

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Sami Seppänen

MEESAN KUIVA-AINEPITOISUUDEN NOSTAMINEN
MEESASUOTIMELLA

Opinnäytetyö
Helmikuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Sami Seppänen

Nimeke
Meesan kuiva-ainepitoisuuden nostaminen meesasuoitimella

Toimeksiantaja
Enocell Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saada nousemaan meesasuoitimelta lähtevän meesan kuiva-ainepitoisuutta. Alkutilanteessa kuiva-ainepitoisuudessa oli suurta vaihtelua ja meesa oli liian kosteaa. Tämän vuoksi meesauuniin syötettävää polttoainemäärää oli hankalaa arvioida ja tasainen tuotanto ei ollut mahdollista.

Teoriaosuudessa käydään läpi kaustistamon toimintaa yleisesti, kuinka meesaa muodostuu prosessissa ja mikä on sen käyttötarkoitus sellutehtaalla. Käytännön osuudessa muutetaan meesasuoitimen ajoparametreja ja otetaan näytteitä, jotka analysoidaan kuiva-aineanalysaattorilla. Meesasuoitimen ajoparametrit, joita muutetaan ovat: rummun pyörimisnopeus, meesan syöttötiheys, meesakun pesuveden määrä ja lämpötila, kaavarin paikoitus sekä altaan pinnankorkeus.

Lisäksi kokeillaan muuttaa meesasuoitimen korkeapainepesurin ajoparametreja, minkä tarkoituksena olisi saada kaavari vuolemaan meesaa tasaisemmin meesasuoitimen imu-päästä. Meesasta selvitetään myös vierasainepitoisuudet ja analysoidaan tuloksia, kuinka meesan sisältämät vierasaineet vaikuttavat kuiva-ainepitoisuuteen.

Kieli

suomi

Sivuja 31

Liitteet 2

Asiasanat

kaustistamo, kalkkikierto, meesasuoitin



THESIS
February 2015
**Degree programme in Mechanical and
Production Engineering**
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author (s)
Sami Seppänen

Title
Increasing the lime sludge dry solids at lime mud filter

Commissioned by
Enocell Oy

Abstract

The goal of this thesis was to increase the lime sludge dry solids at lime mud filter. At the beginning there was a huge variety of dry solids and lime sludge was too moist. Therefore it was difficult to estimate rotary kiln fuel consumption and because of that constant production was not possible.

Theoretical part handles how causticizing department works in general and how lime sludge compounds in the process and what is its function in pulp mill. The empirical part of the thesis was to change lime mud filter parameters and to take lime sludge samples. Samples were analysed using moisture analyzer. Lime mud filter parameters which were changed were: rotation speed, lime sludge density, cake wash water quantity and temperature, scraper blade position and lime mud filter lime sludge volume.

Additionally there is an experiment with different lime mud filter high pressure washer parameters because scraper blade does not scrape lime sludge constantly at suction side. Finally there is process to find out how much lime sludge contains non-process elements and how those affects to dry solids.

Language

Pages 31

Finnish

Appendices 2

Keywords

causticizing department, lime cycle, lime mud filter

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

Sanasto.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Sulfaattikeitto	7
2.1 Mustalipeä	8
2.2 Viherlipeä.....	9
2.3 Valkolipeä	10
3 Kaustisointi ja meesauuni	11
3.1 Viherlipeän selkeytys	11
3.2 Sakkasuodatin	12
3.3 Kalkin sammutus	13
3.4 Kaustisointisäiliöt	14
3.5 Valkolipeän erotus ja meesan pesu	14
3.6 Meesasuoodin	15
3.7 Meesan poltto ja kalkkikierto.....	16
4 Käytetyt laitteet ja ohjelmat	17
5 Meesasuoitimelle tehdyt toimenpiteet ja havainnot	19
5.1 Toimenpiteet vuosiseisokissa	20
5.2 Rummun pyörimisnopeus	22
5.2.1 Pyörimisnopeuden pudottaminen	22
5.2.2 Pyörimisnopeuden nostaminen.....	22
5.3 Meesasuoitimen altaan pinta	23
5.3.1 Altaan pinnan laskeminen.....	23
5.3.2 Altaan pinnan nostaminen	23
5.4 Meesan syöttötiheys	24
5.5 Kaavari	24
5.6 Pesuri	25
5.7 Kakunpesuedet.....	25
6 Meesan vierasaine-analyysi.....	26
7 Yhteenveto ja pohdintaa	29
Lähteet.....	30

Liitteet

Liite 1: Meesan kuiva-ainepitoisuudet % testipäivinä.

Liite 2: Enocell Oy, kaminäyte 23.09.2014 ja meesanäyte 29.9.2014 Tuhkapi-
toisuus (TGA) ja tuhkan ainekoostumus (EDXA).

Sanasto

Inerti tarkoittaa ainetta, joka ei reagoi kemiallisesti muiden aineiden kanssa, eli se on reaktiokyvytön ja kykenemätön muodostamaan kemiallisia yhdisteitä.

Kaustistumisaste (%) kertoo kuinka paljon keitossa reagoimattomasta natriumkarbonaatista on muuttunut natriumhydroksidiksi.

Mustalipeä sisältää puusta liuennutta ligniiniä ja muita orgaanisia aineita, joka väkevöidään haihduttamalla, jonka jälkeen mustalipeä poltetaan soodakattilassa.

Pelkistymis- eli reduktioaste (%) kertoo kuinka hyvin keitossa reagoimaton natriumsulfaatti on saatu pelkistettyä hyödylliseksi natriumsulfidiksi.

Viherlipeä muodostuu kun soodakattilassa poltettu mustalipeä liuotetaan laimahaan valkolipeään.

TRS-yhdisteet ovat pelkistyneitä rikkiyhdisteitä. TRS-yhdisteitä syntyy keittoreaktioissa ja jokaisessa vaiheessa, jossa käsitellään mustalipeää.

Valkolipeä on sulfaattikeitossa käytetty seos, joka sisältää natriumhydroksidia (NaOH) ja natriumsulfidia (Na_2S).

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Stora Enson tytäryhtiö Enocell Oy, joka sijaitsee Pohjois-Karjalassa Uimaharjussa. Enocell Oy valmistaa havupuusta valkaistua sellua ja koivusta tehdään liukosellua. Tehtaan vuosikapasiteetti on 450 000 tonnia sellua, josta noin kolmannes on liukosellua. Henkilökuntaa tehtaalla on noin 200 kunnossapito mukaan lukien. Alkuvuodesta 2015 Enocellillä on tarkoitus alkaa polttaa meesauunissa polttoöljyn sijaan sahanpurua, jonka on arvioitu laskevan vuosittaisia energiakustannuksia todella merkittävästi. (Purho 2013.)

Työn tavoitteena on saada nostettua meesasuoitimelta lähtevän meesan kuiva-ainepitoisuutta, koska kuiva-ainepitoisuuden noustessa meesauunin öljynkulutus vähenee. Käytännössä muutetaan meesasuoitimen yhtä ajoparametria kerrallaan ja otetaan meesanäyte ennen muutosta ja muutoksen jälkeen. Tulokset taulukoidaan Exceeliin ja etsitään lopuksi yhtäläisyyksiä tuloksista, joilla on saatu korkea kuiva-ainepitoisuus.

Tavoitteena on saada pidettyä myös ajettavuus hyvänä ja kuiva-ainepitoisuusheitot nykyistä pienemmäksi. Työssä kokeillaan myös erilaista meesasuoitimen korkeapainepesurin pesuohjelmaa, jonka tarkoituksena on saada viira pysymään paremmin puhtaana, ja saada kaavari vuolemaan meesakakua tasaisemmin. Nykyisellä pesuohjelmalla korkeapainepesuri pesee meesasuoitinta 8 minuuttia kerrallaan ja pesujen väleissä on 3 minuutin tauot ja lopuksi pesuri palaa takaisin käyttöpäähän. Kyseisellä ohjelmalla meesasuoitimen imupää tukkeutuu enemmän kuin käyttöpää. Tarkoituksena on muuttaa pesuohjelma niin, että se pesee meesasuoitimen ensin kokonaisuudessaan. Tämän jälkeen pesuri palaa suoitimen puoleen väliin ja pesee uudelleen suoitimen loppupäähän asti. Lopuksi pesuri palaa meesasuoitimen käyttöpäähän josta pesusekvenssi alkaa alusta.

2 Sulfaattikeitto

Sulfaattisellussa käytettävät natriumyhdisteet ovat todella kalliita, joten jo sellunvalmistuksen alkuvaiheessa kemikaaleja alettiin kierrättää mustalipeästä takaisin prosessiin. Sulfaattisellutehtaissa mustalipeää muodostuu, kun sellunkeittossa käytetty valkolipeä reagoi puun ligniinin kanssa. (Knowpulp 2012.)

Sulfaattimenetelmä on sellun valmistusmenetelmä, jossa puuhakkeesta tehdään sellua valkolipeän avulla korkeassa lämpötilassa. Raaka-aineina käytetään kuorittua puuta, joka on useimmiten mäntyä. Puuhaketta keitetään valkolipeässä, joka sisältää natriumhydroksidia, natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. (Mälkönen 1979, 181.)

Keitto suoritetaan 100–160 m³:n kokoisissa, suljetuissa paineen alaisissa kattiloissa. Keittoaika on n. 4–5 tuntia, lämpötila n. 170 °C ja paine 6–7 bar. Keiton aikana ligniini liukenee natriumyhdisteinä, ja hemiselluloosapolysakkaridit hydrolysoituvat. Tämän jälkeen raakaselluloosa pestään, jolloin mustalipeä saadaan erotettua massasta (kuva 1), joka lopuksi valkaistaan. Valkaisuun käytetään klooridioksidia, hypokloriittia ja happivalkaisua. (Mälkönen 1979, 181.)

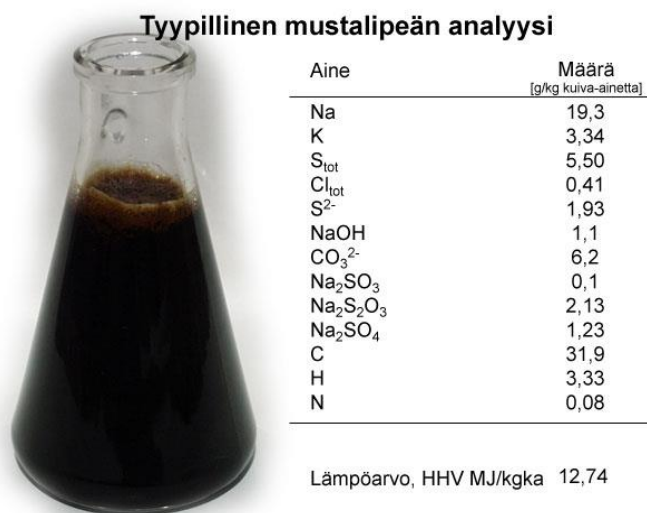
Mustalipeä erotetaan massasta sellun pesussa



Kuva 1. Mustalipeä erotetaan sellun pesussa (KnowPulp 2012)

2.1 Mustalipeä

Keiton aikana puun painosta liukenee noin puolet ja keittoliuoksen väri muuttuu mustaksi, minkä takia sitä kutsutaan mustalipeäksi. Mustalipeä koostuu vedestä ja kuiva-aineesta. Kuiva-aine on joko orgaanista (liuennutta puuta) tai epäorgaanista (kemikaalit, erilaiset natrium- ja rikkiyhdisteet) alkuperää (kuva 2). (Seppälä 1999, 145.)



Kuva 2. Tyypillinen mustalipeän analyysi (KnowPulp 2012)


Jäteliemen talteenotossa käytetystä keittoliuoksesta, mustalipeästä, haihdutetaan vettä pois haihduttamalla, että sitä voidaan polttaa soodakattilassa. Poltossa talteen otetut kemikaalit käytetään uudelleen valmistettaessa uutta valkoliipeä. Polton yhteydessä muodostuu lämpöä, joka pitää tehtaan omavaraisena lämmön suhteen. (Seppälä 1999, 145.)

Keitossa puusta irtoaa orgaanisia aineita, kuten tärpättiä ja suopaa. Tärpätti eroaa kaasuna ja suopa eroaa mustalipeästä lipeäsäiliössä. Suopa nousee kevyempänä aineena mustalipeän pinnalle, josta se ylikaadetaan suopasäiliöön. Suopa keitetään rikkihapolla mäntyöljyksi. Sellutonnin kohden mäntyöljyä saadaan 30–70 kg ja tärpättiä 4–12 kg. (Seppälä 1999, 145.)

2.2 Viherlipeä

Soodakattilassa poltetusta mustalipeästä muodostunut kemikaalisula liuotetaan veteen ja laihavalkolipeään, jolloin muodostuu ns. viherlipeää (kuva 3). Toisin sanoen se on mustalipeää, jonka orgaaninen aines on poltettu pois. (KnowPulp 2012.) Viherlipeä muutetaan valkolipeäksi kaustisointiprosessissa (Seppälä 1999, 146).

Tyypillinen viherlipeän analyysi



Aine	Määrä [g / litra]
Natrium	90,8
K	14,5
S _{tot}	24,1
Cl _{tot}	1,9
S ²⁻	19,1
(yhdisteitä, sis. mainitut alkuaineet:)	
NaOH	18,8
Na ₂ S	42,7
Na ₂ CO ₃	134,9
Na ₂ SO ₃	1,41
Na ₂ S ₂ O ₃	7,08
Na ₂ SO ₄	8,7
Kokonaisalkali, g NaOH/l 165,2	
Aktiivinen alkali, g NaOH/l 62,7	
Tehollinen alkali, g NaOH/l 40,7	

Kuva 3. Tyypillinen viherlipeän analyysi (KnowPulp 2012)

Viherlipeän pääasiallisina kemikaaleina ovat Na₂CO₃ ja Na₂S. Lisäksi se sisältää natriumyhdisteitä, kuten NaOH:a, Na₂SO₄:a, Na₂S₂O₃:a ja NaCl:a. Viherlipeän kokonaisalkalipitoisuus pidetään normaalisti tasolla 165 - 175 g NaOH/l, jolloin voidaan saavuttaa 85 - 87 % kaustisointiaste. (Knowpulp 2013.)

2.3 Valkolipeä

Valkolipeä on sulfaattikeitossa käytettävä kemikaaliseos (kuva 4), joka muodostuu natriumhydroksidista (NaOH) ja natriumsulfidista (Na_2S). Valkolipeän väkevyys ilmoitetaan vaikuttavana, eli aktiivisena alkalina tai tehollisena alkalina edellä mainittujen yhdisteiden suhteen. (Eskeli 2014.)

Tyypillinen valkolipeän analyysi



Aine	Määrä [g/kg kuiva-ainetta]
Natrium	78,0
K	14,1
S_{tot}	22,4
Cl_{tot}	1,7
S^{2-}	18,0
NaOH	88,2
Na_2S	41,8
Na_2CO_3	40,3
Na_2SO_3	0,1
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	8,99
Na_2SO_4	0,5

Kokonaisalkali, g NaOH/l	161,6
Aktiivinen alkali, g NaOH/l	131,2
Tehollinen alkali, g NaOH/l	109,8

Kuva 4. Tyypillinen valkolipeän analyysi (KnowPulp 2012)

Tehollinen alkali, aktiivialkali ja sulfiditeetti ovat tärkeimmät valkolipeän ominaisuudet. Tehollinen alkali kuvaa OH^- -ionien konsentraatiota, aktiivialkali OH^- ja HS^- -ionien yhteismäärää ja sulfiditeetti HS^- ja OH^- -ionien suhdetta. (Knowpulp 2013.)

Valkolipeän valmistuksen reaktiotasapainon seurauksena valkolipeän väkevyys on n. 140 - 170g/l NaOH:a. Valkolipeä sisältää lisäksi muita natriumyhdisteitä, kuten natriumsulfaattia (Na_2SO_4), natriumkarbonaattia (Na_2CO_3) sekä pieniä määriä sulfiitteja ja klorideja. (Knowpulp 2013.)

Natriumsuolat voidaan ilmoittaa kokonaisalkalina (TTA, titrautuva alkali, g/l), jossa huomioidaan kaikki natriumyhdisteet. Suuret sulfaatti- ja karbonaattimäärät valkolipeässä tarkoittaa häiriötä lipeän poltossa tai valkolipeän valmistuksessa. Natriumsulfidin määrä valkolipeässä on normaalisti 35 - 45 % luokkaa. (Knowpulp 2013.)

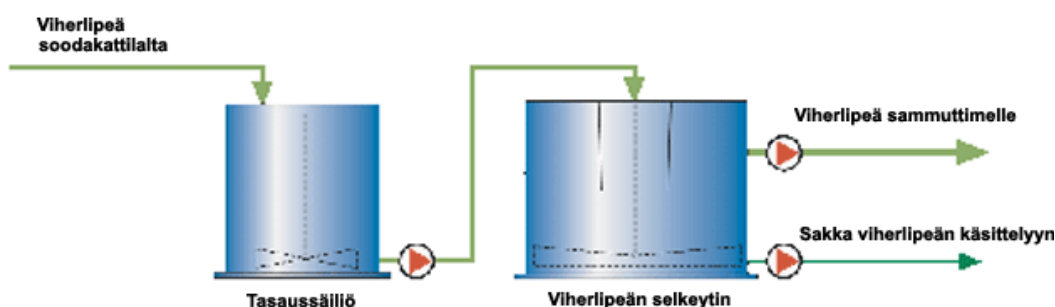
3 Kaustisointi ja meesauuni

3.1 Viherlipeän selkeytys

Viherlipeästä poistetaan siinä oleva sakka selkeyttämällä (kuva 5). Liuottajasta viherlipeä pumpataan viherlipeän tasaussäiliöön, jossa viherlipeän virtauksen, tiheyden ja lämpötilan vaihtelut tasoittuvat. Tämän jälkeen viherlipeä syötetään virtaussäädettynä tasaussäiliöstä viherlipeäselkeytimeen. (Knowpulp 2013.)

Viherlipeäselkeytin muodostuu selkytysosasta (alaosasta) ja varasto-osasta (yläosasta). Viherlipeä syötetään selkeyttimen yläosassa olevaan syöttölieriöön, josta viherlipeä laskeutuu hiljalleen selkeytysosaan, jossa sakka erottuu viherlipeästä. Selkeyttimen pohjalta sakka pumpataan sakkasuoitimelle pesua ja kuivatusta varten, jossa se poistetaan prosessikierrosta. Varasto-osaan selkeytyneet viherlipeä puolestaan pumpataan viherlipeäsammuttimelle. (Knowpulp 2013.)

Viherlipeän käsittely selkeyttimellä

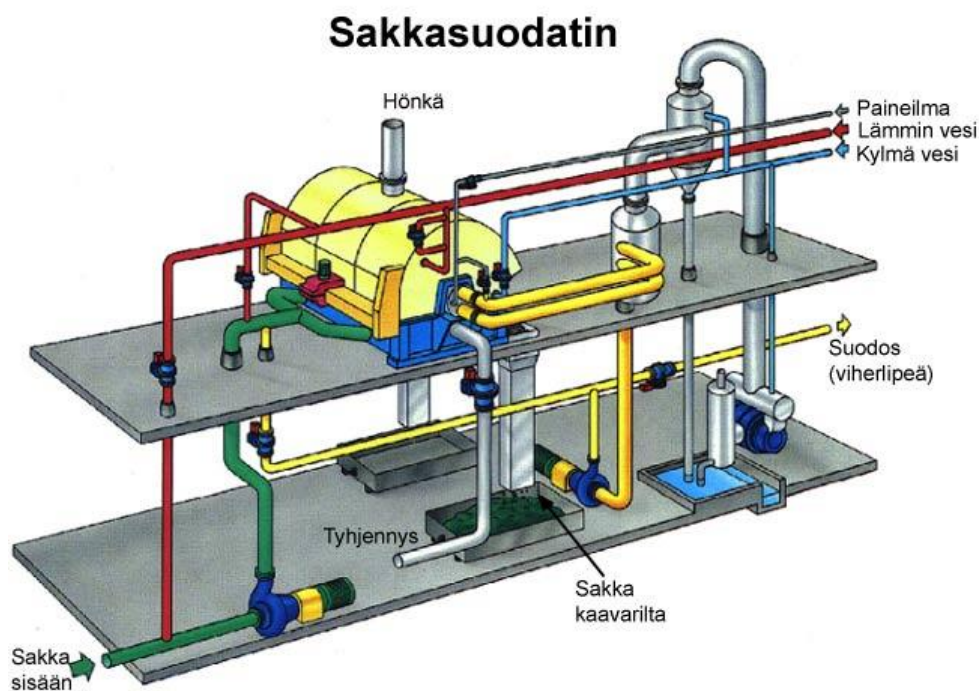


Kuva 5. Viherlipeän käsittely (Knowpulp 2013)

3.2 Sakkasuodatin

Sakkasuodatin on precoat-tyyppinen imurumpusuodatin, johon sakka pumpataan syöttöpumpulla (kuva 6). Suotimen meesaprecoatien päälle muodostuu sakkakerros paine-eron vaikutuksesta, joka saadaan aikaiseksi imupumpulla. Neste suotautuu rummun läpi, tämän jälkeen kuiva sakka kaavataan kaavarilla sakkakuljettimelle, josta se kuljetetaan sakkalavalle. Suodos johdetaan tyhjöntäin kautta tyhjösäiliöön, josta se pumpataan viherlipeän tasaussäiliöön. (Knowpulp 2013.)

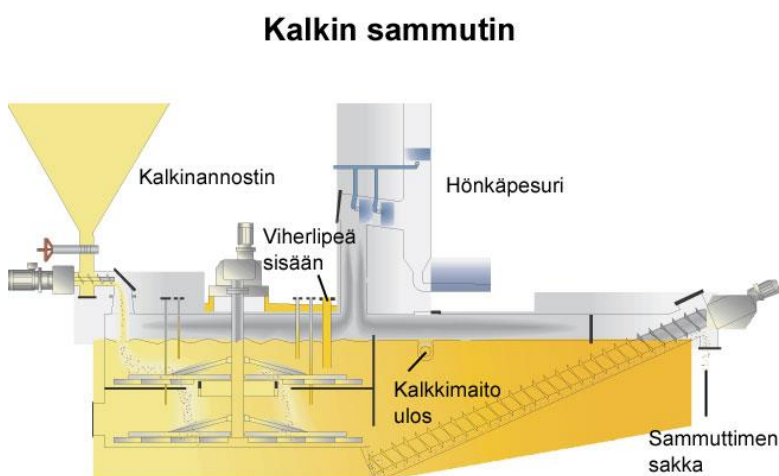
Sakkasuodatin toimii vaiheittain, jotka ovat uuden precoat-kerroksen teko, suodatus ja kaavarin liike. Kaavari aloittaa liikkeen ulkorajalta, josta se etenee sisärajalta, kun kaavari on saavuttanut sisärajan, niin precoat-kerros vaihdetaan, jonka jälkeen suodatus alkaa alusta. (Knowpulp 2013.)



Kuva 6. Sakkasuodattimen toimintaperiaate (Knowpulp 2013)

3.3 Kalkin sammutus

Meesanpoltosta tuleva poltettu kalkki eli kalsiumoksidi (CaO) muutetaan kalkin sammuttimessa (kuva 7) sammutetuksi kalkiksi, eli kalsiumhydroksidiksi (Ca(OH)_2). Poltettua kalkkia ja ostokalkkia syötetään erillisillä kalkkiannostimilla sammuttajaan. Ostokalkin osuus on 2 - 3 % luokkaa kokonaiskalkin määrästä. (Knowpulp 2013.)



Kuva 7. Kalkin sammutin (Knowpulp 2013)

Viherlipeä pumpataan sammuttimeen kalsiumoksidin kanssa, joka sammuu kii-vaasti viherlipeässä olevaan veteen, jolloin muodostuu sammutettua kalkkia (Ca(OH)_2). Viherlipeän lämpötila tulee olla 85 - 91 °C, jotta sammutusreaktio on riittävän nopea, mutta lämpötila ei saa olla liian korkea, koska muodostuva läm-pö voi aiheuttaa sammuttimen kiehumista lämpötilan ollessa liian korkea. (Knowpulp 2013.)

Kalkin sammuttimen kaksi pääosaa ovat sammutin ja lajitin. Sammutinosassa kalkki sammutetaan viherlipeässä ja lajitinosassa poistetaan kalkin joukossa oleva hiekka ja sammumaton kalkki. Hönläpesurin tarkoituksena puolestaan on ehkäistä hiukkaspäästöjä. (Knowpulp 2013.)

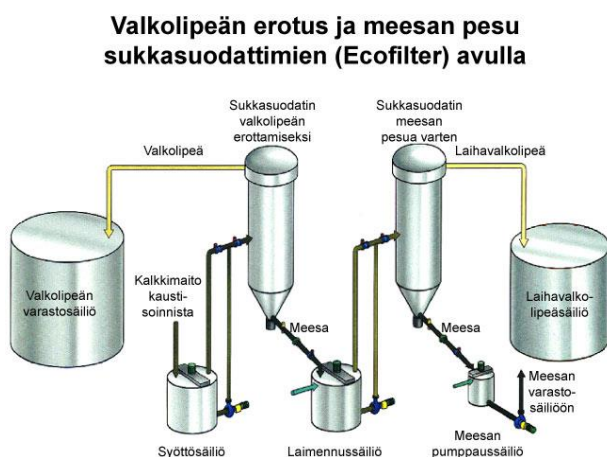
3.4 Kaustisointisäiliöt

Kaustisointireaktio alkaa kalkin sammuttimessa, kun kalsiumhydroksidia alkaa muodostua, ja jatkuu kunnes on saavuttanut tietyn tasapainon. Kaustisointisäiliöissä tasapainon saavuttaminen kestää n. 2 - 3 tuntia. Tasapainon saavuttaminen vie kauan, koska valkolipeän suodatusvaiheessa ei saa olla paljon vapaata kalkkia, koska se tukkii suodatinkankaan. (Knowpulp 2013.)

Kaustisointireaktio tapahtuu yleensä kolmessa sarjaan kytketyssä kaustisointisäiliössä. Säiliöissä on sekoittimet, joiden tarkoituksena on estää meesan laskeutuminen säiliön pohjalle. Säiliöt ovat usein monikerroksisia ja kalkkimaito virtaa ylhäältä alaspäin. Alimmasta säiliöstä kalkkimaito ohjataan valkolipeän selkeytykseen tai suodatukseen. (Knowpulp 2013.)

3.5 Valkolipeän erotus ja meesan pesu

Viimeisestä kaustisointisäiliöstä kalkkimaito pumpataan syöttösäiliöön ja edelleen valkolipeän erotuslaitteistolle (kuva 8). Valkolipeän erotuksessa kalkkimaidosta erotetaan valkolipeä ja meesa toisistaan. Tavoitteena on saada mahdollisimman puhdasta valkolipeää, joka ei saa sisältää meesaa enempää kuin 20 - 30 mg/l. (Knowpulp 2013.)



Kuva 8. Sukkasuodattimien toimintaperiaate (Knowpulp 2013)

Kalkkimaito pumpataan syöttösäiliöstä sukkasuodattimelle suodatettavaksi. Suodattimen toimintajaksot ovat suodatus, irrotus ja lepo, joita ohjataan aikakelloilla. Suodattimesta valkolipeä virtaa omalla painollaan valkolipeäsäiliöön ja pohjalle laskeutunut meesa poistetaan noin 38 % sakeudessa meesan laimennussäiliöön. Laimennussäiliössä meesa laimennetaan noin 10 % sakeuteen, jonka jälkeen meesa pumpataan toiselle sukkasuodattimelle, jossa tapahtuu meesan pesu. (Knowpulp 2013.)

Meesan pesussa käytettävä sukkasuodatin on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin valkolipeän erotuksessa käytettävä sukkasuodatin. Suodattimesta laihavalkolipeä virtaa laihavalkolipeäsäiliöön ja suodattimen pohjalle laskeutunut meesa johdetaan meesan pumppaussäiliöön. Pumppaussäiliöön tuleva meesa on sakeudeltaan noin 43 % ja tässä vaiheessa meesan sakeus säädetään sopivaksi (25 - 30 %), tämän jälkeen meesa pumpataan varastosäiliöön. (Knowpulp 2013.)

3.6 Meesasuodin

Meesasuotimen (kuva 9) tehtävänä on puhdistaa meesaa ja nostaa kuiva-ainepitoisuus noin 75 % ennen meesauuniin syöttämistä. Suotimelle meesa pumpataan määrämitattuna ja tiheyssäädettynä, koska uunin tuotanto voidaan määrittää meesan määrän ja tiheyden avulla. (Knowpulp 2013.)



Kuva 9. Enocellillä käytössä oleva meesasuodin (Kuva: Sami Seppänen)

Meesasuotimella hyödynnetään suodatuksessa 10 - 15 mm paksuista meesa-kerrosta, eli precoat-kerrosta. Precoat-kerros tukkeutuu aika ajoin ja tukkeutunutta kerrosta poistetaan korkeapainepesurilla. (Knowpulp 2013.) Korkeapainepesurilla on tietty pesusekvenssi, joka pesee esimerkiksi 8 minuuttia ja lepää 3 minuuttia aina meesasuoitimen päätyyn asti. Tämän jälkeen pesuri palaa alkupäähän, josta pesusekvenssi alkaa alusta. Meesakakkuja pestään myös sekundäärilauhteella, jonka tarkoituksena on pitää TRS-päästöt alhaalla. Kakunpesuveden lämpötila on noin 55 °C ja määrä n. 0,5 x meesan kuiva-ainevirta.

Meesaa irroitetaan precoat-kerroksen päältä kiinteän kaavarin avulla. Meesa putoaa hihnakuljettimelle, jolla meesa kuljetetaan pudotussuppiloon. Hihnakuljetinta valvotaan TV-kameralla ja meesan kuiva-ainetta mittaa kuiva-ainemittari. (Knowpulp 2013.)

3.7 Meesan poltto ja kalkkikierto

Kaustistamisprosessissa erotettu meesa, joka on lähestulkoon kalsiumkarbonaattia (epäpuhtaudet <10 %), regeneroidaan uudelleen käytettäväksi polttamalla sitä meesauunissa. Meesauuni on tiilellä vuorattu sylinterinmuotoinen teräsrakenne, joka on halkaisijaltaan 2 - 4 metriä ja jonka pituus on 20 - 150 metriä. Horisontaaliasennossa uuni on lievästi kalteva. Uuni pyörii 0,5 - 1,5 1/min uunin akselin ympäri. (Seppälä 1999, 167.) Pyörimisnopeus on suoraan verrannollinen tuotantomäärään. Mitä korkeampi on tuotantomäärä, niin sen nopeammin uunia pyöritetään.

Meesauuni voidaan jakaa neljään eri vyöhykkeeseen. Ensimmäinen vyöhyke on kuivausvyöhyke, jossa meesan mukana tuleva vesi haihtuu. Lämmitysvyöhykkeessä meesa lämpenee reaktiolämpötilaan. Reaktiovyöhykkeessä kalsiumkarbonaatti hajoaa kalsiumoksidiksi (CaO) ja hiilidioksidiksi (CO₂). Loppukäsittelyvyöhykkeessä tuote ylikuumennetaan tai jäädytetään ennen kuin se poistetaan uunista. (Seppälä 1999, 167.)

Meesauuni tarvitsee ulkopuolelta tuotua lämpöä kolmen ensimmäisen vyöhykkeen käsittelyvaiheisiin, joten tämän takia siinä poltetaan öljyä, kaasua tai muuta polttoainetta (Seppälä 1999, 167). Enocellillä meesauunissa poltetaan öljyn lisäksi myös metanolia. Alkuvuodesta 2015 meesauunissa aletaan käyttää polttoaineena sahanpurua, jonka on arvioitu laskevan vuosittaisia energiakustannuksia todella merkittävästi (Purho 2013).

Kaustisoinnissa syntyy kalkkihäviöitä, joka korvataan ostokalkilla. Korvauskalkki lisätään prosessiin joko kalkkikivenä tai poltettuna kalkkina, Suomessa käytetään pääasiassa poltettua kalkkia. Meesauunia käytetään lisäksi keitosta ja haihduttamolta tulevien hajukaasujen polttouunina. Hajukaasut ja metanoli antavat palamislämpöä, joka vähentää lämmönkulutusta. (Seppälä 1999, 167.)

Meesauunin savukaasuissa on pölyä noin 3 - 10 % uunin tuotannosta laskettuna. Savukaasut puhdistetaan pesurilla tai sähkösuotimilla. (Seppälä 1999, 167.) Enocellillä savukaasut puhdistetaan sähkösuotimilla.

4 Käytetyt laitteet ja ohjelmat

Enocellillä on käytössä monia ohjelmistoja, jotka ovat välttämättömiä tuotannon ohjauksen kannalta. Opinnäytetyössäni käytin apuna Honeywell TotalPlant Alcont -automaatiojärjestelmää, Savcor Wedge -prosessianalyysijärjestelmää sekä Honeywell Optivison -tuotannonohjausohjelmistoa.

Honeywell TotalPlant Alcont -automaatiojärjestelmällä ohjataan tuotantoa ja tehdään tarvittavat ajomuutokset, mikäli tuotantomäärään täytyy tehdä muutoksia. Meesasuoitimen ajomuutokset tehtiin Alcontilla. Ajoparametrit, joita muutettiin olivat: rummun pyörimisnopeus, altaan pinnankorkeus, pesuveden lämpötila, meesan syöttötiheys ja korkeapainepesurin pesuajat.

Savcor Wedge -prosessianalysijärjestelmä tallentaa Alcontissa olevat prosessimittaukset kuvaajiksi. Savcor Wedgeä käytin apuna uutta pesuohjelmaa tehdessä ja ajomuutosten seurannassa.

Honeywell Optivision on tuotannonohjausohjelmisto, jota käytin vertaillessani labran saamia tuloksia omiin tuloksiin. Optivisioniin tallennetaan siis muun muassa näyttöiden tulokset ja kirjataan ylös tuotantoa koskevat tiedotteet.

Käytössäni oli Sartorius MA 45 kosteusanalysaattori (kuva 10), jolla mittasin meesan kuiva-ainepitoisuuksia. Aluksi varmistin että laite on varmasti oikein kalibroitu, joten otin muutamia meesanäytteitä, jotka analysoitiin samaan aikaan labrassa olevalla kosteusanalysaattorilla sekä käytössäni olevalla laitteella. Kuiva-ainepitoisuuksissa oli todella pieniä heittoja (<0,10 %), joten laitteen tulokset todellakin olivat luotettavia.



Kuva 10. Sartorius MA 45 kosteusanalysaattori (Kuva: Sami Seppänen)

Mittausvirheiden minimoimiseksi pidin mittausmenetelmän joka kerta samanlaisena, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia eikä tarpeettomia muutujia olisi häiritsemässä tulosten analysointivaiheessa.

Meesanäytteet (kuva 11) otin joka kerralla metrin etäisyydeltä meesasuoitimen imupäästä sekä käyttöpäästä. Lisäksi otin ylös kellonajan, kaavarin paikoituksen sekä korkeapainepesurin paikoituksen. Näytteet analysoitiin kosteusanalyysaattorilla noin 10 minuuttia näytteenoton jälkeen ja tulokset taulukoitiin välittömästi Exceliin.



Kuva 11. Näyte meesasta ennen kuiva-aineanalyysaattoria ja kuivauksen jälkeen (Kuva: Sami Seppänen)

5 Meesasuoitimelle tehdyt toimenpiteet ja havainnot

Työn aikana meesasuoitimen ajoparametreja muutettiin useita kertoja ja suoitimen toimintaa seurattiin, kuinka muutokset vaikuttivat meesan kuiva-ainepitoisuuteen. Pohjatietoa meesasuoitimen ajamisesta eri parametreilla löytyi melko vähän, joten työssä kokeiltiin useita eri variaatioita ja yritettiin löytää sellaiset parametrit, joilla saadaan mahdollisimman korkea kuiva-ainepitoisuus.

Tulosten analysointia häiritsi se, kun meesasuoitimen tyhjiöpumpun tyhjiösäiliön pinnanmittaukseen ei voinut luottaa, joten kuiva-ainepitoisuudet saattoivat mahdollisesti heittelehtiä jo pelkästään tämän takia. Meesasuoitimella pystyi selvästi silmämääräisesti näkemään, kun meesan imu suodatinrummulle lakkasi aika ajoittain. Tämä varmasti vaikuttaa kuiva-ainepitoisuuden vaihteluihin, mutta syytä tälle ei selvinnyt miksi näin tapahtuu.

Ajomuutoksia tehtiin useina päivinä syyskuun ja marraskuun välisenä aikana. Meesan syöttövirtaus vaihteli testipäivinä 5 kg/s ja 10,3 kg/s välillä, joka hankaloitti tulosten analysointia.

5.1 Toimenpiteet vuosiseisokissa

Syyskuussa Enocellillä oli vuosiseisokki, jolloin meesasuoitimen kunto päästiin tarkastamaan huolellisesti ja tekemään tarvittavat huoltotoimenpiteet. Vuosiseisokissa meesasuoitimen imupäässä oleva luukku avattiin, jotta suodin päästiin puhdistamaan sisäpuolelta ja tarkistamaan, että imuputket (kuva 12) ovat ehjät.



Kuva 12. Imuputket meesasuoitimen sisäpuolelta (Kuva: Sami Seppänen)

Meesasuotimeen vaihdettiin uusi kulutuslevy (kuva 13) imupäähän, koska vanhassa levyssä (kuva 14) oli pahoja kulumia ja uria ulkokehällä, jotka saattoivat heikentää tyhjiöpumpun toimintaa. Vuosiseisokissa huomattiin myös, että tyhjiösäiliössä on meesaa, joka ei kuulu sinne, joten myös tyhjiösäiliö avattiin ja puhdistettiin meesasta.



Kuva 13. Meesasuoitimen imupää (Kuva: Sami Seppänen)



Kuva 14. Meesasuoitimen vanha kulutuslevy (Kuva: Sami Seppänen)

5.2 Rummun pyörimisnopeus

Meesasuotimen suositeltu pyörimisnopeus on 3 - 6 1/min. Korkeammalla kierrosnopeudella meesakakku on ohuempi, mutta se ehtii olla vähemmän aikaa ilmatilassa, joka tarkoittaa lyhyempää kuivamisaikaa ennen kaavaria. (Lappi 2014.)

5.2.1 Pyörimisnopeuden pudottaminen

Alkutilanteessa meesasuoitimen pyörimisnopeus oli 3,5 1/min, joka pudotettiin aluksi 3,2 1/min. Silmämääräisesti pystyi heti näkemään, että kaavari alkoi vuolemaan meesakakkuja selvästi tasaisemmin hitaammalla kierrosnopeudella. Muutoksen jälkeen imupään meesan kuiva-ainepitoisuus putosi monta prosenttia, kun taas käyttöpäässä kuiva-ainepitoisuus nousi prosentin verran.

Ennen pyörimisnopeuden muuttamista oli jo tiedossa, että rummun imupää on tukkeutuneempi kuin käyttöpää, joten mielestäni ei ollut outoa että kuiva-ainepitoisuus putosi imupäässä. Hitaammalla pyörimisnopeudella rummun pintaan ehtii muodostua paksumpi meesakerros, mutta sillä on enemmän aikaa kuivua ennen kaavaria. Mielestäni kuiva-ainepitoisuuden laskeminen tarkoitti sitä, että imupää todellakin on tukkeutunut, koska tyhjöpumppu ei jaksanut enää imeä meesakerrosta niin kuivaksi sen ollessa paksumpi.

5.2.2 Pyörimisnopeuden nostaminen

Alkutilanteessa pyörimisnopeus oli taas 3,5 1/min, josta se nostettiin 3,8 1/min. Silmämääräisesti katsoessa huomasi selkeästi muutoksen, kuinka kaavari alkoi vuolemaan meesakakkuja epätasaisemmin. Kuiva-ainepitoisuuksissa ei ollut alku- ja lopputilanteissa merkittäviä eroja.

Pyörimisnopeuden nostamisen jälkeen oli siis selvää, että nopeammalla kierrosnopeudella kaavari ei vuole meesakakkuja enää niin tasaisesti, kuin alhaisemmillä kierrosnopeuksilla.

5.3 Meesasuotimen altaan pinta

Perinteisesti altaan pinta meesasuotimella on ollut 20 %, joka tarkoittaa sitä, että rumpu käy 20 cm pinnan alla. Laittevalmistaja Andritz on havainnut tämän toimivimmaksi ajopinnaksi. Mikäli altaan pinta on liian korkea tai matala, niin meesasuodin ei toimi enää kunnolla. (Lappi 2014.)

Liian matalalla pinnalla rumpu ei enää yletä imeä meesaa kunnolla ja meesakakusta tulee epätasainen altaan sekoittajan aiheuttaman aallokon vuoksi. Korkeammalla pinnalla meesakakku ei ehdi olla niin kauan ilmatilassa ennen kaavausta, joka tarkoittaa, että kuivumisaika jää lyhyemmäksi. (Lappi 2014.)

5.3.1 Altaan pinnan laskeminen

Meesasuotimen altaan pintaa on pidetty Enocellillä pidemmän aikaa jo 21 %:ssa, eli rumpu käy 21 cm pinnan alla. Altaan pintaa kokeiltiin laskea 19 %:iin, jolloin kuiva-ainepitoisuudet laskivat käyttö- sekä imupäässä noin 2 %. Silmämääräisesti meesakakussa ei ollut huomattavaa muutosta matalammalla altaan pinnalla.

Pintaa ei kokeiltu laskea 19 %:a alemmaksi, koska kuiva-ainepitoisuus lähti laskemaan jo tällä muutoksella. Lisäksi meesakakusta olisi alkanut tulla epätasainen jos pintaa olisi laskettu liian paljon ja kuiva-ainepitoisuus olisi laskenut vielä enemmän.

5.3.2 Altaan pinnan nostaminen

Altaan pintaa kokeiltiin nostaa 22 %:iin, 23 %:iin ja 24 %:iin eikä kyseisillä muutoksilla ollut silmämääräisesti nähtävissä minkäänlaista muutosta meesasuotimen toiminnan kannalta. Kuiva-ainepitoisuudessakaan ei ollut merkittävää muutosta, joten altaan pinta laskettiin takaisin 21 %:iin, joka on todettu jo aikaisemmin hyväksi pinnan korkeudeksi.

5.4 Meesan syöttötiheys

Syöttötiheys meesasuoitimilla on yleisesti välillä 1,15 - 1,30 kg/dm³. Alhaisella tiheydellä tiheyssäädön kautta menevä nestemäärä on suurempi ja altaan pinnansäädön kautta menevä nestemäärä on vähäisempi. (Lappi 2014.)

Enocellillä meesan syöttötiheyttä on pidetty pidemmän aikaa 1,21 kg/dm³:ssa, joka nostettiin perjantaina 21.11.2014 1,24 kg/dm³:iin. Meesan syöttövirtauksen ollessa 10,3 kg/s kuiva-ainepitoisuudet ennen muutosta olivat käyttöpäässä 71,14 % ja imupäässä 68,68 %. Muutoksen jälkeen kuiva-ainepitoisuus pysyi käyttöpäässä ennallaan, mutta imupäässä kuiva-ainepitoisuus nousi lähes 10 %, joka on todella merkittävä muutos aikaisempaan.

Meesan tiheysmittauksen toimivuus tarkistettiin ottamalla litra meesaa syöttöpumpun jälkeisestä näytteenottolinjasta. Näyte punnittiin ja tulokseksi saatiin sama mitä tiheysmittari näytti, joten tiheysmittaus toimi niin kuin piti.

5.5 Kaavari

Meesasuotimen kaavari tekee tietyin väliajoin koukkausliikkeen sisäänpäin, jonka tarkoituksena on rikkoa meesakakun pintakerrosta, jotta suodoksen läpivirtaus pysyisi hyvänä koko ajan. Kaavarin liikeajat ovat: ulkorajalla 1 min, liikeaika sisäänpäin 1 sek, seis-aika sisään liikkeiden välissä 2 min ja kokonais-liikeaika sisärajalta ulkorajalle noin 23 min. (Lappi 2014.)

Kaavarin paikoituksella on suuri merkitys kuiva-ainepitoisuuksiin. Kaavarin ollessa ulkorajalla kuiva-ainepitoisuudet ovat useita prosentteja alhaisempia, kuin sisärajalla ollessa. Enocellillä kaavarin ulkoraja oli 16 mm ja sisäraja 13 mm. Vuosiseisokissa kaavaria siirrettiin millillä lähemmäksi rumpua, eli tällä hetkellä kaavarin ulkoraja on 15 mm ja sisäraja 12 mm.

Kaavarin siirto lähemmäksi rumpua ei kuitenkaan vaikuttanut kuiva-ainepitoisuuteen juuri millään tavalla. Meesasuoedin on kuitenkin toiminut niin kuin pitää, joten ei siirrosta ole ollut haittaakaan suotimen toiminnan kannalta.

5.6 Pesuri

Meesasuotimen korkeapainepesurin tehtävänä on poistaa tukkeutunut meesakakun pohjakerros, eli precoat-kerros. Perinteisissä meesasuoitimissa precoat-kerros poistettiin kokonaisuudessaan puhaltamalla se kerran vuorossa uuniin menevälle hihnalle. Nykyisin puhallusta ei tehdä, vaan pesuri poistaa jatkuvasti tukkeutunutta precoat-kerrosta. (Lappi 2014.)

Korkeapainepesuria kokeiltiin ajaa niin, että pesuri pysäytettiin meesasuoitimen puolella välissä, jonka jälkeen se ajettiin takaisin käyttöpäähän. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka se vaikuttaa meesasuoitimen imupään meesan kaavaukseen. Huomattiin, että mitä kauemmin pesuri on pesemättä, niin sitä epätasaisemmin kaavari vuolee meesaa. Meesan kuiva-ainepitoisuus kuitenkin nousi kokeen aikana 5 % imupäässä ja käyttöpäässä kuiva-ainepitoisuus pysyi ennallaan.

5.7 Kakunpesuvedet

Enocellillä meesakakkua pestään sekundäärilauhteella kahden pesuvesiorren kautta. Kolmannen pesuvesiorren kautta on mahdollista ajaa lisäksi lämmintä vettä, jos TRS-päästöt nousevat hälytysrajoille. (Lappi 2014.)

Nyrkkisääntö kakunpesuvesimäärään on 0,5 x suotimen läpi kulkevan meesan kuiva-ainevirta, pesuveden lämpötila noin 65 °C ja paine noin 2 bar. Pesuveden määrä ei saa olla niin suuri että se alkaisi liettämään meesaa, vaan pesuveden täytyy imeytyä välittömästi meesakakun läpi. (Lappi 2014.)

Enocellillä kakunpesuvedenmäärä on yleisesti ollut 0,5 x kertoimella meesan kuiva-ainevirtaan nähden, ja lämpötila noin 56 °C. Pesuveden lämpötila nostettiin 60 °C:een, koska se näytti nostavan hieman kuiva-ainepitoisuutta.

Viime aikoina kakunpesuvettä on ajettu hieman normaalia enemmän, koska meesan lienneet alkalit ovat olleet koholla. Tämä huonontaa meesan kuiva-ainepitoisuutta jonkin verran, mutta on välttämätöntä, jotta meesauuniin ei muodostuisi rengasta.

6 Meesan vierasaine-analyysi

Mikäli meesa sisältää liian paljon liukoista alkalia, meesauuniin alkaa muodostua renkaita liiallisen natriumin muodostaessa reagoimattomia yhdisteitä (Törmi 2014). Meesan pitäisi siis olla mahdollisimman puhdasta uuniin syöttövaiheessa, jotta renkaita ei pääsisi muodostumaan.

Meesasta tehtiin syyskuussa vierasaine-analyysi, koska meesauuniin muodostui rengas, jolloin tuotanto jouduttiin pysäyttämään muutaman päivän ajaksi. Näytteet otettiin 23.9.2014 kamista sekä 29.9.2014 meesasuoitimelta, jotka lähetettiin Stora Enson Imatran tutkimuskeskukseen analysoitavaksi. Näytteet analysoitiin käyttämällä TGA (thermal gravimetric analysis) sekä EDX-analytiikkaa (Energy Dispersive X-Ray Analysis).

Analyysin mukaan kaminäyte oli 56 % kalsiumkarbonaattia, kun taas meesänäyte oli 93 % kalsiumkarbonaattia. Kaminäyte sisälsi huomattavasti enemmän epäpuhtauksia, kuin meesänäyte. Epäpuhtaudet ovat todennäköisin syy sille, miksi rengas muodostui meesauuniin. Näyte sisälsi myös jonkin verran selittämättömiä komponentteja, joka on todennäköisesti kalsiumoksidia eli palanutta meesaa. Meesanäytteessä epäpuhtauksia puolestaan oli todella vähän ($\Sigma(\text{Na,Al,Si,P,S,K,Ti,Mn,Fe}) = 0,5 \%$). Myös meesanäytteessä oli jonkin verran selittämättömiä komponentteja, jotka taas ovat todennäköisesti kalsiumhydroksidia ja kalsiumoksidia. (Velling 2014.)

Andritz on määrittänyt maksimi-arvot eri vierasaineille, kun tavoitellaan tiettyä meesan kuiva-ainepitoisuutta. Andritzin suosittelemat maksimi-arvot vierasaineille kun tavoitellaan 75 % tai 78 % kuiva-aineista meesaa nähdään taulukosta (taulukko 1).

Taulukko 1. Andritzin määrittelemät maksimi vierasainemäärät 75 % ja 78 % meesaa tavoitellessa (Lappi 2014).

Vierasaine	ANDRITZin määrittelemät meesan vierasaineiden maksimimäärät (%) (75 %) ka. Meesa	ANDRITZin määrittelemät meesan vierasaineiden maksimimäärät (%) (78 %) ka. Meesa
Na	-	-
Mg	0,30	0,30
Al	0,27	0,03
Si	0,23	0,05
P	0,87	0,87
Si	-	-
K	-	-
Ti	-	-
Mn	0,14	0,03
Fe	0,21	0,04
Vierasaineet yhteensä (ilman P)	1,15	0,45

Yhteenveto analyysistä kamin sekä meesanäytteen osalta (taulukko 2). Alkuaineet (%) näytteen kuiva-aineessa. Viitteellistä määrittärajaa (vastaten tuhkanäytteen määrittärajaa 0,5 %) pienemmät lukuarvot on merkitty punaisella.

Taulukko 2. Meesakamin sekä meesanäytteen sisältämät vierasaineet. (Velling 2014).

Näyte	Menetelmä	Tehdas	Enocell	Enocell
		Päivämäärä	23.9.2014	29.9.2014, klo 7:00
		Yksikkö	Kami	Meesa
Viitteellinen määrittärajaa	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,4	0,3
Na	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,7	0,3
Mg	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	1,1	0,5
Al	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,1	0,1
Si	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,3	0,1
P	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	1,0	0,0
S	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	2,3	0,1
K	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,2	0,0
Ca	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	47,8	40,0
Ti	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,0	0,0
Mn	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,0	0,0
Fe	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,0	0,0
CaCO₃ (TGA-käyrältä)	Laskennallinen, TGA	% kuiva-aineessa	56,2	92,8
Σ(Na,Al,Si,P,S,K,Ti,Mn,Fe)	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	4,6	0,5
P₂O₅ (EDX-analyysin mukaan)	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	2,4	0,0
SiO₂ (EDX-analyysin mukaan)	Laskennallinen, tuhkan EDXA, TGA	% kuiva-aineessa	0,6	0,2

Taulukosta nähdään että 29.9.2014 otetussa meesanäytteessä on melko vähän epäpuhtauksia, mutta Mg-pitoisuus on 0,2 % Andritzin suosituksia korkeampia, kun tavoitellaan 78 % kuiva-ainepitoisuutta. Ylimääräinen Mg-pitoisuus lisää inertin määrää, jolloin meesapartikkeli on hienojakoisempi, mikä taas heikentää meesan suotavuutta meesasuoitella (Lappi 2014).

Korkea Mg-pitoisuus voi olla yksi syy huonoon meesan kuiva-ainepitoisuuteen. Vierasainetasoja saadaan alaspäin avaamalla kalkkikiertoa enemmän. Voidaan esimerkiksi vaihtaa sakkasuoitelle precoat-kerros useammin. (Lappi 2014.) Muita epäpuhtauksia magnesiumia lukuun ottamatta oli todella vähän, joten epäpuhtauksien osalta huonoon kuiva-ainepitoisuuteen ei vaikuta muu kuin Mg-pitoisuus.

7 Yhteenveto ja pohdintaa

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Stora Enson tytäryhtiö Enocell Oy. Työn tarkoituksena oli saada nousemaan meesan kuiva-ainepitoisuutta meesasuoitimella sekä saada kaavari vuolemaan meesakakkua tasaisemmin meesasuoitimen imupäästä.

Meesan kuiva-ainepitoisuuden nostaminen osoittautui opinnäytetyön aikana todella haastavaksi, joka oli tiedossa jo työn alkuvaiheessa. Meesasuoitimen toimintaa on kokeiltu tehostaa jo Andritzin toimesta vuoden 2014 alussa. Työssä kokeiltiin muuttaa meesasuoitimen ajoparametreja useita kertoja suuntaan ja toiseen, mutta tulokset jäivät siitä huolimatta epäselviksi, eikä syytä alhaiselle kuiva-ainepitoisuudelle saatu selvitettyä.

Tulosten analysointia hankaloittivat useat seikat siitäkkin huolimatta, vaikka näytteenottotapahtuma pidettiin jokaisella kerralla täysin samanlaisena. Selvisi, että meesan kuiva-ainepitoisuus vaihtelee tasaisissakin ajoissa useita prosentteja lyhyen ajan sisällä, eikä tälle keksitty syytä mistä vaihtelu johtuu. Lisäksi oli hankalaa saada kuiva-ainepitoisuutta nousemaan, koska meesassa oli lähes jatkuvasti liikaa liuenneita alkaleita, jolloin meesakakun pesuveden määrää jouduttiin lisäämään. Meesakakun pesuveden lisääminen puolestaan pudottaa kuiva-ainepitoisuutta jonkin verran alaspäin.

Työ oli kokonaisuudessaan melko haastava, koska tietoa aiheesta löytyi melko vähän, joten aika paljon joutui soveltamaan ja pohtimaan, mikä vaikuttaa mihinkin milläkin tavalla. Lähtökohtaisesti minulla oli vähän tietoa kaustistamosta ylipäätään, mutta työn aikana opin hyvin ymmärtämään kaustistamon toimintaa. Loppujenlopuksi olen tyytyväinen opinnäytetyön tulokseen, vaikka kuiva-ainepitoisuutta ei saatu juurikaan nostettua. Sain kuitenkin tehtyä hyviä havaintoja, miten kukin meesasuoitimen ajoparametri vaikuttaa meesan kuiva-ainepitoisuuteen ja meesasuoitimen toimintaan.

Lähteet

- Heikki, L. 2014. Meesasuoitimen toiminnan tehostaminen Stora Enso- Enocell. Andritz Oy, Pulp Engineered Services, Savonlinna.
- KnowPulp 2012. Sulfaattisellun valmistus oppimisympäristö. <http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/kps/ui/process/genera/ui.htm> 13.10.2014.
- KnowPulp 2013. Sulfaattisellun valmistus oppimisympäristö. <http://intra.corp.storaenso.com/know/KnowPulp/suomi/>. 24.10.2014.
- Eskeli, H., Hamara, J., Laukkanen, M-J., Lehtonen, P. O., Luoto, K., Vihavainen, M., Ylihärtilä, A., Ojansivu, L. Laboratorioanalyysit. Materiaalin testaaminen / sellu. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/teollisuusnayteanalyysit_materiaalin_testaaminen.html#1_1_sulfaattikeittoprosessit. 13.12.2014.
- Mälkönen, P. 1979. Orgaaninen kemia. Helsinki: Otava.
- Purho, S., Rätty, I. 2013. Sellun keitto kannattaa jälleen - Enocellilla miljoonainvestoinnit. http://yle.fi/uutiset/sellun_keitto_kannattaa_jalleen_-_enocellilla_miljoonainvestoinnit/6970902. 5.11.2014.
- Seppälä, M. J. (toim.), Klemetti, U., Kortelainen, V., Lyytikäinen, J., Siitonen, H. & Sironen, R. 1999. Kemiallinen metsäteollisuus I. Paperimassan valmistus. Helsinki: Opetushallitus.
- Törmi, S. 2014. Meesauunin renkaan muodostuminen. Erikoistyö. Kemian laitos. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Velling, K. 2014. Enocell Oy, kaminäyte 23.09.2014 ja meesanäyte 29.9.2014 Tuhkapitoisuus (TGA) ja tuhkan ainekoostumus (EDXA). Research Centre Imatra, Imatra.

Meesan kuva-aineptoisuudet % testipäivinä

päivä	aika	pesurin pätkä	kaavari	svotit	pesuveden lämpötila	kiertoaika	pinna	meesan tilitys	ka %	ka %	huomi
		% kotirajasta		kg/s	°C	rpm	%	kg/dm ³	käyttöpää	impää	
1.loka	10:00	palaamassa	ulkona	6	56	3,5	21	1.210	74,58	68,94	
1.loka	10:45	20	ulkona	6	53	3,5	21	1.210	72,91	71,88	
1.loka	12:15	40	ulkona	6,4	60	3,5	21	1.210	74,03	72,89	
1.loka	13:00	70	ulkona	6,4	60	3,5	19	1.210	72,8	70,38	
1.loka	13:45	80	ulkona	6,4	60	3,5	23	1.210	72,07	73,08	
2.loka	10:40	50	ulkona	7,3	56	3,5	21	1.210	76,08	76,62	
2.loka	12:00	80	ulkona	7,3	56	3,2	21	1.210	76,91	70,33	
2.loka	13:10	10	ulkona	7,3	56	3,2	21	1.210	73,18	70,82	Peaturesiintimet pesyi!
2.loka	14:05	30	ulkona	7,3	56	3,5	21	1.210	71,49	70,99	
2.loka	14:10	30	ulkona	7,3	56	3,8	21	1.210	72,59	70,86	
2.loka	15:00	40	sisällä	6,7	56	3,8	21	1.210	77,99	77,56	
8.loka	10:25	50	ulkona	8	56	3,5	21	1.210	69,73	69,3	
8.loka	11:35	70	sisällä	8	56	3,5	21	1.210	78,07	78,03	Suuri ero kuva-aineptoisuussissa ulko- ja sisäajolla ollessa!
20.loka	10:15	30	ulkona	5	56	3	21	1.210	70,33	72,13	Kaavarin sisään a 2mm, ulkora a 15mm
20.loka	12:15	50	sisällä	5,3	56	3	21	1.210	69,09	69,93	
22.loka	10:15	30	sisällä	5,8	56	3	21	1.210	74,54	80,79	
22.loka	10:50	50	keskellä	5,8	56	3,3	21	1.210	76,16	75,87	
22.loka	13:20	10	ulkona	5,8	56	3,3	22	1.210	74,52	72,77	
22.loka	13:45	30	keskellä	5,8	56	3,5	22	1.210	71,94	73,41	
22.loka	14:20	50	keskellä	5,8	56	3,8	24	1.210	71,13	75,97	
22.loka	15:10	70	sisällä	5,8	56	3,3	21	1.210	81,67	78,18	
28.loka	10:30	70	keskellä	5,2	56	3,3	21	1.210	81,18	76,04	
28.loka	12:40	20	ulkona	5,2	56	3,3	21	1.210	70,84	70,87	
3.marras	10:30	90	ulkona	9,5	56	3,3	21	1.210	67,92	67,87	
13.marras	10:30	70	keskellä	9,5	55	3,5	21	1.210	69,53	75,25	
13.marras	13:50	50	keskellä	9,5	60	3,2	21	1.210	67,81	73,86	
13.marras	14:50	70	keskellä	9,5	60	3,8	21	1.210	70,01	75,75	
13.marras	15:20	80	keskellä	9,5	60	3,8	21	1.210	70,11	75,32	
19.marras	10:15	80	ulkona	10,3	60	3,8	21	1.210	68,17	71,3	Peaturesi autonaahtilla (6,4l/s)
21.marras	10:40	10	ulkona	10,3	60	3,8	21	1.210	71,14	68,68	Peaturesi autonaahtilla (6,4l/s)
21.marras	12:00	40	keskellä	10,3	60	3,8	21	1.240	69,56	76,25	Peaturesi autonaahtilla (6,4l/s)
21.marras	13:00	70	keskellä	10,3	60	3,8	21	1.240	71,49	78,25	Peaturesi autonaahtilla (6,4l/s)
24.marras	11:40	90	ulkona	7	60	3,8	21	1.240	69,78	69,94	Peaturesi autonaahtilla (6,4l/s)
26.marras	10:15	90	ulkona	4,5	60	3,8	21	1.240	76,69	74,28	Peaturesi autonaahtilla (6,4l/s)
11.joulu	10:40	-	keskellä	10	60	3,8	19	1.240	67,53	73,84	Korkeapainepesuri ollut seis 5h!
11.joulu	13:15	60	keskellä	10	60	3,8	19	1.240	68,00	75,78	Vuolae imupäästä erästä saammin pitkän pesusaunon jälkeen

KSSKIARVO KAKKISISTA MITTAUKSISTA.

(YLI 75 % KUIVA-AINEPTOISUUDET KOROSTETTU)

72,54

73,56



STORJENSO

Kammin Melling
R&D Services
Research Centre Imatra
FI-55800 Imatra

Enocell Oy, kammin näyte 23.09.2014 ja meesanalyysi 29.9.2014
Tuhkainpitoisuus (TGA) ja tuhkan alkuaikakoostumus (EDXA)
Projekti T6499-2
Työ 43672
13.10.2014

Näyte	Menetelmä	Tehdas	
		Päivämäärä	Klo 7:00
Analyyttikoosteus	TGA	23.9.2014	Enocell
Kuiva-ainepitoisuus (105 °C)	TGA		Enocell
Tuhka (550 °C, per kuiva-ainetta)	TGA		
Tuhka (925 °C, per kuiva-ainetta)	TGA		
O	Tuhkan EDXA	76,0	57,1
Na	Tuhkan EDXA	28,8	28,2
Mg	Tuhkan EDXA	0,88	0,49
Al	Tuhkan EDXA	1,40	0,81
Si	Tuhkan EDXA	0,14	0,10
P	Tuhkan EDXA	0,36	0,17
S	Tuhkan EDXA	1,38	0,0
K	Tuhkan EDXA	3,06	0,12
Ca	Tuhkan EDXA	0,2	0,0
Ti	Tuhkan EDXA	63,7	70,1
Mn	Tuhkan EDXA	0,0	0,0
Fe	Tuhkan EDXA	0,0	0,0
P ₂ O ₅ (EDX-analyysin mukaan)	Tuhkan EDXA	0,0	0,0
SiO ₂ (EDX-analyysin mukaan)	Tuhkan EDXA	3,16	0,00
		0,75	0,36

Määrittämys on n. 0,5 % alkuaineesta riippumatta

Alkuaineet (%) näytteen kuiva-aineesa: Yhteensä määrittämys (vastaten tuhkan näytteen määrittämys 0,5 %) pienemmät lukuarvot on merkitty punaisella.	Yhteellinen määrittämys	Yhteensä	Yhteensä
Na	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,4
Mg	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,7
Al	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	1,1
Si	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,1
P	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,1
S	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	1,0
K	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	2,3
Ca	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,2
Ti	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	47,8
Mn	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,0
Fe	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,0
CaCO ₃ (TGA-täyryttä)	Laskeellinen, TGA	% kuiva-aineesa	58,2
Zn, Al, Si, P, S, K, Ti, Mn, Fe	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	4,8
P ₂ O ₅ (EDX-analyysin mukaan)	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	2,4
SiO ₂ (EDX-analyysin mukaan)	Laskeellinen, tuhkan EDXA TGA	% kuiva-aineesa	0,8

MEESA

TG-analyysin perusteella meesa on 93 % kalsiumkarbonaattia. Epäpuhtauksia meesessä ei havaittu. (Zn, Al, Si, P, S, K, Ti, Mn, Fe) = 0,5 %.

Näytteessä esiintyy jonkin verran selittämättömiä komponentteja, jotka ovat suurella todennäköisyydellä kalsiumhydroksidia (CaOH) ja kalsiumoksidia (CaO) eli palanutta meesää.

KAMM

TG-analyysin perusteella kammi on 56 % kalsiumkarbonaattia. Kammissa esiintyy huomattavasti enemmän epäpuhtauksia verrattuna meeseseen. Nämä epäpuhtaudet ovat todennäköisesti yhtenä syynä kammin muodosutukseen. Näytteessä esiintyy jonkin verran selittämättömiä komponentteja, jotka ovat suurella todennäköisyydellä kalsiumoksidia (CaO) eli palanutta meesää.