

Miika Ranne

KONEPAJA EURAKON OY:N LÄMMITYSKUSTANNUSTEN  
VÄHENTÄMINEN

Energiatekniikan koulutusohjelma  
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto  
2012

## KONEPAJA EURAKON OY:N LÄMMITYSKUSTANNUSTEN VÄHENTÄMINEN

Ranne, Miika  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2012  
Ohjaaja: Siren, Pekka  
Sivumäärä: 26  
Liitteitä: 2

Asiasanat: lämmitysenergian kulutus, ilmanvaihtolaitteisto, energiatehokkuus, maalämpö

---

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää Eurakon Oy:n Eurajoella sijaitsevan konepajarakennuksen lämmitysenergiakustannusten pienentämistä. Koska omistaja oli kiinnostunut siirtymisestä maalämpöön, selvitettiin myös nykyisen lämmönlähteen korvaamista maalämmöllä.

Rakennuksen lämmitys hoidetaan nykyisin öljyllä. Öljyn korkean hinnan ja tulevaisuuden ennusteiden vuoksi oli tarkoituksenmukaista selvittää lämmitysmuodon vaihtamisen kannattavuutta.

Katselmoinnin perusteella löydettiin myös muutamia epäkohtia, jotka korjaamalla saataisiin lämmitysenergiakustannuksia pienennettyä.

## REDUCING HEATING ENERGY COSTS OF EURAKON LTD

Ranne, Miika

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy Technology

Month 2012

Supervisor: Siren, Pekka

Number of pages: 26

Appendices: 2

Keywords: heating energy consumption, ventilation plant, energy efficiency, geothermal power

---

The purpose of this thesis was to find out how to reduce heating energy costs of a machine shop owned by Eurakon Ltd which is located in Eurajoki. Owner of the company was interested in changing to a heat pump that uses the ground as the heat source. Changing the existing heat source to a heat pump was studied.

The building is heated with the heating oil nowadays. Considering the high costs of the heating oil and the prospects of the costs it was necessary to find out how economic is to change the current heating.

Some disadvantages were found during inspection and by fixing those it is possible to reduce the heating energy costs.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tausta .....	5
1.2	Työn tavoite .....	6
2	NYKYTILANNE .....	6
2.1	Halliosa .....	6
2.2	Toimisto- ja sosiaalitilat.....	6
2.3	Kattilahuone.....	7
2.4	IV-konehuone .....	7
2.5	Lämmönlähde .....	7
2.6	Tehon tarve ja energian kulutus.....	7
3	SÄÄSTÖKOHTEET .....	8
3.1	Lämpötilan pudottaminen .....	8
3.2	Hallin ikkunoiden korvaaminen.....	8
3.3	Hallin IV-koneen lämmönsiirtimen tarkastelu .....	11
3.3.1	Mittausjärjestelyt.....	11
3.3.2	Päätelmät mittaustiedoista.....	12
3.4	Lämmönvaihtimen lisääminen toimisto- ja sosiaalitilojen IV-koneeseen.....	14
3.5	Käyttöveden lämmitys .....	16
3.6	Käyntiaikasuhteiden tarkastelu .....	18
4	MAALÄMPÖ.....	19
4.1	Maalämmön perusteet.....	19
4.2	Keruuputkisto.....	20
4.3	Energiatuki.....	20
5	MAALÄMMÖN SOVELTUVUUS KOHTEESEEN .....	21
5.1	Menoveden lämpötila .....	21
5.2	Menoveden lämpötilan alentaminen .....	22
5.3	Vaikutukset lämmönjakoputkistoon ja pumppuihin .....	23
5.4	Johtopäätelmät .....	25
6	LÄMMITYSKUSTANNUKSET MAALÄMMÖLLÄ .....	25
7	YHTEENVETO .....	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Konepaja Eurakon Oy suorittaa teollisuuden alihankintakoneistusta Kuusimäkelän teollisuusalueella Eurajoella. Yhtiö on toiminut vuodesta 1992.

Konepajarakennus koostuu halliosasta, jonka jatkeena on toimisto- ja sosiaalitilat sisältävä matalampi rakennusosa. Rakennus on valmistunut vuonna 1989.



Kuva 1.1 Eurakon Oy:n hallirakennus

Kiinteistön lämmityskustannukset ovat nousseet viimeisten vuosien aikana rajusti öljyn hinnan kohoamisen seurauksena, joten oli tarpeellista miettiä mahdollisia energiansäästötoimenpiteitä. Omistajan ollessa kiinnostunut maalämmöstä, tarkasteltiin myös vanhasta öljylämmityksestä maalämpöön siirtymisen taloudellista kannattavuutta.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli selvittää, miten kohteen lämmitysenergiakustannuksia saataisiin vähennettyä nykyisestä. Lvi-tekniikan ollessa pitkälti alkuperäistä, oli tarpeen tarkastella myös lämmitysjärjestelmän päivittämistä. Tavoitteena oli selvittää myös maalämpöön siirtymisen kannattavuutta.

## 2 NYKYTILANNE

### 2.1 Halliosa

Halliosa on rakennettu vuonna 1989. Hallin mitat ovat 50 m x 20 m x 9,5 m. Lämmönjako on toteutettu vesikiertoisilla radiaattoreilla, joita on 18 kappaletta. Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka on varustettu pyörivällä lämmöntalteenottokiekolla. Tuloilmavirta on 2,5 m<sup>3</sup>/s, poistoilmavirta on 2,5 m<sup>3</sup>/s. Ilma jaetaan piennopeuslaitteilla, joita on kuusi kappaletta. Poistoilma otetaan katonrajasta hallin toisesta päästä. Hallin sisälämpötila on 21 C°. Hallin ilmanvaihto ei toimi halutulla tavalla, sillä hallissa leijailee paljon pölyä.

### 2.2 Toimisto- ja sosiaalitilat

Toimisto- ja sosiaalitilat ovat hallirakennuksen jatkona. Mitat ovat 16,5 m x 20 m x 3 m. Lämmönjako on toteutettu vesikiertoisilla radiaattoreilla joita on 19 kappaletta. Lisäksi toimisto ja sosiaalitiloissa on kolme kpl ilmalämpöpumppuja. Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tuloilmakone sijaitsee IV-konehuoneessa samassa tilassa hallin IV-koneen kanssa. Poistoilmanvaihto on toteutettu kahdella huippuimurilla, jotka sijaitsevat vesikatolla. Tuloilmavirta on 0,44 m<sup>3</sup>/s, poistoilmavirta on 0,48 m<sup>3</sup>/s. Ilma jako ja poisto hoidetaan katossa olevilla lautasventtiileillä. Sisälämpötila on 21 C°.

### 2.3 Kattilahuone

Kattilahuone on kontissa, joka on sijoitettu rakennuksen sivustalle. Kontti sisältää myös öljysäiliön. Kontissa sijaitseva LVI-tekniikka on pääosin alkuperäistä.

### 2.4 IV-konehuone

IV-konehuone sijaitsee matalan rakennusosan päällä ja käynti sinne on hallin puolelta. Konehuoneessa sijaitsevat halliosan IV-kone, sekä toimisto- ja sosiaalitiloja palveleva tuloilmakone.

### 2.5 Lämmönlähde

Lämmönlähteenä on 160 kW:n kevytöljykattila vuodelta 1989. Kattila on varustettu käyttövesikierukalla. Öljypolttimeksi on Oilon KP 26 H.

### 2.6 Tehon tarve ja energian kulutus

Öljylaskuja tarkasteltaessa saatiin kiinteistön vuotuiseksi öljynkulutukseksi noin 30 000 litraa. D5:n mukaan voidaan pitää öljykattilalaitoksen vuosihyötysuhteena 0,9 ja öljyn tehollisena lämpöarvona  $10 \text{ kWh/dm}^3$ , jolloin lämmitysenergiankulutukseksi saadaan 270 MWh vuodessa. Nykyisellä öljyn hinnalla 1,15 €/l, ovat lämmityskustannukset vuodessa olleet luokkaa 34500 €.

### 3 SÄÄSTÖKOHTEET

#### 3.1 Lämpötilan pudottaminen

Halliosassa mitattiin työskentelyalueella lämpötilaksi +21 °C. Jokaista alennettua astetta kohden säästetään energiaa keskimäärin 5 %. /1/

Öljyn kulutus 21 °C lämpötilalla: 270 MWh

Öljyn kulutus 20 °C lämpötilalla:

$$270 \text{ MWh} - (270 \text{ MWh} \times 0,05) = 256,5 \text{ MWh}$$

Säästö:

$$\frac{(270000 - 256500) \text{ kWh}}{10 \frac{\text{kWh}}{\text{dm}^3} \times 0,9} \times 1,15 \frac{\text{€}}{\text{dm}^3} = 1725 \text{ €}$$

Sisälämpötilan tiputtamisella yhdellä asteella 20 °C:n saadaan säästökseksi 1725 €.

#### 3.2 Hallin ikkunoiden korvaaminen

Halliosan etelä- ja pohjoisseinillä on molemmilla n. 46 m pitkä ikkunarivistö jonka korkeus on 1,5 m. Ikkunat on osittain peitetty verhoilla, joiden tarkoitus on vähentää häikäisyä, jonka aurinko tiettyinä aikoina aiheuttaa. Tämä osaltaan tukisi ikkunoiden peittämisspäättöstä. Ikkunoita tarkasteltaessa havaittiin yhden ikkunan toisen ruudun olevan rikki. Ikkunan korjauksella säästettäisiin vuodessa noin 100 €.

Ikkunat ovat kaksilasisia ja arvioidaan U-arvoksi 2,6. /2/ Vaihdamalla ikkunat 100 mm paksuihin teräspäällysteisiin uretaanielementteihin, saataisiin U-arvoksi 0,22. /3/



Ikkunoiden ala:

$$(46 + 46)m \times 1,5 m = 138 m^2$$

Käytetään laskuissa RakMK D5:n kaavoja 4.1 ja 4.2.

$$\begin{aligned}\Sigma H_{joht} &= \Sigma(U_{ikkuna} \times A_{ikkuna}) \\ Q_{joht} &= \Sigma H_{joht}(T_s - T_u)\Delta t/1000\end{aligned}$$

joissa:

$Q_{joht}$  = rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh

$\Sigma H_{joht}$  = rakennusosan ominaislämpöhäviö,  $\frac{W}{K}$

$U$  = rakennusosan lämmönläpäisykerroin,  $\frac{W}{m^2K}$

$A$  = rakennusosan pinta – ala,  $m^2$

$T_s$  = sisälämpötila, °C

$T_u$  = jakson keskimääräinen ulkolämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Ikkunoiden U-arvona pidetään 2,6 W/m<sup>2</sup>K ja uretaanielementtien U-arvona 0,22 W/m<sup>2</sup>K. Pinta-alana 138 m<sup>2</sup>. Käytetään sisälämpötilana 23 °C joka mitattiin ikkunoiden korkeudelta sekä jakson keskimääräisenä ulkolämpötilana +1 °C joka saadaan D5:n taulukko L1.1:sta. Lämmityskauden pituutena pidetään 275 päivää.

Ikkunoiden yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö:

$$2,6 \frac{W}{m^2K} \times 138 m^2 = 358,8 \frac{W}{K}$$

Ikkunoiden läpi johtuva lämpöenergia:

$$358,8 \frac{W}{K} \times (23 - 1)^{\circ}C \times 275 \times 24 \div 1000 = 52,1 MWh$$

Uretaanielementtien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö:

$$0,22 \frac{W}{m^2 K} \times 138 m^2 = 30,4 \frac{W}{K}$$

Uretaanielementtien läpi johtuva lämpöenergia:

$$30,4 \frac{W}{K} \times (23 - 1)^{\circ}C \times 275 \times 24 \div 1000 = 4,4 MWh$$

Säästö:

$$\frac{(52100 - 4,400) kWh}{10 \frac{kWh}{dm^3} \times 0,9} \times 1,15 \frac{\text{€}}{dm^3} = 6100 \text{ €}$$

Mikäli kaikki ikkunat vaihdettaisiin uretaanielementeiksi, kulutus vähenisi ikkunoiden osalta vuodessa 47,7 MWh:a. Öljynkulutuksen pienentyessä näkyisi tämä 6200 € säästönä vuodessa.

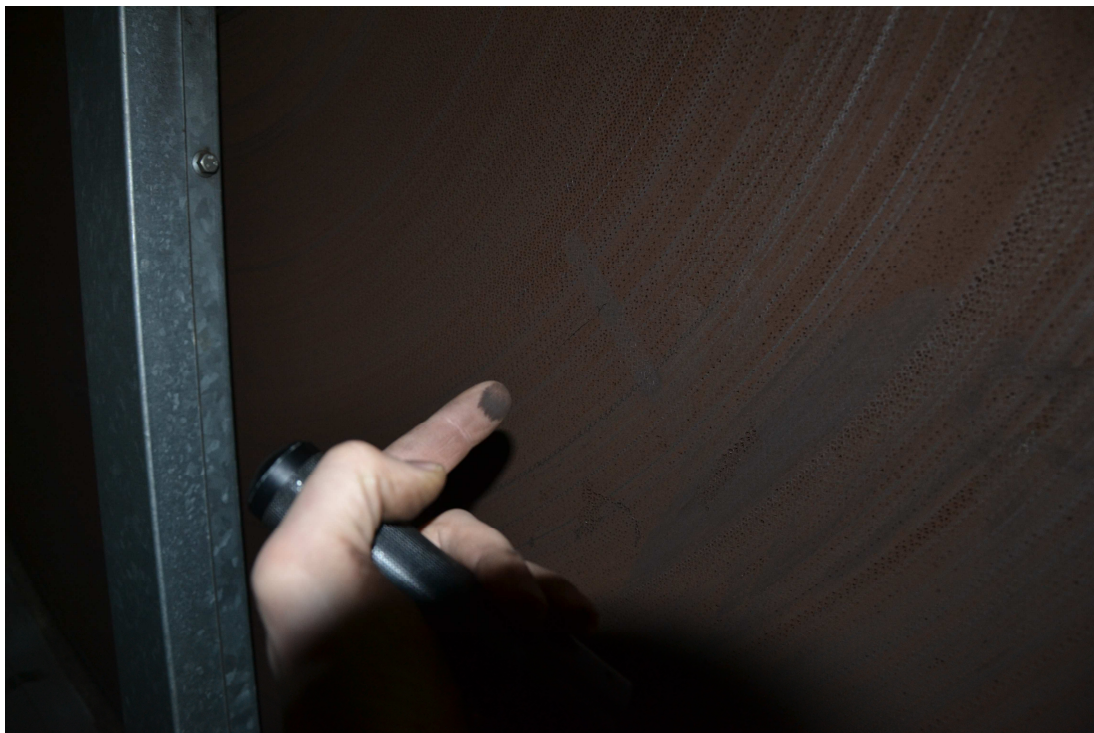
138 m<sup>2</sup> 100mm uretaanielementtiä maksaa noin 5300 €. /4/ Elementit itse asentaen takaisinmaksuaika olisi tällöin:

$$\frac{5300 \text{ €}}{6900 \text{ €} \div 12 \text{ kk}} = 10 \text{ kk}$$

### 3.3 Hallin IV-koneen lämmönsiirtimen tarkastelu

Hallissa leijailevan pölyn ja ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihdon ollessa satunnaista oli syytä epäillä pyörivän lämmöntalteenottokiekon tukkeutuneisuutta. Asia tarkastettiin mittaamalla ilmavirtojen lämpötilat ja selvittämällä onko lämmönsiirto-teho vielä hyvällä tasolla, lisäksi kiekko tarkastettiin silmämääräisesti.

Koneen peltejä purkamalla saatiin näköyhteys lämmöntalteenottokiekkoon. Epäily vahvistui oikeaksi, kiekko on aivan tukkeessa ja erittäin likainen. Tämä vaikuttaa varmasti osaltaan hallin huonosti toimivaan ilmanvaihtoon.



Kuva 3.1 Likainen ja tukkeutunut lämmöntalteenottokiekko

#### 3.3.1 Mittausjärjestelyt

Ilmanvaihdon lämpötilojen mittaus suoritettiin 24.2 - 7.3.2012 välisenä aikana. Mittauksessa käytettiin apuna Grantin 1000 sarjan dataloggeria, sekä siihen liitettyjä termopareja joita oli yhteensä viisi kappaletta. Loggeri otti lämpötilat ylös aina 30 minuutin välein. Mitattavia kohtia oli viisi kappaletta jotka olivat: raitisilma, tuloilma lto:n jälkeen, tuloilma lämmityspatterin jälkeen, poistoilma ja jäteilma. Ilmanvaihto-

koneessa oli tarvittavissa kohdissa valmiina manuaalisesti luettavat lämpömittarit jotka väliaikaisesti poistamalla saatiin avonaiset reiät joihin voitiin termoparien päät sijoittaa.

### 3.3.2 Päätelmät mittaustiedoista

Mittaamalla saatujen lämpötilojen (liite1) avulla selvitettiin lämmöntalteenoton lämpötilasuhte joka valmistajan mukaan pitäisi olla 75 %. Mittaustietoja tarkasteltaessa huomio kiinnittyi lukujen outoihin numeroarvoihin. Osa oudoista arvoista selittyy ilmanvaihtolaitoksen yöaikaisella sammutuksella. Satunnaisesti lukujen perusteella lämmöntalteenotto toimii oikein, mutta pääasiassa se ei toimi juuri ollenkaan.

Kaavalla /5/:

$$\eta = \frac{t_{u2}}{t_{p1}} - \frac{t_{u1}}{t_{u1}}, \text{ jossa:}$$

$\eta$  = ulkoilman lämpötilahyötysuhde

$t_{u2}$  = tuloilma lämmöntalteenoton jälkeen °C

$t_{u1}$  = raitisilma °C

$t_{p1}$  = poistoilma °C

saadaan mitatuista luvuista keskimääräiseksi lämpötilasuhteeksi 30 %. Lämpötilasuhteella tarkoitetaan tuloilman lämpötilassa tapahtuneen muutoksen suhdetta suurimpaan mahdolliseen muutokseen. /5/

Käytetään laskuissa RakMK D5:n kaavoja 4.9, 4.10 ja 4.11.

$$Q_{iv} = \Sigma(H_{iv}(T_s - T_u)\Delta t)/1000$$

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a)$$

$$\eta_a = 0,6\eta_t$$

joissa:

$Q_{iv}$  = ilmanvaihdon tarvitsema energia, kWh

$H_{iv}$  = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö,  $\frac{W}{K}$

$\rho_i$  = ilman tiheys,  $1,2 \frac{kg}{m^3}$

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti,  $1000 \frac{Ws}{kgK}$

$q_{v,poisto}$  = poistoilmavirta,  $\frac{m^3}{s}$

$t_d$  = iv – laitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde,  $\frac{h}{24h}$

$t_v$  = iv – laitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde,  $\frac{vrk}{7vrk}$

$r$  = muuntokerroin joka ottaa huomioon iv

– laitoksen vuorokautisen käyntiajan

$T_s$  = sisälämpötila, °C

$T_u$  = keskimääräinen ulkolämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

$\eta_a$  = ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Poistoilmavirta on  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ilmanvaihtolaitos käy 12 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa. Koska laitos käy päiväaikaan, pidetään muuntokertoimena 0,93, joka löytyy D5:sta. Käytetään sisälämpötilana  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ , sekä jakson keskimääräisenä ulkolämpötilana  $+1 \text{ }^\circ\text{C}$ , joka saadaan D5:n taulukko L1.1:sta. Lämmityskauden pituutena pidetään 275 päivää.

Lämpötilasuhde 75 %, vuosihyötysuhde tällöin:  $0,6 \times 0,75 = 0,45$

Lämpötilasuhde 30 %, vuosihyötysuhde tällöin:  $0,6 \times 0,30 = 0,18$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö puhtaalla kennolla:

$$1,2 \frac{kg}{m^3} \times 1000 \frac{Ws}{kgK} \times 2,5 \frac{m^3}{s} \times \frac{12 h}{24 h} \times 0,93 \times \frac{7 vrk}{7 vrk} \times (1 - 0,45) = 767,25 \frac{W}{K}$$

Ilmanvaihdon ominaislämpövähiö likaisella ja tukkeutuneella kennolla:

$$1,2 \frac{kg}{m^3} \times 1000 \frac{Ws}{kgK} \times 2,5 \frac{m^3}{s} \times \frac{12 h}{24 h} \times 0,93 \times \frac{7 vrk}{7 vrk} \times (1 - 0,18) = 1143,9 \frac{W}{K}$$

Ilmavaihdon lämmityksen tarvitsema energia puhtaalla kennolla:

$$767,25 \frac{W}{K} \times (21 - 1)^{\circ}C \times 275 d \times 12 h \div 1000 = 50,6 MWh$$

Ilmavaihdon lämmityksen tarvitsema energia likaisella ja tukkeutuneella kennolla:

$$1143,9 \frac{W}{K} \times (21 - 1)^{\circ}C \times 275 d \times 12 h \div 1000 = 75,5 MWh$$

Säästö:

$$\frac{(75500 - 50600)kWh}{10 \frac{kWh}{dm^3} \times 0,9} \times 1,15 \frac{\text{€}}{dm^3} = 3200 \text{ €}$$

Lämmöntalteenottokennon likaisuuden johdosta hukataan ilmaista lämmitysenergiaa vuodessa 24,9 MWh. Asia ei kuitenkaan ole välttämättä näin yksioikoinen, sillä kiekon ollessa huomattavasti tukossa, ei ilmaakaan välttämättä liiku suunniteltu 2,5 m<sup>3</sup>/s. Tällöin ei säästöäkään synny lasketulla tavalla. Pelkällä lämmöntalteenottokiekon pesulla säästettäisiin vuodessa 3200 €. Talteenottokiekon pesun on kuitenkin oltava ilmanvaihtolaitoksen toiminnan kannalta säännöllistä.

### 3.4 Lämmönvaihtimen lisääminen toimisto- ja sosiaalityötilojen IV-koneeseen

Toimisto- ja sosiaalityötilojen tuloilmanvaihto on toteutettu tuloilmakoneella, joka on varustettu lämmityspatterilla. Poistoilma on toteutettu kahdella erillisellä huippuimurilla, joiden yhteenlaskettu poistoilmavirta on 470 l/s. Tuloilmakoneen tuloilmavirta on 400 l/s.

Laskut perustuvat edellisen kohdan kaavoihin.

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö nykyisin:

$$1,2 \frac{kg}{m^3} \times 1000 \frac{Ws}{kgK} \times 0,48 \frac{m^3}{s} \times \frac{12 h}{24 h} \times 0,93 \times \frac{7 vrk}{7 vrk} \times (1 - 0) = 267,84 \frac{W}{K}$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö nykyaikaisella lämmöntalteenotolla, jonka vuosihyötysuhde on 0,48:

$$1,2 \frac{kg}{m^3} \times 1000 \frac{Ws}{kgK} \times 0,48 \frac{m^3}{s} \times \frac{12 h}{24 h} \times 0,93 \times \frac{7 vrk}{7 vrk} \times (1 - 0,48) = 139,23 \frac{W}{K}$$

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia nykyisin:

$$267,84 \frac{W}{K} \times (21 - 1)^{\circ}C \times 275 d \times 12 h \div 1000 = 17,7 MWh$$

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia nykyaikaisella lämmöntalteenotolla:

$$139,23 \frac{W}{K} \times (21 - 1)^{\circ}C \times 275 d \times 12 h \div 1000 = 9,2 MWh$$

Säästö:

$$\frac{(17700 - 9200)kWh}{10 \frac{kWh}{dm^3} \times 0,9} \times 1,15 \frac{\text{€}}{dm^3} = 1100 \text{ €}$$

Lisäämällä järjestelmään nykyaikainen pyörivä lämmöntalteenottokeino, jonka vuosihyötysuhde on 0,48, alenisi lämmitysenergia 8,5 MWh:a. Taloudellinen säästö olisi tällöin 1100 € vuodessa. Toimiston laitteet aiheuttavat kuitenkin suuren lämpökuor-

man joiden ansiosta lämmityskausi on todennäköisesti lyhyempi kuin laskuissa käytetty 275 päivää, jolloin säästökin on pienempi.

Tulo- ja poistoilmakoneiden sijaitessa aivan eri paikoissa, tarkoittaa se käytännössä poistoilmakanaviston uudelleen rakentamista. Tällöin poistoilmakone saataisiin samaan tilaan iv-konehuoneeseen tuloilmakoneen kanssa, jolloin saataisiin lämmöntalteenotto järkevästi toteutettua. Konehuoneen tilanahtaus asettaa muutostöiden toteuttamiselle omat haasteensa.

Arvioidaan uusi ilmanvaihtokone lämmönsiirtimellä asennettuna 16000 € hintaiseksi.

Koroton takaisinmaksuaika:

$$\frac{16000 \text{ €}}{1200 \text{ €} \div 12 \text{ kk}} = 160 \text{ kk} = 13,5 \text{ v}$$

### 3.5 Käyttöveden lämmitys

Käyttövesi lämpenee nykyään öljykattilassa sijaitsevassa lämminvesikierukassa. Järjestelmässä on lämpimän veden kierto. Vedenkulutus tarkistettiin kulutuslukemista ja se on vakiintunut tasolle 80 m<sup>3</sup> vuodessa. Kiertovesivirta on suunnitelmien mukaan 0,05 dm<sup>3</sup>/s. Kiertojohtoon ei ole liitetty lämmityslaitteita. Lämpimän veden ja kierto-  
piirin lämpötilaero saatiin mittaamalla putkien pintalämpötilat infrapunalämpömittarilla. Käyttöveden lämpötila on 55 °C.

Kiertohäviöt laskettiin RakMK osa D5 kaavalla 6.4:

$$Q_{1kv,kiertohäviöt} = \text{lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöenergia}$$

jossa:

$$\rho_v = \text{veden tiheys, } 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



$$c_{pv} = \text{veden ominaislämpö}, 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$q_{v,lkv,kierto} = \text{lämpimän käyttöveden kiertopiirin vesivirta}, \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$T_{lkv} = \text{lämpimän käyttöveden lämpötila}, ^\circ\text{C}$$

$$T_{lkv,kierto,paluu} = \text{kiertopiirin paluuveden lämpötila}, ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \text{ajanjakson pituus}, h$$

$$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times 0,00005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times (55 - 50)^\circ\text{C} \times 365 d \times 24 h = 9198 \text{ kWh}$$

Kiertohäviön poistamisella saavutettava säästö:

$$\frac{9198 \text{ kWh}}{10 \frac{\text{kWh}}{\text{dm}^3} \times 0,9} \times 1,15 \frac{\text{€}}{\text{dm}^3} = 1175 \text{ €}$$

Kiertohäviön poistamisella saavutettava säästö vuodessa on noin 1175 €. Asentamalla halliin sähköinen 300 litran lämminvesivaraaja ja poistamalla lämpimänvedenkierto käytöstä, lämpimän veden odotusaika ei kasvaisi liian pitkäksi. Tämän kokoluokan varaaja riittäisi kehittämään tarpeeksi lämmintä vettä, koska veden kulutus on pieni. 300 litran varaaja on myös halvempi kuin vastaava pienempi esim. 200 litran varaaja. Sähkövaraaja kuluttaa vuodessa 40 m<sup>3</sup> veden lämmittämiseen 3500 kWh sähköä. Taloudellisesti ei ole suurta merkitystä lämmittääkö tällaisen määrän vettä sähköllä vai öljyllä.

Veden lämmittäminen 80 °C:een laskettiin kaavalla:

$$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 40 \text{ m}^3 \times (80 - 5)^\circ\text{C} = 12600 \text{ MJ}$$

$$\frac{12600 \text{ MJ}}{3,6} = 3500 \text{ kWh}$$

Arvioidaan uuden 300 litran varaajan asentamisen ja kiertojohdon poiskytkennän maksavan 2500 €.

Takaisinmaksuaika:

$$\frac{2500 \text{ €}}{1175 \text{ €} \div 12 \text{ kk}} = 26 \text{ kk}$$

Lisäsäästönä voidaan kattilalaitos sammuttaa kesäkuukausiksi, jolloin estetään turhi-  
en lämpöhäviöiden muodostuminen. Vastaavanlaisen kattilan lämpöhäviöitä on tut-  
kittu eräässä opinnäytetyössä. /6/ Tämän perusteella saadaan kattilan lämpöhäviöiksi  
0,5 kW. Tällöin kolmeksi kuukaudeksi sammutettu laitos säästää rahallisesti luokkaa  
200 €.

### 3.6 Käyntiaikasuhteiden tarkastelu

Molemmat ilmanvaihtojärjestelmät ovat kello-ohjattuja ja käyvät seitsemänä päivänä  
viikossa 12 tuntia vuorokaudessa. Koska rakennuksessa työskennellään satunnaisesti  
myös viikonloppuisin, ei näiltä osin ole suuremmin huomautettavaa.

Mikäli sunnuntaisin ei kuitenkaan työskennellä, voisi ilmanvaihdon tällöin sammut-  
taa.

Edellä on saatu ilmanvaihtojärjestelmien nykyiseksi kulutukseksi nykyisillä käyn-  
tiajoilla  $(83,7+19,6)\text{MWh}=103,3 \text{ MWh}$

Kulutus uudella käyntiaikasuhteella 12 h/24 h, 6 vrk/7 vrk:

$$\frac{103,3 \text{ MWh}}{7 \text{ vrk}} \times 6 \text{ vrk} = 88,5 \text{ MWh}$$

Säästö:

$$\frac{(103300 - 88500)\text{kWh}}{10 \frac{\text{kWh}}{\text{dm}^3} \times 0,9} \times 1,15 \frac{\text{€}}{\text{dm}^3} = 1900 \text{ €}$$

Erittäin yksinkertaisella ja ilmaisella toimenpiteellä voitaisiin saavuttaa vuodessa 1900 € säästö.

## 4 MAALÄMPÖ

### 4.1 Maalämmön perusteet

Maalämmössä käytetään hyväksi kylmäaineen suljettua kiertoprosessia. Keruuputkistossa lämmennyt neste kiertää lämpöpumpun höyrystimen kautta. Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy sitoen lämpöä ympäristöstä ja siten jäähdyttää nestettä. Kompressori imee höyryn ja puristaa tämän korkeampaan paineeseen, jolloin höyry myös lämpenee. Lauhduttimessa höyry lauhtuu eli nesteytyy, jolloin vapautunut lämpö luovutetaan lauhduttimessa kiertävään veteen. Lauhduttimesta nesteytynyt kylmäaine johdetaan takaisin höyrystimeen. /7/

Kompressori toimii lähes poikkeuksetta sähkömoottorilla, lisäksi myös pumput ja mahdolliset lämmitysvastukset toimivat sähköllä, joten maalämpöpumppu vaatii täten myös sähköenergiaa. Maalämpöpumpun hyötysuhdetta kuvataan usein lämpökerrotoimella COP, joka kertoo paljonko lämpöä saadaan syötettyyn sähköön nähden. COP -arvon laskenta perustuu EN 255 standardiin. Nykyaikaisilla pumpuilla lämpökerroin on usein lähellä kolmea.

Maalämpöpumppuja mitoitetaan kahdella eri tavalla, jotka ovat täysteho- ja osatehomitoitus. Täystehomitoituksessa pumppu mitoitetaan tehoiltaan niin suureksi, että kaikki tarvittava lämpöenergia saadaan katettua maalämmöllä. Osatehomitoitusta käytettäessä pumppu mitoitetaan usein kattamaan noin 70-90 % lämmitystehontarpeesta. Loput tehontarpeesta katetaan lisälämmönlähteellä, esim. öljykattilalla tai sähkövastuksilla. Vaikka lämpöpumpun tehoksi valitaan vain 50 % huipputehosta, sillä saadaan tuotettua noin 90 % tarvittavasta lämpöenergiasta, koska todella kylmää on vain suhteellisen lyhyen ajan. /7/

Suurissa maalämpöpumppulaitoksissa käytetään usein yhden suuren pumpun sijasta useampaa pienempitehoista pumppua. Tällä saavutetaan parempi laitoksen hyötysuhde, sillä näin saadaan pumppujen käyntiajat pitkiksi jolloin hyötysuhde paranee. Näin osateholla ajettaessa käy vain esimerkiksi yksi pumppu pitkiä aikoja kerrallaan. Pumppujen käyntiä voidaan ohjata myös siten että pumput käyvät vuorotellen, jolloin pumput kuluvat tasaisesti. Useamman pumpun käyttäminen tuo myös käyttövarmuutta, sillä yhden pumpun mennessä epäkuntoon toimivat vielä muut pumput. Tällöin laitos toimii vielä osateholla, eikä täten ole täysin toimintakunnoton, mitä yhden ison pumpun rikkoutuessa tilanne saattaisi olla. Osaltaan samaa logiikkaa puoltaa osatehomoittaminen, jolloin pumpun ollessa epäkunnossa, ainakin osa tehontarpeesta saadaan tuotettua jollain muulla lämmitysmuodolla.

## 4.2 Keruuputkisto

Keruuputkisto voidaan toteuttaa kolmella tavalla:

- Maahan kaivettu vaakaputkisto
- Kallioon porattu lämpökaivo johon putken sijoitetaan
- Vesistön pohjaan upotettu putkisto

Suosituin tapa toteuttaa lämmönkeruuputkisto on porakaivo. /8/ Lämpökaivon käyttöä puoltavat esim. pienempi putkimäärä sekä tilantarve. Maahan asennettava vaakaputkisto ja kallioon porattava pystyputki mitoitetaan vuotuisen lämpöenergian mukaan. Sen sijaan vesistöön upotettava putkisto mitoitetaan tehon mukaan. /7/ Lämpökaivon teossa tulee myös huomioida nykyisin vaadittava toimenpidelupa joka tuli voimaan 1.5.2011. /8/

## 4.3 Energiatuki

Nykyään on mahdollista saada energiataukea toimenpiteisiin, joissa perimmäisenä tavoitteena on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. Vanhan öljykattilalaitoksen korvaaminen nykyaikaisella määlämmitysjärjestelmällä kuuluu tuen piiriin. Tuen suu-

ruus on tavallisesti ollut 20-25 % kustannuksista. /9/ Yritykset ja yhteisöt hakevat tätä energiatukea TE-keskukselta, yksityinen puoli voi myös saada tukea mutta se haetaan kunnalliselta puolelta.

## 5 MAALÄMMÖN SOVELTUVUUS KOHTEESEEN

Lämpöpumpun käyttö on sitä edullisempaa, mitä alemmalle lämpötilatasolle lämmitys on suunniteltu. Matalalämpöiset lattialämmitysjärjestelmät ovat maalämmölle kaikkein parhaiten soveltuvat. Kohteessa lattialämmitystä ei ole, vaan lämmitys on hoidettu vesikiertoisin radiaattorein, joiden mitoituslämpötiloina on 70/40 °C. Ilmanvaihdon lämmityksen tuloilmapatterin mitoituslämpötiloina on 60/40 °C. Lämpötilatason ollessa näin korkealla, ei maalämpöpumppu tule toimimaan parhaalla mahdollisella hyötysuhteella.

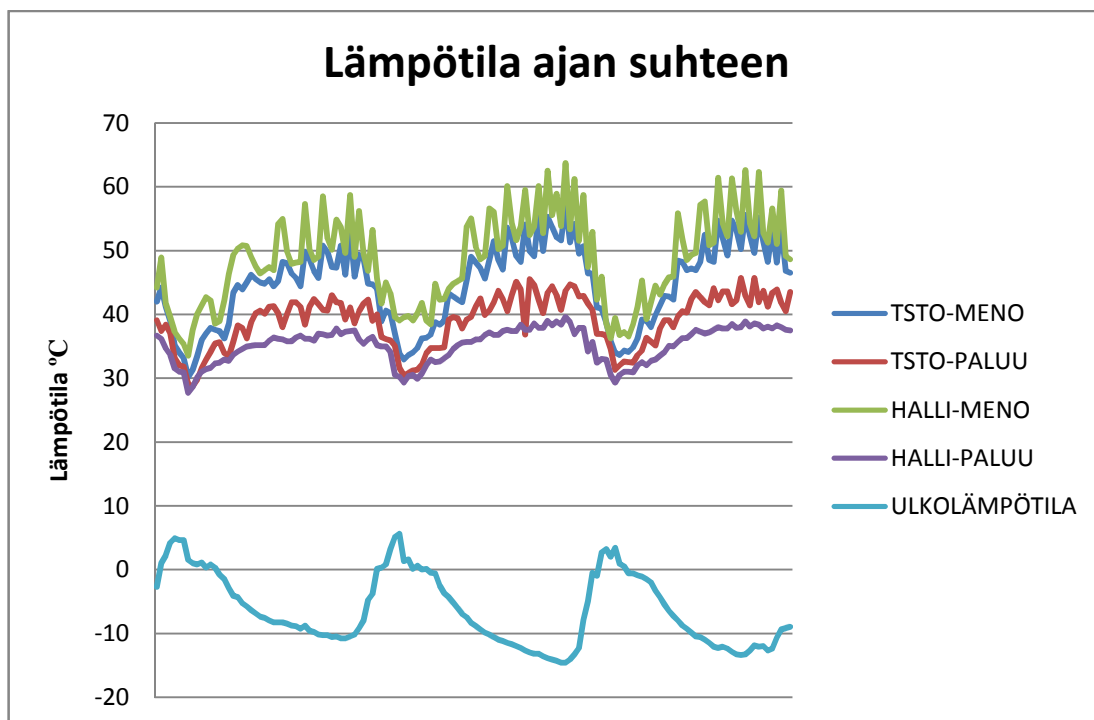
Hyötysuhdetta saadaan parannettua melko yksinkertaisin keinoin. Eräs tapa olisi lisätä radiaattoreiden pinta-alaa. Alaa lisäämällä saadaan enemmän tehoa, jolloin menoveden lämpötilaa voidaan laskea. Tämä voidaan toteuttaa joko lisäämällä radiaattoreiden lukumäärää, tai vaihtamalla nykyisiä kaksilevyisiä radiaattoreita kolmelevyisiksi. Toinen tapa on lisätä lämmitysjärjestelmään puhallinkonvektoreita.

### 5.1 Menoveden lämpötila

Kokemus on osoittanut, että lämpöpumppuperustaisissa järjestelmissä saavutetaan yhden asteen menoveden lämpötilan pudotuksella noin 2,5 % säästö energiakustannuksissa. /10/ Tämä selittyy COP -luvun paranemisella. Täten menoveden lämpötilaan kannattaa kiinnittää erityistä huomiota.

Rakennuksen patteripiirien meno- ja paluuesien lämpötiloja tutkittiin mittaamalla niitä Grantin 1000 sarjan dataloggerilla 4.3-7.3.2012. Mittausvälinä oli 30 minuuttia.

Mitatuista arvoista laadittiin diagrammi, josta nähdään, että kohteessa halliosaan lähtevän menoveden lämpötila on jo  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  pakkasella  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Kuva 5.1 Havaintidiagrammi

Diagrammista voidaan myös päätellä että hallin mitoituslämpötiloiksi merkitty 70/40 mitoitus pitää melko hyvin paikkansa. Lisähavaintona huomataan että säätö seilaa vahvasti ylös ja alas. Tämä johtuu todennäköisesti säädön epätarkkuudesta mutta energiakustannuksiin sillä ei ole merkitystä.

## 5.2 Menoveden lämpötilan alentaminen

Hallissa on tällä hetkellä 18 kpl radiaattoreita seuraavasti:

15 kpl Purmo 3000-600-2K, teho 70/40 mitoituksella 2925 W

2 kpl Purmo 2000-600-2K, teho 70/40 mitoituksella 1950 W

1 kpl Purmo 1800-600-2K, teho 70/40 mitoituksella 1750 W

Kokonaisteho on tällöin 49525 W.

2K –malli vastaa nykyistä C22 –mallia jolloin voidaan käyttää Purmon omia nykyisiä taulukoita. (liite2)

Mitoituslämpötilaa laskemalla laskevat myös pattereiden tehot, joten tällöin pitää pattereiden lukumäärää lisätä, tai pattereiden lämmönluovutus-pinta-alaa lisätä. Valitaan uudeksi mitoituslämpötilaksi 55/45, joka soveltuu paremmin lämpöpump-pulämmitykseen. Suunnilleen sama kokonaisteho saadaan esimerkiksi seuraavalla patterikokoonpanolla:

10 kpl Purmo C22 3000-600, teho 55/45 mitoituksella 2571 W  
 5 kpl Purmo C33 3000-600, teho 55/45 mitoituksella 3520 W  
 2 kpl Purmo C33 2000-600, teho 55/45 mitoituksella 2347 W  
 1 kpl Purmo C22 1800-600, teho 55/45 mitoituksella 1750 W

Kokonaisteho on tällöin 49754 W.

Muuttamalla 7 kpl hallin radiaattoreita kolmivaiheisiksi saataisiin radiaattoreista sama teho 55 °C menoveden lämpötilalla.

### 5.3 Vaikutukset lämmönjakoputkistoon ja pumppuihin

Koska mitoituslämpötilan lämpötilaero muuttuu siirryttäessä maalämmitykseen, muuttuu myös vesivirta, vesivirran muutoksesta johtuen muuttuu myös painehäviö.

Lasketaan vesivirran muutos kaavalla /1/:

$$\Phi = \rho q c \Delta T, q = \frac{\Phi}{\rho c \Delta T}$$

jossa:

$$\Phi = \text{lämmitysteho, } W$$

$$\rho = \text{veden tiheys, } 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$q = \text{tilavuusvirta}, \frac{l}{s}$$

$$c = \text{ominaislämpökapasiteetti}, 4,2 \frac{kJ}{kgK}$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero}, K$$

Vesivirta 70/40 mitoituksella:

$$\frac{49525 \text{ W}}{1000 \frac{kg}{m^3} \times 4,2 \frac{kJ}{kgK} \times 30 \text{ K}} = 0,393 \frac{l}{s}$$

Vesivirta 55/45 mitoituksella:

$$\frac{49754 \text{ W}}{1000 \frac{kg}{m^3} \times 4,2 \frac{kJ}{kgK} \times 10 \text{ K}} = 1,185 \frac{l}{s}$$

Nähdään että vesivirta kolminkertaistuu muutettaessa mitoitus nykyisestä 70/40 mitoituksesta 55/45 mitoitukseksi. Tällöin on syytä tarkastella putkiston koon riittävyyttä.

Käytetään maksimi kitkapainehäviön arvona 50 Pa/m ja nähdään teräsputken painehäviökäyrästä /1/, että nykyisellä vesivirralla 0,393 l/s riittäisi patteripiirin alkupään putkikooksi DN40. Siirryttäessä matalalämpöisempään järjestelmään vesivirta olisi 1,185 l/s, jolloin putkikooksi riittäisi DN50, jota nykyisessä järjestelmässä onkin käytetty. Täten putkistoa ei tarvitse muuttaa.

Kun virtaus kolminkertaistuu, painehäviö yhdeksänkertaistuu. Nykyisen painehäviön ollessa suunnitelmien mukaan 23 kPa, uusi painehäviö olisi 207 kPa. Pumppujen ollessa pääosin alkuperäisiä vakiokierroslukupumppuja, kannattaa pumput uusia maalämpöön siirtymisen yhteydessä uudenaikaisiksi kierrossäädettäviksi energiaa säästäviksi pumpuiksi.



#### 5.4 Johtopäätelmät

Maalämpö soveltuu kohteeseen tällaisenaan, mutta suurin hyöty maalämmöstä saadaan, kun suurennetaan lämmönluovuttimien pinta-alaa, tai tehostetaan lämmönluovutusta, jolloin saadaan menoveden lämpötilaa laskettua. Radiaattoreiden vaihtaminen tehokkaampiin on helppo toteuttaa ja siksi suositeltavin tapa saada menoveden lämpötilaa laskettua. Toimisto ja sosiaalityötilojen pattereiden tarkastelusta luovuttiin vähäisen merkityksen ja tilojen sisältämien ilmalämpöpumppujen vuoksi.

## 6 LÄMMITYSKUSTANNUKSET MAALÄMMÖLLÄ

Arvioidaan 55 °C:n menovedellä lämpöpumpun keskimääräiseksi COP-arvoksi 2,3. Tämä tarkoittaa että maalämpöpumppu tuottaa 2,3 kertaa niin paljon lämpöä kuin mitä se kuluttaa sähköä. Tällöin karkeasti arvioiden maalämmöllä tuotettu tarvittava lämpöenergia kuluttaa sähköä:

$$\frac{270 \text{ MWh}}{2,3} = 117 \text{ MWh}$$

Suurella sähköenergian kulutuksella ansaittu, verrattain halvalla sähkön hinnalla 10 snt/kWh (alv 23 %), vuoden kustannukset ovat täten:

$$117000 \text{ kWh} \times 10 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}} = 11700 \text{ €}$$

Säästöä vuodessa syntyy vaihtamalla lämmitysmuoto öljylämmityksestä maalämpöön seuraavasti:

$$34500 \frac{\text{€}}{\text{v}} - 11700 \frac{\text{€}}{\text{v}} = 22800 \frac{\text{€}}{\text{v}}$$

Arvioidaan kaksi 60 kW maalämpöpumppua asennettuna putkistoineen, reikineen ja varaajineen maksavan 120 000 €. Hinta ei sisällä rakennustöitä, jotka vääjäämättä ovat edessä pumppujen sijoittamisen mahdollistamiseksi.

Koroton takaisinmaksuaika ilman rakennustöitä ja mahdollista saatavaa energia-avustusta:

$$\frac{120000 \text{ €}}{22800 \text{ €} \div 12 \text{ kk}} = 5,3 \text{ v}$$

## 7 YHTEENVETO

Kohteeseen perehtymisen aikana löytyi useita mahdollisia epäkohtia, joihin puuttamalla saataisiin lämmitysenergiankulutusta vähennettyä nykyisestä. Osa säästöistä saavutetaan ilman eri kustannuksia, kuten hallin lämmöntalteenottokiekon puhdistus, sekä ilmanvaihdon käyntiaikasuhteiden muutos. Osalla muutoksista sen sijaan on melko pitkä takaisinmaksuaika ja näissä tapauksissa pitää miettiä muutosten kannattavuutta ja halua ylipäätään ryhtyä energiansäästötalkoisiin. Kuitenkin melko pienillä toimenpiteillä saavutetaan vuodessa tuhansien eurojen säästöt.

Maalämpöön siirtyminen kohteessa havaittiin myös erittäin kannattavaksi. Maalämpöön siirtymistä puoltavat ikääntynyt lämmöntuottotekniikka sekä kohtalaisen pienet muutoskustannukset, jotta maalämpö toimisi kohteessa hyvällä hyötysuhteella. Maalämpöön kannattaa panostaa myös, koska vihreät arvot ovat nykyisin nosteessa. Lisäksi öljyn hinta todennäköisesti jatkaa nousuaan. Eikä saa unohtaa myöskään TE-keskukselta haettavaa energiatukea, jota myönnetään juuri kaavailluille toimenpiteille. Se kattaa parhaimmillaan jopa 25 % kustannuksista.

## LÄHTEET

/1/ Seppänen, O. 2001. Rakennusten Lämmitys

/2/ Lasiluoto Oy:n www-sivut. Saatavissa:

<http://www.lasiluoto.fi/lasiopas.html>

/3/ Niglos Oy:n www-sivut. Saatavissa:

[http://www.niglos.fi/uploads/tiedostot/Niglos\\_RT.pdf](http://www.niglos.fi/uploads/tiedostot/Niglos_RT.pdf)

/4/ Keskustelu Niglos Oy:n ostoinsinöörin kanssa 10.4.2012

/5/ Esa Sandbergin opintomoniste vuodelta 2009

/6/ Tomi Tupalan opinnäytetyö: Leipomon lvi-laitteiden parantaminen, 2009

/7/ Hakala, P. ja Kaappola, E. 2007. Kylmälaitoksen suunnittelu

/8/ Motiva Oy:n www-sivut. Saatavissa:

[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/maalampo/](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampo/)

/9/ <http://www.te-keskus.fi/Public/?ContentID=21287&NodeID=10530&area=7642>

/10/ Oy Glen Dimplex Nordic AB:n julkaisu. Saatavissa:

[http://www.dimplex.de/fileadmin/dimplex/downloads/projektierungshandbuecher/fi/18-phb\\_heizen\\_fi\\_102008.pdf](http://www.dimplex.de/fileadmin/dimplex/downloads/projektierungshandbuecher/fi/18-phb_heizen_fi_102008.pdf)

## liite1

## Hallin ilmanvaihtokoneen lämpötilamittauspöytäkirja

Date and time	Chan 1 raitisilma °C	Chan 2 lto:n jälkeen °C	Chan 3 patterin jälkeen °C	Chan 4 poistoilma °C	Chan 5 jäteilma °C	
15.3.2012 15:00	5,6	16,7		23,5	23,4	17,6
15.3.2012 15:30	5,7	10,6		17,6	23,8	23,5
15.3.2012 16:00	5,2	10,2		18,4	22,5	22,7
15.3.2012 16:30	4,4	9,6		16,1	22,7	22,5
15.3.2012 17:00	4,3	9,3		15,2	22,7	22,5
15.3.2012 17:30	3,8	8,9		15	22,8	22,7
15.3.2012 18:00	4	12,2		16,1	22,7	21,8
15.3.2012 18:30	5,7	31,3		20	22,5	16,8
15.3.2012 19:00	6,2	34		21,9	22,7	15,2
15.3.2012 19:30	6,2	33,1		22,9	22,9	13,8
15.3.2012 20:00	6,3	35,1		23,6	22,8	12,7
15.3.2012 20:30	6,3	36,9		23,5	22,7	12,6
15.3.2012 21:00	6,6	34,7		23,5	22,7	12,3
15.3.2012 21:30	6,6	36,2		23,6	22,5	12,3
15.3.2012 22:00	6,7	38,8		23,4	22,4	12,6
15.3.2012 22:30	6,6	37		23,5	22,4	12,2
15.3.2012 23:00	6,6	36,1		23,4	22,5	12,1
15.3.2012 23:30	6,6	38		23,4	22,4	12,2
16.3.2012 0:00	6,6	37,4		23,4	22,4	12
16.3.2012 0:30	6,6	35,8		23,4	22,4	11,5
16.3.2012 1:00	6,6	35,9		23,8	22,5	11,2
16.3.2012 1:30	6,7	36,9		23,8	22,4	11,5
16.3.2012 2:00	6,6	37,2		23,6	22,4	11,3
16.3.2012 2:30	6,7	36,4		23,5	22,3	11,5
16.3.2012 3:00	6,7	35,9		23,5	22,3	11,2
16.3.2012 3:30	6,8	36,8		23,6	22,3	11,6
16.3.2012 4:00	6,8	37		23,5	22,2	11,2
16.3.2012 4:30	6,8	36,4		23,4	22,2	11,5
16.3.2012 5:00	6,9	35,4		23,6	22,2	11,2
16.3.2012 5:30	6,9	36,2		23,6	22,2	11,2
16.3.2012 6:00	3,8	20,5		32,5	20,9	19,3
16.3.2012 6:30	2,7	8,2		16,1	20,8	20,8
16.3.2012 7:00	2,5	7,2		16,4	21	20,9
16.3.2012 7:30	2,4	8,6		15,8	21	20,8
16.3.2012 8:00	2,4	6,4		16,1	21,5	21,3
16.3.2012 8:30	2,3	6,6		15,6	21,5	21,4
16.3.2012 9:00	2,4	7,7		15,6	22,2	21,9
16.3.2012 9:30	2,9	7,4		16,4	22,4	22,2

## liite 1 (jatkuu)

16.3.2012 10:00	3,4	7,6	16,7	22,4	21,5
16.3.2012 10:30	3,7	8,2	16,9	22,2	21,3
16.3.2012 11:00	3,8	6,9	14,3	22,7	22,7
16.3.2012 11:30	3,9	6,8	14,7	22,8	22,8
16.3.2012 12:00	4,2	7,2	15,3	22,9	22,7
16.3.2012 12:30	4,4	7,2	15,9	22,9	22,8
16.3.2012 13:00	4,7	7,4	16,9	22,9	22,9
16.3.2012 13:30	5,1	7,7	17,7	23,1	23
16.3.2012 14:00	5,3	8,1	15,6	23,5	23,3
16.3.2012 14:30	6,1	8,6	16,4	23,9	23,8

## Purmo patteriesite



KO RKEUS 600 MM	Radiattori- tyyppi	Pituus mm	LVI-malli	Teho W			Paino kg	Vesi- tilavuus l
				70/40/20°C	55/45/20°C	45/35/20°C		
<b>C11</b> $\Phi_1 = 1.018 \text{ W/m } (\Delta T50)$ $\Phi_2 = 521 \text{ W/m } (\Delta T30)$ $n = 1,3115$	C 11	400	5418282	235	207	120	75	1,3
	C 11	500	5418283	291	258	149	94	1,6
	C 11	600	5418284	352	310	179	11,2	1,9
	C 11	700	5418285	411	362	209	13,1	2,2
	C 11	800	5418286	469	413	239	15,0	2,6
	C 11	900	5418287	528	465	269	16,8	2,9
	C 11	1000	5418288	587	517	299	18,7	3,2
	C 11	1100	5418289	645	569	329	20,6	3,5
	C 11	1200	5418290	704	620	359	22,4	3,8
	C 11	1400	5418292	822	724	438	26,2	4,5
	C 11	1600	5418298	939	827	478	29,9	5,1
	C 11	1800	5418294	1056	910	538	31,7	5,8
	C 11	2000	5418295	1174	1034	598	37,4	6,4
	C 11	2300	5418296	1350	1189	688	43,0	7,4
	C 11	2600	5418297	1526	1344	777	48,6	8,3
	C 11	3000	5418298	1760	1551	897	56,1	9,6
	<b>C21</b> $\Phi_1 = 1.340 \text{ W/m } (\Delta T50)$ $\Phi_2 = 682 \text{ W/m } (\Delta T30)$ $n = 1,3213$	C 21	400	5418482	308	271	156	10,4
C 21		500	5418483	385	338	195	13,0	3,3
C 21		600	5418484	462	406	234	15,6	3,9
C 21		700	5418485	538	474	273	18,1	4,6
C 21		800	5418486	615	542	312	20,7	5,2
C 21		900	5418487	692	609	351	23,3	5,9
C 21		1000	5418488	769	677	390	25,9	6,5
C 21		1100	5418489	846	745	429	28,5	7,2
C 21		1200	5418490	923	812	468	31,1	7,8
C 21		1400	5418492	1077	948	546	36,3	9,1
C 21		1600	5418498	1231	1083	624	41,5	10,4
C 21		1800	5418494	1385	1218	702	46,7	11,7
C 21		2000	5418495	1538	1354	790	51,8	13,0
C 21		2300	5418496	1769	1557	897	59,6	15,0
C 21		2600	5418497	2000	1760	1094	67,4	16,9
C 21		3000	5418498	2308	2031	1170	77,8	19,5
<b>C22</b> $\Phi_1 = 1.709 \text{ W/m } (\Delta T50)$ $\Phi_2 = 864 \text{ W/m } (\Delta T30)$ $n = 1,3358$		C 22	400	5418682	390	343	196	13,4
	C 22	500	5418683	488	428	246	16,7	3,3
	C 22	600	5418684	585	514	294	20,0	4,0
	C 22	700	5418685	683	600	343	23,4	4,6
	C 22	800	5418686	780	685	392	26,7	5,3
	C 22	900	5418687	878	771	442	30,1	5,9
	C 22	1000	5418688	975	857	491	33,4	6,6
	C 22	1100	5418689	1073	943	540	36,7	7,3
	C 22	1200	5418690	1170	1028	589	40,1	7,9
	C 22	1400	5418692	1365	1200	687	46,8	9,2
	C 22	1600	5418698	1560	1371	785	53,4	10,6
	C 22	1800	5418694	1755	1542	883	60,1	11,9
	C 22	2000	5418695	1950	1714	982	66,8	13,2
	C 22	2300	5418696	2243	1971	1128	76,8	15,2
	C 22	2600	5418697	2535	2228	1275	86,8	17,2
	C 22	3000	5418698	2925	2571	1473	100,2	19,8
	<b>C33</b> $\Phi_1 = 2.356 \text{ W/m } (\Delta T50)$ $\Phi_2 = 1.183 \text{ W/m } (\Delta T30)$ $n = 1,3486$	C 33	400	5418882	515	469	267	20,1
C 33		500	5418883	669	587	314	25,1	4,9
C 33		600	5418884	802	704	400	30,1	5,9
C 33		700	5418885	936	821	468	35,1	6,9
C 33		800	5418886	1070	939	535	40,2	7,8
C 33		900	5418887	1203	1056	601	45,2	8,8
C 33		1000	5418888	1337	1173	668	50,2	9,8
C 33		1100	5418889	1471	1291	735	55,2	10,8
C 33		1200	5418890	1604	1408	801	60,2	11,8
C 33		1400	5418892	1872	1643	936	70,3	13,7
C 33		1600	5418898	2139	1878	1069	80,3	15,7
C 33		1800	5418894	2407	2112	1201	90,4	17,6
C 33		2000	5418895	2674	2347	1336	100,4	19,6
C 33		2300	5418896	3075	2699	1537	115,5	22,5
C 33		2600	5418897	3476	3051	1737	130,5	25,5
C 33		3000	5418898	4011	3520	2006	150,6	29,4

