

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Risto Peltola
SUOVAN HALLINTA PESEMÖLLÄ

Tekniikan Porin Yksikkö
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautumisvaihtoehto
2007

ALKUSANAT

Työskennellessäni kesällä 2006 massatehtaalla, kuulin uudesta laitteesta, jota oltiin asentamassa massatehtaalle. Kuulin laitteen liittyvän suovan hallintaan ja tiesin aiheen olevan tärkeä ja ajankohtainen, joten mielenkiintoni heräsi tehdä aiheeseen liittyvä opinnäytetyö.

Kiitos Oy Metsä-Botnia Ab Rauman tehtaalle mahdollisuudesta päättötyöni tekemiseen. Haluan myös kiittää Pertti Lehmosta avun annosta ja kannustuksesta sekä tehtaan laboratoriota näytteiden analysoinnista ja kaikkia muita jotka ovat auttaneet työn onnistumisessa.

Pori 5.3.2007

Risto Peltola

SUOVAN HALLINTA PESEMÖLLÄ

Risto Peltola
Satakunnan Ammattikorkeakoulu
Tekniikka Pori
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2007
Valvoja: Hannelius Timo, lehtori, SAMK
Ohjaaja: Lehmonen Pertti, tuotanto, Botnia
UDK: 661.1, 661.187.4, 676.085

Avainsanat: Ilmanpoisto, mäntyöljy, mäntysuopa, SuperBatch, suovantiivistin, mustalipeä

TIIVISTELMÄ

Opinnäyte työn tarkoituksena oli löytää oikea ajomalli Botnian Rauman tehtaan hankkimalle A.H. Lundbergin valmistamalle suovantiivistimelle. Suovantiivistin on ensimmäinen Suomessa ja Rauman tehdas on pilottitehdas, jossa se on käytössä ensimmäisenä Euroopassa. Suovantiivistimen tarkoituksena on poistaa suovasta ja samalla myös prosessista ilmaa rikkomalla pienet saippuakuplat ja näin vähentää ilman kertymistä prosessiin. Ilma aiheuttaa prosessiin vaahtoa, joka haittaa mm. pumppauksia ja lajittimien toimintaa. Vaahto ei myöskään mahdu säiliöihin ja näin ollen sitä tulee ylikkaadoista lattioille.

Oikeaa ajomallia etsittiin muuttamalla pesemön ensimmäisen pesuvaiheen suodossäiliöiden pinnan asetusarvoja. Koeajoja ajettiin neljä, jotka kestivät kaikki noin kolme päivää. Koeajojen aikana otettiin myös näytteitä, joista analysoitiin mäntyöljy-, kuiva-aine- ja jäännösalkalipitoisuudet. Tulosten mukaan pintojen korkeuden muutokset eivät juuri vaikuttaneet ilmanpoistoon, joten näytteitä analysoitiin vain kahdesta koeajosta.

Oikeaksi ajomalliksi löytyi malli, jossa suodossäiliö 1 pinnan asetusarvo on 64 % ja suodossäiliö 3 pinnan asetusarvo 73 %. Tiivistimen jälkeisen pumppaussäiliön pinnan asetusarvolla 40 % tiivistetty suopa ehtii vielä tiivistyä lisää ennen pumppausta painesuotimille. Liian alhaisilla pinnoilla ajo aiheuttaa suodossäiliöihin ns. ”kansi-ilmiön”, jossa suopa tiivistyy kanneksi lipeäpinnan päälle ja luonnollinen ilmanpoisto säiliöistä estyy. Myös pesemön kuiva-aineella on suuri merkitys suovan erottumiselle. Koeajoissa kävi ilmi, että kun pesemön kuiva-aine pysyi tasolla 11,6–11,8 % ei suopaa tullut lattialle, mutta kun kuiva-aine nousi tasolle 12,0–12,2 % suopaa kaatui lattialle riippumatta pintojen asetuksista.

SOAP CONTROL IN WASHING

Risto Peltola
Satakunta Polytechnic
Unit of Technology Pori
Degree Programme in Chemical Engineering
March 2007
Supervisor 1: Hannelius Timo, lecturer, Satakunta Polytechnic
Supervisor 2: Lehmonen Pertti, production, Botnia
UDC: 661.1, 661.187.4, 676.085

Keywords: Deaeration, Tall Oil, Tall Soap, SuperBatch, Soap Concentrator, Black Liquor

ABSTRACT

Purpose of this Bachelor's thesis was to find out the optimal operating conditions of A.H. Lundberg's manufactured soap concentrator installed in Rauma Pulp Mill. Soap concentrator is a disc bowl centrifuge, which deaerates the light soap by breaking down the small soap bubbles. Air causes several disturbances in the process, for example pumping and screening problems.

Optimal operating conditions were found by changing the washing section filtrate tank levels. Four test runs were done and each one lasted three days. Black liquor samples were taken from the different positions. Tall oil content, dry solids and residual effective alkali content were analyzed. Based on the results, the level of filtrate tanks didn't affected to deaeration efficiency.

According to the test runs optimal deaeration conditions corresponded the following requirements: level of filtrate tank 1 (64%), level of filtrate tank 3 (73%) and level of soap concentrator following pumping tank 40 %. Optimal dry solids level in washing section in the sense of soap control was between 11,6 and 11,8 %.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	7
2. SULFAATTIKEITTOPROSESSIT	7
2.1 KEITTOKEMIKAALIT	8
3. SUPERBATCH- KEITTÄMÖN PERIAATE	12
3.1 HAKETÄYTTÖ	12
3.2 IMEYTYSLIPEÄTÄYTTÖ	14
3.3 KUUMAMUSTALIPEÄTÄYTTÖ	15
3.4 KML -SYRJÄYTYKSEN TARKOITUS	17
3.4.1 Kemialliset tekijät	17
3.5 KEITTOLIEMEN LÄMMITYS (NOSTOVAIHE)	17
3.6 KEITTO	18
3.6.1 Uuteainesten reaktiot keitossa	20
3.7 LOPPUSYRJÄYTYS	20
3.7.1 Loppusyrjäytyksen etuja kuumapuskun verrattuna	21
3.8 KEITTIMEN PURKU	22
4. ILMAONGELMAT PROSESSISSA	23
4.1 ILMALÄHTEET	23
4.2 ILMANPOISTO PROSESSISTA	23
5. SUOVANEROTUS	23
5.1 SUOVAN EROTTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	24
5.2 ILMANPOISTOON LIITTYVÄÄ FYSIKO-KEMIAA	24
6. MÄNTYÖLJYN ALKUPERÄ JA KOOSTUMUS	25
6.1 RAAKAMÄNTYÖLJYN VALMISTUS, VARASTOINTI JA KÄSITTELY	26
6.2 SUOVAN LIUKOISUUS	27
7. KOKEELLINEN OSA	30
7.1 KOEJÄRJESTELYT	30
7.2 SUOVANTIIVISTIN	32
7.3 SUOVANTIIVISTIMEN AJOMALLIN OPTIMOINTI	33
7.3 SUOVAN LIUKOISUUS PESEMÖLLÄ	34

7.4 MÄNTYÖLJY- JA ILMAPITOISUUS PESEMÖLLÄ.....	34
8. TYÖN TULOKSET.....	36
9. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	38
10. LÄHTEET.....	40

LIITTEET

1. Johdanto

Oy Metsä-Botnia Ab:n Rauman sellutehdas käynnistettiin vuonna 1996 ja se valmistaa havupuusulfaattisellua. Tehtaan kapasiteetti on tällä hetkellä 580 000 ADMT/a ja tehdas työllistää 161 henkilöä. Rauman tehtaalla on käytössä SuperBatch – eräkeittäjä ja siellä keitetään pelkästään havupuusellua. Havupuissa etenkin männyssä on paljon mäntyöljyä, jonka määrä lisääntyy talvella, mistä johtuu pesemöllä esiintyvä runsas suovan muodostus.

Tehtaalla erotetaan vaahtoa/suopaa ensimmäisen pesuvaiheen suodoksesta siten, että suovan kuorinta tapahtuu ylikaatona suodossäiliö 3:lta. Erottunut suopa virtaa vaahtosäiliöön, josta suopa kaatuu suovan tiivistimelle ja siitä edelleen painesuotimien läpi haihduttamolle. Suodossäiliö 3:ssa erottuva suopa on hyvin ilmapitoista ja vaahtomaista. Suovan tiheys on tämän vuoksi varsin alhainen vain 0,1 – 0,2 kg/dm³.

Työn tarkoituksena oli löytää oikea ajomalli Metsä-Botnia Rauman tehtaan hankkimalle A.H. Lundbergin valmistamalle suovantiivistimelle, jolloin pesemöllä erottuvasta suovasta saataisiin poistettua mahdollisimman paljon ilmaa ja näin ollen suopa pysyisi säiliöissä, eikä kaatuisi enää ylikaatojen kautta lattialle. Lisäksi on tarkoitus tutkia suovan liukoisuutta pesemöllä ja pesemön lipeiden mäntyöljy- ja ilmapitoisuutta.

2. Sulfaattikeittoprosessit

Keittoprosessit voidaan jakaa kahteen pääluokkaan; eräkeittoon ja jatkuvatoimiseen keittoon. Eräkeitossa sellun keitto tapahtuu vaihe kerrallaan keittimissä, joita keittämöllä on useita, esim. Raumalla 10 kappaletta. Jatkuvassa eli vuokeitossa haketta ja kemikaaleja syötetään jatkuvasti keittimen yläpäähän ja massaa poistetaan alapäästä. Keitin on jaettu vyöhykkeisiin, joissa keiton eri vaiheet tapahtuvat.

Ympäristökuorman vähentämiseksi on keiton kappalukua pyritty laskemaan. Esimerkiksi havupuulla tyypillinen kappaluku keiton jälkeen oli 70 - luvulla noin 35, kun se nykyisin on alle 30 ja SuperBatch keittämöillä jopa alle 25. Näin vähennetään valkaisuissa poistettavan ligniinin määrää ja samalla valkaisukemikaalien kulutusta. Lisäksi valkaisuissa poistettava ligniini päätyy valkaisulinjan jätevesiin, joten jätevesikuormituksen kannalta keittoa on edullista jatkaa mahdollisimman pitkälle. Kuitenkaan kappalukua ei kannata alentaa liikaa keittovaiheessa, koska massan lujuusominaisuudet ja saanto putoavat tietyn pisteen jälkeen huomattavasti. Happidelignifioinnin voimakas kehitys on aiheuttanut sen, että huomattavan alhaisten keittokappojen tavoittelusta ollaan nykyisin luovuttu ja ligniiniä poistetaan entistä enemmän happivaiheessa.

Sekä erä- että vuokeitosta löytyy useita muunnelmia, jotka perustuvat yleensä erilaisiin keiton aikana tehtäviin keittoliemenvaihtoihin. Näin pyritään reaktio-olosuhteita muuttamalla parantamaan massan laatua, mahdollistamaan keitto alhaisemmalle kappalukutasolle sekä vähentämään energiankulutusta. /1/

2.1 Keittokemikaalit

Valkolipeä (kuva 1) on sulfaattikeittoon käytettävä kemikaaliseos. Sen vaikuttavat kemikaalit ovat natriumhydroksidi (NaOH) ja natriumsulfidi (Na₂S). Valkolipeän väkevyys edellä mainittujen yhdisteiden suhteen ilmoitetaan vaikuttavana eli aktiivisena alkalina (Active Alkali) tai tehollisena alkalina (Effective Alkali) (g/l).

/1/

VAIKUTTAVA ALKALI (AA) (g/l) = NaOH + Na₂S

TEHOLLINEN ALKALI (EA) (g/l) = NaOH + ½ Na₂S

Taulukko 1. Esimerkki valkolipeän koostumuksesta.

<u>Aine</u>	<u>Määrä (g/l)</u>
NaOH	89
Na₂S	44
Na₂CO₃	25
Na₂SO₃	1
Na₂S₂O₃	9
Na₂SO₄	8
<hr/>	
Kokonaisalkali	161,4 g NaOH/l
Aktiivinen alkali	131,5 g NaOH/l
Tehollinen alkali	109,2 g NaOH/l

Mustalipeä (kuva 1) on keitossa reagoinutta valkolipeää, johon on liennut puun yhdisteitä. Musta väri johtuu lipeään liuenneista, alkalien värjäämistä ligniiniyhdisteistä. /1/

Valkolipeä, mustalipeä ja viherlipeä

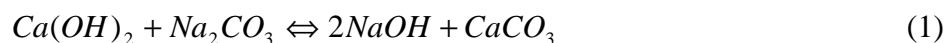


Kuva 1. Keittokemikaalit. /1/

Natriumsuolojen pitoisuus ilmoitetaan tyypillisesti grammoina litrassa vastaavina määrinä joko natriumhydroksidia (NaOH) tai natriumoksidia (Na₂O). Käytännön perustuu yhdisteiden natriumpitoisuuksiin. Muunnoskerroin Na₂O:sta NaOH:ksi on 1.29 ja päinvastoin 0.775.

Viherlipeä (kuva 1) on laihaan valkolipeään liuotettua soodakattilan sulaa. Toisin sanoen se on mustalipeää, jonka orgaaninen aines on poltettu pois. Lisäksi on tapahtunut muita reaktioita, mm. natriumsulfaatin muuttuminen natriumsulfidiksi. Viherlipeästä valmistetaan valkolipeää kaustisoinnissa. /1/

Kaustisoinnissa tapahtuu seuraava reaktio: kalsiumhydroksidi reagoi natriumkarbonaatin kanssa ja syntyy natriumhydroksidia ja kalsiumkarbonaattia.



Natriumsulfidin osuus keittonesteessä ilmoitetaan sulfiditeettina (%). Sulfiditeetti on nykyaikaisessa tehtaassa yleensä tasolla 30–40 %. Pelkistymis- eli reduktioaste (%) kertoo sen, kuinka hyvin keitossa reagoimaton natriumsulfaatti on saatu

pelkistettyä hyödylliseksi natriumsulfidiksi. Pelkistys tapahtuu soodakattilassa. Kaustistumisaste (%) kertoo valkolipeän valmistuksen kemiallisesta tehokkuudesta eli paljonko keitossa reagoimattomasta natriumkarbonaatista on muuntunut natriumhydroksidiksi. Tyypillinen kaustisointiaste on 80-88 %, Rauman tehtaalla kaustisointiaste on 79,3 %./1/

$$\text{Sulfiditeetti} = \frac{Na_2S}{Na_2S + NaOH} * 100\% \quad (2)$$

$$\text{Kaustistumisaste} = \frac{NaOH}{Na_2CO_3 + NaOH} * 100\% \quad (3)$$

Tehollinen alkali, aktiivialkali ja sulfiditeetti ovat tärkeimmät valkolipeän laatua kuvaavat suureet. Tehollinen alkali kuvaa OH⁻ -ionien konsentraatiota, aktiivialkali OH⁻ ja HS⁻ -ionien yhteismäärä ja sulfiditeetti HS⁻ ja OH⁻ -ionien suhdetta.

Alkaliannos ilmoitetaan yleensä prosentteina puusta. Tällöin tarkoitetaan alkalimäärää suhteutettuna täysin kuivaan puuhun.

Valkolipeän valmistuksen reaktiotasapainon seurauksena valkolipeän väkevyys on luokkaa 140 - 170 g/l vaikuttavaa alkalia NaOH:na. Valkolipeä sisältää myös muita natriumsuoloja, kuten natriumsulfaattia (Na₂SO₄) ja natriumkarbonaattia (Na₂CO₃) sekä pieniä määriä sulfiitteja ja klorideja. Kaikki natriumsuolat voidaan ilmoittaa titrautuvana kokonaisalkalina (TTA, g/l). Siinä huomioidaan kaikki natriumyhdisteet, esimerkiksi natriumsulfaatti ja -karbonaatti. Suuret sulfaatti- ja karbonaattimäärät valkolipeässä kertovat häiriöistä jätelipeän poltossa tai valkolipeän valmistuksessa. Koska sulfaatti ja karbonaatti eivät juurikaan osallistu keittoreaktioihin, ne kuormittavat turhaan kemikaalikiertoa. Valkolipeä sisältää myös muita keitossa reagoimattomia aineita, kuten esimerkiksi klorideja ja kalsiumyhdisteitä. Myös näiden niin sanottujen inerttien aineiden määrä riippuu suuresti tehtaan kemikaalikierron tilasta, esimerkiksi valkolipeän suodatuksen onnistumisesta./1/

Antrakinoni (AQ) on orgaaninen yhdiste, jonka on todettu lisäävän keiton saantoa, erityisesti matalammilla sulfiditeeteilla. Korkean, esimerkiksi 40 % sulfiditeetin tehtaassa ero on huomattavasti vähäisempi. Antrakinonin käyttöä on toistaiseksi vähentänyt sen korkea hinta. Kuitenkin eräissä tapauksissa, tehtaan kemikaalikierron ollessa pullonkaulana, sen käyttö on huomattu kannattavaksi. /1/

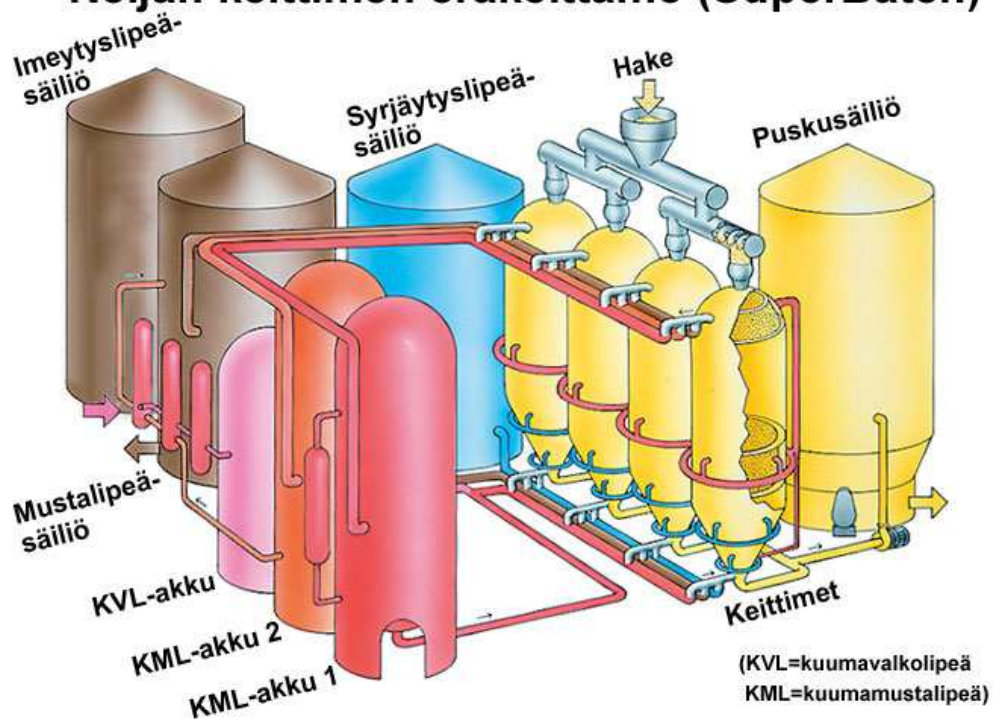
3. SuperBatch- keittämön periaate

3.1 Haketäyttö

Haketäytössä käytetään yleensä matalapaineista tuorehöyryä apuna pakkauksessa. Näin saadaan enemmän haketta keittimeen ja hake jakautumaan tasaisemmin. Höyry poistaa samalla ilmaa hakkeesta, joka hidastaa keittokemikaalien impregnaatiota. Haketäytön aikana keittimen keskisihtien tai yläpään syrjäytyssihtien kautta, poistetaan ilmaa. Keittimen yläpäässä olevat kansiventtiilit, joista hake syötetään, ovat tyypillisesti suuria palloventtiilejä.

Täyttöhöyryn lisäksi hake voidaan pasuttaa keiton tasaisuuden parantamiseksi, mutta yleensä sitä ei tehdä tuorehöyryn säästämiseksi. Täyttöhöyry kuitenkin vastaa hiukan pasutusta, joskaan se ei ole yhtä tehokas kuin vuokeittimen pasutus. Pasutus ei eräkeitossa ole yhtä oleellista kuin vuokeittimessä, koska hakepatjan ei eräkeitimessä tarvitse liikkua alaspäin. Kemikaalien imeytystä parannetaan SuperBatch-keitossa (kuva 2) korkealla neste-puusuhteella, joka osaltaan vähentää pasutuksen tarvetta. /1/

Neljän keittimen eräkeittäjä (SuperBatch)



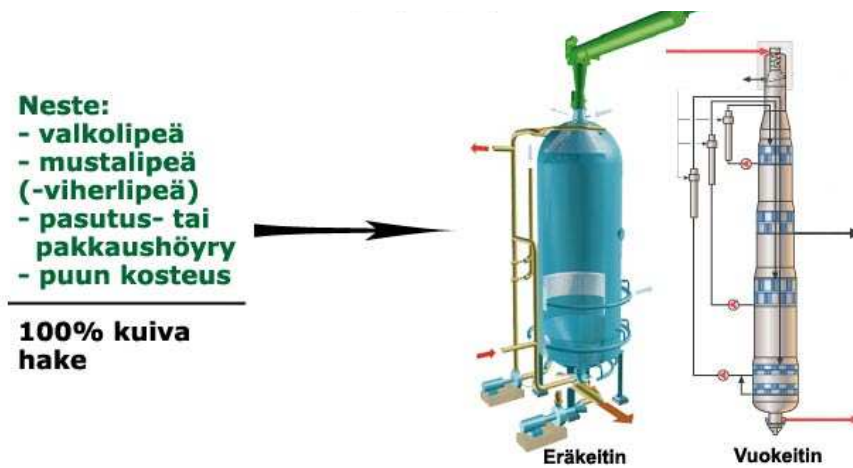
Kuva 2. SuperBatch eräkeittäjä. /1/

Haketäyttöön kuuluu esimerkiksi hakehinnan kapasiteetista ja keittimen koosta riippuen 20 - 30 minuuttia.

Hakkeen määrä on eräkeitossakin tiedettävä mahdollisimman tarkasti, koska alkalin annostus lasketaan puumäärän mukaan. Eräkeitossa hakemäärä voidaan mitata esimerkiksi punnitsemalla hakepatjan paino keittimen jaloissa olevien antureiden avulla. Hakemäärä voidaan mitata myös hakehinnan punnituksella, joskin se on usein epätarkempi keino (kuva 3). /1/

Neste-puusuhde = Kaikki keittimeen tullut neste (4)

Kuiva hake



Kuva 3. Neste-puusuhde. /1/

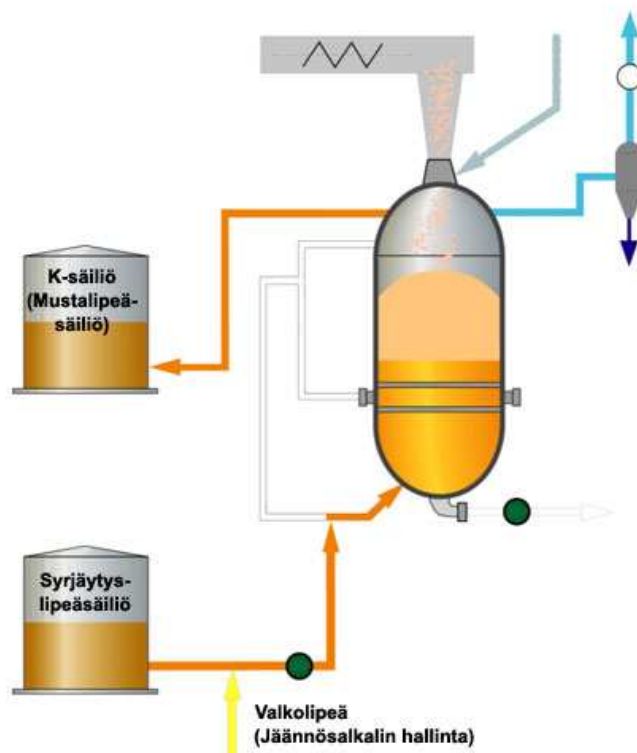
3.2 Imeytyslipeätäyttö

Keitin täytetään pumpaamalla pohjasta 80 - 95°C -asteista mustalipeää. Ilma ja ylimäärä lämminmustalipeää otetaan keittimen yläpäästä syrjäytyssihdin läpi ja johdetaan ilmanpaineessa olevaan säiliöön. Imeytysvaiheen lopuksi ilman ja lipeän poisto lopetetaan ja jatketaan tietyn ajan lipeän pumpaamista keittimeen. Näin keitin paineistetaan noin 3 bar:n paineeseen. Tällä parannetaan imeytymistä, lähinnä penetraatiota, eli lipeän imeytymistä syvälle puun (hakkeen) sisään. Imeytysvaiheesta keiton loppuun saakka keitin on hydraulisesti täynnä, eli erillistä kaasutilavuutta ei keittimen huipussa ole. Neste-puusuhde on alussa noin 5.

Imeytyslipeä poistaa hakkeesta ja hakepalasten välistä ylimääräistä ilmaa ja lämmittää hakkeen 70 - 90°C asteen lämpötilaan. Jäisellä hakkeella lämpötila jää 50 - 70°C asteeseen. Imeytysvaihe kestää tyypillisesti puolisen tuntia (kuva 4). /1/

Imeytys

- Lämminlipeäimeytys syrjäytyslipeällä (<90°C)
- Lipeän jäännösalkali pidetään tietyllä tasolla
- Keitin täytetään lipeällä kokonaan
- Paineistus noin 3,5 bar paineeseen



Kuva 4. Imeytyslipeätäyttö. /1/

3.3 Kuumamustalipeätäyttö

Kuumalipeätäytössä pumpataan noin 160–170°C mustalipeää kuumamustalipeäakku (KML) 1:stä keittimen pohjaan. Lipeä syrjäyttää imeytysvaiheen alle 90°C lipeän. Syrjäytyvä lipeä otetaan aluksi lämminlipeäsäiliöön (LML). Kun syrjäytyvän lipeän lämpötila on noussut yli kiehumispisteen, 100°C, loppu siitä ohjataan KML-akku 2:een.

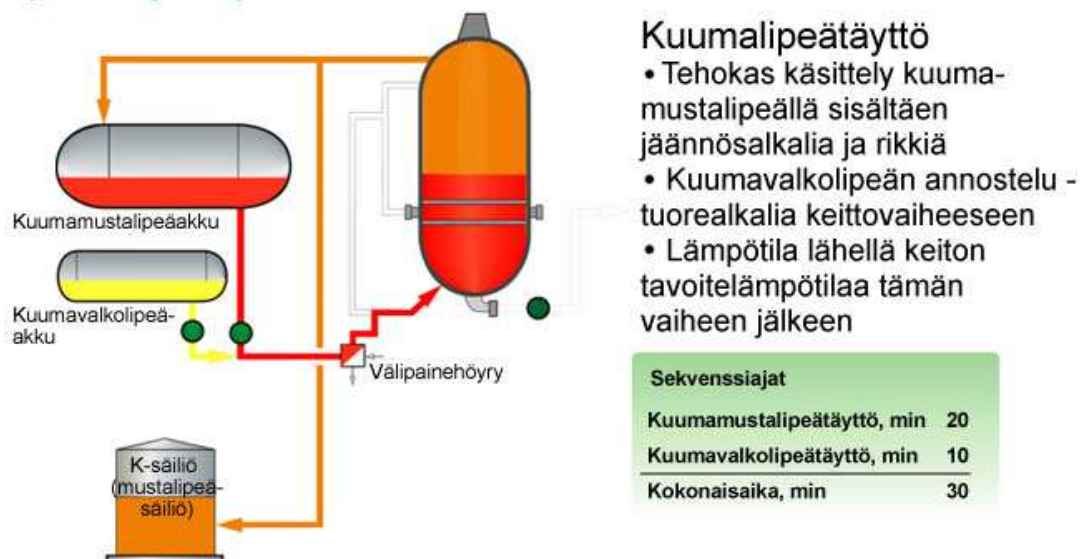
Kun tietty määrä kuumamustalipeää on pumpattu, lisätään keittoon tarvittava annos kuumaa valkolipeää (KVL). Valkolipeäannoksen jälkeen pumpataan vielä hetken kuumaa mustalipeää putkilinjojen puhdistamiseksi valkolipeästä. Kuumalipeätäyttöön kuluu keskimäärin 35 minuuttia.

Sekä KML-akku 1:ssä että KVL-akussa on lämmityskierto, eli lipeää otetaan akusta, pumpataan lämmönsiirtimen läpi ja palautetaan takaisin akkuun. Näin lipeät lämmitetään lähelle keittolämpötilaa. Samalla tasoitetaan keittämön höyryn käyttöä, eli lämmönsiirtimiin johdetaan vähemmän höyryä silloin, kun esimerkiksi jokin muu keitin kuluttaa höyryä haketyön tms. vuoksi.

Kuumalipeätäytön jälkeen on yleensä tasauskierrätys 2 - 8 min ennen lämpötilan noston alkua.

Kuumalipeäakkujen täytyy olla paineellisia korkeasta lämpötilasta (160-170°C) johtuen. Keittimiä on yleensä 3 - 5 yhtä syrjäytyslinjaa kohti (kuva 5). /1/

Kuumamustalipeäkäsittely / Keittolipeäannos (havupuu)



Kuva 5. KML -täyttö. /1/

3.4 KML -syrjäytyksen tarkoitus

Lämmitys keittolämpötilaan syrjäyttämällä on keskeistä syrjäytyseräkeiton lämpötalouden kannalta. Höyryä tarvitaan sitä vähemmän, mitä lähemmäs lopullista keittolämpötilaa syrjäytyksellä päästään. Lämmityksen nopeuttamiseksi käytetään yleensä suora-höyrylämmitystä, mikä aiheuttaa lauhdetappioita (lauhteita ei saada talteen). Kuumaliipeä-syrjäytyksen onnistuminen on tärkeää sekä keittämön kapasiteetin että rytmityksen onnistumisen kannalta. Mikäli KML -täyttö ei onnistu, tulee höyrylämmitysvaiheesta pidempi. /1/

3.4.1 Kemialliset tekijät

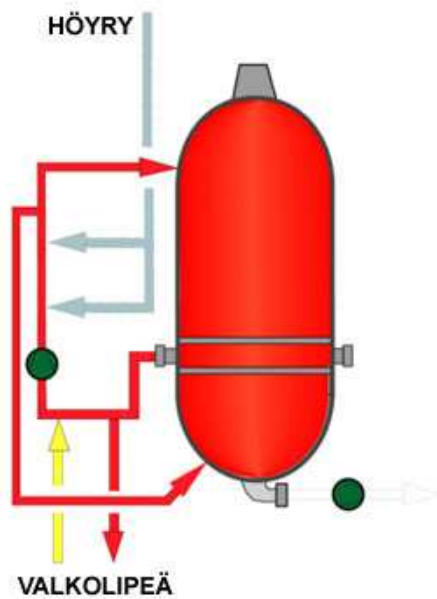
KML -täytön lämpötiloissa keittoreaktiot ovat jo alkaneet. Tarkoituksena on saada mustaliipeän NaHS reagoimaan heti keiton aluksi puun ligniinin kanssa. Tällöin sekä saannon että massaominaisuuksien on todettu olevan parempia. Samoin matala alkaliteetti keiton alussa on edullista massan laadun kannalta. Jäännösalkalin hallinta on hyvin tärkeää, eikä se missään vaiheessa saa laskea liian alas (alle 5-10 g/l tehollista alkalia NaOH:na), mikä aiheuttaisi sen, että mustaliipeään liuennutta ligniiniä saostuisi hakkeen pinnalle, jolloin tuloksena on vaikeasti valkaistavaa massaa. /1 ja 3/

3.5 Keittoliemen lämmitys (nostovaihe)

Lämpötilan nosto lopulliseen keittolämpötilaan tehdään lämmittämällä kierrätettävää lipeää. Keittimen keskellä on sihdit, joista kierrätetty lipeä imetään keittimestä kiertopumpulla. Kiertoliipeä lämmitetään suoralla höyryllä tai lämmönsiirtimellä ja pumpataan takaisin keittimeen sekä ylä- että alapäähän. Nopean lämmityksen saavuttamiseksi käytetään useimmiten suoraa höyrylämmitystä. Koska keittimessä oleva lipeä on jo lähellä keittolämpötilaa, lämmitystarve on vähäinen, yleensä noin 5-10°C, riippuen KML -täytön onnistumisesta. Lämmitysajaksi riittääkin yleensä noin 20 minuuttia.

Kaasausventtiili keittimen yläpäässä on auki koko lämmityksen ajan ja keittimessä muodostuvat kaasut johdetaan KML-akku 2:een. Sieltä kaasut johdetaan tärpätinerotukseen ja väkevien hajukaasujen keräilyyn (kuva 6). /1/

Lämmitys ja keitto



- Lipeän virtaussuunta syrjäytys-sihtien läpi on muuttunut
- Suuri kiertovirtauksen määrä koko lämmitys- ja keittovaiheen ajan
- Suura höyrylämmitys - suuttimet
- Alkaliprofiilin hallinta - jako, purku

Sekvenssajat

Lämmitys, min	10-20
Keitto, min	40-60
Kokonaisaika, min	50-80

Kuva 6. Lämmitys ja keitto. /1/

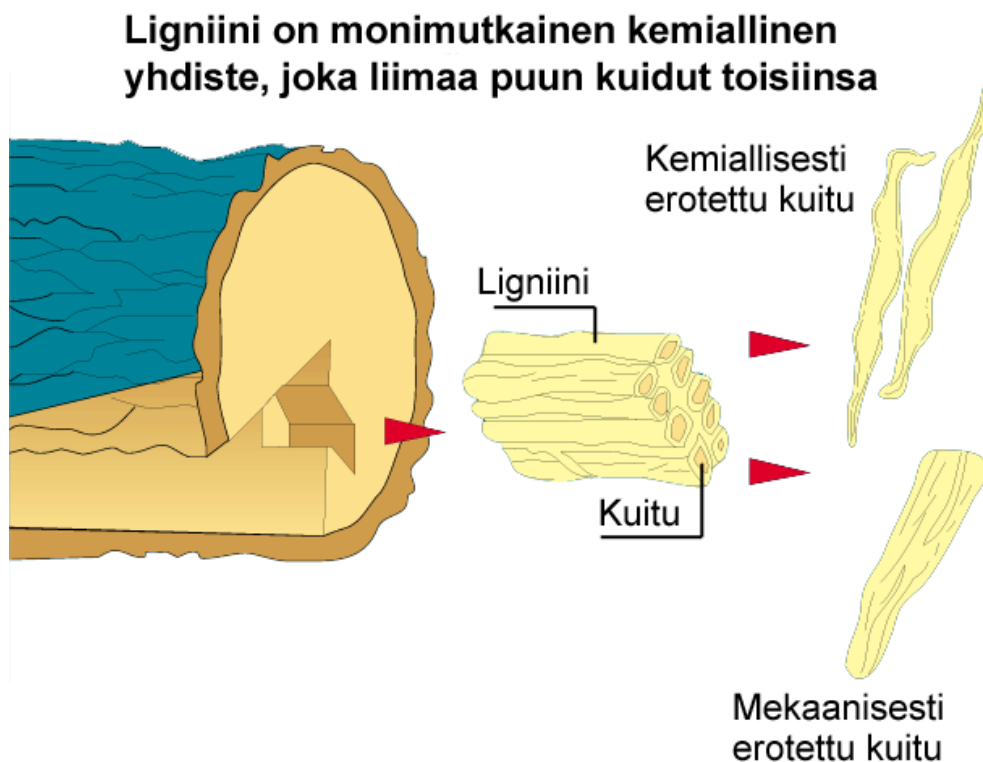
3.6 Keitto

Tavoitelämpötilan jälkeen lämpötila vakioidaan, kunnes ollaan saavuteltu tavoiteltu H-tekijä. Koska H-tekijä ja sitä kautta keittoreaktion nopeus riippuvat hyvin paljon lämpötilasta, kiertolipeän lämpötilan tarkka mittaus ja säätö on hyvin tärkeää.

Korkeaa kiertovirtausta pidetään yllä koko keiton ajan. Kiertovirtauksen määrä laskee jonkin verran keiton edistyessä, koska hakkeen keittyessä keittimen sisäiset

virtausvastukset kasvavat. Kiertovirtaukseen voidaan lisätä valkoliipeää ja tarvittaessa ottaa vastaava määrä mustaliipeää pois alkali- ja kuiva-aineprofiilien tasoittamiseksi. Keittoaika riippuu paljon lämpötilasta, alkaliteetista ja puulajista. Tyypillisesti se on 35 - 60 minuuttia. /1/

Sellunkeiton tehtävänä on erottaa puun kuidut toisistaan liuottamalla puun ligniini, jota esiintyy suhteellisesti eniten kuitujen välissä välilamelleissa sekä kuitujen pintakerroksissa (kuva 7). Kaikkea ligniiniä ei voida kuitenkaan keitossa poistaa, koska liian voimakkaat olosuhteet merkitsisivät kuitujen liiallista vaurioitumista ja siten niiden paperiteknisten ominaisuuksien sekä saannon huononemista. Sulfaattimassaan jää keiton jälkeen ligniiniä, valkaistavalla havumassalla 3-4 % ja koivumassalla 2,5-3 %. Ligniiniä liuotettaessa ei voida välttää sitä, että myös hemiselluloosaa ja vähän selluloosaakin liukenee keittoliemeen. Ligniinin kuituihin uudelleen saostumisen ehkäisemiseksi on seurattava keiton lopussa mustaliipeän sisältämän alkalien määrää eli ns. jäännösalkalia. Vaikuttavaa alkalia täytyy olla riittävä määrä jäljellä edellä mainitun ilmiön estämiseksi.



Kuva 7. Puun rakenne. /1/

3.6.1 Uuteainesten reaktiot keitossa

Sulfaattikeitossa vapaat rasvahapot, triglyseridit ja steryyliesterit reagoivat alkalisisissa olosuhteissa, jolloin muodostuu hydrolyysin kautta rasvahapposaippuoita. Hartsihapot muodostavat puolestaan hartsihapposaippuoita.

Alkalisessa keitossa saippuoituminen tapahtuu seuraavasti:

Vapaat rasva- ja hartsihapot → Natriumsaippuat

Rasvat (yleensä di- ja triglyseridit) → Natriumsaippuat + glyserolit

Steryyli(rasva)etterit → Natriumsaippuat + sterolit

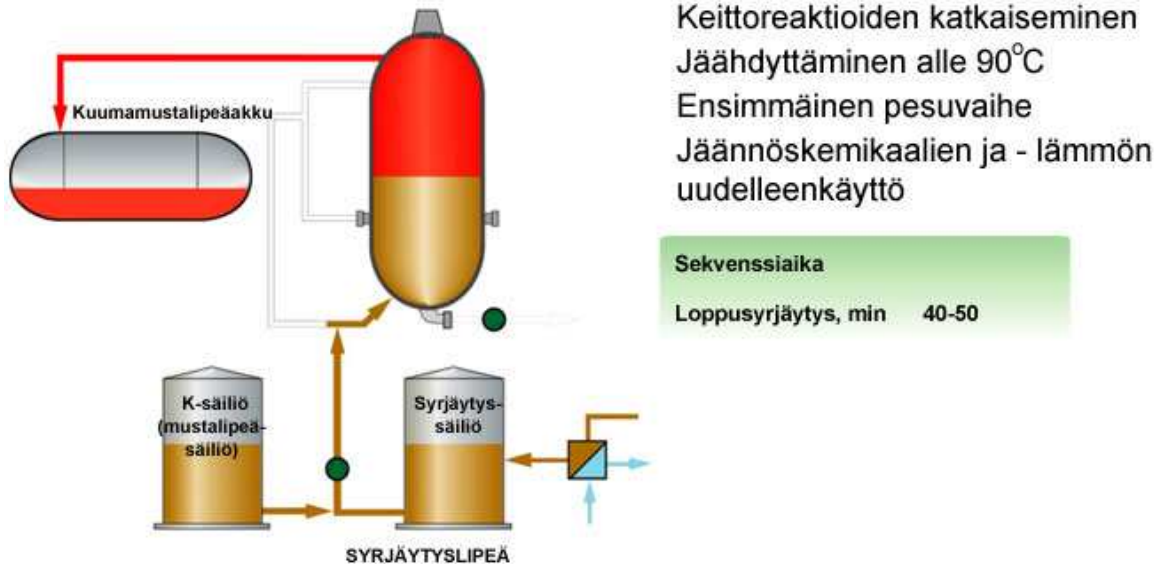
Liuksessa olevat steryyliesterit saippuoituvat hitaimmin ja vapaat rasva- ja hartsihapot nopeimmin. Reaktionopeuksiin vaikuttavat alkalikonsentraatio, liuoksen lämpötila, ionivahvuus, lipeän imeytyminen hakkeeseen ja hakepalojen koko. /3, 4/

3.7 Loppusyrjäytys

Kun ollaan päästy tarvittavaan H-tekijään, keitto lopetetaan syrjäyttämällä keitin pesulipeällä. Pesulipeän lämpötila on jäädytyksestä riippuen 60 – 80 °C. Pesulipeää pumpataan keittimen pohjasta ja samalla ohjataan keittimessä oleva kuumamustalipeä akkuihin. Aluksi syrjäytyvä kuumin osa mustalipeästä otetaan kuumamustalipeäakkuun 1. Tässä lipeässä lämpötila, kuiva-aine ja alkaliteetti on korkein. KML -akku 1:een syrjäytetään yleensä vastaava määrä lipeää, mitä tarvitaan seuraavan keiton KML -täyttöön. Tämän osuuden syrjäydyttyä lipeävirta käännetään KML -akku 2:een. Tällöin mustalipeä on jo laimentunut jonkin verran pohjasta pumpattavalla pesulipeällä.

Loppusyrjäytys kestää noin 40 - 50 minuuttia, pumppauslaitteista ja keittimien koosta riippuen (kuva 8). /1/

Loppusyrjäytys, havupuu



Kuva 8. Syrjäytyslipeätäyttö. /1/

3.7.1 Loppusyrjäytyksen etuja kuumapuskuun verrattuna

Pesuliipeä katkaisee keittoreaktiot ja jäähdyttää massan alle 100°C:n lämpötilaan. Tällöin kuitujen vaurioituminen keitintä tyhjennettäessä on huomattavasti vähäisempää verrattuna siihen, jos massa puskettaisiin lähellä keittolämpötilaa. Toinen merkittävä etu on se, että saadaan suuri osa keiton lämpöenergiasta talteen paineistettuun akkuun. Tällä lähellä keittolämpötilaa olevalla mustalipeällä siis lämmitetään seuraavien keittojen haketta. Samoin kuumamustalipeän jäännösalkali ja korkea sulfiditeetti tulee hyödynnettyä. Loppusyrjäytyksessä saadaan massaa myös pestyä jonkin verran. /1/

3.8 Keittimen purku

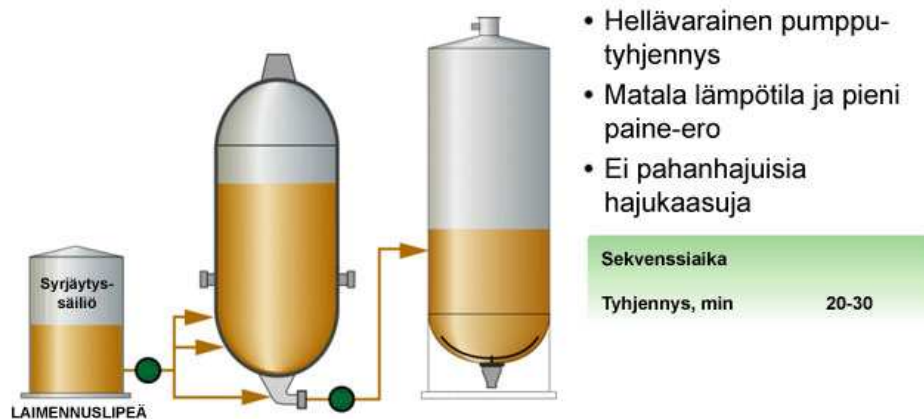
Syrjäytyksen jälkeen massa pumpataan pois keittimestä. Tämä antaa menetelmälle laatuvedun verrattuna konventionaaliseen keittoon, jossa massan puskeminen kuumana aiheuttaa kuituvaurioita. Myös pusku- tai oikeammin tyhjennyslinjoja on yksi muutamaa keitintä kohti kuten syrjäytyslinjojakin.

Massa pumpataan purkusäiliöön, yleensä massapinnan alapuolelle vaahtoamisen välttämiseksi.

Yleensä pyritään mahdollisimman nopeaan tyhjennykseen. Tyhjennys kestää keskimäärin 15- 30 minuuttia keittimen, pumppujen ja putkistojen koosta riippuen (kuva 9). /1/

Kaikkiaan keittosyklin kokonaisaika on haketytön aloituksesta siihen kun keitin on purettu n. 4 tuntia.

Keittimen purku



Kuva 9. Keittimen purku. /1/

4. Ilmaongelmat prosessissa

4.1 Ilmalähteet

Sellun valmistusprosessiin sekoittuu ilmaa monessa eri vaiheessa. Ensiksi massan joukkoon sekoittuu ilmaa, kun se puretaan keittimestä purkusäiliöön, jolloin keittimessä olevat reaktiokaasut sekoittuvat massan joukkoon. Myös purkusäiliössä olevat sekoittimet vatkaavat ilmaa massan ja lipeän joukkoon. Merkittäviä ilmalähteitä ovat myös lajittimet, oksanerottimet ja muut sihdit, joiden läpi massa kulkee. Myös massan pumppauksessa siihen sekoittuu suuria määriä ilmaa.

Mittausten mukaan massasta erotettu lipeä sisältää ilmaa Rauman tehtaalla noin 10 % oksanerotuksen ja ensimmäisen pesupuristimen jälkeen.

Ilma aiheuttaa prosessissa monenlaisia ongelmia kuten vaahtoamista sekä pumppausongelmia, (pumppauskapasiteetti laskee). Siksi ilma on pyrittävä poistamaan prosessista mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti.

4.2 Ilmanpoisto prosessista

Prosessista poistuu vapaasti ilmaa pesemön suodossäiliöistä. Lisäksi ilmaa poistetaan Rauman tehtaalle hankituilla ilmanpoistolaitteilla, joista tässä työssä tarkastellaan vain suovan tiivistinlaitetta.

5. Suovanerotus

Mänty- ja koivukeittämöiden mustalipeäsäiliöt eroavat toisistaan jonkin verran lähinnä suovanerotuksen erilaisten vaatimusten vuoksi. Mäntyä keitetessä muodostuu suopaa, joten mäntykeittämöillä yleensä käytetään erillistä suovanerotussäiliötä. Suovanerotus on tarpeellista siksi, että sitä muutoin rikastuisi keittämön mustalipeisiin aiheuttaen prosessihäiriöitä. Näin myös niillä

tehtailla, jotka keittävät sekä mänty- että koivumassaa ja mustalipeät menevät keittämöllä sekaisin. Erotettu suopa pumpataan yleensä haihduttamolle lähtevän mustalipeän joukkoon. Myös erillisiä säiliöitä hakkeen imeytykseen ja haihduttamolle meneville mustalipeille voidaan käyttää. Koivua keitetessä suopaa ei juurikaan muodostu, joten erillisiä erotussäiliöitä ei tarvita. Myöskään SuperBatch-K -prosessissa suovanerotuslaitteita ei tarvita, vaan suopa erotetaan haihduttamalla. /1,2, 3/

5.1 Suovan erottumiseen vaikuttavat tekijät

Suovan erottumiseen lipeästä vaikuttavat seuraavat suureet:

- uuteaineiden koostumus
- suovan nousunopeus lipeässä (johon vaikuttaa suopapartikkeleiden koko)
- mustalipeän kuiva-ainepitoisuus
- mustalipeän lämpötila,
- lipeän laskeutumisenopeus (johon vaikuttavat laitetekniset tekijät)

Suovan erottumisen kannalta tulisi välilipeävarastointitilavuuden olla mitoitettu siten, että lipeän laskeutumisenopeus on mahdollisimman pieni. Tarvitaan suurta volyyymiä, jotta saadaan viiveaikaa. Käytännössä tehtaiden välilipeän laskeutumisenopeus on yleensä suurempi. Siksi pienimmät suopapartikkelit ohjautuvat mustalipeän mukana soodakattilaan polttoon. /1,2,3/

5.2 Ilmanpoistoon liittyvää fysiko-kemiaa

Ilmakuplien nousunopeus riippuu adheesiosta nesteen ja ilman välillä, väliaineen (mustalipeä) viskositeetista ja erityisesti kuplakoosta (misellit).

Ilmakuplien nousnopeuteen vaikuttavat suureet nähdään Stokesin kaavasta (5).

$$v_{nousu} = \frac{g(\rho_L - \rho_G)d_B^2}{18\eta} \quad (5)$$

, jossa

v_{nousu}	=	kuplannousunopeus nesteessä
ρ_L	=	nesteen tiheys
ρ_G	=	kaasun tiheys
d_B	=	kuplan halkaisija
η	=	nesteen viskositeetti

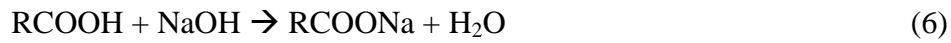
6. Mäntyöljyn alkuperä ja koostumus

Mäntyöljy (taulukko 2) on peräisin puun pihkasta. Havupuulla pihkaa on sekä parenkyymisoluisia että pihkatiehyeissä. Lehtipuilla pihkaa on vain parenkyymisoluisia. Parenkyymisolujen pihkassa on puun rasvoja ja vahoja. Tiehytipihkassa on hartsihappoja.

Sulfaattikeitossa rasvat ja hartsihapot saippuoituvat alkalisen keittonesteen vaikutuksesta ja liukenevat siihen. Kun lipeää haihdutetaan, saippuat erottuvat lipeän pinnalle kerrokseksi. Tämä raakasuopa voidaan kuoria ja ottaa talteen. Raakasuovan hapotuksesta eli palstoituksesta saadaan viskoottista, tummaa nestettä, raakamäntyöljyä. Sellutehtaat myyvät tuottamansa raakamäntyöljyn mäntyöljytislaamoille. /1/

Esim Raumalla toimii sellutehtaan kupeessa suuri Forchemin mäntyöljytislaamo, jonka kapasiteetti on 150 000 tonnia vuodessa. Hartsihapot (RCOOH)

saippuoituvat alkalisessa (NaOH) keittoliemessä muodostaen hartsihappojen Na-suoloja:



Taulukko 2. Mäntyöljyn koostumus

Puulajin vaikutus mäntyöljyn koostumukseen

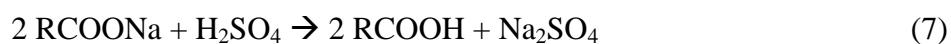
	Mänty	Kuusi	Koivu	Mänty/Koivu 50/50
Happoluku, mg KOH/g	160	140	100	130
Saippuoitumatonta ainesta, %	7	10	30	15
Hartsihappoja, %	40	25	0	25
Rasvahappoja, %	53	65	70	60



6.1 Raakamäntyöljyn valmistus, varastointi ja käsittely

Mäntyöljyn valmistus koostuu palstoituksesta, pesusta ja kuivatuksesta. Raakamäntyöljyä voidaan valmistaa jaksottaisesti tai jatkuvatoimisesti. Suomessa on yleisesti käytössä jatkuvatoiminen palstoitus.

Mäntyöljyn palstoituksessa heikot, veteen liukenemattomat orgaaniset hapot vapautetaan natriumsuoloistaan käsittelemällä suopaa rikkihapolla tai valkaisulaitoksen klooridioksidin valmistuksessa syntyvällä jäterikkihapolla.



Vapautuneisiin rasva- ja hartsihappoihin liukenee muita orgaanisia yhdisteitä, kuten saippuoitumattomia aineita. Yhdessä nämä muodostavat raakamäntyöljyn, joka on emäveteen liukenematonta ja eroaa siitä helposti muodostaen vyöhykkeen veden päälle. Suovassa epäpuhtautena oleva mustalipeän ligniini koaguloituu palstoituksessa ja asettuu öljy- ja vesikerroksen väliin. Öljy voidaan erottaa emävedestä dekantoimalla tai linkoamalla. Rauman tehtaalla on käytössä dekantointi.

Raakamäntyöljyssä on palstoituksen jälkeen epäpuhtauksia, kuten kuitua, ligniiniä, rikkiyhdisteitä ja rikkihappoa. Epäpuhtaudet katalysoivat öljyn laatua alentavia reaktioita, aiheuttavat laitekorroosiota ja lisäävät tislattaessa pikijakeen määrää. Epäpuhtauksien poistamiseksi öljy pestään tavallisesti pienellä määrällä kuumaa vettä.

Kun lämmintä öljyä tämän jälkeen seisotetaan, pesuvesi erottuu säiliön pohjaan. Tislauksen onnistumisen vaatimuksena on öljyn pieni vesipitoisuus 1,0 - 1,5 %. Tavallisesti vesipitoisuuden pienentämiseksi käytetään erillistä kuivatusvaihetta, jossa mäntyöljyä seisotetaan 110 - 120 °C:n lämpötilassa 0,5 - 2 vrk tai öljy lämmitetään lämmönvaihtimella tiettyyn lämpötilaan. Mäntyöljy voidaan kuivata myös tyhjiökuivatuksen avulla, jolloin lämpökäsittelyaika lyhenee. Jos öljy erotetaan lingolla, se on usein niin puhdasta ja kuivaa, että jatkuu kuivatus on tarpeeton.

Raakamäntyöljyn laatuun vaikuttavat: käytetty puulaji, puun varastointiaika, massanpesu, suovanerotus, mustalipeän määrä suovassa, palstoitus, öljyn varastointi ja erotuslaitteistojen kunto. /1,2/

6.2 Suovan liukoisuus

Tärkeimmät suovan liukoisuuteen vaikuttavat tekijät ovat FA/RA –suhde, jäännösalkalipitoisuus, kuiva-ainepitoisuus sekä lämpötila. Vaikutusta on myös tärpätti-, vaahdonestoaine- ja Na⁺ -pitoisuuksilla.

FA/RA –suhde

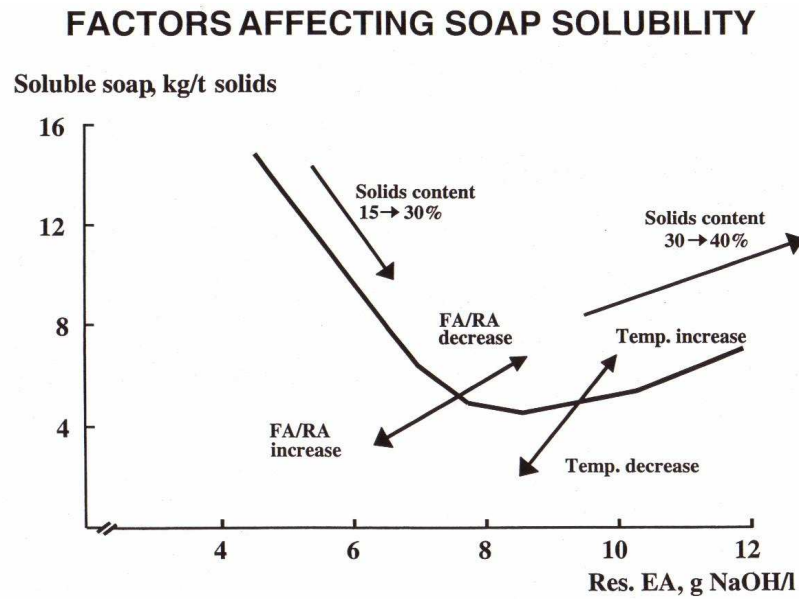
(engl. FA = Fatty Acid, RA = Resin Acid)

Suomessa puussa olevien rasva- ja hartsihappojen suhde on luokkaa 1,5-1,9. Rauman tehtaalla suhde on hiukan alempi noin 1,3. Juuri tämä suhde vaikuttaa suuresti siihen, millä jäännösalkalin pitoisuuksilla suovan liukoisuus mustalipeään on pienimmillään. Suomessa suovan liukoisuus mustalipeään on pienimmillään jäännösalkaliarvoilla 6-12 g Na₂O/l, mikä vastaa 7,7-15,5 g NaOH/l.

FA/RA – suhteen kasvaessa suovan liukoisuus pienenee, koska rasvahapot liukenevat hartsihappoja paremmin lipeään. Samalla se vaikuttaa liukoisuuden minimikohtaan siten, että suhteen kasvaessa minimiliukoisuus saavutetaan pienemmillä jäännösalkalin arvoilla.

Jäännösalkalipitoisuus

Jäännösalkali vaikuttaa suuresti suovanliukoisuuteen mustalipeässä varsinkin, kun lipeän kuiva-ainepitoisuus on alhainen ja lipeään on liuennut suuri määrä suopaa. Tavallisesti minimiliukoisuus saadaan jäännösalkaliarvoilla 7-15 g NaOH/l. Jäännösalkalipitoisuuden kohotessa liukoisuus laskee aluksi saavuttaen minimikohtansa em. välillä, jonka jälkeen liukoisuus alkaa taas kohota (kuva 10).



Kuva 10. Suovan liukoisuuteen vaikuttavat tekijät. /3/

Kuiva-ainepitoisuus

Suovan liukoisuus laskee kuiva-aineen kohotessa 15 ->30 %, mutta se pysyy vakiona kun kuiva-ainepitoisuus on 22-28 %. Suopa erottuu parhaiten kun kuiva-ainepitoisuus on tasolla 27-30 %.

Lämpötila

Lämpötilan kohotessa suovan liukoisuus mustalipeään lisääntyy. Lämpötilan vaikutus näkyy myös siinä, että suovan liukoisuuden minimikohta saavutetaan suuremmilla jäännösalkalipitoisuuksilla.

Tärpätti ja vaahdonestoaineet

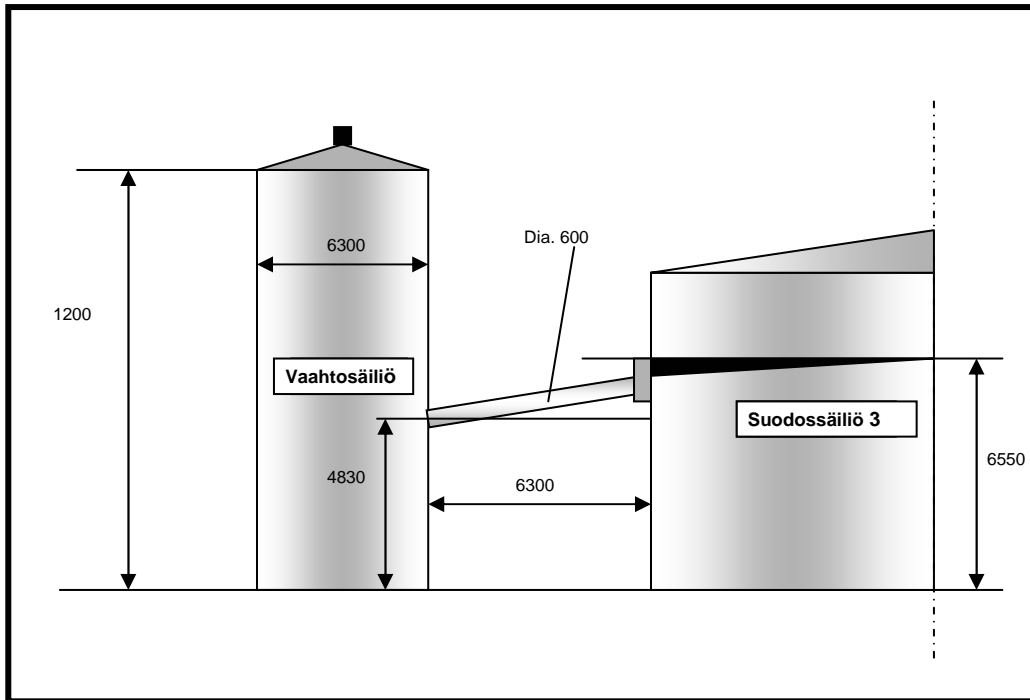
Tärpättipitoisuuden nousu laskee suovan liukoisuutta mustalipeään. Tärpätti lisää suovan neutraaliainepitoisuutta muuttaen suopaa hydrofobisempaan suuntaan vähentäen siten suovan liukoisuutta. Tärpätti liukenee lipeään suovan mukana ja siten lipeän tärpättipitoisuus on usein kiinni suovan määrästä. Vaahdonestoaineiden sisältämät emulgointi-/dispergointiaineet voivat lisätä suovan liukoisuutta mustalipeään.

7. Kokeellinen osa

7.1 Koejärjestelyt

Botnian Rauman tehtaalla erotetaan vaahtoa/suopaa ensimmäisen pesuvaiheen suodoksesta siten, että suovan kuorinta tapahtuu ylikaatona suodossäiliö 3:lta (liite 1). Erottunut suopa virtaa vaahtosäiliöön, josta suopa kaatuu suovan tiivistimelle ja siitä edelleen painesuotimien läpi haihduttamolle. Suodossäiliö 3:ssa erottuva suopa on hyvin ilmapitoista ja vaahtomaista. Suovan tiheys on tämän vuoksi varsin alhainen eli $0,1 - 0,2 \text{ kg/dm}^3$, mikä viittaa n. 80-90 %:n ilmapitoisuuteen.

Suodossäiliö 3:n ja vaahtosäiliön välinen kytkentä on esitetty kuvassa 11. Suodossäiliötä ajetaan vakiopinnalla, jolloin suovan ylikaatoa tapahtuu jatkuvasti. Tämä on suodossäiliöiden tapauksessa parempi suopaustapa kuin haihduttamalla yleisesti käytössä oleva jaksottainen ylikaato lipeäpintaa nostamalla.



Kuva 11. Suodossäiliö-vaahotosäiliö kytkeä.

Työn tarkoituksena oli löytää oikea ajomalli Metsä-Botnia Rauman tehtaalla hankkimalle A.H. Lundbergin valmistamalle suovantiivistimelle, jolloin pesemällä erottuvasta suovasta saataisiin poistettua mahdollisimman paljon ilmaa ja näin ollen suopa pysyisi säiliöissä, eikä kaatuisi enää ylikaatojen kautta lattialle ja aiheuttaisi lipeähäviöitä, sekä edelleen jätevedenpuhdistamon kuormittamista turhilla suopapiikeillä. Lisäksi oli tarkoitus tutkia suovan liukoisuutta pesemällä ja pesemön lipeiden mäntyöljy- ja ilmapitoisuutta.

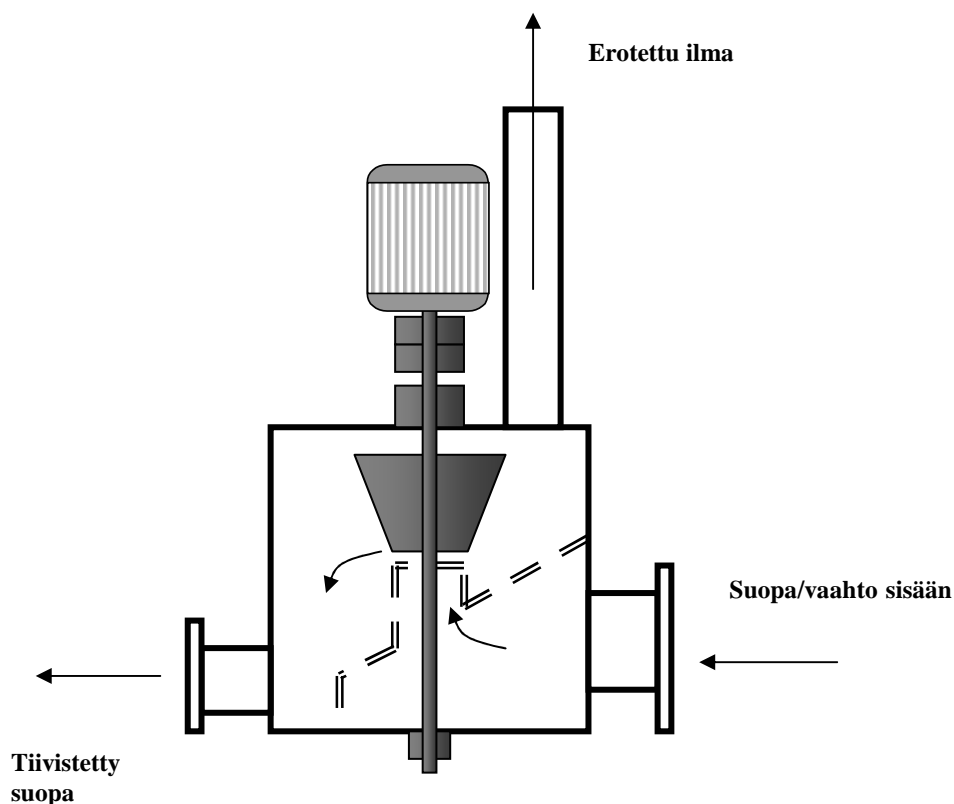
Oikeaa ajomallia etsittiin ajamalla muutama koeajo, joissa muutettiin ensimmäisen pesuvaiheen suodossäiliöiden pintojen asetuksia ja seurattiin visuaalisesti pisyikö suopa säiliöissä vai tuliko sitä lattialle. Lipeistä otettiin myös näytteitä ja niistä analysoitiin tehtaalla laboratorioissa kuiva-aine, mäntyöljy- ja jäännösalkalipitoisuudet.

7.2 Suovantiivistin

A.H. Lundbergin valmistama suovantiivistin (kuva 11) on eräänlainen keskipakolinko, sentrifugi, joka poistaa suovasta ilmaa rikkomalla viskoottiset, pienet saippuakuplat, saattamalla suovan 19 kertaa maan vetovoimakiiktyvyyttä vastaavaan pyörimisliikkeeseen. Tiivistin voi nostaa suovan tiheyden maksimissaan tasolle 0,96 kg/l. Se myös alentaa suovan varastointi vaatimuksia ja nostaa lipeän kuiva-aine pitoisuutta.

Tiivistin asennetaan yleensä laihalipeän hapetuksen tai varastoinnin yhteyteen pesemön vaahdonhallinta- tai suovan käsittelyjärjestelmään.

Suovantiivistin on suunniteltu yleisesti mustalipeän kevyelle ”hötövaahdolle”, jolloin maksimi kuohan läpisyöttö on 140 kg suopaa/min. Tyypillinen suovan tiivistyskyky on 68 kg suopaa minuutissa.



Kuva 12. Suovantiivistin (Raumalla tiivistetty suopa poistuu laitteen pohjasta).

7.3 Suovantiivistimen ajomallin optimointi

Suovantiivistimelle oikeaa ajomallia etsittiin muuttamalla pesemön ensimmäisen pesupuristimen suodossäiliöiden pintojen asetusarvoja ja tällä tavalla pyrittiin siihen, että vaahtosäiliöön kaatuisi vain pelkkä vaahto eikä lipeää. Alussa pintoja ajettiin suodossäiliö1 (jatkossa SS1) 69 % ja suodossäiliö3 (jatkossa SS3) 78 %, jolloin tiivistimeen virtasi paljon vaahtosäiliöön ylikaatona mennyttä lipeää, eikä tiivistin pysynyt päällä vaan meni keskusvialle sähkömoottorin lämpöreleen lauettua liian suuren kuormituksen takia. Tiivistin on suunniteltu käsittelemään vain mustalipeän ”hötövaahtoa”. Tiivistin ei pysynyt päällä, jos suodossäiliö 3:en pinta oli yli 75 %.

Niinpä suodossäiliöiden pintoja laskettiin ensimmäisessä koeajossa tasolle SS1 50 % ja SS3 60 %. Kun pinnat olivat rauhoittuneet kyseisiin arvoihin, tehtiin seuraavia havaintoja. Tiivistimen ottama virta oli tasolla 5,5- 6,4 ampeeria. Vaahtosäiliön pinta rauhoittui n. 80 %:iin. Tiivistetty suopa oli paremman näköistä ja sen laatu hyvää. Ilmanpoisto suovasta onnistui paremmin, koska tiivistimessä ei ollut liikaa nestettä. Tiivistimen jälkeisen pumppaussäiliön pinta asetettiin 40 %:iin, joten tiivistin toimi optimaalisesti. Suopa pysyi säiliöissä aluksi hyvin, mutta parin päivän ajon jälkeen sitä alkoi tulvia kanaalista lattialle, koska SS1:en pinnalle oli muodostunut suovasta ”kansi” eikä ilma päässyt enää poistumaan. Näin alhaiset pinnan asetukset eivät olleet edulliset prosessin kannalta, vaikka tiivistin toimikin hyvin.

Seuraava koeajo tehtiin muuttamalla pinnat SS1 60 % ja SS3 70 %. Pintojen rauhoituttua kyseisiin arvoihin tehtiin seuraavia havaintoja. Tiivistin pysyi hyvin päällä ja sen ottama virta oli tasolla 7,5- 9,2 ampeeria. Vaahtosäiliön pinta pysyi noin 83 %:ssa ja tiivistimen pumppaussäiliö noin 40 %:ssa. Suopa pysyi näillä pinnoilla hyvin säiliöissä ja sitä tuli lattialle huomattavasti vähemmän kuin ensimmäisen koeajon aikana. Eli nämä pinnat olivat prosessinkin kannalta jo melko hyvät. Lipeistä otettiin näytteet tiivistimen pumppaussäiliöstä, suodossäiliö 1:stä ja haihduttamolle menevästä lipeävirrasta. Näytteistä analysoitiin mäntyöljypitoisuus sekä näytteenottoyhteistä myös ilmapitoisuus (kuva 13).

Kolmannessa koeajossa pinnat olivat SS1 55 % ja SS3 65 %. Pintojen asetuttua ja parin päivän ajon jälkeen suopaa tuli lattialle taas aika paljon, joten tämäkään ajomalli ei ole prosessin kannalta kovin hyvä.

Neljäs koeajo suoritettiin pintojen arvoilla SS1 64 % ja SS3 73 %. Pintojen rauhoituttua kyseisiin arvoihin, tehtiin seuraavia havaintoja. Tiivistin pysyi hyvin ajolla ja virrat alhaalla. Vaahtosäiliön pinta noin 84 %:iin ja suopa pysyi säiliöissä kokonaan, eikä sitä tullut lattialle. Tämä ajomalli on tähän mennessä paras mahdollinen niin prosessin kuin tiivistimenkin kannalta.

Suuret lämpötilavaihtelut vaikuttavat suovan erottumiseen ja näin ollen kovilla pakkasilla sitä erottuu enemmän, koska suovan liukoisuus pienenee sen jäähtyessä, jolloin sitä tulee säiliöistä lattialle. Tiivistimen kapasiteetti ei riitä käsittelemään kaikkea suopaa. Koska suopaa erottuu pakkasella huomattavasti enemmän kuin lämpimillä ilmoilla on suodossäiliö 3:sta hyvä suovata välillä myös nostamalla lipeäpintaa, jolloin vältetään suovan ylikaato kanaalista lattialle.

7.3 Suovan liukoisuus pesemöllä

Botnian Rauman tehtaalla suovan liukoisuus mustalipeään olosuhteissa, jossa kuiva-ainepitoisuus oli tasolla 8 %, jäännösalkalipitoisuus 1,9 g NaOH/l oli 34 g/l. Kun jäännösalkalipitoisuus nousi 7,7 g NaOH/l laski suovan liukoisuus 23,7 g/l kuiva-ainepitoisuuden pysyessä vakiona.

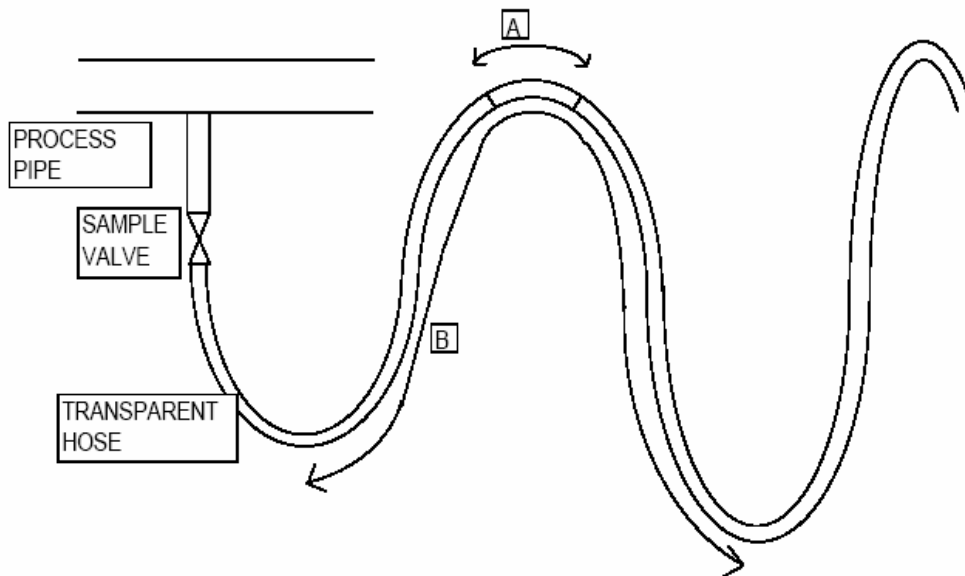
Suodossäiliöissä suovan liukoisuus on tasolla 4 g/l, kun olosuhteet ovat: pesemön kuiva-aine 11-12%, lämpötila 78-90 °C ja jäännösalkalipitoisuus 3-4 g/l.

7.4 Mäntyöljy- ja ilmapitoisuus pesemöllä

Keittämölle tulevan hakkeen mäntyöljypitoisuus oli noin 12 g/kg (kuivaa haketta) ja keittimen jälkeen lipeiden mäntyöljypitoisuus oli noin 28 g/kg (kuiva-ainetta).

Oksanerotuksen ja ensimmäisen pesuvaiheen jälkeen suodokset sisälsivät mäntyöljyä suodossäiliö 1:ssä 92 g/kg (kuiva-ainetta) ja haihduttamolle menevä lipeä 53 g/kg (kuiva-ainetta).

Pesemön ilmapitoisuus mitattiin yksinkertaisella mutta luotettavalla letkumenetelmällä (kuva 13).



Kuva 13. Ilmapitoisuusmittari.

Menetelmä antaa suoraan ilmapitoisuuden prosentteina kun, ensin mitataan (A):n pituus eli ilmanmäärä, joka jaetaan koko lipeän määrällä (B) ja kerrotaan 100 %. Ilmapitoisuuksiksi saatiin vaahtosäiliössä noin 90 %, tiivistimen jälkeisessä pumppaussäiliössä noin 70 % ja haihduttamolle menevässä lipeässä noin 7 %.

8. Työn tulokset

Tehtaan laboratorio analysoi näytteistä, joita otettiin suodossäiliö 1:stä, tiivistimen jälkeisestä pumppaussäiliöstä sekä haihduttamolle menevästä lipeä virrasta, mäntyöljypitoisuuden, kuiva-aineen ja jäännösalkalipitoisuuden (taulukot 1 ja 2). Näytteitä otettiin eri suodossäiliöiden pinnankorkeuksilla ja kun ne eivät merkittävästi poikenneet toisistaan, katsottiin aiheelliseksi analysoida vain kaksi näytesarjaa suuritöisten analyysien vuoksi.

Taulukko 1. Lipeäanalyysit 24.1.2007

	kuiva- aine/ %	mäntyöljypitoisuus/ % kuiva-aineesta	jäännösalkali/ g NaOH/l
Pumppaussäiliö SS3 70 %	10,7	39,5	3,7
Lipeä haihduttamolle SS3 70 %	16,9	0,99	5,8
Suodossäiliö 1 SS3 70 %	11,8	4,9	3,5

Taulukko 2. Lipeäanalyysit 26.1.2007

	kuiva- aine/ %	mäntyöljypitoisuus/ % kuiva-aineesta	jäännösalkali/ g NaOH/l
Pumppaussäiliö SS3 65 %	10,8	39,8	-
Lipeä haihduuttamolle SS3 65 %	14,4	3,1	-
Suodossäiliö 1 SS3 65 %	11,0	6,0	-

Liitteessä 2 on esitetty ajomalli, joka soveltuu parhaiten sekä tiivistimen ajoon että yleisesti suovan hallintaan prosessissa. Ajomallissa suodossäiliö 1:n pinnan asetus on 64 % ja suodossäiliö 3:n pinnan asetus 73 %. Tiivistimen jälkeisen pumppaussäiliön pinnan asetus 40 %.

9. Johtopäätökset

Työssä oli tarkoitus selvittää oikea ajomalli A.H. Lundbergin suunnittelemaalle suovantiivistimelle, sekä tutkia suovan liukoisuutta ja pesemön lipeiden ilmapitoisuutta.

Tuotannon kannalta erityisen tärkeää oli saada suopa pysymään säiliöissä ja tiivistin pysymään ajolla, jolloin tehokas ilmanpoisto suovasta oli mahdollinen. Ajomalleja kokeiltiin aika paljon ja ehdottomaksi ylärajaksi suodossäiliö 3:lle määritettiin 75 %, koska jo 76 %:n pinnan korkeudella tiivistin meni keskusvialle, koska tiivistimeen virtasi liikaa lipeää ja se ei jaksanut enää pyöriä. Myös vaahtosäiliö oli jatkuvasti 100 % pinnassa, koska tiivistin ei pystynyt käsittelemään suopaa sen korkean lipeäpitoisuuden takia. Liian korkeilla pintojen asetuksilla ajaminen saattaa myös vaurioittaa laitteen sisuskaluja sekä sähkömoottoria.

Alarajaksi suodossäiliö 3:n pinnalle määritettiin 68 %, jolloin suodossäiliön ilmanpoisto toimi vielä kohtalaisen hyvin, eikä sen pinnalle muodostunut suovasta ”kantta”. Alemmilla pinnoilla ajettaessa suopa pysyi hallinnassa aluksi hyvin, mutta parin päivän päästä suopa oli noussut lattialle kanaaleista, koska suopa oli tiivistynyt ilmaa läpäisemättömäksi kerrokseksi suodossäiliöiden pinnalle, eikä ilma päässyt enää poistumaan säiliöistä.

Paras ajomalli (liite 2) suovantiivistimen ajoon ja pesemön suovan hallintaan on ajaa suodossäiliö 3:sta 73 %:n pinnalla ja suodossäiliö 1:stä 64 %:n pinnalla. Tiivistimen pumppaussäiliön pinta on hyvä pitää 40 %:n asetusarvossa, jolloin tiivistetty suopa ehtii vielä tiivistyä lisää ennen painesuotimille pumppausta. Tällöin tiivistin toimii optimaalisesti ja pystyy poistamaan suovasta ilmaa kaikkein tehokkaimmin. Pesemön kuiva-aine on myös hyvä pitää tasolla 11,6-11,8 %, koska silloin suovan erottuminen on vähäisempää kuin suuremmilla pitoisuuksilla. Tällä ajomallilla suopaa ei myöskään kaadu ylikaadoista lattialle ja se pysyy hyvin hallinnassa.

Liitteessä 3 näkyy myös melko välitön vaikutus vaahtosäiliön pintaan, kun suodossäiliö 3:n pinta laskettiin 76 % -> 73 %:n lähti vaahtosäiliön pinta myös välittömästi laskemaan.

10. Lähteet

1. Know Pulp 5.0 (12/2006)
2. Isotalo K. Puu- ja sellukemia. Helsinki: Opetushallitus 1996.
3. Gullichsen J & Fogelholm C-J. Papermaking Science and Technology, book 6A. Jyväskylä: Gummerus 2000.
4. Stenius P. Papermaking Science and Technology, book 3. Jyväskylä: Gummerus 2000.