

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Prosessitekniikka

Ville Kultalahti

Imeytyksen tehostaminen imeytyskemikaalilla ja sen vaikutus jauhatusenergiaan BCTMP-prosessissa

Opinnäytetyö 2012

Tiivistelmä

Ville Kultalahti

Imeytyksen tehostaminen imeytyskemikaalilla ja sen vaikutus jauhatusenergiaan BCTMP-prosessissa, 36 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Imatra

Prosessitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: Lehtori, Jarkko Männynsalo, Saimaan ammattikorkeakoulu,

Tuotepäällikkö, Juha Lonka, Banmark Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kahden Banmark Oy:n valmistaman imeytyksen apuaineen vaikutusta jauhatuksen energian ominaiskulutukseen ja massan uuteainemäärään BCTMP-prosessissa.

Koeajo suoritettiin Metsä Boardin Joutsenon tehtaalla. Tavoitteena oli saada aikaan vakio-olosuhteet ennen kemikaaliannostelun aloitusta, joten tuotanto, jauhimen terävalit, imeytyskemikaalien ja vaahtonestoaineen määrä vakioitiin.

Imeytyksen apuaineet ajettiin imeytyskemikaalin sekaan jatkuvana annosteluna. Molempia aineita annosteltiin kolmella eri annosmäärällä, tietyn pituisissa jaksoissa. Annosmäärän ja kemikaalin vaihtojen välillä pidettiin annostelussa tauko.

Koeajon aikana seurattiin energian ominaiskulutusta (EOK), määritettiin tietyin väliajoin jauhimen massan freeness ja tikkuluku. Koko koeajon ajan seurattiin myös prosessissa tapahtuvia muita muutoksia, kuten vaahtoamista. Koeajon aikana valmistuneista paaleista teetettiin lopuksi uuteainemääritykset.

Asiasanat: BCTMP, jauhatusenergia, uuteaine

Abstract

Ville Kultalahti

Intensification of Impregnation by Impregnation Additive and Effect on Specific Consumption of Refining Energy in BCTMP-process, 36 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Batchelor thesis Project 2012

Instructors: teacher, Mr Jarkko Männynsalu, Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Juha Lonka, Product Manager, Banmark Oy

The purpose of this final year project was to find out the effect of two impregnation additives on specific consumption of refining energy and extractive content of the pulp in BCTMP-process.

Both impregnation additives are manufactured by Banmark Oy. The trial was performed at the Metsä Board mill in Joutseno. The goal was to achieve standard conditions before adding chemicals and therefore production, gaps of the grinder's blades and amounts of impregnation substance and antifoam additive were standardized.

Impregnation additives were dosed into impregnation substance by continuous dosing. Both additives were dosed with three different dosage lasting certain amount of time. There was recess in dosing when chemical and dosage were changed.

Specific energy consumption was monitored during the trial. Refiners pulp freeness and shive content were also determined between certain intervals. Other changes in the process, for example foaming, were also monitored during the whole trial. Amounts of resin were measured from the bales made during the trial.

Keywords: BCTMP, refining energy, extractive content

Sisältö

1	Johdanto.....	5
1.1	Yritysesittelyt.....	5
1.1.1	Banmark Oy.....	5
1.1.1	Metsä Board.....	5
1.2	Työn taustat.....	6
1.3	Työn tavoitteet.....	6
2	BCTMP.....	6
3	Hakkeen esikäsittely.....	8
4	Hakkeen kemikaalikäsittely.....	8
4.1	Penetraatio.....	9
4.2	Diffuusio.....	10
4.3	Sulfonoinnin kemia.....	10
5	Hakkeen jauhatus.....	11
5.1	Kuidun irtoaminen.....	12
5.2	Jauhinterien merkitys.....	14
5.3	Jauhinterän vyöhykkeet.....	14
5.4	Jauhatusenergia.....	15
5.5	Jauhimen syöttösakeus.....	15
5.6	Jauhatustapa.....	15
6	Puun uuteaineet.....	16
7	Hierteen laadun tutkiminen.....	17
7.1	Kuumahajotus.....	17
7.2	Massan suotautuvuus.....	17
7.3	Tikkumääritys.....	18
8	Kokeellinen osa.....	19
8.1	Kemikaalin annostelulaitteisto.....	19
8.2	Kuiva-aineen määritys.....	21
8.3	Kuumahajotus.....	22
8.4	Sakeuden määritys.....	23
8.5	Freeneksen määritys.....	25
8.6	Tikkumääritys.....	27
9	Mittaustulokset ja tulosten tarkastelu.....	29
9.1	Jauhinmassa-analyysit.....	29
9.1.1	Canadian Standard Freeness.....	29
9.1.2	Tikkupitoisuus.....	30
9.1.3	Uuteaineet.....	31
9.2	Automaatiojärjestelmästä kerätyt tiedot.....	32
	Energian ominaiskulutus.....	32
10	Yhteenveto.....	34
	Kuvat.....	35
	Kuviot.....	35
	Lähteet.....	36

Liitteet

Liite 1 Freeness-määrityksen taulukko

Liite 2 Freeness-arvon korjaustaulukko

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä ajettu kemikaalikoelajo suoritettiin Banmark Oy:n kemikaaleilla Metsä Board Joutsenon tehtaan kanssa yhteistyössä. Työn päätarkoitus on selvittää mahdollinen jauhimen energianominaiskulutuksen ja paalimassan uuteainepitoisuuden pieneneminen. Freeness- ja tikkumääritysten tekemisen tehtaan laboratoriossa hoiti Banmark, ja paalimassanäytteet Metsä Board teetti Simpeleen ja Äänekosken T&K keskuksissa. Tässä opinnäytetyössä ei julkaista koelajossa käytettyjen kemikaalien tuotenimiä, reseptejä tai annostelumääriä. Myöskään BCTMP-prosessin imeytysliuoksen koostumusta tai paalimassojen uuteainekoostumusta ei julkaista.

1.1 Yritysesittelyt

1.1.1 Banmark Oy

Banmark Oy on vuonna 1971 perustettu paperin, kartongin ja massan valmistuksessa käytettävien erikoiskemikaalien, raaka-aineiden, viirojen, koneiden ja laitteiden toimittaja sekä näihin liittyvien palveluiden tuottaja. Vuodesta 2009 lähtien Banmark on ollut osa Transmeri-konsernia.

Banmarkilla on toimintaa Suomen lisäksi muun muassa Venäjällä, Ruotsissa, Puolassa ja Kiinassa, joissa sillä on myös omat myyntikonttorit. Banmarkin liikevaihto vuonna 2010 oli 19,9 milj. euroa, ja se työllistää noin 30 henkilöä. (1.)

1.1.1 Metsä Board

Metsä Board (entinen M-Real) on osa Metsä Groupia (entinen Metsäliitto). Se on Euroopan johtava taivekartongin valmistaja, maailman johtava päällystettyjen valkopintaisten kraftlainerien tuottaja ja merkittävä paperin toimittaja.

Metsä Boardilla on Suomessa kaksi BCTMP-laitosta, toinen Kaskisissa ja toinen Joutsenossa. Joutsenon tehdas tuottaa BCTMP-massaa vuosittain 290 000 tonnia ja tuotanto menee kokonaan yhtiön omien kartonkikoneiden käyttöön. (2.)

1.2 Työn taustat

Energian hinnan kehitys on viime vuosina ollut kasvussa, joten myös teollisuudessa on pyrkimys pienentää energian kulutusta. CTMP-prosessissa tarvittavasta energiasta suuri osa kuluu hakkeen jauhatukseen.

Metsä Boardin Joutsenon BCTMP-tehtaalla jauhinlinjojen energian ominaiskulutusta on aiemmin saatu pienennettyä 20 %. Kulutusta saatiin pienennettyä vaihtamalla pääjauhinten alkuperäiset jauhinterät Metson Turbine Segments -teriin. (3.)

1.3 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on selvittää, saadaanko kahdella Banmark Oy:n valmistamalla imeytyksen apuaineella aikaan energiansäästöä jauhatuksessa. Teoriaosassa käsitellään BCTMP-prosessia ja massan ominaisuuksia. Työn kokeellinen vaihe toteutetaan ajamalla koeajo molemmilla apuaineilla Metsä Board Joutsenon BCTMP-tehtaalla.

Koeajon aikana seurataan tuotteiden vaikutusta lyhytkuitumassan uuteainetasoon, freenes- ja tikkutasoon sekä kokonaisvaikutusta prosessiin. Kokeellisessa osiossa käydään läpi jauhinmassoille tehtyjä laboratoriomittauksia ja analysoidaan niiden sekä paalimassanäytteiden tuloksia. Lisäksi analysoidaan tehtaan järjestelmästä koeajon aikana kerättyjä mittaustuloksia.

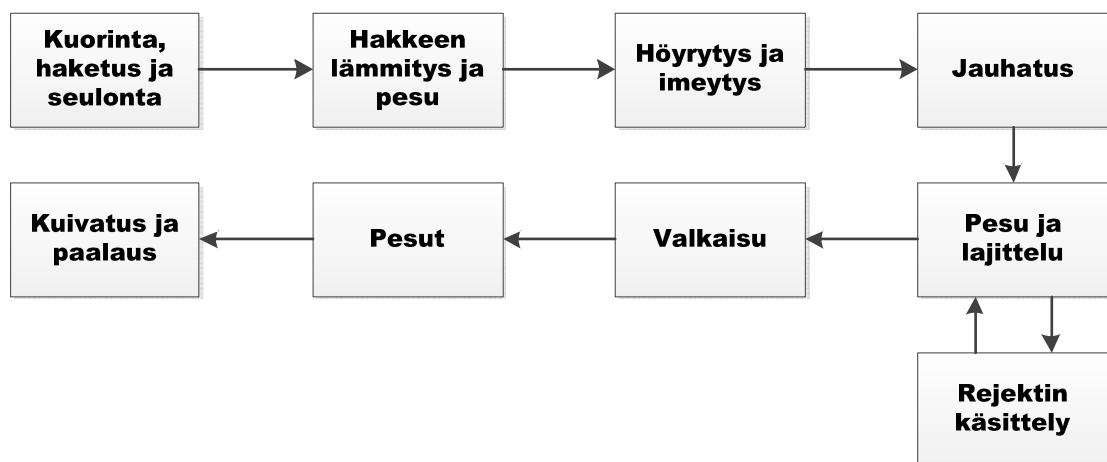
2 BCTMP

BCTMP (Bleached Chemitehermomechanical pulp) tarkoittaa valkaistua kemikuumahierrettä. Sen valmistuksessa yhdistetään mekaanisen ja kemiallisen massan valmistuksen menetelmiä kuitujen irrottamiseksi. Kemikuumahierteellä pystytään painopapereissa korvaamaan sellu osittain tai kokonaan. Tämän valmistusmenetelmän etuna on se, että kemikaalikäsittely mahdollistaa monien lehtipuulajien, kuten koivun haavan, pyökin ja eukalyptuksen hyödyntämisen hierteen valmistuksessa. (4,5.)

Ominaisuuksiltaan BCTMP sijoittuu kemiallisten ja mekaanisten massojen väli- maastoon. Sen kuidut ovat pidempiä ja lujuusominaisuudet parempia kuin me- kaanisilla massoilla, mutta lyhyempiä kemialliseen massaan verrattuna. Optisis- sa ominaisuuksissa se päihittää kemiallisen massan, mutta häviää mekaanisel- le massalle. BCTMP:tä käytetään pääsääntöisesti laatutarkoituksiin, joissa me- kaanisen massan laatu ei riitä ja joihin taas sellu on liian korkealaatuista ja kal- lista, kuten kartongin valmistukseen. (4.)

Aluksi seulottu hake lämmitetään ja pestään. Pesty hake lämpökäsitellään pai- neellisissa oloissa ja esikäsitellään kevyesti kemikaaleilla ligniinin pehmentämi- seksi. Imeytyksen jälkeen hake hierretään yksi- tai kaksivaiheisessa jauhatuk- sessa, jossa ligniini pehmenee edelleen ja kuidut irtoavat toisistaan. Massan sisältämät epäpuhtaudet, tikut ja huonosti kuiduttuneet fragmentit erotetaan massasta monivaiheisella lajitteluprosessilla. Lajittelun jälkeen massa saoste- taan, varastoidaan ja pestään kiertovedellä. (4.)

Massan vaaleuden parantamiseksi se valkaistaan kaksivaiheisessa valkaisuissa ja pestään monivaiheisessa pesuprosessissa. Puristettu massa kuivataan kak- sivaiheisella hiutalekuivauslinjalla ja johdetaan jäähdyssykloonan kautta paala- ukseen. (4.)



Kuva 1. Metsä Board Joutsenon BCTMP-prosessi.

BCTMP-linjan osaprosessien järjestystä voidaan havainnollistaa helposti yksin- kertaisella lohkokaaaviolla. Kuvassa 1, olevassa lohkokaaavoissa on karkea ku- vaus Metsä Board Joutsenon BCTMP-prosessista (6).

3 Hakkeen esikäsitteily

Haketusprosessin jälkeen hakelastut lajitellaan tasoseuloissa tai kiekko-seuloissa. Seulonnan tarkoituksena on erotella purujae sekä ylisuuri jae, joka palautetaan lajitteluun murskauksen jälkeen. Hakkeen seulomisen jälkeen hake siirretään hakesäiliöön, jossa sitä lämmitetään jään sulattamiseksi. (7.)

Ennen hiertoprosessia hake pestään. Pesuvaiheessa hakkeesta poistetaan purujae, joka on kulkeutunut hakkeen mukana. Prosessissa poistuvat myös muut epäpuhtaudet, kuten kivet, hiekka, metalliromut ja raskaat jakeet, jotka voisivat olla haitallisia jauhimen terille sekä heikentää massan laatua. Hakkeen pesuun käytetään tehtaan kiertovettä, jota sekoitetaan voimakkaasti, jolloin epäpuhtaudet irtoavat tehokkaasti. (7.)

Pesun jälkeen ylimääräinen vesi poistetaan ennen esilämmitystä. Hakkeen pesuvettä lämmitetään hiertämisestä saadulla energialla. Korkealla pesuveden lämpötilalla saadaan nostettua ja tasoitettua hakkeen kosteutta. Pesuveden tavoitelämpötila on yleensä noin 70–85°C. Pesun ja vedenpoiston jälkeen hake ohjataan esihöyrytykseen. (4, 7.)

Esihöyrytyssäiliössä haketta höyrytetään, jotta siinä oleva ilma poistuisi ja kosteus tasaantuisi. Höyrytyksessä käytettävä höyry otetaan ensimmäisen vaiheen jauhimesta. Seuraavaksi höyrytetty hake puretaan tulpparuuville, joka syöttää hakelastut paineellisen esilämmittimen yläosaan. Tulpparuuvi parantaa imeytymistä murskaamalla hakelastuja ja puristamalla osan hakkeen sisältämästä vedestä pois. Puristuksen lakattua poistunut vesi korvautuu imeytysliuksella. (5.)

4 Hakkeen kemikaalikäsittely

Kemikaalikäsittely voidaan tehdä prosessin eri vaiheissa, mutta parhaat mahdollisuudet massan ominaisuuksien muokkaukseen on tekemällä käsittely ennen jauhatusta.

Esilämmittimessä hake kastellaan imeytysliuksen kyllästämällä höyryllä ja ylimääräinen liuos johdetaan uudelleenkäytettäväksi liuksen valmistukseen. Koska CTMP- prosessissa hakkeen esikäsitteilyvaihe toteutetaan höyryfaasissa,

eikä lyhyen imeytysajan takia kuitujen sisäistä diffuusiota ehdi paljoa tapahtumaan on tärkeää, että imeytysvaihe on tehokas.

Imeytykseen voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, joita ovat muun muassa

1. kemikaalin ruiskutus hakkeen päälle
2. höyrykäsittely, jonka jälkeen hakkeen imeytys kylmässä sulfiittiliuoksessa
3. hakkeen puristaminen mekaanisesti ja imeytys sulfiittiliuoksessa
4. kemikaalien lisäys suoraan jauhimeen

Näistä menetelmistä tulpparuuvilla puristamisella saavutetaan paras imeytyminen, koska osa hakkeen sisältämästä vedestä korvautuu imeytysliuoksella ja hakkeen kosteuserot tasoittuvat. (7.)

Imeytysliuoksen koostumus ja siihen lisätyt kemikaalit vaihtelevat sen mukaan, onko käsiteltävä hake havu- vai lehtipuuta. Tyypillisesti CTMP-prosessin, jossa massaa tehdään lehtipuusta, imeytysliuos sisältää natriumsulfiittia (Na_2SO_3) ja natriumhydroksidia (NaOH). Lisäksi voidaan käyttää kompleksinmuodostajaa (DTPA), joka sitoo vaaleutta alentavia raskasmetalleja. Imeytysolosuhteet lehtipuuhakkeelle ovat erilaiset kuin havupuuhakkeelle. Lämpötila-alue on tyypillisesti 60–120°C, pH 12–13 ja reaktioaika 0 - 30 minuuttia. (4, 7.)

4.1 Penetraatio

Penetraatio tarkoittaa imeytysliuoksen johtumista kapillaarivoimien ja paineeron avulla puun huokosiin imeytysvaiheessa. Pituussuuntainen penetraatio on 50–200 kertaa nopeampaa kuin poikkisuuntainen penetraatio. Lehtipuut koostuvat putkisolukoista, jotka nopeuttavat penetroitumista. (4.)

Puun tiheydellä on myös merkitystä penetroitumiseen. Siihen vaikuttaa se, mistä osasta puuta hakepalat ovat peräisin. Kesäpuun tiheys on suurempi kuin kevätpuun, kuin myös pintapuun tiheys verrattuna sydänpuuhun. Tiheän puuaineksen huokokset ovat kapeampia, mistä johtuu hitaampi penetroituminen. Paineeron kasvattaminen parantaa penetraatiota venyttämällä kapillaareja ja huokosia. (4.)

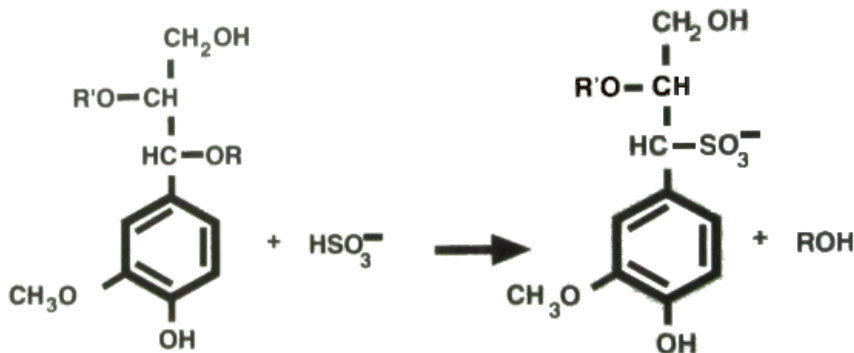
4.2 Diffuusio

Diffuusiossa imeytysliuos siirtyy puuainekseen väkevyyseron vaikutuksesta. Jotta diffuusio onnistuisi kunnolla, on myös penetraation onnistuttava. Nostettaessa imeytyslämpötilaa yli 140 °C:n, liuoksen sisältämien kemikaalien siirtymisen tapahtuu lähes ainoastaan diffuusion avulla. (4.)

Alkalinen imeytysliuos aiheuttaa kuidun seinämien turpoamisen, jolloin penetraatio hidastuu ja diffuusio nopeutuu poikkisuuntaan. Imeytysliuoksen diffusoituessa puuainekseen, puun sisältämät liuenneet aineet poistuvat hakepaloista diffuusion avulla. Tärkeää diffuusion onnistumiselle on, että pH-taso pysyy yli 12,5:ssä. Alhaisemmassa pH:ssa diffuusion hidastuessa myös ligniinin poistuminen hidastuu. (4.)

4.3 Sulfonoinnin kemia

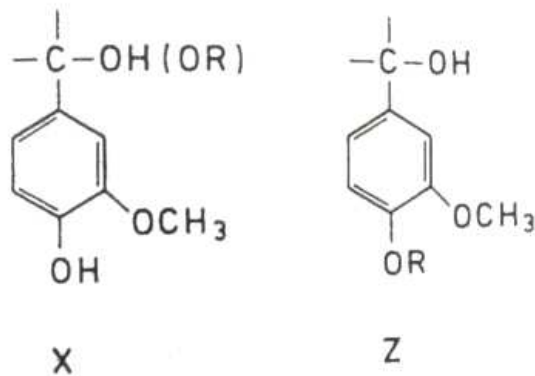
Ligniini, jota muun muassa kuituja sitova välilamelli sisältää, on hydrofobista ja estää nesteiden imeytymistä kuituun. Ligniinin turpoamista voidaan parantaa sulfonoinnilla, eli sulfonaatti- ja karboksyyli ryhmän lisäyksellä. Kuvassa 2 näkyy ligniinin sisältämien sulfonaattiryhmien tärkein kokonaisreaktio. (7.)



Kuva 2. Perusreaktio, jossa näkyy ligniinin sulfonaattiryhmät.

Ligniinin reaktiiviset ryhmät voidaan jakaa eri yksiköihin. Kuvassa 3 näkyy kaksi yksikköä, jotka sulfonoituvat pH-alueella 4 - 9. Noin 15 % fenyylipropaniyyksiköistä ovat X-tyyppiä ja 15 % Z-tyyppiä. X-tyypin yksiköt reagoivat verrattain nopeasti, kun taas Z-tyyppi reagoi paljon hitaammin. Tähän perustuen voidaan

otaksua, että X-tyyppiset fenyylipropaaniyksiköt sulfonoituvat suhteellisen hellävaraisemmissa olosuhteissa, joita CTMP-prosessissa käytetään. (7.)



Kuva 3. Ligniinin fenyylipropaaniyksiköt

Lyhytkuituhake sisältää vähemmän ligniiniä kuin pitkäkuituinen hake, joka osaltaan rajoittaa saavutettavissa olevaa sulfonointiastetta. Pitkäkuituisessa puussa ligniini on myös eri muodossa, mikä aiheuttaa rajoituksia sulfonointireaktioihin. Kemitermomekaanisen massan valmistuksessa on pelkän ligniinin käsittelyn sijaan keskityttävä myös hiilihydraattien käsittelyyn, mikäli halutaan mahdollisimman hyvää massaa.

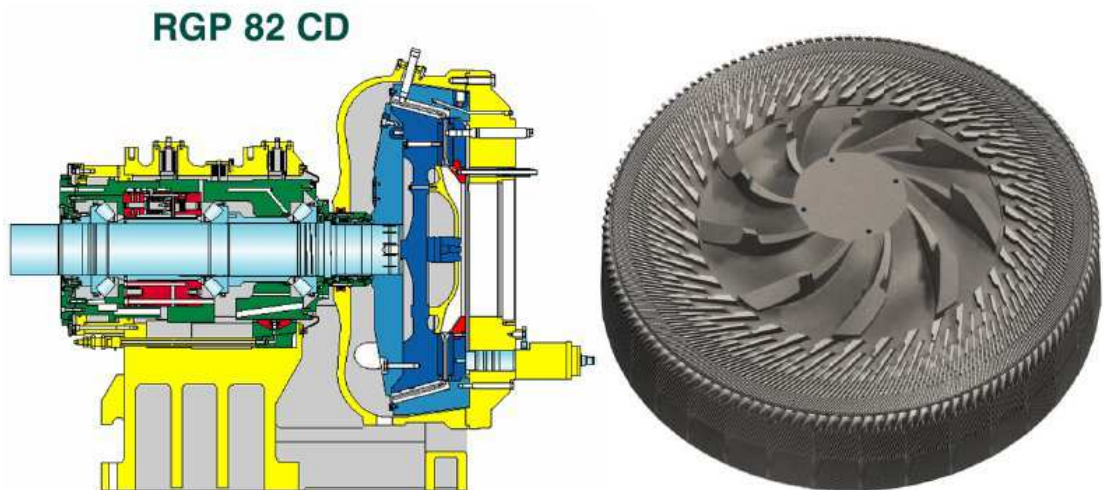
5 Hakkeen jauhatus

Imeytetyn hakkeen jauhatus toteutetaan hierrejauhimilla. Levyjauhimet jaetaan pyörivien profiloitujen teräkiekkojen määrän mukaan yksikiekkojauhimiin (SD) ja kaksikiekkojauhimiin (DD). Yksikiekkojauhimissa toinen teräkiekko, staattori on kiinteä, ja toinen kiekko, roottori on pyörivä. Kaksikiekkojauhimissa molemmat teräkiekot pyörivät vastakkaisiin suuntiin, ja niillä on omat käyttömootorit. (4.)

Syöttöruuvilla tuodaan sakea (30–50 prosenttinen) hakkeen ja veden muodostama suspensio teräkiekkojen väliin. Molemmissa tyypeissä hake syötetään jauhimen keskelle, yksikiekkojauhimissa kiinteän teräkiekon keskiön läpi ja kaksikiekkojauhimissa toisen teräkiekon solien kautta. Keskiöstä hake kulkeutuu murskausvyöhykkeen ja jauhatusvyöhykkeen terärakojen kautta teräkiekon kehälle ja lopulta jauhimen pesään. Terävälystä ja jauhatusvyöhykkeen lämpötilaa

mitataan TDC (True Disc Clearance) – antureilla, ja terärako asetetaan oikeaksi säätämällä terävälystä hydraulijärjestelmällä. (4, 8.)

Metsä Board Joutsenon BCTMP-tehtaan pääjauhatus on toteutettu kahdella rinnakkaisella jauhatuslinjalla, joissa on Metson valmistamia RGP82CD-kartiojauhimia. Poikkileikkaus tällaisesta jauhimesta näkyy kuvassa 4. (3.)



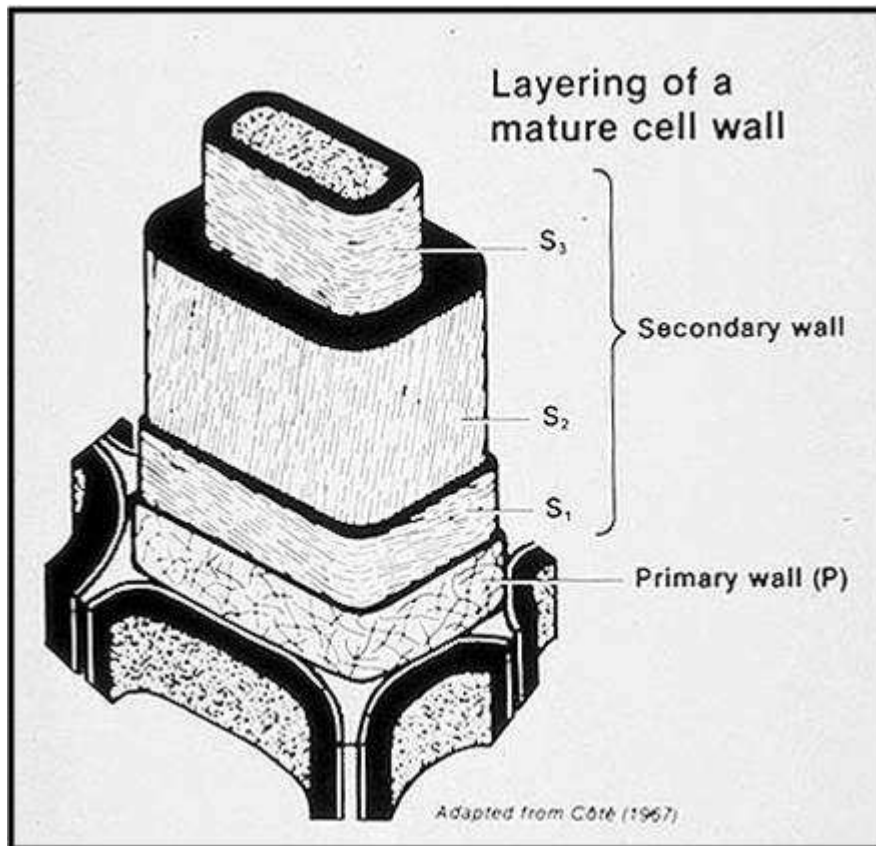
Kuva 4. Metson RGP82CD-kartiojauhin, jossa on taso- ja kartio-osat.

Kartiojauhimen rakenne perustuu RGP-sarjan levyjauhimiin, joita on modifioitu lisäämällä siihen kartio-osa. Kartiojauhimessa sekä taso- että kartio-osan teräraot ovat säädettävissä. (3.)

5.1 Kuidun irtoaminen

Kuidun irtoamistapahtumassa hakepaloihin johdetaan suuri määrä nopeita rasiuspulsseja. Murskaus ja jauhatusvyöhykkeillä hakkeeseen ja kuitukimppuihin kohdistuu puristus- ja leikkausvoimia. Puristusvoimat aiheuttavat puuaineen lämpenemistä ja siten heikentävät kuitujen rakennetta. Puuaine hajoaa kuitukimpuiksi ja yksittäisiksi kuiduiksi leikkausvoimien vaikutuksesta. (4.)

Kuidun soluseinä on muodostunut selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä. Solun runko muodostuu selluloosasta, jota muut aineet ympäröivät. Soluseinän rakenne muodostuu kahdesta kerroksesta, runsaasti ligniiniä sisältävästä ohuesta primääriseinästä ja selluloosapitoisesta sekundaariseinästä, jotka näkyvät kuvassa 5. (9.)



Kuva 5. Kuidun soluseinän rakenne.

Sekundaariseinä voidaan jakaa vielä kolmeen kerrokseen, jotka ovat S₁, S₂ ja S₃. Tärkein kerros kuidussa on sekundääriseinän erittäin paksu keskiosa S₂, jossa suurin osa kuidun selluloosasta sijaitsee. Lisäksi kuitua ympäröi välilamelli, joka pitää kuituja toisissaan. Se on muodostunut pektiinistä, joka myöhemmin muuttuu ligniiniksi.(9.)

Jauhatusessa kuituja toisiinsa liittävän välilamellin ja soluseinän uloimman kerroksen, primääriseinän rakenne heikkenee. Välilamellin hajoaminen irrottaa kuitut toisistaan. Tavoitteena on että jauhatusta ei kohdistuisi soluseinän muihin osiin kuin välilamellin, primääriseinän ja S₁-kerroksen. S₂-kerroksen ulkoisella ja sisäisellä fibrilloitumisella, eli haiventumisella on suurin merkitys kuidun paperiteknisille ominaisuuksille. (7,9.)

5.2 Jauhinterien merkitys

Koska jauhinterien tulee kestää suurta kemiallista ja mekaanista rasitusta, ne valmistetaan seosteräksistä, joissa teräksen kesto on saatu kasvatettua hiilipitoisuutta muuttamalla. Terämateriaalin lisäksi hierteen valmistukseen vaikuttavia jauhinterien ominaisuuksia ovat terän pintakuviointi, kartiokkuus, halkaisija ja pyörimisnopeus. (4.)

Näiden lisäksi jauhatuksen lopputulokseen vaikuttavat teräväli, massavirta, höyryvirta ja sakeus. Useiden muuttujien takia oikean vaihtoehdon löytäminen on hankalaa ja aikaa vievää. Eri jauhintyyppeihin valitaan erilaiset terien pintakuviointit. Kuvioinnin valintaan vaikuttaa esimerkiksi jauhimen sijainti prosessissa ja jauhimen tyyppi. Erilaiset pintakuviointit soveltuvat 1- ja 2-vaiheen jauhimille ja rejektijauhimille. (5.)

5.3 Jauhinterän vyöhykkeet

Jauhimen segmentin vyöhykkeet voidaan jakaa kolmeen osaan niiden toiminnallisten tarkoitusten perusteella. Vyöhykkeet ovat Pumppausvyöhyke (a), Murskausvyöhyke (b) ja Jauhatusvyöhyke (c).

Pumppausvyöhykkeellä (a) jauhimeen tulevaa suspensiota pumpataan teräkiekon ulkokehää kohti, jolloin paine ja lämpötila saadaan nostettua nopeasti kuitujen pehmenemistä ja jauhatusta edistävälle tasolle. Tasainen paine kehittyy koko kehälle suuren hammaskulman ansiosta ja takaisin virtauksen estyessä, jolloin jauhimen hyötysuhde paranee. Tällä vyöhykkeellä hakepaloissa tapahtuu osittaista murskautumista niiden törmäillessä toisiinsa ja teräkiekon teriin. Menettäessä taso-osalla kiekon keskeltä ulkokehälle päin, hampaiden ja urien leveys pienenee ja vyöhykkeen kartiokkuus loivenee asteittain. (8.)

Murskausvyöhykkeellä (b) hampaita on enemmän kuin pumppausvyöhykkeellä, ja ne ovat kapeampia. Niiden väliin on sijoitettu virtausesteitä, patoja, jotka pyrkivät sulkemaan urat ja siten estämään takaisinvirtausta. Padot myös nostavat massaa takaisin teräväliin. Tällä vyöhykkeellä loputkin hakepalat alkavat murskautua tikuiksi ja kuiduiksi. (8.)

Jauhatusvyöhykkeellä (c) teräväli on pieni, ja hampaita on eniten, ja ne ovat kapeimmillaan. Padot hampaiden väleissä on sijoitettu niin, ettei kuidut pääse jauhimen läpi muualta kuin teräväleistä. Massan ominaisuudet kehittyvät pääsääntöisesti jauhatusvyöhykkeellä. (8.)

5.4 Jauhatusenergia

Jauhatusprosessissa on kaksi merkittävää muuttujaa. Toinen niistä on energian ominaiskulutus (EOK). Se kuvaa energiamäärää, joka massaan on laitettu, ja se saadaan laskettua jauhatusstehon suhteesta tuotantoon.

Normaalisti yksikkönä käytetään MWh/t, eli energiamäärä tuotettua massatonna kohti. Yleisesti voidaan todeta että, mitä enemmän energiaa massaan laiteetaan, sitä suuremmat muutokset kuidussa ja massaominaisuuksissa tapahtuu. (4.)

5.5 Jauhimen syöttösakeus

Toinen merkittävistä muuttujista on massan syöttösakeus, jota hallitaan massan lisättävän laimennusveden määrällä. Koska sakeutta ei pystytä mittaamaan jauhatusvyöhykkeeltä, se lasketaan hakevirrasta, energiankulutuksesta ja laimennusvesimäärästä. Näiden lisäksi on tiedettävä hakkeen kosteus ja tiheys. (4.)

Sakeus vaikuttaa merkittävästi muun muassa jauhatuksessa muodostuneen höyryn määrään. Sen laskemiseksi täytyy tietää hakevirran suuruus, hakkeen mukana tuleva kosteus, energian kulutus, laimennusveden määrä ja lämpötila. Jauhatusvyöhykkeen normaali sakeus on ensimmäisessä vaiheessa 40 % - 50 % ja toisessa vaiheessa 5 % pienempi. Alarajana pidetään 25 prosenttia, jossa ljuudet laskevat ja tikkupitoisuus lisääntyy. (4.)

5.6 Jauhatustapa

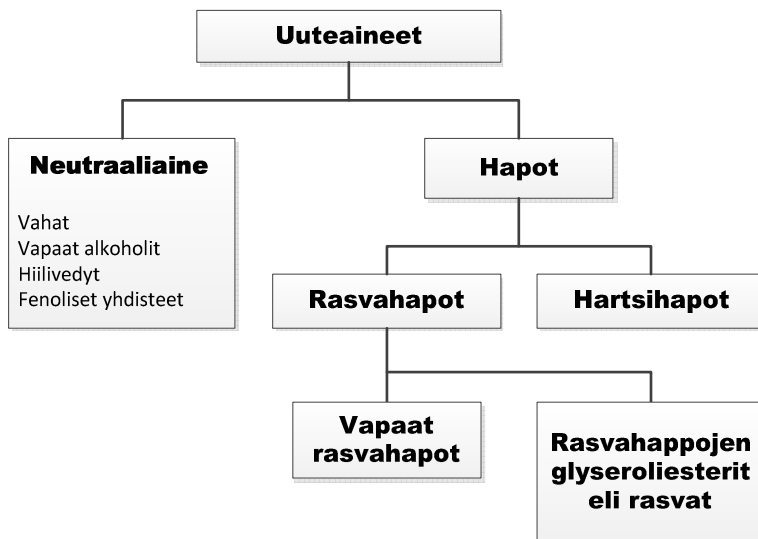
Jauhatustapa on yksi jauhatustulokseen vaikuttavista päämuuttujista. Siihen vaikuttavia tekijöitä ovat prosessiolosuhteet, terämalli ja jauhatuksen määrä. Intensiteetti, johon vaikuttaa teräraon suuruus, kuvaa jauhatustapaa. Korkean intensiteetin jauhatus on rajua jauhatusta, jossa pienessä terävälissä on vähän

massaa ja säteensuuntainen virtausnopeus on suuri. Matalan intensiteetin jauhatusta on hellää jauhatusta, jossa massan virtausnopeus on pieni ja massaa on suuressa terävälissä paljon. (4.)

Rajulla, pienellä terävälillä tehdyllä jauhatuksella saadaan alennettua energiakulutusta ja tikkupitoisuutta tiettyyn CSF-tasoon saakka. Suuri-intensiteettinen jauhatus kuitenkin alentaa kuitupituutta ja repäisylujuutta, koska jauhatus muuttuu kuituja kehittävästä kuituja katkovaksi. Intensiteettiä voidaan valvoa mittaamalla kuidun pituuksia. (4.)

6 Puun uuteaineet

Puun uuteaineista käytetään yleisnimeä pihka. Se koostuu glukoosista fotosynteesissä muodostuneista yhdisteistä, jotka liukenevat orgaanisiin liuottimiin. Orgaanisia liuottimia ovat esimerkiksi petrolieetteri, dietyylieetteri, dikloorimetaani, aseton ja etyylialkoholi. Liuottimien erilaisuuden takia ei pihkan määrittelmä ole yksiselitteinen. Uuteaineiden koostumus on havainnollistettu kuvassa 6. (9.)



Kuva 6. Puun uuteaineiden koostumus

Havupuun pihka sijaitsee pihkarakkuloissa, pihkatiehyissä ja ydinsäteiden tylppysoluissa. Havupuun pihka sisältää hartsihappoja, rasvahappoja ja rasvahappoesterejä. Lehtipuussa pihkaa on ydinsäteiden tylppysoluissa, ja se koostuu rasvoista, vahoista ja steroleista, eikä sisällä lainkaan hartsihappoja. (9.)

Pihkaa pyritään poistamaan massasta, koska se voi haitata paperin ja kartongin valmistusta. Koivun pienten kuituhuokosten takia kuitujen sisällä oleva uuteaine ei pääse liukenemaan helposti. Lisäksi neutraaliainetta, joka sisältää muun muassa vahoja, jää runsaasti liukenematta, koska koivun pihkan happopitoisuus on alhainen suhteessa neutraaliaineeseen. Pihkan sisältämät hapot toimivat detergentteinä, eli liuottavat tehokkaasti neutraaliainetta alentamalla pintajännitystä. (9.)

7 Hierteen laadun tutkiminen

7.1 Kuumahajotus

Massan kuumahajotuksen tarkoituksena on mahdollistaa latenssin poisto massanäytteestä. Latenssilla tarkoitetaan suuren jauhatussakeuden ja korkean lämpötilan aiheuttamaa kuitujen kihartumista ja kiertymistä. Latenssin poistetaan sekoittamalla sitä alhaisessa sakeudessa ja korkeassa lämpötilassa. Tutkittaessa korkeassa lämpötilassa ja/tai suuressa sakeudessa valmistettuja mekaanisia massoja, mittaustuloksissa voi olla suuria eroavaisuuksia riippuen näytteen hajotuksessa käytetyn veden lämpötilasta.

Kuumahajotusmenetelmää käytetään, kun tällainen hajotuslämpötilan vaikutus esiintyy. Massa hajotetaan 85 °C:n lämpötilassa ja noin 20 g/l sakeudessa. Sulppu laimennetaan hajotuksen jälkeen kylmällä vedellä noin 5 g/l sakeuteen. (10.)

7.2 Massan suotautuvuus

Mekaanisten massojen suotautuvuutta kuvataan freeneksellä. Yleisesti käytetty suotautuvuutta kuvaava menetelmä Canadian Standard Freeness (CSF) ilmoittaa, kuinka hyvin tai huonosti massasulppu luovuttaa vettä.

Freeness-määrittämissä ennalta tunnettu määrä vesilietteenä olevaa massaa suodatetaan viiralle muodostuneen kuitumaton läpi suppiloon, jossa on sekä pohjassa että sivussa aukko. Sivuaukosta virtaava suodos otetaan talteen tarrattuun mittalasiin ja punnitaan. Punnitustulos muutetaan grammoista millilitroiksi (1g=1ml). Freenessluku ilmoitetaan suodostilavuutena millilitroina. CSF-

luku kertoo massan karkeudesta. Mitä suurempi luku on, sitä karkeampaa massaa on näytteessä. (11.)

7.3 Tikkumääritys

Mekaanisen massan tikkupitoisuuden määrittämiseen käytetään Pulmac-tikkumittausmenetelmää. Se perustuu tikkujen mekaaniseen, rakosihtiperiaatteella tapahtuvaan erotteluun. Erottelulevyn raon leveydet voidaan valita halutuksi massan rakenteen mukaan. Jauhinmassanäytteiden ja CSF-luvun ollessa yli 250 ml, määrityksessä käytetään erottelulevyä, jonka raonleveys on 0,004". Jos testattavassa massassa on latenssia, poistetaan latenssi ensin kuumahajotuksen avulla. (12.)

Massan kuidut ja hienoaines huuhtoutuvat erottelulevyn raoista läpi, kun taas karkeammat osaset (tikut) jäävät levyn toiselle puolelle, josta ne voidaan kerätä talteen ja tutkia edelleen. Laitteen tarkoitus ei ole varsinaisesti mitata mitään, vaan sillä erotellaan massasta halutun suuruiset tikut. (12.)

8 Kokeellinen osa

8.1 Kemikaalin annostelulaitteisto

Koeajoa varten Joutsenon BCTMP-tehtaalle rakennettiin kuvassa 7 näkyvä väliaikainen kemikaalin annostelulaitteisto. Kemikaali oli 1000 l:n IBC-kontissa, joka nostettiin trukilla konttitelineellä varustettuun varoaltaaseen. Kontin pohjaventtiili kytkettiin pumpun imupuolen letkuun 2” Camlock-pikaliittimellä. Pumpun ja kontin väliin asennettiin mitta-asteikolla varustettu kalibrointiputki pumpun kalibrointia varten. Pumpun painepuolen annosteluletku liitettiin tehtaan imeytysliuosäiliön pumpun painepuolella olevaan palloventtiiliin. Liitoskohtaan asennettiin takaiskuventtiili estämään imeytysliuoksen pääsy annosteluletkuun. Annosteluletkuna käytettiin 25 mm:n kuituvahvistettua PVC-letkua.



Kuva 7. Annostelulaitteisto ja syöttöyhde imeytysliuoslinjaan

Annostelupumppu asennettiin telineineen omaan varoaltaaseen, jotta vuodon sattuessa kemikaalia ei leviäisi lattioille. Pumpuksi valittiin Prominentin valmistama elektronisella ohjausjärjestelmällä varustettu Sigma kalvoannostelupumppu (Kuva 8), joka pystyi tuottamaan tarpeeksi suuren tilavuusvirran annosteltaville kemikaaleille.

Sigma-pumpussa on kaksoiskalvorakenne ja kalvon rikkoutumisenilmaisimien, joten annosteltavaa kemikaalia ei pääse vuotamaan ympäristöön tai pumpun rakenteisiin. Se on myös varustettu kiinteällä varoventtiilillä, joka suojaa pumpua ylikuormittumiselta. Sigma – pumpun annostelu on hyvin tarkkaa, sillä sen annostustarkkuuden toistettavuus on, Prominentin mukaan parempi kuin $\pm 2 \%$.



Kuva 8. Prominent Sigma kalvoannostelupumppu

Ennen koeajon alkua pumppu kalibroitiin, jonka jälkeen annostelumäärää voitiin säätää asettamalla pumpun ohjausyksikön näyttöön haluttu tilavuusvirta (l/h), jolloin pumpun iskun pituus muuttui haluttua arvoa vastaavaksi.

8.2 Kuiva-aineen määrittäminen

Jauhimelta haetusta massanäytteestä mitattiin aluksi näytteen kuiva-aineosuus. Jauhinmassan kuiva-aineosuus täytyy tietää laskettaessa kuumahajotukseen tarvittavaa massamäärää.



Kuva 9. Kuiva-ainemittauksessa käytettävät halogeenikuivaimet

Mittausta varten käytössä oli kaksi halogeenikuivainta, jotka näkyvät kuvassa 9. Kuivaimiin laitettiin noin 2 g jauhinmassaa, ja mittauksen valmistuttua kuivain ilmoitti mittauksen tuloksen muutamassa minuutissa.

8.3 Kuumahajotus

Aluksi yläkuppivaa'alle taarattiin, kuvassa 10 näkyvän kuumahajottimen teräsastia, johon punnittiin 50 ± 5 g abs. kuivaa jauhinmassaa kuumahajotusta varten. Punnittava määrä laskettiin kaavalla 1, jonka jälkeen astiaan lisättiin vettä niin paljon, että tilavuudeksi tuli 2,5 l. Kuumahajottimen kierroslaskuri nollattiin, ja massaa sekoitettiin 30 000 kierrosta.

$$\frac{50}{\text{määritetty kuiva - aine \%}} \cdot 100 \quad (1)$$



Kuva 10. Kuumahajotin ja sekoitusaltaat

Kuumahajottimen pysähdyttyä massa kaadettiin kuvassa 10 näkyvään sekoitusaltaaseen ja laimennettiin kylmällä vedellä noin 10 litraksi. Tavoitteena oli saada massasulpun loppulämpötilaksi noin 20 °C.

8.4 Sakeuden määrittäminen

Massan sakeuden määrittämisessä käytettiin valmiiksi kuivattuja ja punnittuja suodatinpapereita, joihin oli merkitty paperin kuivapaino. Suodatinpaperi laitettiin büchner-suppiloon, kostutettiin, ja suppilon imu kytkettiin päälle. Tämän jälkeen sekoitusaltaassa olevaa laimennettua näytettä sekoitettiin paineilmalla kaksi kertaa 10 sekuntia, ja toisen sekoituksen aikana siitä otettiin mittakannuun näyte, joka kaadettiin 500 ml:n mittalasiin. Näyte kaadettiin suppilon ja annettiin suodattua.

Suodattunut näyte kuivattiin pikakuivaimessa (Kuva 11) suodatinpaperien välissä viisi minuuttia. Kuivauksen jälkeen toinen suodatinpaperi poistettiin, ja suodattokakku punnittiin yläkuppivaa'alla. Tulos merkittiin suodatinpaperin painon viereen. Määrittämisessä käytetyt laitteet näkyvät kuvassa 12.



Kuva 11. L&W Rapid Dryer- pikakuivain



Kuva 12. Büchner-suppilo ja Mettler Toledo Classic -yläkuppivaaka

Lopuksi massan sakeus laskettiin kaavan 2 avulla.

$$X = \frac{(C - B) \cdot 2 \cdot 10}{A} \cdot 100\% \quad (2)$$

Kaavassa: X = Kuiva- aine %

A = Kuumahajottimen teräsastiaan punnittu näytteen paino (g)

B = Kuivatun suodatinpaperin paino (g)

C = Kuivatun suodatinpaperin ja massan paino (g)

Massakakun paino täytyy kertoa kahdella, koska näytettä otettiin 500ml ja yksikön tulee olla g/1000 ml, eli g/l. Koska näyte laimennettiin 10 litraksi, tarvitaan myös kerroin 10.

8.5 Freenessin määrittäminen

Freeness- määrittäminen aluksi sakeuden määrittämisessä syntyneen massakakun painosta vähennettiin suodatinpaperin paino. Näin saadun kakun painon perusteella katsottiin tätä varten tehdystä taulukosta punnitustulosta vastaava millilitramäärä laimennettua näytettä. Määrittämiseen tarvittiin 3 g abs. kuivaa massaa/1000ml, joten taulukon arvot tarvittavasta laimennoksen määrästä oli laskettu kaavan 3 mukaan.

$$\text{tarvittava määrä, ml} = \frac{1500}{500\text{ml: sta suodatetun kakun paino}} \text{ml} \quad (3)$$

Sekoitusaltaassa olevaa massalaimennosta sekoitettiin paineilmalla kaksi kertaa 10 sekuntia. Toisen sekoituksen aikana sitä otettiin taulukosta luettu millilitramäärä vaa'alla olevaan taarattuun 1000 ml:n mittalasiin, ja lasi täytettiin mahdollisimman kylmällä vedellä 1000 (\pm 5) ml:aan, eli grammaan ja otettiin pois vaa'alta (Kuva 12). Näytettä sekoitettiin voimakkaasti lämpömittarin (Kuva 13) metallisella anturilla, ja samalla lämpötila merkittiin muistiin. Lämpötila oli kaikilla mittauskerroilla hieman yli 20°C. Heti lämpötilan mittauksen jälkeen taarattiin toinen 1000 ml:n mittalasi, ja asetettiin se freeness-laitteen suppilon sivuputken alle. Sivuputki näkyy kuvassa 14, laitteen alaosassa.



Kuva 13. Mettler Toledo Spider S1-vaaka ja pitkällä metallianturilla varustettu lämpömittari



Kuva 14. Freeness-laite

Hyvin sekoitettu näyte kaadettiin nopeasti tasaisena virtana freeness-laitteen vedenpoistokammioon, joka on harmaa osa kuvassa 14. Välittömästi kaatamisen jälkeen kammion yläkansi ja kannessa oleva ilmaventtiili suljettiin, kammion alakansi avattiin ja lopuksi ilmaventtiili avattiin. Kun kaikki sivuputkesta tuleva vesi oli valunut mittalasiin, siirrettiin mittalasi vaa'alle ja otettiin punnitustulos ylös. Näin saatu lukema oli suoraan freeness-luku, jos näytteen lämpötila oli 20°C. Kaikille niille arvoille, joissa lämpötila oli poikkeava, katsottiin lämpötilakorjaustaulukosta (liite 1) millilitramäärä, joka joko lisättiin tai vähennettiin saadusta freeness-arvosta.

Jokaisesta näytteestä tehtiin kaksi rinnakkaista freeness-määrittystä, joiden tulosten tuli täsmätä 4 %:n tarkkuudella. Tätä suurempien erojen esiintyessä, tehtiin koko määrittys uudelleen. Lopullinen taulukoitu freeness-arvo ilmoitettiin kahden mittauksen keskiarvona 1 ml:n tarkkuudella.

8.6 Tikkumääritys

Tikkumääritys tehtiin myös samasta kuumahajotetusta 10 litraan laimennetusta jauhinmassalietteestä. Näytteeseen tarvittiin abs. kuivaa massaa 3 g, joten sa-
keusmäärityksessä saadun suodoskakun painon avulla saatiin kaavalla 4 las-
kettua tarvittava millilitramäärä laimennettua näytettä, koska 1 ml vettä painaa
yhden gramman.

$$\text{tarvittava määrä, ml} = \frac{3g}{m_{\text{suodoskakku}} (g)} \quad (4)$$

Kun oikea määrä näytettä oli punnittu mittalasiin, Pulmac- laite (Kuva 15) kytket-
tiin päälle. Veden noustua syöttösäiliön alaraja-anturin kohdalle ja sekoittimen
käynnistyttyä, näyte kaadettiin säiliöön, missä se sekoittui alhaalta tulevaan li-
säveteen. Pinnan noustua yläraja-anturin kohdalle säiliö alkoi tyhjentyä, ja näyte
virtasi sihtikammioon. Noin viiden minuutin jälkeen analyysi loppui, ja laite huuht-
toi tikut keräilysihdille. Lopuksi laitteen huuhtelutoiminto käynnistettiin, jotta
kaikki tikut saatiin talteen, ja sihti poistettiin.



Kuva 15. Pulmac-laite ja sihtikammio

Tikut suodatettiin valmiiksi punnitulle suodatinpaperille, jota oli kuivattu 30 minuuttia 165 asteisessa lämpökaapissa (Kuva 16) ja jäähdytetty yksi tunti eksikaattorissa (Kuva 16).



Kuva 16. Termaks-lämpökaappi ja eksikaattori

Suodatinpaperi tikkuineen kuivattiin lämpökaapissa 165 °C:n lämpötilassa 30 minuuttia ja jäähdytettiin eksikaattorissa tunnin ajan. Lopuksi paperi punnittiin tarkkuusvaa'alla (Kuva 17).



Kuva 17. Mettler Toledo AB204-S tarkkuusvaaka

Tulos laskettiin kaavalla 5, jossa tikkujen paino jaetaan massanäytteen (3 g) painolla. Tulos kirjattiin ylös yksikkönä milligrammaa/gramma abs. kuiva massa.

$$\text{tikkupitoisuus, } \left(\frac{mg}{g}\right) = \frac{m_{\text{tikut+paperi}}(mg) - m_{\text{paperi}}(mg)}{3g} \quad (5)$$

9 Mittaustulokset ja tulosten tarkastelu

Koeajon aikana jauhinmassanäytteet otettiin molemmilta jauhimilta (J21 ja J11), ja niistä tehtiin freeness-, tikku- ja kuiva-ainemääritykset. Jauhin 21:n massanäytteistä ja paalinäytteistä määritettiin rasvaliukoisten uuteaineiden määrät prosenttiosuuksina.

Koeajon ajaksi jauhin 21 automaattinen säätö oli otettu pois päältä, jotta mahdolliset säätöjen aiheuttamat muutokset eivät vaikuttaisi mittaustuloksiin. Vertailun vuoksi jauhin 11:n säädöt olivat päällä.

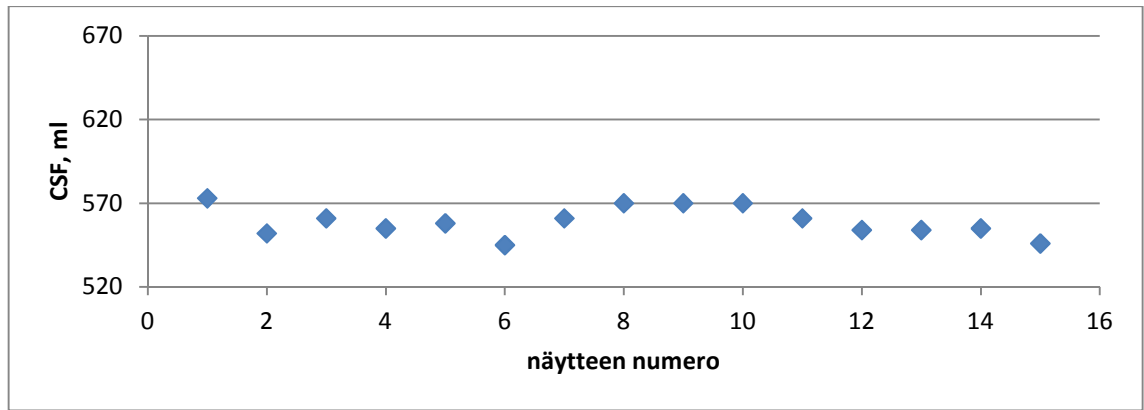
9.1 Jauhinmassa-analyysit

Jauhinmassoista tehdyt määritykset taulukoitiin, ja taulukon arvoista tehtiin kuvaajat. Tällä tavalla kemikaalin annostelumuutosten aiheuttamat poikkeamat saataisiin näkyviin.

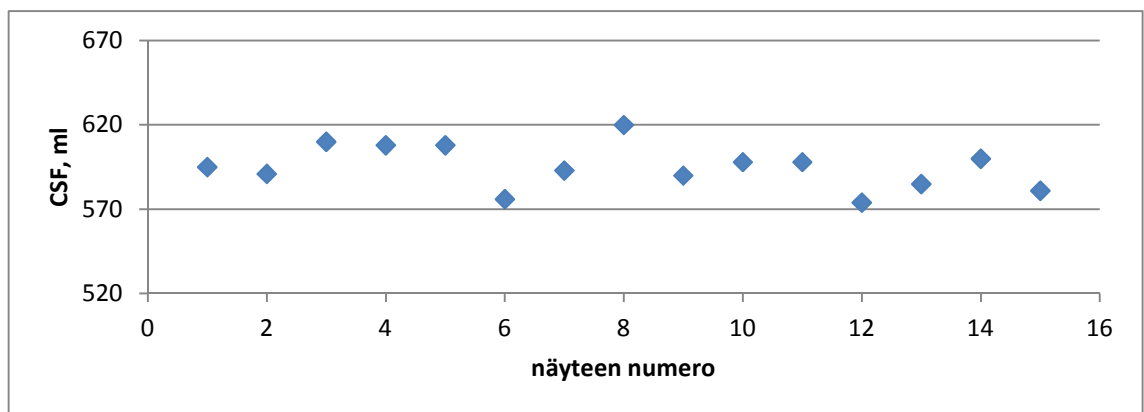
Freenestä ja tikkupitoisuutta kuvaavissa pistediagrammeissa pisteet 3–8 kuvaavat ensimmäisen kemikaalin annosteluajankohtana otettuja näytteitä ja pisteet 10–15 toisen kemikaalin annosteluajankohtana otettuja näytteitä. Lisäksi pisteet 1, 2, 9 ja 16 kuvaavat referenssinäytteitä.

9.1.1 Canadian Standard Freeness

Kuvioissa 1 ja 2 näkyvät freenessin vaihtelut ovat hyvin pieniä. Tarkasteltaessa freeness-arvojen vaihtelua pitemmältä aikaväliltä voidaan havaita näiden tulosten sisältyvän normaaliin hajontaan.



Kuvio 1. Jauhin 21 Freeness



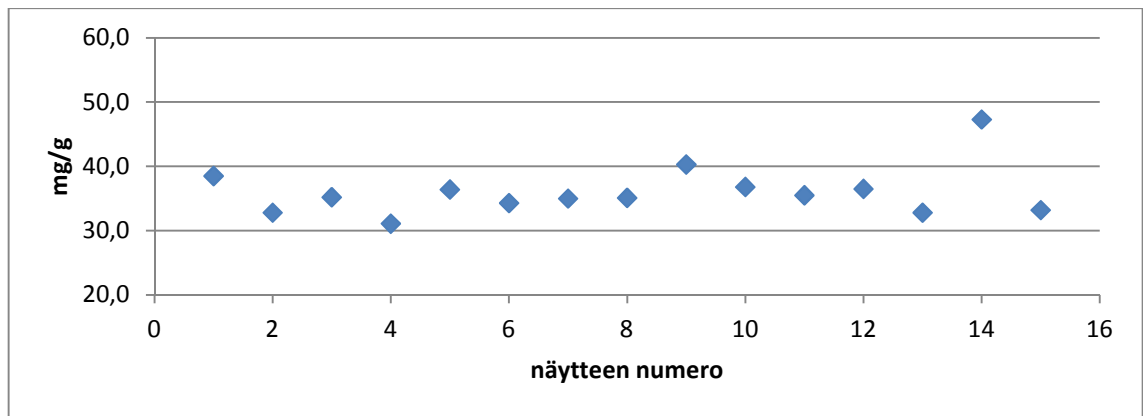
Kuvio 2. Jauhin 11 Freeness

Freeness -määritysten tulosten perusteella voidaan päätellä, että imeytyskemi-
kaalin lisäyksellä ei ole ollut vaikutusta jauhinmassojen freeness -tasoihin.

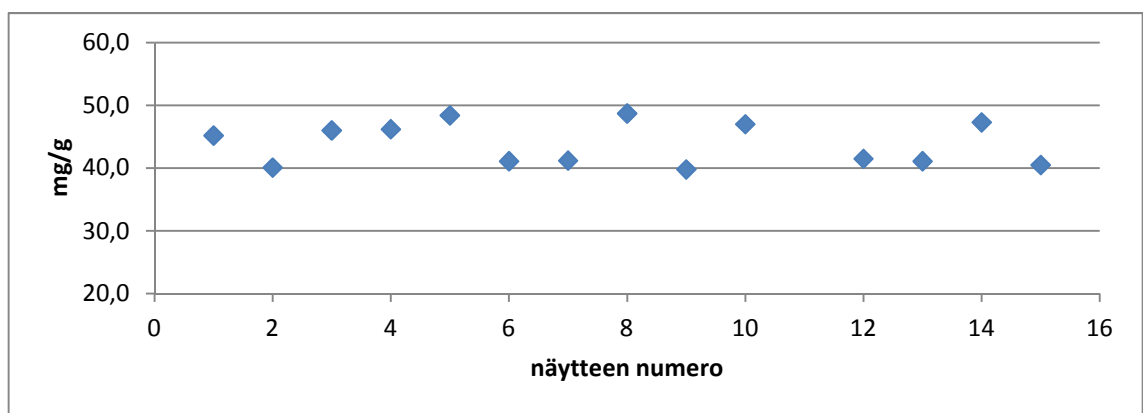
9.1.2 Tikkupitoisuus

Tikkupitoisuuden on kuvattu kuvioissa 3 ja 4 yksiköllä milligramma absoluuttisen
kuivaa massagrammaa kohti. Kuvaajassa näkyvät poikkeamat ovat melko pie-
niä. Pitemmän aikavälin tarkastelussa voidaan todeta näiden vaihteluiden sisäl-
tyvän tikkupitoisuuden normaaliin hajontaan.

Koska massan ja laimennusveden mittaukset tikkumäärittystä varten tehdään
käsin, on inhimillisen virheen mahdollisuus olemassa. Yksi muista tuloksista
selvästi poikkeava piste kuviossa 3 voi johtua jostakin määrittelyn aikana ta-
pahtuneesta poikkeamasta tai virheestä.



Kuvio 3. Jauhin 21 tikkupitoisuus

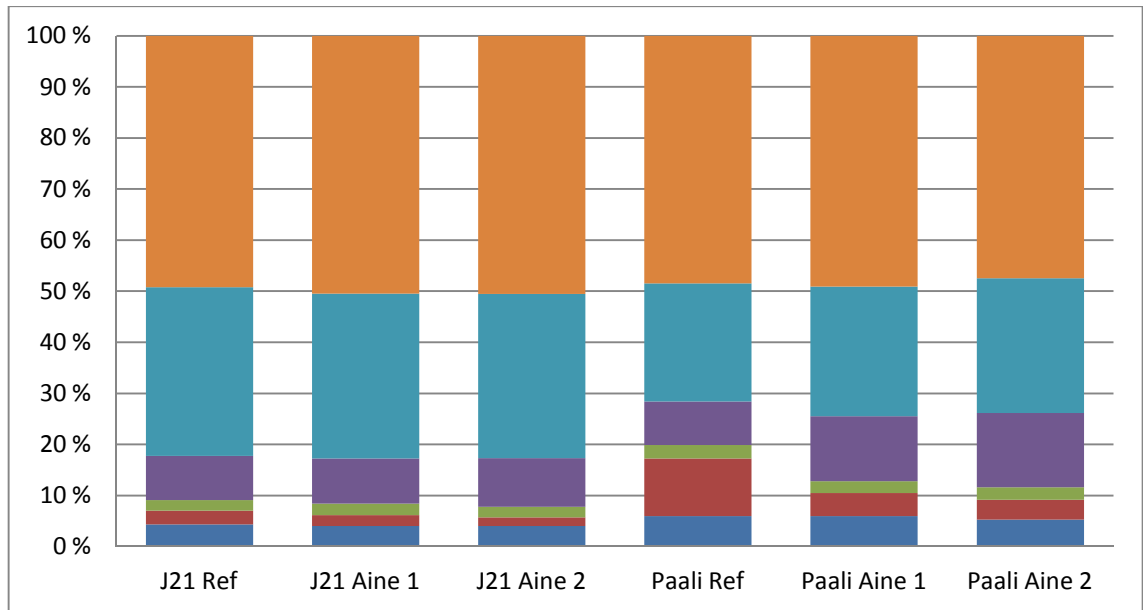


Kuvio 4. Jauhin 11 tikkupitoisuus

Tikkupitoisuus-määrittysten tulosten perusteella voidaan päätellä, että imeytyskemikaalin lisäyksellä ei ole ollut vaikutusta jauhinmassojen tikkumääriin.

9.1.3 Uuteaineet

Uuteainepitoisuudet näkyvät kuviossa 5 erittelemättöminä. Niistä nähdään, ettei referenssinäytteiden ja imeytyskemikaalien annostelun aikana otettujen näytteiden uuteainepitoisuuksissa tai prosenttiosuuksissa ole juurikaan eroja.



Kuvio 5. Uuteaineet jauhin 21:n massasta ja paaleista

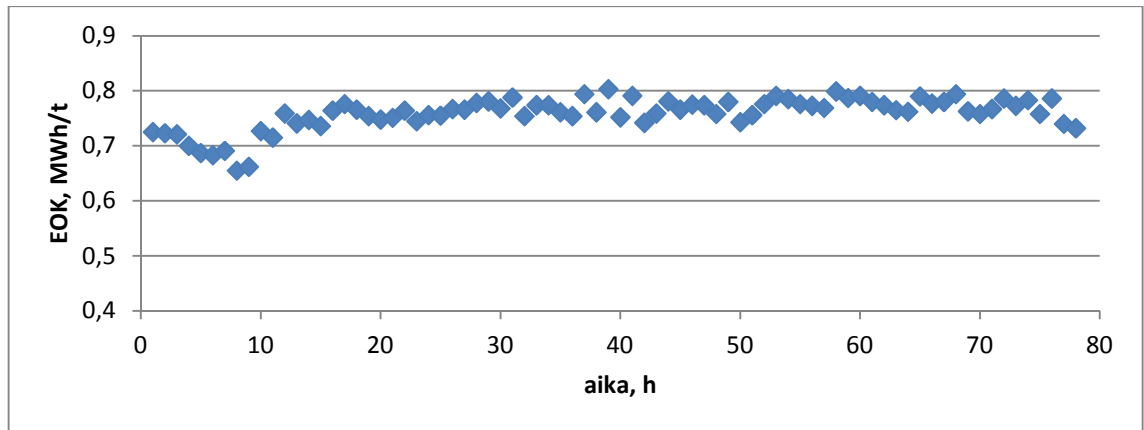
Paalimassan referenssinäytteessä näkyy tietyn uuteaineen suurempi pitoisuus. Se johtuu todennäköisesti siitä että siirryttäessä lyhytkuituajolle massan mukana on ollut vielä hieman normaalia enemmän pitkäkuitumassaa edellisen ajon jäljiltä.

9.2 Automaatiojärjestelmästä kerätyt tiedot

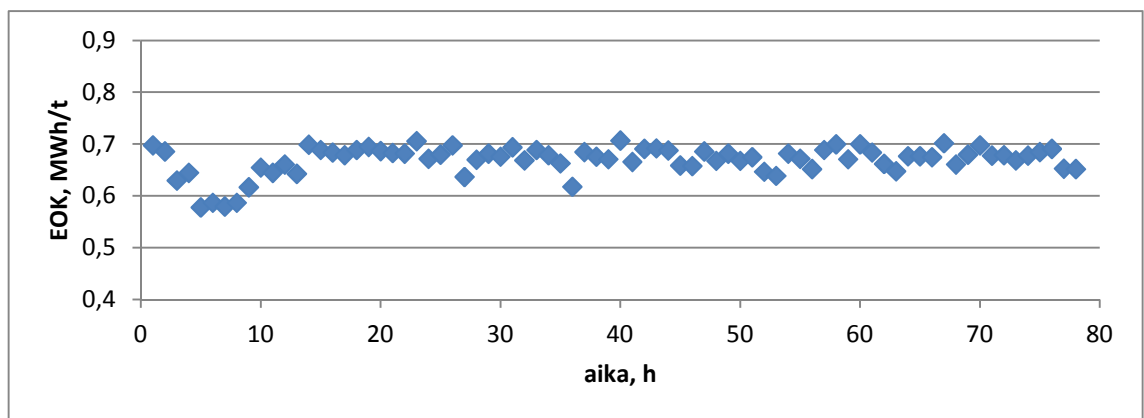
Koeajon jälkeen tehtaan Metso DNA-automaatiojärjestelmästä haettiin tiettyjä prosessin olosuhteita kuvaavia mittaustuloksia, ja ne tallennettiin Microsoft Excel-taulukkoon. Mukaan otettiin arvoja ennen ja jälkeen koeajon, jotta tuloksia pystyttiin vertaamaan koeajon aikaisiin mittaustuloksiin.

Energian ominaiskulutus

Kuvioissa 6 ja 7 on esitetty jauhinten energian ominaiskulutukset (EOK) ajan funktiona. EOK:n arvot on taulukoitu tunnin välein ja koeajo ajoittuu välille 30 – 70. Kuvaajissa näkyvät EOK:n vaihtelut ovat hyvin pieniä.



Kuvio 6. Jauhin 21:n energian ominaiskulutus



Kuvio 7. Jauhin 11:n energian ominaiskulutus

Tarkasteltaessa energian ominaiskulutuksen vaihtelua pitemmältä aikaväliltä voidaan havaita näiden tulosten sisältyvän normaaliin hajontaan. Mittaustulosten perusteella voidaan päätellä, että imeytyskemikaalin lisäyksellä ei ole ollut vaikutusta jauhinten käyttämään energiamäärään.

10 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön päätarkoituksena oli selvittää kahden, BCTMP-prosessin imeytysliuokseen lisättävän apuaineen vaikutusta jauhinten energian ominaiskulutukseen. Myös uuteaineiden määrän vähentymistä paalimassassa selvitettiin. Lisäksi tutkittiin kemikaalien vaikutusta jauhinmassojen muihin ominaisuuksiin ja prosessissa tapahtuneisiin poikkeavuuksiin.

Työ toteutettiin suorittamalla kemikaalikoelajo Metsä Boardin BCTMP-tehtaalla Joutsenossa. Muuttujia koelajon aikana oli kemikaalin annostelumäärä ja kemikaali. Koelajo suoritettiin lyhytkuitumassa-ajon aikana, ja yhdellä seurattavista jauhimista olosuhteet oli vakioitu. Toisena seurantakohteena oli jauhin, jonka automaattiset säädöt olivat päällä.

Jauhinmassoista määritettiin koelajon aikana sakeus, freeness, ja tikkupitoisuus. Lisäksi jauhinmassoista ja paalimassoista lähetettiin näytteet Metsä Boardin Simpeleen ja Äänekosken T&K keskuksiin, joissa niistä määritettiin uuteainepitoisuudet.

Saaduista tuloksista voidaan päätellä, että koelajossa testatut kemikaalit eivät kyenneet pienentämään jauhinten energian ominaiskulutusta tai uuteaineiden määrää paalimassassa. Myöskään freeness-tasoissa ja tikkumäärässä ei havaittu merkittäviä muutoksia. Toisaalta kemikaalit eivät myöskään aiheuttaneet prosessiin minkäänlaisia häiriöitä.

Tämä koelajo ei sulje pois sitä mahdollisuutta, että mikäli kyseisiä kemikaaleja annosteltaisiin suurempina annoksina, voitaisiin saada energian ominaiskulutusta pienennettyä. Annosmäärien kasvattaminen tämän koelajon annoksia suuremmiksi lisäisi tavoitetta saada vielä merkittävämpiä energiasäästöjä, jotta aineen käyttö olisi taloudellisesti kannattavaa. Uuteaineiden vähentämiseksi olisi mahdollista kokeilla myös eri annostelupaikkoja, kuten latenssin poisto säiliötä.

Kuvat

Kuva 1. Metsä Board Joutsenon BCTMP-prosessi, s. 7

Kuva 2. Perusreaktio, jossa näkyy ligniinin sulfonaattiryhmät, s. 10

Kuva 3. Ligniinin fenyylipropaniyyksiköt, s. 11

Kuva 4. Metson RGP82CD-kartiojauhin, jossa on taso- ja kartio-osat, s. 12

Kuva 5. Kuidun soluseinän rakenne, s. 13

Kuva 6. Puun uuteaineiden koostumus, s. 16

Kuva 7. Annostelulaitteisto ja syöttöyhde imeytysliuoslinjaan, s. 19

Kuva 8. Prominent Sigma kalvoannostelupumppu, s. 20

Kuva 10. Kuumahajotin ja sekoitusaltaat, s. 22

Kuva 11. L&W Rapid Dryer- pikakuivain, s.23

Kuva 12. Büchner-suppilo ja Mettler Toledo Classic –yläkuppivaaka, s.24

Kuva 13. Mettler Toledo Spider S1-vaaka ja pitkällä metallianturilla varustettu lämpömittari, s. 25

Kuva 14. Freeness-laite, s. 26

Kuva 15. Pulmac-laite ja sihtikammio, s. 27

Kuva 16. Termaks-lämpökaappi ja eksikaattori, s. 28

Kuva 17. Mettler Toledo AB204-S tarkkuusvaaka, s. 28

Kuviot

Kuvio 1 Jauhin 21 Freeness, s. 30

Kuvio 2 Jauhin 11 Freeness, s. 31

Kuvio 3 Jauhin 21 tikkupitoisuus, s.31

Kuvio 4 Jauhin 11 tikkupitoisuus, s.32

Kuvio 5 Uuteaineet jauhin 21:n massasta ja paaleista, s.32

Kuvio 6 Jauhin 21:n energian ominaiskulutus, s. 33

Kuvio 7 Jauhin 11:n energian ominaiskulutus, s. 33

Lähteet

1. Banmark Oy. <http://www.banmark.fi> Luettu 9.4.2012
2. Metsäboard Oyj. <http://www.metsaboard.com/company/productionunits/joutseno/Pages/Default.aspx> Luettu 9.4.2012
3. Metso Corporation. [http://www.metso.com/MP/Marketing/mpv2store.nsf/BYWID/WID-040518-2256C-AD70B/\\$File/Turbine_Segments_brochure.pdf?openElement](http://www.metso.com/MP/Marketing/mpv2store.nsf/BYWID/WID-040518-2256C-AD70B/$File/Turbine_Segments_brochure.pdf?openElement) Luettu 22.4.2012
4. Seppälä, M J. 2005. Kemiallinen metsäteollisuus I, Paperimassan valmistus. Helsinki: Opetushallitus
5. Metsäteollisuuden Työnantajaliitto. 1981. Puusta paperiin, Hierteen valmistus M-302. Lappeenranta: Etelä-Saimaan Kustannus Oy
6. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=4417> Luettu 16.4.2012
7. Sundholm, J. 1999. Papermaking Science and Technology, Book 5 Mechanical Pulping. Helsinki: Fapet Oy
8. Lindstedt, M. 2009. Hierrejauhimen virtaukset ja optimaalinen suunnittelu. Tampereen teknillinen yliopisto. Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.
9. Isotalo, K. 2004. Puu- ja sellukemia, 3. painos. Helsinki: Opetushallitus
10. Metsä Board Joutseno. 2012. Työohje: Kuumahajotus OH_32_9_Kuumahajotus.pdf
11. Metsä Board Joutseno. 2012. Työohje: Freenessmäärittäminen OH_32_1_Freenessmäärittäminen.pdf
12. Metsä Board Joutseno. 2012. Työohje: Tikkumittaus OH_32_14_Tikkumittaus.pdf