

**Jani Hautala**

# **KUIVATUSKONEEN VESITASEEN OPTIMOINTI**

**Opinnäytetyö  
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
Kesäkuu 2011**



## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Tekniikka ja liiketalous, Kokkola	<b>Aika</b> Kesäkuu 2011	<b>Tekijä</b> Jani Hautala
<b>Koulutusohjelma</b> Kemiantekniikka		
<b>Työn nimi</b> Kuivatuskoneen vesitaseen optimointi		
<b>Työn ohjaaja</b> Laura Rahikka		<b>Sivumäärä</b> 66 + 9 liitettä
<b>Työelämäohjaaja</b> Tero Virkkala, Niklas Keskinen		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Pietarsaaren UPM-Kymmeneen kuivatuskoneen 1 kiertovesitasetta. Taseen lisäksi työn tarkoituksena oli optimoida tuorevedenkulutusta kuivatuskoneella sekä kehittää vesijärjestelmän toimintaa koska kuivatuskoneen 1 tuottaa pääsääntöisesti lyhytkuituista sellua, se asettaa haasteen uuteaineiden hallinnalle vesijärjestelmässä. Työssä tutkittiin kuivatuskoneen kiertoveden laatua, eri aineiden pitoisuuksia ja lehtipuun uuteaineita kiertovedessä.</p> <p>Pietarsaaren kuivatuskoneen vesijärjestelmää tutkittiin vedenkulutuskohteiden sekä -määrien avulla. Vesijärjestelmän toimintaa kartoitettiin virtauskaavioista, jonka pohjalta luotiin massa- ja vesijärjestelmän kuvaus. Tavoitteena oli laatia vesitase, jonka tasealueena on koko laitos. Tasealueen kaikki virtaukset tarkistettiin siten, että vesivirtaukset olivat käyneet massan mukana kiertoveden joukossa ja ulostulevat vedet kiertovedessä.</p> <p>Työ osoitti vesitaseen osalta vesipotentiaalin, joka mahdollistaa vedenkäytön optimoinnin. Tase luotiin laskennallisesti, jolloin kokonaistasetta voitiin seurata eri tuotannoin. Lisäksi kuivatuskoneen vedenpoistoista luotiin kapasiteetilaskuri, joka osoittaa suuntaa antavia vedenpoistomääriä tasoviirakoneella. Työssä saatujen tuloksien pohjalta tehtiin useita vesijärjestelmän parannusehdotuksia. Laboratoriossa määritettyjen vesianalyysien pohjalta saatiin arvokasta tietoa kiertoveden laadusta kuivatuskoneella.</p> <p>Tämä kemiantekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö tehtiin Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoululle. Työn toimeksiantaja oli UPM-Kymmene Pietarsaaren tehdas ja työ toteutettiin 1.1.2011–18.4.2011.</p>		

### Asiasanat

kuivatuskone, tasoviirakone, kuivatuskoneen vesitase, kiertovesi

**ABSTRACT**

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> June 2011	<b>Author</b> Jani Hautala
<b>Degree programme</b> Chemical Engineering		
<b>Name of thesis</b> Water balance optimizing in the pulp dryer		
<b>Instructor</b> Laura Rahikka		<b>Pages</b> 66 + 9
<b>Supervisor</b> Tero Virkkala and Niklas Keskinen		
<p>The aim of this thesis was to study the water balance at the UPM-Kymmene Pietarsaari pulpmill pulp dryer 1. In addition to water balance, the goal was to optimize the fresh water consumption at the pulp dryer and develop the water system. Drying Machine 1 is mainly producing short-fiber pulp and it causes a challenge to the management of the wood extractives in the water system. In this thesis the circulation water quality was also studied.</p> <p>The water system of Drying Machine 1 was examined to find out water consumption targets and amounts. The study began by examining the flow chart of the water system. Based on the flow chart a description of the pulp and water system was created. The aim was to establish a water balance so that balance sheet would involve the whole drying machine. All water flows in the balance sheet were examined, so that water flows involved with pulp and outcoming water were involved with circulation water.</p> <p>The calculated water balance showed a water potential which enables to optimize the water use in the pulp dryer. The calculation allows to monitor the water balance at different production levels and in the future, it will make it easier to monitor the water balance. Also a capacity calculator for withdrawal waters in the drying machine was designed, which showed a volume about volatile and filtered waters in a Fourdrinier machine. Based on the results, several proposals for improving the water system were made. Water analyses from the laboratory gave important information about the circulation water quality in the drying machine.</p> <p>This chemical engineering degree thesis has been made for the Central Ostrobothnia University of Applied Sciences. The committant is UPM-Kymmene, Pietarsaari mill and this final thesis was done during spring 2011.</p>		
<b>Key words</b> drying machine, fourdrinier machine, water balance, circulation water		

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TOIMEKSIANTAJA</b>	<b>3</b>
2.1 UPM-Kymmene	3
2.2 UPM-Kymmene Pietarsaari	4
<b>3 UPM PIETARSAAREN VEDENPUHDISTAMON TOIMINTA</b>	<b>6</b>
3.1 Yleistä	6
3.2 Pietarsaaren raakavesi	6
3.3 Tehtaan vedenpuhdistus	7
3.3.1 Kemiallisesti puhdistetun veden valmistus	7
3.3.2 Puhtaan veden valmistus	8
3.4 Veden laatuvaatimukset	9
<b>4 KUIVATUSKONE</b>	<b>12</b>
4.1 Yleistä	12
4.2 Kuivatuskoneen rakenne ja pääosat	12
4.2.1 Viiraosa	15
4.2.2 Puristinosa	15
4.2.3 Kuivatusosa	16
4.3 Pietarsaaren kuivatuskone	18
4.4 Sellun jatkokäsittely	20
<b>5 KUIVATUSKONEEN VESI- JA KIERTOVEDSIJÄRJESTELMÄ</b>	<b>21</b>
5.1 Yleistä	21
5.2 Kuivatuskoneen vesilajit	21
5.2.1 Mekaanisesti puhdistettu vesi	21
5.2.2 Kemiallisesti puhdistettu vesi	22
5.2.3 0-vesi	22
5.3 Kiertovesijärjestelmä	23
5.3.1 Lyhyt kierto	24
5.3.2 Pitkä kierto	24
5.3.3 Hylkymassajärjestelmä	25
5.3.4 Massan ja veden varastointi	26
<b>6 KIERTOVEDSIJÄRJESTELMÄN SULKEMINEN</b>	<b>27</b>
6.1 Yleistä	27
6.2 Vesikiertojen sulkemisen syyt sekä vaikutukset	27
6.3 Kuivatuskoneen kiertoveden koostumus	29
6.4 Kiertovesijärjestelmän puhdistus	30
6.4.1 Lehtipuu raaka-aineena	31
6.4.2 Uuteaine	32
6.4.3 Uuteaineen vaikutus kuivatuskoneella	34
6.5 Kiertovesijärjestelmän suunnittelu ja kehittäminen	35

<b>7 KOKEELLINEN OSUUS</b>	<b>38</b>
7.1 Työn suunnittelu ja toteutus	38
7.2 Tutkimuksen lähtökohdat	39
7.2.1 KK1:n tuoreveden käyttö	39
7.2.2 Kuivatuskoneen vesijärjestelmä	40
7.2.3 Häiriötilanteen hallinta	42
<b>8 TULOKSET</b>	<b>47</b>
8.1 Kuivatuskoneen vedenpoistot	47
8.2 Vesitase	48
8.3 Kiertovesi	53
<b>9 PARANNUSEHDOTUKSET</b>	<b>55</b>
9.1 Vedenkäytön hallinta	55
9.1.1 Kiertovesitornin vedenkäyttö	56
9.1.2 Valkaisun vedenkäyttö	57
9.1.3 Häiriötilanteen hallinta	58
9.2 Vesijärjestelmä	59
9.3 Vedenkäyttö	60
9.4 Uuteaineen hallinta	61
<b>10 LOPPUPÄÄTELMÄT</b>	<b>62</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>64</b>
<b>LIITTEET</b>	

## LYHENNELUETTELO

KK1	kuivatuskone 1
KK2	kuivatuskone 2
TCF	total chlorine free (ilman kloorikemikaaleja valkaistu sellulaatu)
ECF	elemental chlorine free (klooridioksidilla valkaistu sellulaatu)
COD	chemical oxygen demand (kemiallinen hapenkulutus)
BOD	biological oxygen demand (biologinen hapenkulutus)
TOC	total organic carbon (orgaanisen hiilen kokonaismäärä)
TIC	total inorganic carbon (epäorgaaninen hiilen kokonaismäärä)
ADt/d	air dry ton/day (massan kuiva-aine 90 %)
VKE	kemiallisesti puhdistettu vesi
VSU	mekaanisesti puhdistettu vesi
VKK	kuuma kemiallinen vesi
FRB	UPM:n tehdas Fray Bentoksessa, Uruguayssa
Torkparti	kuivatuskoneen kuivausosa
Ånga	höyry
Avvattning	haihtuminen
Torrtänkt massa	ilmakuiva massa
Dräneringstid	suotautumisaika
Bakvatten	kiertovesi
Bakvattenkar	kiertovesitorni
Inloppslåda	perälaatikko

## 1 JOHDANTO

Suomen metsäteollisuuden eläessä rakennemuutoksen aikaa ovat ympäristölliset ja energiateknilliset asiat nousseet yhä tärkeämmiksi tekijöiksi teollisuuden kehittymiselle (Hetemäki 2010). Suomen sellu- ja paperiteollisuus on energiasäästösovimusten mukaisesti panostanut ympäristö- ja energiateknillisiin ratkaisuihin jo vuosia ja on edistänyt alan energiatehokkuuden kehittymistä. Metsäteollisuus onkin erinomainen malliesimerkki materiätehokkuudellaan. (Fagerblom 2011.)

Vesiensuojelussa selluteollisuudella on pitkät perinteet ja lainsäädäntöä kehitetään jatkuvasti. Vedenkäyttöä on selluteollisuuden historian aikana kehitetty ja tehostettu taukoamatta. Vielä 1970-luvulla sellutonnin kohden käytettiin tuorevettä 250 kuutiota, mutta nykyään tuotantomäärien kasvusta huolimatta vedenkulutus on laskenut noin 5–50 kuutioon. Merkittävimmät syyt kehittymiseen ovat vedenkäytön yhä tehostetumpi ja suunnitellumpi käyttö sekä prosessivesien kierrätys. (Vuoristo 2011.) Vesien tehokkaampi kierrättäminen tuo tehtaille uusia haasteita, ja täten tehtaiden vesijärjestelmien kehittäminen on aina ajankohtainen kehitysosa-alue. UPM-Kymmene on asettanut tavoitteet kestäväälle vedenkäytölle tavoitteena pienentää merkittävästi jätevesien määriä vuoteen 2020 mennessä. (UPM-Kymmene 2011b.)

Tämä opinnäytetyö toteutettiin keväällä 2011. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia UPM-Kymmenen Pietarsaaren tehtaan kuivatuskoneen 1 kiertovesitasetta sekä tarkastella kiertovesijärjestelmän toimintaa. Tarkoituksena oli selvittää tuoreveden kulutuskohteet ja optimoida vedenkäyttöä kuivatuskoneella. Työssä käytettiin tulosten selvittämiseksi virtauskaavioita sekä prosessinohjauskuvia, joiden avulla kerättiin tietoa kiertovesijärjestelmästä.

Kuivatuskoneen massa- ja vesijärjestelmästä luotiin toimintakuvaus, jossa havainnollistuvat tuore- ja kiertoveden kulutuskohteet. Pietarsaassa UPM-Kymmenellä tuoreveden tuotanto oli ongelmallista sen epätasaisen kulutuksen vuoksi. Pietarsaaren kuivatuskoneen 1 tuottaessa pääsääntöisesti lyhytkuituista sellua korostuu kiertoveden laadun seuranta. Kiertoveden laatua tarkkailtiin kuivatuskoneella ana-

lysoimalla kiertoveden eri ainepitoisuuksia sekä mahdollisia uuteainekoostumuksia. Analysointien myötä on tulevaisuudessa mahdollista kehittää ja tarkkailla kiertoveden laatua.

Työn teoriaosa rakentuu Pietarsaaren UPM-Kymmeneen sellutehtaan vedenvalmistuksesta sekä yleisesti kuivatuskoneen rakenteesta ja sen vedenkäytöstä. Työn teoriaosa pohjautuu Pietarsaassa käytettyihin laiteratkaisuihin ja pintapuolisesti muilla eri kuivatuskoneilla käytettyihin laiteratkaisuihin. Teoriaosassa käsitellään suljettujen vesikiertojen hyötyjä sekä haittoja. Suljettujen vesikiertojen lisäksi työssä on käsitelty kiertoveden laatuun vaikuttavia asioita ja koivun uuteaineita. Kiertoveden puhtaudella on suuri vaikutus tuotetun massan laatuun ja prosessilaitteiden toimintaan. Erityisesti koivumassaa valmistettaessa puun uuteainepitoisuuksien hallinta korostuu ja prosessivesien laadun puhtauteen on kiinnitettävä erityistä huomiota uuteaineiden osalta.

Pietarsaaren UPM-Kymmeneen valmistamaa sellua kuivataan kahdella kuivatuskoneella sekä yhdellä paperikoneella. Kuivatuskone 1 on tyypiltään tavallinen tasovierakone, joka koostuu puristinosasta sekä sylinterikuivaimesta. Kuivatuskone 1 on tuotantokapasiteetiltaan 1300 t/ADt/day. Se käyttää pääsääntöisesti lyhytkuituista raaka-ainetta, kuten koivua sekä eukalyptusta. Opinnäytetyön kokeellinen osuus koostuu prosessin lähtökohtien kartoittamisesta sekä työn tulosten esittämisestä ja käsittelystä. Työn lopussa omana lukunaan esitetään saatujen tulosten pohjalta kehitettyjä parannusehdotuksia kuivatuskoneen sekä vesijärjestelmän toimintaan.



## 2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

### 2.1 UPM-Kymmene

UPM-Kymmene lukeutuu tärkeimpiin metsäteollisuusyhtiöihin ja metsäteollisuuden kehittäjiin niin Suomessa kuin maailmanlaajuisesti. UPM-Kymmene on pyrkinyt koko historiansa aikana kehittymään sekä toimimaan asiakkaidensa vaatimusten mukaisesti luomalla vaihtoehtoisia ratkaisuja. Sen tavoitteena on luoda metsäteollisuudelle kestävää ja innovatiivista tulevaisuutta. UPM-Kymmene tarjoaa asiakkaillensa kilpailukykyisiä tuotteita ja ratkaisuja luomalla lisäarvoa jatkuvasti kehittyvissä ja uusissa toimintaympäristöissä. (UPM-Kymmene 2011a.)

UPM-Kymmenen panostaminen kehitykseen viestii eteenpäin suuntautuvasta yrityksestä. UPM:n kehityksen suuntana on bioteollisuus, joka vaikuttaa kaikkiin yhtiön kehitysaloihteisiin. UPM:n lähitulevaisuuden tavoitteet ovat vähäpäästöisten energioiden markkinoilla sekä uusiutuvien biopolttoaineiden tuottamisessa. Tärkeät liiketoimintojen osa-alueet pohjautuvat kuituun, biomassaan sekä uusiutuviin raaka-aineisiin ja tuotteisiin. Konsernin liiketoimintaryhmiä ovat energia, sellu, paperi sekä tekniset materiaalit. (UPM-Kymmene 2011a.)

UPM-Kymmene on maailman suurin kierrätyspaperin käyttäjä graafisten papereiden tuotannossa. Kolmasosa raaka-aineesta graafisten papereiden tuotannossa muodostuu kierrätyspaperin käytöstä. Aikakauslehtipaperimarkkinoilla yhtiö on selkeä markkinajohtaja sekä yksi johtavista painopaperivalmistajista. (UPM-Kymmene 2010.)

Kansainvälisen yhtiön juuret ovat Suomessa, mutta tuotantolaitoksia on 15 eri maassa sekä jakeluverkostoa yli 70 maassa. Yhtiön palveluksessa on noin 23 000 henkilöä ja vuonna 2009 yhtiön liikevaihto oli 7,7 miljardia euroa. Konsernin osakkeet ovat listattuna Helsingin ja New Yorkin pörssissä. (UPM-Kymmene 2011a.)

## 2.2 UPM-Kymmene Pietarsaari

UPM-Kymmene Pietarsaaren tehtaot kuuluvat UPM-Kymmene -konserniin. Tehtaot sijaitsevat Pohjanlahden rannikolla Pohjanmaalla Pietarsaareissa. Kuviossa 1 on esitettyä UPM-Kymmene tehdasintegraatti. Pietarsaaren tehtaot muodostuvat sellu- ja paperitehtaista sekä Alholman sahasta. Sellutehdas koostuu sulfaattisellutehtaasta ja tehtaiden yhteisistä palveluista. (UPM-Kymmene 2011a.)

Pietarsaaren sellutehtaan sellukapasiteetti on noin 800 000 tonnia, josta 50 000 tonnia on valkaisematonta havupuusellua. Se on tuotannoltaan yksi Suomen suurimmista kemiallista sellua tuottavista tehtaista. Yhtiö käyttää raaka-aineenaan mäntyä, kuusta, koivua sekä eukalyptusta. Tehtaan tuotantoa myydään ympäri maailmaa. (UPM-Kymmene vuosikertomus 2009; UPM-Kymmene 2010.)

Sellutehdas tuottaa ECF-valkaistua koivu- ja havusellua sekä TCF-valkaistua havusellua. UPM-Kymmene Pietarsaareissa tuotetaan paperikoneella paperia sellutehtaan valmistamasta sellusta. Sellutehtaalla on kaksi kuitulinjaa (LIITE 1). Kuitulinja A (havusellulinja) tuottaa havusellua käyttäen keittotapanaan eräkeittomenetelmää. Eräkeitto antaa havusellulle erinomaiset lujuusominaisuudet. Havusellu happidelignifigoidaan, valkaistaan ja kuivataan kuivatuskoneella 2. Havusellun hyvän lujuusominaisuuden vuoksi osa tuotannosta käytetään Pietarsaaren paperitehtaalla (200 000 ADt/a), jossa havusellusta valmistetaan valkaistua ja valkaisematonta voimapaperia sekä pakkauspaperia. (UPM-Kymmene 2010.)

Koivusellua tuotetaan kuitulinjalla B, jossa keittäminen tapahtuu jatkuvatoimisella Kamyrr-keittimellä. Kuitulinjalla B tuotetaan myös TCF-valkaistua havu- ja eukalyptussellua. Koivulinjalla tuotettu massa kuivataan kuivatuskoneella 1. (UPM-Kymmene 2010.)

Vuonna 2010 Pietarsaaren UPM-Kymmenen vuosituotanto oli 731 533 tonnia sellua. Lyhytkuituista koivusellua tuotettiin noin 250 000 tonnia ja pitkäkuituista havusellua noin 480 000 tonnia. Koivusta ja eukalyptuksesta valmistettu lyhytkuituinen sellu muodosti noin 40 % tehtaan koko tuotannosta. (UPM-Kymmene vuosikertomus 2010.)

Pietarsaaren UPM:n suurimmat asiakkaat tulevat Saksasta, Suomesta, Kiinasta sekä Ranskasta. Pietarsaaressa valmistetusta sellusta toimitetaan valtaosa UPM:n omille hieno- ja aikakauslehtipaperitehtaille Suomeen sekä muualle Eurooppaan. Tehtaan koivu- sekä eukalyptussellusta valmistetaan päällystettyä ja päällystämätöntä hienopaperia, josta jatkojalostetaan muun muassa aikakauslehtiä, luetteloita, kirjoja, mainoksia, kopiopapereita, lomakkeita, kirjekuoria sekä muita toimistopapereita. Pietarsaaressa valmistettua sellua käytetään myös pakkauspaperin ja kasvo- sekä hygieniatuotteiden valmistuksessa sekä tarrapapereiden pohjapaperina. (UPM-Kymmene 2010.)



KUVIO 1. Pietarsaaren tehtaat (UPM-Kymmene 2010.)

### 3 UPM PIETARSAAREN VEDENPUHDISTAMON TOIMINTA

#### 3.1 Yleistä

Sellu- sekä paperitehtaat ovat lähes poikkeuksetta sijoitettuna vesistöalueiden läheisyyteen. Syy tähän on veden tärkeä merkitys tehtaille. Tehtaiden käyttövesi on tavallisesti peräisin järvien tai jokien makeasta pintavedestä. Veden laadulliset tekijät rajoittavat tehtaiden vedenkäyttöä vesistöistä. Esimerkiksi meriveden korkea suolaisuuspitoisuus haittaa sen soveltuvuutta teollisuuskäyttöön. Teollisen tuotannon perusedellytyksenä on hyvän raakaveden riittävyys. Vedellä on monia tärkeitä tehtäviä sellunvalmistuksessa, kuten toimiminen lämmön ja kuitujen sekä muiden liuenneiden aineiden kuljettamisessa. Vedestä poistetaan haitallisia aineita, jotka saattavat häiritä prosessia tai vaurioittaa laitteistoa. Tästä syystä tehtaalla on oma vedenkäsittelylaitos, jossa puhdistetaan tehtaalle tuleva luonnonvesi eri käyttötarkoituksiin. (Knowpulp 2010; Sulfatmassateknik 2010.)

#### 3.2 Pietarsaaren raakavesi

Pietarsaaren UPM-Kymmene käyttämä raakavesi on peräisin keinotekoisesta makeanveden järvestä, Luodonjärvestä. Järvi on erotettu padoilla ja turvaluukuilla vesistöaluetta ympäröivästä merestä, jotta suolainen merivesi ei sekoitu tehtaan käyttämään järviveteen. Tehdas käyttää raakavettä keskimäärin 1–3 m<sup>3</sup>/s tehtaan tuotannon mukaan. (Kimalainen 1993.)

Luodonjärvi on pinta-alaltaan noin 75 km<sup>2</sup> ja syvyydeltään keskimäärin noin 3–5 metriä. Luodonjärveen laskee vettä 30–35 m<sup>3</sup>/s neljästä eri joesta. Suurin joista on Ähtävänjoki, joka saa alkuunsa Lappajärvestä. Muut joet ovat Kruunupyynjoki, Purmonjoki sekä Kovjoki. Kovjoki laskee tehtaan vedenottokohdan läheisyyteen ja on veden laadultaan huonoin. Luodonjärveen laskevista joista Kovjoki vaikuttaa eniten tehtaalle tulevan veden laatuun. (Kimalainen 1993.) Liitteessä 2 on esitettyinä UPM-Kymmene Pietarsaaren vesistöalueen kartta.

### 3.3 Tehtaan vedenpuhdistus

Tehtaat käyttävät eri nimityksiä tehtaan veden laadusta selventääkseen veden puhtausastetta. Luodonjärvestä tehtaalte tuleva raakavesi on käsittelemätöntä luonnonvettä ja sisältää epäpuhtauksia. Nämä epäpuhtaudet haittaavat puhtaan veden valmistusta. Järvivesi virtaa avokanavaa pitkin tehtaan vedenotto paikalle, jossa järvivedestä erotetaan karkeat partikkelit ennen raakavesiasemalle tuloa. Karkeat partikkelit erotetaan välppäämällä. Tehtaan välppäyslaitos on kaksiosainen, ja se koostuu esivälppäyksestä (rako 80 mm) sekä hienovälppäyksestä (rako 10 mm). Välpät poistavat veden mukana välppäämölle saapuvat karkeat epäpuhtaudet, kuten puunoksat, lehdet sekä heinät. (UPM-Kymmene 2009b.)

Luodonjärvestä vesi johdatetaan tehtaalte kalliotunnelia pitkin. Kalliotunneli on pituudeltaan 950 m ja päättyy raakaveden tulovesialtalle. Raakavesi sokkiklooraataan klooridioksidilla sen tullessa kalliotunnelin läpi. Näin poistetaan veden mukana tulleet pienet ja kiinteät epäpuhtaudet. Esipuhdistettu raakavesi puhdistetaan tarkemmin rumpusuotimilla. Suotimien jälkeen vesi pumpataan välialtaan kautta tasausaltaalle, joka sijaitsee noin 40 metriä merenpinnasta. Tasausaltaasta raakavesi jaetaan veden omalla paineella tehtaan eri kulutuskohteisiin. (UPM-Kymmene 2009b.)

#### 3.3.1 Kemiallisesti puhdistetun veden valmistus

Tehtaan kemiallisesti puhdistettua vettä valmistetaan Luodonjärven vedestä. Valkaistua massaa valmistettaessa vedeltä vaaditaan tiettyä puhtausastetta, jota mekaanisesti puhdistettu vesi ei täytä. Suomen vesistölle on tyypillistä niukkasuolaisuus sekä suuri orgaanisten aineiden pitoisuus. Mekaanisesti puhdistettu vesi on väriltään kellertävän ruskeaa, mikä johtuu humuksesta, raudasta ja mangaanista. Nämä aineet tulee poistaa, jotta vesi ei tummentaisi valkaistua massaa. (UPM-Kymmene 2009b; Kimalainen 1993.)

Kemiallisesti puhdistettua vettä valmistettaessa poistetaan vedestä humusta ja orgaanisia aineita flokkauksella. Flokkaus tapahtuu reaktioaltaissa, joihin lisätään

flokkauskemikaaleja, kuten alumiinisulfaattia  $(\text{Al}_2(\text{SO}_4))_3$ , natriumsulfaattia  $(\text{Na}_2(\text{SO}_4))_3$  sekä rautasuolaa. Laskeutusaltaissa vesi selkeytetään viipymääjällä ja suodatetaan hiekkasuotimilla. (UPM-Kymmene 2009b.)

Osa tehtaan vedenkäsittelylaitoksella valmistetusta mekaanisesti puhdistetusta vedestä puhdistetaan kemiallisesti. Kemiallisen veden valmistukseen pumpataan raakavesiaseman välialtaasta vettä vesilaitokselle. Tehtaan kemiallisesti puhdistetun veden valmistaminen tapahtuu vesilaitoksella kahdella linjalla. Linjalla 1 valmistetaan vettä valkaisun, kuivatuskoneen sekä paperitehtaan tarpeisiin ja linjalla 2 syöttövesilaitokselle sekä sosiaaliveden kulutukseen. (UPM-Kymmene 2009b; Kimalainen 1993.) Liitteessä 3 on esitetty tehtaan vedenkäsittely.

### 3.3.2 Puhtaan veden valmistus

Tehtaan puhdas vesi valmistetaan vesilaitoksella. Vesilaitoksen tuotanto määräytyy kemiallisesti puhtaan veden kulutukseen mukaan. Raakavesi johdatetaan paineellista runkolinjaa pitkin hämmennys- ja selkeytysaltaille. Hämmennys- ja selkeytysaltaita on tehtaalla seitsemän, joista viisi ensimmäistä ovat vesilaitoksen 1. piirissä. Altailla ovat linjakohtaiset saostuskemikaalin, saostusapuaineiden sekä pH:n säädöt. Saostuskemikaalina käytetään Ekoflockia, joka annostellaan raakaveden määrän mukaan molemmille vesilaitoksille. pH:n säätö tapahtuu emäksisen flokkaukskemikaalin, natriumalumnaatin avulla. (UPM-Kymmene 2009b.)

Kemikaloitu vesi johdetaan hämmennysaltaista flotaatioselkeytysaltaisiin, joihin johdetaan dispersioveitä. Dispersiovesi on paineista ilmakyllästettyä vettä. Se saa aikaan nosteen, ja pintaan nousee flokkihiutaleita, jotka muodostavat flotaatilietteen. Liete kuoritaan tietyin väliajoin lietekouruun. Selkeytynyt vesi johdetaan nousukanavan kautta hiekkasuotimien jakokanavaan ja edelleen suotimille. (UPM-Kymmene 2009b.) Selkeytys ei ole koskaan täydellistä, joten hiekkasuotimilla erotetaan erottamatta jäänyttä flokkia. Veden sisältämän raudan ja mangaanin poistamiseksi kaliumpermanganaattia lisätään ennen suotimia. Hiekkasuotimet ovat altaita, joissa on noin metri seulottua hiekkaa suutinvälipohjan päällä. Selkeytysal-

tailta tuleva vesi johdatetaan hiekkakerroksen päälle, josta se valuu altaan pohjalla olevien suuttimien läpi alla oleviin välialtaisiin. (Kimalainen 1993.)

Veden valmistuslaitos mitoitetaan tehtaan tuotannon mukaan. UPM Pietarsaaren vesilaitoksen 1 kapasiteetti on 558 l/s sekä vesilaitos 2:n 222 l/s. (UPM-Kymmene 2009b.) Kemiallisesti puhdistetun veden puhtausaste ei kelpaa vielä kattilan syöttövedeksi, joten kemiallisesti puhdistetusta vedestä jatkojalostetaan syöttövettä eli kattilavettä. Kattilaveden valmistukseen on tehtaalla omat laitteistonsa.

### **3.4 Veden laatuvaatimukset**

Tehtailla on laatuvaatimustaso Luodonjärven vedelle ja tuotetuille vesilaaduille. Tämä vaatimustaso toimii vertailupohjana valmistetulle vedelle. Veden laatu vaihtelee vuodenaikojen mukaisesti ja on heikointa kesällä. (UPM-Kymmene 2010.)

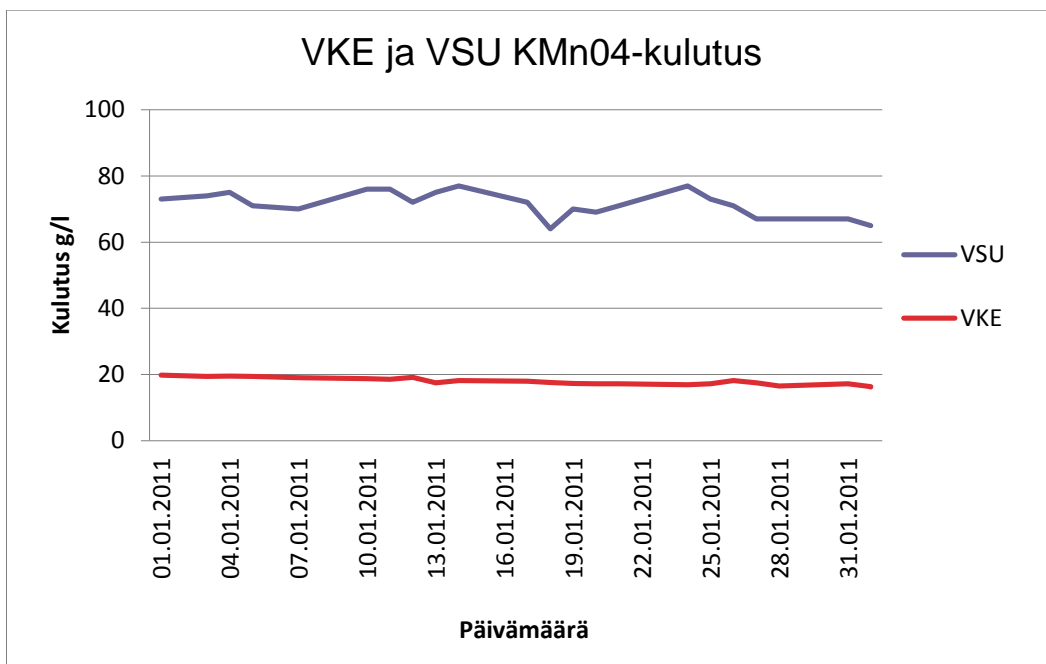
Veden laatuvaatimukset vaihtelevat sellun valmistusprosessin mukaan. Yleisesti veden puhtausvaatimukset kasvavat, mitä pidemmälle keittovaiheesta edetään. Tehtaiden käyttämä pintavesi sisältää haitallisia komponentteja, jotka ilman puhdistusta tulisivat vaikuttamaan massan laatuun jossain tuotannon vaiheissa. Sellutehtaan käyttämän pintaveden merkittävimmät piirteet ovat veden pehmeys ja niukkasuolaisuus. Pintaveden suuren humuspitoisuuden vuoksi se on tyypillisesti voimakkaan väristä. Vedessä esiintyy myös mekaanisia epäpuhtauksia, kuten kolloideja sekä liuenneita suoloja ja kaasuja. Lisäksi se saattaa sisältää bakteerikasvustoa, josta voidaan erottaa mikroskooppista kasvustoa sekä eliöitä eli planktonia. (Tötterman 1967, 1–4.) Taulukossa 1 on esitettyinä yleisimmät raakaveden epäpuhtaudet ja niiden vaikutukset massan laatuun.

TAULUKKO 1. Raakaveden epäpuhtauden vaikutus massan laatuun (mukaillen Tötterman 1967, 2–3.)

Epäpuhtaus	Vaikutus
Mekaaniset epäpuhtaudet	Tuhkapitoisuuden kasvaessa massan vaaleus sekä lujuus alenevat, mikä voi aiheuttaa reikien syntymisiä arkkeihin. Mekaaniset partikkelit voivat aiheuttaa viirojen sekä suodattimien tukkeutumisia
Humusaineet	Tavallisesti ei aiheuta massan laadun heikentymistä. Massaa valkaistaessa tummentaa massan laatua.
Suolapitoisuus	Suolapitoisuus voi aiheuttaa kolloidien saostumista sekä edistää putkistojen korroosioitumista.
Kovuus	Suurentaa tuhkapitoisuutta.
Kloridit	Suurentaa johtokykyä sekä aiheuttaa putkistojen korroosioitumista.
Rauta	Alentaa massan vaaleutta sekä katalysoi valkaisuliuosten sekä keittohapon hajoamista.
Mangaani	Aiheuttaa mustia tahroja massaan ja värjää kuidut punertavan värisiksi.

Raakaveden laadunmääritys tapahtuu kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden analysoinnilla vedestä. Määritys tehdään kaliumpermanganaatin kulutuksen määrityksellä. Tehdas on asettanut kaliumpermanganaatin kulutukselle rajaksi < 90 g/t. Kemiallisesti puhdistetun veden kaliumpermanganaattikulutuksen raja on < 20 g/t. Lisäksi vedestä määritetään rauta, mangaani sekä pH. Raudan ohjearvo on < 0,2 g/t, mangaanin < 0,1 g/t sekä pH 7,5 ± 0,5. Liitteessä 4 on tehtaan vesien laatuvaatimuksien ylärajat. (UPM-Kymmene 2009b.) Kuviossa 2 on esitetty tammiukuun 2011 raakaveden ja kemiallisesti puhdistetun veden kaliumpermanganaattikulutukset.





KUVIO 2. Kemiallisen ja mekaanisen veden KMnO<sub>4</sub>-kulutus

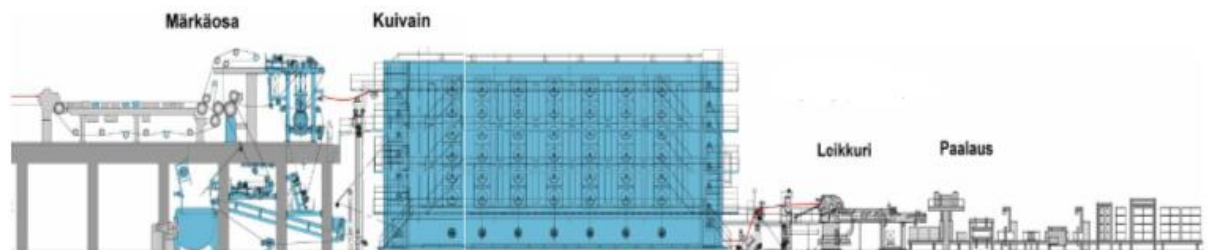
## 4 KUIVATUSKONE

### 4.1 Yleistä

Sulfaattisellutehtaat ovat joko integroituja tai integroimattomia tehtaita. Integroidulla sellutehtaalla tarkoitetaan tehdasta, jonka yhteydessä on paperi- tai kartonkikone. Integroidut tehtaat kuljettavat valmiit tuotteet asiakkailleen. Integroimattomat sellutehtaat kuivaavat sellun sekä arkittavat, paalaavat ja yksiköivät tuotteen. Sellu viedään jatkojalostettavaksi kotimaan- tai vientimaan markkinoille. (Seppälä, Klemetti, Kortelainen, Lytikäinen, Siitonen & Sironen 2002, 138–141.)

Sellun kuivauksen tarkoituksena on valmistaa massasulpusta taloudellisesti varastointiin sekä kuljetukseen sopiva tuote. Kuivatuskoneen selluarkkien kuiva-ainepitoisuudet ovat noin 90 %. Lopputuotteen suuri kosteuspitoisuus aiheuttaa sellun pilaantumisen sekä altistaa sellun mikro-organismeille. (Gavelin 1980, 5–7.)

Kuviossa 3 on esitettyä kuivatuskoneen pääosat.



KUVIO 3. Kuivatuskone (UPM-Kymmene 2010.)

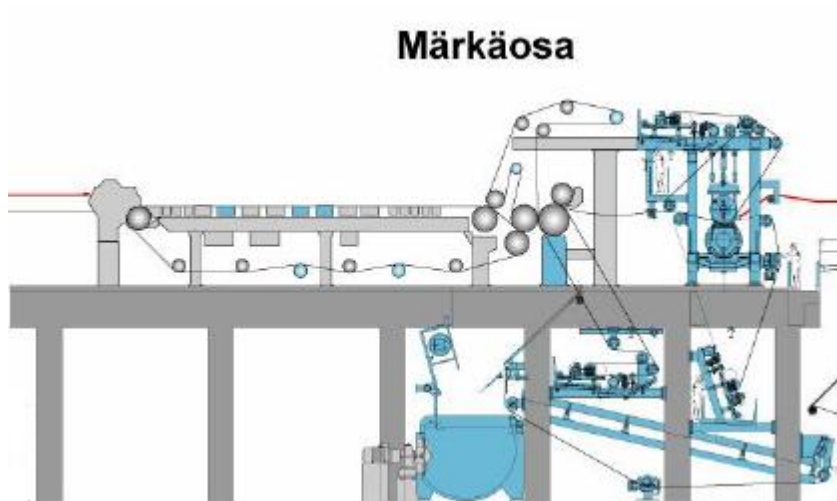
### 4.2 Kuivatuskoneen rakenne ja pääosat

Kuivatuskoneelle tuleva massa jälkilajitellaan. Tällöin massasta puhdistetaan epäpuhtaudet, kuten pihkapartikkelit, kalkkijänteet, hiekat, muovit ja metallit. Jälkilajittelu sijaitsee tavallisesti valkaisun jälkeen ennen kuivatuskonetta. (Seppälä ym. 2002, 138.)

Kuivatuskone koostuu eri osista, jotka ovat pääpiirteittäin samanlaiset kaikilla kuivatuskonetyypeillä. Kuitenkin kuivatuskoneiden eri laiteratkaisuissa ja niiden toteutuksessa voi olla suuriakin eroja. Kuivatuskoneen rakenteesta voidaan eritellä kolme osaa:

### 1. Märkää

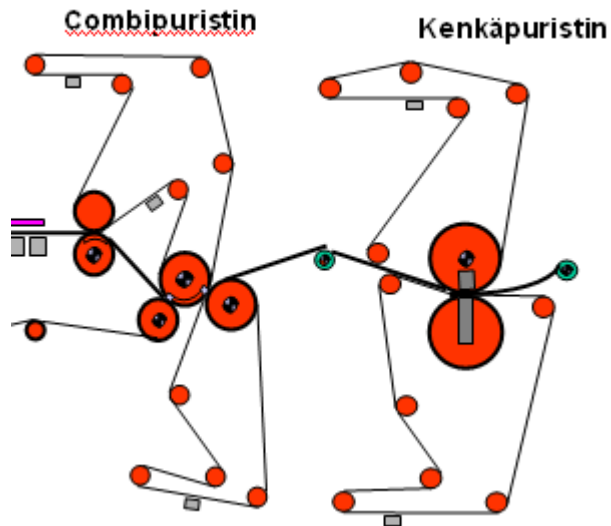
– Märkää kuvastaa kuivatuskoneen alkupäätä. Nimi pohjautuu kuivatuskoneelle syötetyn massan suureen vesipitoisuuteen. Märkää koostuu viiraosasta, jossa vettä poistetaan vaiheittain (KUVIO 4). Viiraosan jälkeen tyypillisellä tasoviirakoneella saavutetaan massan kuiva-ainepitoisuudeksi reunanauhasta noin 25–32 %. (Seppälä ym. 2002, 139; Salkvist 1995, 96–97.)



KUVIO 4. Kuivatuskoneen märkää (UPM-Kymmene 2010.)

### 2. Puristososa

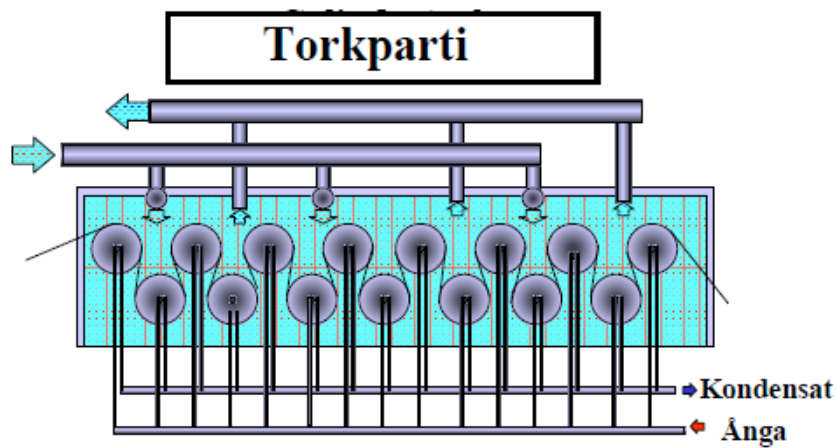
– Puristososalla (KUVIO 5) jatketaan vedenpoistoa massaradasta imutelojen sekä huopien avulla. Puristososa koostuu tela- ja kenkäpuristimista. Viiraosalla nostetun rainan lämpötilan vaikutuksesta vedenpoisto tehostuu puristososalla. Kenkäpuristimella varustetulla puristososalla saavutetaan kuiva-ainepitoisuudeksi noin 49–52 %. (Seppälä ym. 2002, 141; Salkvist 1995, 135.)



KUVIO 5. Kuivatuskoneen puristinosa (Sulfatmassateknik 2010.)

### 3. Kuivatus

– Lopullinen kuiva-ainepitoisuus saadaan kuivatusosassa, jossa haihdutetaan massarina tasapainoon ympäröivän ilman kanssa. (Seppälä ym. 2002, 141–142; Salkvist 1997, 5.) Kuviossa 6 on kuvattuna sylinterikuivain.



KUVIO 6. Kuivatuskoneen sylinterikuivain (Sulfatmassateknik 2010.)

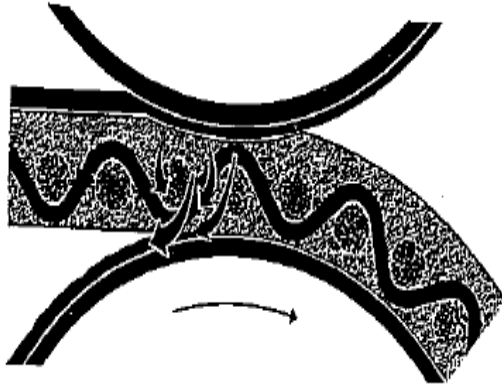
#### 4.2.1 Viiraosa

Valkaistu ja puhdistettu massa laimennetaan märkääpäin perälaatikkoon sakeuteen 1,2–2 %. Perälaatikon tehtävänä on jakaa massaraina tasaiseen neliömassaan kone- ja poikkisuuntaisesti. Minimoimalla virtauksien sekä sakeuksien vaihtelut saavutetaan tasainen konesuuntainen profiili. Hyvillä neliömassaprofiileilla saavutetaan pienet kosteusvaihtelut kuivatuskoneella. (Seppälä ym. 2002, 138–139.) Yksinkertaistetussa kuvassa on esitetty kuivatuskoneen märkääpää kuviossa 4. Kuvassa on esitetty perälaatikko sekä viiraosa.

Viiraosalla massan kuiva-ainepitoisuutta nostetaan foilien ja imulaatikoiden avulla sekä tehostetaan nostamalla lämpötilaa höyryn avulla. Viirat ovat joko polyesteri- tai polyesteri-amidisekoituksia. (Knowpulp 2011.) Selluviiran avoin rakenne parantaa vedenpoistoa massarainasta. Optimoimalla viiraosan vedenpoisto saavutetaan paras mahdollinen kuiva-ainepitoisuus viiraosan jälkeen. Kuivatuskoneen viiraosan ratkaisuja ovat imusylinteri, tasoviira sekä MB-, twin-, press- ja dryway-formerit. (Seppälä ym. 2002, 140; Sulfatmassateknik 2010.)

#### 4.2.2 Puristinosa

Veden suotautuminen vaikeutuu kuiva-aineen noustessa, joten ennen kuivatusosaa kuiva-ainepitoisuutta nostetaan mekaanisesti puristamalla. Puristamisen tarkoituksena on poistaa vettä mahdollisimman tehokkaasti sekä tiivistää ja lujittaa massarainaa. Massaraina ohenee puristuksen myötä ja kuitujen kontaktipinta-ala suurenee. (Knowpulp 2010.) Massaa puristetaan puristimilla kuvion 7 tavoin. Puristuksessa massarainan tilavuus pienenee, jolloin vesi imeytyy huokoiseen huopaan. Siinä erotettu vesi kulkeutuu huovan mukana pois massarainasta. Puristus tapahtuu vaiheittain, ja lopullinen kuiva-ainepitoisuus saavutetaan kenkäpuristimella. Puristukseen vaikuttavat massatyyppi, lämpötila sekä pH. (Knowpulp 2010; Salkvist 1995, 175.)



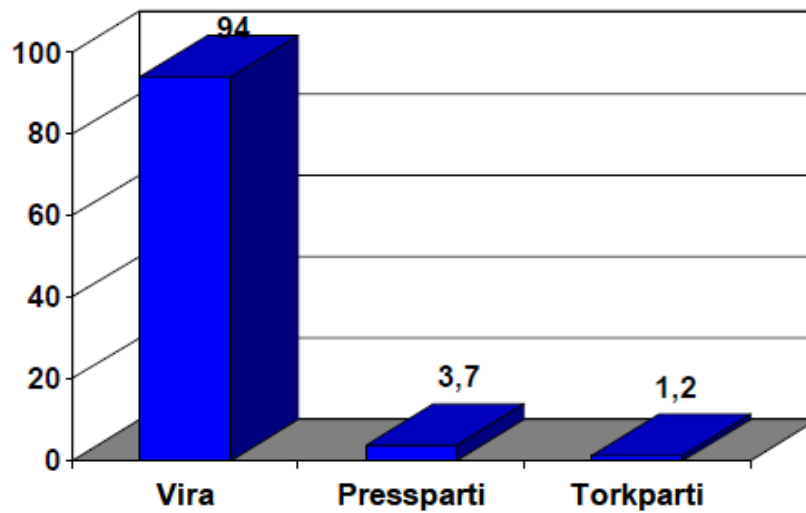
KUVIO 7. Puristinnippi (Sulfatmassateknik 2010.)

#### 4.2.3 Kuivatusosa

Ennen kuivatusosaa massan kuiva-ainepitoisuus on noin 50 %. Massan kuiva-ainepitoisuuden nostaminen puristamalla yli tämän tason ei ole enää taloudellisesti kannattavaa. Tästä syystä kuiva-ainepitoisuutta täytyy nostaa muilla keinoin. Tätä prosessin osaa kutsutaan kuivatusosaksi. (Salkvist 1997, 7.)

Kuivatusosa viimeistelee massan kuiva-ainepitoisuuden. Veden haihduttamisen lähtökohtana on lämmön johtaminen massaan sekä kostean vesihöyryn poistaminen tuuletusilman mukana. Kuviossa 8 on nähtävissä vedenpoiston jakautuminen kuivatuskoneen viira-, puristin- sekä kuivatusosilla. Kuviossa asteikko on 1000 kg vettä / 1000 kg kuivaa massaa. (Knowpulp 2010; Sulfatmassateknik 2010.) Kuvion avulla nähdään suurimman osan vedestä poistuvan jo viiraosalla. Viira- ja puristinosien kehittyminen on parantanut kuivauskoneiden energiataloutta.

## Avvattning i en torkmaskin Ton vatten/ton torrtäckt massa



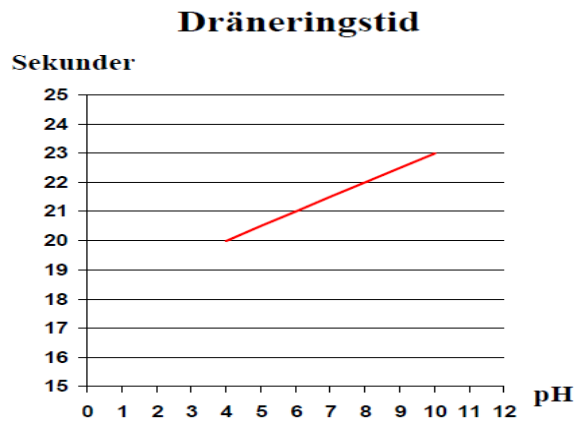
KUVIO 8. Vedenpoiston jakautuminen kuivatuskoneella (Sulfatmassateknik 2010.)

Kuivatuskoneella veden haihtumiselle tulee luoda oikeanlaiset olosuhteet, jotta haihtuminen olisi maksimaalista. Veden viskositeetti vaikuttaa vedenpoistoon viiraosalla. Veden lämpötilan noustessa viskositeetti pienenee, ja tällöin erotus paranee ja nopeutuu. Viskositeetin vaikutus voidaan esittää lämpötilan suhteen. (Sulfatmassateknik 2010.) Lämpötilan vaikutus veden viskositeettiin on esitettyä kuviossa 9.



KUVIO 9. Lämpötilan vaikutus veden viskositeettiin (Sulfatmassateknik 2010.)

Viiraosan vedenpoistoon vaikuttaa myös massan pH. Matalla pH:lla on parantava vaikutus vedenpoistoon. Liian alhaiset pH-tasot aiheuttavat korroosio-ongelmia putkistoissa ja laitteissa. (Sulfatmassateknik 2010.) Kuviossa 10 on kuvattu pH:n vaikutus suhteessa aikaan.



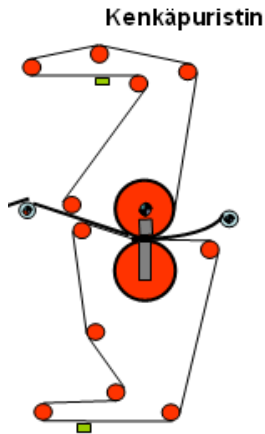
KUVIO 10. pH:n vaikutus haihtumiseen (Sulfatmassateknik 2010.)

### 4.3 Pietarsaaren kuivatuskone

Pietarsaaren UPM:llä on käytössä kaksi kuivatuskonetta. Kuivatuskoneet ovat tyypeiltään tasoviirakone (kuivatuskone 1) sekä press-formerikone (kuivatuskone 2). Opinnäytetyön aiheen mukaisesti on tutkittu kuivatuskonetta 1, joka on Pietarsaaren kuivatuskoneista vanhempi (KUVIO 12). Tasoviirakoneella vedenpoisto tapahtuu viiraradan alapuolelle. Kone on varustettu höyrylaatikolla, joka on sijoitettu viiraosan loppuosaan kolmoisimulaatikon päälle. Tällä parannetaan puristinosaan vedenpoistoa. (UPM-Kymmene 2009a.)

Puristinosa rakentuu neljästä puristimesta: lumpurista, 1- ja 2-puristimesta sekä kenkäpuristimesta. Puristinosaan viimeistely tapahtuu kenkäpuristimella. Yleisesti puristimen jälkeiseen kuiva-ainepitoisuuteen vaikuttaa puristusimpulssi, joka on puristuspaineen sekä viipymääjan tulo. Puristusimpulssi on kenkäpuristimella 5–10 kertaa tavallista puristinta tehokkaampi ja tämän vuoksi kenkäpuristin on käytetyin viimeistelypuristin kuivatuskoneilla. (Knowpulp 2010; UPM-Kymmene 2009a.) Kuviossa 11 on esitetty kenkäpuristin.





KUVIO 11. Kenkäpuristin (UPM-Kymmene 2010.)

Kuivaaminen tapahtuu Pietarsaaren UPM:llä sylinterikuivaimessa. Sylinterikuivaaja koostuu useista pyörivistä kuivaussylintereistä. Kuivatussylintereitä lämmitetään höyryllä, jolloin rainan sisältämä vesi tunkeutuu rainapatjan läpi kapillaarivoiman avulla ja haihtuu kuuman sylinterin vaikutuksesta. Kuivatussylinterit on katettu kuivatushuuvalla. Kostunut ilma poistetaan kuivatushuuvasta lämmön talteenottojärjestelmään, jossa esilämmitetään korvausilma. Massarata kuivuu koko paksuudeltaan kuvio 6 s.14 mukaisessa sylinterikuivaimessa. Sylinterit ovat materiaaliltaan valurautaa. (UPM-Kymmene 2009a; Knowpulp 2010.)

Kuiva massarata johtaa huonosti lämpöä, jonka vuoksi kuivatussylinterien lämpötilaa nostetaan sylinteriosan loppua kohden. Näin varmistetaan massaradan kuivuminen kauttaaltaan. Kuivatusosat ovat myös jaettu kahteen kuivatusryhmään, johon johdetaan höyryä eri höyrynpaineilla. Höyryä lisätään pääsääntöisesti korkeapaineryhmään ja lauhdesäiliön paisuntahöyryä matalapaineryhmään. (Seppälä ym. 2002, 142–143.)



KUVIO 12. Pietarsaaren kuivatuskone (UPM-Kymmene 2010.)

#### 4.4 Sellun jatkokäsittely

Kuivauksen jälkeen massarina jäähdytetään. Jäähdytyksellä vältetään vaalene-  
misen aleneminen ja parannetaan leikkurin toimintaa. Leikkurilla rata pituus- ja  
poikkileikataan arkeiksi. Leikatuista arkeista muodostetaan paaleja, joiden paino  
on noin 250 kg/paali. Paaleista muodostetaan joko käärettömiä tai käärellisiä 1000  
kg:n tai 2000 kg:n yksiköitä paalauslangan avulla. Yksiköt leimataan jatkotunnis-  
tamista varten. (Salkvist 1997, 89–119.) Kuviossa 13 on Uruguay selluysiköiden  
pakkaus tehtaan satamassa sijaitsevaan laivaan.



KUVIO 13. Selluysiköiden pakkaus laivaan (UPM-Kymmene 2011.)

## **5 KUIVATUSKONEEN VESI- JA KIERTOVEDSIJÄRJESTELMÄ**

### **5.1 Yleistä**

Sellunvalmistuksessa käytetään runsaasti vettä eri tarkoituksiin. Tehtaan vedenkäyttö ulottuu läpi sellun valmistusprosessin, kuten kuorintaan, keittoon, pesuihin ja valkaisuun. Vedellä on monia tärkeitä tehtäviä sellunvalmistuksessa kuljetusvälineenä sekä prosessien jäähdytyksessä. (Knowpulp 2010.)

Tuoreveden kulutus yritetään minimoida kuivauskoneilla. Energiatalouden kannalta prosessiin tuotava tuorevesi pyritään korvaamaan tehtaiden ylimäärävesillä, kuten haihduttamolta ja kuitulinjoilta saatavilla puhtailla vesillä. Veden tärkeyden vuoksi sen käyttöä optimoidaan ja kehitetään tarkasti. (Kuhasalo, Niskanen, Palta-kari & Karlsson 2000, 20–22; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 121.)

### **5.2 Kuivatuskoneen vesilajit**

Kuivatuskoneella käytetään eri puhtausasteen vesiä eri kohteissa. Yleisimmät käyttökohteet eri vesilaaduille, kuten mekaaniselle vedelle, ovat hydraulikkojen jäähdytykset sekä huuhtelut. Vesilaitokselta saatava kemiallisesti puhdistettu vesi käytetään pääsääntöisesti prosessin käyttöön sekä laitteiden tarpeisiin tiivistevenä. Vesilaatujen käyttökohteita pyritään hyödyntämään taloudellisesti kannattavimmalla tavalla. (UPM-Kymmene 2009a; Hautala, henkilökohtainen tiedonanto 14.3.2011.) Prosessivedet on jaettu kuivatuskoneella kolmeen luokkaan.

#### **5.2.1 Mekaanisesti puhdistettu vesi**

Mekaanisesti puhdistettua vettä käytetään pääsääntöisesti prosessien jäähdytykseen. Puhtausaste rajoittaa sen käyttökohteita. Kuitenkin halpojen käyttökustannuksien vuoksi mekaanisesti puhdistettua vettä käytetään huuteluissa ja palo-vesiverkossa. (Sulfatmassateknik 2010.)

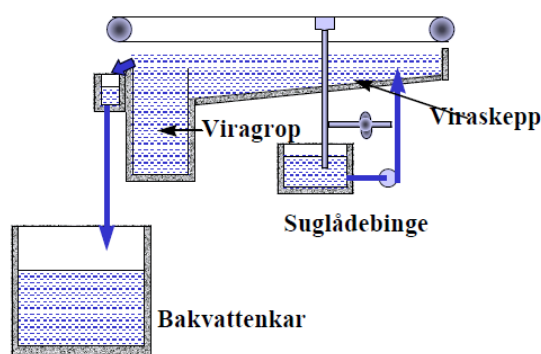
## 5.2.2 Kemiallisesti puhdistettu vesi

Lopputuotteen korkeiden laatuvaatimuksien vuoksi kuivatuskoneella käytetään mahdollisimman puhdasta vettä. Tämän vuoksi kuivatuskoneella käytetään kemiallisesti puhdistettua vettä prosessin lisävetenä. (Knowpulp 2010.)

## 5.2.3 0-vesi

Kuivatuskoneen vesien lämpötilalla on suuri vaikutus veden suotautumiseen. Tyyppillinen kiertoveden lämpötila on noin 50–65 °C. Viiraosalla poistetaan 80–95 % massassa olevasta vedestä. Suotautunutta vettä kutsutaan 0-vedeksi tai kiertove-deksi. Vesi sisältää sen mukana suotautuneita sellukuituja, lämpöä sekä kemikaaleja. 0-vettä kierrätetään kuivatuskoneella sekä osa vedestä käytetään sellun valkaisuissa. Tarvittaessa 0-veden kierrosta poistetaan väliajoin vettä pyrkien välttämään vesikierron rikastumista. Kuivatuskoneella suotautunut vesi kerätään 0-veissäiliöön, josta sitä käytetään eri kulutuskohteisiin. (Puusta paperiin M-502 1997, 21–24; Salkvist 1995, 113–120.) Kuivatuskoneen veden keräilyjärjestelmä on kuvattuna kuviossa 14.

### Uppsamling av bakvatten

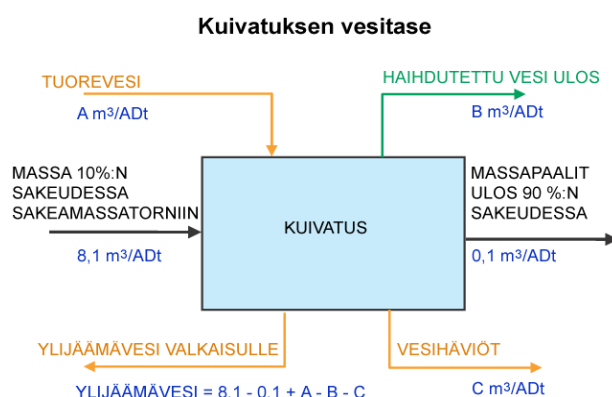


KUVIO 14. 0-veden talteenotto (Sulfatmassateknik 2010.)

### 5.3 Kiertovesijärjestelmä

Tehtaiden vesijärjestelmään syötetään jatkuvasti tuorevettä, joka poistuu vähitellen jätevetenä pois prosessista. Tuoreveden puhdistaminen sekä käyttäminen suurina määrinä ei ole taloudellisesti kannattavaa, sillä jätevesikustannukset lisääntyvät merkittävästi suurilla vesimäärillä käsiteltäessä. Tehtaalla poistettavat vedet sisältävät arvokkaita ainesosia, kuten kuituja sekä liuenneita ja liettyneitä ainesosia, joiden puhdistaminen erilleen jätevesistä on taloudellisesti kannattavaa. Tämän vuoksi jätevedestä pyritään käyttämään mahdollisimman paljon uudelleen prosessissa. (Bajpai 2008, 2–5; Ramm-Schmidt 2004.) Pietarsaaren UPM:n kuivatuskoneen 1 massa- ja vesijärjestelmä on kuvattuna liitteessä 5.

Kuivatuskoneen vesijärjestelmä on rakennettu toimimaan sisäisten kiertojen avulla vähentäen tuoreveden kulutusta. Kuivatuskoneen prosessihäiriöistä huolimatta ei prosessista menetä kiertovettä. Kuivatuskoneen vesivarannot rakentuvat useasta eri vesivarastosta, jolloin vedenjakelu tarvittaviin käyttökohteisiin myös häiriötilanteissa on mahdollista. (Knowpulp 2010.) Kuivatuskoneen vesitase on laskennallisesti selvitettävissä. Vesitase perustuu tuoreveden, haihtuneen veden sekä vesihäviöiden oikeanlaiseen suhteeseen. Vedenkulutus määräytyy myös tulevan massasakeuden perusteella. Tällaisen tarkastelun tulos on aina tapauskohtaista ja hyvin teoreettista. (Knowpulp 2010; Puusta paperiin M–502 1997, 24–25.) Kuviossa 15 on esitetty yksinkertaistettu kuivatuskoneen vesitasemalli.



KUVIO 15. Kuivatuskoneen vesitase (Knowpulp 2010.)

Kuivatuskoneen vesijärjestelmää tarkastellaan kokonaisuutena. Vesisysteemin rakennetta voidaan selventää piirtämällä prosessista perusteellinen käyttö- ja säätöperiaate, joka mahdollistaa prosessin vesi- ja lämpötaseen hahmottamisen. (Johnson 2001, 37–38.) Yleisesti taseiden määrittäminen on yksinkertaistetusti tasealueelle menevien ja sieltä poistuvien sekä alueelle kertyvien ainemäärien summa. Taselaskelmat saattavat kuitenkin muodostua hyvin haasteellisiksi sekä monimutkaisiksi. Taselaskelmia helpottamiseksi on kehitetty erilaisia taulukkolaskenta- ja simulointiohjelmistoja. (Herchmiller & Hastings 1994, 16.)

### **5.3.1 Lyhyt kierto**

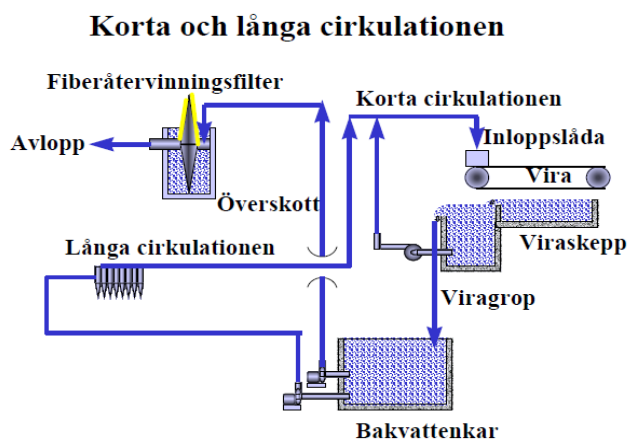
Kuivatuskoneen lyhyeen kiertoon kuuluvat viira- ja puristinosat. Viiraosan vedet johdatetaan viirakaivoon ja kiertovesisäiliöön. Puristinosan vedet tulevat suodatuksen kautta takaisin kiertovesisäiliöön. Viiran alkuosalta suotautunut kuitupitoinen vesi ohjataan viirakaivoon, josta vettä käytetään perälaatikolle tulevan massan sakeuden säätöön. (Sulfatmassateknik 2010; Puusta paperiin M-502 1997, 21.) Kuviossa 16 on esitetty lyhyt ja pitkä vesikierto.

Lyhyt kierto vaikuttaa suuresti märänpään toimintaan. Virtausmäärien muutokset sekä lämpötilojen heilahtelut voivat aiheuttaa prosessiin häiriöitä, kuten massarainan katkeamisia. Prosessin toimivuuden kannalta lyhyen kierron tulee olla vakaa, mikä tekee prosessista hallittavamman. (Häggbloom-Ahnger ym. 2006, 122–124.) Lyhyt vesikierto on toimintaperiaatteeltaan samanlainen niin kuivatus- kuin paperikoneilla.

### **5.3.2 Pitkä kierto**

Osa viiraosalta erottuneesta vedestä johdetaan niin kutsuttuun pitkään vesikiertoon. Pitkän kierron tehtävänä on toimia kuivatuskoneen vesivarastona muun muassa häiriötilanteissa. Kuten kuviossa 16 on nähtävissä, viirakaivon vedestä osa johdetaan pitkään vesikiertoon. 0-vettä varastoidaan kiertovesitorniin, jonka jälkeen vesi haarautuu eri käyttökohteisiin. (Sulfatmassateknik 2010.)

Pitkän vesikierron tehtävänä on massan sakeusvaihteluiden tasaus kuivatuskoneen alkupäässä. Sakeamassatornien sekä hylkytornin massojen laimennuksiin käytetään vettä kiertovesitornista, ja sitä kutsutaan myös hakuvedeksi. Jälkilajittamon jälkeen saattaa esiintyä suuriakin sakeusvaihteluja, joten karkea sakeussäätö on syytä tehdä ennen perälaatikon hienosäätöä. Häiriötilanteissa kiertovesitorniin lisätään tuorevettä. Kiertovesi- ja hylkytornien kokonaisvesivaranto tulisi säilyä häiriötilanteista riippumatta vakiona. (Puusta paperiin M-502 1997; Sulfatmassateknik 2010.)



KUVIO 16. Lyhyt ja pitkä vesikierto (Sulfatmassateknik 2010.)

### 5.3.3 Hylkymassajärjestelmä

Kuivatuskoneen häiriötilanteissa saattaa massaraina katketa ja syntyä hylkyä. Häiriötilanteissa syntyneitä hylkyjä varten on olemassa hylkymassajärjestelmä. Hylkyjärjestelmän tehtävänä on muokata hylkymassasta uudelleen raaka-aineeksi soveltuvaa massaa. Kuivatuskoneella hylkyjärjestelmä koostuu kuiva- ja märkäpulpเปอร์oinnista sekä hylky- ja kiertovesivarastoinnista. Kuivatuskoneen viira- ja puristinosan hylky johdetaan määränpään pulppiin häiriötilanteissa tai koneen käynnistys- tai pysäytystilanteissa. Kuivatusosan jälkeen kuivahylkymassa pulpperoidaan kuivanpään pulpperissa. (Knowpulp 2010.)

Ratakatkon syntyessä kuivatuskoneen tuotanto ohjataan hylkyjärjestelmään. Pulpperissa massa hajotetaan sekä liuotetaan veteen. Näin saadaan massan sa-

keus oikeanlaiseksi, jolloin se soveltuu pumppaamiseen hylkytornin kautta edelleen massajärjestelmään. Pulperista siirrettävän massan sakeus on noin 3,5–4,5 %. Kuivatuskoneen märän- ja kuivanpään hylkymassat ovat kuiva-ainepitoisuuksien sekä paperiteknisten ominaisuuksiensa myötä erilaiset, mutta tätä ei huomioida hylkyjen käsittelyssä. Pulperointimassan hajotukseen käytettävä vesi saadaan kiertovesitornista. Hylkymassajärjestelmä on osa kuivatuskoneen pitkää vesikiertoa. Hylkymassan annostelumäärä kuivatuskoneelle riippuu sen ajo-tilanteesta. Massan kierrättäminen hylkymassajärjestelmän kautta kuluttaa energiaa sekä huonontaa kuitujen rakenteellisia ja teknillisiä ominaisuuksia. (Knowpulp 2010; Sulfatmassateknik 2010.)

#### **5.3.4 Massan ja veden varastointi**

Massa ja vesi varastoidaan tehtaalla torneihin ja säiliöihin. Valkaisun sekä kuivatuskoneen välillä on puskurivarastona sakeamassatorneja. Puskurivarastojen tehtävänä on taata tuotannon säilyminen. Puskurivarastojen tilavuuden ansiosta voidaan nestetilavuuksia säädellä massassa. Kuivatuskoneen massavirtoja pidetään tasaisina ja niitä ohjataan sakeuden säädöillä. Vesien varastointi kuivatuskoneella tapahtuu kiertovesitorniin, josta vettä käytetään massan laimennuksiin. Kuivatuskoneen laimennus- ja sakeudensäätövedet ovat painesäädettyjä, mikä edesauttaa massa- sekä vesijärjestelmän hallinnassa. (UPM-Kymmene 2009a.)



## 6 KIERTOVEDSIJÄRJESTELMÄN SULKEMINEN

### 6.1 Yleistä

Metsäteollisuusyhtiöt ovat tehostaneet veden- ja energiankäyttöä prosessivesiä kierrättämällä. Vesikiertojen sulkemisen hallinta vaatii tarkkaa veden kemian tuntemista. Tehokas energian- ja vedenkäyttö tuo tehtaalle merkittäviä kustannussäästöjä. (Hämäläinen 2009, 12–14.) Tehtaiden vesijärjestelmiä parannetaan ja kehitetään jatkuvasti. Uusien tehtaiden suunnittelussa huomioidaan tarkoin vesijärjestelmän toimivuus ja muokattavuus. Vanhemman tehtaan vesijärjestelmän kokonaan uudistaminen on epätarkoituksenmukaista sekä taloudellisesti kannattamatonta. Käytännöllisempää onkin pyrkiä tasapainottamaan jo olemassa oleva vesijärjestelmä ja pyrkiä optimoimaan tuoreveden kulutusta. (Lindholm 1998, 260–263.)

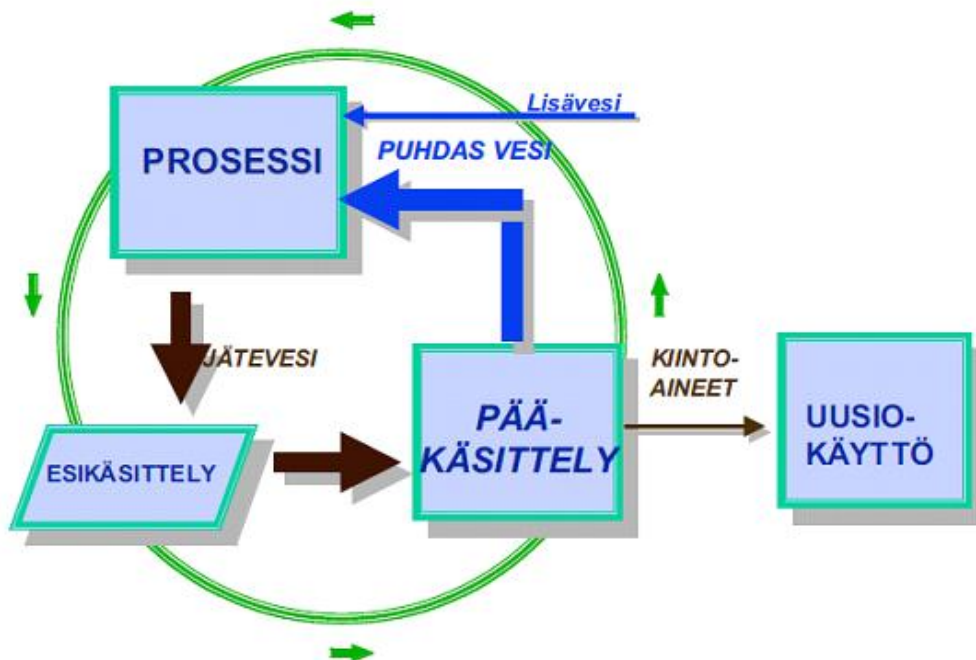
### 6.2 Vesikiertojen sulkemisen syyt sekä vaikutukset

Avoimessa vesikierrrossa veden kokonaiskulutus kasvaa ja on rajoittamatonta, sillä veden kierrätys on vähäistä. Raaka-aineiden, prosessikemikaalien ja energian käyttö kasvavaa merkittävästi, mistä seuraa sakeuksien ja lämpötilojen vaihteluja prosessivesissä. Avoimen vesikierron puutteellisuutta voidaan pitää osasyynä suljettujen vesikiertojen kehittymiselle. Suljettujen vesikiertojen suunnitteleminen on johtanut prosessivesien puhdistamiseen ja vesien takaisinkierrättämiseen. Lisäksi tiukentuneiden ympäristösäädösten ja -määräysten johdosta tehtaat ovat joutuneet pienentämään ympäristökuormitustaan. (Bourgogne & Laine 2001, 190–263.)

Prosessivedet sisältävät energiaa ja tärkeitä kemiallisia komponentteja, jotka kyetään kierrättämällä palauttamaan takaisin prosesseihin. Prosessivesien kierrättäminen korostuu tehtailla ja alueilla, joilla raakaveden laatu tai varanto asettaa rajoituksia puhtaan veden käyttöön. Vesikiertojen luonne muuttuu sitä haastavammaksi, mitä suljetuimpia prosessivesikierrat ovat. Ongelmaksi muodostuvat mahdolliset lämpötilan kohoamiset sekä haitta-ainepitoisuuksien kasvut. Lämpötilan ko-

hoaminen vaikuttaa putkistojen korroosioitumiseen ja biologisen mikrobielimityksen syntymiseen. Vesikiertoja optimoimalla voidaan selvittää, mistä prosessin vaiheesta veden talteenotto on kannattavaa ja mihin sitä kannattaa palauttaa. Kemiallista sellua valmistavat tehtaat käyttävät raaka-vettä keskimäärin  $35 \text{ m}^3$  tuotettua sellu- tonnia kohden. (Hämäläinen 2009, 12–14.)

Kuviossa 17 on esitetty yleisesti suljetun vesikierron toiminta. Kuvion mukaisesti jätevedet puhdistetaan ennen vesijärjestelmästä poistamista sekä erotetaan kiintoaineista. Suomessa jätevirtauksille on tarkat ympäristövaatimukset sekä -rajoitukset, joita tehtaiden tulee noudattaa.



KUVIO 17. Suljetun vesikierron periaate (Ramm-Schmidt 2004.)

Kiertovesijärjestelmän sulkemisella on vaikutusta tuotteen laatuun sekä prosessin toimivuuteen. Yleisesti kierto-vesijärjestelmän muutoksia suunniteltaessa tulee huomioida järkevästi toteutettavat kierto-veden sulkemisasteet sekä mahdollisten muutoksien vaikutukset prosessin toimintaan ja laatuun. Prosessitekni- sten toimenpiteiden avulla voidaan parantaa sulkemistasoa esimerkiksi lisäämällä veden varastosäiliöitä ja putkilinjoja. Nämä toimenpiteet eivät suoraan vaikuta sulke- misasteen muutokseen, sillä todellinen muutos tapahtuu vasta vesitasapainon löy- tämisen myötä. Kiertovesijärjestelmän sulkemisen seuranta korostuu muutosten

myötä, jolloin tuotteen laatu sekä prosessin toimivuus toimivat mittareina muutoksen onnistumiselle. Vesijärjestelmän ongelmat on ratkaistava ennen sulkemisas-teen muutosta. (Ropponen 1977, 5–7.)

### 6.3 Kuivatuskoneen kiertoveden koostumus

Kuivatuskoneella kiertovesijärjestelmän kiintoaineet ovat pääasiallisesti peräisin hienoaineesta eli 0-kuitudusta. Hienoaines sisältää kuivatuskoneen viiraosan läpi suotautuneita lyhyitä sellukuituja sekä kuidun kappaleita. Nollavesi on väriltään haaleaa kuitujen ja kemikaalien vuoksi. Kiertoveteen liuenneet ja kolloidiset aineet sisältävät pääosin puuperäisiä orgaanisia aineita. Nämä orgaaniset aineet ovat kulkeutuneet massan mukana sellutehtaalta. Orgaanisten puuainesten lisäksi kiertovesi sisältää pieniä määriä fosforia ja typpeä sekä pH:n säätöön tarkoitettuja kemikaaleja, kuten natriumhydroksidia. Lisäksi kiertovesi sisältää väri- ja vaahdonestoaineita sekä putkistojen limaa torjuvia aineita. (Ropponen 1977, 4–5.)

Vesikiertojärjestelmien sulkeminen aiheuttaa ongelmia erilaisten häiriöaineiden konsentroituneessa vesikiertoon. Pitoisuuksien kohoaminen tekee prosessin vesijärjestelmästä herkemmän erilaisille laadunvaihteluille sekä prosessihäiriöille. Näitä häiriötekijöitä voivat olla esimerkiksi lämpötila sekä pH, jotka saattavat johtaa kuivatuskoneella ratakatkoihin sekä erilaisiin virheisiin lopputuotteessa. Häiriöaineista anioniset polyelektrolyytit ovat osoittautuneet hankaliksi yhdisteiksi saostuen kationisten kemikaalien kanssa ja alentaen niiden tehoa. Liuenneiden ja kolloidisten aineiden kyky sitoutua kuituihin korostuu vesijärjestelmän sulkemisen myötä aiheuttaen epäpuhtauksien kasvua vesijärjestelmissä. Vesijärjestelmän pitoisuudet eivät nouse määrättömästi vaan tasoittuvat suljetuimmassakin vesikierrossa. (Holmberg 1999a, 205–219.)

## 6.4 Kiertovesijärjestelmän puhdistus

Kiertovesijärjestelmän puhtautta ylläpidetään poistamalla kiertovettä tietyin väliajoin. Kiertovesijärjestelmään kertyy haitta-aineita, joiden määrää hallitaan tasaisella poistamisella. Yleisimmät haitta-aineet koostuvat hiekasta ja puutikuista. Nämä poistetaan puhdistuslaitteiden rejektinä pois vesijärjestelmästä. Kiertoveden kokonaismäärää pyritään hallitsemaan pitämällä tuorevesimäärä vakiona. Osa prosessin toiminnoista edellyttää ensisijaisesti vain tuoreveden käyttöä sen puhtauden vuoksi. Järjestelmästä vettä poistettaessa tuorevettä lisätään poistetun vesimäärän verran. Kiertoveden puhtaus saavutetaan oikeanlaisella puhdistuslaitteistolla. (Puusta paperiin M-101 1997, 97–98.)

Tehtaiden vesijärjestelmät on rakennettu mahdollisimman suljetuiksi järjestelmiksi. Vesijärjestelmän kokonaan sulkeminen ei kuitenkaan ole mahdollista vesien rikastumisen vuoksi. Vesijärjestelmät voivat rikastua hyödyttömistä nollakuiduista, orgaanisista aineista, erilaisista kemikaaleista ja bakteerikasvustoista sekä limaa muodostavista aineista. Kiertoveden puhdistusmenetelmät sekä veden puhdistusasteet riippuvat veden käyttökohteesta. (Puusta paperiin M-101 1997, 97–98.) Yleisiä puhdistusmenetelmiä on esitetty kuviossa 18.

Teknologia	Poistettava komponentti															
	Kationit (esim. raskasmetallit)	Monovalentit ionit	Multivalentit ionit	Kompleksoidut ionit	Anionit	Monovalentit (esim. kloridi)	Multivalentit (esim. sulfaatti-ioni)	Ammonium	Orgaaniset yhdisteet	Hiliihydraatit	Proteiinit	Alkoholit	Liucottimet (esim. hiilivedyt)	Väriaineet	Pestisidit	COD yleensä
Adsorptio (esim. aktiivihilli)	1	1	1			1	1	1			1	1	3	3	3	1
Ioninvaihto	3	3				3	3	2								
Kemiallinen saostus	3	3	3				2				2					1
<b>Membraaniteknologiat</b>																
Ultrasuodatus (UF)											2				1	1
Nanosuodatus (NF)			2	3			2			2	3				2	3
Kääntelösosmoosi (RO)		3	3	3		3	3	1		3	3	1			3	3
<b>Häihdutus</b>		3	3	3		3	3	2		3	3				3	3
Tislaus								3								
Flotaatio		3	3	3			2				2				1	1
<b>Ilima/höyrystrippaus</b>								3								
<b>Sähköiset menetelmät</b>																
Sähködlällyysi	3	3	3			3	3	3								
Elektrolyysi	3	3	3													

KUVIO 18. Eri menetelmien soveltuvuus erilaisten liuenneiden haitta-aineiden poistoon (3 on korkea erotusaste, 2 on keskinkertainen ja 1 on matala erotusaste) (Ramm-Schmidt 2004.)

Kuviossa 18 on esitetty liuenneiden haitta-aineiden poistomenetelmiä ja erotusasteita. Kuviossa numeroin esitetyistä erotusasteista, kolme on korkea erotusaste ja yksi matala. Erotuksen onnistumiseen edellytetään erotusolosuhteiden olevan siihen soveltuvat.

#### **6.4.1 Lehtipuu raaka-aineena**

Suomessa pohjoisella havumetsävyöhykkeellä yleisimmät puulajit ovat mänty, kuusi ja koivu. Nämä kotimaiset raaka-aineet ovat olleet suomalaisen metsäteollisuuden lähteenä jo vuosia. Suomen pinta-alasta yli kaksi kolmasosaa on metsää. Kotimaisen raaka-aineen lisäksi teollisuus käyttää tuontipuuta, josta tärkeintä on lehtipuu. Lehtipuun osuus Suomen metsien pinta-alasta on vain noin 30 %, ja loppu koostuu havumetsästä. Lehtipuuta tuodaan Baltian maista sekä Venäjältä. (Seppälä ym. 2002, 15.)

Lehtipuuta käytetään selluteollisuudessa lyhytkuituisen sellun valmistukseen. Puu kasvaa pohjoisella havumetsävyöhykkeellä selvästi päiväntasaajalla olevia puu-  
vyöhykkeitä hitaammin. Suomessa lehtipuu on hakkuukypsää noin 30–70 vuoden iässä. Lyhytkuituista lehtipuuta käytetään sen erinomaisen soveltuvuuden vuoksi painopaperien valmistuksessa. (Isotalo 2004, 14; Kärkkäinen 2007, 160–161.)

Lehtipuu koostuu useista rakenteellisista aineista, kuten selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä. Näiden rakenneaineiden ansiosta puu saa tyypillisen koostumuksensa. Puu sisältää rakenneaineiden lisäksi myös uuteaineita, jotka sisältävät useita eri yhdisteitä. Uuteaineiden tehtävänä on suojata puuta hyönteistuholta ja mikrobiologisilta vaurioilta. Uuteaineet toimivat myös puun vararavintona sekä antavat puulajeittain tyypillisen hajun ja värin. Uuteaineiden määrät vaihtelevat puulajeittain sekä kasvualueittain. (Holmberg 1999b, 223–238; Kärkkäinen 2007, 127–128.) Puun uuteainepitoisuuksissa, -koostumuksessa ja -määrässä voi puun sisällä esiintyä suuriakin vaihteluja. (Isotalo 2004, 40.) Taulukossa 2 on koivupuun prosentuaalinen koostumus.

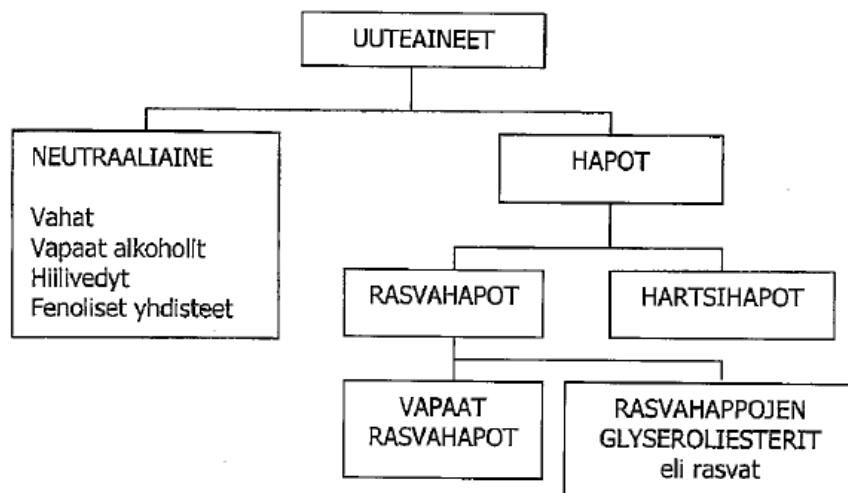
TAULUKKO 2. Koivupuun kemiallinen koostumus (mukailien Isotalo 2004, 40.)

Selluloosa	Hemiselluloosa	Ligniini	Uuteaineet	Tuhka
38,50 %	38 %	20 %	3 %	0,50 %

#### 6.4.2 Uuteaine

Uuteaineet ovat orgaanisia aineita, jotka voidaan erottaa neutraalien liuottimien avulla puusta. Uuteaineista voidaan erottaa kolme tärkeää ryhmää: terpeenit, rasva-aineet ja fenolit. Terpeenit sekä rasva-aineet, joita yleisnimellä kutsutaan pihkaksi, ovat erotettavissa eetterillä. Koivun pihka sisältää pääsääntöisesti rasva-aineita eli alifaattisia happoja, alkoholeja ja niiden estereitä ja steroideja. Koivupuun pihka on niin kutsuttua fysiologista pihkaa, joka toimii puun vararavintona ja sijaitsee puun ydinsäteiden tylppysoluissa. Lehtipuun ydinsäteiden tylppysolut eivät sisällä hartsihappoja tai monoterpeenejä. Kuten taulukosta 2 on nähtävissä, koivupuussa uuteaineita on noin 3 % puun kemiallisesta koostumuksesta. Havupuissa uuteaineita on hieman enemmän. (Gripenberg 1967, 1–5; Ekman 2000, 197–201.)

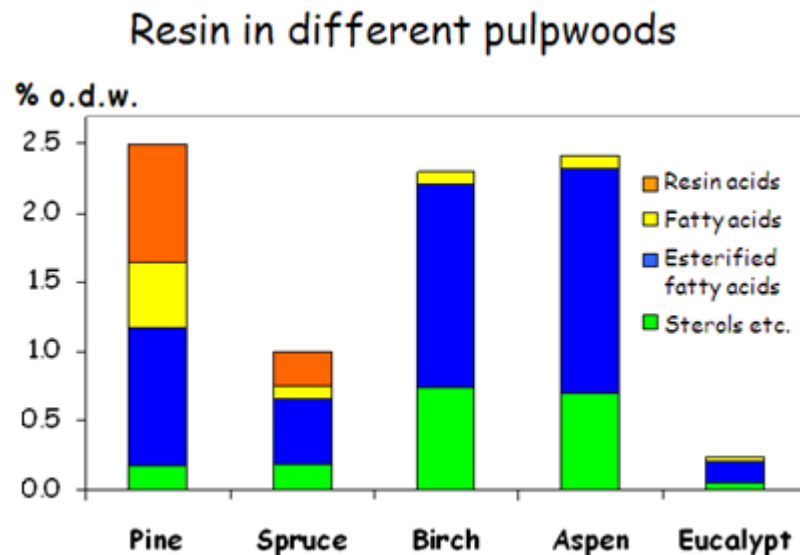
Koivussa uuteaineet ovat sijoittuneet pääsääntöisesti ydinsäteiden parenkymisoluihin. Nämä solut muodostavat 10 % puun kokonaispainosta. Koivun tuohi sisältää myös runsaasti uutetta, jonka määrä vaihtelee puun iän, vuodenajan ja kasvupaikan mukaan. Uuteaineet ovat arvokkaita raaka-aineita, joita käytetään selluteollisuudessa orgaanisten kemikaalien valmistuksessa. Kemiallisen massan uuteainepitoisuudet ovat tavallisesti 0,1–0,4 % kuiva-aineesta. (Fremer 1967, 11–12; Isotalo 2004, 53–55.) Taulukossa 3 sekä kuviossa 19 ja 20 on esitetty koivun uuteaineiden koostumukset ja tarkemmin koivun uuteaineet.



KUVIO 19. Puun uuteaineiden koostumus (Seppälä ym. 2002, 53.)

Kuviossa 20 on vertailtu uuteainekoostumuksia selluteollisuudessa yleisimpien puulajien välillä. Havupuut sisältävät hartsihappoja huomattavasti enemmän kuin vastaavasti lehtipuut.

KUVIO 20. Sellupuiden pihkan koostumukset (mukaan Ekman & Holmblom 2000, 60.)



TAULUKKO 3. Koivun lipofiiliset uuteaineet (Botnia Äänekoski, henkilökohtainen tiedonanto 14.3.2011.)

Koivun lipofiset uuteaineet		
Komponentit	Puussa	Sa-keiton jälkeen
Triglyseridejä (rasvoja)	50-60 %	0 %
Steryyl- ja prenyyliestereitä	30-40 %	10 %
Vapaita rasvahappoja	0-5 %	50 %
Vapaita steroleja ja prenoleja		30 %
Glyseroli (vesiliuk.)		10 %
Betunoli (betuliini), ym *		
* vain puun ulkokuoressa (tuohessa), mutta siinä 30-35 %		

Koivu ja haapa sisältävät tavallisesti 20–30 % steroleja ja muita neutraaleja uuteaineita, jotka eivät peseydy pois massasta. Koivu- ja haapakeittoon lisätään tavallisesti mäntyöljyä tai mäntyöljyn tislauksesta saatua mäntyhartsia, jonka tarkoituksena on parantaa uuteaineiden poistoa pesuissa. Lisääntynyt rasva- ja hartsihappomäärä pystyy liuottamaan eli solubilisoimaan miselleihin suurimman osan neutraaliaineista, joita ovat sterolit ja terpeenialkoholit. Harts- ja rasvahapposeos on paljon tehokkaampi solubilisoimaan neutraaliaineita suolapitoisessa vedessä kuin rasva- tai hartsihapot yksinään. (Botnia Äänekoski, henkilökohtainen tiedonanto 14.3.2011)

#### 6.4.3 Uuteaineen vaikutus kuivatuskoneella

Uuteaineiden rasva- ja hartsihapot aiheuttavat ongelmia kemiallisen massan valmistuksessa. Ne aiheuttavat vaahtoamista ja saostumia prosesseissa. (Holmbom 1999, 269–273.) Paperia ja selluarkkeja valmistettaessa uuteaineiden pihkan tahmeus aiheuttaa vaikeuksia kuivatuskoneella (Kahila 1967, 3–4). Koivussa kuitu- huokokset ovat kooltaan pieniä. Uuteaineet sijaitsevat kuitujen sisällä, mikä hankaloittaa niiden erottamista. Näin ollen keittokemikaalien avulla uuteaineiden erottaminen kuiduista on hankalaa. Nykyään koivun uuteaineiden erottamisen helpottamiseksi sellun keitossa apuaineena käytetään havupuusta erotettua suopaa ja



mäntyöljyä. Yleistynyt happivaihe ennen sellun valkaisua poistaa myös tehokkaasti uuteaineita. (Isotalo 2004, 65–70.) Koivun tuohi sisältää runsaasti uuteaineita, jotka kuoritaan pois tehtaan puunkäsittelyssä. Kuoripitoisuuden lisääntyessä hakkeessa kasvavat uuteainepitoisuudet kiertovesissä aiheuttaen massan valkaisuongelmia. (Fremer 1967, 11–12.)

Koivumassaa valmistettaessa esiintyy usein pihkasaostumia massanpesuissa ja vesikiirroissa. Koivun uute irtautuu herkästi pois liuksesta massaa pestäessä ja pihka saostuu massaan ja laitteistoihin. Koivumassan laadulliset tekijät heikentyvät pihkaesiintymien kasvaessa. Valkaistussa massassa pihkajäänteet esiintyvät tahroina, jotka huonontavat massan laatua. Pihkamäärien kasvaessa prosessivedet likaantuvat, ja tällöin osittain suljetut vesikierrat lisäävät pihkankonsentraation kasvua vesikiirroissa. (Back 2000, 205–225.) Kuivatuskoneella uuteaineongelmat aiheuttavat massan laadun huononemista. Kuivatuskoneella uuteainepitoisuuden kasvaessa joudutaan kuivatuskoneella vaihtamaan likaantunut vesi tuoreveteen. Koivun uuteaineongelmat ilmaantuvat koneella tyypillisesti kesäkuukausina.

## **6.5 Kiertovesijärjestelmän suunnittelu ja kehittäminen**

Tehtaiden vesijärjestelmät ovat kuvattuna osastokohtaisesti PI-kaavioissa. Nämä kaaviot toimivat suunnittelun pohjana ja apuna prosessin hahmottamiselle. PI-kaavioiden avulla on luotavissa virtauskaavio massa- sekä vesikiertojärjestelmästä. Virtauskaavio on PI-kaavion tapaan prosessin toimintaperiaatetta kuvaava esitysmuoto. Virtauskaavion avulla muokataan kiertovesijärjestelmästä lohkokaaavio, joka on yksinkertaistettu esitysmuoto prosessista. Lohkokaaavio on tietosisällöltään rajoittunut ja täten soveltuu vesijärjestelmän kuvaukseen sen selkeän esitysmuotonsa vuoksi. Lohkokaaavion avulla on esitettävissä prosessin osatoiminnot ja tärkeimmät vesilinjat sekä -säiliöt. (Knowpulp 2011; Hautala, henkilökohtainen tiedonanto 14.3.2011.)

Kiertovesijärjestelmä jaetaan osiin eli blokkeihin. Blokkien avulla haarautunut kiertovesijärjestelmä voidaan paloitella pienemmiksi osa-alueiksi. Jaetut kiertovesijärjestelmän osat ovat avattavissa hallintakaavioksi lohkokaaavioita apuna käyttäen.

Hallintakaavio esittää osaprosessin säätötekniisiä toimintoja, kuten pumppuja, instrumentointia ja venttiilejä. Kiertovesijärjestelmään tehdyt muutokset on syytä tarkastella lohko- ja hallintakaavioiden avulla ennen prosessimuutosten käyttöönottoa.

Kiertovesijärjestelmän tuoreveden kulutuksen vähentämistä kehitettäessä on tärkeää havainnollistaa sen hetkiset tuoreveden kulutuskohteet sekä -määrät. Tuoreveden kulutus on hyvä hahmotella lohkokaaavion avulla ja selventämiseksi lisätä virtausmäärät ja putkilinjojen koot. Lohkokaavio antaa selkeää kuvaa tuoreveden käytöstä ja määristä. Tuoreveden käyttö perustuu sen puhtauteen ja vesijärjestelmän taseen ylläpitämiseen. Täten tuoreveden kulutuskohteet on hyvä tarkastaa ja arvioida veden tarpeellisuus käyttökohteessa. Yleisesti kuivatuskoneen vesien käyttökohteet sekä -tarkoitukset tulee selvittää, jotta uusia mahdollisia vesiratkaisuja voidaan suunnitella. (Ropponen 1976,12–18.)

Veden käyttökohteiden tarkastuksen myötä lohkokaaavio mahdollistaa vedenkäytön optimoinnin, jolloin tuoreveden korvausta kiertovedellä voidaan harkita. Tärkeintä on tarkastaa prosessin vaatimukset veden suhteen ja sen kemialliset lähtökohdat. Mikäli käyttökohde ei vaadi erityistä puhtautta ja on lämpötiloista riippumatonta, on tuoreveden käyttö perustelematonta ja mahdollistaa vaihtoehdon vedenkäytön suhteen. Veden kulutuskohteissa on myös huomioitava laitekohtaisesti veden tarpeellisuus. Veden tulon loppuminen saattaa aiheuttaa laitteiden rikkoutumisia sekä tuotantomenetyksiä, ja näissä kohteissa veden saanti tulee varmistaa. Tällaisia kohteita kuivatuskoneella ovat esimerkiksi reunapillien suihkut, joilla säädetään massarainan leveys. Kiertoveden kiintoaineet voisivat tukkia pillien suuttimet, jolloin massarainan leveyden säätö estyisi. Tuoreveden käytölle välttämättömien kohteiden optimointi on silti mahdollista esimerkiksi paremmalla laitesijoittelulla. Paineen tai lämpötilan nostolla voidaan saada selviä tuoreveden kulutuksen säästöjä. (Ropponen 1976,12–18; Knowpap 2011.)

Kuivatuskoneen vedenlaatu on yleisesti hyvä, ja se soveltuu hyvin tarvittaviin käyttökohteisiin. Kuitenkin olosuhteiden muuttuessa saattaa vesien mukaan saostua ja liueta haitallisia aineita, joiden konsentraatio haittaa prosessin toimintaa. Tällöin kuivatuskoneen vesikiertoon syötetään makeup-vettä eli korvausvettä, joka lai-

mentaa kiertoveden pitoisuuksia. Korvausvetenä käytetään tuorevettä, joka ohjataan suoraan kiertovesijärjestelmään. Jos kiertoveden laadussa havaitaan selkeää heikentymistä, jota tuorevettä syöttämälläkään ei saada parannettua, selvitetään siihen johtaneet syyt. (Ropponen 1976, 18–20.)

Kiertoveden analysointi laboratoriomenetelmin on selkeä tapa arvioida veden laatua ja selvittää ongelman alkuperä. Tavallisimmat ongelmat johtuvat kohonneesta kiintoainepitoisuudesta tai liuenneiden ja kolloidisten aineiden kasvusta. Pitoisuuksien määrittämisen myötä on löydettävissä oikeanlainen menettelytapa, jolla kyseinen häiriötekijä on poistettavissa. Kiintoainepitoisuuden noustessa kiertoveden sakeutta voidaan säätää kiekkosuodattimien avulla. Pitoisuuksien nouseminen kiertovedessä on haasteellinen ongelma ratkaistavaksi, sillä menetelmät ovat kalliita ja vaativat tarkat tapauskohtaiset laiteratkaisusuunnitelmat. Ratkaisuna voidaan käyttää esimerkiksi käänteisosmoosia sekä aktiivihiliadsorptiota. (Ropponen 26–31.)

Optimoitaessa vesikiertoja tulee huomioida myös normaalitilanteesta poikkeavat ajotilanteet sekä -häiriöt. Näitä ovat esimerkiksi massarainan katkeamiset sekä lajinvaihdot. Vesijärjestelmän tulee toimia häiriöistä huolimatta ja pystyä takamaan veden saanti kuivatuskoneelle ja muihin veden käyttötarkoituksiin. (Knowpap 2011; UPM-Kymmene 2009a.)

## 7 KOKEELLINEN OSUUS

Työn tavoitteena oli tutkia kuivatuskoneen 1 kiertovesijärjestelmän toimintaa. Kiertoveden toimivuutta tarkasteltiin veden kulutuskohteiden sekä kulutusmäärien avulla. Työssä pyrittiin optimoimaan tuoreveden kulutus kuivatuskoneella. Vesijärjestelmästä luotiin toiminnan kuvaus, joka esittää kuivatuskoneen vesijärjestelmän toimivuutta. Tavoitteena oli selvittää tuoreveden kulutuksen epätasaisuus ja löytää vesitasapaino koneelle. Kuivatuskoneen vesitaseen lisäksi tavoitteena oli tutkia laboratoriomenetelmillä kiertoveden laatua. Kiertovesi analysoitiin vesinäytteistä, jotka ajoitettiin kuivatuskoneen koivuajanjaksolle.

### 7.1 Työn suunnittelu ja toteutus

Käytännön osuuden suunnittelu sekä tutkiminen aloitettiin helmikuussa 2011. Tehtaan vesijärjestelmän kokonaiskuvaa hahmoteltiin virtauskaavion sekä prosessiohjauskuvien avulla. Tehtaan järjestelmistä tutkittiin prosessi- ja toimintakuvauksia sekä eri muuttujien tuntikeskiarvoja prosessin lähtötilanteen hahmottamiseksi. Taseiden laatimiseksi virtaustietoja luettiin suurimmalta osin online-mittareista. Kokonaistaseen laatimisen kannalta olennaiset virtaukset, joissa mittauksia ei ollut, arvioitiin riittävällä tarkkuudella. Työn kokeellisen osuuden kuvaajat laadittiin online-mittareiden pohjalta kuvaamaan prosessin lähtötilannetta.

Kuivatuskoneen vesitaseen määrittely on mahdollista monella eri tapaa. Yksi tavoista on määrittää massa- ja vesitase osaprosesseittain, kuten sakeamassatorneineen, massasysteemeineen, kiertovesisäiliöineen, perälaatikkoineen sekä viiraosineen. Täydellinen massa- ja vesitase on hyödyllinen arvioitaessa investointeja tuotannon kasvaessa. Toinen mahdollinen määrittelytapa on laatia vesitase siten, että tasealueena on koko laitos. Kaikki tasealueelle menevät ja sieltä tulevat vesivirtaukset tarkistetaan siten, että tulevat vesivirtaukset menevät massan mukana kiertoveden joukkoon ja poistuvat ovat käyneet kiertovedessä. Tase määritellään siten, että lopputulos kertoo osastolta kanaaliin menevän vesivirtauksen. Ne vesivirtaukset, jotka eivät sekaannu kiertoveteen, eli lähinnä jäähdytysvedet, käsi-

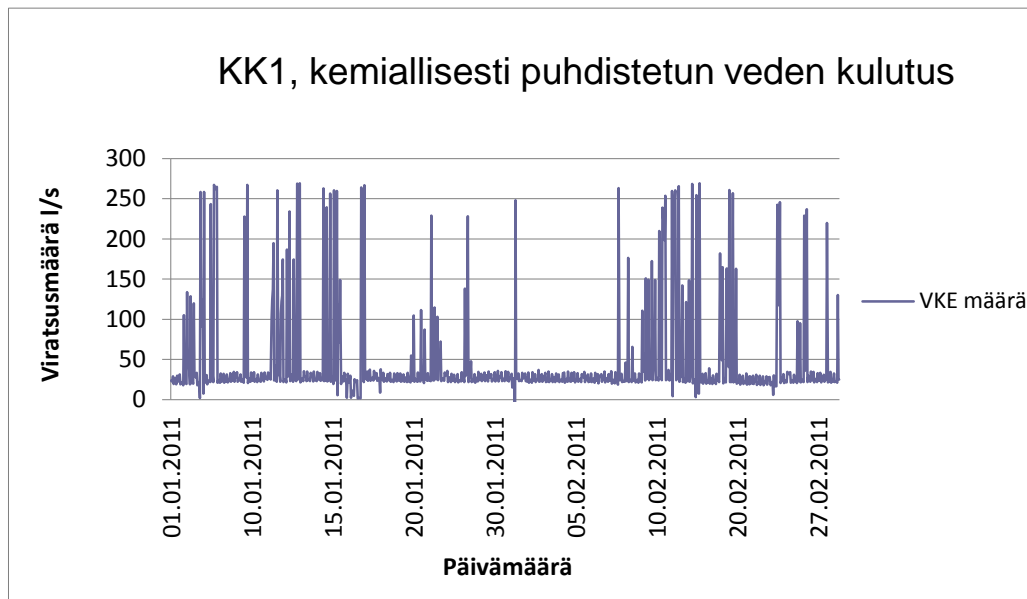
tellään erikseen. Tulos kertoo potentiaalista, joka olisi näiden vesien osalta käytävissä johonkin muuhun. Työ suoritettiin jälkimmäisen tasemääritystavan mukaan. Ideana on jakaa koko prosessi osaprosesseihin, joilla on omat parametrit. Lopuksi osaprosessit kootaan yhdeksi suureksi tasealueeksi. Määrittäminen perustuu tarkan virtauskaavion lukemiseen. Saadut arvot kertovat koneelle tulevista ja poistuvista vesimääristä.

## **7.2 Tutkimuksen lähtökohdat**

Prosessin lähtökohtien selvittäminen aloitettiin vesijärjestelmän tutkimisella. Tärkeä osa taseen määrittämisestä perustuu kuivatuskoneen vedenkäytön sekä vesimäärien ymmärtämiseen. Työn alkuvaiheessa luotiin tarkka kuvaus kuivatuskoneen massa- sekä vesijärjestelmästä. Tulosten pohjalta on kerätty tiedot taseen kannalta tärkeistä virtauksista tasaisessa normaaliajotilanteessa. Vesijärjestelmän lähtökohtia kartoitettiin kuivatuskoneen vedenkäytön seurannalla häiriötilanteiden aikana. Tarkoituksena oli selvittää prosessin tarkka lähtötilanne sekä esittää tutkimusongelmat taulukoiden ja kuvaajien avulla.

### **7.2.1 KK1:n tuoreveden käyttö**

Kiertovesijärjestelmään syötetään vesilaitokselta tuorevettä. Tuorevettä käytetään KK1:n kiertovesisäiliön pinnanvarmistukseen, lämmön talteenottoon ja ilmastointiin sekä tiivistevetenä että jäähdytysvetenä. Tuoreveden kulutus riippuu kiertovesitornin pinnasta, mutta tavallisesti sen kulutus on noin 30 l/s. Kuivatuskoneen vesivaraanto rakentuu kiertovesitornista, hylkytornista sekä KK2 (kuivatuskone 2) kanssa yhteisen kiertoveden varastosäiliöstä. Kuviossa 21 on esitetty työn tutkimusongelma. VKE:n (kemiallisesti puhdistettu vesi) kulutus KK1:llä (kuivatuskone 1) on epätasaisista, mikä aiheuttaa ongelmia vesilaitoksen toiminnalle.



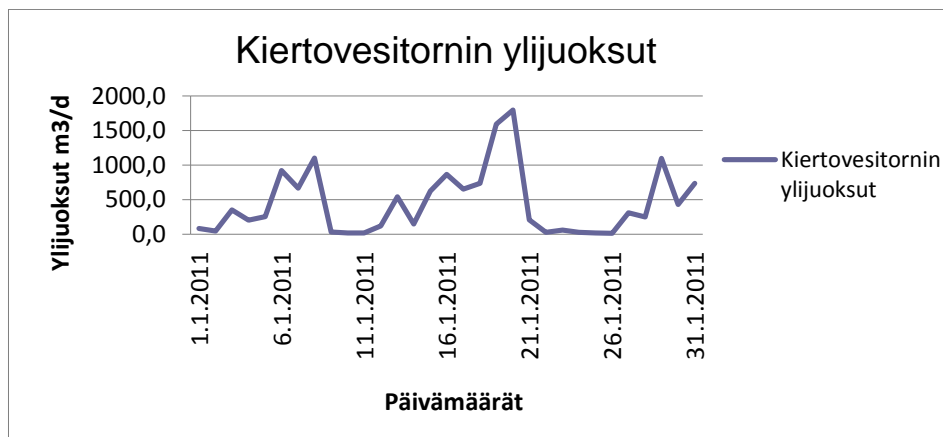
KUVIO 21. KK1, VKE:n kulutus vuonna 2011

Vesilaitoksen kapasiteettiin verrattaessa tuoreveden kulutusmäärät ovat normaalit. Veden kokonaiskulutuksen kasvaessa tasaisesti on tuoreveden tuotanto vakaata. Äkilliset kulutuksen heilahtelut aiheuttavat ongelmia tuoreveden tuotannolle. Epätasainen kulutus kuivatuskoneella vaikeuttaa vesilaitoksen hiekkasuotimien toimintaa. Veden tuotannolle optimaalisinta on vedenkulutuksen tasaisuus, joka parantaa hiekkasuotimilla veden suotautuvuutta. Suurimmat ongelmat aiheutuvat äkillisistä kulutusmuutoksista. Kuten kuviossa 21 on nähtävissä, tammi- ja helmikuun 2011 aikana on KK1:n VKE:n kulutus vaihdellut välillä 25–270 l/s. Tämä aiheuttaa kuivatuskoneella suuria lämpötilan vaihteluja.

## 7.2.2 Kuivatuskoneen vesijärjestelmä

Valkaisusta sakeamassatorneihin pumpattava massa on sakeudeltaan noin 8–12 %. Massa sisältää runsaasti vettä, mikä huomioidaan nestetaseessa. Pietarsaaren UPM:n kuivatuskoneen 1 massa- ja vesijärjestelmät ovat kuvattuna liitteessä 5. Kiertovettä poistetaan valkaisuun kuivatuskoneen lyhyestä vesikierrosta, joka yleisesti poikkeaa hieman kuivatuskoneiden vesijärjestelmäratkaisuista. Veden haihtumiset ja vesikierrot huomioiden lisätään korvausvettä prosessiin syntyneen vesivajeen verran. Kiertoveden varastointi tapahtuu kiertovesitorniin, jonka tilavuus on

900 m<sup>3</sup>, sekä kuivatuskoneiden yhteiseen kiertoveden varastointisäiliöön, jonka tilavuus on 870 m<sup>3</sup>. Kiertoveden ylimäärä poistetaan kiertovesitornin ylijuoksuna jätevirtaukseen. Hallitussa vesitaseessa ei tapahdu kiertoveden hävikkiä jätevirtaukseen. Kuivatuskoneen 1 kiertoveden ylijuoksut tammikuussa 2011 on esitetty kuviossa 22.



KUVIO 22. KK1 kiertoveden ylijuoksut

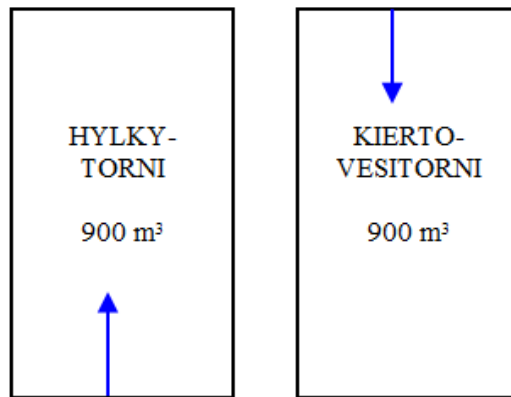
Kiertovesijärjestelmässä veden rikastumista ja ylimäärää pyritään hallitsemaan kierrättämällä vettä valkaisuun. Tämä tapahtuu kuivatuskoneen 0-vesisäiliöstä pumppaamalla vettä jälkilajittamon suodossäiliöön. Kiertoveden ylimäärää tulee pyrkiä käyttämään valkaisuissa mahdollisuuksien mukaisesti. KK1:n sekä KK2:n kiertovesiylimäärä poistuu ainoastaan KK1:n kiertovesitornista. KK2:n kiertovesijärjestelmän ylimäärä varastoidaan kiertoveden varastosäiliöön, josta vettä käytetään KK1:n sekä KK2:n tarpeisiin. KK1:n kiertoveden ylimäärää ei varastoida kiertoveden varastosäiliöön mahdollisten uuteainepitoisuuksien vuoksi. Kiertoveden varastosäiliön täytyessä on säiliöllä pinnan asetusarvo 80 %. Tämän ylittyessä vettä ohjataan kuivatuskoneiden kiertovesitorneihin. Kuivatuskoneiden kiertovesitornien täytyessä aukeaa kuivatuskoneella 1 kiertoveden ylijuoksuventtiili kiertovesitornista. Venttiili aukeaa 0 %:sta 100 %:iin, kun tornin pinta nousee 80 %:sta 100 %:iin. Kiertovesitornin ylijuoksuputki on varustettu virtausmittarilla. Virtausmäärät ovat nähtävissä kuviossa 22. Kuviosta on havaittavissa, että vedenpoistoa on tapahtunut kiertovesitornista useita kuutioita tammikuun 2011 aikana.

0-vesisäiliö toimii koneen lyhyen vesikierron varastosäiliönä. Pietarsaaren UPM:llä 0-vesisäiliöstä pumpataan vettä jälkilajittamoon, suihkuvesille, massan laimennuksiin konekyyppiin 2 sekä massasäiliölle. Kuivatuskoneen viiraosan märkäimulaatioilta vettä johdetaan imuvesialtaiden kautta 0-vesisäiliöön. 0-vesisäiliön, joka on tilavuudeltaan 100 m<sup>3</sup>, pinnanvarmistukseen käytetään tarvittaessa kiertovesitornin vettä. 0-vesisäiliöstä ei tapahdu ylijouksua, joten ylimääräinen vesi johdetaan normaalitilanteessa kiertovesitorniin. Valkaisu 2 käyttää kuivatuskoneen 1 kiertovettä 0-vesisäiliöstä D1-suotimen etusuihkulle ja suodossäiliöön sekä myös P-vaiheen pumppausastian laimennuksiin. Jälkilajittamon kautta valkaisuun menevä linja on varustettu painemittarilla, jolla seurataan runkolinjan painetta. Valkaisun kiertoveden todelliset kulutusmäärät ovat keskimäärin 40–80 l/s valkaisuun tuotannon mukaan. Kulutusmäärät ovat arvioita, sillä virtausmittauksia on niukasti. D1-suotimelle virtaus on noin 35 l/s, joka on mittausperäinen tulos. Laskennalliset kokonaiskulutukset pohjautuvat arvioitaviin summiin, joissa huomioidaan putkien koot sekä säästöventtiilien asennot.

### 7.2.3 Häiriötilanteen hallinta

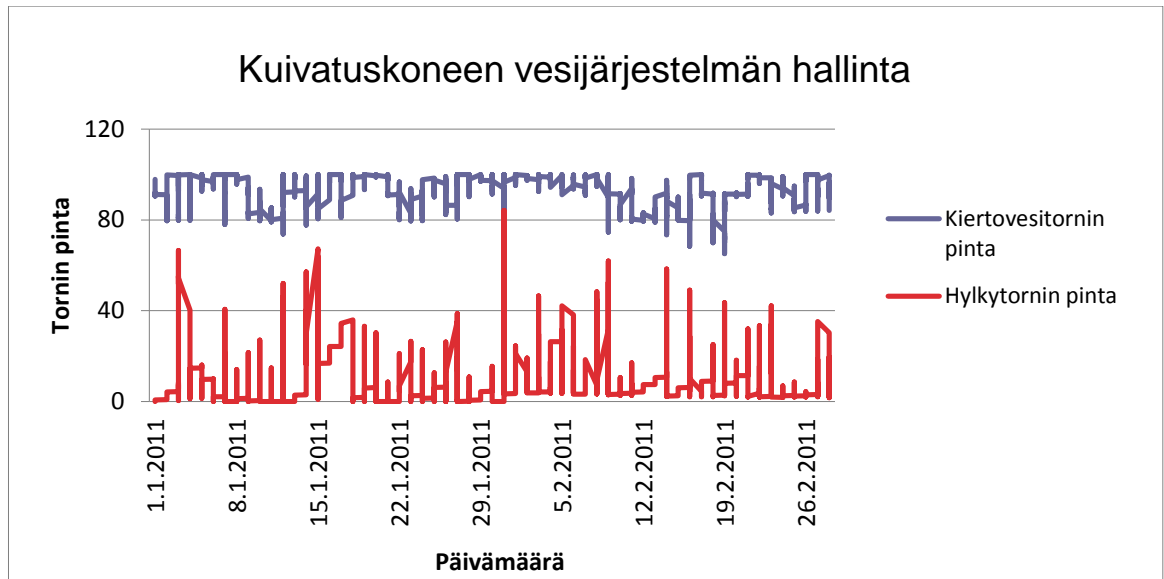
Kuivatuskoneen kiertovesitornin vesimäärä riittää koneen normaalissa käyntitilanteessa. Koneen hylkyjärjestelmään kuuluvat märkä- ja kuivapulpperit, jotka käyttävät kiertovesitornin vettä katkotilanteessa. Hylkytorniin, joka on tilavuudeltaan 900 m<sup>3</sup>, ohjataan pulppereiden massa. Massa laimennetaan noin 3 %:n sakeuteen hylkytornissa, johon laimennukseen käytettävä vesi saadaan kiertovesitornista. Kiertovettä tulee varastoida häiriötilanteiden varalta ja täten kiertovesitornia tulee pitää lähes täynnä. Katkotilanteessa kiertovesitornin vesimäärä laskee ja se siirtyy hylkytorniin. Hylkymassan laimennus vaatii runsaasti vettä, joka palautuu kiertovesitorniin, kun hylkytornimassa on ajettu kuivatuskoneelle. Kuivatuskoneen hylkysuhteen noustessa vesitasapaino normalisoituu. Kiertovesitornia ei tule täyttää katkotilanteessa tuorevedellä, sillä kuivatuskoneen hylkysuhteen noustessa lisätty vesimäärä poistuu jätevirtaukseen kiertovesitornin täytyessä. Kuviossa 23 on kuvattu kiertoveden siirtymistä kiertovesitornista massan laimennukseen hylkytorniin.





KUVIO 23. Kuivatuskoneen kiertoveden toiminta katkotilanteessa

Pietarsaaren UPM:n kuivatuskoneen vesien hallintaa ratakatkojen aikana voidaan seurata hylky- ja kiertovesitornin pintojen avulla. Lisäksi seuraamalla VKE:n kulu- tusta sekä kiertovesitornin ylijouksumääriä saadaan hyvä yleiskuva vesijärjestel- män toimivuudesta häiriötilanteissa. Kuviossa 24 on kuvattu, kuinka kiertovesitor- nin pinta pysyy lähes poikkeuksetta noin 80 %:n täyttöasteessa, vaikka hylkytor- nin pinta lähtee kasvuun. Tämä tarkoittaa, että hylkymassaa käsiteltäessä kierto- vesitornin vettä ei käytetä oikein hyödyksi. Lisäksi ratakatkotilanteessa kasvaa VKE:n kulutus kuivatuskoneella tavallisesta noin 25–100 l/s. Tämä määrä menee kiertovesitornin pinnan varmistukseen, ja tästä syystä kiertovesitornin pinta ei kes- kimäärin laske alle 80 %:n. Optimaalisesti kuivatuskoneen ratakatkotilanteessa tulisi hylky- ja kiertovesitornien käyttäytyä kuvion 23 mukaisesti. Kuviot 24 ja 25 esittävät hylky- ja kiertovesitornien pintojen käyttäytymistä sekä VKE:n ja kierto- vesitornin ylijouksumäärien heilahteluja tammi- ja helmikuun 2011 ajalta. Kuviot osoittavat kuivatuskoneen häiriötilanteiden olevan ongelmallisia veden käytön suh- teen.



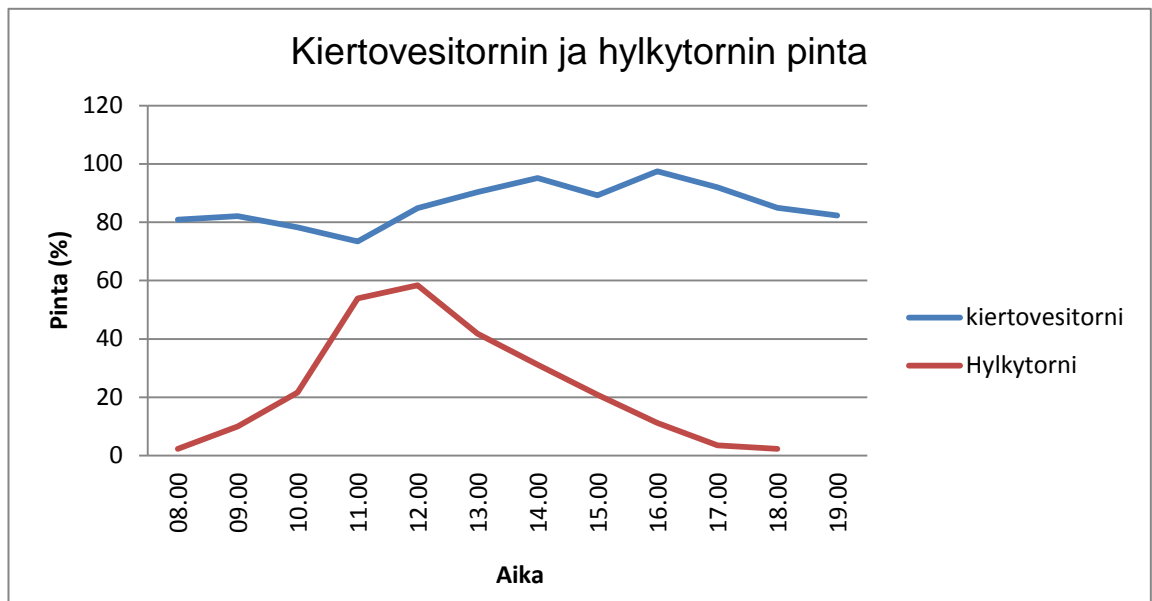
KUVIO 24. Hylky- sekä kiertovesitornien pinnat



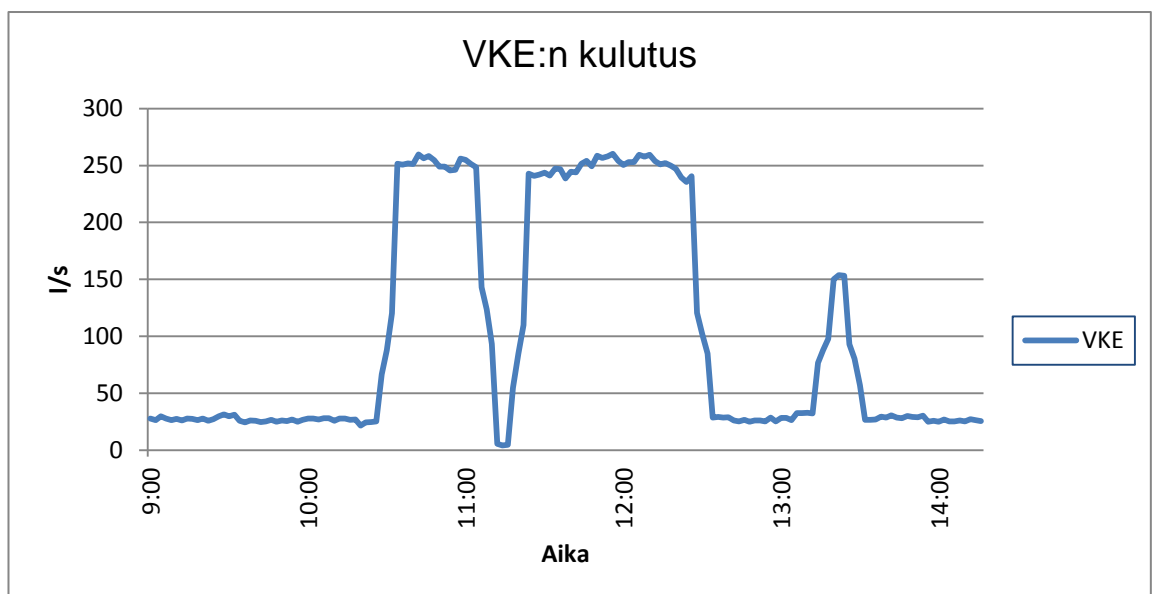
KUVIO 25. VKE:n ja kiertovesitornin ylijuuksut

Tarkemmin prosessin käyttäytymistä esitetään otoksessa katkotilanteesta, joka tapahtui 16.2.2011. Kuivatuskoneen katko aiheutui muuntajan laukeamisesta kello 10.08, ja rata saatiin päälle 2,5 tunnin kuluttua katkosta. Kuivatuskoneen ja jälkijättamon pysähtyessä valkaisu jatkoi tuotantoa 1320 ADt kello 11:00:een asti. Valkaisu pysähtyi noin 30 minuutiksi, jonka jälkeen se jatkoi tuotantoa. Kiertovesitornin pinta laski katkotilanteen aikana noin 73 % ja vesimäärä siirtyi hylkytorniin (KUVIO 26). Kiertovesitornin käydessä asetusarvon 80 %:n alapuolella aukesi

korvausvesi kiertovesitorniin. Kuviossa 27 on nähtävissä kemiallisesti puhdistetun vedenkulutuksen kasvu.

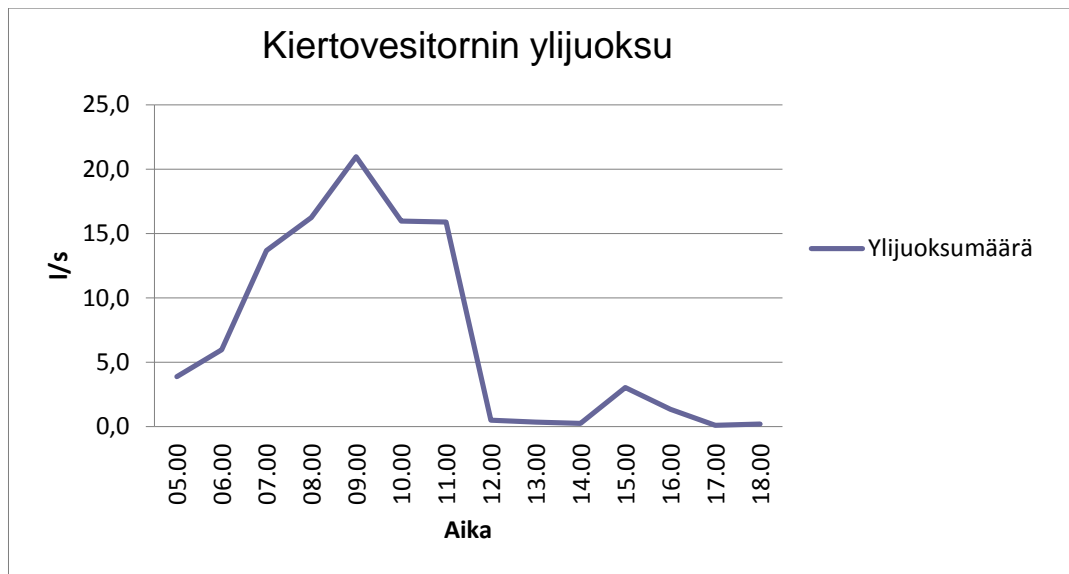


KUVIO 26. Kiertovesitornin sekä hylkytornin käyttäytyminen katkotilanteen aikana

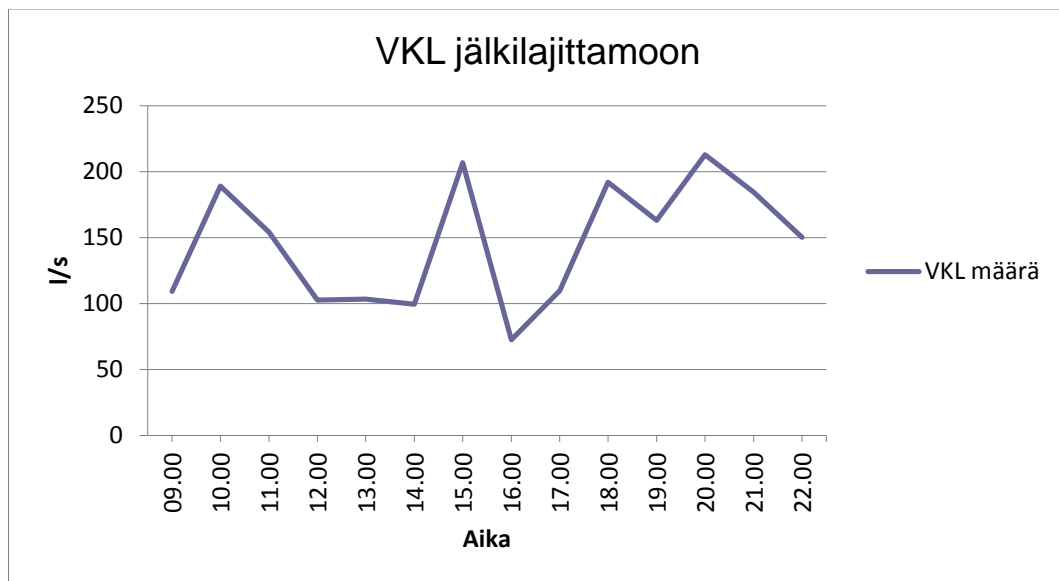


KUVIO 27. VKE:n kulutuksen muutos kiertovesitornin laskiessa

Kiertovesitornin ylijouksua tapahtui korvausveden oton yhteydessä (KUVIO 28). Kanaaliin menevät vesimäärät jäivät kuitenkin suhteessa otettuun vesimäärään verrattuna pieneksi. Tämä selittyy vedenkulutuksen kasvulla jälkilajittamoon (KUVIO 29).



KUVIO 28. Kiertovesitornin ylijuksumäärät



KUVIO 29. Kiertoveden kulutuksen kasvu katkotilanteen aikana

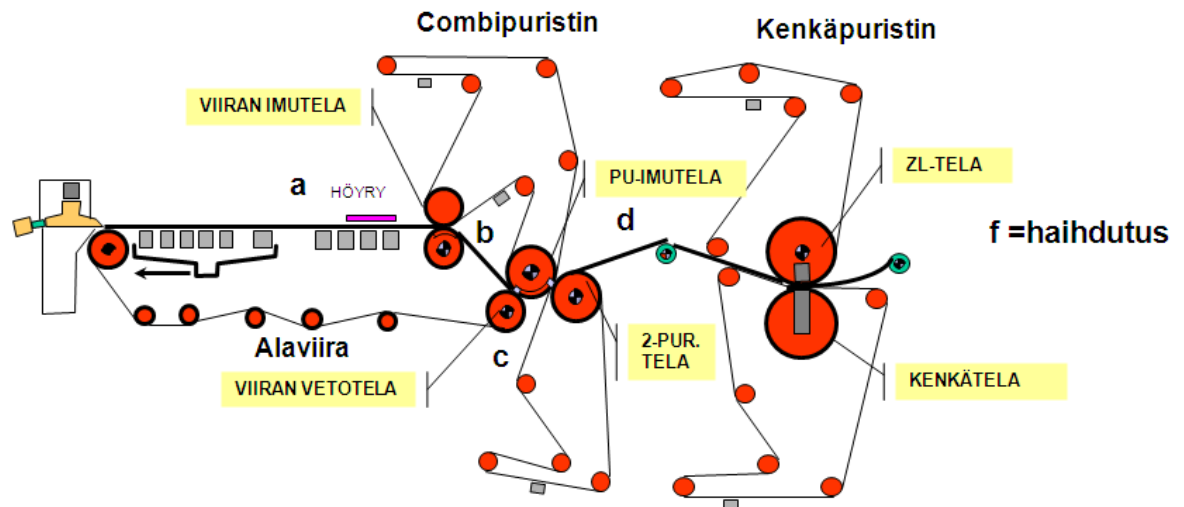
## 8 TULOKSET

Työn tulosten käsittely onnistui vesitaseen määrittämisen myötä maaliskuun 2011 alussa. Tavoitteen mukaisesti kuivatuskoneen 1 vesitase laadittiin laskennallisesti, jolloin tuloksia voidaan tarkastella eri tuotannoin. Vesitaseen lisäksi luotiin Pietarsaaren UPM:n kuivatuskoneen määränpään kapasiteetilaskuri, joka mahdollistaa vesimäärien seurannan kuivatuskoneella. Työn tulokset on opinnäytetyössä vesitaseen ja vedenpoistojen osilta suoritettu laskennallisesti päivittäisten keskiarvojen mukaisesti tuotantotasolla 800 ADt/d, 1000 ADt/d ja 1200 ADt/d. Vesianalyysit toteutettiin tarkkojen suunnitelmien mukaisesti 21.–27.3.2011. Analysointi tehtiin yhteistyössä tutkimus- ja käyttölaboratorion sekä UPM-Kymmene tutkimuskeskuksen kanssa.

### 8.1 Kuivatuskoneen vedenpoistot

Kuivatuskoneen vedenpoisto tapahtuu viira-, puristin- ja kuivatusosilla. Kuivatuskoneen vedenpoistoista laadittiin laskennallinen kapasiteetilaskuri, joka mallinnettiin kuivatuskoneen 1 mukaisesti. Tarkoituksena oli määrittää Pietarsaaren kuivatuskoneen määränpään kapasiteetti. Laskennoissa huomioitiin niin koneen tuotanto, rataleveys kuin neliöpaino. Näitä tietoja apuna käyttäen mallinnus esittää laskennalliset arvot poistuvista ja haihtuvista vesimääristä sekä kuiva-ainepitoisuuksista. Laskennalliset arvot ovat hyviä arvioitaessa vedenpoistoja kuivatuskoneen eri tuotannoilla. Kuviossa 30 on esitettyä kuivatuskone, jossa on kirjaimin kuvattu vedenpoistokohdat. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty tuotannolla 1000 ADt/d vedenpoistot. Liitteessä 6 on kuvattuna tasoviirakoneen vedenpoistot tuotannolla 800 ADt/d ja 1200 ADt/d.

## UPM Pietarsaari KK1 märkääpään kapasiteetti



KUVIO 30. Kuivatuskoneen viira- ja puristinosat

TAULUKKO 4. Märkääpään kapasiteetin muutettavat parametrit

Tuotanto	ADt/d	1000
Neliöpaino	BDg/m <sup>2</sup>	800
Rataleveys	m	5,25
Kuiva-aine	%BD	90
Nopeus	m/min	148,8

TAULUKKO 5. Vedenpoistot kuivatuskoneen eri vaiheista tuotannolla 1000ADt/d

		a	b	c	d	e	f
<b>Massavirtaus</b>	ADt/d	1031	1031	1031	1000	1000	1000
<b>Kuiva-aine ennen</b>	%	1,5	22	24	27	41	50
<b>Kuiva-aine jälkeen</b>	%	22	24	27	41	50	90
<b>Vesivirtaus</b>	l/s	667,1	4,1	5,0	13,2	4,6	9,3
<b>Vesivirtaus</b>	g/m <sup>2</sup>	51234	312	382	1012	351	711

Tulokset osoittavat vedenpoistojen jakautuvan kuivatuskoneella niin kuin teoriaosassa on käsitelty kuviossa 9. Suuri osa koneen vedenpoistosta tapahtuu viiraosalla. Saatujen tulosten mukaan tuotantonopeudella 1000 ADt/d tapahtuu viiran alkuosassa vedenpoistoa 667,1 l/s.

## 8.2 Vesitase

Pietarsaaren UPM:n kuivatuskoneen vesitase luotiin virtauskaavion pohjalta. Työssä käsiteltiin vesivirtaukset, jotka ovat kosketuksissa massaan. Nämä vesivirtaukset vaikuttavat kuivatuskoneen vesitaseeseen. Vesivirtauksien lisäksi kartoitettiin massan mukana kuivatuskoneelle tulevat vesi- ja tiivistevesimäärät sekä höyryn mukana tuleva vesimäärä. Kuivatuskoneen tasealue on esitetty laatikkomallinnuksen avulla kuviossa 31. Kaikki muut vedet ovat jätetty käsittelemättä, sillä ne eivät vaikuta vesitaseeseen. Kuivatuskoneen tasealue rajattiin valkaisun kulutuskohteisiin. Työssä määritettiin kaikki tasealueelle tulevat ja poistuvat vedet. Kulutusmäärät kerättiin ohjauspäätteistä ja virtauskaavion tiedoista.

Kuivatuskoneen vesitase määritettiin tuotannon mukaisesti. Tämän haluttiin olevan muutettavissa, jotta vesitase on mahdollista määrittää eri tuotannoilla. Muutettavia parametreja ovat myös sakeamassatorniin menevä sakeus, jonka arvioitiin olevan noin 10 %:n luokkaa. Laskennallinen vesitase toteutettiin Excel-tiedostona, jolloin muutettavat arvot lukittiin laskentakaavoihin. Tämä helpottaa kokonaisvaltaisen vesitaseen seuraamista. Litroina esitetyt tulokset kertovat kuivatuskoneen sen hetkisestä vesipotentialista. Opinnäytetyössä kuivatuskoneen vesitase on esitetty tuotannolla 1000 ADt/day sekä liitteessä 7 vesitaseet tuotannoilla 800 ADt/day ja 1200 ADt/day. Taulukoissa 6, 7, 8 sekä 9 ovat taseen tulokset tuotannolla 1000 ADt/day.



KUVIO 31. Kuivatuskoneen tasepiirros

TAULUKKO 6. Kuivatuskoneen vesitaseen muutettavat parametrit

Tuotanto	1000	ADt/d
	10,4167	BD kg/s
Sakeus	10	%

TAULUKKO 7. Tasealueelle sisään tulevat vedet

<u>Sisään tulevat</u>		
Massa	93,75	l/s
	9	m <sup>3</sup> /ADt/d
Kemiallisesti puhdistettu vesi	25	l/s
	2,165	m <sup>3</sup> /ADt/d
Tiivistevesi	0,26667	l/s
Höyry	2,2	kg/s

TAULUKKO 8. Tasealueelta poistuvat vedet

<u>Poistuvat</u>		
0-vesi		
D1-suodatin	37	l/s
D1-suodossäiliö	10	l/s
P-suotimen pumppausastian laimennus	0	l/s
Pyörrepuhdistus		
6-vaiheen rejekti	5	l/s
Haihdutus	33,3333	T/h
	9,25926	kg/s

TAULUKKO 9. Tasealueen vesipotentiali tuotannolla 1000ADt/day

VESIPOTENTIALI	59,96	l/s
----------------	-------	-----

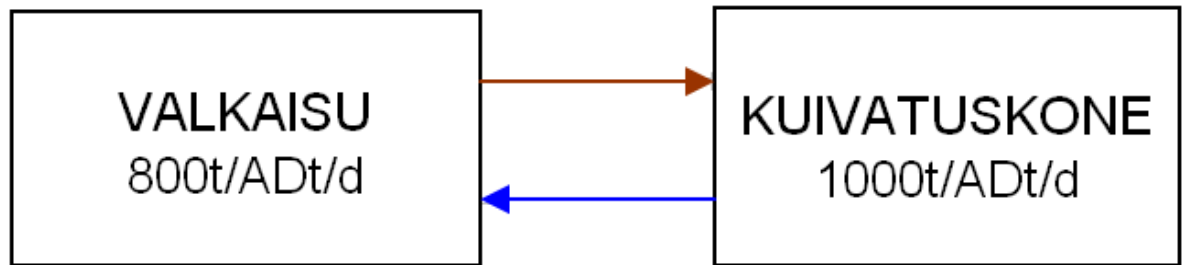
Vesitaseen mukaan tuotannolla 1000 ADt/d syntyy vesipotentialia noin 60 l/s. Tämä vesimäärä on mahdollista optimoida kiertoveden kulutuskohteissa. Normaalissa tilanteessa kiertovettä kertyy kiertovesisäiliöön ja hylkytorniin, joten syntynyt



vesipotentialimäärä ei kerro suoraan jätevirtaukseen menevää vesimäärää. Tuotannon ollessa 1000 ADt/d sekä kiertoveden kulutuksen pysyessä normaalitasolla syntynyt vesiylimäärä poistuu jätevirtaukseen kiertovesitornin täytyessä. Tämä vesimäärä on seurattavissa virtausmittauksella.

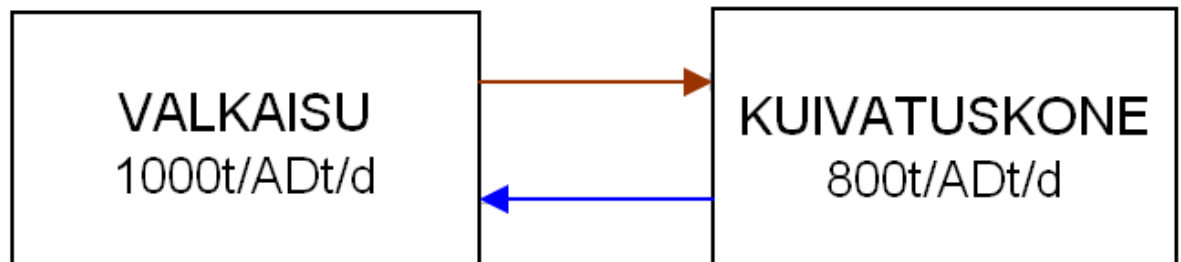
Kuivatuskoneen vesitase on määritetty normaalin käyntitilanteen mukaisesti. Poikkeustilanteissa koneen vesitaseen hallinta muuttuu. Tällainen tilanne on, kun valkaisu ja kuivatuskone ajavat eri tuotantonopeuksilla tai toinen on pysähtyneenä. Tällöin kuivatuskoneen vesimäärät muuttuvat ja taseen hallinta hankaloituu. Tilanteessa, jossa valkaisu on käynnissä ja kuivatuskone pysähtyneenä, tulee valkaisu rajoittaa 0-veden käyttöä tai siirtyä käyttämään ainoastaan kemiallista kuumaa vettä. Muussa tapauksessa kiertovesitorniin joudutaan ajamaan kylmää kemiallista vettä, mikä huonontaa koneen lämpötaloutta. Jos valkaisu on pysähtyneenä ja kuivatuskone yhä käynnissä, loppuu kiertoveden kulutus kuivatuskoneen kierrosta. Tällöin kiertovesitorni täyttyy ja massan mukana kuivatuskoneelle tuleva vesi poistuu ylijouksuna jätevirtaukseen. Häiriötilanteessa suotautuneet vesimäärät poistuvat jätevirtaukseen, mikä on laskettavissa tehdyllä kuivatuskoneen vedenpoistolaskurilla sivulla 40. Tämä kertoo suuntaa antavat vesimäärät, jotka poistuvat jätevirtaukseen kiertovesitornin ylijouksusta.

Kokonaisvesitaseen muuttuminen tulee huomioida valkaisu- ja kuivatuskoneen ajaessa eri tuotantonopeuksilla. Tällöin kiertovesimäärää tulee hallita automaation avulla. Kuvioissa 32 ja 33 on kuvattuna kaksi tilannetta, joissa valkaisu ja kuivatuskone ajavat eri nopeuksilla. Kuviossa 32 valkaisu- ja kuivatuskoneen tuotantovauhti on 1000 t/ADt/day ja kuivatuskoneen 800 t/ADt/day. Valkaisu- ja kuivatuskoneen tuotantovauhti on kuivatuskoneetta suurempi, joten sakeamassatornin pinta kasvaa 7500 l/h. Kuivatuskoneen tuotannon ollessa valkaisua pienempi syntyy kiertovettä kulutusta vähemmän. Kuivatuskoneella ei synny tarvittavaa määrää kiertovettä, jonka valkaisu tuotannollisesti tarvitsisi. Tämän vuoksi valkaisussa tulee käyttää kuumaa vettä korvaamaan vesivajetta siten, että kiertovesitornin pinta pysyy vakaana. Valkaisu- ja kuivatuskoneen jatkaessa kiertoveden käyttöä normaalisti tuotantoeroista huolimatta lähtee kiertovesitornin pinta laskuun.



KUVIO 32. Valkaisun tuotanto on kuivatuskoneen tuotantoa suurempi

Kuivatuskoneen tuotannon ollessa valkaisua suurempi syntyy kiertovettä kulutusta enemmän. Kuviossa 33 on kuvattuna tilanne, jossa valkaisun tuotanto on kuivatuskoneetta pienempi. Tällöin valkaisun tulisi pyrkiä käyttämään enemmän kiertovettä mahdollisuuksien mukaisesti. Kuivatuskoneella kiertovesitornin täytyessä ja valkaisun jatkaessa normaalilla kiertoveden kulutuksella poistuu kiertovesijärjestelmästä vesiylimäärä jätevirtaukseen.



KUVIO 33. Valkaisun tuotanto on kuivatuskoneen tuotantoa pienempi

Eri tuotantonopeudet tulisi huomioida automaation avulla, jolloin kulutuksen lisäys tai vähennys tapahtuisi liukuvasti. Tämä auttaa vesitaseen ylläpitämistä ja kuivatuskoneen toimintaa. Tuotantoerojen ollessa suuret poistuu väistämättä kiertovettä vesijärjestelmästä.

Pietarsaaren UPM:n kuivatuskoneella käytetään tuorevettä tuotannon mukaan noin  $2,1 \text{ m}^3$  sellutonnia kohden. Määrällisesti vesimäärä ei ole suuri verrattaessa yleisesti kuivatuskoneiden vedenkulutusmääriin. UPM FRB:ssa (UPM-Kymmene Fray Bentos) käytetään tuorevettä keskimäärin  $3 \text{ m}^3$  sellutonnia kohden. Vedenkulutuksen lisäys puhdistaa kuivatuskoneen vesikiertoa, joka parantaa myös uuteainien hallintaa kuivatuskoneella. Teoriassa kuivatuskoneen vesitarve on  $1\text{--}3 \text{ m}^3/\text{t}$ .

### 8.3 Kiertovesi

Kiertoveden analysointi suoritettiin yhteistyössä UPM:n tutkimuskeskuksen kanssa, joka sijaitsee Lappeenrannassa. Tavoitteena oli kartoittaa kiertoveden laatua ja parantaa sen seuranta. Kiertoveden analysoinnilla luotiin vertailupohja kiertoveden tämänhetkisestä tilasta ja uuteainepitoisuuksista. Analysoinnit toteutettiin viikon mittaisella ajanjaksolla, jolloin näytteenottoja suoritettiin kolmesti viikossa. Kiertoveden näytteenotto tapahtui kuivatuskoneen lyhyestä ja pitkästä vesikierrosta. Ajankohdaltaan kiertoveden analysointi maaliskuussa 2011 oli hyvä, sillä tuolloin kiertovedenlaadullisista tekijöistä ei havaittu olevan ongelmia kuivatuskoneen tuotannolle. Näytteenotot suoritettiin 21.–27.3.2011 kuivatuskoneen ollessa käynnissä. Näytteenottopaikat ja -lomake ovat liitteessä 8.

Näytteenotot kerättiin 1 litran ja 100 ml:n pulloihin ja osa näytteistä lähetettiin tarkempia analyysejä varten Lappeenrantaan. Näytteistä määritettiin paikan päällä pH, johtokyky sekä lämpötila. Loput määritykset suoritettiin laboratorihenkilökunnan voimin. Vertailunäytteet kiertovesistä lähetettiin Lappeenrantaan tarkempia uuteainemäärityksiä varten. Taulukossa 10 on esitetty Pietarsaareissa määritettyjen vesianalyyysien tulokset. Taulukossa näyte 1 kuvastaa lyhyen vesikierron sekä näyte 2 pitkän kierron näytettä.

TAULUKKO 10. Kiertovesi analyysien tulokset marraskuussa 2011.

PÄIVÄ	Keskiviikko		Perjantai		Maanantai	
	1	2	1	2	1	2
NÄYTE						
LÄMPÖTILA	55,6°C	52,3°C	47,8°C	29,7°C	50,1°C	35,0°C
PH	5,95	6,23	5,28	6,84	5,29	6,69
JOHTOKYKY	730 $\mu\text{S/cm}$	107,4 $\mu\text{S/cm}$	671 $\mu\text{S/cm}$	460 $\mu\text{S/cm}$	730 $\mu\text{S/cm}$	617 $\mu\text{S/cm}$
KIINTOAINEN / O-KUITU	19,4 mg/l	191 mg/l	58,3 mg/l	121 mg/l	24,1 mg/l	164 mg/l
SAMEUS	69 FTU	214 FTU	38 FTU	114 FTU	31 FTU	175 FTU
COD	282 mg/l	419 mg/l	143 mg/l	273 mg/l	138 mg/l	358 mg/l
TOC	80,85 mg/l	60,87 mg/l	22,55 mg/l	42,11 mg/l	27,96 mg/l	55,16 mg/l
TIC	1,136 mg/l	0,391 mg/l	3,89 mg/l	0,626 mg/l	2,882 mg/l	0,354 mg/l

Kiertoveden analyyseissä näytteiden 1 ja 2 välillä on havaittavissa lämpötilojen osalta suuria eroja perjantain sekä maanantain näytteiden välillä. Tämä selittyy kiertovesitorniin käytetyllä tuorevedellä, joka näinä päivinä on ollut runsasta. Perjantain ja maanantain näytteissä 2 lämpötila on jäänyt noin 30–35°C:een. Kuituja pitkän kierron näytteessä on ollut selvästi enemmän verrattaessa lyhyen kierron näytteeseen. Kiertovesitornissa ei ole sekoitusta, joten tornin pohjalle kertyy kiintoainetta. Näytteenotto on tapahtunut pitkästä kierrosta pumpun imupuolelta, joten tällä saattaa olla myös vaikutusta näytteen kuitupitoisuuteen. Näytteen 2 runsaan kuitupitoisuuden myötä sameus, COD, TOC ja TIC ovat hieman lyhyen kierron näytettä korkeampia. Liitteessä 9 on esitetty kiertoveden uuteaineanalyysien tulokset.

## 9 PARANNUSEHDOTUKSET

Kuivatuskoneella kiertoveden ylimäärän hallintaa tulee kehittää automaation avulla. Tällä hetkellä Pietarsaaren UPM:llä kiertoveden ylimäärä kulkeutuu kiertovesitornin kautta jätevirtaukseen. Kiertovesitornia voidaan hallita pinnanmittauksen säädöillä, jotka ohjaavat kiertoveden kulutusta. Säädöllinen pinnanmittaus joko lisää veden käyttöä valkaisuun tai vähentää vedenkulutusta kiertovesitornin pinnan mukaisesti.

### 9.1 Vedenkäytön hallinta

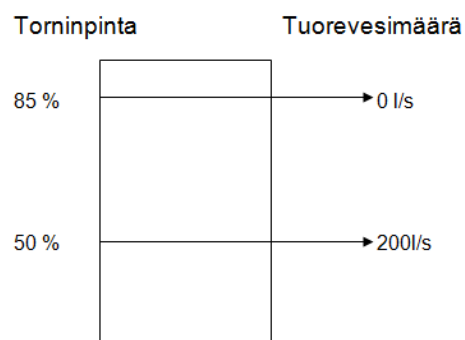
Kiertovesitornin ollessa täynnä tai ylijouksuventtiilin ollessa hieman auki tulisi säätöjärjestelmän lisätä vedenkulutusta kiertovesitornista. Näin prosessi ohjaisi liialliset vedet takaisin vesikiertoon ja vähentäisi veden virtausta jätevirtaukseen. Automaation tulisi lisätä kulutusta, kun kiertovesisäiliön pinnanmittaus saavuttaa noin 100 % ja ylijouksuventtiili on hieman auki. Kulutuksen tulisi olla normaalia asetusarvoa suurempi, kunnes kiertovesitornin pinta on laskenut noin 85 % ja ylijouksua ei tapahdu.

Vedenkulutus valkaisuun tulisi olla rajattu, jotta vesimäärän muutokset eivät aiheuta suuria heilahteluja. Virtausta valkaisuun voidaan kasvattaa portaittain, kunnes kiertovesitornin asetuspinta on saavutettu. Perusajatukseltaan kiertovesitornin pinnasta luodaan kulutuksen lisäys valkaisuun. Tällöin valkaisun vesiä voitaisiin kehittää siten, että VKK:n (kuuma kemiallinen vesi) kulutusta alennettaisiin, kunnes kiertovesitornin vesimäärä olisi hallinnassa. Kiertovesitornin pinnan ollessa alhaalla kiertoveden kulutusta tulee rajoittaa. Valkaisussa tämä voidaan ratkaista vähentämällä VN0:n kulutusta sekä pyrkimällä mahdollisuuksien mukaisesti käyttämään VKK:ta. Tällöin kuivatuskoneen vesilämpötilat pysyisivät hallittavissa ja kiertovesitorniini syötettävän kylmän kemiallisesti puhdistetun veden määrä vähenisi. Ensisijaisesti kiertovesitornin pinnan ollessa alhaalla on huomioitava mahdollisuus käyttää vettä kiertoveden varastosäiliöstä. Tämä parantaisi vesien hallintaa ja kuivatuskoneen toimintaa lämpötaloudellisesti.

Valkaisussa 2 käytetään kuivatuskoneelta 1 palautuvaa kiertovettä useisiin eri kulutuskohteisiin. Syksyllä 2010 tehtyjen vesimuutoksien myötä valkaisuun käytetään D1-suotimen alasuuhkulle pääsääntöisesti kuivatuskoneen kiertovettä, mutta suodin on myös varustettu VKK:n käytölle. Tämä putkilinja on varustettu virtausmittauksella. Suotimen vedenkulutus on noin 35 l/s. VN0:tä käytetään myös D1-suodossäiliöön pinnavarmistukseen sekä P-vaiheen pumppausastian laimennukseen. Näissä linjoissa ei ole virtausmittauksia. Taseen määrittämisen kannalta on tärkeää tietää oikeat kiertoveden kulutusmäärät valkaisuun. Lisäämällä virtausmittauksia valkaisuun voidaan tarkentaa VN0:n kokonaiskulutusta ja selkeyttää sen hallintaa.

### 9.1.1 Kiertovesitornin vedenkäyttö

Kiertovesitornin tämänhetkistä vedenkäyttöä on mahdollisuus parantaa automaation avulla. Kiertovesitornin tuorevedenotto kasvaa eksponentiaalisesti kulutuksen mukaisesti. Torninpinnan laskiessa alle 80 %:n syötetään torniin korvausvettä. Kemiallisesti puhdistettu vesimäärä kiertovesitorniin säädetään automaattiventtiilillä. Venttiili reagoi muutoksiin hitaasti, mikä aiheuttaa ongelmia kiertovesitornin vedenpinnan ollessa korkealla. Hidas reagointi mahdollistaa automatiikan kiertovesitorni vedenpinnan ja venttiilin välillä. Venttiilin toimintaa voitaisiin porrastaa kiertovesitornin vedenpinnan mukaisesti, jolloin kiertovesitornin vedenpinnan muutoksista huolimatta vedenkulutus olisi tasaista. Täten pystyttäisiin myös hallitsemaan kiertoveden ylijooksut sekä vesilaitoksen hiekkasuotimien toiminta tasoittuiksi.



KUVIO 34. Kiertovesitornin vedenpinnanmittaus

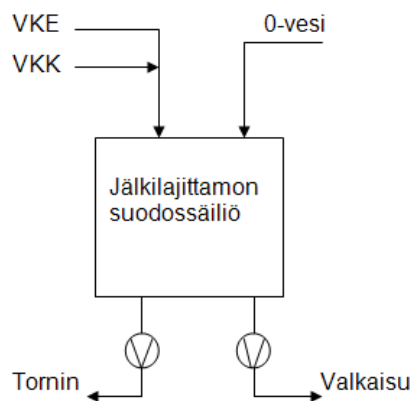
Kuvion 34 mukaisesti tuoreveden käyttö kiertovesitornissa voidaan ratkaista automaation avulla. Tällöin tuorevesimäärä sidottaisiin torninpinnan muutoksiin. Torninpinnan laskiessa lisääntyisi tuorevesimäärä kiertovesitorniin. Vesimäärä lisääntyisi tasaisesti, kunnes torninpinta saavuttaisi noin 50 %, jolloin tuoreveden kulutus olisi maksimissaan. Vastaavasti tuoreveden käyttö vähentyy kiertovesitornin pinnan saavuttaessa 85 %. Optimaalisinta olisi, että tuoreveden kulutusta ohjattaisiin automaattiohjauksella, jolloin tornin pinta säätäisi automaation asettamien arvojen mukaisesti. Koneenhoitaja voi poikkeustilanteessa ottaa vedenoton käsiajolle, jolloin vesimäärät säädetään manuaalisesti.

### **9.1.2 Valkaisun vedenkäyttö**

Valkaisussa kiertoveden kulutus tulee huomioida kiertovesitornin vesitilanteen mukaan. Kiertovesitorninpinnan laskiessa vedenkäyttöä valkaisuun tulisi vähentää, kuten esimerkiksi ratakatkotilanteissa sekä muissa häiriötilanteissa, joissa kuivauskone siirtyy kierrolle. Tällä hetkellä kiertovesi ohjataan jälkilajittamon suodossäiliöön ja sieltä eteenpäin valkaisuun kulutuskohteisiin. Kiertovesitorninpinnan muutoksista huolimatta tasainen määrä kiertovertä käytetään suodossäiliön pinnanvarmistukseen, joka on noin 100 l/s. Tällöin asetusarvojen vuoksi kiertovesitorniin käytetään runsaasti kylmää kemiallisesti puhdistettua vettä tornin pinnanvarmistukseen. Jälkilajittamon suodossäiliöpinnan varmistus on varustettu 0-veden sekä kuuman ja kylmän kemiallisen veden käytölle. Suodossäiliön vesiratkaisuja voidaan kehittää automaatiologiikalla kiertovesitornin pinnan muutoksia silmällä pitäen. Tällöin kiertovesitornin vedenpinnan muutoksista automaatio vähentäisi 0-veden kulutusta suodossäiliöön ja korvaisi vesimäärän VKK:lla.

VKK-linja suodossäiliön pinnanvarmistukseen on halkaisijaltaan 100 cm, joten kuumaa vettä saadaan linjan kautta maksimissaan noin 50 l/s. Ideana olisi, että suodossäiliön pinnanvarmistukseen käytettävä 0-vesilinja sulkeutuisi asteittain, kun kiertovesitornin pinta lähtee laskuun. Vastaavasti tällöin VKK-linja aukeaisi suodossäiliön pinnanvarmistukseen. Tarkoituksena olisi, että 0-veden kulutusta tapahtuisi häiriötilanteesta huolimatta, mutta kulutusmäärä vähenisi hetkellisesti. VKK:n määrä ei pysty korvaamaan kokonaan 0-veden käyttöä, joten tarvittaessa

voidaan pinnanvarmistukseen käyttää VKE:ta, mikäli kiertovesitornin vesitilanteen vaatii. Tämän muutoksen myötä vähenisi valkaisun 0-veden kulutus häiriötilanteissa maksimissaan noin 50 l/s. Vesimäärän vähennyksen johdosta koneen lämpötilaus paransi, koska kiertovesitorniin korvattavat vesimäärät vähenisivät merkittävästi. Lajittamon suodossäiliön vesiratkaisut on kuvattuna kuviossa 35.



KUVIO 35. 0-veden käyttö jälkilajittamon suodossäiliön pinnanvarmistuksessa

### 9.1.3 Häiriötilanteen hallinta

Kuivatuskoneen häiriötilanteessa tulee vedenkäyttöä hallita. Katkotilanteessa koneen vesivarastoja ei tule täyttää tuorevedellä, sillä hylkymassa sisältää runsaasti vettä. Kiertovesitornin ja hylkytornin käyttäytyminen ratakatkotilanteessa on kuvattuna sivulla 43 kuviossa 23. Vesimäärän siirtyessä kiertovesitornista hylkytorniin tulisi miettiä yhteistä veden mittaussäätöä. Tavoitteena on pitää yhteinen vesimäärä 100 %:ssa. Tällöin kiertovesitornin sekä hylkytornin vedenpinnat voivat muuttua, mutta kokonaisvesimäärä pysyy hallinnassa. Mittaus huomioi molempien säiliöiden pinnat ja säätää vedenkulutusta sen mukaisesti.

Kuivatuskoneen ratakatkon aikana massa ohjataan pulppereihin. Pulppereiden hylkymassa syötetään hylkytorniin ennen koneelle syöttöä. Niiden vedenkäyttö voidaan automatisoida, jolloin laimennussuhde saadaan automaatiolla säädettyä oikeaksi. Tämä ratkaisu parantaa vedenkäyttöä kuivatuskoneella, jolloin kokonaisvesimäärät pysyvät paremmin hallinnassa.



Hylkytornin toimintaa voidaan erikseen optimoida säädön avulla. Ratakatkotilanteessa hylkytornin vedenpinnan noustessa voidaan hylkysuhdetta kasvattaa liukuvasti, ja hylkytorninpinnan saavuttaessa esimerkiksi 60 % siirtyy kuivatuskone käyttämään ainoastaan hylkymassaa. Tämä ratkaisu edesauttaa vesitaseen hallintaa kuivatuskoneella sekä parantaa ajettavuutta. Hylkysuhdemuutos on kuivatuskoneelle tällöin tasaisempi.

## 9.2 Vesijärjestelmä

Uusien kuivatuskoneiden vesijärjestelmäratkaisuihin pyritään koneen lyhyttä vesikiertoa pitämään mahdollisimman haavoittumattomana. Kuivatuskoneen lyhyeen kiertoon syötetään tuorevettä, jolloin kuivatuskoneelle menevä vesi on mahdollisimman puhdasta parantaen myös veden suotautuvuutta. Lyhyen kierron vesiyli määrä kierrätetään kiertovesitorniin, josta vettä jaetaan muihin kulutuskohteisiin, kuten valkaisuun. Tämä ratkaisu olisi myös mahdollista toteuttaa Pietarsaaren UPM:llä. Tällöin kiertovesitornin vedenpinnan säätö tapahtuisi valkaisuun kulutuksen mukaisesti. Kiertoveden ylimäärät voitaisiin säännöstellä valkaisuun, ja kiertovesitornin ylijoksumäärät olisivat mahdollisesti hallittavampia. Lyhyen kierron puhtaus vaikuttaa koneen ajoteknillisiin ominaisuuksiin sekä kiertoveden lämpötilaan. Koneen häiriöttömän tuotannon takaamiseksi olisi hyvä selvittää mahdollisuudet käyttää VKK:ta kuivatuskoneella.

Tehtaalla saattaa syntyä ylimäärin kuumaa kemiallista vettä, mikä tulisi käyttää hyväksi kuivatuskoneen lyhyessä vesikierrossa. Nykyään kylmän tuoreveden käyttö pyritään minimoimaan ja se korvataan lämpimällä tai kuumalla vedellä, kuten UPM FRB:ssa. Haihuttamalla tai muissa lämpimän veden valmistuskohteissa, jossa käytetään kemiallisesti puhdistettua vettä, saattaa puhdasta vettä syntyä ylimäärin. Ylimääräinen puhdas vesi olisi järkevää käyttää kuivatuskoneella kylmän tuoreveden korvikkeena. Pietarsaaren UPM:n keittämöllä syntyvä kuumaa kemiallinen vesimäärä varastoidaan 50 m<sup>3</sup>:n säiliöön. Säiliö on kooltaan erittäin pieni ajatellen mahdollisia häiriötilanteita. Olisi järkevää suunnitella säiliö, joka mahdollistaisi myös kuumien veden käytön kuivatuskoneella lämpötalouden ylläpitämiseksi.

### 9.3 Vedenkäyttö

Kuivatuskoneella käytetään mekaanisesti ja kemiallisesti puhdistettuja vesiä useassa eri käyttökohteessa. Tyhjiöpumput ovat yksi kuivatuskoneen mekaanisesti puhdistetun veden tämänhetkisistä käyttökohteista. Tyhjiöpumpuille tuleva mekaanisesti puhdistettu tiivistevesi voitaisiin korvata kemiallisesti puhdistetulla vedellä. Tällöin tehtäisiin kytkentämuutos, jolloin tyhjiöpumppujen tiivistevedeksi käytettäisiin kemiallisesti puhdistettua vettä. Tyhjiöpumppukaivoon tulisi investoida pumppu, jolla voitaisiin pumpata tyhjiöpumppujen tiivistevesi lämmön talteenottoon. Tällöin kemiallisen veden lämpötila nousisi hiukan tyhjiöpumpuilla ja tehtaan tuoreveden käyttö ja jätevesimäärä pienenisivät. Mekaanisen veden käyttökohteeksi jäisivät ainoastaan erilaiset hydraulikan jäähdytykset. Tyhjiöpumppujen mukana on arvioitu tulevan huovasta irronneita likoja sekä karvoja, jotka aiheuttavat ongelmia lämmön talteenotossa. Tämä voidaan ratkaista lisäämällä sihtiratkaisu ennen vedenpumppausta lämmön talteenottoon.

Nykypäivän tehtaissa on vedenkulutus sellutonnin kohden keskimäärin  $2,5\text{--}3\text{ m}^3/\text{ADt/day}$ . Pietarsaaren UPM:llä vastaava vedenkulutus on noin  $2,1\text{ m}^3/\text{ADt/day}$ . Kuivatuskoneella vesikiertoa voidaan halutessa puhdistaa lisäämällä tuoreveden käyttöä. Kuivatuskoneen lämpötalouden kannalta olisi hyödyllistä käyttää kuumavesilaatikkojen lämmönvaihdinta hyväksi ja valmistaa kuumaa vettä koneen lyhyeen vesikiertoon. Tämä edesauttaisi perälaatikon lämpötilan nostoa. Optimaalinen vedenpoisto tapahtuu perälaatikossa  $65\text{ °C}$ :ssa. Kuivatuskoneen muutoksien myötä on investoitu höyrylaatikko korvaamaan kuumavesilaatikon toimintaa. Tällä hetkellä kuumavesilaatikko ei ole käytössä, sillä höyrylaatikko haihduttaa veden pois massaradasta tehokkaasti.

Pietarsaaren kuivatuskoneen 1 vesitaseen määrittämisen myötä olisi vesijärjestelmien kehitystä syytä jatkaa. Metson DNA:han tulisi luoda seurantaikkuna kuivatuskoneella käytettävistä vesistä, jolloin nähtäisiin veden kokonaiskulutusmääriä ja -paikkoja. Tämä voitaisiin toteuttaa samoin kuin valkaisun vedenkäytön seuranta. Järjestelmän luonnin edellyttämiseksi joudutaan lisäämään virtausmittauksia, jotta seuranta olisi todellinen. Tehtaan vesimäärien parempi hallinta edesauttaa kokonaistaseiden optimointia ja parantaa tehtaan ympäristöhallintaa.

#### 9.4 Uuteaineen hallinta

Sellutehtaan uuteinehallinta tapahtuu tavallisesti lyhyt- sekä pitkäkuituista raaka-ainetta käyttävillä tehtailla suovan sekä siitä saatavan mäntyöljyn avulla. Suopa ja mäntyöljy sisältävät hartsisaippuonia, jotka toimivat tärkeinä komponentteina uuteaineongelman poistossa. Havupuista saatavat hartsisaippuat ovat niin sanottuja hyviä hartsisaippuonia uuteaineongelman poiston kannalta. Suurin ongelma lyhyt- sekä pitkäkuituista raaka-ainetta käyttävillä tehtailla on mustalipeiden sekoittuminen, joka huonontaa hartsisaippuan laatua. Optimaalisinta uuteaineongelman poistamisessa on käyttää kaupallista hartsisaippuaa. Tätä syöttämällä valkolipeän mukana syöttökiertoon, keittimen siirtokiertoon ja pohjanpesuun sekä keitonjälkeisiin pesuihin saadaan hyviä tuloksia uuteaineongelman poistossa.

Kuivatuskoneella on mahdollista käyttää tippa-ainetta puhdistamaan vesikiertoa. Sen tavallinen syöttömahdollisuus on ennen sakeamassatorneja, jolloin fiksatiiviaine sitoo pihkapartikkeleita ja täten pudistaa kiertovettä. Fiksatiiviaineen käyttö perustuu kolloidien hallintaan, mikä edesauttaa vesikierron puhdistumista. Fiksatiiviaineella on myös saatu selviä parantavia vaikutuksia koneen toimintaan ja 0-veden sameuden alenemiseen.

## 10 LOPPUPÄÄTELMÄT

Kuivatuskoneen vesitaseen määrittämisen myötä on mahdollista kehittää prosessia. Tuloksista nähtiin, että vesipotentiaali on noin 10–60 l/s tuotannon mukaan. Näiden tulosten pohjalta voitiin kehittää vesijärjestelmää. Esitettyjen kehitysideoiden lähtökohdaksi oli tasoittaa vedenkulutusta ja maksimoida kiertoveden hyötykäyttö. Kehitysideoilla haluttiin saada tuoreveden kulutus hallintaan, jolloin myös puhtaan veden valmistus olisi vakaampaa.

Vedenkäytön optimoinnin myötä tärkeä osa prosessin kehittämisen perustuu häiriötilanteiden hallintaan. Kuivatuskoneen vesimäärien käyttäytyminen sekä vesimäärien siirtyminen huomioidaan poikkeustilanteissa. Lähtökohtaisesti kierto-vesimäärät ovat kuivatuskoneella hallittuja, kun poistuvat vesimäärät ovat hallinnassa. Veden käyttäytyminen häiriötilanteessa tulee huomioida kierto-vesi- ja hylkytornin osalta. Kuivatuskoneen hylkymassan käsittelyn parantamiseksi voitaisiin massan laimennusta pulppereissa, tornien nestepinnan mittausta sekä hylkysuhteen liukuvaa käyttöä kehittää. Tällöin häiriötilanteiden hallinta paranee. Yleisesti kuivatuskoneiden vedenkäyttö häiriötilanteissa ratkaistaan automaation avulla, jolloin automaatio stabiloi nestetaseen normaalitilanteeseen.

Ajoteknillisten ominaisuuksien kehittämisellä on mahdollista parantaa vesijärjestelmän toimintaa kuivatuskoneella. Kuten teoriaosassa on osoitettu, kuivatuskoneen lämpötaloudella on vaikutusta sen toimintaan. Kuivatuskoneen optimaalinen veden suotauminen viiraosalla tapahtuu perälaatikossa 65 °C:ssa. Lämpötilalla on vaikutusta taloudelliseen vedenpoistoon, ja se pienentää vedenpoistoon käytettävää kokonaisenergiämäärää. Lämpötilalla on siis suuri vaikutus myös taloudellisesta näkökulmasta katsottuna. Kehitysideoissa on esitettyjä mahdollisuuksia lämpötalouden parantamiseen niin energia- kuin ympäristönäkökulmasta.

Laboratorioanalyysien avulla on saatu hyvä yleiskuva tämänhetkisestä kiertoveden laadusta. Analyysien pohjalta on mahdollista suunnitella jatkotutkimuksia. Kiertoveden laatua ei ole aikaisemmin Pietarsaaren UPM:llä tutkittu laboratoriomenetelmillä, joten tulokset toimivat hyvinä vertailutuloksina mahdollisille lisätutkimuksille.

Kiertoveden laadusta on selvitetty tarkempia määrittämiä uuteainepitoisuuksista UPM:n tutkimuskeskuksen toimesta. Tavoitteena on kiertoveden analysoinnin suhteen suorittaa referenssiajanjakso mahdollisten uuteaineongelmien ilmaantuessa, jolloin maaliskuussa 2010 tehty kiertoveden analysointi toimii hyvänä vertailupohjana näille tuloksille.

Tutkimuksia kiertoveden laadun ja uuteainesaostumien osalta on hyvä suunnitella ja jatkaa. Suomen selluteollisuuden yksi tärkeimmistä kotimaisista raaka-aineista on lyhytkuituinen koivu. Selluntuotannon painottuessa lyhytkuituisen raaka-aineen käyttöön lisääntyvät vaatimukset vesikiertojen puhtaana pitämisen suhteen. Tarkkoja tietoja sekä tutkimuksia uuteaineiden saostumista prosessilaitteisiin ei ole saatavissa, joten asiasta löytyy runsaasti tutkittavaa.

## LÄHTEET

Back, E. L. 2000. Deresination in pulping and washing. In: Back, E.L. & Allen, L. H. (eds.). Pitch Control, Wood Resin and Deresination. Atlanta: Tappi Pres, 205–225.

Bajpai, P. K. 2008. Water Recovery in Pulp and Paper Making. Pira on Paper. United Kingdom: Pira International Ltd.

Botnia Äänekoski, henkilökohtainen tiedonanto 14.3.2011.

Bourgogne, G. & Laine, J. E. 2001. A review of effects of reduced water consumption on the wet end of the paper machine and the quality of paper. Paperi ja Puu 83, 3, 190–203.

Ekman, R. 2000. Resin during storage and in biological treatment. In: Back, E. L & Allen, L. H. (eds.). Pitch Control, Wood Resin and Deresination. Atlanta: Tappi Press, 197–201.

Ekman, R. & Holmbom, B. 2000. The Chemistry of Wood Resin. In: Back, E. L. & Allen, L. H. (eds.). Pitch Control, Wood Resin and Deresination. Atlanta: Tappi Press, 60.

Fagerblom, A. 2011. Energia- ja materiaalitehokkuutta parannetaan aktiivisesti. Metsäteollisuuden tietopalvelu. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/EnergiatehokJatkuva/Sivut/default.aspx>. Luettu 4.4.2011.

Fremer, K. E. 1967. Kuorenanatominen rakenne ja kemiallinen koostumus. Teoksessa Jenssen, W (toim.). Puukemia. Helsinki: Frenckellin Kirjapaino Oy, 11–12.

Gavelin, G. 1980. Torkining av Massa. Yrkesbok Y-209, Sveriges Skogsindustri-förbund. Lidingö: LPJ-Tryck.

Grispengerg, J. 1967. Puun uuteaineet. Teoksessa Jenssen, W (toim.). Puukemia. Helsinki: Frenckellin Kirjapaino Oy, 1–5.

Herchmiller, D. W. & Hastings, C. R. 1994. Elements of a water conservation program. In: Turner, P., Williamson, P. N. & Wadham, K. (toim.). Water use reduction in pulp and paper industry 1994. Vancouver: Pulp and paper research institute of Canada, 13–28.

Hautala Tapio, henkilökohtainen tiedonanto 14.3.2011.

Hetemäki, L. 2010. Asiantuntijalausunto eduskunnan ympäristövaliokunnalle Suomen metsäteollisuuden tuotanto- ja energiakulutuservoista. Metsätutkimuslaitos. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.metla.fi/pp/LHet/hetemaki-eduskunta-YMV\\_21\\_5\\_2010.pdf](http://www.metla.fi/pp/LHet/hetemaki-eduskunta-YMV_21_5_2010.pdf). Luettu 4.4.2011.

- Holmberg, M. 1999. Paper machine water chemistry. In: Neimo, L. (eds.). Papermaking Science and Technology. Book 4. Helsinki: Fabet Oy, 205–219.
- Holmberg, M. 1999. Pitch and precipitate problems. In: Neimo, L. (eds.). Papermaking Science and Technology, Book 4. Helsinki: Fabet Oy, 223–238.
- Holmbom, B. 1999. Analysis of paper making process waters and effluents. Sjöström, E. & Alén, R (eds.). Analytical Methods in Wood Chemistry, Pulping and Papermaking. United States of America: Springer, 269–273.
- Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2006. Paperin ja kartongin valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus 2. 5. painos. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Hämäläinen, T. 2009. Vettä säästämällä säästyy myös energiaa. Kemira Solutions 2/09. Helsinki: Kemira Oyj.
- Isotalo, K. 2004. Puu- ja sellukemia. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Johnson, T. 2001. The water map – a guide to managing your mill's systems. Tappi Journal 84, 37–38.
- Kahila, S. 1967. Pihkakysymykset. Teoksessa Jenssen, W (toim.). Puukemia. Helsinki: Frenckellin Kirjapaino Oy, 3–4.
- Kimalainen, J. 1993. Vedenkäsittelykoulutus. Wisaforest Kymmene. Tampereen prosessi-insinöörit Oy.
- Knowpap 2011. Sellu- ja paperitekniiikan oppimisympäristö. Www-dokumentti. Saatavissa: [www.knowpap.com](http://www.knowpap.com). Luettu 20.2.2011.
- Knowpulp 2010. Sellu- ja paperitekniiikan oppimisympäristö. Www-dokumentti. Saatavissa: [www.knowpulp.com](http://www.knowpulp.com). Luettu 10.1.2011.
- Knowpulp 2011. Sellu- ja paperitekniiikan oppimisympäristö. Www-dokumentti. Saatavissa: [www.knowpulp.com](http://www.knowpulp.com). Luettu 25.1.2011.
- Kuhasalo, A., Niskanen, J., Paltakari, J. & Karlsson, M. 2000. Introduction to paper drying and principles and structure of a dryer section. In: Karlsson, M (eds.). Papermaking science and technology. Book 2. Helsinki: Fabet Oy, 20–22.
- Kärkkäinen, P. 2007. Puutieteen perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Lindholm, G. 1998. Reduction of fresh water consumption in pulp and paper production. Paperi ja Puu 80, 4. 260–263.
- Puusta paperiin M-502. 1997. Paperikoneet yleistä. 2 muutettu painos. Saarijärvi: Sepsilva Ltd Oy.
- Puusta paperiin M-101. 1989. Yleiskatsaus paperiteollisuuteen. Vantaa: Metsäteollisuuden työnantajaliitto.

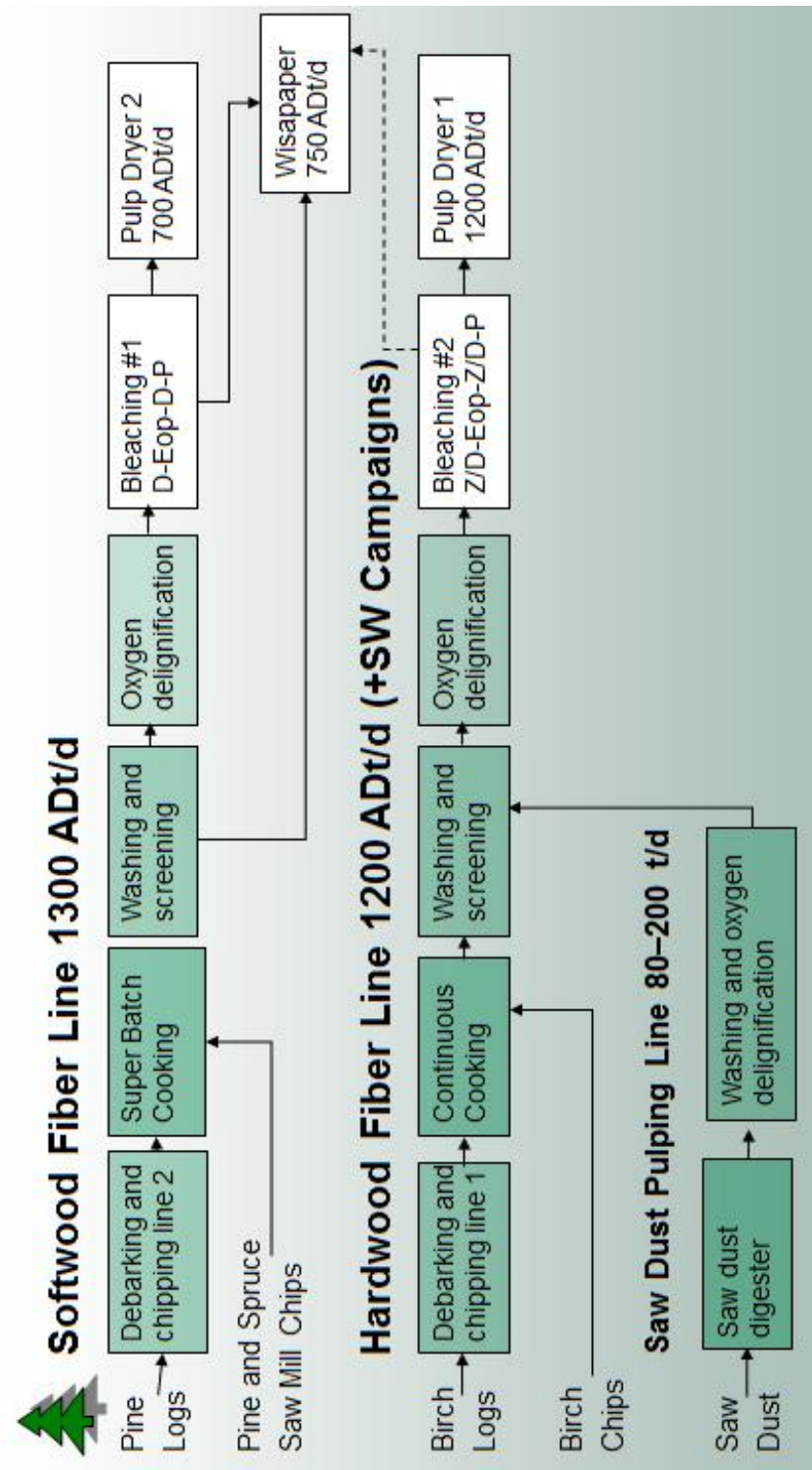
- Ramm-Schmidt, L. 2004. Suljettu kierto säästää kustannuksia ja ympäristöä. Chemitec Consulting Oy. Kemia — Kemi Vol. 31. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.chemitec.fi/uploads/files/suljettu\\_kierto.pdf](http://www.chemitec.fi/uploads/files/suljettu_kierto.pdf). Luettu 25.1.2011.
- Ropponen, M. 1977. Paperitehtaan kiertovesijärjestelmän sulkeminen. Metsäteollisuuden jätevedet. Helsinki: INSKOn julkaisu 143-76.
- Salkvist, Stig. 1995. Torkning av Massa. Yrkesbok Y-209, Skogsindustrins utbildning i Markaryd AB. Sverige: H-tryck AB.
- Salkvist, Stig. 1997. Torkning av Massa del 2. Yrkesbok Y-210, Skogsindustrins utbildning i Markaryd AB. Sverige: Markaryd Grafiska AB.
- Seppälä, M. J., Klemetti, U., Kortelainen, V., Lyytikäinen, J., Siitonen, R & Sironen, S. 2002. Paperimassan valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus 1. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Sulfatmassateknik 2010. Sellu- ja paperiteknikan oppimisympäristö. Saatavissa: UPM-Kymmene intranet. Luettu 10.1.2011.
- Tötterman, M. 1967. Käytöntarkkailu, vesi ja kemikaalit. Teoksessa Jenssen, W (toim.). Puukemia. Helsinki: Franckellin Kirjapaino Oy, 1–4.
- UPM Kymmene. 2010. Pietarsaaren tehtaot, esittelymonistheet.
- UPM Kymmene. 2011a. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.upm-kymmene.com/fi/upm>. Luettu 15.1.2011.
- UPM-Kymmene. 2011b. Veden käyttö- ja resurssit. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.upm.com/FI/VASTUULLISUUS/Vesi/Pages/default.aspx>. Luettu 4.4.2011.
- UPM-Kymmene Oyj. 2009a. Pietarsaaren tehtaot kuivatuskoneiden käyttöohjeet.
- UPM-Kymmene Oyj. 2009b. Pietarsaaren tehtaot vedenpuhdistamolaitoksen käyttöohjeet.
- UPM-Kymmene Oyj, Wisaforest. Intranet.
- UPM-Kymmene vuosikertomus 2009.
- UPM-Kymmene vuosikertomus 2010.
- Vuoristo, T. 2011. Vesijalanjälki ohjaa kestävään vedenkäyttöön. Metsäteollisuuden tietopalvelu. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/vesijalanjalkiohjaakestavaanvedenkayttoon/Sivut/default.aspx>. Luettu 4.4.2011.



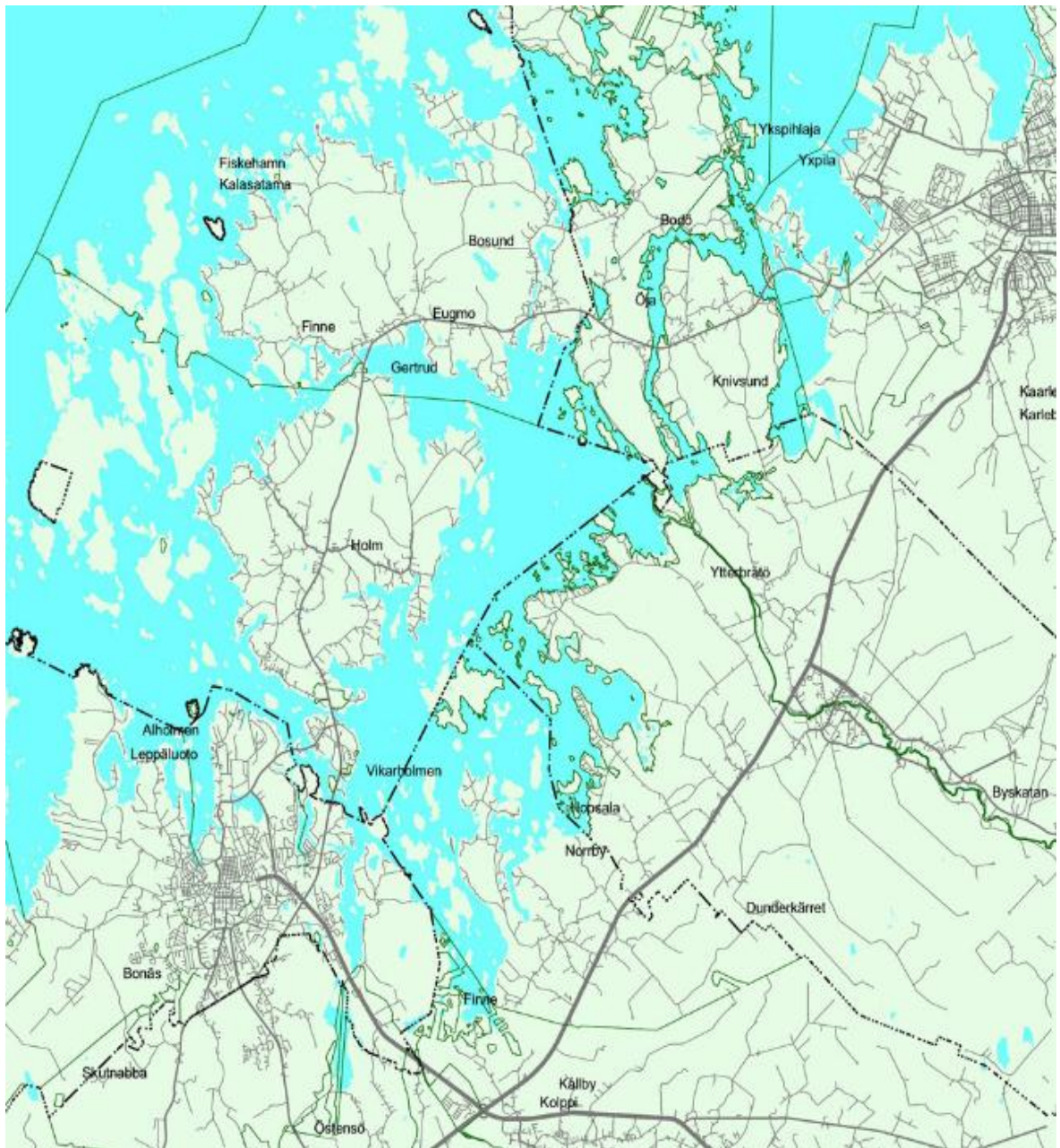
## **LIITELUETTELO**

- LIITE 1 Selluntuotanto Pietarsaari
- LIITE 2 UPM-Kymmene Pietarsaari vesistöalueen kartta
- LIITE 3 Tehtaan vedenkäsittely
- LIITE 4 Vesien laatuvaatimukset
- LIITE 5 Kuivatuskoneen massa- ja vesijärjestelmä
- LIITE 6 Pietarsaaren kuivatuskoneen vedenpoistot
- LIITE 7 Pietarsaaren kuivatuskoneen vesitase
- LIITE 8 Kiertoveden analysointi
- LIITE 9 Kiertoveden uuteaineanalyysien tulokset

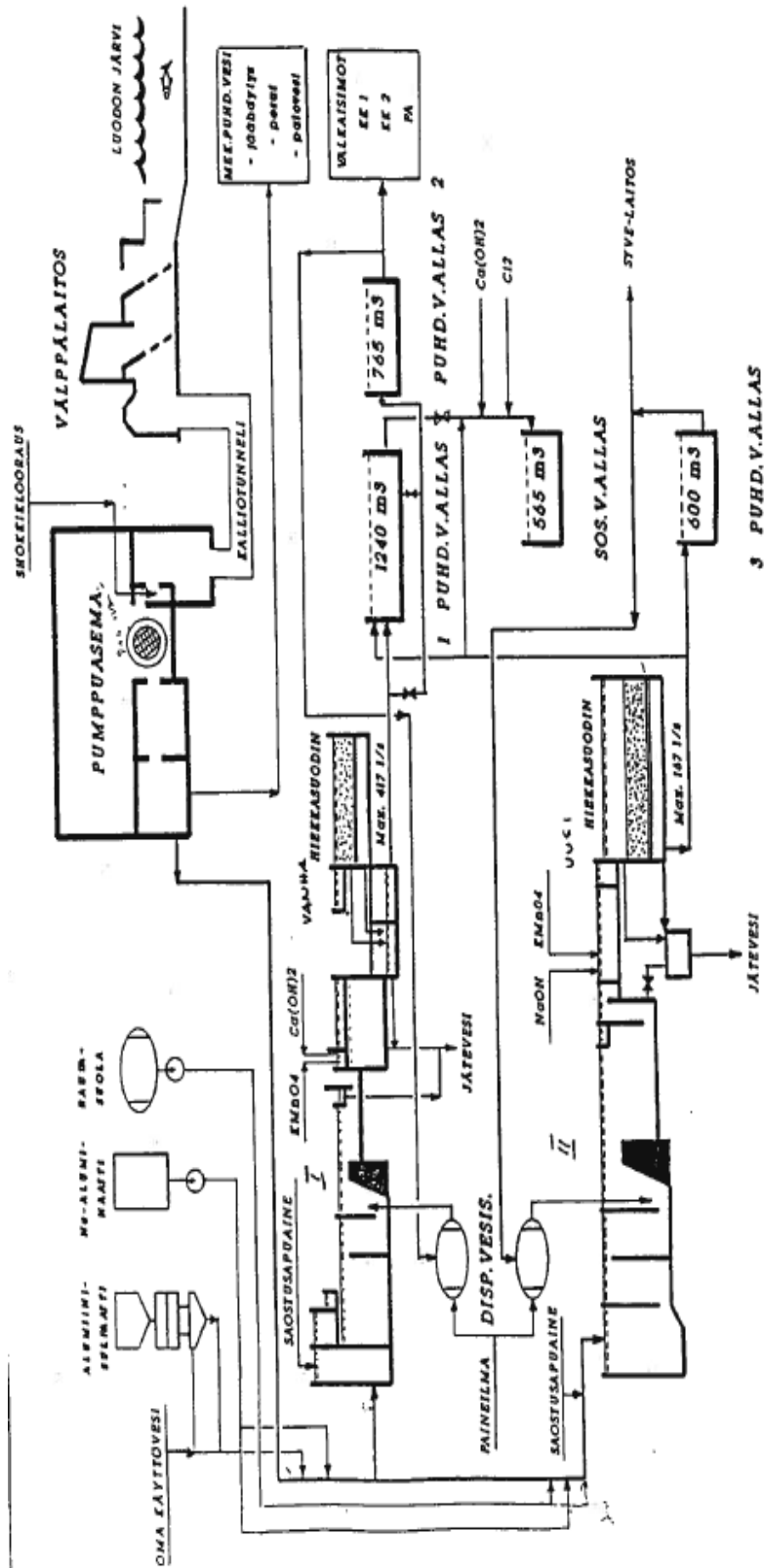
Selluntuotanto Pietarsaari



## UPM-Kymmene Pietarsaari, vesistöalueen kartta



Tehtaan vedenkäsittely



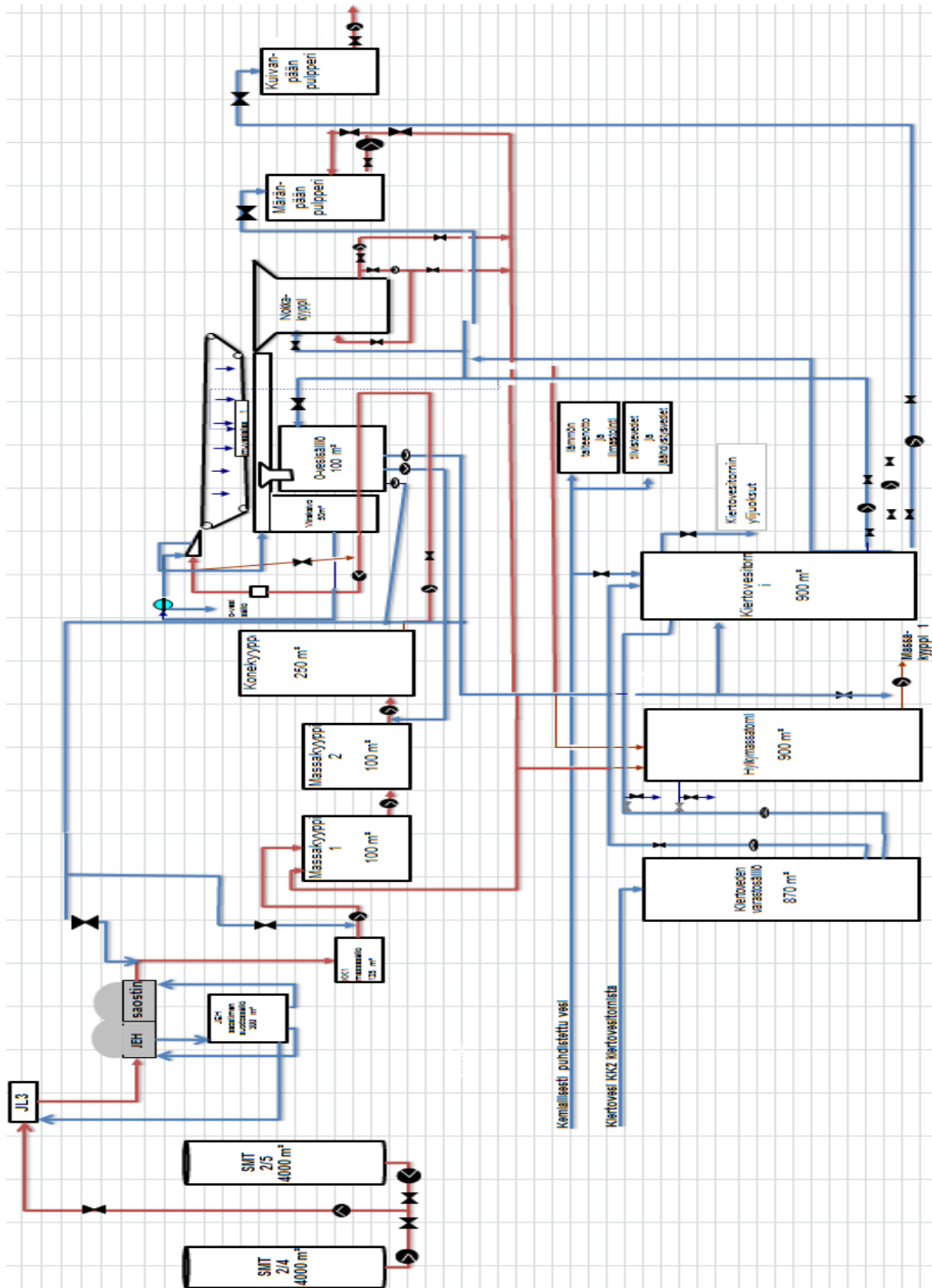
KYMMENE OY Schauman Pietarsaari  
 VEDEN KEMIALLINEN PUHDISTUS

Vesien laatuvaatimukset

NÄYTE 1 ANALYYSI YLÄRAJAT	Lämpötila °C	Johjoituskyky mS/m	Heppämyys pH	Silikaatti SiO <sub>2</sub> mg/l	KMnO <sub>4</sub> -luvut mg/l	Kloori Kloori Cl <sub>2</sub> mg/l	Alum. Al mg/l	Fosf. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	Ei-alk. ok mg/l	p-arvo	Väri mg Pt/l	Kovuus mmol/l	Sulfat SO <sub>4</sub> mg/l	Happi O <sub>2</sub> mg/l	Nitritum mg Na+/l	Rauta kok.Fe mg/l	Mang. Mn mg/l	Kupari Cu mg/l	Sammutus NTU	
																				Ennen heikkasuod. 1-linjaa
K Raakavesi	20	20	7	7	10	90	90	30	1		300	300								
E Kemikaaliväri																				
M pH mitt. / lab.	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	5.0	5.0	5.0	5.0	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	
P Puhdas vesi 1	20	20	8.5	8.5	5	16	16		0.3						25	0.10	0.10	0.3	0.5	
U Puhdas vesi 2	20	20	8.5	8.5	6	16	16		0.3						25	0.10	0.10	0.3	0.5	
H Kemipurhas vesi	20	20	8.5	8.5	5	16	16		0.3						25	0.10	0.10	0.3	0.5	
D Sosiaalivesi	20	20	8.5	8.5		12		0.8	0.2						150	0.20	0.10	0.3		
S Humus 1 suodattettu vesi	25	25	8.5	8.5		10	50								30					
U Humus 2 suodattettu vesi	25	25	8.5	8.5		10	50								30					
O Humus 3 suodattettu vesi	25	25	8.5	8.5		10	50								30					
L MB 1 - ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
A MB 2 - ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
N MB 3 - ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
P MB 4 - ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
O Sarja 1-ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
I Sarja 2-ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
S Sarja 3-ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
T Sarja 4-ionivaihd. vesi	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
O Lasi-vesi syvä-säiliön	0.05	0.05	8.5	8.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
L Ennen puhdistusta	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
A Ennen syvä-säiliöstä	0.05	0.05	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
U Kalliamö 1	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
M Kalliamö 2	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
H Haidittamo 1	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
T Haidittamo 2	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
E Kulkuväylä 1	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
T Kulkuväylä 2	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
E Paperitehdas	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
T Apuauhdutin 1	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
U Apuauhdutin 2	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
M Omakäyttö 1H	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
T Omakäyttö 2H	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
E Omakäyttö 2	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
T Omakäyttö 3 (Lamp)	0.4	0.4	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
S SK 1 imujohdo	0.3	0.3	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
Y SK 2 imujohdo	0.3	0.3	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
V SK 1 painepohjo	0.3	0.3	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
E SK 2 painepohjo	0.3	0.3	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
K K 9 painepohjo	0.3	0.3	9.5	9.5	0.020	0.020									0.020	0.020	0.020	0.003	0.003	
L K 10 kattilavesi (Hajuk)	40	40	10	10	2	40				0.75					80	1				
K SK 1 kattilavesi	40	40	10	10	2	40				0.75					80	1				
V SK 2 kattilavesi	40	40	10	10	2	40				0.75					80	1				
K 7 kattilavesi	40	40	10	10	2	40				0.75					80	1				
K 9 kattilavesi	40	40	10	10	2	40				0.75					80	1				
K Kaukolämpövesi, kaup.	10	10	10	10	2	40				0.75					80	1				
L Kaukolämpövesi, oma	10	10	10	10	2	40				0.75					80	1				
K 10 kyläläinen höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
K SK 1 kyläläinen höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
H SK 2 kyläläinen höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
K 7 kyläläinen höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
K 9 kyläläinen höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
T SK 1 tulisaittu höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
H SK 2 tulisaittu höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
K 7 tulisaittu höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	
K 9 tulisaittu höyry	0.25	0.25	9.5	9.5	0.020	0.020									0.010	0.020	0.020	0.003	0.003	



Kuivatuskoneen massa- ja vesijärjestelmä



## Pietarsaaren kuivatuskoneen vedenpoistot

## Tuotanto 800 ADt/d

<b>Tuotanto</b>	ADt/d	800
<b>Neliöpaino</b>	BDg/m <sup>2</sup>	800
<b>Rataleveys</b>	m	5,25
<b>Kuiva-aine</b>	%BD	90
<b>Nopeus</b>	m/min	119,0

		a	b	c	d	e	f
<b>Massavirtaus</b>	ADt/d	825	825	825	800	800	800
<b>Kuiva-aine ennen</b>	%	1,5	22	24	27	41	50
<b>Kuiva-aine jälkeen</b>	%	22	24	27	41	50	90
<b>Vesivirtaus</b>	l/s	533,7	3,3	4,0	10,5	3,7	7,4
<b>Vesivirtaus</b>	g/m <sup>2</sup>	51234	312	382	1012	351	711

## Tuotanto 1200 ADt/d

<b>Tuotanto</b>	ADt/d	1200
<b>Neliöpaino</b>	BDg/m <sup>2</sup>	800
<b>Rataleveys</b>	m	5,25
<b>Kuiva-aine</b>	%BD	90
<b>Nopeus</b>	m/min	178,6

		a	b	c	d	e	f
<b>Massavirtaus</b>	ADt/d	1237	1237	1237	1200	1200	1200
<b>Kuiva-aine ennen</b>	%	1,5	22	24	27	41	50
<b>Kuiva-aine jälkeen</b>	%	22	24	27	41	50	90
<b>Vesivirtaus</b>	l/s	800,5	4,9	6,0	15,8	5,5	11,1
<b>Vesivirtaus</b>	g/m <sup>2</sup>	51234	312	382	1012	351	711

## Pietarsaaren kuivatuskoneen vesitase

## Tuotanto 800 ADt/d

Tuotanto	800	ADt/d
	8,33333	BD kg/s
Sakeus	13	%

<u>Sisään tulevat</u>		
Massa	55,77	l/s
	6,69231	m <sup>3</sup> /ADt/d
Kemiallisesti puhdistettu vesi	25	l/s
	2,70625	m <sup>3</sup> /ADt/d
Tiivistevesi	0,26667	l/s
Höyry	2,2	kg/s

YHTEENSÄ	83,24	l/s
----------	-------	-----

<u>Poistuvat</u>		
0-vesi		
D1-suodatin	30	l/s
D1-suodossäiliö	10	l/s
P-suotimen pumppausastian laimennus	25	l/s
Pyörrepuhdistus		
6-vaiheen rejekti	5	l/s
Haihdutus		
	26,6667	T/h
	7,40741	kg/s

YHTEENSÄ	77,4074	l/s
----------	---------	-----

VESIPOTENTIAALI	5,83	l/s
-----------------	------	-----



## Tuotanto 1200 ADt/d

Tuotanto	1200	ADt/d
	12,5	BD kg/s
Sakeus	13	%

<u>Sisään tulevat</u>		
Massa	83,65	l/s
	6,69231	m <sup>3</sup> /ADt/d
Kemiallisesti puhdistettu vesi	25	l/s
	1,80417	m <sup>3</sup> /ADt/d
Tiivistevesi	0,26667	l/s
Höyry	2,2	kg/s

YHTEENSÄ	111,12	l/s
----------	--------	-----

<u>Poistuvat</u>		
0-vesi		
D1-suodatin	30	l/s
D1-suodossäiliö	10	l/s
P-suotimen pumppausastian laimennus	25	l/s
Pyörrepuhdistus		
6-vaiheen rejekti	5	l/s
Haihdutus		
	40	T/h
	11,1111	kg/s

YHTEENSÄ	81,1111	l/s
----------	---------	-----

VESIPOTENTIAALI	30,01	l/s
-----------------	-------	-----

## Kiertoveden analysointi

UPM Pietarsaari

14.3.2011

Tarkoituksena oli tutkia kiertoveden tämänhetkistä laatua, uuteaineiden koostumuksia sekä pitoisuuksia kuivatuskoneen kiertovedessä.

Tarkoituksena oli määrittää Pietarsaaressa kiertovedestä seuraavat asiat:

- lämpötila
- pH
- johtokyky
- kiintoaine / O-kuitu
- COD
- TOC
- TIC
- sameus

Näytteet otettiin kuivatuskoneen pitkästä sekä lyhyestä vesikierrosta. Näytteenottopaikka 1.

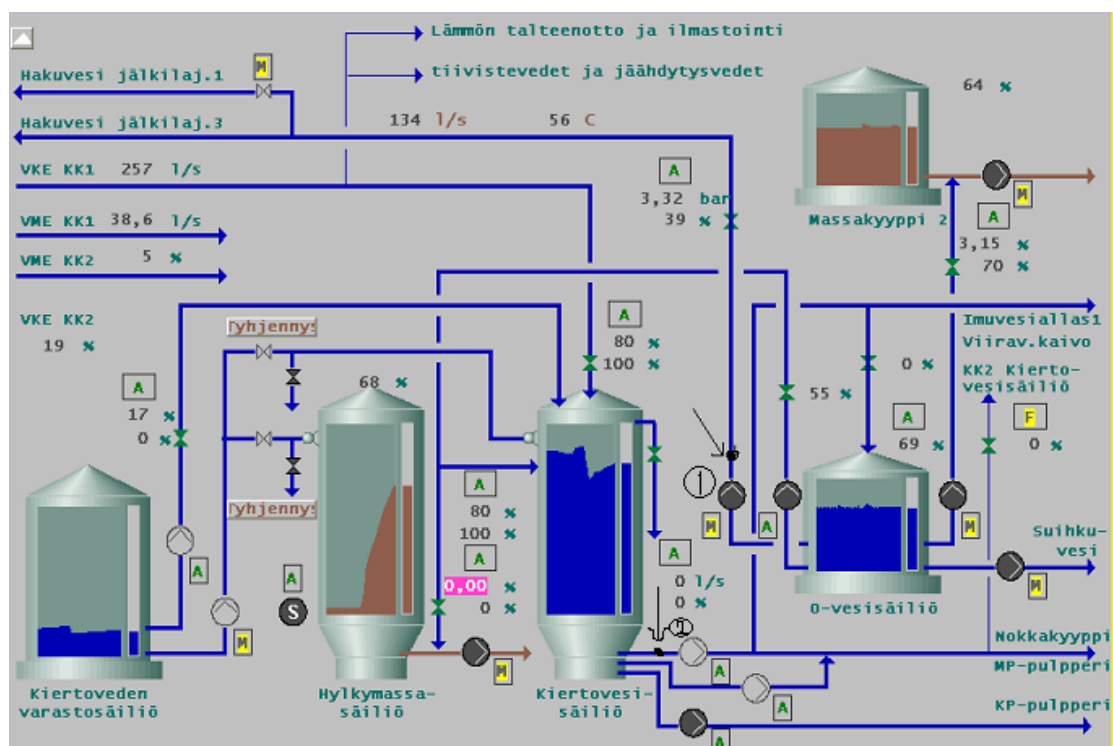


## Kiertoveden analysointi

## Näytteenottoaikka 2



Näytteenottoaikat prosessinohjauksussa:



## Kiertoveden uuteaineanalyyseiden tulokset

Description	Pietarsaaresta vesinäytteitä 16- 21.3.2011	Pietarsaaresta vesinäytteitä 16- 21.3.2011	Pietarsaaresta vesinäytteitä 16- 21.3.2011	Pietarsaaresta vesinäytteitä 16- 21.3.2011	Pietarsaaresta vesinäytteitä 16- 21.3.2011
Trialpoint	Vesi Kuivauskone 1, 16.3.2011 klo 8:60	Vesi Kuivauskone 1, 18.3.2011	Vesi Kuivauskone 2, 18.3.2011	Vesi Kuivauskone 1, 21.3.2011	Vesi Kuivauskone 2, 21.3.2011
LIMSno	11-03595-001	11-03595-002	11-03595-003	11-03595-004	11-03595-005
Sampling date	16.5.2011	18.3.2011	18.3.2011	21.3.2011	21.3.2011
Parent id					
GC, tunteamattomat näytteet	Done	Done	Done	Done	Done
Rasvahapot, GC (SPI)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hartsihapot, GC (SPI)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Neutraaliaineet, GC (SPI)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COMMENTS:					
11-03595-001	GC-analyysit McGinnis-menetelmällä Näytteissä ei ole havaittavissa rasva- ja hartsihappoja eikä neutraaliaineita. Jos on, niin alle meidän määritysrajojen				
11-03595-002	GC-analyysit McGinnis-menetelmällä Näytteissä ei ole havaittavissa rasva- ja hartsihappoja eikä neutraaliaineita. Jos on, niin alle meidän määritysrajojen				
11-03595-003	GC-analyysit McGinnis-menetelmällä Näytteissä ei ole havaittavissa rasva- ja hartsihappoja eikä neutraaliaineita. Jos on, niin alle meidän määritysrajojen				
11-03595-004	GC-analyysit McGinnis-menetelmällä Näytteissä ei ole havaittavissa rasva- ja hartsihappoja eikä neutraaliaineita. Jos on, niin alle meidän määritysrajojen				
11-03595-005	GC-analyysit McGinnis-menetelmällä Näytteissä ei ole havaittavissa rasva- ja hartsihappoja eikä neutraaliaineita. Jos on, niin alle meidän määritysrajojen				

Huhtikuussa tehtyjen uuteaineanalyyseiden tulokset osoittivat rasva- ja hartsihappojen sekä neutraaliaineiden pitoisuuksien olevan vähäiset. Seuraava kiertoiveden analysointi toteutetaan kesäkuun 2011 koivuajanjaksolla.