

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka / käyttö ja käynnissäpito

Marko Hyvönen

SELLU- JA PAPERI-INTEGRAATIN LAUHDETASE

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

HYVÖNEN, MARKO

Sellu- ja paperi-integraatin lauhdetase

Opinnäytetyö

45 sivua

Työn ohjaaja

Osaamisalapääällikkö, Markku Huhtinen

Toimeksiantaja

UPM Kymmene Oyj, Kymi Matti Tikka

Lokakuu 2012

Avainsanat

höyry, energia, energiatalous, kunnossapito

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Kymin tehdasintegraatin kokonaislauhdetase ja eri höyrynkulutuskohteiden lauhteenpalautusprosentit. Ensisijainen tavoite oli tuottaa voimalaitoksen automaatiojärjestelmään operointinäyttö, josta voidaan seurata hetkelistä lauhteenpalautusprosenttia eri höyrynkulutuskohteista. Operointinäyttöihin lisättiin myös trendit, joista voidaan seurata lauhteen palautusprosentin muutoksia pitämällä aikavälillä. Kymmenen erillisen trendin näyttö tallennettiin Metso MyCom-mynity-portaaliin. Samaan portaaliin on tallennettu myös kaikki muutkin raportit. Tasomuutokset trendeissä indikoivat vikoja kyseisessä kulutuskohteessa. Laskennallisten mittauspiirien hälytysraja aseteluita ei tämän projektin aikana ehditty tehdä. Rajat pitää asetella pitkän ajan seurannan perusteella. Liian tiukat hälytysrajat johtavat turhiin selvitystöihin. Tavanomaisia vikoja lauhdejärjestelmässä ovat esimerkiksi lauhteenpoistimen auki jääminen ja takaiskuventtiilin kiinni juuttuminen.

Työssä voitiin hyödyntää olemassa olevaa instrumentointia. Uusia mittauksia ei tarvinnut tämän työn vuoksi rakentaa. Käytössä oleva instrumentointi on hyvässä kunnossa. Kuivauskoneen ja haihduttamon lauhteen palautusprosentit olivat laskennallisesti yli 100 %. Kuivauskoneen mittauksissa on ilmeinen kalibrointi tarve. Haihduttamalla käytetään syöttövettä höyryn tulistuksen poistoon, josta aiheutuu lauhdeylijäämä. Tiedonkeruussa voitiin hyödyntää olemassa olevia tiedonkeruujärjestelmiä. Tietojen siirrossa taulukkolaskentaohjelmaan hyödynnettiin Aspen-lisäosaa, joka mahdollistaa tietokannan määrittelyn Exceliin. Taulukkolaskentaohjelmaan laadittiin jokaiselle höyrynkulutuskohteelle omat tiedonkeruutaulukot, joissa voitiin laskea taseet ja lauhteenpalautusprosentit. Kaavat siirrettiin suoraan automaatiojärjestelmän sovelluksiin ja toimintakuvauksiin.

Nykyaikaisia automaatiojärjestelmiä tehokkaasti hyödyntämällä voidaan tuottaa operaattoreille ajantasaista tietoa prosessin tilasta. Energiatehokkuuden kannalta on tärkeää reagoida nopeasti muuttuneisiin prosessiolosuhteisiin. Informaation puutteen vuoksi voi syntyä merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Tällä työllä pyrittiin lisäämään tietoa höyry- ja lauhdejärjestelmän tilasta ja kunnosta. Suunnitelmallisen kunnossapidon edellytys on, että kaikki havaitut viat raportoidaan SAP-kunnossapitojärjestelmään.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

HYVÖNEN, MARKO

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

October 2012

Keywords

Pulp and Paper Mill Integrate Condensate Balance

45 pages

Markku Huhtinen, Manager of Department

UPM Kymmene Oyj, Kymi Matti Tikka

steam, energy, energy economics, maintenance

The aim of this study was to determine the Kymi mill overall condensate balance and condensate return percentage of each steam consumer. The primary goal was to produce a power plant automation system operating display, which can be monitored by the instantaneous value of the condensate return percentage. Operation displays were added to the trends, which can be monitored by changes in the condensate return percentage by the long-term. Changes in the trends are indicative of the level of defects in the steam and condensate pipe lines.

It was possible to utilize existing instrumentation in the work and therefore new measurements are not needed. Data were collected utilizing the existing data collection systems. For each specific steam consumption target, a separate spreadsheet was drawn up, in which the balance and condensate return percentage could be calculated. The formulas were directly transferred to the automation system applications and the operating descriptions.

Modern automation systems can be utilized efficiently by producing up to date information about the state of the process for the operators. From the point of view of energy efficiency, it is important to react quickly to the changed process conditions. Significant economic losses may occur due to lack of information. This work aimed at increasing knowledge about the status of the steam and the condensate systems.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

TERMIT JA LYHENTEET

ABSTRACT

TERMIT JA LYHENTEET

6

1 JOHDANTO

7

2 TEHDASESITTELY

8

2.1 UPM

8

2.2 Kymi

8

2.3 Paperitehdas

9

2.4 Sellutehdas

9

3 HÖYRYN TUOTANTO

10

3.1 Höyryntuottajat

10

3.2 Höyryverkon säätö

11

4 HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄ

12

4.1 Höyryjärjestelmä

12

4.2 Lauhdejärjestelmä

13

4.3 Lauhde kustannukset

18

4.4 Lisäveden valmistus

19

4.5 Energiatehokkuus

22

5 HÖYRYN KÄYTTÖKOHTEET

24

5.1 Paperitehdas

24

5.2 Kuitulinjat

28

5.3 Talteenotto

30

5.4 Haihduttamo

31

5.5 Kuivauskone

32

5.6 Kymin Voima

34

5.7 Apulauhduutin

35

5.8 Kaukolämpö

36

6 KÄYTTÖLIITTYMÄ	37
6.1 Automaatiojärjestelmä	37
6.1.1 Metso Automation Oy	37
6.1.2 Metso DNA Collection 2007	37
6.1.3 Valvomo DNA-USE (OA)	39
6.1.4 DNA IA	40
6.2 Toteutus	41
7 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	47

TERMIT JA LYHENTEET

Entalpia	Aineen lämpöenergiasisältö	[kJ/kg]
toe	Öljyekvivalenttitonni = lämpöarvoltaan vastaa 1 tonnia raakaöljyä	
1 toe	11,63 MWh	
1000 toe	1 Mtoe	
Energia	Joule	[J]
Teho	Watti = J/s=Nm/s ²	[W]
Matalapainehöyry	3,5 bar tai 5,0 bar	[HMP]
Välipainehöyry	13,5 bar	[HVP]
Sifoni	Lauhteenpoistolaite	
Cim/io	Puskuroiva tiedonkeruutietokone	
EAS	Metso-automaatiojärjestelmän suunnitteluserveri	
FbCad	Sovellussuunnitteluohjelmisto	
UseEditor	Ajokaaviosuunnitteluohjelmisto	
Nvu	Ilmainen html-editori	
MyCommunity	DNA- järjestelmän raportointiportaali	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan UPM Kymin sellu- ja paperi-integraatin lauhdetasetta. Tarkastelussa hyödynnetään olemassa olevia mittauksia lauhde- ja höyrylinjoissa. Voimalaitosprosesseista tarkastellaan lähemmin höyryn tuotantoa ja jakelua sekä lauhteen keräilyä ja puhdistusta. Energiatalouden hallinnan kannalta lauhdehävion seuranta suoraan automaatiojärjestelmästä on kannattavaa toimintaa. Muutokset normaaliin ajotilanteeseen nähden on helppo havainnoida. Lisäveden valmistaminen kuluttaa jonkin verran kemikaaleja mutta suurimmat kustannukset muodostuvat lisäveden lämmityksestä. Kemikaalien ja höyrynkulutusta voidaan pienentää tehostamalla lauhneiden keräilyä.

Tiedonkeruu suoritettiin UPM Kymin automaatiojärjestelmistä. Tarkasteluajankohdaksi on valittu tammikuu vuonna 2012. Tehtailla on käytössä Metso Automation Oy:n toimittamat automaatiojärjestelmät. Käytössä olevista infojärjestelmistä on mahdollista hakea tietoja samaan Excel-taulukkoon. Aspen-lisäosa on käytössä Excel-taulukkolaskentaohjelmassa. Tehtävää varten laadittiin osaprosessikohtaiset keruutaulukot. Taulukot koostuvat tiedonkeruuvälilehdistä ja data-analyysivälilehdistä. Laskennassa käytetyt kaavat siirrettiin käytettäväksi automaatiojärjestelmän sovelluksiin.

Voimalaitoksen automaatiojärjestelmään suunniteltiin oma operointinäyttö lauhdehävikin seurantaan varten. Näytössä esitetään hetkellinen arvo numeerisena ja trendimuotoisena esityksenä. Automaatiojärjestelmän piirit lisättiin infojärjestelmän tiedonkeruun piiriin. Yksittäisestä positiosta on mahdollista poimia oma trendi seurantaan varten. Piireille on mahdollista asettaa omat hälytysrajat, jotka voidaan määritellä joko mitoitustietopohjaisesti tai kokemuspohjaisesti. Konkreettiset ja havainnollistettavat yksiköt antavat hyvän kuvan siitä, kuinka paljon todellisuudessa menetetään energiaa lauhdehävikin mukana. Infojärjestelmään luodaan oma raportti hävikin seurantaan varten kuukausitasolla.

2 TEHDASESITTELY

2.1 UPM

UPM työllistää noin 24 000 työntekijää. Liikevaihto oli vuonna 2011 yli 10 miljardia euroa. Tuotantolaitokset sijaitsevat 16 maassa ja myyntiverkosto on maailmanlaajuinen. UPM on listattu Helsingin pörssissä. Tuotanto on jaettu kolmeen toimialaan, joista energia ja sellu työllistävät 4 000 henkilöä, paperi työllistää 14 000 henkilöä ja tekniset materiaalit työllistää 6 000 henkilöä. (UPM-Kymmene Oyj, 26.7.2012)

Sellutoimialan tavoite on tuottaa kilpailukykyistä sellua sisäisille ja ulkoisille asiakkaille. Tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa ja Uruguayssa. Tuotevalikoima kattaa pohjoisen havu- ja lehtipuusellun sekä eukalyptussellun. Tehtaiden vuosikapasiteetti on yhteensä 3,2 miljoonaa tonnia.

Paperitoimiala tuottaa aikakauslehti-, sanomalehti-, hieno- ja erikoispapereita.

Asiakkaina ovat kustantajat, painotalot ja tukkurit sekä paperinjalostajat.

Paperitehtaita on 25 ja ne sijaitsevat Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa.

Tehtaiden tuotantokapasiteetti on 14 miljoonaa tonnia vuodessa. (UPM-Kymmene Oyj, 25.7.2012.)

2.2 Kymi

Kymin tehdas on ympäristöystävällinen sellun-, energian- ja paperintuotannon

integraatti. Tehtaalla on korkea energianomavaraisuusaste ja biopolttoaineiden

käyttöaste. Tehtaan päätuotteita ovat päällystetty ja päällystämätön hienopaperi.

Paperin tuotantokapasiteetti on 830 000 tonnia ja sellun 570 000 tonnia. Tehdas on

perustettu vuonna 1872 ja nykyään se työllistää noin 600 henkilöä. Tehdas käyttää yli

2 miljoonaa kuutiota puuta vuodessa. (UPM-Kymmene Oyj, 25.7.2012.)

2.3 Paperitehdas

Paperitehtaalla on kaksi paperikonetta. PK8-linja tuottaa päällystettyä hienopaperia (WFC) ja PK9-linja tuottaa päällystämätöntä hienopaperia (WFU). PK8:n nettoleveys on 8,5 m ja maksimi nopeus 1600 m/min. Päällystyskoneen C3 maksiminopeus on 2200 m/min. PK8-linjan neliömassajakauma on 70 -150 g/m². PK9:n nettoleveys on 8,5 m ja maksiminopeus on 1350 m/min. Neliömassajakauma on 70 -100 g/m². (UPM-Kymmene Oyj, 25.7.2012.)

Tuotteet:

- Painopaperit: UPMFinesse, UPM Fine
- Toimistopaperit: UPM Office, Future, Yes, KymLux, UPN PreLaser, UPM PrePersonal, UPM Form, UPM Letter, UPNM Letter Insert
- Digipaperit: UPM DIGI Laser, UPM DIGI Laser+, UPM DIGI Finesse gloss, UPM DIGI Finesse premium silk, UPM DIGI Finesse matt
- Erikoispaperit: UPM Jetlabel, UPM Vellum

(UPM-Kymmene Oyj, 25.7.2012.)

2.4 Sellutehdas

Sellutehdas tuottaa koivu- ja havusellua. Energiantuotanto kuuluu Kymillä sellun organisaatioon. Tehdas tuottaa yli 90 % energiasta uusituvilla biopolttoaineilla. Sellutehtaalla on kaksi jatkuvatoimista keitintä ja kaksi valkaisulinjaa sekä kuivauskone. Kemikaalien talteenottolaitos koostuu haihduttamosta, soodakattilasta, turbiinista, kaustistamosta ja apukattilasta.

Integraatin tarvitsema lämpöenergia tuotetaan soodakattilalla ja Kymin Voimalla. Suurin osa sähköenergiasta tuotetaan soodakattilalla ja Kymin Voimalla. Loput ostetaan UPM Energialta. Kymin tehtaan energiaomavaraisuusaste on parhaimmillaan yli 80 %. Kaukolämpöä toimitetaan Kouvolan kaupunkiin.

Kemikaalien talteenotto kuuluu sellunvalmistuksen pääprosesseihin. Sen tehtävänä on talteenottaa sellun keitossa käytetyt kemikaalit ja palauttaa ne uudelleen käyttöön. Keitossa liuenneen puun energia hyödynnetään polttamalla se soodakattilassa. Soodakattilan pääpolttoaine on keittoprosessissa syntynyt mustalipeä ja Kymin Voiman pääpolttoaine on puunkuori ja metsätähdehake. Modernin talteenottolaitoksen ansiosta biopolttoaineilla tuotettavan sähkön tuotantokapasiteetti on kaksinkertaistunut. Kymin sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitoksen käyttöönoton jälkeen tehdas on siirtynyt lähemmäksi hiilidioksidineutraalia paperintuotantoa. Kymin tehtaan hiilijalanjälki on lähellä nollaa. Talteenottolaitos on otettu käyttöön vuonna 2008. Varapolttoaineena voimalaitoksissa on öljy ja maakaasu. (UPM-Kymmene Oyj, 24.7.2012.)

Tuotteet:

- Koivusellu: UPM Betula
- Mäntysellu: UPM Conifer

(UPM-Kymmene Oyj, 24.7.2012.)

3 HÖYRYN TUOTANTO

3.1 Höyryntuottajat

Tehtaan tarvitsema höyry tuotetaan soodakattilassa SK3, Kymin Voiman leijupetikattilassa K7 ja apukattilassa sekä hajukaasukattilassa. Höyryverkon tasaimina käytetään höyryakkua, apulauhdutinta ja kaukolämpöverkon apujäähdytintä. Soodakattilan tuorehöyryn arvot ovat 168,8 kg/s, 102 bar ja 505 °C. Leijukattilan vastaavat arvot ovat 107 kg/s, 114 bar ja 541 °C. Apukattila tuottaa kylläistä höyryä tehtaan eri prosesseihin. Kattilan polttoaineena käytetään maakaasua. Laitoksen vuotuinen käyttöaika on alle 500 h/a. Apukattilan tuorehöyryn arvot ovat 50 kg/s, 16 bar ja 204 °C. (UPM-Kymmene Oyj, 4/2008, 6.)

Höyryverkko koostuu matala- ja välipainehöyrytukeista sekä jakeluputkistosta. Matalapainehöyryssä on omat jakotukit 3,5 bar:n ja 5,0 bar:n höyryille. Käytössä on myös

29 bar:n höyrynpaineen taso jota käytetään soodakattilalla nuohoushöyrynä. Kattiloiden korkeapainehöyryverkkoa ei käsitellä tarkemmin tässä työssä. (UPM-Kymmene Oyj, 4/2008, 7.)

3.2 Höyryverkon säätö

13,5 bar:n höyrynjakotukin painetta säädetään normaalisti turbiinin GT3 säädetyllä väliotolla, höyryakulla ja tarvittaessa korkeapainehöyryverkon reduktioventtiileillä. Höyrynjakotukin 13,5 bar:n paine mitataan kahdella painemittauksella. Mittausten keskiarvo näytetään verkonasettelunäytössä. Höyryakun latauksenrajoittimelle käytetään pienempää asetusarvoa kuin höyrytukin paineenasettelussa on aseteltu. Turbiinilta GT3 tulevaa höyrynpainetta säädetään ohjaamalla välioton säätöventtiileitä. Säätöventtiileinä käytetään turbiinin matalapaineosaan ohjaavaa säätöventtiiliä ja matalapaineosan ensimmäisten vyöhykkeiden ohitusventtiileitä.

5 bar:n höyrynjakotukin paine on vastapainesäädössä turbiinin GT3 vastapaineasetusarvon mukainen. Normaalisti turbiinia ajetaan etupainesäädöllä ja painetta säädetään ensisijaisesti paineenalennusventtiileiden kautta. Höyrynjakotukin 5 bar paine mitataan kahdella painemittauksella. Mittausten keskiarvo näytetään verkonasettelunäytössä.

3,5 bar:n paineensäätö on Kymin Voiman kattilan K7 ohjausjärjestelmässä. Järjestelmä ohjaa myös apulauhduttimen toimintaa. 3,5 bar:n höyryverkko toimii turbiinin GT7 vastapainehöyrytukkina. Jos paine nousee höyryverkossa liian korkeaksi, ajetaan osa höyrystä apulauhduttimen kautta lauhdeksi. Puhdas lauhde pumpataan takaisin lauhdesäiliöön.

Koko tehtaan höyryverkkoa hallitaan höyryverkon hallintasovelluksella, joka huolehtii vakaasta ja hallitusta höyrynpaineesta korkeapainejakotukeissa ja vastapainejakotukissa. Höyryverkon hallintasovellus säätää höyryyn tuotantoa kulutusta vastaavaksi. Sovellus toimii 5 sekunnin säätöväylillä. Sovellus kerää mittauksia koko höyryverkon alueelta ja laskee höyryverkon kannalta optimaaliset asetusarvot säätimille. (UPM-Kymmene Oyj, 4/2008, 24 -36.)

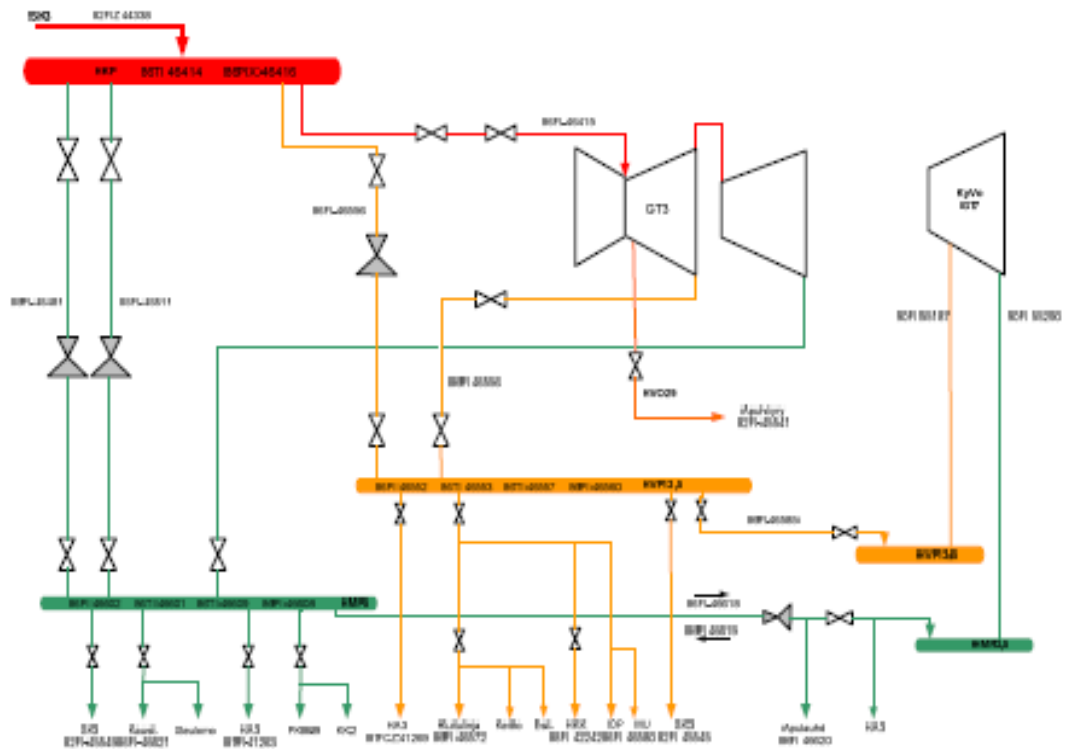
4 HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄ

4.1 Höyryjärjestelmä

Teollisuudessa höyryä käytetään prosessien lämmittämiseen ja käyttövoimana esimerkiksi höyryturbiineissa. Höyryn hyviä ominaisuuksia ovat korkea lämpökapasiteetti, helppo siirto kulutuskohteisiin ja paineen avulla tapahtuva lämpötilan säätö.

Höyryjärjestelmän tehtävänä on siirtää höyryä turvallisesti eri käyttökohteisiin. Kuvassa 1 on esitetty höyryn tuotannon ja jakelun pääverkko. Käytettävät höyryputkistot on suunniteltava oikein valitun painetasen mukaisesti. Tällä tavoin voidaan vähentää putkistossa tapahtuvia häviöitä. Putkilinjoin ei ole järkevää asentaa turhia venttiileitä eikä kuristuslaippavirtausmittauksia. Jokainen kuristuskohta aiheuttaa häviöitä höyryvirtaukseen.

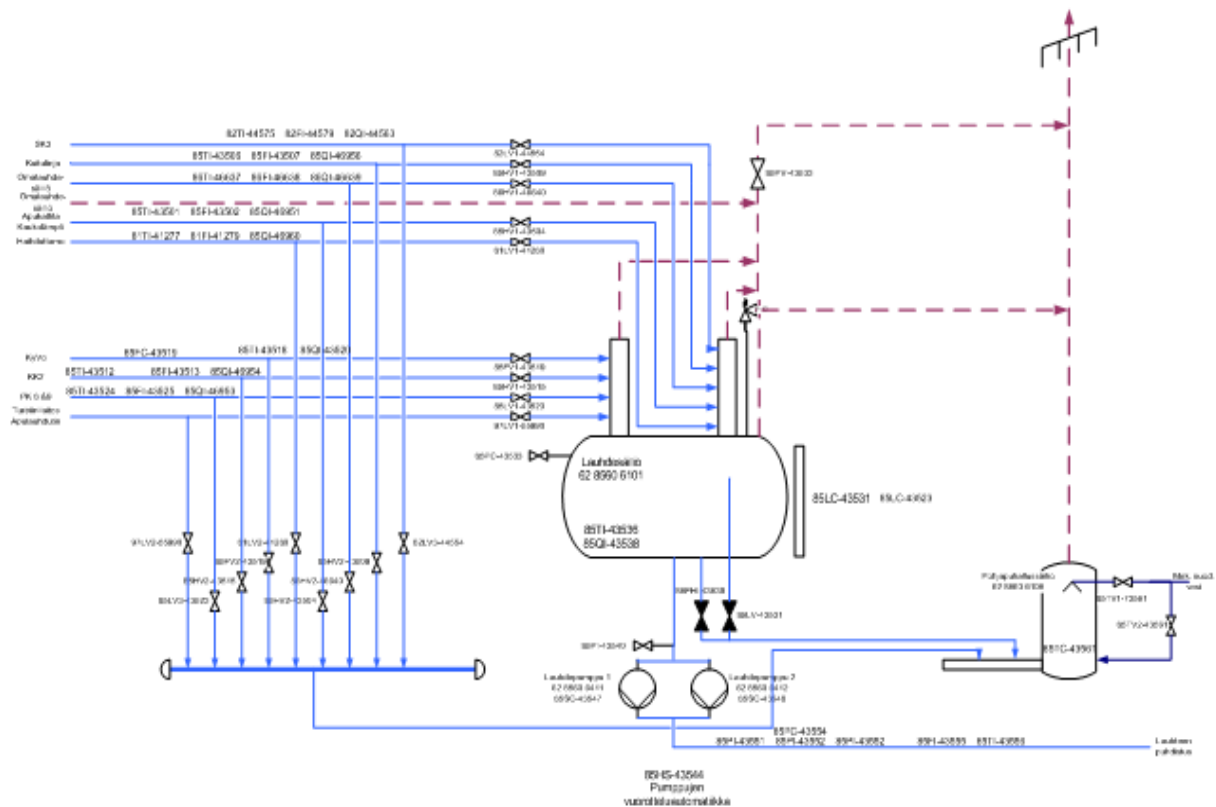
Höyryputkiston kunnossapito on tuottavaa toimintaa. Jokainen eristämätön kohta aiheuttaa lämpöhäviöitä ympäristöön ja vuotavat liitokset aiheuttavat suoria menetyksiä palautumattoman lauhteen ja höyryn sisältämän entalpian muodossa. Putkilinjoissa olevat lauhteenpoistimet voivat aiheuttaa merkittäviä menetyksiä. Lauhteenpoistimien säännöllinen kuntokartoitus kannattaa tehdä vuosittain. Vuosittain mitatuissa ja huolletuissa lauhteenpoistimissa on kokemusten mukaan ollut keskimäärin 5 % viallisia. Löydettyjen vuotohäviöiden korjauksen takaisinmaksuaika on noin puoli vuotta. Lauhteenpoistimien kuntotarkastuksia suorittavat laitetoimittajat yhdessä oman kunnossapidon kanssa. Toimintakunnon selvityksessä käytetään apuna ultraäänimittausta ja lämpökamerakuvausta. (Motiva, 19.7.2012, 7 – 13.)



Kuva 1. Höyryn tuotannon ja jakelun pääverkko (UPM-Kymmene Oy, 4/2008, 7)

4.2 Lauhdejärjestelmä

Lauhdejärjestelmän tehtävänä on ottaa vastaan eri höyrynkäyttökohteista palautuva lauhde. Kuvassa 2 on esitetty kaavio SK3:n lauhteen keräilystä. Lauhteenpalautuslinjoissa on ohjausvalinta, jolla on kolme tilaa: Auto, Puhdas ja Likainen. Ohjausvalinnan ollessa Auto-tilassa linjassa oleva johtokykymittaus tarkkailee lauhteen johtokykyä. Mittausarvon ylittäessä valvontarajan lauhde ohjataan pohjanpuhallussäiliön kautta kanaaliin. Mittausarvon alittaessa valvontarajan käännetään laudevirtaus takaisin lauhdesäiliöön. Ohjausvalinnan ollessa Puhdas-tilassa lauhde ohjataan lauhdesäiliöön riippumatta mittausarvosta. Vastaavasti ohjausvalinnan ollessa Likainen-tilassa lauhde ohjataan kanaaliin. Lauhde kerätään lauhdesäiliöihin joista se pumpataan puhdistuksen jälkeen syöttövesisäiliöön. (UPM-Kymmene Oy, 5/2008, 5 – 11.)



Kuva 2. Soodakattilan lauhteenkeräilyn laitteet ja mittaukset (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 9)

Lauhtepuhdistuslaitosta tarvitaan teollisuuden voimalaitoksissa, kaukolämpövoimalaitoksissa ja sähköä tuottavissa voimalaitoksissa joita käytetään jaksottain. Lauhteen puhdistus on osa syöttövesijärjestelmää. Syöttövesi koostuu lauhuneesta lauheteesta ja lisävedestä. Lauhteen puhdistuslaitoksen tehtävänä on poistaa korroosiotuotteet ja epäpuhtaudet lauheteesta. Lauhteen puhdistusmenetelmiä ovat mekaaninen puhdistus, magneettisuodatus ja ionivaihto. Mekaanisia lauhteenpuhdistuslaitteita ovat hiekkasuodatin, aktiivihiilisuodatin, kynttiläsuodatin ja päällystesuodatin.

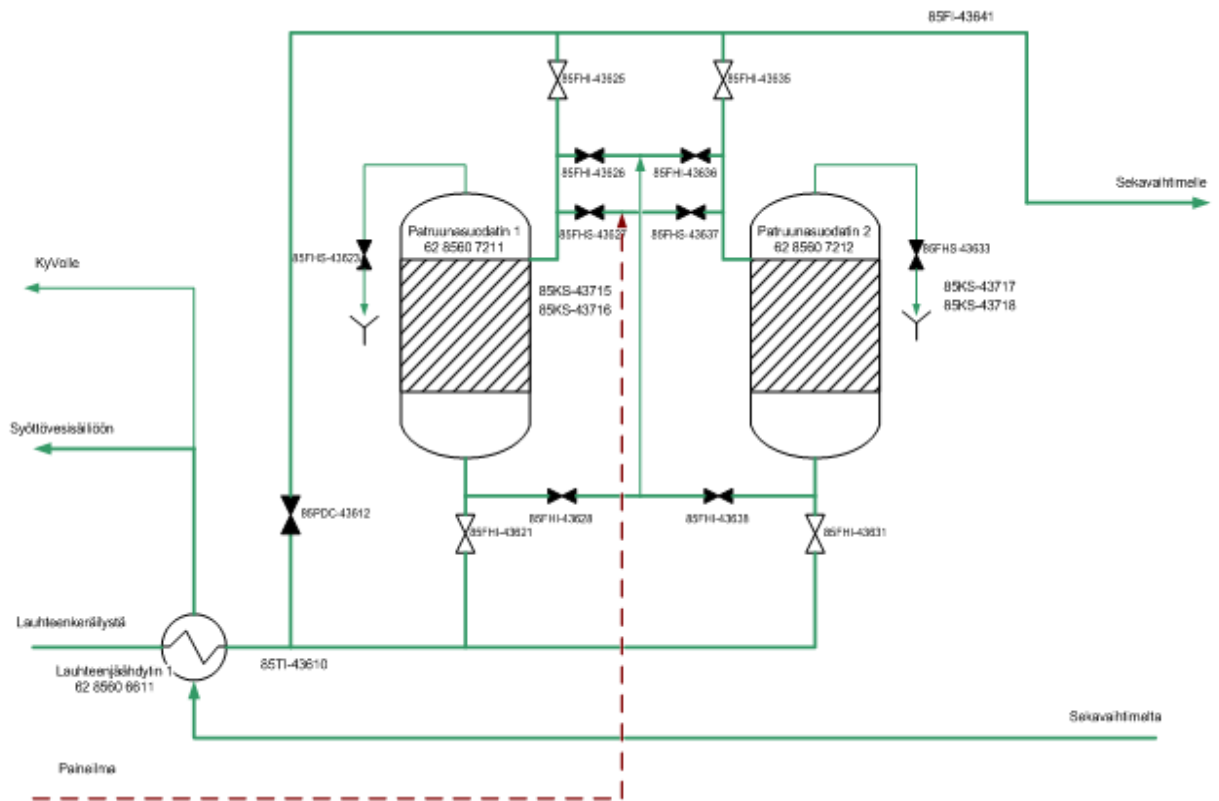
Hiekkasuodattimella poistetaan karkeat hiukkaset jotka ovat 10 μm suurempia. Suodattimessa käytetään kvartsihiekkää, jonka raekoko on 0,7 – 2,0 mm. Lauhde joka sisältää öljyä alle 10 mg/kg voidaan puhdistaa aktiivihiilisuodattimella. Jos öljypitoisuus on suurempi, on käytettävä öljyerotinta ennen suodatinta. Kynttiläsuodattimet koostuvat useista lieriönmuotoisista patruunoista. Ne on valmistettu ruostumattomasta teräksestä joiden ympärille on kääritty puuvilla- tai tekokuitulankaa. Päällystesuodattimet ovat sylinterinmuotoisia säiliöitä joiden sisällä on huokoisia elementtejä. Liikaantunut suodatin voidaan huuhdella ja päällystää uudelleen suodatusmassalla.

Sähkömagneettisuodattimen sisällä on noin yhden metrin kerros halkaisijaltaan 6-8 mm rautakuulia. Suodattimen ympärillä on magnetoitikkäämi joka magnetoit rautakuulat. Kuulat pidättävät magneettiset epäpuhtaudet. Suodatin huuhdellaan katkaisemalla magnetoitinvirta ja samanaikaisesti virtaus käännetään vastavirtaan ja rejekti johdetaan kanaaliin. Suolanpoisto tehdään ionivaihtimilla samalla tavalla kuin lisäveden valmistuksessa. Normaalisti käytössä on kationi- ja sekavaihdin. (Huhtinen et al. 2008, 34.)

Kymin tehtaalla lauhteiden puhdistukseen käytetään patruunasuodattimia ja sekavaihdinta. Kuvassa 3 on esitetty patruunasuodattimet ja kuvassa 4 sekavaihdin. Patruunasuodatin suodattaa lauhteesta mekaanisia epäpuhtauksia, pääasiassa rautaa. Suodatinmateriaali on nylon ja suodatusaste 3 µm. Tukkeentunut suodatin huuhdellaan puhtaalla lauhteella ja ilmalla. Sekavaihdin on ionivaihdin, jossa käytetään kationi-, anioni- ja inerttihartsia. Normaalissa käyttötilanteessa hartsit ovat täysin sekoittuneena. Lauhteesta poistetaan lienneet epäpuhtaudet käyttämällä ioninvaihtoa. Sekavaihtimen toimintaa seurataan mittaamalla vaihtimen jälkeistä johtokykyä ja lämpötilaa. Sekavaihdin elvytetään laimennetulla rikkihapolla ja lipeällä.

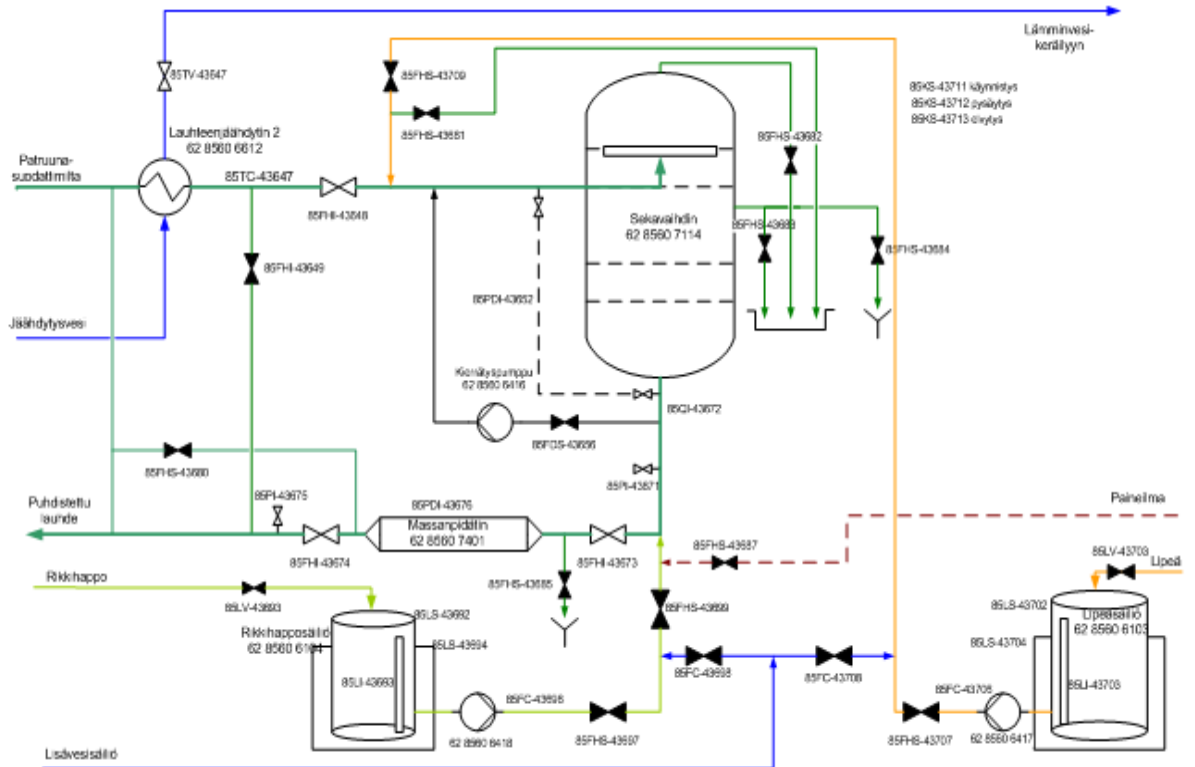
Lauhtepuhdistuslaitteistoon kuuluvat lauhteen jäädyttimet, patruunasuodattimet ja sekavaihdin sekä sekavaihtimen elvytyslaitteisto. Lauhteen lämpötila ennen sekavaihdinta pitää olla alle 40 °C:n lämpötilassa. Liian kuumat lauhteet voivat tuhota sekavaihdin hartsit. Lauhde jäädytetään ennen sekavaihdinta kahdella levylämmönsiirtimellä. Ne on sijoitettu ennen ja jälkeen patruunasuodattimia.

Patruunasuodattimet poistavat lauhteesta mekaanisesti rautapitoiset epäpuhtaudet. Puhdistettavan lauhteen virtaus kulkee suodatinelementin läpi sisältä ulospäin. Suodatinelementin pinnalla oleva ohut suodatinkangas pidättää lauhteessa olevat mekaaniset epäpuhtaudet. Kertyneet epäpuhtaudet poistetaan suodatusjakson lopussa, kun paineero nousee yli asetellun rajan. Suodattimen puhdistus tapahtuu vastavirtahuuhtelulla lauhteen ja paineilman avulla. Huuhteluväli on vähintään kaksi viikkoa. Jos suodattimen yli oleva paine-ero ei laske alle asetun rajan, suodatinpatruunat on vaihdettava uuteen.



Kuva 3. Soodakattilan lauhtenpuhdistuksen patruunasuodattimet (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 12)

Sekavaihtimen elvytyksen ajaksi ioninvaihtohartsit erotetaan vastavirtaushuhtelulla. Anioninvaihtohartsin tiheydeltään keveintä jolloin se asettuu kevyimpänä päällimmäiseksi kerrokseksi sekavaihtimen sisällä. Inerttihartsin ominaispainoltaan kationi- ja anionihartsin välissä jolloin se jää erottamaan niitä toisistaan. Sekavaihtimen kunnon edellytys on onnistunut ioninvaihtohartsien erotus. Kationihartsia ei saa jäädä anionihartsin joukkoon eikä päinvastoin anionihartsia kationihartsin joukkoon. Elvytyksen aikana kationihartsin kyllästyisi natriumilla ja anionihartsin sulfaatilla. Käytönaikana kyllästyneet hartsit vievät osan sekavaihtimen kapasiteetista ja lyhentävät elvytysväliä. Erotushartsina on inerttihartsin joka ei reagoi kummankaan elvytyskemikaalin kanssa.



Kuva 4. Soodakattilan lauhtenpuhdistuksen sekavaihdin (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 13)

Höyry- ja lauhdenäytteiden on-line mittalaitteet on koottu näytteenottokeskukseen, jossa näytteet tarvittaessa jäädytetään. Näytelinjojen kationivaihtimilla erotetaan lauhteeseen kuuluvat aineet ja pyritään saamaan esille siihen kuulumattomat aineet. Haihtuvat alkalit jäävät kationivaihtimeen ja antavat tilalle vetyionin. Vetyioni muodostaa alkalin hydroksyyli-ionin kanssa vettä. Epäpuhtaudet kattilähöyryssä nostavat näytteen johtokykyä nopeasti. Näytelinjoissa on jatkuva virtaus. Tällä estetään väärin tuloksien saaminen, joka voi aiheutua putkessa seisseestä näytteestä. Lauhdenäytteillä varmistetaan syöttövesisäiliöön johdettavan lauhteen laatu sellaiseksi, että laatu vastaa syöttövedeltä edellytetyjä kriteereitä. Taulukossa 1 on esitetty lauhteen ja syöttöveden laatuvaatimukset. (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 11 – 19.)

Taulukko 1. Lauhteen ja syöttöveden laatuvaatimukset (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 17)

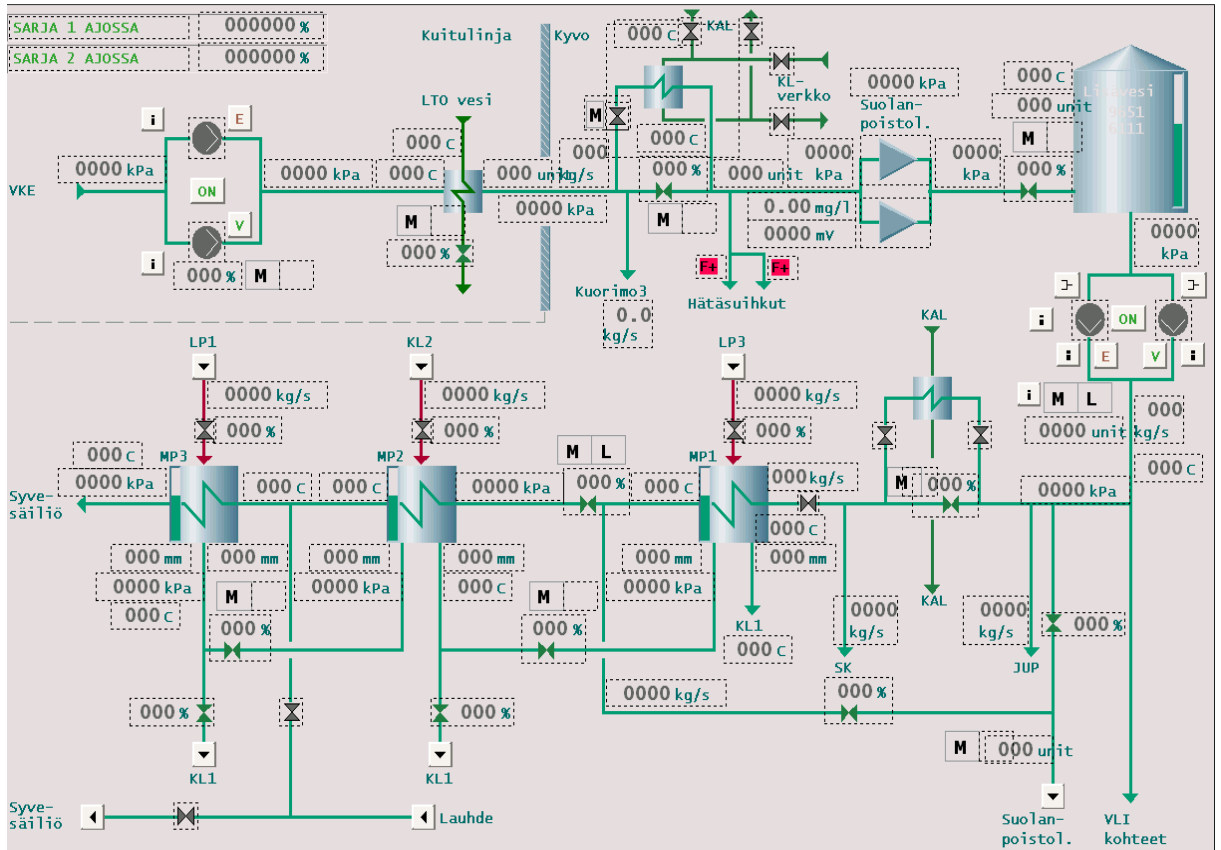
	Yksikkö	Lauhde puhdistukseen	Lauhde sekavaihtimelta	Syöttövesivaatimus
pH, kun t = 25 °C	°C		7,5 - 9,5	8,5 - 9,5
Johtokyky kun t = 25 °C	mS/m	0,01 - 0,5	< 0,02	
Happipitoisuus	mg/kg			< 0,01
Kovuus	mmol/kg			< 0,0015
Kokonaisrauta, Fe	mg/kg	0,01 - 0,2	< 0,02	< 0,02
Kokonaiskupari, Cu	mg/kg		< 0,003	< 0,003
Silikaatti	mg/kg	0,005 - 0,05		
Natrium ja kalium	mg/kg		< 0,01	
Öljy, liete ja vaahtoaineet				ei havaittavissa

4.3 Lauhde kustannukset

Höyry lauhtuu lauhteeksi luovuttaen kulutuskohteeseen lauhtumisenergiansa. Palautuvan lauhteen määrän seuranta on tärkeää koska palautuvan lauhteen lämpöenergiasältö on melko suuri. Lauhteenpalautuksen etuja ovat polttoaineen säästö, prosessin tehostuminen ja lisäveden määrän pienentyminen. Taulukossa 2 on esitetty suurimmat lauhdehäviöt. Esimerkiksi, jos palaavan lauhteen lämpötila on 100 °C ja virtaus 100 kg/s on sen lämpöenergiateho verrattuna 20 °C lisävedeen yli 35 MW. Vuotuinen lämpömäärä on noin 300 GWh. Tätä energia määrää vastaava öljykvivalenttiarvo on 26 Mtoe. Kanaaliin johdettavan jäteveden määrän väheneminen pienentää myös jäteveden käsittelykustannuksia. Lisäveden valmistuskustannukset ovat Motivan yleisten hintatietojen mukaan noin 2 €/m³ (Motiva, 21.7.2012, 107). Suurin osa lisävedestä johdetaan Kymin Voimalle, koska siellä on käytössä 3 syöttöveden matalapaine-esilämmittintä. Näillä esilämmittimillä syöttöveden lämpötila voidaan nostaa 105 – 110 °C lämpötilaan ennen syöttövesisäiliötä. Matalapaine-esilämmittimet käyttävät turbiinin GT7 matalapaineosan väliottohöyryä, joka on kustannustehokkaampaa käyttää kuin soodakattilan syöttövesisäiliön lämmitys 5 bar höyryllä. Kuvassa 5 on esitetty ajokaavio Kymin Voiman syöttöveden esilämmittimistä.

Taulukko 2. Suurimmat häviöt eri kulutuskohteista (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 17)

	Yksikkö	Vaihteluväli	Keskiarvo
SK3 höyrynuohous	kg/s	6 - 8	7,5
SK3 jatkuva ulospuhallus	kg/s	1 - 3	1,5
Mäntykeittimen suorakäyttö	kg/s	8 - 15	10,5
Koivukeittimen suorakäyttö	kg/s	7 - 10	8,4
Männyn valkaisun suorakäyttö	kg/s	2 - 4	2
Koivun valkaisun suorakäyttö	kg/s	3 - 6	4,3
PK8, PK9 ja KK2	kg/s	10 - 15	13,3
Mäntyöljy, kaustisointi ja meesauuni	kg/s	1 - 3	1,0



Kuva 5. Kymin Voiman syöttöveden esilämmittimet (UPM-Kymmene Oyj, 3.10.2012)

4.4 Lisäveden valmistus

Ilmakehään haihtuva vesihöyry on puhdasta. Maahan sataessaan vesipisarat liuottavat itseensä kaasumaisia epäpuhtauksia. Näitä ovat happi, typpi, hiilidioksidi, rikki ja tyypen oksidit. Maaperästä sadevesi liuottaa itseensä maaperän mineraaleja, kuten kal-

siumkarbonaattia, magnesiumkarbonaattia, piioksidia, natriumkloridia, rautaa, alumiinia ja orgaanisia hajoamistuotteita.

Pahimpia kattilakiven muodostajia ovat kalsium, magnesium ja piidioksidi eli silikaatti. Kattilaveden lämpötilan noustessa kalsium ja magnesium saostuvat ja kovettuvat karbonaatteina ja sulfaatteina. Suolojen mukana piidioksidi voi saostua tai muodostaa alumiinin kanssa silikaatteja. Syntyvä kerrostuma johtaa huonosti lämpöä ja on vaikeasti poistettava.

Kattilavedessä oleva rauta ja kupari aiheuttavat korroosiota hapen kanssa. Kokonaisraudalla ja -kuparilla tarkoitetaan hiukkasmuotoisen ja ionisoituneen raudan ja kuparin yhteismäärää. Kattilaveden mukana kulkeutuva kiinteä rauta palaa kiinni höyrystyspintoihin. Muodostuva kalvo on magnetiittikalvo, joka on paras korroosionsuoja. Kupari voi kerrostua höyrystimeen ja turbiiniin. Tämä aiheuttaa korroosiota ja syöpymistä. Syöpyminen aiheutuu galvaanisesta sähköparista.

Happi luokitellaan myös kattilaveden epäpuhtaudeksi koska se kiihdyttää korroosiota. Kemiallisessa tai termisessä hapenpoistossa syöttövedeen jäävää happea kutsutaan jäännöshapeksi. Happea poistetaan syöttövedestä annostelemalla siihen hapenpoistokemikaalia. Happi reagoi kemikaalin kanssa muodostaen vaarattomia aineita. Kymin tehtaalla käytetään hapenpoistokemikaalina metyylietyyliketoksiini -yhdistettä. Tämä on hieman vaarattomampi yhdiste kuin hydratsiini.

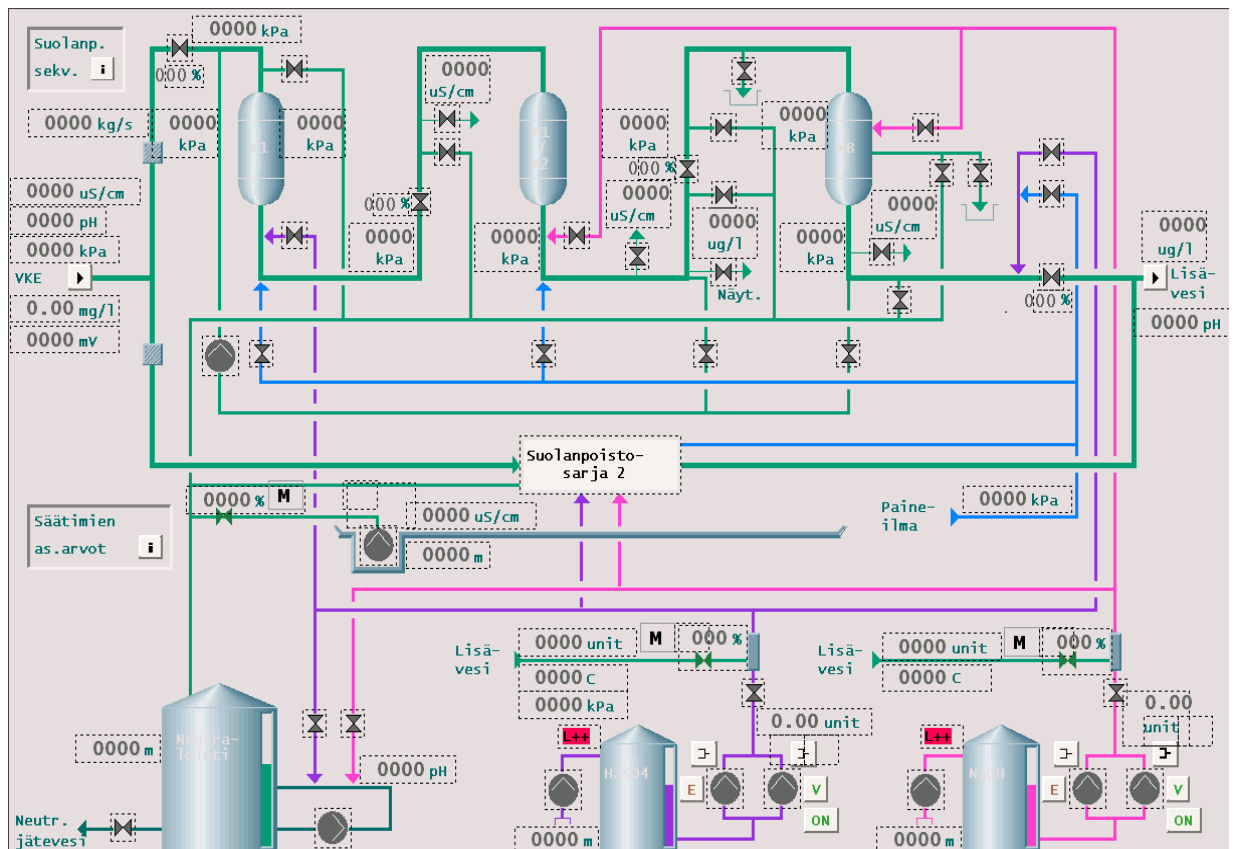
Orgaaninen kiintoaine muodostaa vesipinnoille ja virtausvyöhykkeisiin tukkeumia ja kerrostumia. Nämä aineet ovat tavallisia yhdisteitä useissa erilaisissa aineissa. Orgaaniset aineet voivat aiheuttaa vaahtoamista ja kuplimista ja tästä syystä niiden määrä pidetään mahdollisimman alhaisena. (Huhtinen et al. 2008, 26.)

Kymin Voiman kattilalaitokselle tuodaan kemiallisesti puhdistettu vesi Kymin vesilaitokselta. Kemiallisesti puhdistettu vesi johdetaan täyssuolanpoisto ionivaihtimien kautta lisävesisäiliöön. Täyssuolan poisto ionivaihtimia on kaksi yksikköä rinnan kytkettyinä. Yhdessä yksikössä on kolme ionivaihdinta. Kuvassa 6 on esitetty suolanpoistosarjan 1 ajokaavio. (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 6.)

Metalli-ionit kuten natrium, magnesium ja kalsium vaihdetaan vetyioneihin kationivaihtimessa. Vaihtimessa oleva polystyreenipohjainen hartsimassa vetää puoleen-

sa positiivisia ioneja. Ionin vaihtokyky perustuu molekyyliketjuissa oleviin aktiivisiin ryhmiin. Vaihtimien elvytys tapahtuu laimennetulla rikkihapolla. Kuvassa 6 esitetään suolanpoistosarjan 1 ajokaavio ja käytettävien elvytyskemikaalien annostelulaitteet. Laimennetutliuokset johdetaan vaihtimen läpi vastavirtaan. Elvytyksen aikana ioninvaihtomassa luovuttaa kovuusionit pesuliuokseen ja ottaa tilalle rikkihapon vetyionin. Lopuksi vaihtimet huuhdellaan ja pestään.

Epämetalli-ionit kuten kloridi ja sulfaatti vaihdetaan anionivaihtimissa hydroksyyli-ioneiksi. Reaktion lopputuloksena syntyy puhdas vesimolekyyli. Käytön aikana virtaus tapahtuu myötävirta-periaatteella. Vaihtimien elvytys tapahtuu natriumhydroksidiliuoksella eli lipeäliuoksella. Elvytysvaiheen ollessa käynnissä hydroksyyli-ionit syrjäyttävät ioninvaihtomassaan kiinnittyneet kloridit, sulfaatit ja piidioksidit. Elvytys tapahtuu vastavirta-periaatteella. Vastavirtaan-elvytys on tulokseltaan parempi kuin myötävirtaan-elvytys. (Huhtinen et al. 2008, 26.)



Kuva 6. Kuva Kyvon suolanpoistosarjan ajokaaviosta (UPM-Kymmene Oyj, 3.10.2012)

4.5 Energiatehokkuus

Energiatehokkuuden mittaaminen perustuu koko tehtaan tuotantolinjojen höyry- ja lauhdejärjestelmien ominaislämmönkulutuksen seurantaan. Ominaislämmönkulutus laskeaan jakamalla mitattu tuotanto höyry- ja lauhdejärjestelmän lämmönkulutuksella [MWh/t]. Tapauksesta riippuen häviö voidaan ilmoittaa myös suoraan lauhdehäviönä [kg/s]. Ominaislämmönkulutuksen seurantaan vaikuttavat tuotantomäärän vaihtelu, tuotantokatkot ja -seisokit, höyryverkon painetaso sekä suoraan höyryyn ja lauhteen käytön määrä prosesseissa. Höyry- ja lauhdejärjestelmien energiatehokkuuteen vaikuttaa huomattavasti käytössä oleva ajomalli, höyryverkon painetasot, lauhteen palautuksen suuruus, lämmönsiirtimien ja lauhteenpoistimien kunto sekä lämpötilan säätöjen toteutus. (Motiva, 20.7.2012, 4.)

Höyry- ja lauhdejärjestelmien energiatehokas käyttö ja kunnossapito edellyttävät ajan tasalla olevaa dokumentointia järjestelmästä. Lauhteenpoistimet pitäisi olla luetteloitu ja positioitu, jotta niille voidaan laatia positiokohtaiset käyttö- ja huolto-ohjeet. Positioidilla voidaan myös viitata kohdistaa tietyille laitteille, jolloin sen vikahistoriaa on mahdollista seurata. Liian usein vikaantuvat laitteet voidaan vikahistoriaa analysoimalla poimia ennakkohuoltolistoille tai tarvittaessa suunnitella kohteeseen kestävämpi laite. Höyry- ja lauhdejärjestelmän vuodot tulisi korjata mahdollisimman nopeasti. Lauhteenpoistimille pitäisi olla järjestetty säännöllinen kunnonvalvonta. Kunnossapitajärjestelmään voidaan laatia lauhteenpoistimille ennakkohuolto-ohjelma positiokohtaisesti. Ennakkohuoltosuunnitelma voidaan aikatauluttaa toteutettavaksi esimerkiksi kahden vuoden välein. Käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön koulutuksella voidaan parantaa energiatehokkuutta kun vuotojen ja lämpöhäviöiden merkitys ymmärretään laajemmin organisaatiossa. Taulukossa 3 on esitetty käytetyt laskentaparametrit joita on käytetty kuvan 7 laskennassa. Kuvan 7 kuvaaja esittää pienen höyryvuodon aiheuttamia kustannuksia.

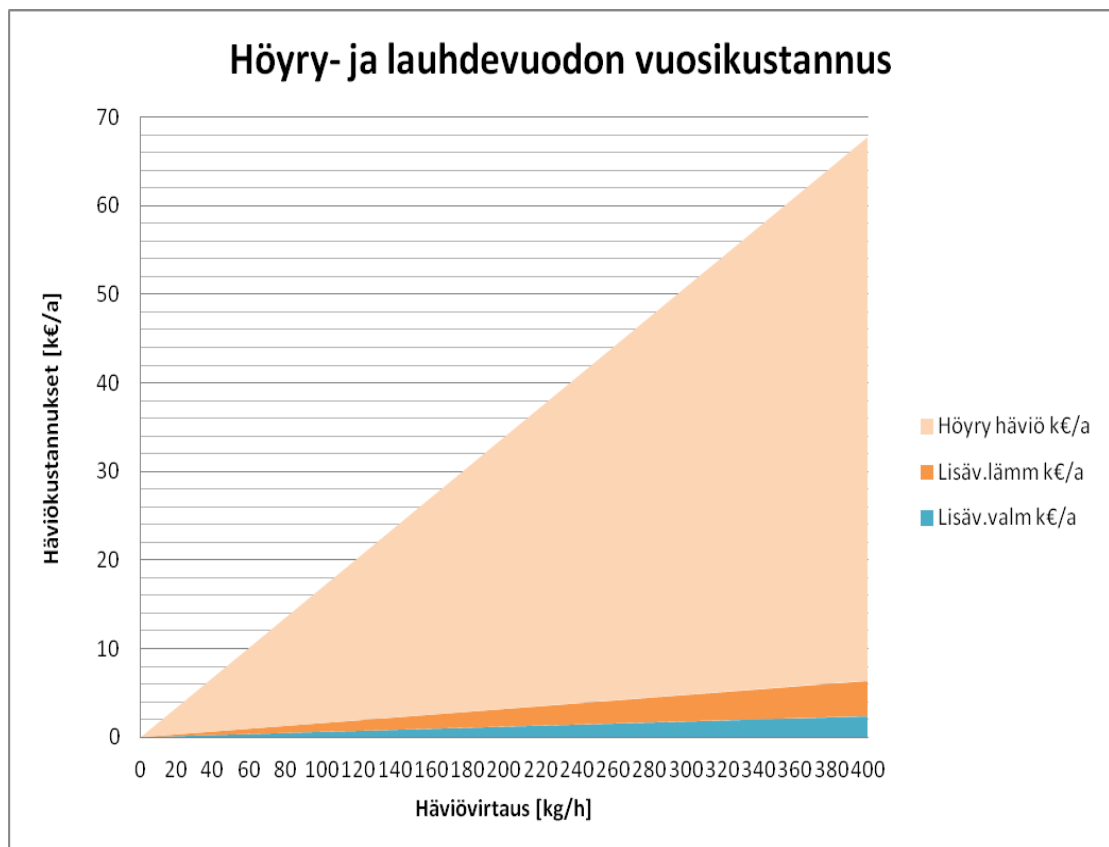
Höyry- ja lauhdejärjestelmän käytön aikaista energiatehokkuuden seurantaan varten automaatiojärjestelmään rakennetaan reaaliaikainen tase seuranta. Muutoksia seuraamalla voidaan melko lyhyellä aikajänteellä saavuttaa huomattavia energiansäästöjä vuotohäviöiden vähentyessä. Energiatasetta seuraamalla voidaan löytää tehokkaampia ajotapoja ja sopivat tarkastus- ja huoltovälit höyry- ja lauhdejärjestelmälle.

Höyryjakelun energiatehokkuutta voidaan parantaa toimittamalla käyttökohteeseen riittävällä painetasolla olevaa höyryä. Höyryn käyttölämpötilan tulisi olla 5 - 15 °C tulistettua, jotta höyryjakelu tapahtuisi tulistettuna höyrynä lauhdehäviöiden minimoimiseksi. Höyryputken koko tulee mitoittaa oikein. Liian suuri putkisto lisää lämpöhäviöitä ja on kalliimpi rakentaa. Liian pieni putkisto lisää putkiston painehäviöitä. Suuri painehäviö kompensoidaan korkeammalla syöttöpaineella, joka aiheuttaa alhaisemman vastapainesähkön tuotannon. Höyryputkistossa ei saa olla turhia suuren kertavastuksen ja painehäviön aiheuttavia putkiston osia tai mittalappoja. Putkiston hyvällä suunnittelulla varmistetaan riittävä kannakointi ja lämpölaajenemisvara sekä ali- ja ylipainekesto. Suunnitteluvaiheessa putkistoon sijoitetaan riittävästi oikean kokoisia vesitystaskuja ja vesityslinjoja. Kulutuskohteisiin höyry johdetaan runkolinjan päältä tai sivulta, jotta höyry saadaan käyttökohteeseen kuivana höyrynä.

Lauhdejärjestelmässä lauhteen palautuslämpötilan pitää olla yli 100 °C, jotta lauhteen keräilyssäiliöt pysyisivät ylipaineisina. Lauhteen happipitoisuus ei pääse ylipaineisessa keräilyssäiliössä nousemaan ja näin vältetään hapenpoistokemikaalin lisästarpeelta voimalaitoksella. Lauhteen palautusputkisto on mitoitettava tarpeen mukaisesti ja on myös huolehdittava hönkähöyryn lämpöenergian energiataloudellisesta talteenotosta. Energiatehokkuuden seurantaan varten hönkälauhduttimelle voidaan rakentaa lämpötehonmittaus. Suuri vaihtelu mittaustuloksessa indikoi vikaa hönkälauhduttimessa. Höyrynkulutuskohteissa joissa lauhteen likaantuminen on mahdollista, lauhteen palautuslinjaan asennetaan jatkuva johtokykyymittaus ja automaattinen lauhteen ulosajo viemäriin tai ulospuhallussäiliöön. (Motiva, 20.7.2012, 5, 6.)

Taulukko 3. Laskentaparametrit, joita on käytetty kuvaajan piirroksessa. Kuva 7

Laskentaparametrit		
Prosessilämpö	25	€/MWh
Lisäveden valmistus	0,75	€/m ³
Lisäveden lämmitys	1,25	€/m ³
Vuotuinen käyttöaika	8000	h
HMP 3,5 bar 154 °C entalpia	2760	kJ/kg



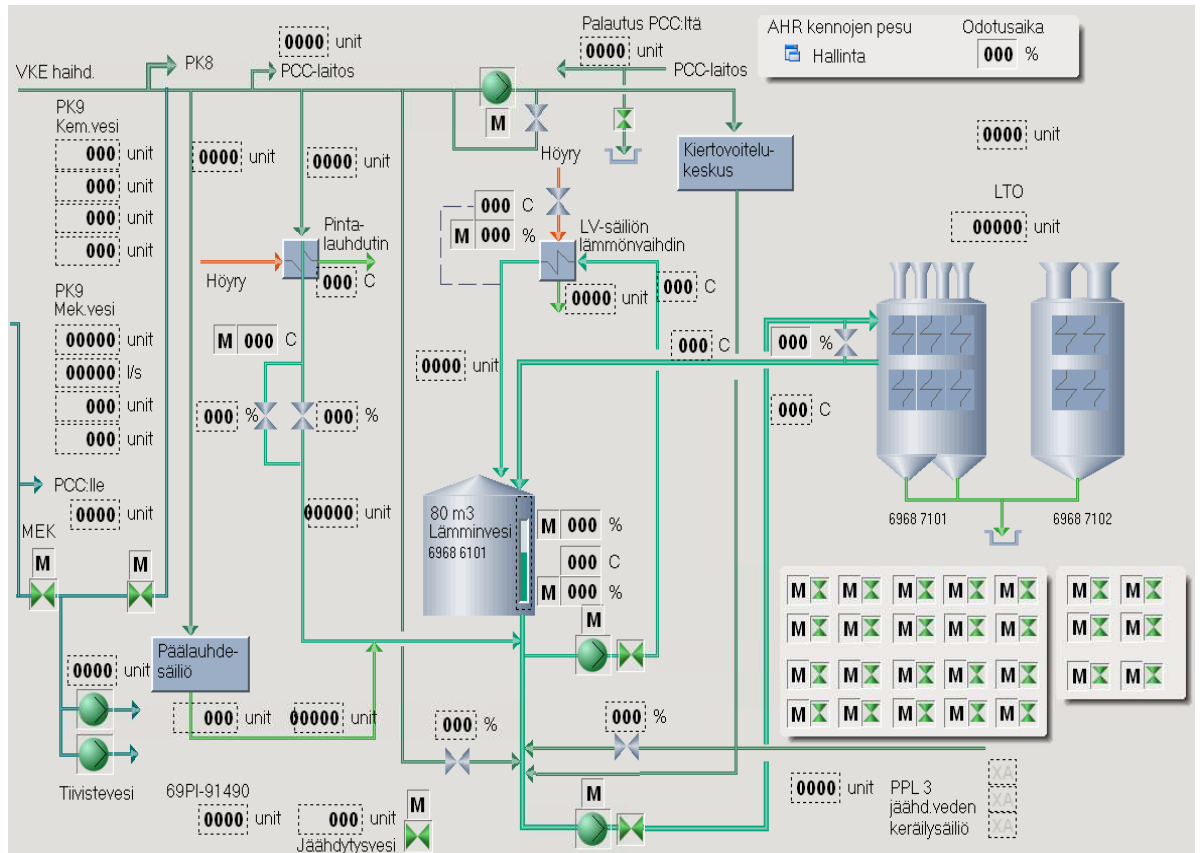
Kuva 7. Höyry- ja lauhdevuodosta aiheutuvat vuosikustannukset. 400 kg/h vuoto vastaa 0,11 kg/s vuotoa.

5 HÖYRYN KÄYTTÖKOHTEET

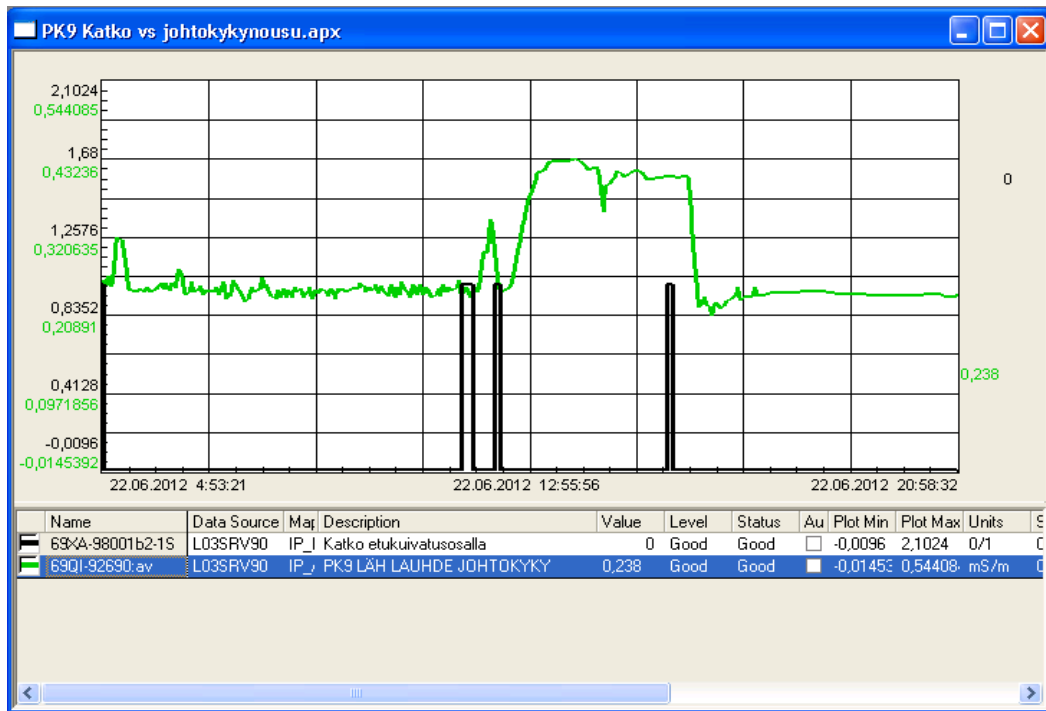
5.1 Paperitehdas

Paperikoneen PK8 höyrynkulutus on mitoitustuotannolla 30,6 kg/s ja lauhteen palautus 24,5 kg/s. Paperikoneen PK9 höyrynkulutus on mitoitustuotannolla 33,5 kg/s ja lauhteen palautus 26,8 kg/s. Molempien paperikonelinjojen mitoitettu lauhteen palautusprosentti on 80 %. Paperikoneilta keräilyt lauhteet johdetaan normaalisti soodakattilan lauhdesäiliöön. Lauhdelinjassa oleva johtokykymittaus valvoo lauhteen likaisuutta. Jos lauhteen johtokykyarvo ylittää valvontarajan, lauhde ohjataan viemäriin pohjanpuhallussäiliön kautta. Paperitehtaalla on omat konekohtaiset johtokykymittaukset. Likaiset lauhteet ohjataan puhdasvesiviemäriin. PK9:n johtokykymittauksen mukaan johtokykymittausarvo kaksinkertaistuu seisokin tai katkon aikana. Tämä viittaa vesivuotoon pintalauhduttimessa (Kuvat 8 ja 9). Lauhteet johdetaan yhteistä putkilinjaa

pitkin soodakattilalle tai Kymin Voimalle (Kuva 11). Normaalitilanteessa lauhteet johdetaan soodakattilalle.



Kuva 8. PK9 Lämminvesijärjestelmän ajokaavio (UPM-Kymmene Oyj, 4.10.2012)



Kuva 9. PK9 pintalauhduttimen sisäisenvuodon vaikutus lauhteen johtokykyyn (UPM-Kymmene Oyj, 4.10.2012)

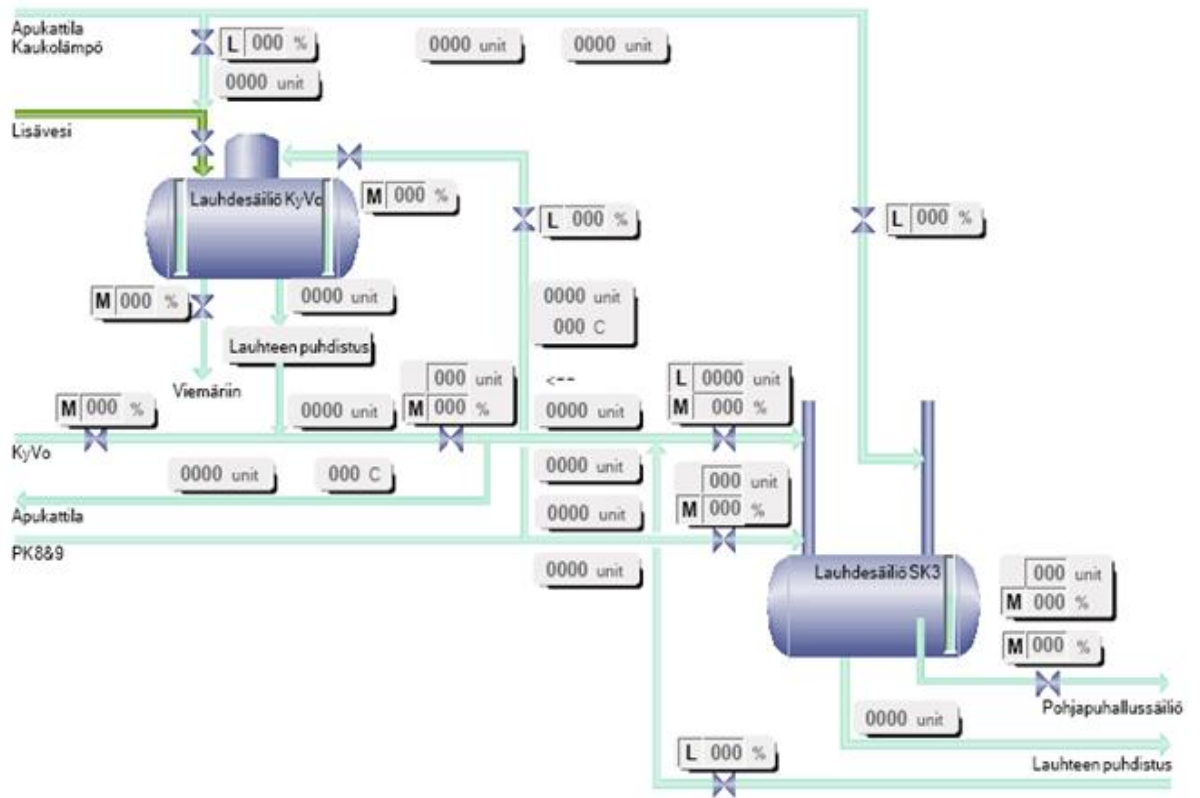
Paperikoneiden suurin höyrynkulutuskohte on kuivausosa, jossa paperiraina kuivataan puristinosan jälkeisestä noin 50 % kuiva-ainepitoisuudesta 2 - 3 % loppukosteuteen ennen päällystysosaa tai liimapuristinta. Kuivaussylintereitä lämmitetään matalapainehöyryllä. Paperi kulkee sylinterin ulkopinnalla ja höyry lauhtuu sylinterin sisäpintaan. Lämmönsiirtymistä tehostetaan lämpölistoilla, jotka aiheuttavat pyörteitä lauhdekerrokseen. Pyörteisen lauhdekerroksen lämmönsiirtovastus on huomattavasti pienempi kuin tasaisen lauhdekerroksen. Höyry- ja lauhdeputkilinjat kytketään pyörivään sylinteriin höyrykytkimen avulla. Lauhde poistuu sifonien kautta läpipuhallushöyryn avulla. Poistunut lauhde johdetaan lauhdesäiliön kautta päälauhdesäiliöön josta se johdetaan takaisin voimalaitokselle.

Pienet lauhdevuodot voivat vuosikymmenien kuluessa aiheuttaa suuria kustannuksia menetetyn lauhteen muodossa ja myös kasvavien kunnossapitokustannusten muodossa. Kuva 10 esittää PK8:n yhden lauhdepumpun petiä, josta lauhdevuoto on kuluttanut osan pois. Lauhdemäärää ei kannata tässä yhteydessä arvioida mutta se on ollut aiheutuneesta vauriosta päätellen suuri.



Kuva 10. Lauhdevuodon aiheuttama eroosio lauhdepumpun pedissä

Kuivatussylinteriryhmät on ryhmitelty kuivaukseen nähden vastakkaiseen suuntaan höyrynpaineeseen verrattuna. Korkein paine tuodaan pääkuivatusryhmään josta alaspäin muut ryhmät säädetään porrastaen kaskadilla. Jos ensimmäiset kuivaussylinterit olisivat liian kuumia, paperiraina palaisi kiinni sylinterin pintaa ja aiheuttaisi ratakaton. Paperirainan kuivaus tapahtuu vähitellen haihdutusta lisäämällä jolloin paperirainan ominaisuudet voidaan säätää halutuiksi. Konesuuntainen kosteussäätö antaa asetusarvon päänhöyryryhmälle. Alaspäin tullessa viimeisen höyryryhmän hönkähöyry johdetaan pintalauhduttimelle, jossa valmistetaan lämmintä vettä paperikoneen kulu- tuskohdeisiin. Lauhduttimen ottama teho kuvaa hyvin paperikoneen höyry- ja lauhde- järjestelmän energiatehokkuutta. Suuri höyrynläpivirtausmäärä nostaa pintalauhdutti- men tehoa. Liian suuri teho on merkki energiatehokkuuden huonontumisesta. Paperi- koneille on mahdollista rakentaa lauhduttimien tehonmittaukset. Mittausta varten vesi- linjoissa pitää olla virtausmittaus ja lämpötilamittaukset ennen ja jälkeen lauhdutti- men. Pintalauhduttimen tehonmittaus on tehty PK9:lle mutta PK8:lta se puuttuu.



Kuva 11. Paperikoneilta tuleva lauhdelinja voimalaitoksille (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 25)

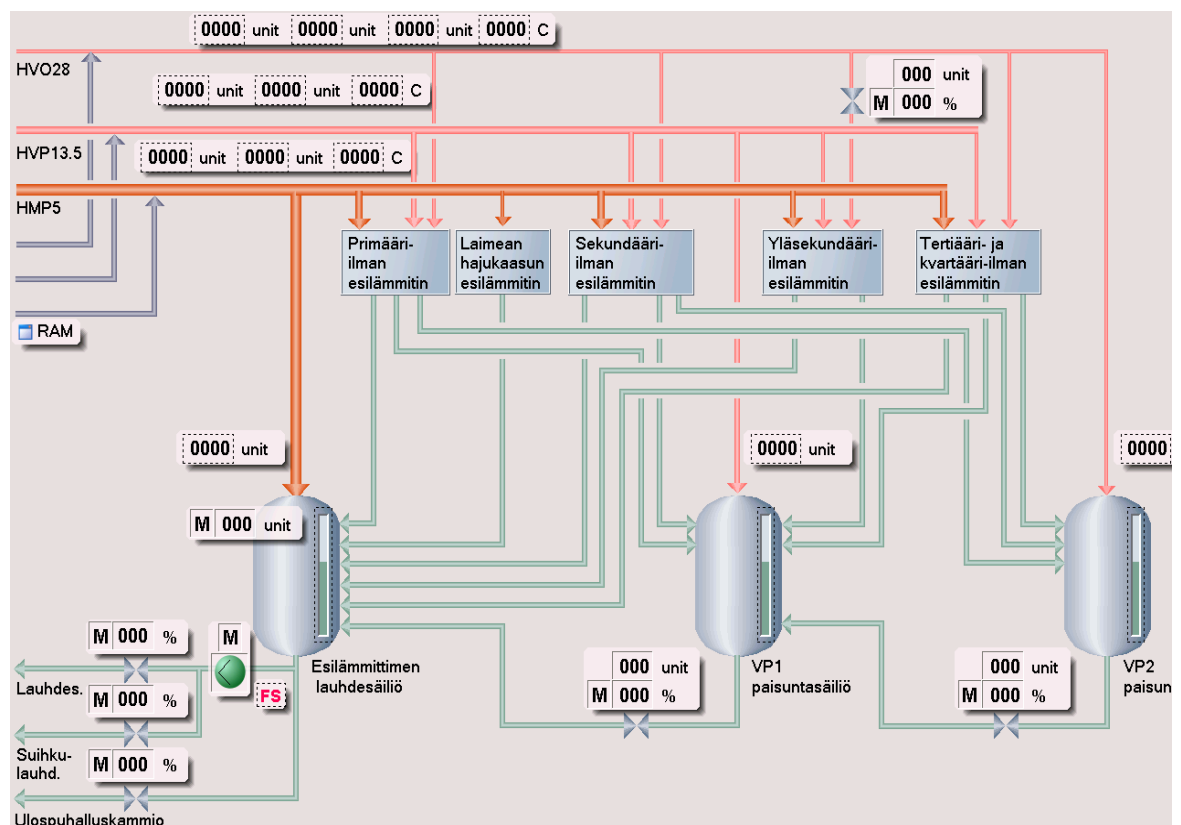
5.2 Kuitulinjat

Kuitulinjan 3 höyrynkulutus on mitoitusuotannolla 16,9 kg/s ja kuitulinjan 4 vastaava höyrynkulutus on 16,6 kg/s. Kuvassa 12 on esitetty kuitulinjan 3 keittokierron ajokaavio. Kuitulinjoilla käytetään suorakäyttöhöyryä keittämöillä ja valkaisulaitoksilla. Tästä johtuen lauhteen palautusprosentti jää alhaiseksi. Kuvassa 13 on esitetty kuitulinjan 4 keittokierron ajokaavio. Kuitulinjojen mitoitus lauhteenpalautusprosentti on 25 %. Lauhteet keräillään kuitulinja 4:n lauhdeseäiliöön josta ne johdetaan soodakattilan lauhdeseäiliöön. Soodakattilalla on ennen päälauhdeseäiliötä johtokykymittaus valvomassa lauhteen johtokykyä. Jos lauhteen johtokyky on liian korkea, ohjataan lauhte pohjanpuhallussäiliön kautta viemäriin. (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 8.)

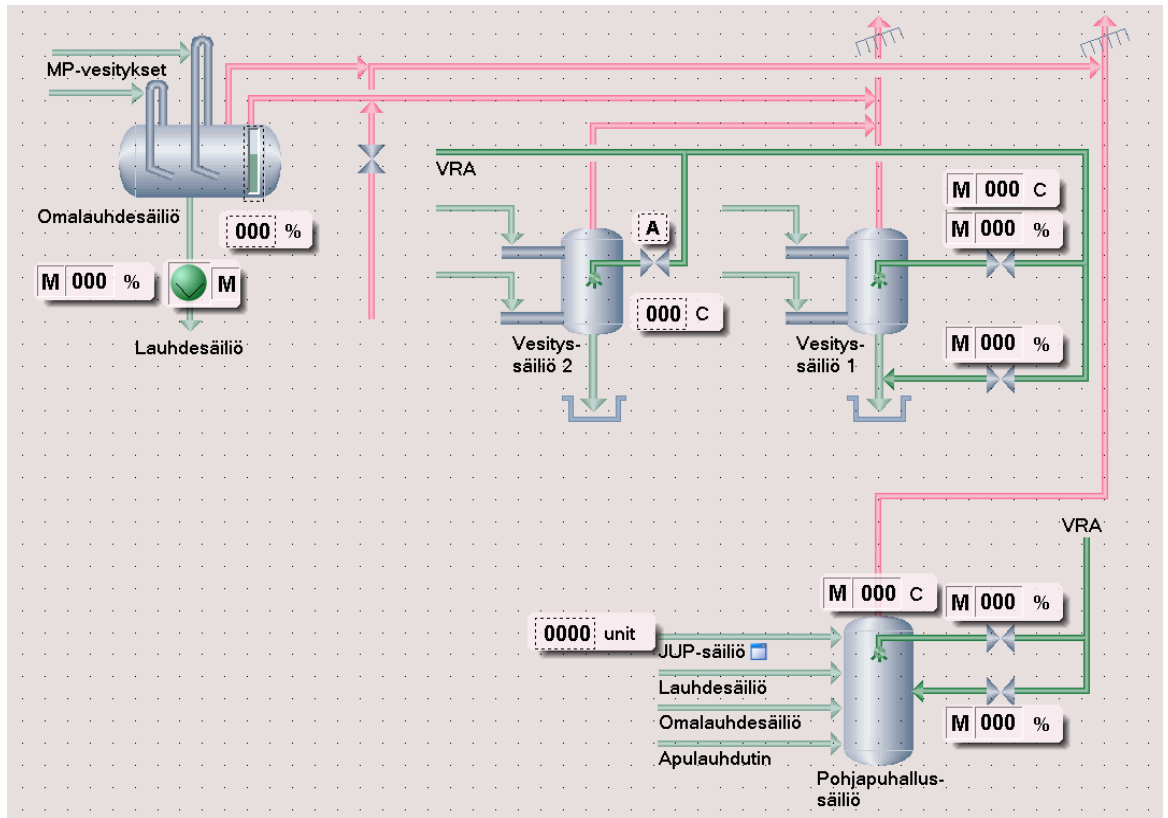
5.3 Talteenotto

Soodakattilan mitoitustuotannolla palamisilman esilämmittimiltä palavaan lauhteen määrä on noin 18 kg/s. Alhaisemmalla kuormalla tai matalammalla ilman esilämmitystarpeella lauhdemäärä on pienempi. Lauhteet kerätään ilman esilämmittimien lauhdesäiliöihin, joista lauhde johdetaan soodakattilan lauhdesäiliölle. Kuvassa 14 on esitetty soodakattilan omakäyttöhöyryn ja lauhdeiden ajokaavio. Johtokykymittaus valvoo lauhteen johtokykyä. Likaiset lauhdeet johdetaan pohjanpuhallussäiliön kautta prosessikanaaliin. Pohjanpuhallussäiliöllä lauhdeet jäädytetään raakavedellä alle 70 °C lämpötilaan. Kuvassa 15 on esitetty vesityksien ja lauhteenjäähdytyksen ajokaavio. (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 8.)

Höyryputkistojen lauhteenpoistimilta tuleva lauhde johdetaan omalauhdesäiliöön. Putkilinjassa on myös johtokykymittaus valvomassa lauhteen johtokykyä. Omalauhdesäiliöstä lauhde johdetaan lauhdesäiliöön.



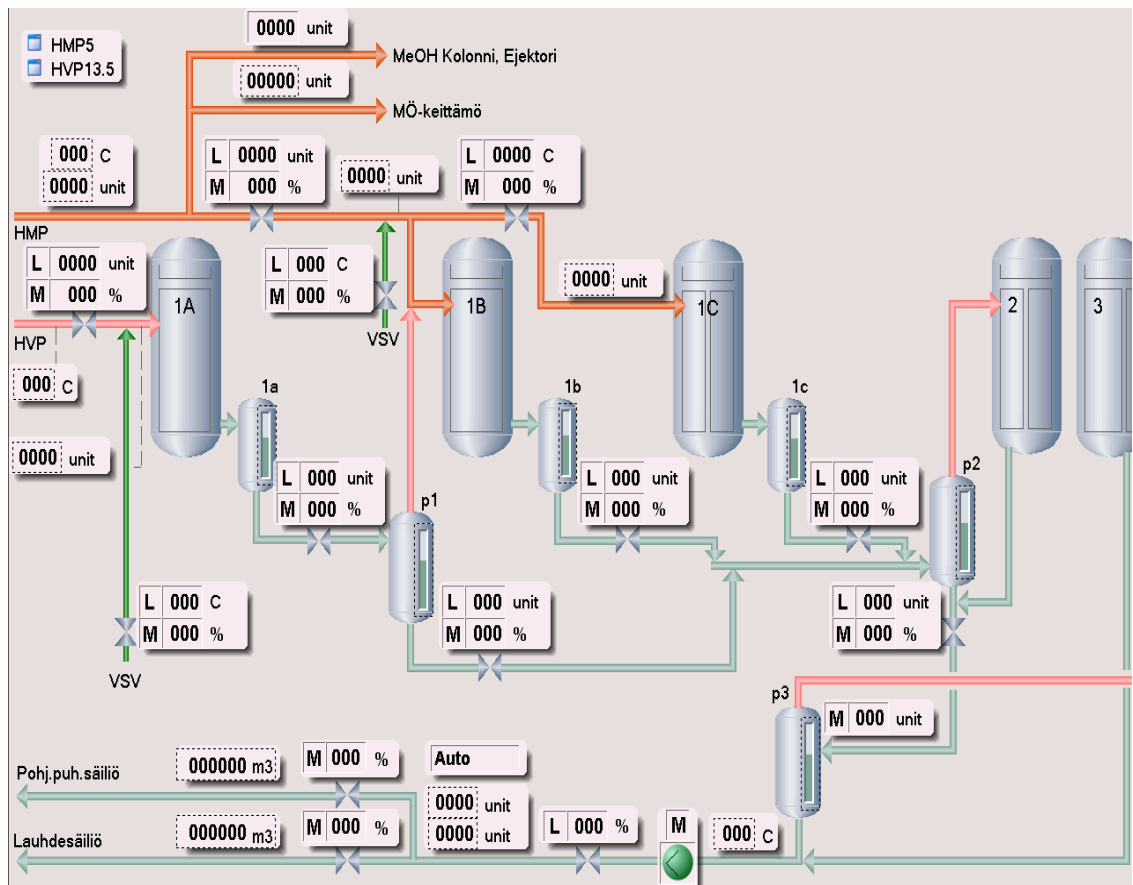
Kuva 14. Soodakattilan ilman esilämmitys ja lauhdeiden keräily (UPM-Kymmene Oyj, 5.10.2012)



Kuva 15. Soodakattilan pohjanpuhallussäiliön lauhteiden jäädytys (UPM-Kymmene Oyj, 5.10.2012)

5.4 Haihduttamo

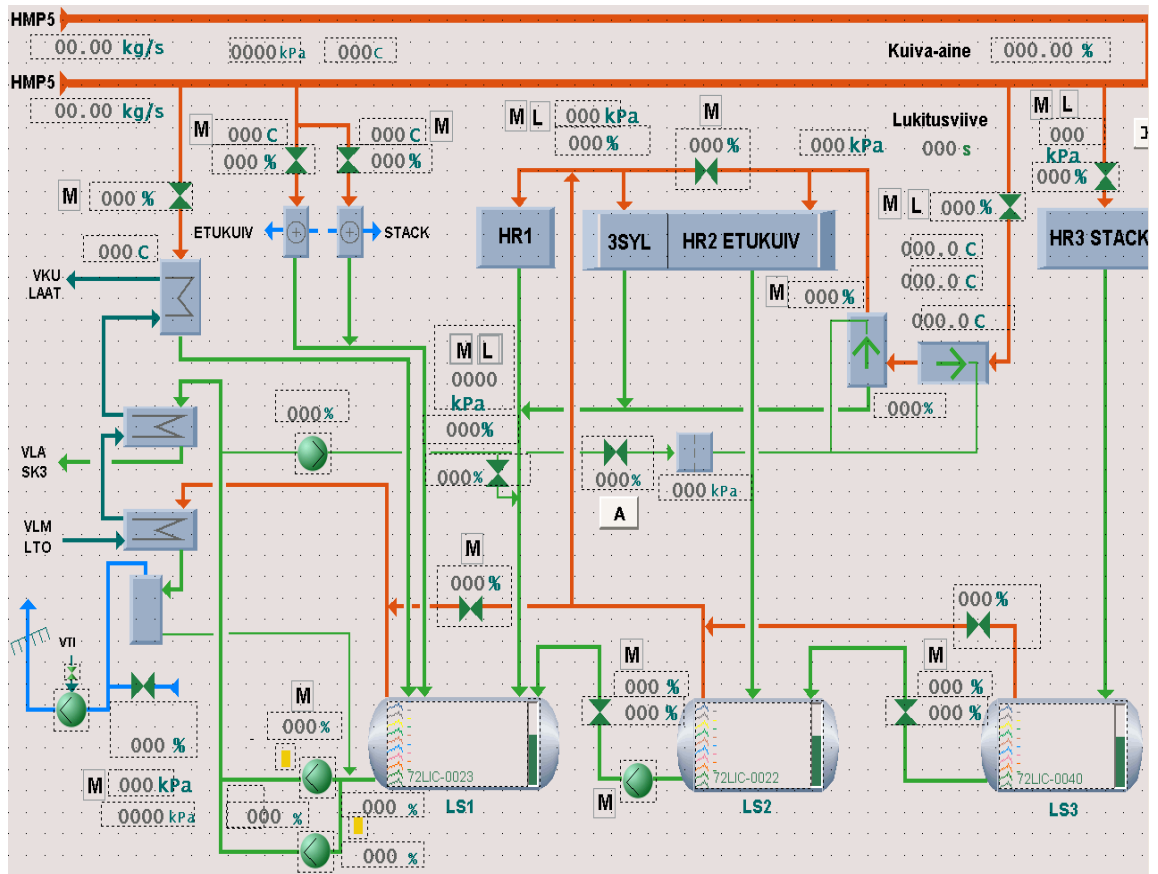
Haihduttamon höyrynkulutus on mitoitustuotannolla 8,9 kg/s välipainehöyryä ja 36,8 kg/s matalapainehöyryä. Lauhteet kerätään primäärilauhteen paisunta-astiaan, josta ne johdetaan soodakattilan lauhdesäiliölle. Lauhteen palautus on mitoitettu 45,7 kg/s mukaan. Lauhdeputkessa on myös johtokykymittaus valvomassa lauhteen johtokykyä. Kuvassa 16 on esitetty haihduttamon primäärihöyryn ja lauhteenkeräilyn ajokaavio. Palautuvan lauhteen massavirtaus on mittauksien mukaan suurempi kuin syötettävien höyryjen massavirtaus. Tämä ilmiö johtuu höyryn tulistuksen poistoon käytettävästä syöttövedestä, joka ruiskutetaan höyryn joukkoon ennen haihdutinyksikköä. Palautuvan lauhteen kokonaismäärä on summa höyrystä ja tulistuksen poistoon käytettävästä syöttövedestä. (UPM-Kymmene Oyj, Kymi, 5/2008, 8.)



Kuva 16. Haihdutinyksiköiden höyryjakelu (UPM-Kymmene Oyj, 5.10.2012)

5.5 Kuivauskone

Kuivauskoneen KK2 höyrynkulutus on mitoitustuotannolla 5,4 kg/s. Lauhteet kerätään kuivauskoneen lauhdesäiliöön josta ne pumpataan soodakattilan lauhdesäiliöön. Lauhdeputkessa on myös johtokykymittaus valvomassa lauhteen johtokykyä. (UPM-Kymmene Oyj, Kymi, 5/2008, 9.)



Kuva 17. Kuivauskoneen höyry- ja lauhdejärjestelmän ajokaavio (UPM-Kymmene Oyj, 6.10.2012)

Kuivauskoneella selluraina kuivataan kuivaussylintereiden avulla. Kuivausryhmä muodostuu useista kuivaussylintereistä ja ne on valmistettu raudasta valamalla. Kuivaussylinteri on paineastia, jonka ulkopinta on sorvattu ja hiottu tasaiseksi. Sylinterit ovat sijoitettu kahdeksi päällekkäiseksi riviksi. Kuivauksessa tarvittava lämpö tuotetaan lauhduttamalla höyryä sylinterin sisäpuolella samalla periaatteella kuten paperikoneellakin. Sylinterin sisäpuolella lauhnutun lauhde saatetaan lämpölistojen avulla pyörteilevään liikkeeseen. Tällä parannetaan lämmönsiirtoa. Lämpö johtuu sylinterin seinämän läpi kuivatettavaan sellurinaan. Lauhde poistuu sylintereistä paine-eron avulla lauhteen imuputken kautta. Kuvassa 17 on esitetty kuivauskoneen höyry- ja lauhdejärjestelmän ajokaavio.

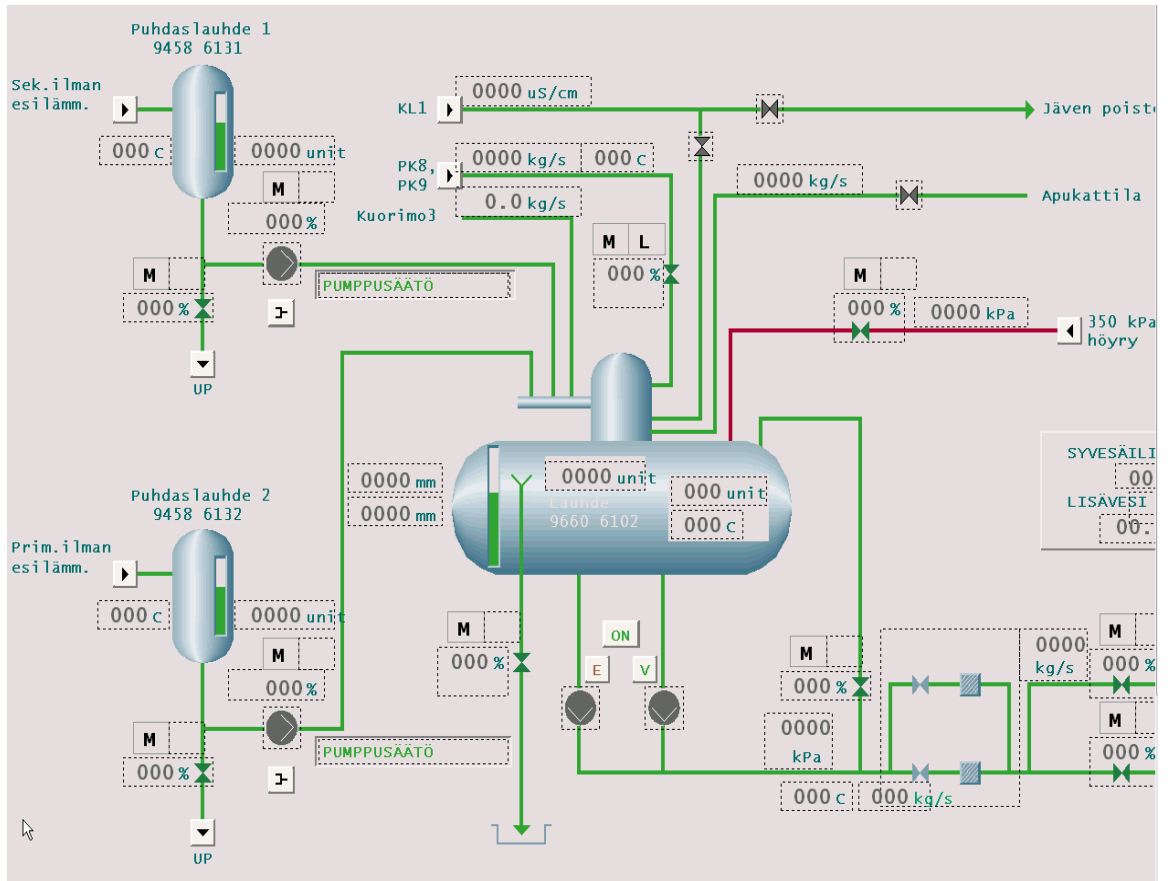
Kuivausosan sylinterit on jaettu käyttöryhmiksi, joissa on noin 10 sylinteriä. Käyttöryhmien välistä nopeuseroa voidaan säätää. Säädön avulla ylläpidetään rainan kireyttä ja hallitaan kuivausprosessia halutun laadun saavuttamiseksi.

Kuivauskoneella käytetään 5 bar:n matalapainehöyryä [HMP5]. Alkupään kuivatusryhmiin höyry syötetään matalassa paineessa kiinnipalamisriskin vuoksi. Loppupään kuivatusryhmiin syötetään höyryä korkeammassa paineessa jotta saavutetaan tarvittava kuivatusteho. Kuivatusosa on jaettu kolmeen höyryryhmään. Kunkin höyryryhmän paineet säädetään kunkin ajotilanteen mukaiseksi. Höyryryhmän sylinterit ovat kytketty rinnan höyry- ja lauhdetukin väliin.

Höyryryhmät on kytketty peräkkäin kaskadikytkennällä. Tällä järjestelyllä läpipuhallushöyry johdetaan rainan kulkusuunnassa edeltävään matalapaineisempaan höyryryhmään. Ensimmäisestä höyryryhmästä läpipuhallushöyry johdetaan pintalauhduttimelle. Lauhduttimen teho kuvaa kuivauksen energiatehokkuutta. Lauhduttimen tehon tulisi olla mahdollisimman pieni.

5.6 Kymin Voima

Soodakattilan ja Kymin Voiman kattilan lauhdesysteemit on yhdistetty toisiinsa putkijalalla. Puhtaita lauhteita on mahdollista pumpata voimalaitosten lauhdesäiliöiden välillä. Normaalisti suurin osa lauhteista pumpataan soodakattilan lauhdesäiliöön. Käytössä olevan ajomallin mukaan laitos käyttää enemmän lisävettä kuin soodakattila. Tuore lisävesi tuodaan pääsääntöisesti Kymin Voiman kattilan kautta höyry- ja lauhdeverkkoon. Tämä ajokaavio on esitetty kuvassa 18. (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 6.)

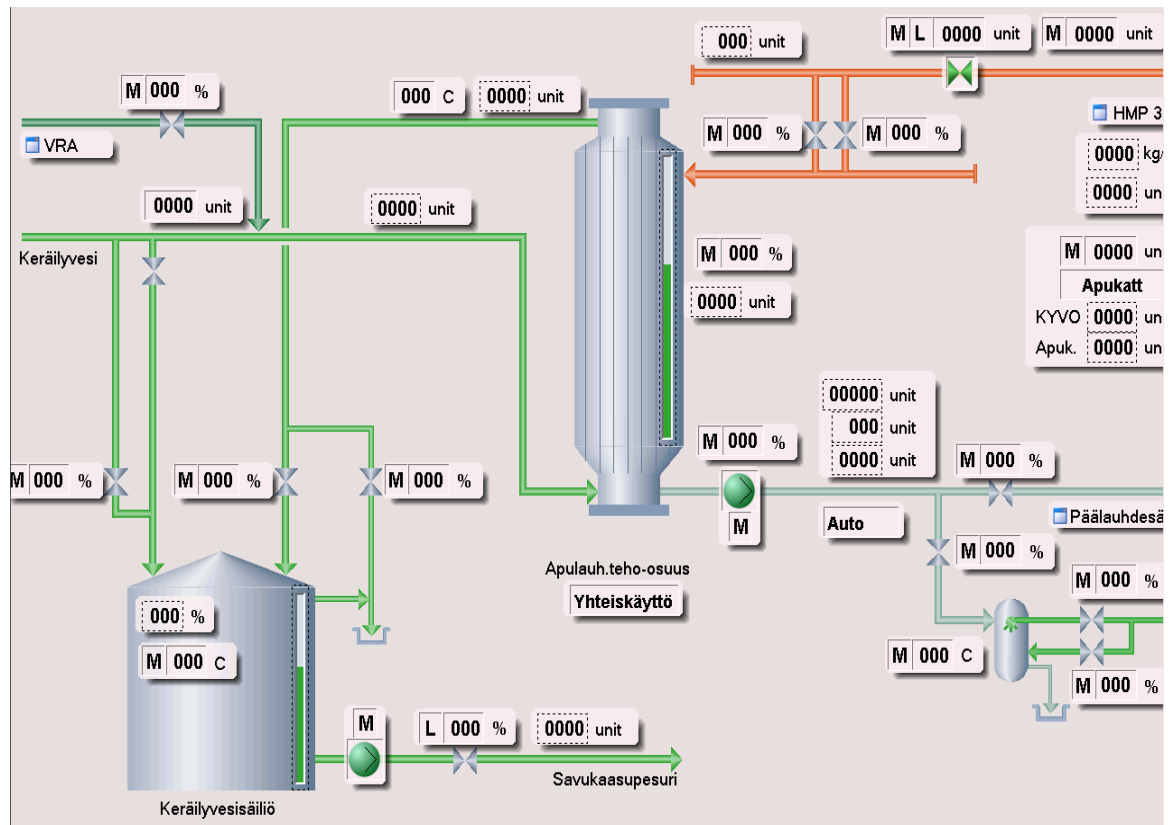


Kuva 18. Kyvon lauhdejärjestelmän ajokaavio (UPM-Kymmene Oyj, 3.10.2012)

5.7 Apulauhdutin

Apulauhduttimessa höyry jäädytetään lauhteeksi jäähdytysosassa noin 60 °C lämpötilaan. Lauhde pumpataan lauhdepumpulla soodakattilan lauhdesäiliöön. Lauhdeputkessa on myös johtokyky mittaus valvomassa lauhteen johtokykyä. Likaiset lauhteet johdetaan ulospuhallussäiliön kautta prosessikanaaliin. (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 8.)

Vastapainevoimalaitoksessa sähköntuotanto on nykyisin merkittävässä roolissa. Sähköntuotannon lisäämiseksi myös soodakattilalaitoksissa on tehty viime vuosina energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja. Apulauhduttimen avulla on mahdollista nostaa sähkötehon tuotantoa tilapäisesti riippumatta höyrynkulutuksesta. Sähköntuotannon lisäksi mahdollistuu, kun apulauhduttimen avulla lisätään keinotekoisesti höyrynkulutusta. Kuvassa 19 on esitetty apulauhduttimen ajokaavio.

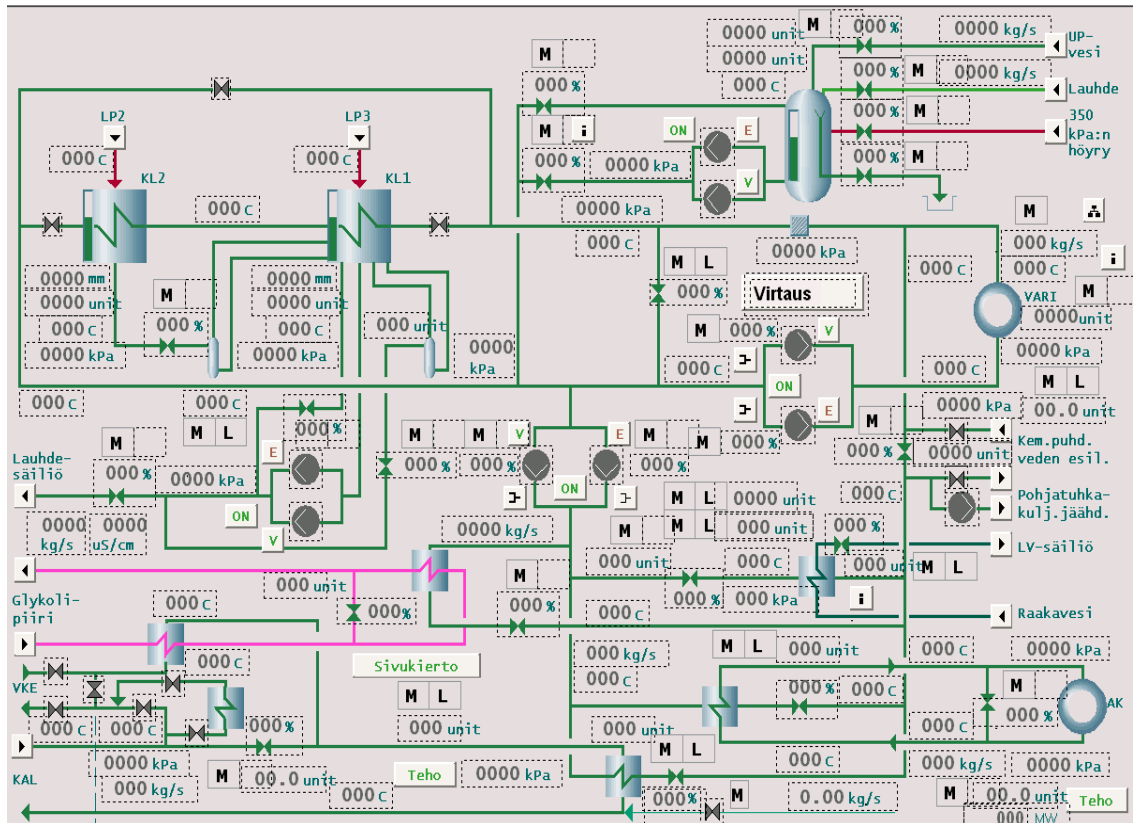


Kuva 19. Apulauhduttimen ajokaavio (UPM-Kymmene Oyj, 5.10.2012)

5.8 Kaukolämpö

Kaukolämpökeskuksen mitoitushöyryn kulutus on 8,0 kg/s. Lauhteen palautusprosentin oletetaan olevan 100 %. Lauhteet kerätään kaukolämpökeskuksen lauhdesäiliöön, josta lauhteet pumpataan soodakattilan lauhdesäiliöön. (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 8.)

Kuvassa 20 esitetään kaukolämmön tuotannon ajokaavio. Kaavioon on koottu yleisesitys kaukolämpöverkosta. Ajokaaviosta voidaan poimia tarkempia ponnahtusikkuunoita yksityiskohtaisempaa prosessin seuranta varten.



Kuva 20. Kyvön kaukolämmöntuotannon ajokaavio (UPM-Kymmene Oyj, 3.10.2012)

6 KÄYTTÖLIITTYMÄ

6.1 Automaatiojärjestelmä

6.1.1 Metso Automation Oy

Metso Automation Oy toimittaa kone- ja prosessiautomaatoratkaisuja sellu- ja paperiteollisuudelle sekä energia- ja prosessiteollisuudelle. Päätoimipaikka sijaitsee Tampereella.

6.1.2 Metso DNA Collection 2007

MetsoDNA koostuu aktiviteeteista, jotka liittyvät toisiinsa verkkotoiminnoilla.

Aktiviteetteja:

- Informaationhallinta aktiviteetti (IA)
 - Prosessihistoria
 - Hälytyshistoria
 - Käyttäjän työkalut
- Operointiaktiviteetti (OA)
 - Operointikäyttöliittymä (Use/View)
 - Hälytysten käsittelijä (ALP/ ALS)
- Säätoaktiviteetti (CA)
 - Säädot
 - Laatuohjaus
- Liityntäaktiviteetti (XA)
 - Logiikkaliitännät (LIS)
 - OPC
- Kenttäaktiviteetti (FA)
 - Kehikko- I/O
 - Sulautettu-I/O
 - Foundation Fieldbus
 - Profibus
 - Hart

- Tehtaan tuotantotekijöiden hallinta-aktiviteetti (AM)
 - Elinkaaren hallinnan työkalut

- Suunnittelu- ja ylläpitoaktiviteetti (EA)
 - Suunnittelutietokanta (EAS)

 - Suunnittelutyökalut

- Tietämyksenhallinta aktiviteetti (KA)
 - Tuotantopäiväkirja

 - Prosessikuvaukset

 - Piirikuvaukset

(Metso Automation Oy, 6.2.2012.)

6.1.3 Valvomo DNA-USE (OA)

Prosessiteollisuudessa operaattori valvoo useita mittasuureita samanaikaisesti. Nopeasti muuttuvat tilanteet vaativat usein monien eri asiantuntijoiden yhteistyötä.

Kannattavan toiminnan perustana on eri tehtävien oikea käsittely, häiriöiden havainnointi ja tilanteen nopea korjaaminen. Nykyaikainen automaatiojärjestelmä sisältää työkalut tuotantotyöryhmälle, joiden avulla suurempien ja monimutkaisempienkin prosessien hallinta on mahdollista.

Päätuja:

- koko prosessin kattava näkymä
- tiedon saatavuus ja joustava käyttö
- suunnitteluosaamisen ja työryhmän tiivis yhteistyö
- epätavallisten tilanteiden hallinta ja nopea arviointi

6.1.4 DNA IA

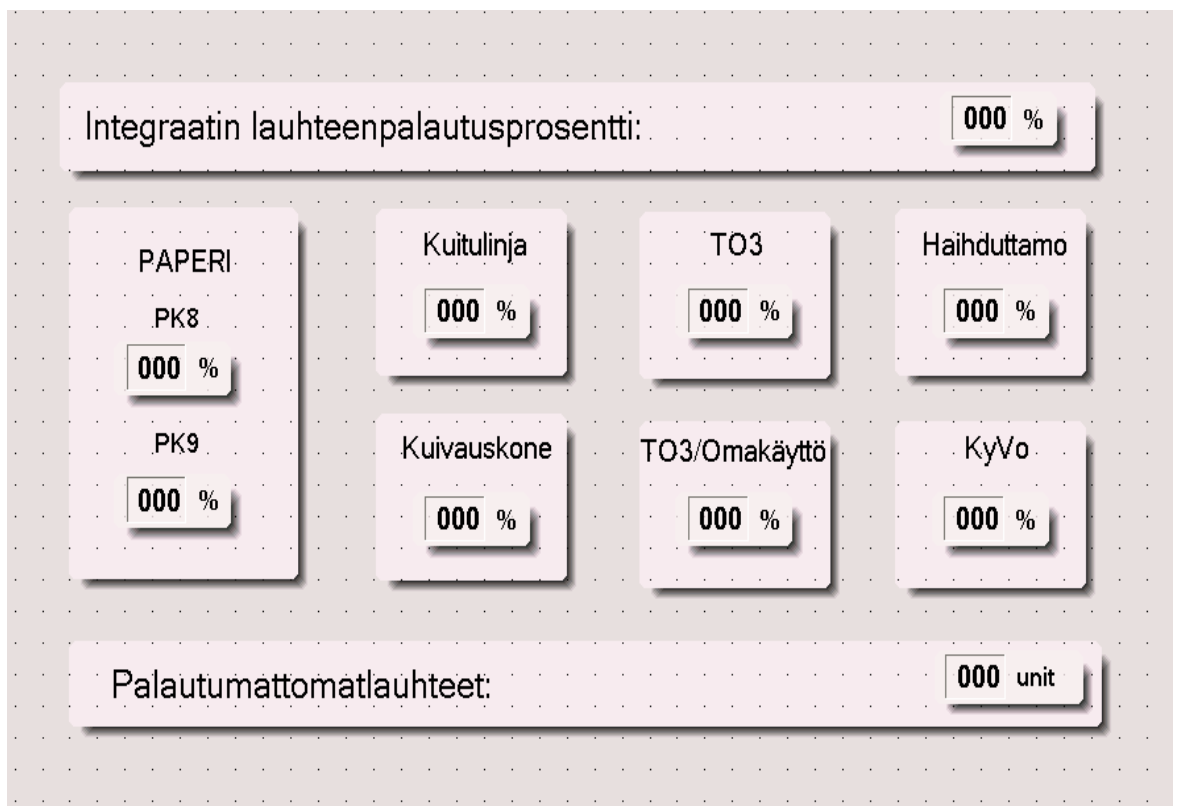
MetsoDNA IA koostuu cimio-tiedonkeruutietokoneista ja tietokantapalvelimesta. Tiedonkeruukoneiden tehtävä on puskuroida tiedonkeruuta mahdollisten laite- tai verkkohäiriöiden varalta. Prosessihistorian keräämä data tallennetaan tietokantapalvelimeen. Datan talletusaika on noin 5 vuotta. Tiedonkeruuväli on pääsääntöisesti 10 sekuntia.

Talteenoton tiedonkeruujärjestelmä kattaa koko sellutehtaan alueen. Laajuudesta johtuen cimio-palvelimia on neljä kappaletta. Yksi cimio-palvelin pystyy käsittelemään maksimissaan 12 000 muuttujaa. Käytössä on tällä hetkellä 32 000 keruupistettä. Tietokantapalvelimeen tallennetaan myös kaikki hälytykset. Trendeihin voidaan yhdistää myös hälytys- ja operointitapahtumat. Tällä ominaisuudella voidaan helpottaa vianhakua ongelmatilanteissa.

Tietokantapalvelin hoitaa myös kaikki tuotanto-, kulutus- ja päästöraportoinnit. Sovellus on selainpohjainen portaali. Laaditut raportit on löydettävissä helposti sovelluksen hakemistopuusta. Käyttäjät voivat myös tallentaa omia trendejä ja raporteja portaaliin jolloin ne ovat kaikkien käyttäjien käytettävissä.

6.2 Toteutus

Tiedonkeruu suoritettiin Aspen-lisäosan avulla. Ohjelma on asennettu suoraan Excelin apuohjelmaksi. Työasemalla on käytössä Aspen Process Explorer, jonka asetuksiin on mahdollista määrittellä useampi tietokantapalvelin. Käytössäni on neljä eri palvelinta, joista on mahdollista kerätä dataa samanaikaisesti yhteen tai useampaan taulukkoon. Keruuväliksi määrittelin kaksi tuntia koska tasaisessa käynnissä prosessissa ei tapahdu nopeita muutoksia. Taulukoihin on määritelty eri prosessien mittauspositiot, joista laskenta on suoritettu. Samat kaavat on siirretty suoraan automaatiojärjestelmän soveluksiin. Laskennan tulokset esitetään ajokaaviossa 85.2.4 (Kuva 21). Trendit ovat koottu MyCommynity-portaaliin.



Kuva 21. Uusi ajokaavio lauhteenpalautuksen seurantaan (UPM-Kymmene Oyj, 5.10.2012)

Sovellussuunnittelu aloitettiin positiotunnusten varaamisella suunnittelujärjestelmästä. Tällä varmistettiin, ettei käytetä varattuja positionumeroita. Sovellusohjelma tehtiin talteenoton automaatiojärjestelmän EAS-serverillä. Varsinaisessa sovellussuunnittelussa käytettiin FbCad-ohjelmaa. Ajokaavioiden piirroksessa käytettiin UseEditoria.

Sovellussuunnittelun lähtötiedoiksi valittiin sovellusta suorittava prosessiasema, suorituväli, tapahtuma-alue ja historiakeruun keruuryhmä. Näillä valinnoilla varmistettiin sovelluksen halutunlainen toiminta ja luotettavuus. Tiedonkeruuta varten jokaisesta piiristä tehtiin oma moduli. Talteenoton automaatiojärjestelmässä on käytetty tätä mallia. Piirikohtaiset toimintakuvaukset laadittiin Nvu html-editoriohjelmalla. Tarkempaa kuvausta sovellussuunnittelusta ei käsitellä tässä opinnäytetyössä. Tämä poikkitieteellinen osuus on tehty aiemman ammattitaustan perusteella.

Toteutusvaiheessa havaittiin PK9:n poikkeavan korkea lauhteenpalautusprosentti. Paperikoneen katkon jälkeen lähtevän lauhteen johtokyky mittaus näytti suurta lukemaa verrattuna tasaiseen ajoon. Tasaisen ajon lukema on myös korkeampi kuin PK8:n vastaava lukema. Havainnon perusteella tehtiin vikailmoitus SAP-kunnossapitojärjestelmään. Kuvassa 22 on esitetty tehty vikailmoitus. PK9:n mekaanisen puolen työnsuunnittelu tekee vikailmoituksesta kunnossapitotyön ja aikatauluttaa sen. Pintalauhduttimen huolto suunnitellaan seuraavaan pitempään kunnossapitoseisokkiin.

PK8:n pintalauhduttimelta puuttuva tehonmittauksen suunnittelu aloitettiin myös tämän työn aikana. Suunnittelu aloitettiin kustannusarvion laadinnalla. Kustannukset muodostuvat pääosin hankittavasta virtausmittarista ja lämpötila-antureista.

Muuta KP-ilmoitusta: Vikailmoitus

Ilmoitus: 100001253699 11 PK9 Pintalauhduttimessa sisäinen vuoto

Tila: ILAV LUOT

Tilaus:

Ilmoitus Lisätiedot

Viiteobjekti

Toimintopaikka: KYM1-54 6921 6601 PINTALAUHDUTIN

Laite:

Asiasisältö

16.08.2012 07:21:44 Marko Hyvönen (K179863)
 Ratakatkon jälkeen lähtevän lauhteen johtokyky nousee 0,2 mS/m ->
 0,35 mS/m. Johtokyvyn nousu viittaa sisäiseen vuotoon
 pintalauhduttimessa. Koneinjan korkea lauhteenpalautusprosentti kuvaa
 myös vuotoa höyry- ja lauhdejärjestelmässä.

Vastuut

Suunn.ryhmä:

Vast. työpiste: MPPK9 KYM1 Konekunnossapito PK 9

Vastuuhenkilö:

Ilmoittaja: K179863 Ilmoituspvm: 16.08.2012 07:11:29

Kuva 22. Vikailmoitus kunnossapitojärjestelmään (UPM-Kymmene Oyj, 16.8.2012)

7 YHTEENVETO

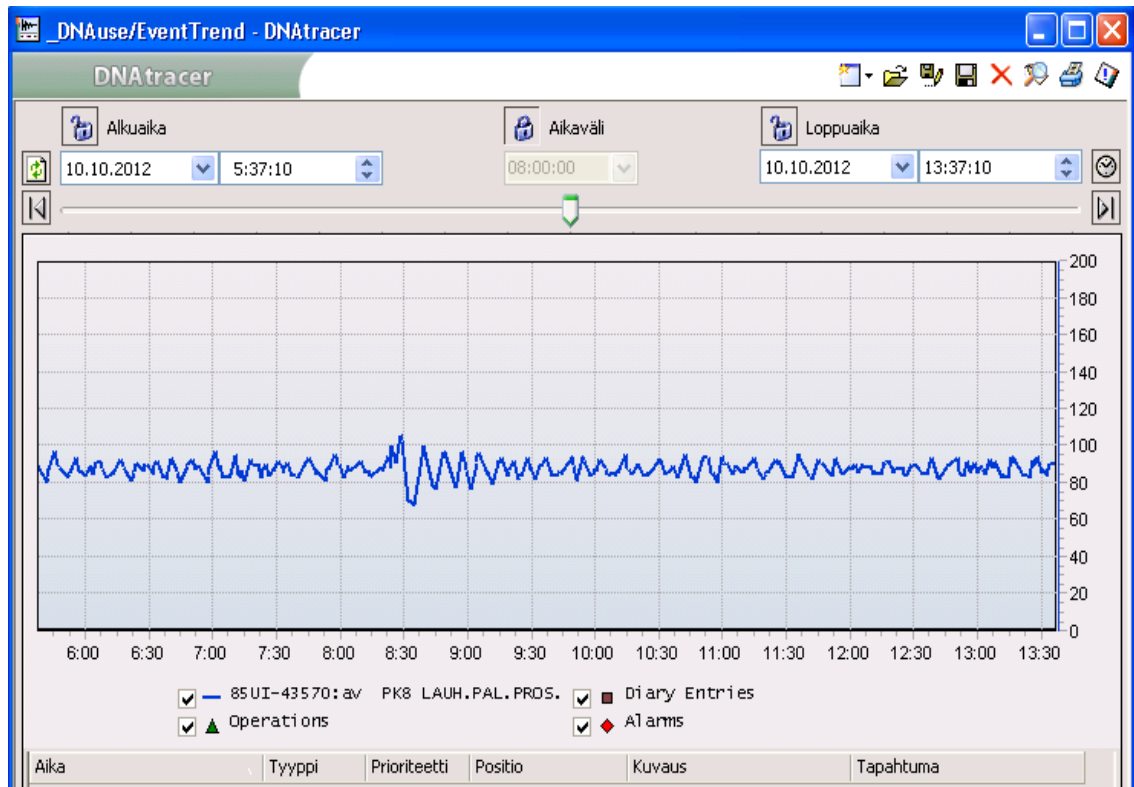
Tämän työn tarkoituksena oli tutkia Kymin sellu- ja paperi-integraatin lauhdetasetta ja laatia ajantasainen ajokaavio höyry- ja lauhdejärjestelmän toiminnasta automaatiojärjestelmään. Ajokaaviossa (Kuva 21) esitetään lauhteen palautusprosentit eri höyrynkulutuskohteista. Prosessin tilaa voidaan seurata trendinäytöistä pitemmältä aikaväliltä. Taulukkoon 4 on koottu mitoitusarvot.

Taulukko 4. Lauhteen palautuksen mitoitusarvot (UPM-Kymmene Oyj, 5/2008, 8.)

	Yksikkö	
SK3 ilmanesilämmitys	%	90
Kuitulinja	%	30
Apukattila, kaukolämpö	%	100
Haihduuttamo	%	100
Kuivauskone	%	90
PK8	%	80
PK9	%	80

Paperikoneiden osalta saadut tulokset noudattelevat lähes mitoitusarvoja. PK9:n osalta lauhteen palautusprosentti on tasoltaan noin viisi prosenttiyksikköä korkeampi kuin PK8:lla. Tämä ero johtuu todennäköisesti sisäisestä vuodosta PK9:n pintalauhduttimessa. Pintalauhdutinta jäähdytetään kemiallisesti puhdistetulla vedellä, jolloin kemiallisesti puhdistettua vettä pääsee sisäisessä vuodossa lauhteen joukkoon. Tämä vika näkyy selvästi lauhteen johtokyvyn nousuna paperikoneen katkotilanteessa. Viasta tehtiin vikailmoitus kunnossapitojärjestelmään. Paperikoneen normaalissa ajotilanteessa PK9:n lauhteen johtokykymittaus näyttää myös hieman suurempaa lukemaa kuin vastaava mittaus PK8:lla. Tämä voi johtua pintalauhduttimen sisäisen vuodon lisäksi esim. jonkun lauhdepumpun tiivisteveden vuodosta pumpun poksien kautta lauhteen joukkoon.

Kuvassa 23 on esitetty 8 tunnin trendinäyttö lauhteen palautusprosentista. Laskennan tulos on noin 5 prosenttiyksikköä suurempi kuin mitoitusarvo taulukossa 4. Tulos vastaa mitoitusarvoa. Laitteisto on kokonaisuudessaan hyvässä toimintakunnossa vaikka järjestelmässä on paljon pieniä parannettavia kohteita. Järjestelmässä olevien vuotojen korjauksella saavutetaan vuosittain säästöjä. Laitteiden kunnossapito on kannattavaa toimintaa.



Kuva 23. Trendikuva PK8:n lauhteen palautusprosentista (UPM-Kymmene Oyj, 5.10.2012)

Kuitulinjojen lauhteen palautusprosentti jäi odotusten mukaisesti alhaiseksi. Tämä johtuu prosessin luonteesta, jossa käytetään paljon suorakäyttöhöyryä. Seurannan kannalta tärkeintä on seurata muutoksia pitemmällä aikavälillä lauhteen palautusprosentissa.

Talteenottolaitoksen lauhteen palautusprosentti muodostuu pääosin ilman esilämmittimiltä palautuvasta lauhteesta. Kuorman vaihtelut voivat aiheuttaa muutoksia lauhteen palautusprosenttiin. Tarkemmassa tarkastelussa pitempiaikaiset trendit antavat hyvän kuvan lauhteen palautusprosentin muutoksista.

Haihduuttamolta saadut tulokset osoittivat vuotoja haihdutinyksiköiden 1A, 1B ja 1C höyryn lämpötilan säätöventtiileissä. Ensimmäinen mittaus tehtiin helmikuussa 2012, jolloin lauhteen palautusprosentti oli tasolla 115 %. Venttiilit huollettiin vuosihuoltoseisokissa toukokuussa 2012. Huollon jälkeen tehdyssä mittauksessa kesäkuussa 2012 lauhteen palautusprosentti oli tasolla 105 %. Yli 100 %:n lauhteen palautusprosentti johtuu höyryn lämpötilan säädöstä, jossa höyryä jäähdytetään syöttövedellä. Lämpötilan säädössä käytettävissä syöttöveden putkilinjoissa ei ole virtausmittauksia,

jolloin lauhdemäärää ei voida kompensoida oikein. Syöttöveden määrän laskennallinen tarkastelu ei antanut riittävän tarkkoja tuloksia. Lasketusta arvosta jäi puuttumaan 1 – 2 kg/s syöttövesivirtaus. Tarkempaan tulokseen päästään asentamalla höyryn lämpötilansäätöön käytettäviin syöttövesilinjoihin omat virtausmittarit. Seurannan kannalta tärkeintä on muutosten havainnointi toteutuneessa lauhteenpalautusprosentissa eikä niinkään absoluuttinen arvo.

Kuivauskoneen lauhteen palautusprosentti noudattelee paperikoneiden vastaavia lukuja. Sellun kuivauksessa käytetään samankaltaista kuivaustekniikkaa kuin paperikoneilla. Höyryn- ja lauhteen virtausmittareiden virheiden vuoksi lauhteenpalautusprosentti on yli 100 %. Mittauksien ja lauhdejärjestelmän kunto pitäisi tarkastaa mahdollisimman pian jotta laskennan tulokset saadaan vertailukelpoisiksi muihin mittauksiin nähden.

Kymin Voiman lauhteen palautusprosentti on melko pieni. Tämä ominaisuus johtuu laitoksen suunnitellusta käytötavasta. Laitoksen ajomalli on lisänettä enemmän käytävä malli, suurinosa lauhteesta käytetään soodakattilalla. Kymin Voimalla on käytössä lisäveden esilämmittimiä, jolla lisäveden lämmittäminen on energiataloudellisempaa kuin soodakattilalla.

Apulauhduttimen lauhteen palautusprosentti on käytännössä 100 %:a. Lauhdutinta jäädytetään keräilyvedellä ja mahdolliset sisäiset vuodot ilmenevät johtokyvyn nousuna lauhteessa ja kohonneena lauhteen palautusprosenttina.

Kaukolämpökeskuksen lauhteen palautusprosentin oletusarvo on myös 100 %. Kaukolämpövaihtimien kuntoa valvotaan lähtevässä lauhdelinjassa olevalla johtokyky mittauksella. Tässä työssä ei tutkittu Kymin Voiman lauhdetasetta tämän tarkemmin. Myöhemmin on mahdollista rakentaa apulauhduttimelle ja kaukolämpökeskukselle oma lauhteen palautusprosentin laskenta.

LÄHTEET

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. ja Urpalainen, S. 2008 Voimalaitostekniikka.
Keuruu: Opetushallitus

Metso Automation Oy, Koulutusmateriaali: Ei saatavissa [Viitattu 6.2.2012]

Motiva [www-dokumentti] Energiakatselmuksen tarkennetut toteutus ohjeet, 11/2011:
Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä. Saatavissa:
[http://www.motiva.fi/files/4892/H L toteutusohje 2011.pdf](http://www.motiva.fi/files/4892/H_L_toteutusohje_2011.pdf) [Viitattu 19.7.2012]

Motiva [www-dokumentti] Koulutusmateriaali: Energiatehokas höyry- ja lauhdejär-
jestelmä. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/2407/Energiatehokas h yry-
_ja_lauhdej_rjestelm_.pdf](http://www.motiva.fi/files/2407/Energiatehokas_h_ryr-
_ja_lauhdej_rjestelm_.pdf) [Viitattu 20.7.2012]

Motiva [www-dokumentti] Käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan ohjeistus, 11/2011:
Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä. Saatavissa:
[http://www.motiva.fi/files/4893/HOLA kaytto-kunnossapito_ohjeistus_2011.pdf](http://www.motiva.fi/files/4893/HOLA_kaytto-kunnossapito_ohjeistus_2011.pdf)
[Viitattu 21.7.2012]

UPM-Kymmene Oyj [www-dokumentti]. Kymmin sellutehdas. Saatavissa:
<http://www.upm.com/fi/upm/liiketoiminnot/sellu/suomi/kymi/Pages/default.aspx>
[Viitattu 24.7.2012]

UPM-Kymmene Oyj [www-dokumentti]. UPM. Saatavissa:
<http://www.upm.com/FI/UPM/Pages/default.aspx> [Viitattu 26.7.2012]

UPM-Kymmene Oyj [www-dokumentti]. UPM Kymi paperi- ja sellutehdas.
Saatavissa: [http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Globaalit-
toiminnot/Tuotantoyksikot/Pages/upm-kymi-paperi-ja-sellutehdas.aspx](http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Globaalit-
toiminnot/Tuotantoyksikot/Pages/upm-kymi-paperi-ja-sellutehdas.aspx)
[Viitattu 25.7.2012]

UPM-Kymmene Oyj, Kymi, REC08 Käyttöohje, 4/2008: Höyryn tuotanto ja jakelu.
Ei saatavissa [Viitattu 8.10.2012]

UPM-Kymmene Oyj, Kymi, REC08 Käyttöohje, 5/2008: Lauhteenkeräily ja puhdistus. Ei saatavissa [Viitattu 8.10.2012]

UPM-Kymmene Oyj, Kymi, SAP-kunnossapitojärjestelmä: Ei saatavissa [Viitattu 16.8.2012]

UPM-Kymmene Oyj, Kymi, 2501EAS1 tietokanta: Ei saatavissa [Viitattu 3.10.2012]

UPM-Kymmene Oyj, Kymi, 2513EAS2 tietokanta: Ei saatavissa [Viitattu 4.10.2012]

UPM-Kymmene Oyj, Kymi, 2541EAS1 tietokanta: Ei saatavissa [Viitattu 5.10.2012]

UPM-Kymmene Oyj, Kymi, 2582EAS1 tietokanta: Ei saatavissa [Viitattu 6.10.2012]