

Olli-Pekka Vanhala

VOIMALAITOKSEN SISÄISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN
KARTOITUS

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto
2013

VOIMALAITOKSEN SISÄISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KARTOITUS

Vanhala, Olli-Pekka
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2013
Ohjaaja: Vaittinen, Reijo
Sivumäärä: 33
Liitteitä: 11

Asiasanat: lämmitysjärjestelmä, kaukolämpö, lämmitys, lämmönsiirrin

Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa Pori Energia Oy:n Aittaluodossa sijaitsevan voimalaitoksen sisäisen kaukolämpöjärjestelmän rakenne, käyttökohteet ja mahdolliset puutteet. Työn alkuvaiheessa oletuksena oli, että talvisin sisäisessä kaukolämpöjärjestelmässä on puutteita. Selvityksen edetessä todettiin, että osassa laitosta lämmitys on riittämätön tai se puuttuu kokonaan.

Työ aloitettiin kartoittamalla sisäisen kaukolämpöjärjestelmän rakenne ja kulutuskohteet. Selvitys tehtiin pääasiassa kenttäkierroksilla. Jokainen linja käytiin yksityiskohtaisesti läpi seuraamalla putkien haarautumista. Mittaukset tehtiin käyttäen ultraäänivirtausmittaria, jolla selvitettiin lämmönsiirtimien tulevat ja lähtevät nestevirtaukset. Mittausten pohjalta laadittiin lämmönsiirtimien teholaskelmat.

Selvityksessä paljastui, että osa lämmityskohteista oli puutteellisia ja lämmönsiirtimien putkilinjat huonokuntoisia. Tuloksien pohjalta voitiin muodostaa parannusehdotuksia voimalaitoksen sisäisen kaukolämpöjärjestelmän parantamiseksi.

A SURVEY OF THE INTERNAL HEATING SYSTEM IN A POWERPLANT

Vanhala, Olli-Pekka

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Machine and Production Engineering

April 2013

Supervisor: Vaittinen, Reijo

Number of pages: 33

Appendices: 11

Keywords: heating system, district heating, heating, heat exchanger

The purpose of this thesis was to study the internal district heating system in Pori Energia Oy's power plant situated in Aittaluoto's industry area. The starting point of this study was that there are multiple drawbacks in the internal district heating system of the power plant and need in maintenance. As the study progressed it was found that in some points of the power plant the heating system is insufficient or missing entirely.

The study began by examining the internal district heating system's pipelines and using points. The study was mainly carried out by making field surveys. All pipelines were checked by finding out where the line starts and where it ends. The measurements were made with ultrasonic flow meter which made it possible to find out the heat exchanger's incoming and outgoing fluid flows. The calculations concerning the heat exchanger's output capacities were made by using the results of the measurements.

The results of this study are that there were many defective heating points and the heat exchanger's pipelines were in poor condition. This study made it possible to make improvement proposals for the power plant's internal district heating system.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PORI ENERGIA OY.....	7
2.1	Yrityskuvaus	7
2.1.1	Aittaluodon voimalaitos	8
2.2	RT-kattila	8
2.3	R-kattila	10
2.4	Apukattila.....	11
2.5	Prosessikuvaus	12
3	KAUKOLÄMPÖ LÄMMITYSMUOTONA.....	12
3.1	Lämmityksen tarve	12
3.1.1	Huonetilojen lämmitys	13
3.1.2	Tuloilman lämmitys.....	13
3.1.3	Lämmin käyttövesi	14
3.2	Kaukolämpöjärjestelmä.....	15
3.2.1	Kaukolämpöveden lämpötilan säätö.....	16
3.2.2	Kaukolämpöverkon paineen säätö.....	16
3.2.3	Kaukolämpöverkon paine-eron säätö	16
3.2.4	Putkistoratkaisut	17
3.2.5	Kaukolämmön ympäristövaikutukset	17
4	KAUKOLÄMMÖN OMAKÄYTTÖ.....	18
4.1	Lämmönsiirtimet.....	18
4.1.1	RT-lämmönsiirrin	20
4.1.2	R-lämmönsiirrin.....	20
4.1.3	Kiinteistölämmönsiirrin.....	21
4.1.4	Lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin.....	22
4.1.5	Vastaanottoaseman lämmönsiirrin.....	22
5	MITTAUKSET	22
5.1	Mittauksissa käytettävät mittalaitteet.....	22
5.2	Mittauspisteet.....	24
5.3	Mittaustulokset.....	25
5.4	Mittaustulosten arviointi	25
6	LASKELMAT	26
6.1	Kaukolämpöveden jäähtyminen	26
6.2	Lämmönsiirtimien tehot.....	27
6.2.1	RT-lämmönsiirrin	27
6.2.2	R-lämmönsiirrin.....	28

6.2.3 Kiinteistö-lämmönsiirrin	29
6.2.4 Lämmönsiirtimien kokonaistehot	29
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
8 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen sisäinen kaukolämpöä käyttävä lämmitysjärjestelmä. Työn avulla on tarkoitus saada kattava kuva voimalaitoksen eri lämmityskohteista. Työssä tutkittiin sisäiseen kaukolämpöä käyttävään lämmitysjärjestelmään kuuluvien putkien virtausnopeuksia sekä tarkasteltiin, löytyykö lämmitysjärjestelmästä puutteita tai heikkouksia. Lisäksi tuli tutkia sähkölämmityksen korvausmahdollisuuksia kaukolämmöllä sekä löytyykö voimalaitokselta lisää lämmitystä vaativia kohteita.

Opinnäytetyön lähtökohtana oli vuonna 2011 tehty energia-analyysi, jossa omakäyttölämmityksien tarkastelu oli yhtenä jatkoselvityskohteena. Työssä käytettiin hyväksi voimalaitoksen omaa ultraäänivirtausmittaria sekä lämpökameraa. Opinnäytetyöhön liittyen haastateltiin sekä asiantuntijoita, että Aittaluodon voimalaitoksen omaa henkilökuntaa.

2 PORI ENERGIA

2.1 Yrityskuvaus

Pori Energia Oy on kaupungin omistama kaukolämmön, höyryn, sähkön, paineilman ja prosessivesien tuotantoa harjoittava energia-alan yritys. Lisäksi Pori Energia Oy:n palveluihin kuuluvat erilaiset urakointi- ja kunnossapitopalvelut.

Pori Energia Oy on perustettu vuonna 2006, jolloin silloinen Porin Lämpövoima Oy osti Porin Kaupungin energialaitoksen osakekannan ja uuden yhtiön nimeksi tuli Pori Energia Oy. Vuonna 2006 Pori Energia Oy:n liikevaihto oli 73M€. Tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy vastaa sähkön siirrosta ja jakelusta Porin alueella yhteisyritys Dalkia AB:n kanssa. Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy vastaa energiapalveluiden tarjoamisesta teollisuusasiakkaille.

Pori Energia Oy:n oma voimalaitos sijaitsee Aittaluodossa. Harjavallan suurteollisuuspuistossa on tytäryhtiön Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy:n voimalaitos. Kaanaassa on Porin Prosessivoima Oy:n omistama voimalaitos, jonka käynnissäpidosta vastaa Pori Energia Oy:n henkilökunta. Lisäksi Pori Energia Oy:llä on osuutensa mm. Meri-Porin ja Raahen Tuulipuistoissa./5/

Voimalaitoksilla tuotetaan vuosittain energiaa noin 1,5 TWh. Suurin osa Porin Kaupungin tarvitsemasta kaukolämmöstä tuotetaan tällä hetkellä Aittaluodon voimalaitoksella. Pihlavan ja Harjavallan voimalaitosten tuotannosta pääosa menee prosessihöyrynä teollisuusasiakkaille. Kaikissa voimalaitoksissa tuotetaan sähköä, kaukolämpöä rakennusten lämmitykseen, prosessihöyryä teollisuuden tarpeisiin sekä vettä eri puhtausasteissa. Harjavallan voimalaitos tuottaa myös paineilmaa teollisuusalueen yrityksille.

Vuonna 2011 Pori Energia Oy tuotti energiaa 1130 GWh sekä teollisuuden että kotitalouksien tarpeisiin. Tuotto jakautui kaukolämpöön (600 GWh), sähkөөn (256 GWh), prosessihöyryyn ja -lämpöön teollisuuden tarpeisiin (274 GWh).

Toiminnan tunnusluvut on kuvattuina taulukossa 1./1/

Taulukko 1. Pori Energia Oy:n toiminta numeroin /6/

Vuosikatsaus 2012	2012	2011
Liikevaihto (M€)	175,8	160,6
Liikevoitto (M€)	12,3	17,5
Investoinnit (M€)	22,2	16,1
Omavaraisuusaste (%)	21,2	20,4
Vakinainen henkilöstö	263	258

Pori Energia Oy:n toiminta on nousujohteista, kuten tuloksesta voidaan vuosikertomuksen mukaan todeta.

2.1.1 Aittaluodon voimalaitos

Aittaluodon voimalaitos sijaitsee keskellä Porin kaupunkia Aittaluodon teollisuusalueella. Voimalaitos tuottaa vuodessa noin 500 GWh energiaa. Tuotannosta noin neljännes on kaukolämpöä, joka toimitetaan Porin ja Ulvilan kaukolämpöverkkoihin. Kaukolämmön lisäksi voimalaitoksella tuotetaan prosessihöyryä teollisuuden tarpeisiin sekä yhteistuotantona syntyvää sähköä Pori Energian asiakkaille. Voimalaitoksen polttoaineena käytetään pääasiassa kotimaista puuta ja turvetta.

Aittaluodon voimalaitoksen pääkoneiston muodostavat kaksi leijukerroskattilaa, joiden yhteinen lämpöteho on 206 MW sekä kaukolämpö- ja vastapaineturbiini. Voimalaitoksella on myös matalapainehöyrylämmönsiirtimiä, joiden yhteisteho on noin 90 MW. Aittaluodon voimalaitosta on jatkuvasti kehitetty, muun muassa voimalaitoksen polttotekniikka ja polttoainevarastointi on uudistettu 1990- luvulla. Samalla on kiinnitetty huomiota myös ympäristöystävällisyyden parantamiseen.

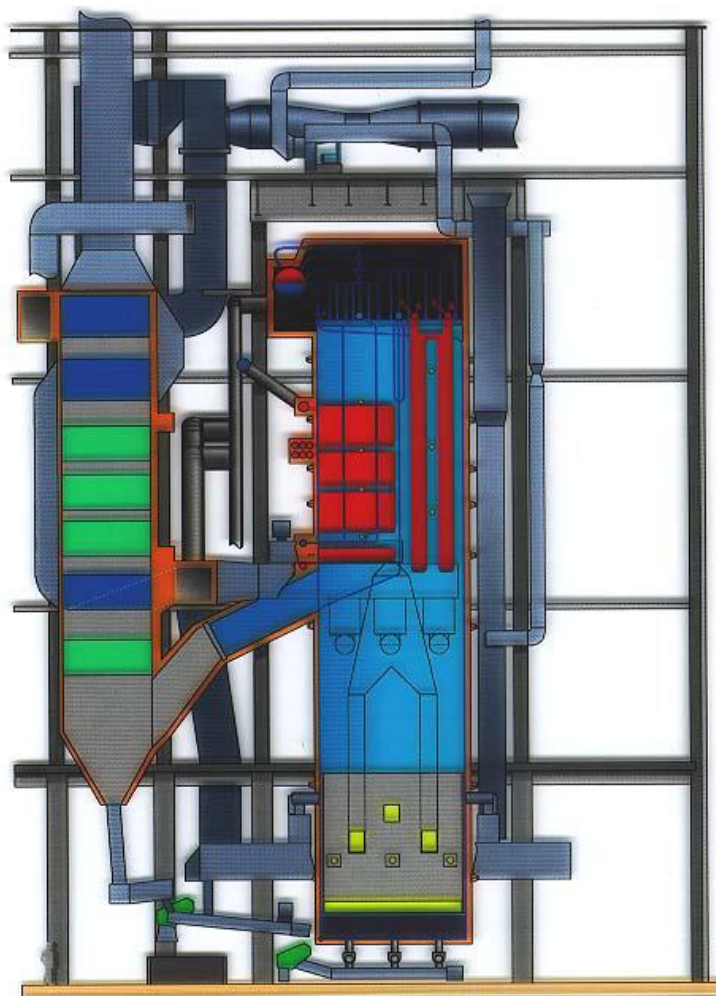
2.2 RT-kattila

RT-kattila on otettu käyttöön vuonna 1981 alun perin arinakattilaksi, ja se on muutettu leijukerroskattilaksi vuonna 1996. RT-kattila on Aittaluodon voimalaitoksen isoin kattila ja toimii päälämmöntuottajana suurien lämpökuormien aikana. Kattila on Ro-

senlew Tampellan valmistama ja siitä tulee myös käyttöön vakiintunut lyhenne RT-kattila. Taulukossa 2 on esitetty RT-kattilan tekniset tiedot ja rakennekuva kuvassa 2.2.1.

Taulukko 2. RT-kattilan tekniset tiedot

Valmistaja	Oy W.Rosenlew AB, Pori
Leijukerrosmuutos	Kvaerner Pulping Oy, Tampere
Tuorehöyryn paine	113 bar
Höyryn kehitys	44 kg/s
Tuorehöyryn lämpötila	525 °C
Leijukerroksen lämpötila	700-950 °C
Kattilateho	116 MW



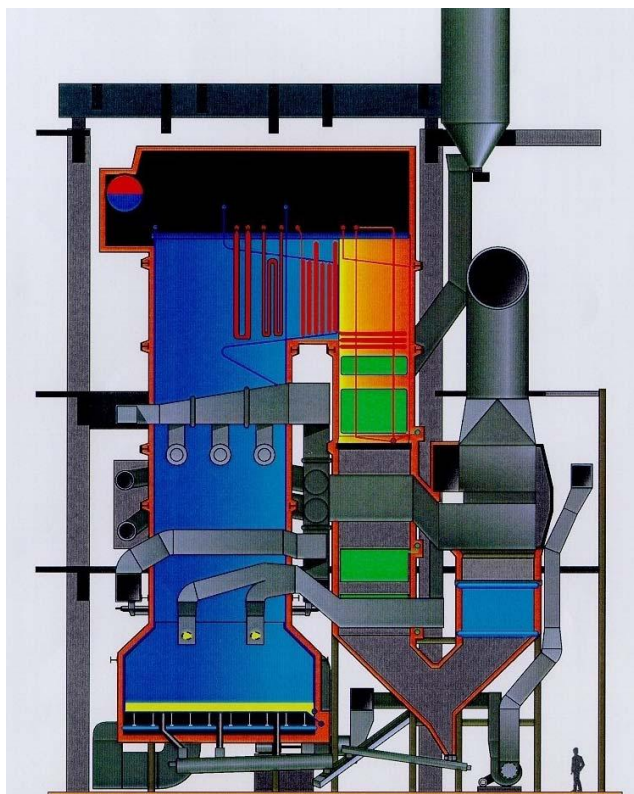
Kuva 2.2.1. RT-kattilan halkileikkaus (kuva Kvaerner Pulping)

2.3 R-kattila

R-kattila on otettu käyttöön arinakattilaksi vuonna 1968, mutta se on muutettu vuonna 1994 leijukerroskattilaksi. Kattilan on valmistanut Rosenlew Oy ja siitä tulee myös käyttöön vakiintunut lyhenne R-kattila. Taulukossa 3 on esitetty R-kattilan tekniset tiedot ja rakennekuva kuvassa 2.3.1.

Taulukko 3. R-kattilan tekniset tiedot

Valmistaja	Oy W.Rosenlew AB, Pori
Leijukerrosmuutos	Kvaerner Pulping Oy, Tampere
Tuorehöyryn paine	112 bar
Höyryn kehitys	32 kg/s
Tuorehöyryn lämpötila	525 °C
Leijukerroksen lämpötila	700-950 °C
Kattilateho	90 MW



Kuva 2.3.1. R-kattilan halkileikkaus (kuva Kvaerner Pulping)

2.4 Apukattila

KPA Unicon Oy:n toimittama 46 MW vara- ja huippukuormakattila sijaitsee vanhas-
sa voimalaitosrakennuksessa. Kattila hyödyntää seuraavia voimalaitoksen olemassa
olevia järjestelmiä, jotka ovat kattiloiden yhteiskäytössä:

- lauhdejärjestelmä
- syöttövesisäiliö ja kaasunpoisto
- öljysäiliö ja siirtopumput
- paineilmajärjestelmä
- apujäähdyttimen jäähdytysvesikierto
- sähkönjakelu uutta kattilalaitosta syöttävien kiskostojen osalta se-
kä toiminnassa olevien vanhan laitoksen järjestelmien osalta.

Taulukko 4. Apukattilan teknisiä tietoja

Polttoaine	
Tyyppi	Teboil 420
Tehollinen lämpöarvo	41 MJ/kg
Tiheys (15 °C)	987 kg/m ³
Palamisilma	
Lämpötila	+25 °C
Suhteellinen kosteus	50 %
Höyry	
Lämpötila	220 °C
Paine	16 bar
Virtaama max.	70,3 t/h

Apukattila poikkeaa käyttöominaisuuksiltaan muista Aittaluodon höyrykattiloista,
esimerkiksi kattila käyttää polttoaineenaan raskasta polttoöljyä.

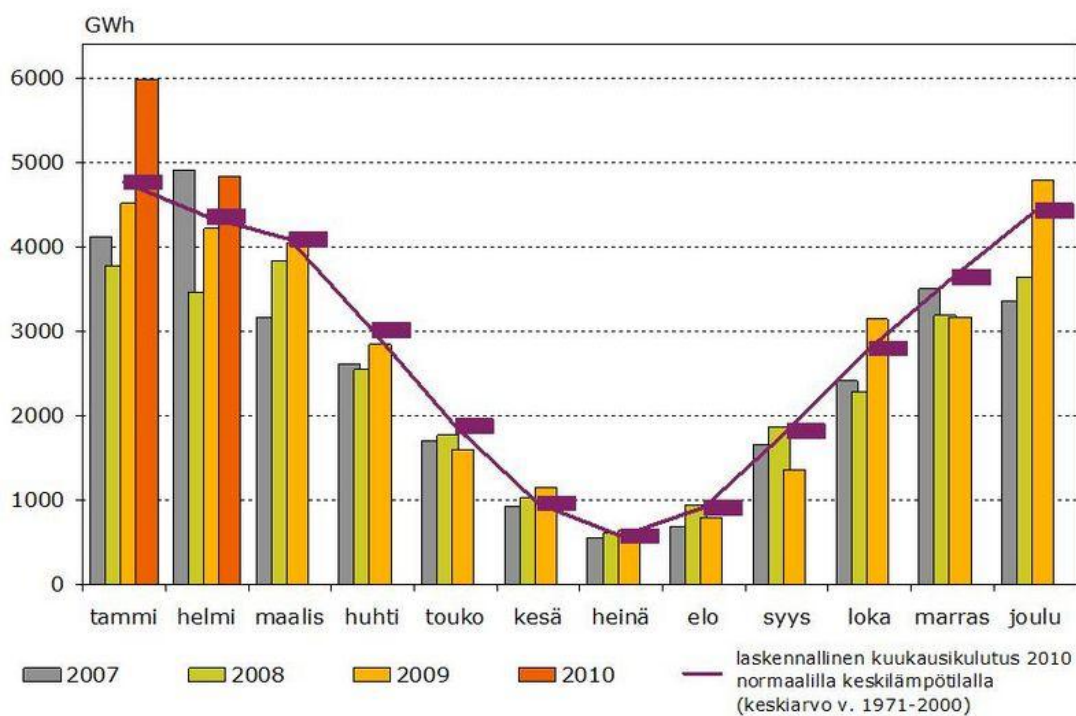
2.5 Prosessikuvaus

Kattilalaitoksella kehitetty lämpöenergia siirretään putkistojen kautta kulutuskohteisiin. Siirtoaineena toimiva höyry on valmistettu raakavedestä (jokivedestä) vedenkäsittelylaitteistolla ja kemikalikoimalla siten, että syöttö- ja kattilavedelle asetetut kattilan paineluokkaa vastaavat laatuvaatimukset täyttyvät.

3 KAUKOLÄMPÖ LÄMMITYSMUOTONA

3.1 Lämmityksen tarve

Lämmityksen tarpeen määrittävät rakennusten (patteriverkon ja ilmastoinnin) sekä käyttöveden lämmitykset. Lämmöntarpeen kuukausivaihtelu on voimakasta, sillä lämmöntarve kasvaa ulkolämpötilan laskiessa. Kuukausivaihtelu on esitetty kuvassa 3.1. (Koskelainen, Saarela & Pimiä, 2006, 41)



Kuva 3.1. Lämmöntarpeen kuukausivaihtelu. (Kuva co2-raportti www-sivut 2013)

3.1.1 Huonetilojen lämmitys

Lämmitysjärjestelmä tulee suunnitella siten, että toimistotilojen, puolilämpimien tilojen, työskentelytilojen ja pesutilojen lämmitystä voidaan ohjata erikseen. Tämä mahdollistaa eri tilojen lämmityksen tarpeen mukaan. Esimerkiksi pesutilojen lattialämmitystä voidaan pitää päällä kesälläkin, vaikka talon muu lämmitys on vähäinen tai kokonaan pois päältä./7/

Huonelämmityksen tehontarve lasketaan kaavalla

$$\Phi_h = \Phi_j + \Phi_{vi} + \Phi_{spi} + \Phi_{ki} \quad (1)$$

, missä Φ_h = huonelämmityksen tehontarve

Φ_j = tilojen johtumisteho

Φ_{vi} = vuotoilman lämmitysteho

Φ_{spi} = tuloilman lämmitysteho

Φ_{ki} = korvausilman lämmitysteho

3.1.2 Tuloilman lämmitys

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa raitisilma puhalletaan huoneisiin tuloilmakanavien venttiilien kautta. Kylmä ulkoilma lämmitetään lämmöntalteenottolaitteessa rakennuksesta poistettavasta ilmasta saatavalla lämpöenergialla. Mikäli lämmöntalteenottolaitteella ei saada tuloilmaa riittävän lämpimäksi, tuloilmaa lämmitetään ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterilla.

Jälkilämmityspatterissa on joko sähkövastus tai vesikierukka. Rakennuksissa, joissa on vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä, jälkilämmityspatteri kannattaa toteuttaa omana vesikiertoisena piirinään, jolloin tuloilman lämmityksessä voidaan hyödyntää samaa lämmitysenergiaa kuin varsinaisessa lämmitysjärjestelmässäkin./7/

Ilmanvaihdon lämmityksen vaatima teho lasketaan kaavalla

$$\Phi_i = \rho_i * c_{pi} * q_{pi} * (T_s - T_u) * (1 - \eta_{pi}) \quad (2)$$

, missä Φ_i = ilmanvaihdon lämmityksen vaatima teho

ρ_i = ilman tiheys (1,2 kg/m³)

c_{pi} = ilman ominaislämpö (1006 J/kg°C)

q_{pi} = poistoilmavirta (m³/s)

η_{pi} = lämmön talteenoton poistoilman lämpötilahyötysuhde mitoitusilanteessa

T_s = sisälämpötila (°C)

T_u = ulkolämpötila (°C)

3.1.3 Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluu tyypillisesti noin 10-25 % koko lämmitysenergiasta. Henkilöstön käyttötottumuksilla on kuitenkin erittäin suuri vaikutus lämpimän käyttöveden energiankulutukseen./7/

Käyttöveden lämmitystehon tarve lasketaan kaavalla

$$\Phi_{1v} = \rho_v * c_{pv} * q_{lkv} * (T_{lv} - T_{kv}) + \Phi_{lkv,kierto} \quad (3)$$

, missä Φ_{1v} = käyttöveden lämmityksen vaatima teho

ρ_v = veden tiheys (1000 kg/m³)

c_{pv} = veden ominaislämpö (4,2 kJ/kg°C)

q_{lkv} = lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama (m³/s)

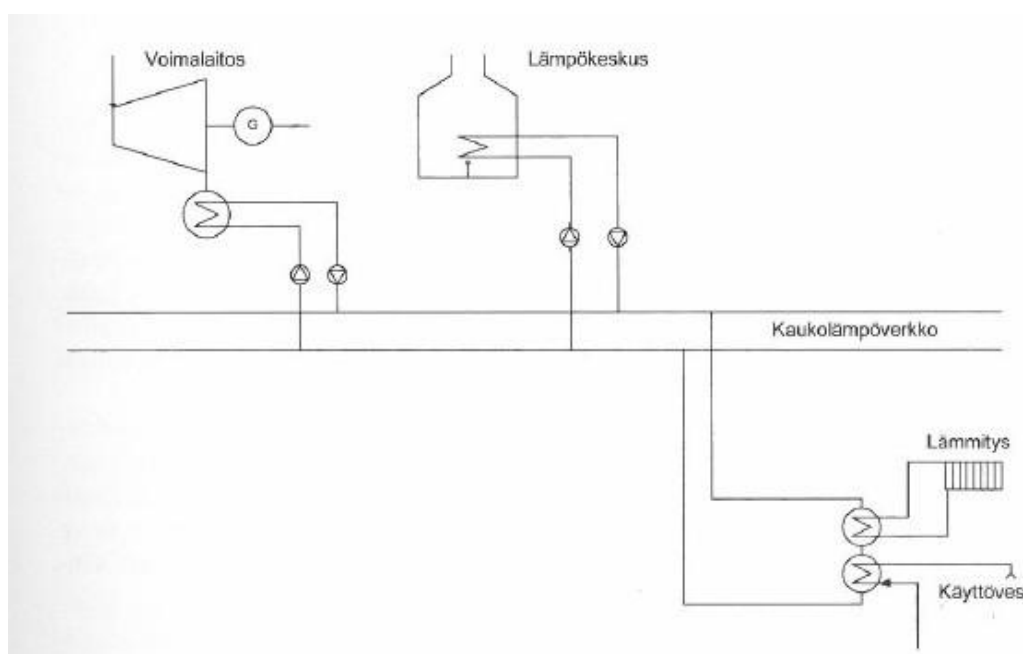
T_{lv} = lämpimän käyttöveden lämpötila (°C)

T_{kv} = kylmän veden lämpötila (°C)

$\Phi_{lkv,kierto}$ = lämpimän käyttöveden kiertojohdon häviöteho (kW)

3.2 Kaukolämpöjärjestelmä

Kaukolämmityksessä lämpö siirtyy putkissa kiertävän veden mukana. Samaa vettä kierrätetään yhä uudelleen lämmön kuljettajana. Luovutettuaan lämmön asiakkaan kiinteistöön vesi palaa lämmityslaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. Yleisimmin kaukolämmitysjärjestelmässä käytetään yhtä meno- ja yhtä paluuputkea. Nämä putket ovat keskenään samankokoisia ja muodostavat yhdessä kaukolämpöjohton. (Koskelainen ym. 2006, 43) Kaukolämpöjärjestelmän periaatekuva esitetty kuvassa 3.2.



Kuva 3.2. Kaukolämpöjärjestelmän periaatekuva (Koskelainen ym. 2006, 43)

Kaukolämpöjärjestelmä on kokonaisuus, jonka pääosina ovat lämpöä tuottavat lämmityslaitokset, kaukolämpöverkko eli lämmön siirtämiseen tarvittavat putkistot ja lämmön vastaanottoon ja jakeluun tarvittavat asiakkaan laitteet. Kaukolämpövesi saadaan liikkeelle lämmityslaitosten pumppujen avulla. Vettä lämmitetään voimalaitosten lämmönsiirtimissä tai lämmityslaitosten kattiloissa ja jäädytetään asiakkaiden lämmönsiirtimissä tai suoraan lämmönkulutuskojeissa. (Koskelainen ym. 2006, 43)

3.2.1 Kaukolämpöveden lämpötilan säätö

Kaukolämpöverkoston syötettävän veden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan siten, että lähtevän veden lämpötila on kylmimpänä aikoina talvella 115 °C ja kesällä 70 °C. Lämpötilan säätö tapahtuu yleensä sekoittamalla tarvittava määrä kylmää paluuvettä kattilalta lähtevään kuumaan veteen. Mitä suurempi jäähdytys kaukolämpövedelle lämmitettävien rakennuksien lämmönjakokeskuksissa saadaan, sitä pienimmillä pumppauskustannuksilla kaukolämpö saadaan siirrettyä asiakkaille. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 14)

3.2.2 Kaukolämpöverkon paineen säätö

Kaukolämpöverkoston pitää olla tietyn suuruinen paine, ettei vesi pääse höyrystymään. Paineita ylläpidetään paineenpitopumpuilla, joita on yleensä kaksi rinnan. Pumput voivat toimia esimerkiksi painekeytkimen ohjaamina. Paineenpitopumput pumppaavat vettä lisävesisäiliöstä kaukolämpöverkoston paluuputkeen. Pumpuilla pumpataan vettä verkostoon, jos lämmön tuotannon häiriön vuoksi verkosto alkaa jäähtyä ja paine sen vuoksi laskee. Vettä pumpataan myös korvaamaan putkivuotojen mukana putkistosta poistuvaa vettä. (Huhtinen ym. 2008, 14)

3.2.3 Kaukolämpöverkon paine-eron säätö

Kaukolämpöverkoston kierrätettävää vesivirtaa ei varsinaisesti mitata ja säädetä. Tieto vesivirran kasvusta saadaan siitä, että paine-ero meno- ja paluuputken välillä alkaa pienentyä. Paine-eroa mitataan verkoston kriittisimmistä kohdista, joissa paine-ero ensiksi pyrkii pienentymään. Kriittisimmät paikat selviävät useimmiten käytön ja kokemusten pohjalta. Näistä kohdista mitataan paine-eroa ja kierovesipumppuja ohjataan tämän paine-eromittauksen perusteella. Mikäli paine-ero pienenee, lisätään pumppujen kierroslukua ja päinvastoin. Kaukolämpökuluttajien laitteet tarvitsevat noin 0,5 baarin paine-eron toimiakseen moitteettomasti. Kyseisellä paine-erolla riittävä vesimäärä virtaa säätöventtiilien ja lämmönsiirtimien läpi. (Huhtinen ym. 2008, 14)

3.2.4 Putkistoratkaisut

Nykyään käytetään yleisimmin tehdasvalmisteisia kaukolämpöputkielementtejä. Elementit valmistetaan sijoittamalla teräksiset virtausputket muovisuojakuoren sisään, minkä jälkeen virtausputkien ja muovisuojakuoren välinen tila pursotetaan täyteen polyuretaania. Uretaani kiinnittyy sekä muovisuojakuoreen että virtausputkiin muodostaen niistä yhteisen elementin. (Huhtinen ym. 2008, 16)

Putket asennetaan maahan noin metrin syvyyteen kivettömän sorakerroksen päälle. Salaojitus pitää kaivannon kuivana asennusaikana ja pienentää lämpöhäviöitä käytön aikana. Kun putkisto on asennettu, se lämmitetään normaaliin käyttölämpötilaan ja peitetään maakerroksella vasta lämmityksen jälkeen. Putki ympäröidään soralla, joka tiivistetään putken ympärille. (Huhtinen ym. 2008, 17)

3.2.5 Kaukolämmön ympäristövaikutukset

Kaukolämmön ympäristövaikutukset riippuvat siitä, millaisessa voimalaitoksessa sitä tuotetaan ja mitä polttoainetta voimalaitoksessa käytetään. Yhteistuotantolaitokset, joissa tuotetaan sähköä ja lämpöä, toimivat erittäin hyvällä hyötysuhteella. Jos kaukolämpöä tuottavan voimalaitoksen polttoaineena käytetään uusiutuvaa energiaa, se on erittäin ympäristöystävällistä. Uusiutuvia energianlähteitä ovat esimerkiksi puu, hake ja pelletti.

4 KAUKOLÄMMÖN OMAKÄYTTÖ

4.1 Lämmönsiirtimet

Lämmönsiirrin on energiatekniikan komponentti, jolla lämpöenergiaa siirretään fluidista toiseen. Aittaluodon voimalaitoksen omakäyttölämmönsiirtimien ensiöpiireissä käytetään kaupungille lähtevää kaukolämpövettä. Ensiöpiiri lämmittää lämmönsiirtimien kautta toisiopiiriä, missä kulkee lämmitykseen menevä glykoli-vesiseos.

Aittaluodon omakäyttölämmönsiirtimet toimivat vastavirtaperiaatteella, jossa luovutettava ja vastaanottava virtaus virtaavat vastakkain. Lämmönsiirtimien lämmönsiirtopinnat ovat rakennettu levyistä.

Lämmitykseen menevän vesi-glykoli-seoksen lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan automaattisesti. Mitä kylmempää on, sitä lämpimämpää vesi-glykoli-seosta kierrätetään. Lämmönsiirtimien kytkentäkaaviot sekä lämpötilan säätökaaviot on esitetty erillisinä liitteinä. (Liitteet 8,9,)

Aittaluodon voimalaitoksen lämmitysjärjestelmän periaatekuva on esitetty erillisessä liitteessä. (Liite 10)



Kuva 4.1.1. Voimalaitoksen 5. kerroksen RT-, R- ja lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin (Olli-Pekka Vanhala)



Kuva 4.1.2. Voimalaitoksen 1. kerroksen kiinteistölämmönsiirrin (Olli-Pekka Vanhala)



Kuva 4.1.3. Vastaanottoaseman lämmönsiirrin (Olli-Pekka Vanhala)

4.1.1 RT-lämmönsiirrin

RT-lämmönsiirrin sijaitsee voimalaitoksen 5. kerroksessa ja se lämmittää nimensä mukaisesti voimalaitoksen RT-kattilan puoleista osaa. RT-lämmönsiirrin nimi annettiin, jotta se erottuisi muista lämmönsiirtimistä.

Taulukko 5. RT-lämmönsiirtimen lämmityskuormat

RT-lämmönsiirrin		
Lämmityskohde	Patterit	Lämminilma
Valvomo	5kpl	Kyllä
Rt-puolen 4. kerroksen toimistotilat	5kpl	Kyllä
RT-puolen lämpöpuhaltimet	Ei	15kpl
RT-puolen 9.kerros	1kpl	Ei
RT-puolen 10.kerros	2kpl	Ei

4.1.2 R-lämmönsiirrin

R-lämmönsiirrin sijaitsee voimalaitoksen 5. kerroksessa ja se lämmittää nimensä mukaisesti voimalaitoksen R-kattilan puoleista osaa. R-lämmönsiirrin nimi annettiin, jotta se erottuisi muista lämmönsiirtimistä.

Taulukko 6. R-lämmönsiirtimen lämmityskuormat

R-lämmönsiirrin		
Lämmityskohde	Patterit	Lämminilma
R-puolen lämpöpuhaltimet	Ei	5kpl (3 toiminnassa)
R-puolen hissien 1. kerroksen käytävä	2kpl	Ei
R-puolen vanhat sosiaalitilat	6kpl	15kpl

4.1.3 Kiinteistölämmönsiirrin

Kiinteistölämmönsiirrin sijaitsee voimalaitoksen 1. kerroksessa R-kattilan sekä apukattilan välisessä tilassa. Lämmönsiirrin ei osallistu varsinaisten tuotantotilojen lämmitykseen, mistä syystä se sai nimekseen kiinteistölämmönsiirrin. Nimityksen vuoksi se erottuu muista lämmönsiirtimistä.

Taulukko 7. Kiinteistölämmönsiirtimen lämmityskuormat

Kiinteistölämmönsiirrin		
Lämmityskohde	Patterit	Lämminilma
Kunnossapidon tilat (verstas, varasto,)	5kpl	Kyllä
2. kerroksen vanhat sosiaalitilat (kunnossapidon verstaan yläpuolella)	10kpl	Kyllä
Sähkö- ja automaatio-kunnossapidon tilat	9kpl	Kyllä
Kraana	2kpl	Kyllä
Kraanan alapuolinen aula, vessa sekä käytävä kunnossapidon verstaalle	3kpl	Ei
Vpk-talo	1kpl (vanha höyrypatteri)	Ei
Suuri tarvike varasto	2kpl	Kyllä
Käytön- sekä vieraiden sosiaalitilat	17kpl	Kyllä
"Rasvarin koppi"	5kpl	Ei

4.1.4 Lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin

Lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin sijaitsee laitoksen 5.kerroksessa R-kattilan puoleisessa osassa voimalaitosta. Lämmönsiirtimen kautta kulkee kaikki laitoksen lämmin käyttövesi.

4.1.5 Vastaanottoaseman lämmönsiirrin

Vastaanottoaseman lämmönsiirrin sijaitsee vastaanottoaseman alapuolella sijaitsevassa tilassa. Vastaanottoasema on voimalaitoksen omakäyttölämmön kuluttaja, mutta erillisenä yksikkönä tämän alueen lähempi tarkastelu jätettiin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Lämmönsiirtimien tekniset tiedot on esitetty taulukoituna erillisinä liitteinä. (Liitteet 1,2,3)

5 MITTAUKSET

5.1 Mittauksissa käytettävät mittalaitteet

Mittauksissa mitattiin virtausten lämpötilat lämpökameran avulla putkien pinnasta. Lämpötilat mitattiin SKF CMSS2000 lämpökameralla. Virtausnopeudet mitattiin CONTROLOTRON 1010P/WP ultraäänimittarilla putkien pinnasta. Putkien seinämäpaksuudet sekä halkaisijat löytyivät putkien pintoihin merkittyinä. Näitä tietoja tarvittiin ultraäänimittarin käytössä. Tietojen syöttämisen jälkeen mittari määritteli itse, mitä anturia missäkin putkessa tulee käyttää. Mittaustuloksia käytettiin lämmönsiirtimien tehojen laskemiseen.



Kuva 5.1.1. Ultraäänimittarin keskusyksikkö (Olli-Pekka Vanhala)



Kuva 5.1.2. Ultraäänimittarin mittausanturit (Olli-Pekka Vanhala)



Kuva 5.1.3. Ultraäänimittarin mittaussanturit (Olli-Pekka Vanhala)

5.2 Mittauspisteet

- 1 Kaukolämpöveden lämpötila ennen kiinteistölämmönsiirrintä (ensiö)
 - 1.1 Kaukolämpöveden lämpötila kiinteistölämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)
 - 1.2 Kaukolämpöveden tilavuusvirta ennen kiinteistölämmönsiirrintä (ensiö)
 - 1.3 Kaukolämpöveden tilavuusvirta kiinteistölämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)
 - 1.4 Lämmitysveden lämpötila ennen kiinteistölämmönsiirrintä (toisio)
 - 1.5 Lämmitysveden lämpötila kiinteistölämmönsiirtimen jälkeen (toisio)
 - 1.6 Lämmitysveden tilavuusvirta ennen kiinteistölämmönsiirrintä (toisio)
 - 1.7 Lämmitysveden tilavuusvirta kiinteistölämmönsiirtimen jälkeen (toisio)
- 2 Kaukolämpöveden lämpötila ennen RT-lämmönsiirrintä (ensiö)
 - 2.1 Kaukolämpöveden lämpötila RT-lämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)
 - 2.2 Kaukolämpöveden tilavuusvirta ennen RT-lämmönsiirrintä (ensiö)
 - 2.3 Kaukolämpöveden tilavuusvirta RT-lämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)

- 2.4 Lämmitysveden lämpötila ennen RT-lämmönsiirrintä (toisio)
- 2.5 Lämmitysveden lämpötila RT-lämmönsiirtimen jälkeen (toisio)
- 2.6 Lämmitysveden tilavuusvirta ennen RT-lämmönsiirrintä (toisio)
- 2.7 Lämmitysveden tilavuusvirta RT-lämmönsiirtimen jälkeen (toisio)
- 3 Kaukolämpöveden lämpötila ennen R-lämmönsiirrintä (ensiö)
- 3.1 Kaukolämpöveden lämpötila R-lämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)
- 3.2 Kaukolämpöveden tilavuusvirta ennen R-lämmönsiirrintä (ensiö)
- 3.3 Kaukolämpöveden tilavuusvirta R-lämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)
- 3.4 Lämmitysveden lämpötila ennen R-lämmönsiirrintä (toisio)
- 3.5 Lämmitysveden lämpötila R-lämmönsiirtimen jälkeen (toisio)
- 3.6 Lämmitysveden tilavuusvirta ennen R-lämmönsiirrintä (toisio)
- 3.7 Lämmitysveden tilavuusvirta R-lämmönsiirtimen jälkeen (toisio)

Mittauspisteet on esitetty erillisessä liitteessä. (Liite 11)

5.3 Mittaustulokset

Mittaustulokset on esitetty taulukoituna erillisinä liitteinä. (Liitteet 4,5,6,7)

5.4 Mittaustulosten arviointi

Mittaustuloksien tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä esiintyi mittaustavoissa sekä paikallisissa mittareissa. Lämpötilat mitattiin mittareiden lisäksi putkien pinnoilta, jonka seurauksena lämpötiloissa saattaa esiintyä pientä heittoa. Epätarkkuutta tuloksiin saattoi syntyä myös, koska mittalaitteiden lukemat eivät ole täysin samanaikaisesti luettuja. Mittauksien helpottamiseksi lukemat kirjattiin kuitenkin koeajohetkellä. Mittauksissa syntyneet virheet eivät kuitenkaan ole niin suuria, että niillä olisi merkittävää vaikutusta opinnäytetyön lopputulokseen.

6 LASKELMAT

6.1 Kaukolämpöveden jäähtyminen

Jäähtymisellä tarkoitetaan kaukolämpöveden meno- ja paluuveden lämpötilojen erotusta. Lämmönsiirtimien mitoituksessa pyritään aina mahdollisimman tehokkaaseen kaukolämpöveden jäähtytykseen kaikissa käyttötilanteissa. Mitä suurempi kaukolämpöveden jäähtytys on, sitä paremmin rakennuksen kaukolämmityslaitteet toimivat. Kaukolämpöveden pieni jäähtyminen johtuu usein monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Yleisin syy kaukolämpöveden pieneen jäähtymiseen on lämmönsiirtimen levyn ja putkistojen likaantuminen. Likaantumisen voi havaita myös painehäviön nousuna lämmönsiirtimessä. Lisäksi säätöventtiilien vuotaminen ja heikko säädettävyys ovat osatekijöinä kaukolämpöveden huonoon jäähtymiseen. (Koskelainen, Saarela & Pimiä, 2006, 71)

Taulukko 8. Lämmönsiirtimissä tapahtuva jäähtyminen

Jäähtyminen [°C]			
Ulkolämpötila [°C]	Kiinteistölämmönsiirrin	RT-lämmönsiirrin	R-lämmönsiirrin
-7	24,3	32,3	34,5
-2	23,9	30,9	35
1	23,1	27,8	33,7
-3	21,8	29,4	34,9

Koska mittaukset suoritettiin lämmityskaudella, voidaan tuloksista päätellä jäähtymisen olevan melko vähäistä.

6.2 Lämmönsiirtimien tehot

Lämmönsiirtimien tehot ovat laskettu 1. mittauspäivänä saaduista arvoista.

Lämmönsiirtimien teho lasketaan kaavalla

$$\Phi = \rho_t * c_v * q_v * \Delta t \quad (4)$$

, missä Φ = lämmönsiirtimien teho (kW)

ρ_t = virtaavan nesteen tiheys (kg/l)

c_v = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C)

q_v = tilavuusvirta (l/s)

Δt = virtaavan nesteen lämpötilan muutos (°C)

Lämmönsiirtimien kokonaisteho lasketaan kaavalla

$$\Phi_{kok} = \Phi_{RT} + \Phi_R + \Phi_K \quad (5)$$

, missä Φ_{kok} = lämmönsiirtimien kokonaisteho (kW)

Φ_{RT} = RT-lämmönsiirtimen teho (kW)

Φ_R = R-lämmönsiirtimen teho (kW)

Φ_K = kiinteistölämmönsiirtimen teho (kW)

6.2.1 RT-lämmönsiirrin

$$\begin{aligned} \Phi_{ensiö} &= 0,964 \text{ kg/l} * 4,206 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 2,9 \text{ l/s} * (91,1 - 58,8)^\circ\text{C} \\ &= 379,793 \text{ kW} \\ &= 379,8 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{toisio} &= 0,9778 \text{ kg/l} * 4,189 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 10 \text{ l/s} * (69,3 - 61,4)^\circ\text{C} \\ &= 323,584 \text{ kW} \\ &= 323,6 \text{ kW} \end{aligned}$$

Taulukko 9. RT-lämmönsiirtimen tehot.

RT-lämmönsiirrin				
Mittaus	1	2	3	4
Teho (kW) ensiö	379,8	365,0	328,5	346,5
Teho (kW) toisio	323,6	320,3	329,2	307,7

6.2.2 R-lämmönsiirrin

$$\begin{aligned}\Phi_{\text{ensiö}} &= 0,9778 \text{ kg/l} * 4,189 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 0 \text{ l/s} * (90,9 - 56,4)^\circ\text{C} \\ &= 0 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_{\text{toisio}} &= 0,9777 \text{ kg/l} * 4,192 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 0 \text{ l/s} * (76,5 - 55,8)^\circ\text{C} \\ &= 0 \text{ kW}\end{aligned}$$

Taulukko 10. R-lämmönsiirtimen tehot.

R-lämmönsiirrin				
Mittaus	1	2	3	4
Teho (kW) ensiö	-	-	-	-
Teho (kW) toisio	-	-	-	-

R-lämmönsiirtimestä ei saatu mittauksissa mitään virtausarvoja, minkä vuoksi lämmönsiirtimen tehoja ei saatu laskettua.

6.2.3 Kiinteistölämmönsiirrin

$$\begin{aligned}\Phi_{ensio} &= 0,962 \text{ kg/l} * 4,21 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 2,9 \text{ l/s} * (94,4 - 70,1)^\circ\text{C} \\ &= 285,405 \text{ kW} \\ &= 285,4 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_{toisio} &= 0,981 \text{ kg/l} * 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 3 \text{ l/s} * (62,6 - 44,51)^\circ\text{C} \\ &= 222,858 \text{ kW} \\ &= 222,9 \text{ kW}\end{aligned}$$

Taulukko 11. Kiinteistölämmönsiirtimen tehot.

Kiinteistölämmönsiirrin				
Mittaus	1	2	3	4
Teho (kW) ensiö	285,4	281,7	272,0	257,1
Teho (kW) toisio	222,9	204,9	203,7	215,7

6.2.4 Lämmönsiirtimien kokonaistehot

$$\begin{aligned}\Phi_{kok,ensio} &= 379,8 \text{ kW} + 0 \text{ kW} + 285,4 \text{ kW} \\ &= 665,2 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_{kok,toisio} &= 323,6 \text{ kW} + 0 \text{ kW} + 222,9 \text{ kW} \\ &= 546,5 \text{ kW}\end{aligned}$$

Taulukko 12. Lämmönsiirtimien kokonaistehot.

RT-, R- ja kiinteistölämmönsiirrin				
Mittaus	1	2	3	4
Teho (kW) ensiö	665,2	631,9	549,2	570,3
Teho (kW) toisio	546,5	521,9	538,5	507,5

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön lähtöasetelmana oli lämmityksen riittämättömyys tietyissä osissa voimalaitosta. Lämmityksen riittämättömyyteen liittyen haastateltiin Aittaluodon voimalaitoksen henkilökuntaa. Kyseisten haastattelujen pohjalta suoritettiin kenttäkierroksia ja tarkasteltiin viileiden tilojen lämmitysjärjestelmiä.

Tarkasteluissa ilmeni, että R-kattilan ja apukattilan välisestä tuotantotilasta lämmitys puuttui kokonaan. Lisäksi R-kattilahallin lämmitykseen käytettiin ainoastaan höyrypatteria. Eniten ongelmia tuntui kuitenkin ilmenevän kiinteistölämmönsiirtimen tehon riittämisessä. Suuressa osassa kiinteistölämmönsiirtimen loppukulutuskohteissa lämmitys on ollut hyvin puutteellista, vaikka tiloista löytyi riittävä määrä lämpöpattereita sekä lämminilmapuhaltimia. Lämpimän ilman saamiseksi tiloissa on käytetty irrallisia sähköpattereita sekä sähkökäyttöisiä lämminilmapuhaltimia.

Kunnossapitomestarin työhuoneesta lämmitys puuttui kokonaan. Lämmitykseen oli niin ikään käytetty lattialla olevaa sähkökäyttöistä lämminilmapuhallinta.

Yksi opinnäytetyön tavoitteista oli kiinteiden sähkölämmitysjärjestelmien paikantaminen. Suuren tarvikevaraston yläpuolella sijaitsevasta sähkötilasta löytyi 3 kappaletta sähköpattereita. Lisäksi vastaanottoaseman polttoaineen vastaanottotilassa lämpimän ilman tuottaa sähkökäyttöinen lämminilmapuhallin.

Aittaluodon voimalaitoksen taukotuvan (Kraanan) lämmityksen riittämättömyys koettiin henkilökunnan kesken puutteelliseksi. Tarkempien tutkimusten myötä selvisi Kraanan käyttävän lämmitykseen kiinteistölämmönsiirtimen ensiöpiirissä kulkevaa kaukolämpövettä. Kaukolämpöveden lämpötila tulisi riittää kyseisen tilan lämmitykseen, mutta lisäselvityksien myötä ilmeni kyseisen huonetilan lämpötilaa säättävän termostaatin sijaitsevan Kraanan läheisyydessä sijaitsevassa laboratoriossa. Näin ollen Kraanaa huomattavasti pienempi tila on aikaisemmin lämmin, jolloin Kraanan lämmitys jää puutteelliseksi termostaatin katkaistaessa sinne johtuvan lämmityksen. Lisäksi Kraanan katolla sijaitsevassa tilassa havaittiin kraanan lämmitykseen liittyvien putkistojen olevan eristämättömiä, jotka aiheuttavat lämpöhäviöitä sekä melua.

R-lämmönsiirtimen virtausmittauksissa ilmeni epäselvyyksiä. Virtausmittari näytti virtauksen olevan ensiö- sekä toisiopiirissä 0 l/s, vaikka lämpötila putkistoissa oli noin 50-90 °C. Virtausnopeuksia yritettiin saada vielä uusista mittauspisteistä. Uusissa mittauspisteissä virtausnopeudet olivat negatiivisia. Saatujen tuloksien pohjalta voidaan päätellä virtauksen etenevän putkistoissa, mutta oletettavasti putkistoihin ja venttiileihin on aikojen saatossa syntynyt kerrostumia, jotka haittaavat virtauksen etenemistä. Häiriintynyt virtaus näin ollen vääristää virtausmittauksissa saatuja tuloksia. RT-lämmönsiirtimen sekä kiinteistölämmönsiirtimen virtausmittauksissa ei kyseisiä ongelmia ilmennyt.

8 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Lämmönsiirtimiin liittyvistä järjestelmien puhdistuksista ja huolloista ei ole tietoa. Tästä syystä järjestelmiin liittyvät putkistot sekä venttiilit tulisi avata ja pestä. Tämän jälkeen tulisi putkistojen virtausnopeudet mitata uudelleen ja verrata saatuja lukemia aiempiin tuloksiin. Näin voitaisiin verrata onko puhdistuksilla vaikutusta lämmönsiirtimien virtausnopeuksien kasvuun. Varsinkin kiinteistölämmönsiirtimen virtausnopeuksissa tulisi tapahtua merkittävä kasvu, jolloin se parantaisi lämmönsiirtimen lämmityskohteiden puutteellisuutta. Jos virtausnopeus ei pesusta huolimatta kasva, tulisi lämmönsiirrin vaihtaa suuremman teholuokan lämmönsiirtimeen. Lisäksi oheisten puhdistustoimenpiteiden jälkeen, tulisi tarkistaa mahdolliset vaikutukset kaukolämpöveden jäähtymisen parantumiseen.

R-kattilahuoneen sekä apukattila ja R-kattilahuoneen välisen tilan lämmitys voitaisiin lisätä R-lämmönsiirtimen toisiopiiriin. R-lämmönsiirtimen lämmityskuormat ovat erittäin pieniä, jos niitä vertaa RT-lämmönsiirtimen lämmityskuormiin, joten saman tehoisena sen tulisi pystyä kestäämään useamman lämminilmapuhaltimen lisäyksen. Lämminilmapuhaltimien lisäys mahdollistaisi R-kattilahallissa sijaitsevan höyrypatterin poistamisen.

Kunnossapitomestarin työhuoneeseen olisi mahdollista lisätä vesikiertoinen patterilämmitys. Lisäksi suuren tarvikevaraston yläpuolella sijaitsevassa sähkötilassa olisi mahdollista korvata 3 sähköpatteria vesikiertoisilla pattereilla. Kiinteistölämmönsiirtimen putkilinjat menevät tilojen välittömässä läheisyydessä, mistä olisi mahdollista haaroittaa vesiputket kyseisiin tiloihin. Ylimääräisten kulutuskohteiden lisäys edellyttäisi kuitenkin lämmönsiirtimen tehon kasvua pesu- ja puhdistustoimintojen seurauksena.

Vastaanottoaseman polttoaineen vastaanottotilan sähkökäyttöinen lämminilmapuhallin tulisi vaihtaa vesikiertoiseen järjestelmään. Vastaanottoaseman lämmönsiirrin sijaitsee tilan alapuolella, josta olisi mahdollista asentaa putkilinjat polttoaineen vastaanottotilassa sijaitsevaan lämminilmapuhaltimeen.

Kyseisten sähkölämmitysjärjestelmien poistamisella säästetty sähkö voitaisiin näin ollen myydä asiakkaille, joka lisäisi sähköstä saatavaa tuottoa. Lisäksi uusien lämmitysjärjestelmien lisäys poistaisi irrallisten sähköpattereiden sekä sähköpuhaltimien tarpeen, mikä myös pienentäisi oman sähkökulutuksen määrää. Tämäkin sähkö saataisiin näiden toimien johdosta eteenpäin myytäväksi tuoden lisää rahaa yritykselle.

LÄHTEET

1. *Pori Energia Oy:n kotisivut.* [viitattu 14.1.2013]. Saatavissa: <http://www.porienergia.fi/>
2. *Keskustelut Käyttömestari Kari Nyqvistin kanssa 4.12.2012*
3. *Kataja, E. 2012. KRP-asennus. Pori. Puhelinhaastattelu 14.12.2012. Haastattelijana Olli-Pekka Vanhala*
4. *Keskustelut Pori Energian käyttöhenkilökunnan kanssa 10.12.2012*
5. *Santikko Markku, mp - esilämmittimen ajotapa-analyysi sähkön- ja lämmöntuotannon optimoimisessa 2007* [viitattu 11.10.2012] saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/970/Santikko_Markku?sequence=1
6. *Pori Energia Oy:n vuosikatsaus vuodelta 2012.* [viitattu 15.10.2012]. Saatavissa: <http://www.porienergia.fi/index.php?action=item-view&item-action=view&item-hash=2e6c0e2b424d289e042038104637b9c8>
7. *Motiva 2012. Lämmitysjärjestelmän valinta.* [viitattu 4.3.2013]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/mihin_lampoa_tarvitaan
8. *Kuva lämmöntarpeen kuukausivaihtelusta saatavissa:* http://www.co2-raportti.fi/?heading=Kaukol%C3%A4mm%C3%B6nkulutus-enn%C3%A4tyksellinen-alkuvuonna-&page=ilmastouutisia&news_id=2053 [viitattu 16.3.2013]
9. *Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.* [viitattu 16.3.2013]
10. *Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.* [viitattu 17.3.2013]

LIITE 1

Kiinteistölämmönsiirrin		
Malli CP 423-80		
	Ensiö	Toisio
Teho (kW)	370	370
Lämpötilat (°C)	115-65	60-80
Virtaus (dm ³ /s)	1,76	4,42
Paine-ero (kPa)	1	8
Suurin sallittu käyttöpaine (bar)	25	
Suurin sallittu sisällön lämpötila (°C)	225	
Alin sallittu sisällön lämpötila (°C)	0	
Tilavuus (dm ³)	9,75/10,0	

Lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin		
Malli CP 615-80		
	Ensiö	Toisio
Teho (kW)	300	300
Lämpötilat (°C)	70-23	20-36,3
Virtaus (dm ³ /s)	1,53	1,6
Paine-ero (kPa)	19	21
Suurin sallittu käyttöpaine (bar)	20	
Suurin sallittu sisällön lämpötila (°C)	225	
Alin sallittu sisällön lämpötila (°C)	0	
Tilavuus (dm ³)	4,0/4,0	

LIITE 2

RT-lämmönsiirrin		
Malli CP 500-98		
	Ensiö	Toisio
Teho (kW)	2000	2000
Lämpötilat (°C)	115-65	60-80
Virtaus (dm ³ /s)	9,52	23,89
Paine-ero (kPa)	16	20
Suurin sallittu käyttöpain (bar)	25/16	
Suurin sallittu sisällön lämpötila (°C)	225	
Alin sallittu sisällön lämpötila (°C)	-25	
Tilavuus (dm ³)	27,84/34,3	

R-lämmönsiirrin		
Malli CP 500-98		
	Ensiö	Toisio
Teho (kW)	2000	2000
Lämpötilat (°C)	115-65	60-80
Virtaus (dm ³ /s)	9,52	23,89
Paine-ero (kPa)	16	20
Suurin sallittu käyttöpain (bar)	25/16	
Suurin sallittu sisällön lämpötila (°C)	225	
Alin sallittu sisällön lämpötila (°C)	-25	
Tilavuus (dm ³)	27,84/34,3	

LIITE 3

Vastaanottoaseman lämmönsiirrin		
Malli HL2-74		
	Ensiö	Toisio
Teho (kW)	450	450
Lämpötilat (°C)	115-45	40-70
Virtaus (dm ³ /s)	1,67	3,64
Paine häviö (kPa)	2,8	15,4
Suurin sallittu käyttöpaine (MPa)	1,6/1,6	
Suurin sallittu sisällön lämpötila (°C)	150	
Alin sallittu sisällön lämpötila (°C)	0	
Tilavuus (dm ³)	7,56/7,77	

LIITE 4

Mittauspäivä 1

Ulkolämpötila -7°C

Pvm 8.2.2013

Mittauksissa mukana: Vanhala Olli-Pekka ja Jarkko Lanki

Mittauspiste	Mitattava suure	Lämpötila, mittari [°C]	Lämpötila, lämpökamera [°C]	Virtaus, UÄ-mittari [l/s]	Lisätiedot
1	Kaukolämpövesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (ensiö)	92	94,4	2,9	
2	Kaukolämpövesi kiinteistölämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	72	70,1	2,7	
3	Lämmitysvesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (toisio)	46	44,5	5	
4	Lämmitysvesi kiinteistölämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	67	62,6	3,1	
5	Kaukolämpövesi ennen RT-lämmönsiirintä (ensiö)	90	91,1	2,9	
6	Kaukolämpövesi RT-lämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	57	58,8	2,6	
7	Lämmitysvesi ennen RT-lämmönsiirintä (toisio)	60	61,4	11	
8	Lämmitysvesi RT-lämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	72	69,3	10	
9	Kaukolämpövesi ennen R-lämmönsiirintä (ensiö)	-	90,9	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
10	Kaukolämpövesi R-lämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	-	56,4	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
11	Lämmitysvesi ennen R-lämmönsiirintä (toisio)	-	55,8	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
12	Lämmitysvesi R-lämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	-	76,5	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui

LIITE 5

Mittauspäivä 2

Ulkolämpötila -2°C

Pvm 12.2.2013

Mittauksissa mukana: Vanhala Olli-Pekka

Mittauspiste	Mitattava suure	Lämpötila, mittari [°C]	Lämpötila, lämpökamera [°C]	Virtaus, UÄ-mittari [l/s]	Lisätiedot
1	Kaukolämpövesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (ensiö)	85	87,1	2,9	
2	Kaukolämpövesi kiinteistölämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	65	63,2	2,7	
3	Lämmitysvesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (toisio)	45	43,9	5	
4	Lämmitysvesi kiinteistölämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	65	60,5	3	
5	Kaukolämpövesi ennen RT-lämmön- siirintä (ensiö)	82	82,5	2,9	
6	Kaukolämpövesi RT-lämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	50	51,6	2,6	
7	Lämmitysvesi ennen RT-lämmönsiirintä (toisio)	56	55,6	11	
8	Lämmitysvesi RT-lämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	66	63,4	10	
9	Kaukolämpövesi ennen R-lämmönsiirintä (ensiö)	-	82,3	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
10	Kaukolämpövesi R-lämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	-	47,3	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
11	Lämmitysvesi ennen R-lämmönsiirintä (toisio)	-	52,1	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
12	Lämmitysvesi R-lämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	-	70,1	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui

LIITE 6

Mittauspäivä 3

Ulkolämpötila +1°C

Pvm 15.2.2013

Mittauksissa mukana: Vanhala Olli-Pekka

Mittauspiste	Mitattava suure	Lämpötila, mittari [°C]	Lämpötila, lämpökamera [°C]	Virtaus, UÄ-mittari [l/s]	Lisätiedot
1	Kaukolämpövesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (ensiö)	84	86,2	2,9	
2	Kaukolämpövesi kiinteistölämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)	64	63,1	2,7	
3	Lämmitysvesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (toisio)	44	43	5	
4	Lämmitysvesi kiinteistölämmönsiirtimen jälkeen (toisio)	64	59,6	3	
5	Kaukolämpövesi ennen RT-lämmön- siirintä (ensiö)	80	81,6	2,8	
6	Kaukolämpövesi RT-lämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)	52	53,8	2,5	
7	Lämmitysvesi ennen RT-lämmönsiirintä (toisio)	53	52,1	11	
8	Lämmitysvesi RT-lämmönsiirtimen jälkeen (toisio)	63	60,1	10	
9	Kaukolämpövesi ennen R-lämmönsiirintä (ensiö)	-	81,4	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
10	Kaukolämpövesi R-lämmönsiirtimen jälkeen (ensiö)	-	47,7	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
11	Lämmitysvesi ennen R-lämmönsiirintä (toisio)	-	48,6	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
12	Lämmitysvesi R-lämmönsiirtimen jälkeen (toisio)	-	68,2	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui

LIITE 7

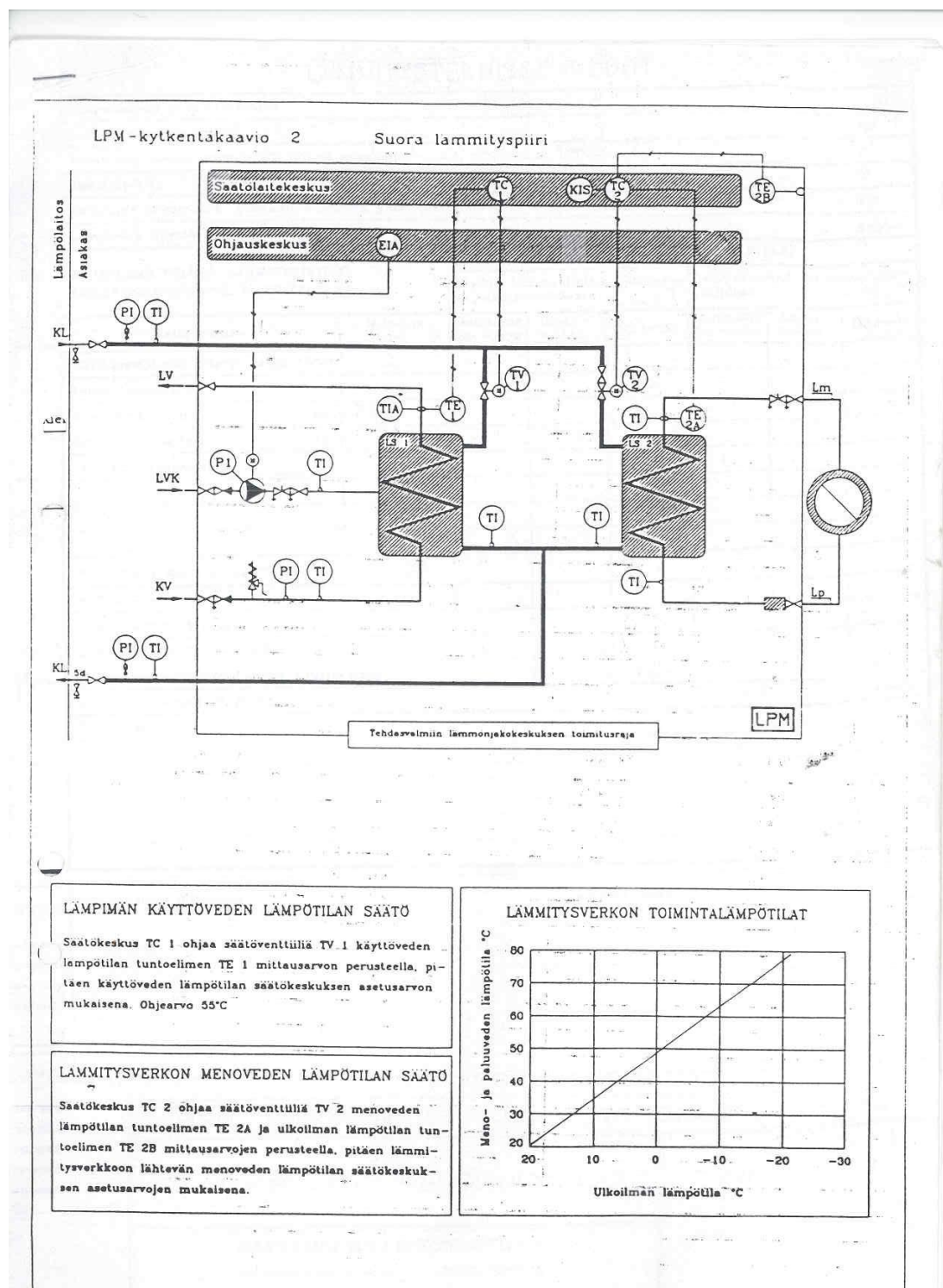
Mittauspäivä 4

Ulkolämpötila -3°C

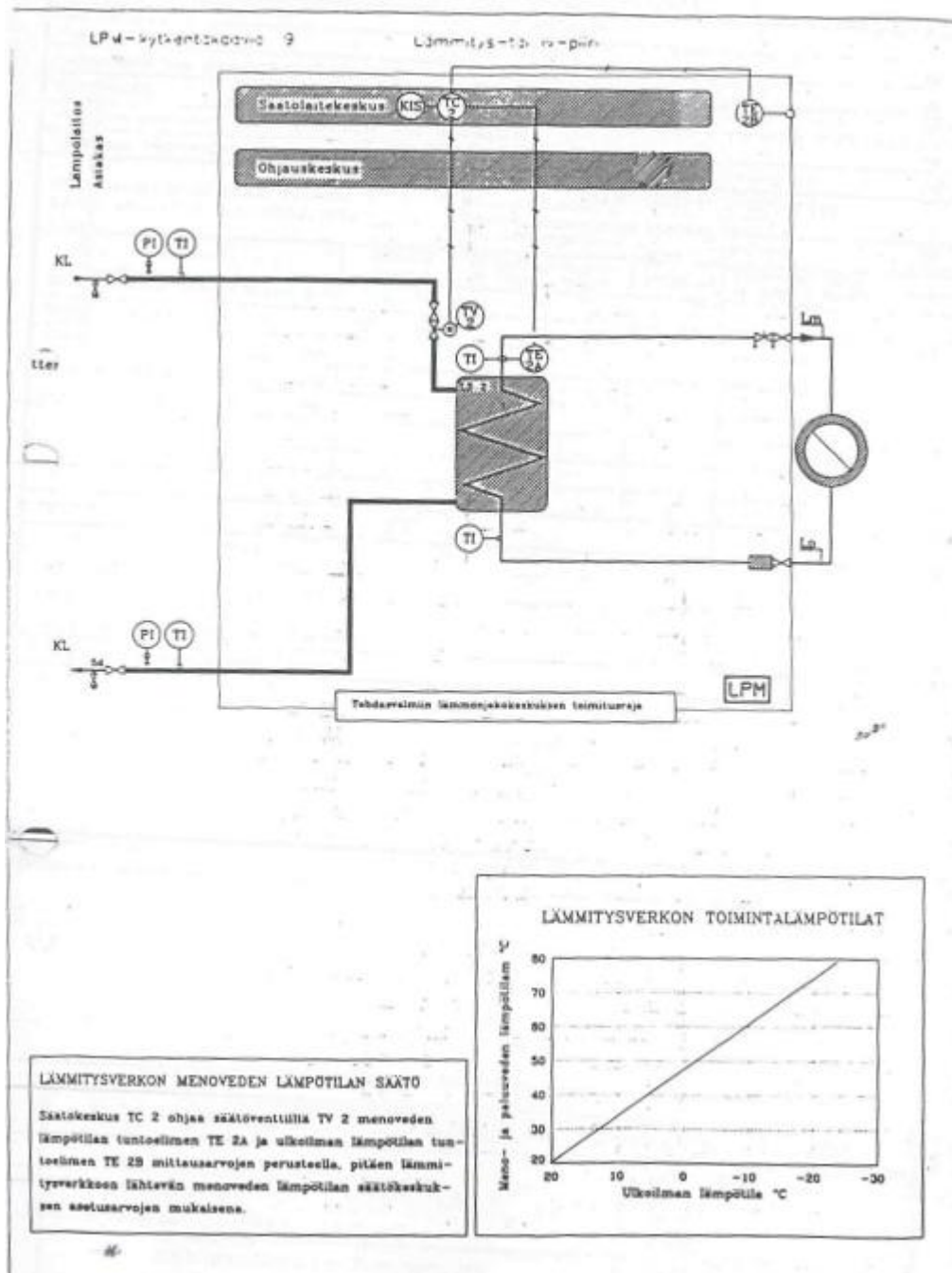
Pvm 18.2.2013

Mittauksissa mukana: Vanhala Olli-Pekka

Mittauspiste	Mitattava suure	Lämpötila, mittari [°C]	Lämpötila, lämpökamera [°C]	Virtaus, UÄ-mittari [l/s]	Lisätiedot
1	Kaukolämpövesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (ensiö)	86	87,7	2,9	
2	Kaukolämpövesi kiinteistölämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	68	65,9	2,7	
3	Lämmitysvesi ennen kiinteistölämmönsiirintä (toisio)	46	44,2	5	
4	Lämmitysvesi kiinteistölämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	66	61,7	3	
5	Kaukolämpövesi ennen RT-lämmön- siirintä (ensiö)	86	86,9	2,9	
6	Kaukolämpövesi RT-lämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	56	57,5	2,6	
7	Lämmitysvesi ennen RT-lämmönsiirintä (toisio)	58	57,3	11	
8	Lämmitysvesi RT-lämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	68	64,8	10	
9	Kaukolämpövesi ennen R-lämmönsiirintä (ensiö)	-	86,8	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
10	Kaukolämpövesi R-lämmönsiirtimeen jälkeen (ensiö)	-	51,9	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
11	Lämmitysvesi ennen R-lämmönsiirintä (toisio)	-	52,8	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui
12	Lämmitysvesi R-lämmönsiirtimeen jälkeen (toisio)	-	72,9	-	Lämpömittaria ei ollut tai se puuttui



R-lämmönsiirrin sekä lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin



RT-lämmönsiirrin sekä kiinteistölämmönsiirrin

