

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka Imatra
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Veini Kuoppa

KAUKAAN SAHAN LÄMMÖNKULUTUKSEN MITTAUKSEN, LASKUTUKSEN JA RAPORTOININ NYKYTILA

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Veini Kuoppa

Kaukaan Sahan lämmönkulutuksen mittauksen, laskutuksen ja raportoinnin nykytila, sivuja 42

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, Tuotantotalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö, 2011

Ohjaajat: Lehtori Seppo Jaakkola, Saimaan ammattikorkeakoulu, Project Engineer Juha Vesanen, UPM-Kymmene Oyj Kaukaan Saha

Sahalla kulutetaan paljon lämpöenergiaa puun kuivauksessa ja osin rakennusten lämmityksessä. Kuivauksessa käytettävää lämmönkulutusta mitataan useilla eri mittausperiaatteella ja useissa eri pisteissä. Mitattu tieto jalostuu automaatiojärjestelmissä numerolliseksi luettavaksi tiedoksi. Mitattua tietoa käytetään apuna kuivauksen energian kulutusta ja kustannuksia seurattaessa. Mitatuista lämmönkulutustiedosta tehdään kuukausittaisia raportointeja ja vuosittaista seuranta.

Opinnäytetyöni tavoitteena oli selvittää Kaukaan sahan kiertovesiputkistossa olevien kuivaamoiden lämmönmittausten toimivuus nykyisessä kiertovesiputkistossa ja kuivaamoiden kulutuksen seurannasta tulostuvan kuukausiraportin rivitietojen mittauspisteet. Sahan kuluttaman lämpöenergian mittauksissa oli ollut selittämättömiä eroja laskutukseen verrattuna. Sahan kiertovesiverkoston lämpöenergia ostetaan sellutehtaalta, joten sen mittaus ja laskutus oli osa tutkimusta.

Työn alussa selvitin kiertovesiverkoston toiminnan ja siinä olevat mittauspisteet. Mittauspisteiden selvityksessä minulla oli käytettävissäni sahan putkistopiirustuksia ja kuivaamon sekä kunnossapidon henkilöstön apu. Tämän jälkeen selvitin automaatioasentajan ja ulkopuolisen järjestelmien suunnittelijan kanssa sahan kuukausiraportoinnin rivitietojen alkuperän ja jalostumisen tietojärjestelmissä.

Työn toisena osa-alueena oli sahan kuluttaman höyryn mittauspisteiden ja sellutehtaan laskutuksen selvittäminen. Höyryn mittauspisteiden sijaintien tiedot ja laskutuksen kuukausitiedot vuodelta 2010 sain sellutehtaalta. Tutkimalla vuoden 2010 sellun laskutuksen mittaustietoja ja sahan mittaamia kuivauksen lämmönkulutustietoja muodostin niistä Excelissä kaavioita ja kuvaajia. Kaavioita ja kuvaajia vertaamalla selvitin mittauserojen syitä.

Työn tuloksina havaittiin lauhteen virtausmittauksissa eroja. Höyryn mittauksen tiedon jalostuminen järjestelmissä tulisi varmistaa. Mittauslaitteiden kalibrointeja pitää suorittaa mittaustietojen ollessa ristiriitaisia. Sahalle uusia kuivaamoita rakennettaessa tulisi niihin asentaa lämmönkulutuksen mittaukset. Lisäämällä sahan kiertovesiverkoston sen täyttymisen mittaava mittari paljastuisivat mahdolliset putkivuodot nopeammin.

Avainsanat: kuivaus, lämpöenergia, mittaus

ABSTRACT

Veini Kuoppa

The present situation of measuring, calculation and reporting of heat expenditure in Kaukas Sawmill, pages 42

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Technology, Study Program of Industrial Management and Engineering

Thesis, 2011

Tutors: Seppo Jaakkola, Saimaa University of Applied Sciences, Project Engineer Juha Vesanen, UPM-Kymmene Oyj Kaukas Sawmill

There is a large heat energy expenditure at the sawmill. The energy is mainly used for drying timber and partially heating the buildings. The expenditure of the heat energy during the drying process is measured with several different measuring principles and in several different locations. The measured information will be reformed to readable numerical information in automation systems. The measured information is used as a tool when following the energy consumption and financial costs of the drying process. The information is used for monthly- and yearly- based reporting concerning the heat energy expenditure.

The goal of my thesis was to find out the functionality of heat measuring systems of drying platforms located at the water circulation pipelines at the Kaukas Mill. The object of the study was the current water circulation pipelines. In the thesis it was also examined the measuring points of a monthly report about consumption of drying platforms. There have unexplainable differences between the measurements on the heat energy and invoicing. The heat energy, used at the sawmill's water circulation pipelines, is bought from the cellulose factory, thus its measuring and invoicing was part of the study.

At the beginning of the study it was found out the functioning principles of the water circulation pipelines and the measuring points in it. When examining measuring points I was given access to the sawmill's blueprints of the pipelines, drying platform personnel's help and maintenance department's help. After this phase it was examined with an automation installation person and an external systems planner the origin of the monthly reports' line information and how this information was reformed in information systems.

The other main component of the study was to find out the current situation of measuring points and invoicing linking to the steam consummated by the sawmill. Locations of steam's measuring points and the monthly records of invoicing during the year 2010 were given from the cellulose factory. Researching information from 2010 about cellulose factory's invoicing information and the heat expenditure information measured at the sawmill it was possible to form diagrams by utilizing Microsoft Office Excel.

As results of the study it can be said that clear differences concerning condensed steam's measuring were observed. It was also found out that the reforming of information,

concerning steam measuring in the system, should be secured. The calibration of measuring equipment should be made when collected information shows conflicting results. When building new drying platforms at the sawmill measuring equipment for heat consumption should be installed. If a meter, which would report about fulfilling, would be installed into water circulations pipelines, it would reveal faster possible leakages.

Key words: Drying, Heat, Measuring

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 KAUKAAN SAHA	8
3 KUIVAUS	9
4 ENERGIAN MITTAAMINEN.....	13
4.1 Positiotunnus.....	14
4.2 Ultraäänimittaus	14
4.3 Virtausmittaus paine-eroon perustuen.....	15
4.4 Lämpötila.....	15
4.5 Lämpöenergianmittaus.....	16
5 HÖYRYN 3 BAR JA LAUHTEEN MITTAUKSET	16
5.1 Lämmönsiirrinasema	17
5.2 Höyryn 3 bar -mittaus	18
5.3 Lauhteen mittaus.....	20
5.4 Pasutus	22
6 SAHAN KIERTOVIKON ENERGIAN KULUTUS JA MITTAUSPISTEET	24
6.1 Kanaalikuivaamo	25
6.2 Kamarikuivaamo 11-55.....	27
6.3 OTC-kuivaamo	29
6.4 Kamariryhmä 60	31
6.5 Välimittaus.....	32
6.6 LVI.....	32
6.7 Kiertovesi.....	34
7 LASKUTUSKÄYTÄNTÖ.....	35
7.1 Lämmönkulutuksen laskeminen	35
7.2 Siirtohäviö.....	36
8 KALIBROINTI.....	37
9 PÄÄTELMÄT.....	38
10 KEHITYSEHDOTUKSIA	40
KUVAT	41
KUVIOT	41
KAAVA.....	41
TAULUKKO.....	41
LÄHTEET.....	42

LIITTEET

- Liite 1 135-Lämmönsiirrinasema
- Liite 2 Lämpöjohtoverkoston virtauskaavio
- Liite 3 136-Sahan energiavirrat
- Liite 4 Kuukausiraportti
- Liite 5 Järjestelmäkaavio

KÄSITELUETTELO

Rimapaketti	Kuivausta varten rimoitettu sahatavarapaketti
Pieni rimapaketti	Rimapaketti, joka puolitetty kamarikuivausta varten
Lasti	Kuivaamovaunun päällä olevat rimapaketit, joita 2-4 kappaletta kuivaamosta riippuen
Vaunu	Rimapakettien siirtoon kiskoilla kuivauksessa käytetty lastinsiirtoväline
Kuivaustila	Kuivaamon lämmitetty osa jossa puutavara kuivataan
Patteri	Siirtää kuivaamossa kiertovesiputkistossa virtaavan veden lämpöenergian kuivausilmaan
Insto	Instrumenttiosasto joka huolehtii tehtaan automaation kunnossapidosta
Automaatio	Automaattisten koneiden, laitteiden ja tuotantolinjojen suunnittelua, toteutusta ja käyttöä
Lämpösisältö	Lämpöenergian määrä (MJ) kilogrammassa lauhdetta tai höyryä
Rivitieto	Kuukausiraportin tietorivi kulutuksen sijainnista ja mitatusta suureesta

1 JOHDANTO

Sahoilla kulutetaan paljon energiaa, josta suurin osa on lämpöä. Sahan lämmönkulutus jakautuu sahatavaran kuivaukseen sekä rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen. Lämpöenergian kulutusta seurataan tehtaalla eri paikoissa mittaamalla virtausta, painetta ja lämpötiloja tehtaan palveluputkistossa.

Kaukaan Sahalla on tehty viimeisen kymmenen vuoden aikana suuria muutoksia kuivaamoiden kapasiteetissa ja alueen lämmönsiirron putkistoissa. UPM:n sahojen sisäisessä vertailussa on havaittu energian käytössä eroavaisuuksia muiden sahojen kanssa, ja Kaukaan omassa sisäisessä vertailussa on ollut tuntemattomia kuukausittaisia eroja. Myöskään sellutehtaan laskuttama lämpömäärä ei ole vastannut sahan kuluttamaa lämpömäärää.

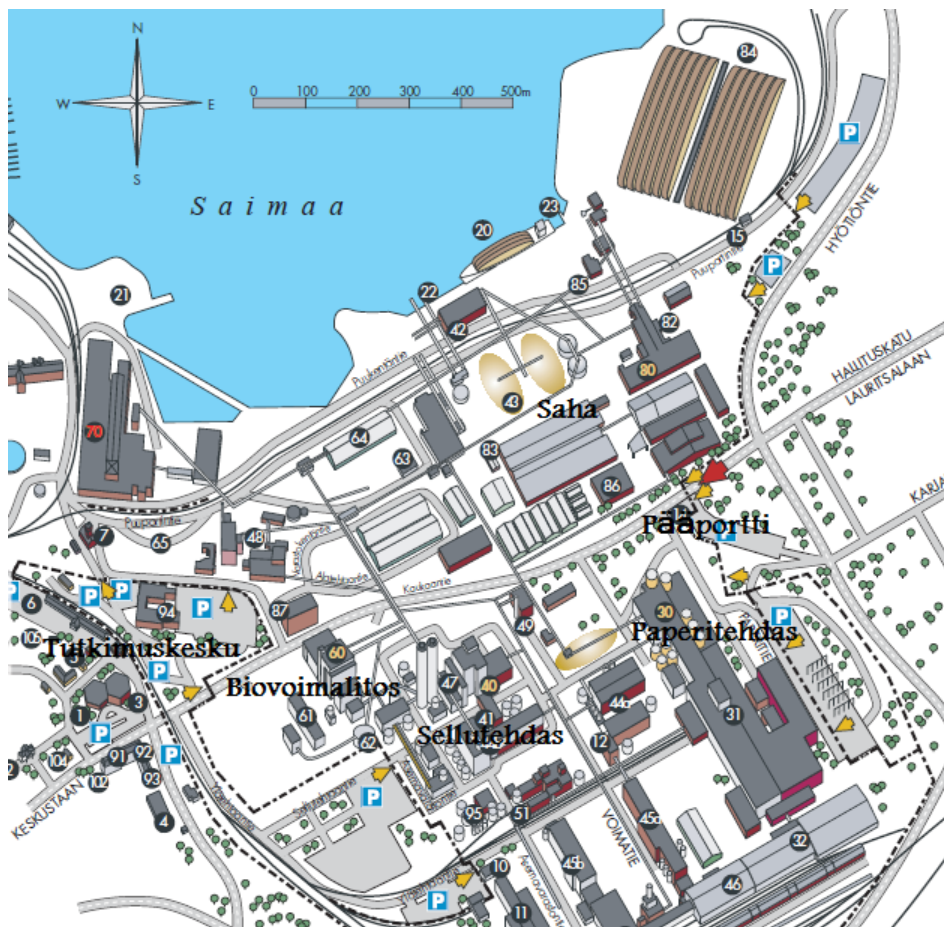
Tutkimuksen tavoite on selvittää sahan kuluttaman lämpöenergian mittauspisteet ja niiden toimivuus nykyisessä toimintaympäristössä sekä antaa ehdotuksia mittauksen parantamiseksi jatkuvasti muuttuvassa toimintaympäristössä. Sahan lämpöenergian kulutuksen mittauksista tulostuu seurantaraporttina kuukausiraportti, josta selviävät eri kulutusasteiden lämpöenergian kulutusmäärät. Kuivauksen prosessinohjauksen ohjelmointimuutokset ja raportoinnin ohjelmointi on toteutettu ostopalveluna. Raporttiin tulevien rivitietojen alkuperästä ei ole varmuutta, joten raportin rivitietojen alkuperän selvittäminen on oleellinen osa tutkimusta. Tutkimuksessa varmistetaan kuukausiraportin rivitietojen mittauspositiot ja niiden luotettavuus.

Tutkimuksen toisena osa-alueena selvitetään sahan ja sellutehtaan lämpöenergian mittausten toiminnan yhteneväisyys sekä sahan kuluttaman lämpöenergian mittauspositiot ja laskutusperusteet. Tutkimusta toteutetaan osallistuvalla havainnoinnilla, haastattelemalla tehtaan henkilöstöä, tutkimalla sahan dokumentaatiota, kuivaamon prosessikuvauksia ja palveluputkistopiirustuksia sekä vertailemalla sahan ja sellutehtaan vuoden 2010 lämmönkulutusten mittaustietoja.

2 KAUKAAN SAHA

Kaukaan saha on osa UPM-Kymmene Oyj:tä. UPM-Kymmene Oyj syntyi vuonna 1995 syksyllä, kun Kymmene Oy, Repola Oy ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy yhdistyivät. Uusi yhtiö UPM-Kymmene Oyj aloitti toimintansa 1.5.1996. Konsernin ensimmäiset puuhiomot, paperitehtaat ja sahalaitokset käynnistyivät jo 1870-luvun alkupuolella. (UPM-Kymmene a.)

UPM Kymmene Oyj työllistää 22 000 henkilöä, ja sen vuotuinen liikevaihto vuonna 2010 oli 8,9 miljardia euroa. UPM:llä on tuotantolaitoksia 15 maassa ja myyntiverkosto on maailmanlaajuinen. UPM:n osake on listattu NASDAQ OMX Helsingin pörssissä. UPM Kymmene Oyj jakautuu kuuteen liiketoiminta-alueeseen, joita ovat Energia, Sellu, Metsä ja Sahat, Paperi, Tarrat sekä Vaneri. Sahaustoiminta kuuluu Metsä ja Sahat -liiketoimintaan. (UPM-Kymmene b, 2 ja 15.)



Kuva 1 Kaukaan tehdasalueen kartta (UPM-Kymmene)

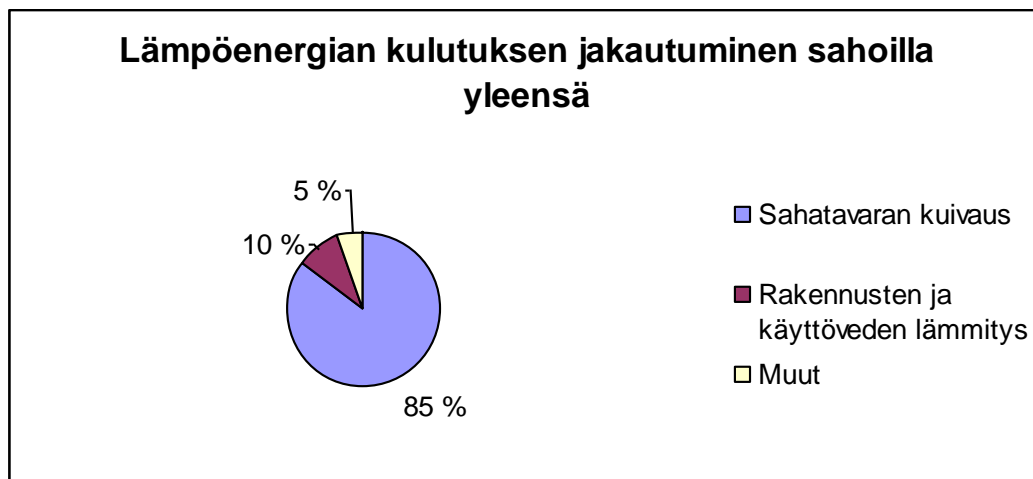
Kuvassa 1 näkyvät tehdasalueella olevat osastot ja niiden sijoittautuminen alueella. UPM-Kymmene Kaukaan tehdasalueella toimivat Kaukaan paperitehdas, Kaukaan sellutehdas, Kaukaan saha, UPM Tutkimuskeskus ja Kaukaan Voima Oy:n biovoimalaitos.

Kaukaan saha on yksi UPM-Kymmenen viidestä sahasta Suomessa. Kaukaan sahan kapasiteetti on 530 000 m³ mäntysahatavaraa vuodessa. Sahan tuotannosta vientiin menee noin 70 %. Saha työllistää suoraan noin 170 henkilöä. (UPM-Kymmene c.)

3 KUIVAUS

Puun kuivaaminen keinokuivaamoissa on sahan lämpöenergian suurin kulutuskohte. Sahatavara kuivataan kuivaamoissa rimoitetuissa paketeissa. Kuivauksen lämmönkulutuksella on myös liiketaloudellisesti merkitystä toiminnan kannattavuuteen. Sahan lämmönkulutuksen osuus koko Kaukaan tehdasalueen lämmönkulutuksesta on noin 4 % sellu- ja paperitehtaan kuluttaessa suurimman osan.

Sahojen, joilla on keinokuivaamoja, tavallinen lämpöenergian ominaiskulutus on 250 - 360 KWh tuotettua sahatavarakuutiota kohti. Sahoilla, joilla kuivataan kamarikuivaamoilla, lämpöenergiaa voi kulua yli 410 KWh tuotettua sahatavarakuutiota kohden. Alla oleva kuvio 1 osoittaa lämpöenergian jakautumisen sahoilla yleensä. Lämpöenergian tarpeesta 85 % käytetään sahatavaran kuivaukseen ja 10 % tuotantorakennusten lämmitykseen. (Juvonen ym. 1991, 165.)



Kuvio 1 Lämpöenergian kulutuksen jakautuminen sahoilla yleensä.

Kuviossa 1 on esitetty lämpöenergian kulutuksen jakautuminen sahoilla yleensä. (Juvonen ym. 1991.)

Sahalla käytettävä lämpöenergia saadaan sellutehtaan soodakattilan tuottamasta höyrystä. Höyry siirretään höyryputkistossa sahan lämmönsiirrasemalle. Lämmönsiirrasemalla neljä lämmönvaihdinta siirtävät höyryn sisältämän lämmön sahan palveluputkistoon. Palveluputkistosta käytetään sahalta yleisesti nimitystä kiertovesiverkosto. Kiertovesiverkosto siirtää lämmön paineistettuna kuumana vetenä kulutusasteisiin. Liitteen 1 lämmönsiirraseman prosessinohjauksen kuvassa on kuvattu lämmönsiirraseman ja lämmönsiirtimien toimintaperiaate. Kuvassa vihreä putkisto kuvaa höyryputkistoa ja sininen putkisto kiertovesiverkosta (Liite 1. 135-Lämmönsiirrasema). Kiertovesiverkoston kulutusasteita ovat kuivaamot sekä rakennusten ja käyttöveden lämmitys. Paineistettu kiertovesi jaetaan sahan kuivaamoihin kamareiden, kanaaleiden ja kanavien lämpöpattereihin. Kuivaamoista kiertovesi palaa lämpöä luovuttaneena kiertovesiverkoston paluukiertoon. Paluukierrossa oleva kiertovesi hyödynnetään vielä rakennusten ja lämpimän veden tuottamiseen ennen sen paluuta lämmönsiirrasemalle uudelleen lämmitettäväksi (Liite 2 Lämpöjohtoverkoston virtauskaavio).

Kuivaamoiden pattereista lämpö siirretään puhaltimilla kuivaamon ilmaan ja siellä olevien rimoitettujen sahatavaraavarapakettien läpi. Lämmin ilmavirta

siirtää sahatavaran sisältämää kosteutta pois, ja kosteus tuulettuu poistoilmakanavan kautta ulkoilmaan.

Kuivaaminen on puun kosteustilan alentamista haluttuun käyttötarkoitukseen sopivaksi. Kuivauksella parannetaan sahatavaran säilyvyyttä, käytettävyyttä ja ominaisuuksia. Kosteudella on vaikutusta puun lujuus- ja jäykkyysominaisuuksiin, työstettävyyteen, liimattavuuteen, kyllästettävyyteen, pintakäsittelyominaisuuksiin ja sähkönjohtokykyyn. Puun kosteus ilmaistaan puussa olevan veden massan ja puun kuiva-aineen massan suhteella, eli puun kosteussuhdeprosentilla. Puun kosteussuhdeprosentin ollessa alle 20 % puu säilyy, koska se ei toimi enää kasvualustana sinistäjä- ja homesienille. Pohjoismaiset sahatavaran lajitteluohjeet määrittelevät, että vähintään 97 % sahatavaraerän kappaleista on oltava enintään 24 %:n kosteudessa. (Sipi 2006, 119 - 122).

Puun solujen onteloissa ja soluissa olevan veden poistaminen on kaksivaiheista. Puun onteloissa oleva vapaa vesi poistuu kapillaarisesti nopeasti, mutta solujen seinämiin sitoutunut vesi poistuu diffuntoitumalla hitaasti. Diffuntointivaiheessa kosteus siirtyy hitaasti puun pinnalle ja kuivauksen nopeuttaminen aiheuttaa kuivausvikoja puun sisäisten kosteuserojen vaikutuksesta. (Sipi 2006, 113 – 122).

Pasutuksella pyritään tasaamaan kuivauksen aikana puun sisä- ja pintaosien välistä kosteuseroa. Pasutuksessa kuivattavan sahatavaran kuivausilman sekaan sumutetaan kuumaa vettä höyrynä estämään puun kuivausvirheiden syntymistä. Kuivausilmassa virtaava lämpö sitoo kosteutta ja kuljettaa veden pois sahatavarasta. Lämmön määrä ilmassa ja ilman virtausnopeus vaikuttavat kuivausvoimaan. Sopiva kuivausvoima riippuu useista eri tekijöistä, kuten kuivattavan tavarän puulajista, tavarän paksuudesta ja alkukosteudesta. Kuivausvoimaa säädetään kuivauskaavoilla. Kuivauskaava säätelee ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskinäistä suhdetta kuivauksen eri vaiheiden aikana. Tavoitteena on pyrkiä kuivaamaan puu mahdollisimman lyhyessä ajassa vahingoittamatta sitä. Lämpötilan nostaminen nopeuttaa kuivausta, mutta vaikuttaa puuhun tummentavana värinä. (Sipi 2006, 119.)

Kuivauskaavat ovat lähes yksinomaan aikapohjaisia. Kuivauskaavat vaihtelevat riippuen raaka-aineesta, loppukosteudesta, halutusta laadusta ja kuivaamoiden rakenne-eroista. Kuivausilman märämpään kosteus pyritään pitämään korkeana. Lämpötilaerot kuivan ja märkämittarin välillä ovat yleensä 1-3 °C. Märkälämpötila pyritään pitämään kanavakuivaamossa vakiona, ja kuivalämpötila putoaa kanavan kuivasta päästä märkään päähän mentäessä. Kuivalämpötilan muutos ilman virratessa lastien läpi on suoraan verrannollinen kuivausnopeuteen. Taulukossa 1 on esimerkkikaavoja männyn eri sahatavarapaksuuksille kanavakuivaukseen. Kuivauslämpötilana käytetään nykyisin yleisesti 60 °C. (Juvonen ym. 1991, 141.)

Taulukko 1 Tyypillinen vientiin menevän männyn kanavakuivauskaava

Paksuus mm	Kuivaus- aika h	Kuivaus- lämpötila °C	Lämpötilaero		Loppukosteus %
			Kuivapää °C	Märkääpää °C	
63 - 75	144	55	9	1	20
38 - 50	96	55	12	2	19
19 - 25	64	55	16	2	16

Kuivauksessa käytetyistä keinokuivausmenetelmistä yleisin on lämminilmakuivaus. Muita erikoismenetelmiä ovat mm. lauhdutinkuivaus, alipainekuivaus ja kuivakuivaus. Lämminilmakuivauksessa kuivaamot jaetaan kertatäytteisiin ja jatkuvatoimisiin. Kertatäytteisessä eli kamarikuivaamossa kuivaustila täytetään kokonaan kerralla ja tyhjenetään myös kerralla. Jatkuvatoimisessa kuivaamossa eli kanava- tai kanaalikuivaamossa kuivaus on jatkuvaa prosessia, jossa kuivasta päästä otetaan valmis kuivauslasti pois ja märästä päästä lisätään märkä kuivauslasti sisään prosessiin. Kamarikuivauksen etuina ovat hallittavampi yksilöllisempi kuivaus haluttuun loppukosteuteen sekä kuivatun erän kerralla valmistuminen. Eräkuivaus kamarissa on nopeampi kuivausprosessi kuin kanaalikuivauksessa, kun se tehdään eränä ja täyttö tapahtuu haluttuna aikana. Kamarit soveltuvat hyvin erikoiskuivaukseen, paksumpien lankkujen ja parrujen kuivaukseen. Kanavakuivaamoiden etuina ovat suurempi kapasiteetti ja soveltuvuus

paremmin lautojen ja soirojen kuivaukseen (Sipi 2006, 124). Kanavakuivaamoiden etuna on myös automatisoinnin tuoma hyöty, kuten miehittämättömät lastinvaihdot.

Kaukaalla olevat kuivaamot edustavat kaksivaiheisia kanavakuivaamoita, kamarikuivaamoita eri aikakausilta sekä vanhoja kanaalikuivaamoja. Monipuolisesta kuivauskapasiteetista on hyötyä, kun voidaan tehdä nopeammin laadukkaita ja tasakuivia asiakaskohtaisia kuivauslaatuja.

4 ENERGIAN MITTAAMINEN

Automaation tarkoituksena on tuotannon hallinta taloudellisesti ja turvallisesti, niin ettei tuotannossa esiinny tuotantokatkoksia ja että tuotteen laatu pysyy hyvänä (Aumala 1998a, 17).

Teollisilla sahoilla automaatiota hyödynnetään yleisesti tuotannon jokaisessa vaiheessa, aina tukkien vastaanotosta valmiiseen tavaran lähetykseen. Kuivauksen yhteydessä mitattu tieto hyödynnetään kuivauksen ohjauksessa, tuotannon energiankulutuksen seurannassa ja toiminnan tehostamisen apuvälineenä. Kaukaan sahalla automaatio on jakaantunut useisiin eri tietojärjestelmiin. Järjestelmäkaaviosta (liite 5) nähdään sahan kuivaamon tietojärjestelmien liittyminen toisiinsa ja sellu sk 3:n tietojärjestelmästä tuleva höyryn mittaustiedon liittyminen sahan järjestelmään. Tästä järjestelmäkaaviosta puuttuu OTC-kuivaamon ja kamariryhmä 60:n tietojärjestelmien kuvaukset, koska ne toimivat omina järjestelminään.

Prosessiteollisuudessa käsitellään tyypillisesti virtaavia aineita. Prosessissa pyritään hallitsemaan suureita, kuten virtausnopeutta, painetta, lämpötilaa, pinnankorkeutta tai pitoisuutta. Automaation tehtävänä on mittaustiedon esittäminen ihmiselle sopivassa muodossa ja prosessissa tapahtuvien muutosten ohjaus. (Kippo & Tikka 2008, 12.)

Mittausantureita käytetään muuttamaan prosessisuureita sähköiseksi suureksi. Mittauslaite muuttaa mittausanturin tiedon standardiksi viestiksi ja lähettää sen muun automaation käyttöön. Lähetin osaa myös kommunikoida digitaalisesti muun automaation kanssa, käyttäen standardeja viestiprotokollia. Mittausviesti sisältää mittausarvon, ja se menee lähettimeltä automaatiojärjestelmään. Energian mittaus toteutetaan monimuuttujalähettimellä, joka voi olla HART-tyyppinen. Monimuuttujalähetin voi mitata useampaa suuretta ja lähettää mitatun tiedon mA viestinä. Yleisimmin viesti on 4-20 mA:n välillä. Tiedonsiirto on kaksisuuntainen ja toimii samassa viestikaapelissa. Mittauspisteessä mittausanturi ja lähetin ovat yleensä integroituna samaan koteloon. (Kippo 2008, 59.)

4.1 Positiotunnus

Säätö-, ohjaus- ja mittauspiirien toiminta sekä erilaiset lukitus- ja hälytystarpeet kuvataan positiotunnuksella PI-kaavioissa. Positiotunnus on kirjainnumeroyhdistelmä instrumenttipiirien yksilöintiin joko juoksevalla numerolla tai tehdaskohtaisella merkkisarjalla piirin paikantamiseksi. PI-kaavio on prosessin instrumentointikaavio, jossa esitetään prosessin mittaus- ja ohjaustietoja. (Kippo 2008, 91.)

Sahan käyttämistä positiotunnuksista selviävät antureiden sijainti tehdasalueen eri osastoilla, sijaintitieto osaston sisällä, sijainti automaatiojärjestelmässä ja mitattava suure. Esimerkiksi sellutehtaan mittaama sahan höyryn 3 bar virtausmittauksen positiotunnus on 235053F001.

4.2 Ultraäänimittaus

Ultraäänimittauksen käyttö on ensisijaista lämpöenergianmittareiden virtausantureina. Ultraääneen perustuvassa mittauksessa käytetään kaksisuuntaista, kulkuaike menetelmään perustuvaa ultraäänitekniikkaa. Laitteessa on kaksi ultraäänianturia, jotka lähettävät äänisignaaleja virtauksen suuntaisesti ja virtausta vastaan. Virtauksen suuntaan kulkeva signaali tavoittaa

vastakkaisen anturin nopeammin kuin virtausta vastaan kulkeva signaali. Näiden kahden signaalin vastaanottamisen välinen aikaero ilmaisee virtauksen nopeuden ja siten mitattavan nesteen määrän, kun huomioidaan putken koko. (Kamstrup A/S 2011a.) Sahan dokumentaatiossa Danfossin mittalaitteen käyttöohjeen teknisissä tiedoissa on ilmoitettu mittatarkkuus. Sahalla käytettyjen ultraäänimittareiden mittaustarkkuus on $\pm 2\%$ 1–20 %:n maksimimita-arvosta ja $\pm 1\%$ 20–100 %:n maksimimita-arvosta. Tämä ultraäänimittauksen tarkkuus on riittävä kiero-vesiverkoston lämmönkulutuksen seurannassa.

4.3 Virtausmittaus paine-eroon perustuen

Kuristuselinmittaukseen perustuvien virtausmittausmenetelmien tutkimukset alkoivat 1920-luvulla. Ensimmäiset virtausmittauksen standardit otettiin käyttöön 1930-luvulla. Virtausta mitataan supistuksen yli muodostuvan paine-eron avulla. Edullisuutensa ja luotettavuutensa ansiosta tämä on teollisuudessa yleisesti käytetty virtausmittausmenetelmä neste-, kaasu- ja höyryvirtauksille. Paineen tai paine-eron mittauksella voidaan mitata myös voiman, siirtymän, pinnankorkeuden, tiheyden, virtauksen ja lämpötilan suureita. (Aumala 1998b,45,123.)

4.4 Lämpötila

Lämpötilan SI-yksikkö on Kelvin (K), jonka lämpötilaero on yhtä suuri kuin Celsiusasteen $^{\circ}C$. Nollaa celsiusastetta vastaa 273,15 kelviniä. Lämpötilaa voidaan mitata monella eri periaatteella, kuten äänen etenemisnopeutena aineessa, bi-metallin lämpölaajenemisena, sähkönjohtavuutena eli resistanssina vastusanturissa ja termosähköisenä ilmiönä termoparissa. (Aumala1998a, 86.) Usein lämpöanturin sijoituspaikassa lämpötila on liian kuuma elektroniselle lähettimelle. Kuumissa paikoissa mitattaessa vastusanturimittauksella anturi ja lähetin ovat eri kotelossa. Eri paikkaan sijoitteluun vaikuttaa myös lähettimen luoksepäästävyys ja tilantarve. Tyypillisin teollisuuden lämpötila-anturi on platinasta tehty lanka, jonka resistanssi muuttuu lineaarisesti lämpötilan funktiona. Resistanssin lämpötilakerroin on myös riippuvainen lämpötilasta,

joten sama lämpötilanmuutos eri lämpötiloissa aiheuttaa hieman erilaisen muutoksen resistanssissa. Tämä tunnettu muutos voidaan kompensoida tarkkuutta vaativissa mittauksissa lähettimessä. (Kippo 2008, 63.) Kaukaan Sahalla kuivaamon lämpötilan mittauksissa käytetään yleisesti Pt 100 mallisia termoantureita.

4.5 Lämpöenergian mittaus

Lämpöenergian mittauksesta voidaan käyttää nimitystä kaukolämpömittaus. Kaukolämpömittaus on virtausmittauksen, lämpötila-antureiden ja lämpömäärälaskimen yhdistelmä. Lämpömäärälaskin antaa valmista tietoa halutussa muodossa mitattujen tietojen perusteella. Virtausanturi mittaa virtauksen määrän ultraäänimenetelmällä, lämpötila-anturit mittaavat jatkuvasti virtauksen lämpötilaa tulo- ja menolinjoista. Lämpömäärälaskin laskee kulutetun lämpöenergian. (Kamstrup A/S 2011b.)

5 HÖYRYN 3 BAR JA LAUHTEN MITTAUKSET

Energian mittaaminen sahan toiminnassa on tärkeää suuren energiankulutuksen takia. Kuivauksessa käytetään lämpöenergiasta suurin osa ja muuta kulutusta tulee rakennusten ja käyttöveden lämmityksestä. Mittauksia tehdään kuivaamoiden lämpöputkistossa eli kiertovesiputkistossa ja lämmönsiirrinasemalla.

Mittauspositioiden ja kuukausiraportin lämmönkulutuksen oikeellisuuden varmistamiseksi tilattiin sahan raportoinnin ja automaation ulkopuolinen suunnittelija selvittämään asiat sahan tietojärjestelmästä. Maaliskuun puolivälissä ulkopuolinen suunnittelija ja sahan automaatioasentaja selvittivät pyynnöstäni kuukausiraportin rivitietojen mittauspositiot, mittaustiedon ja raportin jalostumisen sahan tietojärjestelmissä. Näitä tietoja tarvittiin lämmönkulutuksen eroavaisuuksien selvittämisessä. Päivän aikana varmistuivat raportin rivitietojen

alkuperät ja mittauspositiot. Sahan omassa järjestelmässä olevat mittaustiedot ja tietojen jalostuminen tietojärjestelmissä vaikuttivat olevan kunnossa.

Höyryn mittaustietojen alkuperäksi varmistuivat sellutehtaan tietojärjestelmät. Höyryn virtausmittauksen kg/s-tieto tulee sellutehtaan sk 3:n tietojärjestelmästä TG-9. Höyryn tehon Mw-tieto tulee energiaosaston tietojärjestelmästä "energia sahan h 3. Mw".

Sahan tietojärjestelmästä voidaan nähdä vain tulevan tiedon tietojärjestelmän nimi, mutta ei sitä, miten tieto jalostuu sellutehtaan tietojärjestelmissä. Sahan järjestelmä muuttaa sellulta saadut tiedot oman käyttötärpeensa mukaiseen esitysmuotoon.

5.1 Lämmönsiirrasema

Saha hankkii käyttämänsä lämpöenergian sellutehtaalta. Sellutehdas toimittaa lämpöenergian putkistoa pitkin höyrynä sahan lämmönsiirrasemalle. Sellutehtaalta höyry tulee keskimäärin 150 °C:n lämpötilassa sahan lämmönsiirrasemalle. Lämmönsiirrasemalla on neljä lämmönsiirrintä, jotka siirtävät höyryn sisältämän lämpöenergian sahan kiertovesiputkistoon. Sahan kiertovesiputkistossa lämpöenergia kulkee paineistettuna 120 °C:na vetenä kulutusasteisiin.

Lämmönsiirrasemalla mitataan kiertovesiputkistoon menevää kiertovettä ja voimalaitokselle palaavaa lauhdetta. Mittaus tehdään mittaamalla putkistossa kulkevan paineistetun kiertoveden virtausnopeutta sekä meno- ja paluulinjojen välisiä lämpötilaeroja. Lämpöenergian virtausmääriä mitataan ultraäänivirtausmittauksella, kaukolämpömittareilla ja paine-eromittauksella. Mitattuja ja laskennallisia lämmönkulutuksia voidaan seurata kuivaamon tietojärjestelmästä sivulta sahan energiavirrat (liite 3). Liitteessä 3 olevista MW:n lukemista mitattuja positiioita ovat vihreän p-ruudun vieressä olevat lukemat. (Liite 3. 136-Sahan energiavirrat)

Sahalla lämmönsiirrinasemalla mitataan höyrystä vain lämpötila ja painetieto sahan tietojärjestelmään. Höyryn paine 346 kPa ja lämpötila 146 °C näkyvät liitteessä 1 lämmönsiirrinaseman sivun vasemmassa reunassa. Liitteessä sahalla mitattujen tietojen alapuolella olevat höyryn tehon 19.0 MW:n ja 6.8 kg/s:n mittaustiedot tulevat sellutehtaan järjestelmästä. (Liite 1. 135-Lämmönsiirrinasema)

Alla kuvassa 2 harmaan värinen lämmönsiirrinasema on OTC-kuivaamoon kiinni rakennettuna ja sijaitsevat Kaukaan tehdasalueen pääportin vieressä.



Kuva 2 Lämmönsiirrinasema ulkoa

Kuvassa 2 näkyvät höyrylinjan tuloputket ja oikeanpuoleisen höyryputken alla oleva lauhteen palautusputki.

5.2 Höyryn 3 bar -mittaus

Höyryn mittaus tehdään sellutehtaalla, ja sen selvittämiseksi tarvittiin sellutehtaan henkilökunnan apua. Sellutehtaan automaatiotyönjohtajan kanssa käydyssä keskustelussa selvisi höyryn mittaustapa. Sahan

lämmönsiirrinasemalle tulevan höyryn mittaus tapahtuu sellutehtaalla. Höyryn virtausta mitataan paine-eromittauksella monimuuttujälähettimellä. Mittauksessa lämpö ja paine on laskennassa kompensoitu. Höyryn mittauspiste sijaitsee sellutehtaalta lähtevässä höyryputkilinjassa noin kuuden metrin korkeudessa, tehdasalueen läpi kulkevan Kaukaantien vieressä. Sellutehtaan mittaamat virtaus- ja lämpömäärätiedot jalostuvat sellutehtaan tietojärjestelmissä. Sahan tietojärjestelmät hakevat sellun tietojärjestelmästä höyryn virtaus- ja lämpötehon tiedot. Näiden mittaustietojen jalostumisesta sellutehtaan tietojärjestelmissä ei tutkimuksen aikana saatu varmuutta.

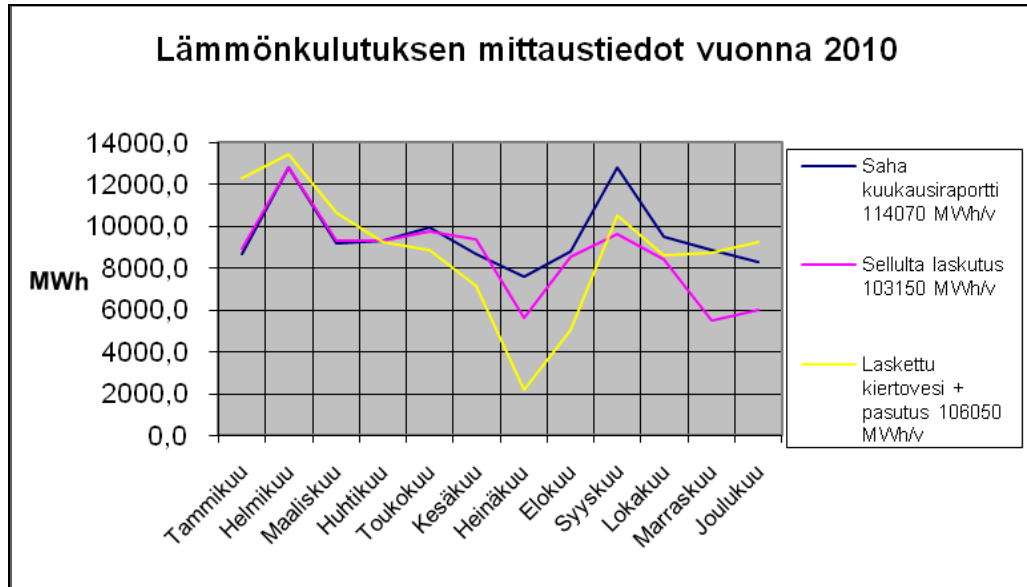
Tutkimuksen edetessä huomattiin, että höyryn tehon lukemassa on tapahtunut muutos lämpösisällön kertoimessa. Kesäkuussa 2010 oli höyryn tehon lämpösisällön kerroin muuttunut kiinteäksi. Lämpösisällön kerroin vaikuttaa sahan lämmönkulutuksen kuukausiraportointiin, koska kuukausiraportin höyryn lämpömäärä lasketaan kulutetun höyryn MW-tehon perusteella.

Sellutehtaan voimapäällikön kanssa keskusteltaessa todettiin, että sellutehtaalla on siirrytty uuteen informaatiojärjestelmään keväällä 2010. Tämän muutoksen yhteydessä ovat siirtohäviöt muuttuneet negatiivisiksi, eivätkä laskutustiedot ole pitäneet paikkaansa. Opinnäytetyön aikana ei selvinnyt sellutehtaan mittausten luotettavuus, eikä mittaustiedon kulku tietojärjestelmissä.

Sellutehdas mittaa sahalle tulevan höyryn tiedot, joita saha käyttää omissa tietojärjestelmissään. Sellun mittaamien höyrytietojen pohjalta tulostuvat sahan Kuukausiraportointiin tiedot ”Höyry 3 bar Saha”. Kuukausiraportissa on rivitiedot ”Höyry 3 bar Sahan” kulutuksesta virtauksen määrälle (T) ja lämpömäärälle (MWh). Kuukausiraportissa rivitieto ”Höyry 3 bar Saha” (T) on lämmönsiirrinasemalle tullut höyryn virtauksenmäärä ja ”Höyry 3 bar Saha” (MWh) on lämmönsiirrinasemalle tullut lämpömäärä. Raportointia varten sahan tietojärjestelmä muuntaa lämpötehon MW-muodosta lämpömäärän muotoon (MWh). (Liite 4. Kuukausiraportti)

Sahan lämpöenergian kulutusta vertaillaessa käytettiin sahan kuukausiraportin lämpömäärän MWh-tietoa, sellutehtaan laskuttamaa kulutusta ja sahan

kiertovesiverkostosta mitattua lämmönkulutusta, johon on myös huomioitu pasutuksen määrä. Kuvio 2 osoittaa lämmönkulutuksen seurannassa olevien poikkeamien vaihtelun kuukausittain.



Kuvio 2. Lämmönkulutuksen mittaustiedot vuonna 2010

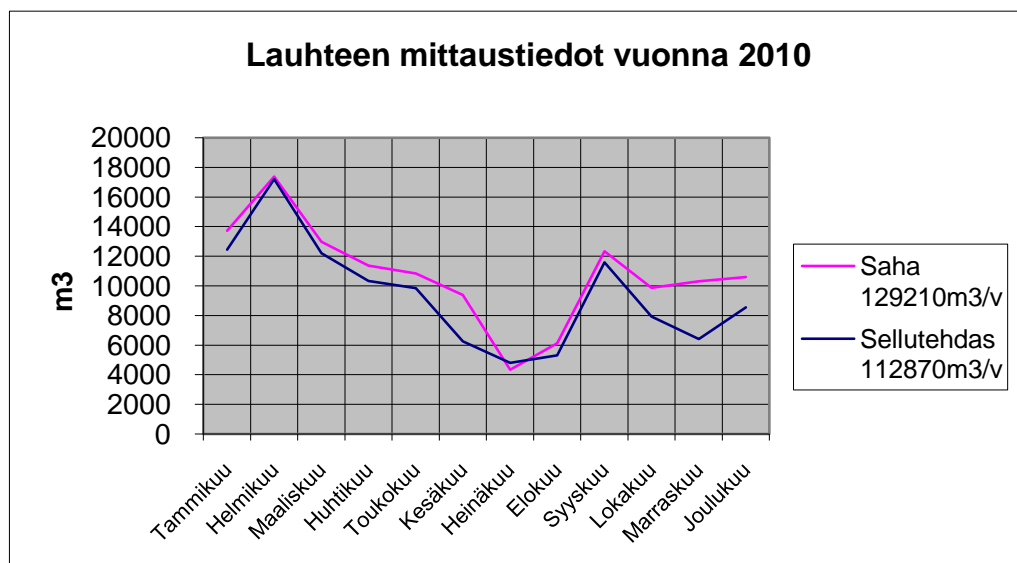
Kuviosta 2 nähdään, että ero mittausten välillä vaihtelee negatiivisesta positiiviseen. Sellutehtaalla kesäkuussa 2010 tehdyt lämpötehon MW kertoimen muutokset järjestelmään näkyvät kuvaajien sahan kk-raportin (MWh/v) ja sellun laskutuksen (MWh/v) tietojen poikkeamisena toisistaan kuviossa 2. Sahan laskennallinen lämpöenergian kulutus, eli laskettu kiertovesi ja pasutus (MWh/v) pitäisi olla suurin kulutuslukema, koska siihen lisääntyy myös lämmönsiirtimeen hyötysuhde, eikä sahalla ole käytössä muuta lämmitysmahdollisuutta kiertoveden lämmittämiseksi. Sahan laskennallisen lämpöenergian kulutuslukeman poikkeamaan on ilmeisesti vaikuttanut sellutehtaan siirtyminen uuteen Metson informaatiojärjestelmään huhtikuussa 2010 ja kesäkuussa tapahtunut lämpösisällön kertoimen muuttuminen kiinteäksi.

5.3 Lauhteen mittaus

Lauhteen virtausta mitataan sellutehtaalla ja sahan lämmönsiirrinasemalla. Sellun mittaamaa lauhdetietoa käytetään laskutuksen perusteena ja sahan mittaamaa lauhdetietoa kuivaamon valvomon seurannassa ja sisäisessä

laskennassa. Lauhteen mittaukselle tehtiin samaan aikaan vertailu valvomon näyttötiedon perusteella. Vertailu tehtiin puhelimitse sellutehtaan automaatiotyönjohtajan ja sahan automaatioasentajan suorittamana. Vertailuhetkellä virtauksen mittatieto oli sahall 6,7 kg/s ja sellulla 6,7 l/s. Mittayksikön ero johtuu osastojen välisistä käytännöistä, eikä sillä ole vaikutusta vertailun tulokseen. Vertailuhetkellä lukemat näyttivät samaa, joten poikkeamaa ei havaittu.

Mittauksessa on kuitenkin vuositasolla suuria eroja, vaikka mittaukset tapahtuvat samasta putkilinjasta 300 metrin päässä toisistaan. Vuoden 2010 lauhteen virtaustietojen mittauksissa oli eroa 14 %:a sahan mittauslukeman ollessa suurempi kuin sellutehtaan mittauslukema. Kuviossa 3 näkyvässä lauhteen virtausmäärän vertailussa käytettiin sahan ja sellun mittaamia kuukausitietoja.



Kuvio 3 Lauhteen mittautustiedot vuonna 2010.

Kuvion 3 mukaisesti sahan lauhteen mittaus näyttää suurempaa kulusta kuin sellun lauhteen mittaus. Kulutuksen eroa selittää pieneltä osin sahan lämmönsiirraseman lauhteen mittauspisteen jälkeen oleva kiertovesijärjestelmän täyttömahdollisuus lauhdelinjasta. Tätä kiertoveden täyttöä käyttää sahan kunnossapitohenkilöstö käsikäyttöisesti seisokkihuoltojen yhteydessä täyttäessään kiertovesijärjestelmää. Seisokkihuoltojen täyttömäärät ovat kunnossapidon arvion perusteella enintään vain 100 m³, joten niiden

vaikutus mittauseroon on pieni. Lauhteen mittausten erolla on vaikutusta laskutettuun lämmönkulutukseen vain 2 %. Tämä johtuu lauhteen alhaisesta lämpösisällöstä.

Sahalla on lauhteen palautuksessa sellutehtaalle ollut ongelmia ajoittain. Lauhteen palautusongelmien yhteydessä lämmönsiirtimet alkavat jäähtyä, eikä kiertovesiverkostoon saada riittävän kuumaa kiertovettä kuivauksen suorittamiseksi. Tällaisessa tilanteessa on sahan kuivaamolta soitettu sellutehtaan valvomoon ja sieltä on lauhdetta ohjattu viemäriin. Näin on saatu sahan lämmönsiirrinasemalle kuumaa höyryä lämmönsiirtimiin. Kaivon ajon vaikutus mittauseroon jäi tutkimuksessa selvittämättä.

Kuukausiraportin lauhteen virtausmäärän (m^3) rivitieto tulee sahan omasta mittauksesta lämmönsiirrinasemalta. (Liite 4. Kuukausiraportti)

5.4 Pasutus

Pasutusta käytetään kamarikuivaamoissa lämmitysvaiheessa nopeuttamaan lämpötilan nostoa ja kuivausta estämällä puun pinnan liian nopeaa kuivumista. Kuivauksen lopussa pasutus tasaa puun kosteuseroja ja jännityksiä estäen laadun heikkenemistä. (Juvonen ym. 1991, 165.)

Sahan kuivaamoilla käytettävän pasutushöyryn kulutusta mitataan sahalla lämmönsiirrinasemalla pasutusputkilinjasta. Pasutusputkilinja erkanee höyryn tuloputkistosta ennen sen lämmönsiirrinkäyttöä sahalla, mutta kuitenkin sellun höyrymittauksen jälkeen. Pasutuksen höyryputkisto kulkee molemmille kamarikuivaamoille. Sahalla höyryllä pasutetaan molemmissa kamarikuivaamoissa, niiden kaikissa kamareissa. Pasutuksen kulutus sisältyy sellun laskuttamaan tietoon. Pasutuksen mittaus sahalla on sahan sisäisen energiankulutuksen seuranta varten.



Kuva 3 Pasutushöyryn virtausmittaus

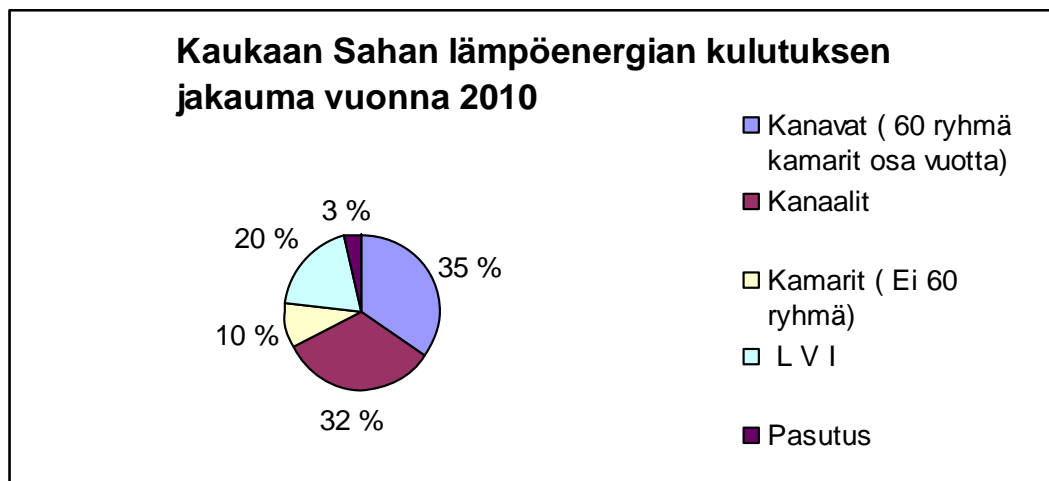
Kuvassa 3 oleva pasutuksen virtausmittauksen mittalaite on sijoitettu lämmönsiirraseman sisäpuolelle. Mitattava pasutushöyryn putkisto kulkee lämmönsiirraseman ulkopuolella, pääportin puoleisella seinustalla.

Kuukausiraportissa pasutus näkyy omalla rivillään Pasutushöyry 3 bar, sahan mittaamana virtauksen määränä (m^3) ja sahan tietojärjestelmän automaattisesti laskemana Lämpömäärä (MWh) tietoina. (Liite 4 Kuukausiraportti)

6 SAHAN KIERTOVIKOSTON ENERGIANKULUTUS JA MITTAUSPISTEET

Sahalla on kiertovesiverkostossa useita kuivaamoita ja rakennuksia, joiden lämmitysenergia tuotetaan lämmönsiirrasemalla. Lämmitysenergian kulutusta mitataan vain osassa kuivaamoita, välimittauspisteessä ja kiertoveden kokonaismittauksessa. Näillä mitatuilla tiedoilla lasketaan lämmönkulutus kuivaamoissa, joissa ei ole omaa mittausta. Myös sahalla rakennusten ja vedenlämmitykseen käytetty lämmönkulutus lasketaan hyödyntämällä välimittausta ja muuta kulutusta kiertovesiverkostossa. Kamarit jaotellaan vanhoihin kamareihin 11 - 55 ja uusiin kamareihin 61 - 65. Vanhat ja uudet kamariryhmät eroavat toiminnaltaan ja mittaustavoiltaan niin paljon, että ne on käsiteltävä omina ryhminään. OTC-kuivaamon Valmet Utec -kanavat ja WSAB:n kanavat ovat toiminnaltaan yhtenevät, joten ne voidaan käsitellä yhtenä kokonaisuutena. Kaikkien kuivaamoiden yhteinen valvomo ja automaatiotila sijaitsevat kanaalikuivaamon ullakkotilassa. Kuivaamon valvomossa voidaan seurata kiertovesiverkoston energian kulutuksen jakautumista eri kulutuskohteisiin. Liitteeseen 3 on lisätty mitatut, lasketut ja tarvittavat lisämittauspisteet sahalla. (Liite 3. 136-Sahan energiavirrat). Sahan kuukausiraportoinnissa taas seurataan sahan lämpöenergian kulutusta kulutuskohteiden mukaan kuukausitasolla, kuten liitteessä 4 on eri kulutuskohteita eroteltu.

Kuvio 4 osoittaa Kaukaan Sahan lämpöenergian kulutuksen jakautumisen vuoden 2010 kuukausiraportoinnin perusteella. Sahan lämpöenergian kokonaiskulutuksessa on otettu huomioon pasutuksen määrä, koska pasutukseen käytetty höyry kulutetaan sellaisenaan kuivauksessa.



Kuvio 4 Kaukaan Sahan lämpöenergian kulutuksen jakauma vuonna 2010

Kaukaan Sahalla on lämmön kulutuksessa korkea 20 %:n osuus LVI-lämmön kulutuksessa. Teollisten sahojen normaali LVI-kulutus on ollut 10 %:n luokkaa sahoilla joissa on lämmitettyjä tuotantotiloja, kuten sivulla 9 kuviossa 1 on osoitettu.

6.1 Kanaalikuivaamo

Kanaalikuivaamossa kuormat ovat kanaalissa pitkittäin ja ilmankierto poikittain. Kanaali on jaettu 7 vyöhykkeeseen, joissa jokaisessa vyöhykkeessä on oma lämpöpatteri ja puhallin. Kuivaamossa lastit kulkevat pareittain vaunuissa omilla raiteillaan. Kanaalikuivaamossa lastin koko on yksi rimapaketti. Kosteaa ilmaa poistuu kanaalista märästä päästä. Poikittaisilmankiertokuivaamon säätäminen on vaikeaa ja kallista, eikä niitä enää ole rakennettu vuosikymmeniin. (Sipi 2006 ,125 – 126.)

Kuivaamon henkilöstön kanssa keskusteltaessa selvisi kuivaamoista paljon tietoa. Kanaalikuivaamot ovat sahan vanhimmat kuivaamot, ja ne on rakennettu paikalle vuonna 1956 jo ennen sahan rakentamista. Kanaalikuivaamo käsittää 7 kanaalia, joista 6 on käytössä. Kanaali numero 7 on poistettu käytöstä huonokuntoisena ja energiaa tuhlaavana. Kanaaleissa käytetään lämmön talteenottoa lämmittämään tuloilmaa poistuvan ilman lämmöllä. Kanaalikuivaamossa kuivataan ohuempia pintalautoja, koska niiden kuivaaminen korkeampana lastina on hankalaa. Ohuet lautarimapaketit saattavat kaatua korkeina lasteina.

Kanaalikuivaamon lastinvaihdon yhteydessä on ollut suuria lämpötilan ja paineen kohoamisia kiertovesiputkistossa. Lastinvaihdon yhteydessä kuivaamon automatiikka sulkee kiertovesikierron kanaaleissa lastinvaihdon ajaksi. Tämä on aiheuttanut kuivaamon ohjauksjärjestelmään ylipaine- ja lämpötilahälytyksiä. Tutkimuksen aikana kanaalikuivaamossa otettiin koekäyttöön kiertovesikierron hitaampi sulkeminen vaihdon aikana. Kiertovesikierron hitaampi sulkeminen poisti paineen nousemisen ja lämmön kohoamisen myötä aiheutuvat vaihdon aikaiset hälytykset. Korkeilla paineen muutoksilla ja lämpötilan muutoksilla on voinut olla vaikutusta kiertovesiverkoston lämmönkulutuksen mittaamiseen. Kanaalikuivaamo kuluttaa vuoden 2010 mittaustietojen perusteella paljon lämpöenergiaa kuivattua sahatavarakuutiota kohden.

Kuvassa 4 näkyy kanaalikuivaamon lastin lastauspaikka ja lastattuja vaunuja. Raiteen vasemmassa reunassa vaunuihin lastatut rimapaketit ovat tuoreita kuivaukseen meneviä, kun taas oikealla näkyvät rimapaketit ovat kuivauksesta ulos tulevia kuivia rimapaketteja.



Kuva 4 Kanaalikuivaamo

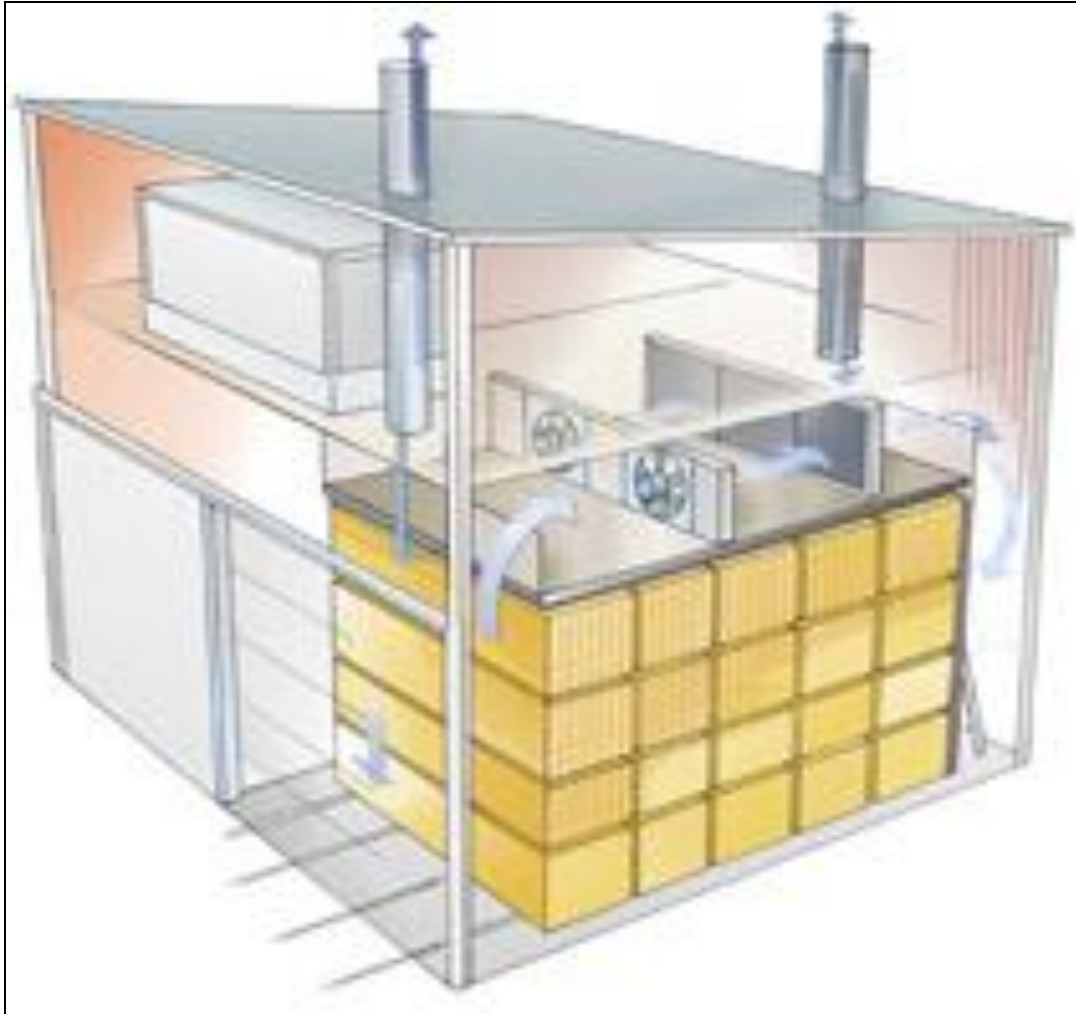
Kuivaamossa on kaikille kanaaleille yhteinen lämpöenergian mittaus. Lämpöenergian kulutusta mitataan kiertoveden virtauksen määrällä ja tulevan ja poistuvan kiertoveden lämpötilaerolla. Mittauspiste sijaitsee raitisilmakanavassa, ja mittauslaite sijaitsee valvomon välitilassa. Lämpöenergian virtauksen mittaus perustuu ultraäänimittaukseen ja se mittaa putkistossa virtauksen määrän ja huomioi lämpötilaeron meno- ja paluulinjan välillä.

Kuukausiraportissa mittaustieto näkyy mitattuna lämpömäärän MWh-tietona omalla rivillä Kanaalit. (Liite 4. Kuukausiraportti)

6.2 Kamarikuivaamo 11-55

Kamarikuivaamot ovat eräkuivaukseen perustuvia kuivaamotyyppisiä. Kamarikuivaamossa kuivausolosuhteet pyritään pitämään kauttaaltaan mahdollisimman samanlaisina. Ilman kierto on kohtisuoraan paketin pituussuuntaan. Ilman kiertosuuntaa muuttamalla saavutetaan tasaisempi kuivaustulos. Kamareissa käytetään pasutusta, joka höyryttää kuivauserän alussa nopeuttaen puun sulamista ja lämpötilan nousua. Yleensä kuivausilman lämpötilaa seurataan kuiva- ja märkäpuolella. Lämpötilaero kertoo suhteellisen kosteuden kuivausilmassa ja tarpeen raitisilman ottoon. Kamareissa lämmön talteenotto ei ole kannattavaa, koska poistuvan ilman vesisisältö on kuivauksen loppupuolella vähäistä. (Sipi 2006, 125.)

Kaukaan sahalla kamarikuivaamo 11 – 55:n ryhmässä kamareita on kaikkiaan 38, joista 8 poistettu käytöstä OTC-kuivaamon laajennuttua ja 4 huonon kunnon takia. Yhteen kamariin mahtuu 6 rimapakettia, yksi normaali ja pieni rimapaketti päällekkäin ja neljä pinoa vierekkäin. Kuvassa 5 alla näkyy WS Valutec Oyn valmistaman kamarikuivauksen periaate ja ilmanvirtaus kamarissa.



Kuva 5 Kamarikuivaamo (WS Valutec Oy)

Kaikille kamareille 11 - 55 on yhteinen energian mittaus. Mittausanturit sijaitsevat kanaalikuivaamon valvomon kävelysillan vieressä kulkevassa putkilinjassa. Mittauslaite on sijoitettu valvomon välitilaan kanaalimittarin viereen. Lämpöenergian virtauksen mittaus perustuu ultraäänimittaukseen ja se mittaa putkistossa virtauksen määrän ja huomioi lämpötilaeron meno- ja paluulinjan välillä.

Kuukausiraportissa mittautieto näkyy omalla rivillä Kamarit mitattuna lämpömäärä MWh-tietona. (Liite 4. Kuukausiraportti)

6.3 OTC-kuivaamo

OTC-kuivaamo on kaksivaiheinen jatkuvatoiminen kuivaamo. Kuivaamossa ilman virtaus kulkee kanavissa pitkittäin, kohtisuoraan kuormien pituussuuntaa vastaan. Sydän- ja lautatavaralle käytetään omia kanavia. OTC-kuivaamossa on kaksi kuivausvyöhykettä, märkä- ja kuivavyöhyke. Märkävyöhykkeessä kuumaa ilmaa puhalletaan suurella nopeudella kuormiin. Tämän tarkoituksena on kuormien nopea lämmittäminen kuivauksen nopeuttamiseksi. Vyöhykkeen vaihtuessa ilmaa puhalletaan prosessia vastaan kuivauksen loppuun asti. Automatiikka seuraa mittausarvoja, vertaa niitä tavoitearvoihin ja säätää kuivausta tarpeen mukaan. (Sipi 2006, 127.)

Kaukaan sahan OTC-kuivaamo käsittää 7 automaattikanavaa, jotka on rakennettu kolmessa vaiheessa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Ensin on rakennettu Valmet-Utec kanavat 1-5. Myöhemmin on WSAB rakentanut vastaavilla mitoilla ja periaatteella toimivat kaksi lisäkanavaa, kanavat 0 ja 6. Lastit kulkevat vaunuilla kaksi isoa pakettia päällekkäin, kuusi metriä korkeina lasteina kanavissa poikittain. Yhteen kanavaan mahtuu 14 lastia. Ensimmäiseen vyöhykkeeseen eli märkävyöhykkeeseen mahtuu neljä lastia. Toiseen vyöhykkeeseen eli kuivavyöhykkeeseen mahtuu kymmenen lastia. Kuivaamon lastausraiteille mahtuu tuoreita ja kuivia lasteja molempiin noin 15 lastia. Viimeksi valmistunut WSAB-kanava 6:n lastinsiirto eroaa hiukan muista kanavista, ja siinä on eri määrä vaunuja märässä päässä, märkävyöhykkeessä ja kuivavyöhykkeessä. Kuormat siirretään kuivaukseen yksi vaunu vaihdossa periaatteella märästä päästä sisään ja samalla automaattisiirrin siirtää kuormia kanavassa yhden vaunun verran eteenpäin sekä kuivasta päästä yhden vaunun ulos.



Kuva 6 OTC kuivaamo

Kuvassa 6 näkyvät OTC-kuivaamon kuivanpään raiteella kuivat lastit. Reunimmaisina ovat WSAB:n kanavat 0 ja 6, niiden välissä Valmetin valmistamat viisi kanavaa, kanavat 1 - 5. Kanavat on numeroitu alkamaan nollostä, koska kanava 0 on rakennettu alkuperäisen vaunujen palautusraiteen tilalle.

OTC-kuivaamossa ei ole kiertovesiputkistossa lämpöenergian kulutusta seuraavaa mittalaitteistoa. Kulutuksen seuranta perustuu lämmönsiirraseman kiertovesimittauksen ja välimittauksen mittaamien tietojen laskennalliseen erotukseen.

Kuukausiraportissa rivitieto Kanavat sisältää OTC-kuivaamon ja Kamariryhmä 60:n Lämpömäärä MWh-tiedon yhteisenä laskennallisena tietona. Rivitieto Kanavat on laskettu vähentämällä kiertoveden lähtevästä mittauksesta välimittauksen tieto. (Liite 4. Kuukausiraportti)

6.4 Kamariryhmä 60

Kamariryhmä 60 on vuoden 2010 loppupuoliskolla käyttöön otettu viiden kamarin ryhmä. Lastin siirto on toteutettu samoilla vaunuilla kuin OTC-kuivaamossa, mutta lastin korkeus on yhden normaalin ja pienen rimapaketin verran, noin neljä metriä. Kamariryhmä 60 on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin kamarit 11 - 55. Kaikissa kamareissa on käytössä pasutus, joka höyryttää kuivauserän alussa nopeuttaen puun sulamisen ja lämpötilan nousua. Kamareissa vain yhdessä on käytössä lämmön talteenotto poistuvasta kuivausilmasta. Tämä mahdollistaa lämmön talteenoton hyödyn vertaamisen sen investointikustannuksiin ja lämpöenergian kulutukseen.



Kuva 7 kamariryhmä 60

Kuvassa 7 näkyvät kamariryhmä 60 kuivaamon märkään lastausraiteet, joita on jokaiselle kamarille omansa. Märässä päässä ovat kuivaukseen menevien viiden vaunun lastit valmiina odottamassa kerralla suoritettavaa vaihtoa. Vaunuissa näkyy pieni rimapaketti alla ja normaali päällä. Kuivatut lastit

puretaan rakennuksen toiselta puolelta trukilla vaunu kerrallaan, koska siellä ei ole kuivanpään raiteita.

Lämpöenergian mittaus kamariryhmä 60:ssä on toteutettu jokaisessa kamarissa omalla kaukolämpömittarilla. Mittaustieto tallentuu vain kamariryhmä 60:n omaan ohjausjärjestelmä Jartekkiin.

Kuukausiraportissa kamariryhmä 60:n tiedolle ei ole omaa riviä lämpömäärälle, vaan sen kulutus on samassa kulutustiedossa OTC-kuivaamon kanssa. Sisäisessä laskennassa voidaan erotella OTC-kuivaamon ja Kamariryhmä 60:n kulutustiedot.

6.5 Välimittaus

Välimittaus mittaa kiertoveden virtausta kamariryhmä 60:n ja OTC-kuivaamon jälkeisessä osassa putkistoa. Välimittaus on pakollinen selvitetessä OTC-kuivaamon, kamariryhmä 60:n ja LVI:n lämmönkulutusta. Välimittauspisteen anturit sijaitsevat kanaalikuivaamon kuivassa päässä kulkevassa kiertovesiputkistossa. Mittari sijaitsee kuivanpään kävelysillalla betonipilarissa. Lämpöenergian virtauksen mittaus perustuu ultraäänimittaukseen, ja se mittaa putkistossa virtauksen määrän ja huomioi lämpötilaeron meno- ja paluulinjan välillä.

Mittauksen tietoa käytetään laskemaan Kuukausiraportin LVI ja Kanavat kulutusten rivitietoja lämpömäärä (MWh). (Liite 4. Kuukausiraportti)

6.6 LVI

Kaukaan sahalla LVI-kulutus sisältää rakennusten ja käyttöveden lämmityksen, eikä siihen sisälly ilmanvaihdon mittausta, kuten LVI yleensä käsittää. Lämmitettäviä rakennuksia ja lämpimän veden käyttöpaikkoja ovat saha, lajittelu, sosiaalitalat, höylä ja korjaamoparakki. Rakennusten lämmönkulutuksen

määrään vaikuttavat rakennusten tilavuus, sisä- ja ulkolämpötilaero sekä rakennusten tiiviys. Alla kuvassa 8 nähdään sahan dimensiolajittelun seinustalla olevat jääpuikot.



Kuva 8 Dimensiolajittelun seinusta

Kuvassa näkyvät suuret jääpuikot ovat tulleet sahan dimensiolajittelun katolta sulaneesta lumesta. Jääpuikot osoittavat dimensiolajittelun katossa olevan lämpövuotoa talvella 2010.

LVI-lämmönkulutukselle ei ole omaa mittausta, vaan sen kulutustieto saadaan laskemalla muiden mittausten avulla.

Kuukausiraportissa rivitieto LVI lämpömäärä (MWh) lasketaan vähentämällä kiertoveden välimittauksen tieto Kanaalit ja Kamarit mittausten tiedoilla. (Liite 4. Kuukausiraportti)

6.7 Kiertovesi

Sahan kiertovesi on palveluputkisto, joka siirtää lämmön kulutuskohteisiin. Kiertoveden lähtevää lämpö määrää mitataan lämmönsiirrinasemalla. Alla kuvassa 9 on kiertoveden virtausmittauslaite ja positiotiedon merkitsemistapa sahalla.



Kuva 9 Kiertoveden virtausmittaus

Lämpöenergian virtauksen mittaus perustuu ultraäänimittaukseen, ja se mittaa putkistossa virtauksen määrän ja huomioi lämpötilaeron meno- ja paluulinjan välillä.

Mittaustietoa käytetään laskennassa selvittämään OTC-kuivaamon, kamariryhmä 60:n sekä rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen käytettyä lämpö määrää.

7 LASKUTUSKÄYTÄNTÖ

Laskutuskäytäntöä selvitettiin sellutehtaan sihteerin avustuksella. Keskustelussa selvisi, että sellutehdas laskuttaa sahaa sen kuluttaman lämpöenergian perusteella. Sahan lämpöenergiankulutusta laskutetaan mittausten perusteella lisäämällä siihen siirtohäviön osuus. Sahan laskutuksen perusteena käytettävät mittaukset tehdään höyryn ja lauhteen virtauksen pohjalta sellutehtaalla. Sellutehtaan sihteerin kanssa käydyssä keskustelussa todettiin myös sahan energiankulutuksen seuranta tehtävän seuraamalla palautuvan lauhteen suhdetta toimitettuun höyryn määrään, eli lauhdeprosenttia. Jos sellutehtaalla havaitaan lauhdeprosentissa poikkeamaa kuukausitasolla, korjataan laskutusta sahan ilmoittaman kuukausituotannon perusteella. Sahan kuukausituotantona ilmoitetaan kuukausittainen sahausmäärä.

Sellun automaatiotyönjohtajan kanssa selvitettiin höyryn mittausposition kalibrointia. Kulutuksen mittauksessa todettiin sellutehtaalla tehtävän jälkikorjausta positiotietoon. Korjattava positio on höyryn mittauspisteessä positio 5053F0001. Ulkopuolinen akkreditoitu kalibrointilaboratorio on tarkastanut sahalle tulevan höyryn mittauslaitteiston vuonna 2007, jolloin myös jälkikorjaus on otettu käyttöön. Tutkimuksen aikana sellutehdas tarkastutti sahan käyttämän höyryn mittauslaitteiston. Kalibrointi varmisti mittauksen näyttävän oikein, eikä se vaadi korjaustoimenpiteitä.

7.1 Lämmönkulutuksen laskeminen

Lämmönkulutuksen laskentaan sovitusta käytännöstä oli sahan dokumentaatiossa kokousmuistio vuodelta 2002. Kokousmuistiossa on sovittu sahan lämmönkulutuksen laskentaperiaatteet ja lämpösisällön määrät höyrylle ja lauhteelle. Sellutehtaan informaatiojärjestelmän tiedoista varmistui käytetyn laskentaperusteen olevan edelleen käytössä, ja siihen on myöhemmin lisätty siirtohäviön osuus mukaan.

Sahan kuukausittainen lämmönkulutuksen E_{saha} laskenta perustuu höyryn ja lauhteen virtausmittauksiin. Kaavassa 1 $q_{m_{höyry}}$ on höyryn määrä (kg) kuukauden ajalta ja $q_{m_{lauhde}}$ on sahalta palautettavan lauhteen määrä (kg) kuukauden ajalta. Laskennassa käytetään kiinteitä lämpösisältöjä höyrylle h'' 2740 kJ / kg ja lauhteelle h' 400 kJ / kg.

$$E_{saha} = q_{m_{höyry}} * h'' - q_{m_{lauhde}} * h' \quad (1)$$

7.2 Siirtohäviö

Kaavalla 1 laskettuun sahan lämmönkulutukseen lisätään vielä siirtohäviöt. Siirtohäviö on tehdasalueella kaikkien osastojen kesken jaettu siirtohäviö, joka kattaa mittauksen ulkopuoliset erot kulutuksessa. Siirtohäviöt ovat olleet sellutehtaan infojärjestelmässä negatiivisia vuoden 2010 huhtikuusta asti. Tämä pienentää sahan lämmönkulutuksen laskutusta, vaikka siirtohäviöiden pitäisi lisätä laskutusta.

8 KALIBROINTI

Kalibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen lukeman virheen suuruuden selvittämistä suhteessa vertailumittalaitteen lukemaan. Kalibrointi selvittää mittalaitteen virheen tietyllä hetkellä ja tietyssä olosuhteessa. (Kippo 2008, 22.)

Ulkopuolinen akkreditoitu kalibrointilaboratorio on tehnyt sahan laskutukseen liittyviin höyryn mittauspisteisiin kalibroinnit sellutehtaalla vuonna 2007 ja tutkimuksen aikana Huhtikuussa 2011. Lauhteen mittaus on kalibroitu viimeksi vuonna 2006. Sellulla ei ole käytössä kiinteitä kalibrointivälejä, vaan kalibrointeja tilataan suoritettavaksi ulkopuoliselta kalibrointilaboratoriolta tarvittaessa.

Sahalla olevien kiertoveden nykyisen kiertovesiputkiston mittauspisteiden kalibroinnista ei löydy tietoa. Mittarit tarkastetaan yleisesti asennuksen yhteydessä. Tutkimuksen aikana sahan henkilöstön kanssa käytyjen keskustelujen perusteella voidaan olettaa, että sahall kalibrointeja ei ole tehty käyttöönoton jälkeen.

Paras ja usein ainoa mahdollinen tapa varmistaa virtaus- ja energiamittauksen tarkkuus on asennuspaikassa suoritettu kenttäkalibrointi (Oy Indmeas Ab 2011).

Nesteiden määrämittausten tarkistusta ja vertailua voidaan suorittaa siirrettävällä ultraäänimittauslaitteistolla. Siirrettävällä laitteistolla pystytään myös energiamäärämittausten vertailuun ja tarkistukseen. Laitteen toiminta perustuu kuluaikakorrelaatioperiaatteeseen ja mittaus voidaan suorittaa luotettavasti ja nopeasti, riippumatta putken materiaalista, koosta tai seinämävahvuudesta. (Flexim GmbH 2011.)

Valmistajan antamien tietojen mukaan ultraääniantureiden uudelleen kalibroinnin tarvetta ei käyttöönoton jälkeen ole. Mittalaitteissa ei ole kulumia osia, mutta putkistojen kuluminen saattaa vaikuttaa mittaustarkkuuteen. Mittauslaitteet ovat tehtaalla kalibroituja ja niiden mittaustarkkuus ei muutu käytössä. (Krohne 2011.)

9 PÄÄTELMÄT

Sahan kiertovesiverkostossa OTC-kuivaamon ja kamariryhmä 60:n lämmönkulutus voidaan määrittää vain syöttämällä tiedot manuaalisesti laskentajärjestelmään. Tämä johtuu eri kuivaamoiden käytössä olevista eri tietojärjestelmistä. Tietojärjestelmiä on useita, ja niiden liittäminen samaan tietojärjestelmään on hankalaa. Lisäämällä mittauspisteitä OTC-kuivaamoon voitaisiin parantaa mittauksen tarkkuutta ja huomata mittausten virheellisyys sekä putkistovuodot nopeammin.

Kiertovesijärjestelmän täytön seuranta voidaan tehdä vain valvomon näytöllä täyttymisen aikana näkyvästä venttiilin aukiolosta. Kiertovesijärjestelmän täyttymisestä ei kerry vuorokautista eikä kuukausittaista tietoa tietojärjestelmään.

Kanaalikuivaamossa kuivaaminen vaatii huomattavan paljon lämpöenergiaa kuivattua sahatavarakuutiota kohden verrattuna muihin sahalla oleviin kuivaamoihin. Kanaalikuivaamossa lastinvaihdon aikainen kiertoveden kierron hidastettu sulkeminen poisti ylipaine- ja yllilämpötilahälytykset. Tämä parantaa kiertovesiverkoston kestävyyttä ja vähentää vuotoja.

Kaukaan sahalla rakennusten lämmönkulutuksen osuus koko sahan lämmönkulutuksesta on suhteellisen korkea (20 %), normaalisti noin 10 %. Rakennuksissa oli havaittavissa lämpövuotoja talvella 2010. Lämpövuodot oli havaittavissa talvella suurina jään kertymisinä räystäälle.

Vertailtaessa sahalla ja sellutehtaalta saatuja vuoden 2010 energiankulutuksen mitattuja tietoja, havaittiin kulutuksen mittauksissa poikkeavuuksia. Eroja oli höyryn kulutusmittauksessa ja lauhteen palautusmittauksessa.

Sahan ja sellun mittaustiedoissa oli vuositasolla poikkeamaa höyryn virtausmäärän osalta 11 %, vaikka mittaus tehdään samalla laitteistolla. Poikkeamia selittää sellun laskeman siirtohäviön näkyminen Metson

informaatiojärjestelmässä negatiivisena ja höyryn lämpösisällön kertoimen muuttuminen kiinteäksi. Informaatiojärjestelmässä on ollut siirtohäviöiden osalta virhe huhtikuusta 2010 asti. Tämä näyttää sahan laskennallisen lämmönkulutuksen olevan enemmän kuin sellutehtaan laskuttama lämpö.

Sellutehtaalla on tehty kesäkuussa 2010 tietojärjestelmässä höyryn lämpötehon laskentaan muutoksia. Tässä lämpötehon laskennassa sellutehtaalla on viime vuoden kesäkuussa siirrytty kiinteään lämpösisällön kertoimeen. Saha hyödyntää tätä höyryn lämpötehon tietoa omassa raportoinnissaan ja kulutuksen seurannassa. Kesäkuuhun 2010 asti höyryn lämpötehon MW-tieto on ollut nettokulutusta. Muutoksen jälkeisestä höyryn lämpötehon mittaustiedon jalostumisesta tietojärjestelmissä ei tutkimuksen aikana saatu varmuutta. Muutoksen vaikutus näkyy vuoden 2010 lämmönkulutuksen vertailussa.

Pääsääntöisesti sellutehtaan sahalta laskuttama lämpömäärä on liian vähäistä verrattuna sahan kulutukseen. Vertailussa höyryn kulutukseen käytettiin sellutehtaan mittaamia höyryn ja lauhteen kulutustietoja ja sahan mittaamia kiertoveden sekä pasutuksen kulutuksen mittaustietoja. Sellutehtaan tehdessä joskus korjausta lämmönkulutuksen laskutukseen käytetään siellä sahan ilmoittamaa sahattua tuotantomäärää apuna. Sahan tai kuivaamon seisokkien yhteydessä sahattu tuotantomäärä eroaa kuivatusta määrästä ja korjaus vääristyy.

Myös lauhteen mittaustiedoissa oli eroa virtausmäärän osalta 14 %. Sahan lauhteen mittaus näyttää suurempaa kulusta kuin sellun lauhteen mittaus. Lauhdemittausten eroa selittää kahden eri mittarin käyttö, sillä sahalla ja sellutehtaalla on molemmilla omat mittauspisteet lauhteelle. Sahalla olevan lauhteen mittauspisteen jälkeen on sahan kiertovesiverkoston täyttömahdollisuus, mikä ei kokonaan selitä sahalla mitattua suurempaa lauhteen virtausmäärää. Lauhteen viemäriin ajon vaikutus lauhteen mittauseroon jäi tutkimuksessa selvittämättä. Lauhteen mittausten erolla on vaikutusta sahan lämmönkulutuksen laskutukseen vain 2 %. Tämä johtuu lauhteen alhaisesta lämpösisällöstä. Lauhteen mittauseron selvittämiseksi tarvittaisiin lisätutkimuksia.

Tutkimuksen aikana sellutehtaalla suoritettiin höyryn mittauslaitteen kalibrointi, eikä mittauksessa havaittu virhettä. Lauhteen mittauksen luotettavuuden varmistamiseksi saha ja sellutehdas voisivat verrata omien mittauslaitteiden vuorokautista mittausta.

10 KEHITYSEHDOTUKSIA

Sahan kuluttaman höyryn mittaustiedon jalostuminen sellutehtaan tietojärjestelmissä tulisi selvittää.

Lauhteen mittauksen luotettavaksi saamiseksi tulisi sekä sahan että sellun lauhdemittareiden kalibroinnit suorittaa. Lauhteen viemäriin ajon vaikutus mittauksen luotettavuuteen tulisi selvittää.

Sellutehtaalle tulisi sahalta ilmoittaa tuotantotietona kuivattu määrä nykyisin ilmoitetun sahausmäärän sijasta.

Sahan kiertovesiverkoston mittareiden kalibrointi tulisi suorittaa tarvittaessa. Mittareiden lisäys OTC-kuivaamon kanaviin selventäisi raportoinnin ja parantaisi kuivausten vertailua kanavien kesken.

Kanaalikuivaamon lastinvaihdon aikainen kiertoveden kierron hidastettu sulkeminen tulisi jättää pysyväksi.

Kuivaamon tietojärjestelmään voisi lisätä vuorokautisen mittaustiedon ilmaisemaan kiertovesiverkoston täyttömäärää. Tämä tieto auttaisi havaitsemaan kiertovesiverkoston vuodot nopeammin.

KUVAT

Kuva 1 Kaukaan tehdasalueen kartta, UPM-Kymmene Oyj Kaukas Intranet, s.7

Kuva 2 Lämmönsiirrasema, s.17

Kuva 3 Pasutushöyryn virtausmittaus, s.22

Kuva 4 Kanaalikuivaamo, s.25

Kuva 5 Kamarikuivaamo, WS Valutec Oy, s.27

Kuva 6 OTC-kuivaamo, s.29

Kuva 7 Kamarit 61-65, s.30

Kuva 8 Dimensiolajittelun seinusta, s.32

Kuva 9 Kiertoveden virtausmittaus, s.33

KUVIOT

Kuvio 1 Lämpöenergian kulutuksen jakautuminen sahoilla yleensä, s.9

Kuvio 2 Kaukaan Sahan lämpöenergian kulutuksen jakauma vuonna 2010, s.19

Kuvio 3. Lämmönkulutuksen mittaustiedot vuonna 2010, s.20

Kuvio 4. Lauhteen mittaustiedot vuonna 2010, s.24

KAAVA

Kaava 1 Sahan lämmönkulutuksen laskeminen 2002, s.35

TAULUKKO

Taulukko 1 Tyypillinen vientiin menevän männyn kanavakuivauskaava, s.11

LÄHTEET

Aumala, O. 1998. Mittaustekniikan perusteet. 7 painos. Helsinki: Aumala ja Otatieto Oy.

Aumala, O. 1998. Teollisuusprosessien mittaukset. 4 painos. Tampere: Pressus Oy.

Flexim GmbH 2011.

<http://flexim.com/de/fluxus-f601> (Luettu 24.3.2011)

Juvonen R. Johanson P.E. ja Ammattikasvatushallitus. 1991. Mekaaninen metsäteollisuus 2. sahateollisuus. 2. painos. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Oy Indmeas Ab 2011.

http://www.indmeas.com/virtauskalibroinnit_metsa (Luettu 24.3.2011)

Kamstrup A/S 2011a.

<http://kamstrup.fi/media/12632/file.pdf> (Luettu 29.2.2011)

Kamstrup A/S 2011b.

<http://kamstrup.fi/media/6401/file.pdf> (Luettu 29.3.2011)

Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

Krohne 2011.

http://www.krohne.com/UFM_3030_Ultrasonic_Flowmeters_en.818.08.html (Luettu 24.3.2011)

Sipi M. & opetushallitus. 2006. Puutuoteteollisuus 5 Sahatavaratuotanto 3.painos. Helsinki: Edita Oy.

UPM-Kymmene 2011a.

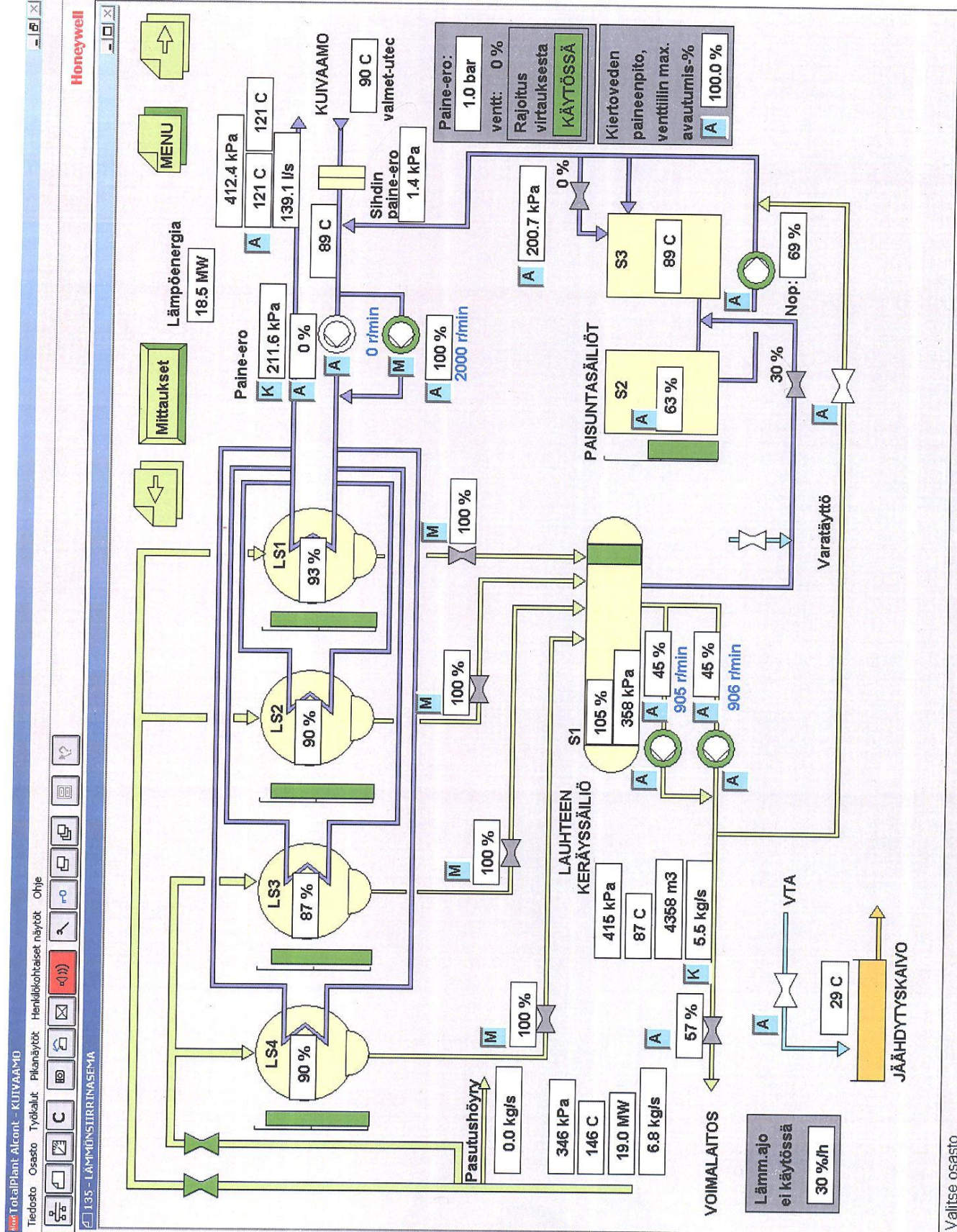
http://www.upm.com/FI/UPM/UPM_Lyhyesti/Historia/Pages/Default.aspx (Luettu 24.3.2011).

Upm-Kymmene 2011b.

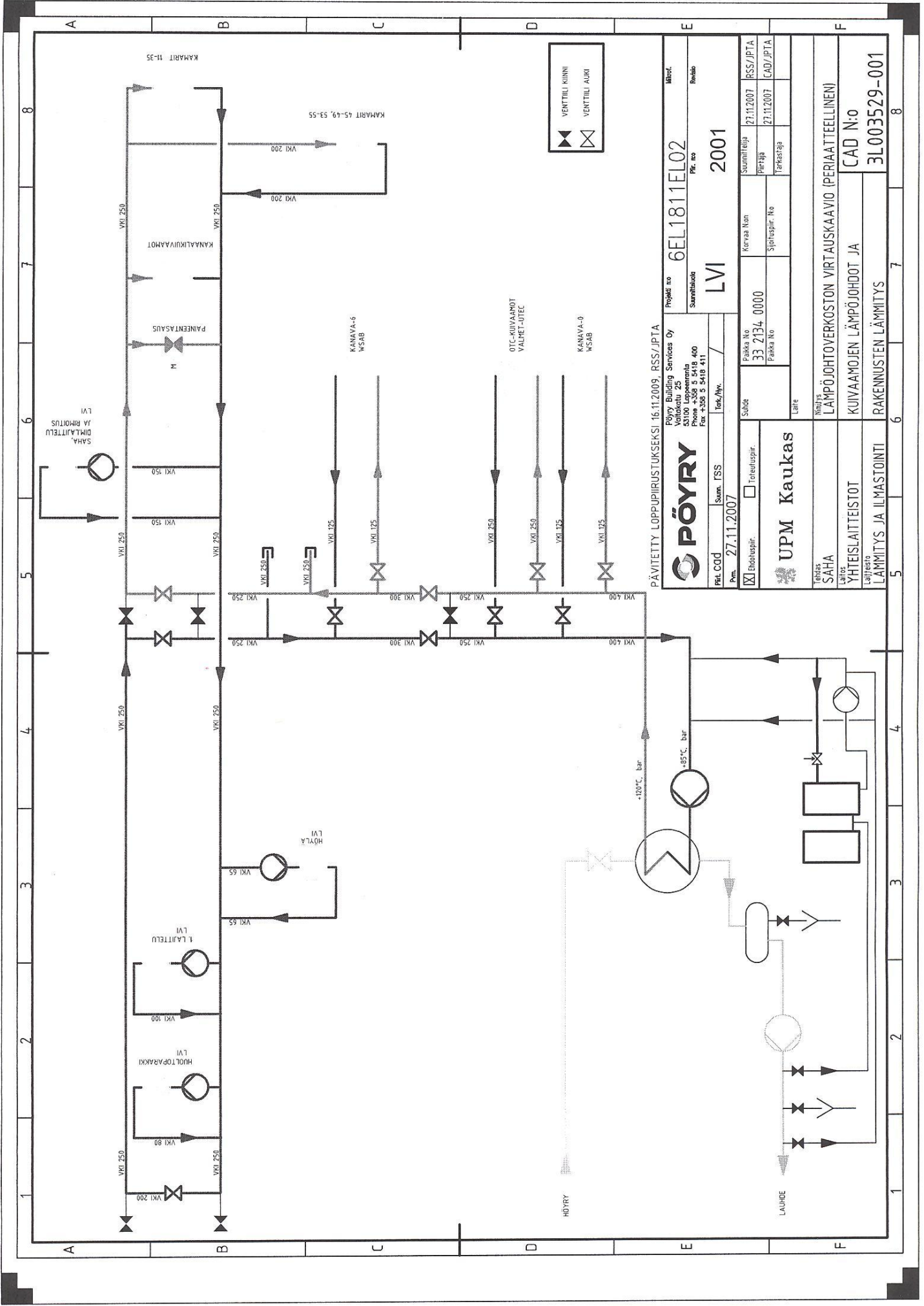
http://www.upm.com/FI/UPM/Ladattavat-tiedostot/Konsernitiedot/Documents/UPM_AR_10_fi_full_online.pdf (Luettu 24.3.2011).

UPM-Kymmene 2011c.

Kaukaan sahan esittely PowerPoint (Luettu 20.2.2011).

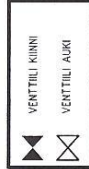


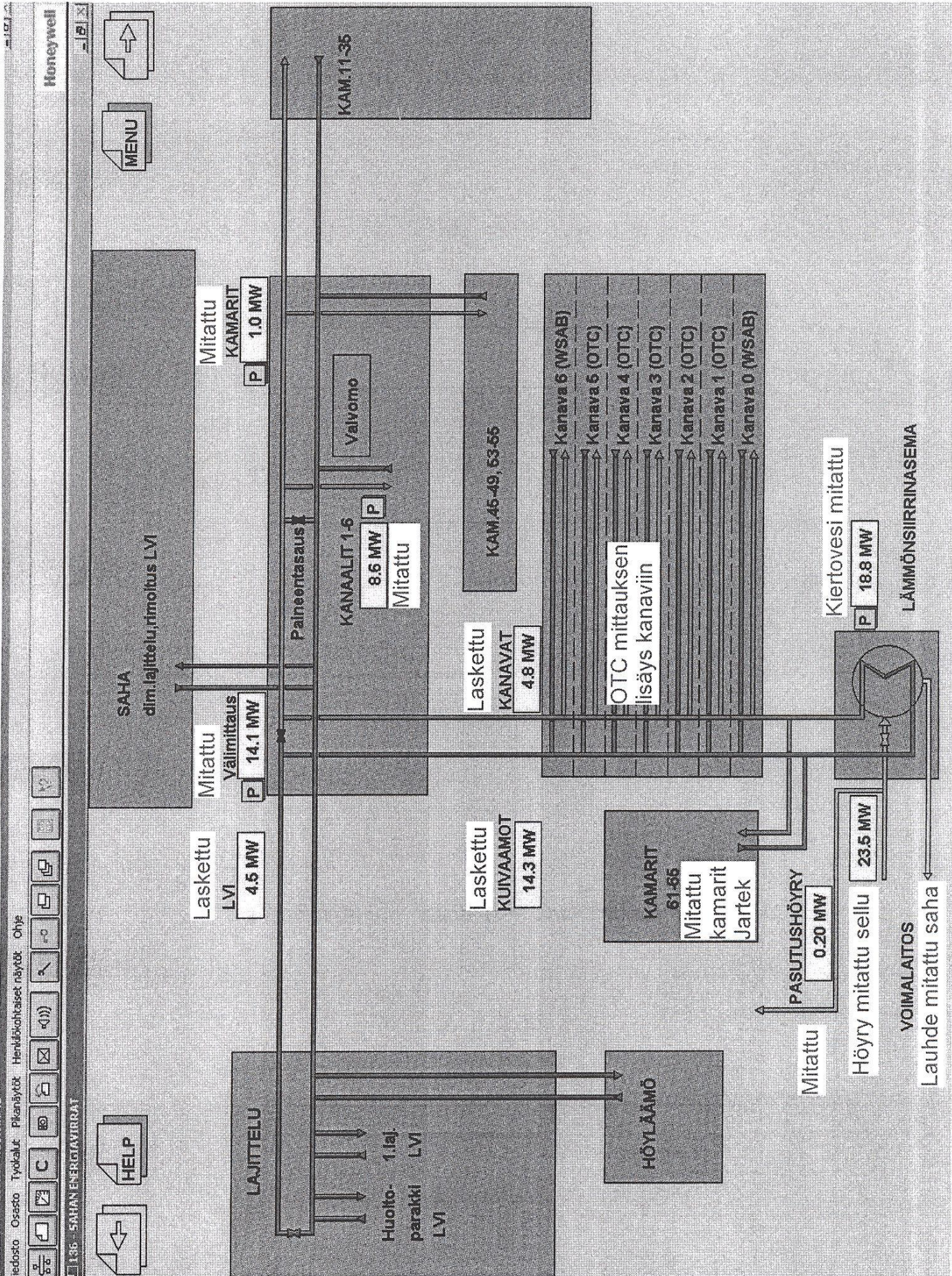
Valitse osasto



PÄIVITETTY LOPPUIPIRUSTUKSEKSI 16.11.2009, RSS/JPTA

PÖYRY	Projekti no	6EL1811EL02	Mittot.
Pöyry Building Services Oy Linnankatu 22 53100 Lappeenranta Phone +358 5 5418 400 Fax +358 5 5418 411	Suunniteluoto	LVI	Revlo
Proj. COO	Suun. RSS	2001	
Pvm. 27.11.2007	Tont./Nhr.		
<input checked="" type="checkbox"/> Ehdotuspil.	<input type="checkbox"/> Toimituspil.		
UPM Kaukas			
Tehdas SAHA	Paikka No	33 2134 0000	Kuivaa Ikon
LVI: YHTIESLAITTEISTOT	Paikka No		Sijaintipil. No
Laitasto LÄMMITYS JA ILMASTOINTI			Laitte
	Nimitys	LÄMPÖJOHTOVERKOSTON VIRTAKAAVIO (PERIAATTEellinen)	
		KUIVAAJOJEN LÄMPÖJOHDOT JA	
		RAKENNUSTEN LÄMMITYS	
		CAD No:	3L003529-001



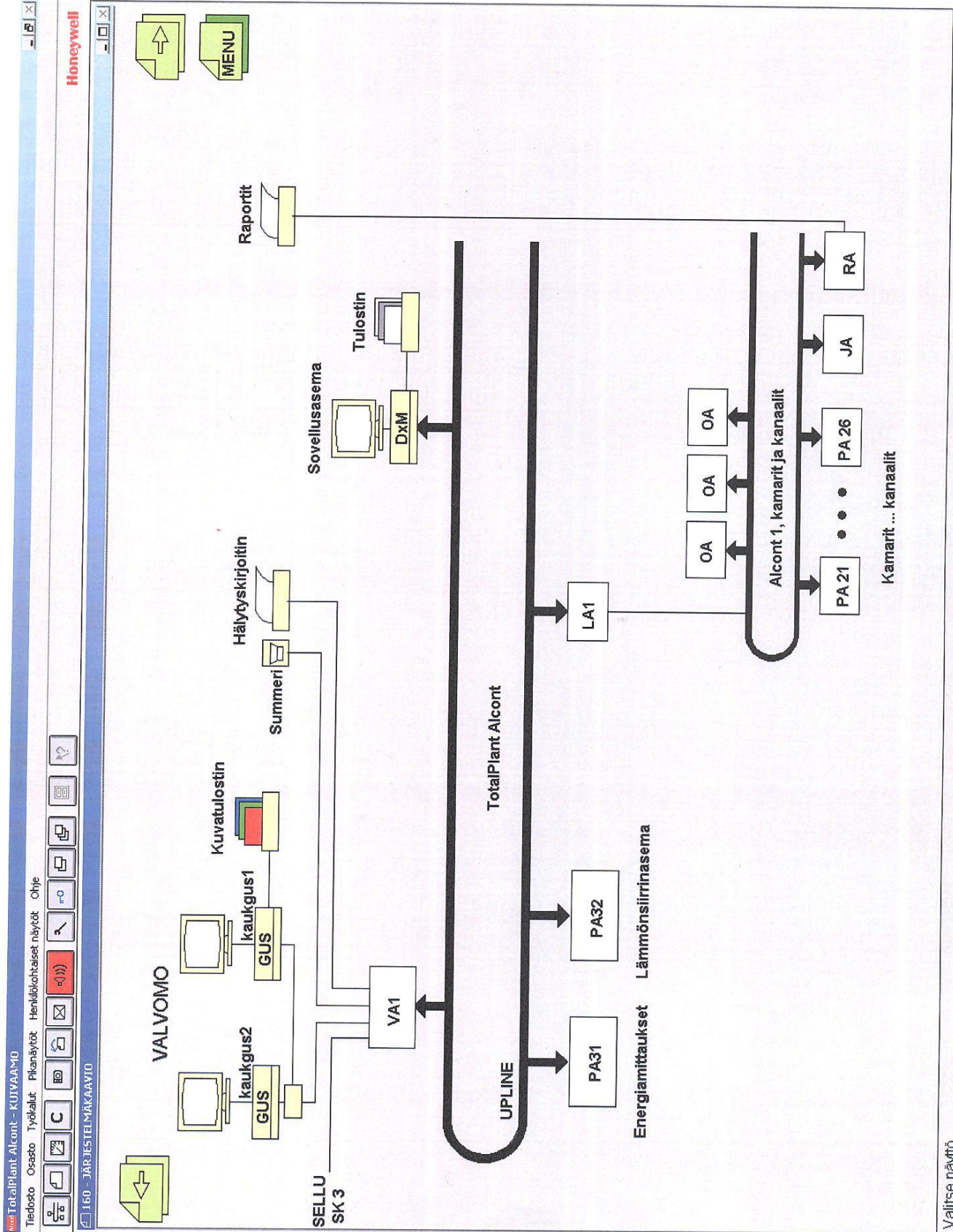


PVM: 1/ 4-2011 0: 3

K U U K A U S I R A P O R T T I

KALUKAAN SAHA

	MAARA	(MS)	(T)	LAMPOMAAARA (MWH)
KIERTOVEDI :				
KANAVAT				5171.4
KANAALIT				4696.7
KANARIT				1403.8
KUIVAAMOT YHT.				11271.6
L V I				2362.4
SAHA-KOKONAISKULUTUS				13634.0
PASUTUSHÖYRY 3 BAR			306.3	233.1
HÖYRY 3 BAR. SAHA			18961.8	14443.6
KYLMÄVESI SAHA		633.5		
SANITEETTIVESI SAHA		1443.0		
PAINEILMA SAHA		776213		
LAUHDE		21178.4		
SAHATTU TUOTANTO				
KUIVATTU TUOTANTO				



Valitse näyttö