä ei lähdetty laskemaan. Laitevalmistajilla on monia tapoja hoitaa sulatus kennosta. On kuitenkin huomioitava, että jokainen sulatusmuoto aiheuttaa jollakin muodolla energian kulutusta, joka esilämmittämällä tulevaa ulkoilmaa poistuu. Järjestelmää seurataan lisää tulevina vuosina, jolloin saadaan pidempi otanta järjestelmän toimivuudesta ja sen antamista hyödyistä.

Työ kaiken kaikkiaan oli tuloksellisesti myönteinen kokemus ja antoi runsaasti tietoa maalämmöstä, sekä sen potentiaalista lämmityskäyttöön.

LÄHTEET

(Valloxin www sivut 2016) Saatavissa: <http://www.vallox.com> Viitattu: 3.3.2016

(Wehofloor www sivut 2016) Saatavissa: <http://www.wehopex.fi> Viitattu: 1.3.2016

Siren Pekka. 2014. Opintojakso lämmönsiirto. SAMK. Viitattu 3.3.2016

Sandberg Esa. 2015. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Talotekniikka-Julkaisut Oy Viitattu: 10.4.2016

(Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 2003. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto)) Saatavissa: <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraukset> Viitattu: 1.3.2016

(Cupori vesijohtojen laskennallinen mitoitus) Saatavissa: <http://www.cupori.com/kupariputkien-asennus/asennus-suunnitteluopas/mitoitus-vesijohdot/laskennallinen-mitoitus> Viitattu:6.3.2016

(Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus) Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi>

Viitattu: 6:3.2016

(Zilmet paisunta-astiat Tekniset tiedot) Saatavissa: <http://www.ip-produkter.fi> Viitattu: 10.3.2016

(Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 Lämmöneristys, ohjeet 2012) Saatavissa: <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset> Viitattu:8.3.2016

(Grundfos asennus ja käyttöohjeet) Saatavissa: <http://www.talotarvike.com> Viitattu:10.3.2016

Liite 1

