

M Nieminen/EPT

19.2.2010

1 (9)

Suomen Soodakattilayhdistys ry

LIPEÄTYÖRYHMÄN KOKOUS I/2010

AIKA 18.2.2010 klo 10.00 – 11.00

PAIKKA PUHELINKOKOUS

LÄSNÄ

Markus Nieminen	Pöyry Industry Oy, Vantaa, siht.
Sami Metiäinen	Pöyry Industry Oy, Vantaa
Olli Talaslahti	Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma, pj
Juha Koskiniemi	Andritz Oy

LIITE I Hyväksytty tarjous, ÅA: Co-combustion of mixed fuels – Phase 2

LIITE II Hyväksytty tarjous, ÅA: Co-combustion of mixed fuels – Phase 2

Biosludge addition

LIITE III Hyväksytty tarjous, LTY: Sellutehtaan höyrytasojen optimaaliset paineet

LIITE IV Kyselylomake: Sellutehtaan painetasot

LIITE V Loppuraportti: Sirra T:mi: Emävesi-projekti

LIITE VI Muiden työryhmien kuulumiset

LIITE VII Hajukaasukomponenttien neste-höyrytasapainojen mallinnus

LIITE VIII Selvitys soodakattilan savukaasujen loppulämpötilasta

JAKELU

Julkaisu: Soodakattilayhdistyksen kotisivulla
Tiedote: Hallitus Lipeätyöryhmä MNN EPT

1 POISSAOILOILMOITUKSET

Kokoukseen olivat estyneet osallistumasta:

Ilpo Rätty	Enocell Oy
Erkki Välimäki	Metso Power Oy
Esa Vakkilainen	Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Mikko Hupa	Åbo Akademi
Miia Tehomaa	VTT, Expert Services Oy
Toni Orava	UPM-Kymmene, Kymi

2 EDELLISEN KOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA

Edellisen kokouksen pöytäkirja hyväksyttiin muutoksitta.

3 SKYREC: POLTTOAINEVALIKOIMAN LAAJENTAMINEN, VAIHE 2

Tavoite ja aikataulu

Osassa 1 sekoitettiin vahvan mustalipeän joukkoon (13 % ja 25 %) eri biopolttoaineita (kuorta, haketta, turvetta ja biolietettä) ja tutkittiin seoksien palamista (1100 °C, O₂ = 3 %) Åbo Akademin pisarauunissa.

Osassa 2 keskitytään mustalipeään sekoitetun hakkeen, ligniiniköyhän lipeän ja biolietteen palamisen tutkimiseen ja vaikutusta typen kiertokulkuun.

Työtä on tarjottu kahdessa osassa: ”Co-combustion of mixed fuels – Phase 2” (LIITE I) jossa tutkitaan haketta ja ligniiniköyhää lipeää ja ”Co-combustion of mixed fuels – Phase 2 Biosludge addition” (LIITE II) jossa keskitytään biolietteeseen.

Alustavan aikataulun (9 kk) mukaan projekti on valmis loka-marraskuussa 2010.

Projektin tilanne

Osan 2 päivitetyt tarjoukset hyväksyttiin SKYRECin johtoryhmän sähköpostikokouksessa I/2010.

Projekti pyrkii selvittämään seuraavia kysymyksiä:

- kuinka suuri määrä puuta voidaan sekoittaa mustalipeään jotta palaminen soodakattilassa vielä onnistuu.
- puun sisältämän typen vaikutus, sisältääkö keko enemmän natriumsyanaattia



- ligniini- ja lipeän palaminen ja vaikutus typen kiertokulkuun
- ligniinin erottaminen mustalipeästä ja korvaaminen puulla, vaikutukset palamiseen
- lämpökäsittelyn vaikutus mustalipeä/biolietesekoituksen typpi-pitoisuuteen
- mustalipeän 5% biolietepitoisuuden vaikutus palamiseen
- lisääkö biolieteen polttaminen soodakattilassa sulan syanaatti-pitoisuutta

4 SKYREC: SELLUTEHTAAN HÖYRYTASOJEN OPTIMAALISET PAINEET

Tavoite ja aikataulu

Työn hyväksytty tarjous, LIITE III.

Vaihe 1.

Kerätään Soodakattilayhdistyksen kanssa Suomen tehtaiden tyypilliset nykyisin käytössä olevat painetasot. Kaivetaan esille syyt miksi nykyiset painetasot on valittu. Listataan syitä miksi nyt ajetaan ylempää/alempaa tasoa kuin aiemmin.

Vaihe 2.

Laaditaan uuden n. 600 000 ADt/a modernin sekä perinteisen Suomeen sopivan sellutehtaan vuosikeskiarvotaseet ja arvioidaan eri painetasoille investointien kustannuserot. Tarkastellaan eri sähkön hintojen vaikutusta valittavaan painetasoon. Toistetaan laskenta siinä tapauksessa, että ei ole kuorikattilaa. Toistetaan laskenta siinä tapauksessa että kysymyksessä onkin hienopaperi/sellutehdas integraatti.

Vaihe 3.

Selvitetään mahdollisuudet ja keinot soodakattiloiden rakennusasteen nostamiseen sellutehtaan modernisoinnin yhteydessä. Kartoitetaan kaikki mahdollisuudet olemassa olevan soodakattilan rakennusasteen nostamiseksi tehtaan modernisoinnin yhteydessä.

Alustavan aikataulun (8 kk) mukaan projekti on valmis syys-lokakuussa 2010.

Projektin tilanne

Päivitetty tarjous hyväksytty johtoryhmän kokouksessa 16.12.2010.



Työn ensimmäinen vaihe on kerätä diplomityöntekijälle tehtailta nykyiset painetasot ja niihin vaikuttaneet tekijät. Alustava kyselylomake (LIITE IV) lähetetään tehtaiden yhdyshenkilöille. Lomakkeesta on pyritty tekemään yksinkertainen, jotta vastaaminen ei kaatuisi ajanpuutteeseen. Lisätietoja voitaisiin kysyä puhelimitse jälkeenpäin.

Sihteeri tiedusteleo Vakkilaiselta tarkemmin, mitä dataa ja miltä ajalta halutaan kerätä exceliin, riittääkö minuttitasolla?

5 PROJEKTI: EMÄVEDEN JATKOKÄSITTELY

Tavoite ja aikataulu

Löytää keino emäveden käsittelemiseksi, jolla voidaan parantaa mäntyöljyn saantoa, ja vähentää haihduttamoa tukkivan kalsiumin kulkeutumista takaisin haihduttamolle. Emävesi sisältää periaatteessa mäntyöljyä, ligniiniä, vettä ja kipsiä. Saannon parantamiseksi emävedessä oleva mäntyöljy on erotettava muista aineosista. Kalsiumin poistaminen mahdollistaisi emäveden syöttämisen haihduttamon peräpäähän keulan sijasta, joka parantaisi lämpötaloutta.

Projektin työvaiheet:

1. Koemateriaalin hankinta, 2 tehdasta (Rauma, Kymi)
2. Ligniinilautan rakenteen tutkiminen
3. Erottumisen aikariippuvuus
4. Kalsiumsakan erottaminen
5. Öljy + ligniinikerroksen käsittely

Yhdistys tilaa projektin KCL:lta, joka alihankkii työn Kurt Siréniltä (Sirra T:mi).

Projektin tilanne

Työ on valmis ja loppuraportti saatu, LIITE V. Loppuraportissa ryhmitelty eri jatkotutkimusehdotukset (prosessivaihtoehdot) kokonaisuuksiksi kuten on pyydetty ja muutenkin työ vastaa työsuunnitelmaa. Jatkotutkimukset ovat työryhmän mielestä pitkälle tehdaskohtaisia (taseet, HDS kytkennät), joten jatkotutkimuksista kiinnostuneet tehtaot maksaisivat itse kustannukset.

Työ hyväksyttiin ja julkaistaan yhdistyksen kotisivuilla, josta tiedotetaan jäsenyhdyshenkilöitä.



6 VIHHERLIPEÄSAKKA

Tavoite ja aikataulu

Projektin tarkoitus on kerätä tietoa eri tehtaiden sakkakoostumuksista ja ajomalleista. Viherlipeäsakan ominaisuuksia tarkastellaan. Palamattoman hiilen määrän vaikutukset sakan määrään ja sen suodattavuuteen.

Työn ensimmäinen vaihe suoritetaan kirjallisuusselvityksenä. Projekti kestää noin 4 kuukautta (välillä syksy 2006 – kevät 2007). Myöhemmin neljän eri tehtaan (Wisa, Rauma, Enocell, Skoghall) sakat analysoidaan ajoparametrien funktiona. Tehtaat maksavat analyysikustannukset itse. Raportoinnin maksaa Soodakattilayhdistys.

Projektin tilanne

Mikael Forssén piti kyseisestä projektista sekä Soodakattilan raskasmetallitaseet (8b/2007) projektista yhdistetyn esitelmän vuosikokouksessa 10.4.2008.

Loppuraporttia odotetaan Åbo Akademilta. Mikael Forssén on siirtynyt toisen työnantajan palvelukseen ja tekee raportin loppuun omalla ajallaan.

Ennuste

Loppuraportin saaminen on hankalaa koska työ on jo maksettu.

Julkaisu ja painatus

Loppuraportti julkaistaan Soodakattilayhdistyksen kotisivuilla.

Kommentit

Uusien ja vanhojen ilmajärjestelmien ero näkyy tuloksissa, vaikka sakassa ja sulassa olevan hiilen määrää on vaikea korreloida prosessiparametreihin. Mahdollinen jatkotutkimuskohde olisi sulaliuottajan hiilitaseen tekeminen.

7 MUIDEN TYÖRYHMIEN KUULUMISET

Sihteeri kertoi muiden työryhmien kuulumiset, liite VI

8 TULEVAT PROJEKTIT

8.1 Hajukaasukomponenttien neste-höyrytasapainojen mallinnus, liite VII

Käsitellään hallituksen kokouksessa 17.3.2010

8.2 Selvitys soodakattilan savukaasujen loppulämpötilasta, liite VIII

Käsitellään hallituksen kokouksessa 17.3.2010



8.3 Vierasaineet kemikaalikierrrossa

- Ongelmia on ollut useammalla tehtaalla kun syntynyt kun biolietettä, jossa paperitehtaan jätevesiä, on sekoitettu mustalipeään ja ajettu haihduttamolle. Epäpuhtaudet (alumiini, pii ja natrium) ovat reagoineet keskenään tukkien haihduttamon yksiköitä.
- Alumiinin poisto biolietteestä mahdollista?
- Missä muodossa alumiini on biolietteessä?
- Lämpötilan vaikutus?
- Kuinka paljon biolietettä voidaan turvallisesti sekoittaa mustalipeään ilman ongelmia? Vierasaineiden pitoisuusrajat.
- Diplomityö tehty Jyväskylän yliopistossa.
- Mia Tehomaa kyselee mitä KCL:ssä on tehty aikaisemmin, eri tehtaiden biolietteiden vertailu, mitä eroja?
- Esitys aiheesta konemestaripäivillä 2010

8.4 Mustalipeän viskositeetti

- korkea kuiva-aine rajoittaa lipeän syöttämistä kattilaan, 82-83%
- syyt viskositeetin nousulle?
- paljon tutkittu aihe

8.5 LTY diplomityö: Sellutehtaan lipeäsäiliöiden optimaalinen koko – toiminnan simulointi

- Kymillä on ylätasen säätö, kertoo tehtaan säiliöiden tilanteen ja miten tilanteen oletetaan kehittyvän tulevaisuudessa
- Projekti koskee enemmän koko sellutehdasta, hyöty nykyisille soodakattiloille?

8.6 Kokouksessa IV/2008 kerättyjä projekti-ideoita:

Vierasaineet

- soodakattilassa kalium ja kloori
 - korkeat höyrynarvot vaativat kloorin poistoa, lentotuhkassa vain osa
- meesauunissa fosfori
- koko tehtaan vierasainetase iso työ
 - prosessin kannalta tärkeät
 - ympäristön kannalta harmittomat
 - ympäristön kannalta haitalliset
 - Orko, Inka: Haitallisten metallien ainevirrat sulfaattisellun valmistuksessa. Lisenssiaattityö, 130 s.

Mustalipeän syöttö ja poltto pelletteinä

Orgaanisen aineen poiston vaikutukset

- metsäklusterin biorefinery-hanke
- esim. 50 % ligniinistä pois, mitä muutoksia



M Nieminen/EPT

19.2.2010

7 (9)

Uudet tulipesäkamerat
– sotilastekniikkaa

Suovan erottuminen
Liuottajan hönkien pesu
Kattilan/haihduksen likaantuminen

9 MUUT ASIAT

10 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous sovittiin pidettäväksi 5.5.2010 Pöyryllä, Vantaalla alkaen klo 10.

Jatkossa kokoukset voidaan pitää puhelin/nettipalaverina, jos kokouksessa käsiteltävät asiat mahdollistavat tämän.

Vakuudeksi

Markus Nieminen

LIITE I

**HYVÄKSYTTY TARJOUS:
Co-combustion of mixed fuels – Phase 2**

Niko DeMartini, Mikko Hupa, Patrik Yrjas, Åbo Akademi

SKY-REC Co-combustion of mixed fuels –Phase 2

29 December 2009

Objective. The proposed work for phase 2 will build on the promising results of the first study of the combustion of mixtures of black liquor with bark, wood, peat or biosludge. This phase 2 work will focus on wood and lignin lean BL and will provide data to help answer the following questions:

1. At what addition level does the mixture burn more like wood than black liquor?
2. What is the fate of nitrogen in BL+wood mixture - does the char have more cyanate?
3. What are the burning characteristics of reduced lignin black liquor?
4. What is the fate of nitrogen in lignin lean black liquor?
5. What is the impact of wood on the combustion properties of lignin lean BL?

Proposed Work. The following pieces are proposed based on the above four questions:

1. At what addition level does the mixture burn more like wood than black liquor?
Droplet combustion tests (1100 °C, 3% O₂) with 100% wood; mixtures: 50/50 BL/wood on a dry solids basis and then one other ratio either higher or lower than 50/50 depending on those results. These tests would use the same “dry” wood we have used thus far.
2. What is the fate of nitrogen in BL+wood mixture - does the char have more cyanate?
Pyrolysis (100% N₂) + char gasification experiments (13% CO₂/87% N₂) with BL and one BL + wood mixture.
3. What are the burning characteristics of reduced lignin black liquor?
 - a. Droplet combustion tests (1100 °C, 3% O₂) with BL with 100% lignin and BL+ 75% lignin and BL+ 50% lignin.
 - b. Droplet combustion tests (900 °C, 3% O₂) with BL with 100% lignin and BL+ 75% lignin and BL+ 50% lignin.
 - c. This work includes analysis of total Kjeldahl nitrogen in the reduced lignin black liquors and the lignin.
4. What is the fate of nitrogen in lignin lean black liquor?
Pyrolysis (100% N₂) + char gasification experiments (13% CO₂/87% N₂) with BL +75% lignin
5. What is the impact of wood on the combustion properties of lignin lean black liquor?
Droplet combustion tests at 1100 °C, 3 % O₂ with lignin reduced black liquor (BL + 75% lignin and BL + 50% lignin) with wood added to replace the energy loss of the lignin.

Cost. The total cost of this project will be **16.500 €** not including VAT.

LIITE II

HYVÄKSYTTY TARJOUS

Co-combustion of mixed fuels – Phase 2 Biosludge addition

Niko DeMartini, Mikko Hupa, Patrik Yrjas, Åbo Akademi

SKY-REC Co-combustion of mixed fuels –Phase 2 Biosludge Addition**21 January 2010**

Objective. This is the description and price for including biosludge into the Phase 2 mixed fuels work. This phase 2 work with biosludge will focus on better understanding the behavior of nitrogen in biosludge with a focus on the following questions:

1. How much of the nitrogen in biosludge nitrogen is lost for biosludge; biosludge + black liquor after 30 minutes of heat treatment at an agreed upon high solids concentrator temperature followed by concentration of the liquor?
2. How does a 5 wt% d.s. biosludge addition affect black liquor combustion?
3. Does biosludge addition change the cyanate concentration in smelt?

Proposed Work. The following pieces are proposed based on the above three questions:

1. A fresh biosludge sample will be analyzed for total nitrogen and ammonia as will the heat treated biosludge and black liquor/biosludge mixture (the concentrated black liquor will be analyzed already in the main part of the project for total nitrogen – any ammonia will have already be released).
2. Single droplet combustion tests will be carried out at 1100 °C, 3% O₂ and swelling, CO + CO₂ and NO will be measured as in phase one, but using a much higher level of biosludge addition.
3. Single droplets of the 5 wt % d.s. biomass/95 wt % d.s. BL will be pyrolyzed (800 °C in N₂) and interrupted gasification tests will be made to determine if more cyanate is formed during the char conversion of black liquor – biosludge mixtures.

Cost. The total cost of this portion of the project will be **7 100 €** not including VAT.

Prepared by:

Nikolai DeMartini, Senior Researcher

Patrick Yrjas, Senior Researcher

Mikko Hupa, Professor

LIITE III

HYVÄKSYTTY TARJOUS
Sellutehtaan höyrytasojen optimaaliset paineet

Esa Vakkilainen, LTY



LAPPEENRANTA
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TARJOUS

Sellutehtaan höyrytasojen optimaaliset paineet

Soodakattilayhdistys ry

16.12.2009

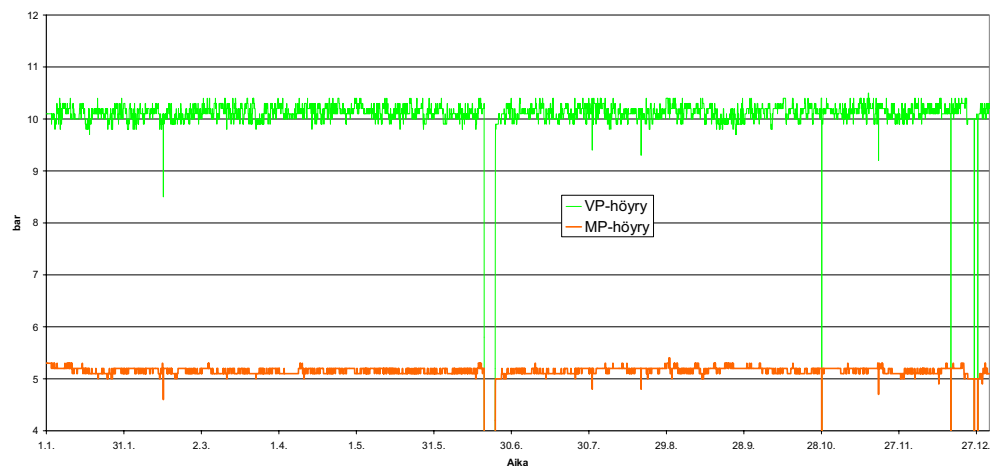
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
Professori Esa Vakkilainen.

1

JOHDANTO

Suomen Soodakattilayhdistys (tilaaja) on halukas selvittämään miten sellutehtaan höyrynpainetasot vaikuttavat tehtaiden talouteen.

Sellutehtaan matalapaineen ja välipaineiden painetasoissa on vaihtelua eri tehtailla. Painetasojen nostoa vaativia prosesseja ovat mm. paperikoneet, haihduttamo, valkaisimo ja kuivauskone.



Sellutehtaan painetason valinnat perustuvat melko vanhoihin valintoihin. Painetasojen valintaan ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota 70-luvun jälkeen. Matalapainehöyryn paineen ja välipainehöyryn paineen arvot vaikuttavat sellutehtaan sähköntuotantoon. Matalampi paine merkitsee enemmän sähköä. Toisaalta matalampi paine merkitsee isompia höyrylinjoja ja vastaavasti isompia investointikustannuksia. Samoin esimerkiksi sellun kuivauksen investointi (kapasiteetti) riippuu valitusta vastapaineesta.

Painetasoja olisi hyvä tutkia toisaalta lähtökohtana uusi tehdas ja toisaalta miten taloudellista optimia olisi hyvä lähestyä suomalaisella integroidulla ja integroimattomalla tehtaalla.



2 TAVOITTEET

Projektissa tehdään diplomityö, jossa tarkastellaan sellutehtaan painetasojen valintaa.

Työssä selvitetään erityisesti seuraavia seikkoja.

Vaihe 1.

Kerätään Soodakattilayhdistyksen kanssa Suomen tehtaiden tyypilliset nykyisin käytössä olevat painetasot. Kaivetaan esille syyt miksi nykyiset painetasot on valittu. Listataan syitä miksi nyt ajetaan ylempää/alempaa tasoa kuin aiemmin.

Vaihe 2.

Laaditaan uuden n. 600 000 ADt/a modernin sekä perinteisen Suomeen sopivan sellutehtaan vuosikeskiarvotaseet ja arvioidaan eri painetasoille investointien kustannuserot. Tarkastellaan eri sähkön hintojen vaikutusta valittavaan painetasoon. Toistetaan laskenta siinä tapauksessa että ei ole kuorikattilaa. Toistetaan laskenta siinä tapauksessa että kysymyksessä onkin hienopaperi/sellutehdas integraatti.

Vaihe 3.

Selvitetään mahdollisuudet ja keinot soodakattiloiden rakennusasteen nostamiseen sellutehtaan modernisoinnin yhteydessä. Kartoitetaan kaikki mahdollisuudet olemassa olevan soodakattilan rakennusasteen nostamiseksi tehtaan modernisoinnin yhteydessä.

Mikäli Soodakattilayhdistys järjestää mittauksia, joita voidaan tutkimuksessa hyödyntää, niin niiden ja mallittamisen välinen tarkastelu kuuluu mukaan.

3 RAPORTOINTI JA AIKATAULU

3.1 Raportti

Työn loppuraportti kirjoitetaan englanniksi, mutta työstä raportoidaan suomeksi. Työstä raportoidaan sen kestäessä Suomen Soodakattilayhdistykselle sen haluamalla tavalla lipeätyöryhmän ohjauksessa. Työstä tehdään myös yhteenveto suomeksi.

3.2 Aikataulu

Loppuraportti luovutetaan tilaajalle hyväksymistä varten 8 (kahdeksan) kuukautta tilauksesta.



4

RESURSSIT JA YHTEISTYÖ MUIDEN KANSSA

Projektin organisaatio

Projektin vastuullinen johtaja: Esa Vakkilainen. (LTY/Professori)

Pääasiallinen tutkija: Tekn yo. N.N. (DI-työ)

Tämän projektin työ ja tulokset tukevat Soodakattilayhdistyksen tavoitetta soodakattilan sähköntuotannon lisäämiseksi.

5

KUSTANNUSARVIO JA RAHOITUSSUUNNITELMA

Projektin kokonaiskustannus on € 16 000 + ALV. Tämä sisältää palkat, matkat ja muut tutkimusmenot. Mikäli Soodakattilayhdistys edellyttää pitkäaikaisia paikallaoloja tehtailla nämä laskutetaan erikseen valtion matkustussäännön mukaisesti. Projektin raportin painatuksesta vastaa Soodakattilayhdistys.

Kokonaiskustannuksista maksaa Soodakattilayhdistys € 8 000,- + ALV tilauksen yhteydessä ja € 8 000,- + ALV loppuraportin tultua hyväksytyksi. Maksuaika 30 päivää.

LIITE IV
KYSELYLOMAKE
Sellutehtaan höyrytasojen optimaaliset paineet



Markus Nieminen

16.2.2010

JAKELU: Soodakattilayhdistyksen yhdyshenkilöt

Suomen Soodakattilayhdistyksen SKYREC-kehityshanke

SELLUTEHTAAN OPTIMAALISET HÖYRYPAINETASOT - PROJEKTI

Suomen Soodakattilayhdistys haluaa selvittää mahdollisuudet ja keinot käytössä olevien sellutehtaiden rakennusasteen nostamiseksi. Selvitystyötä varten keräämme tietoa tehtailla käytössä olevista painetasoista ja syistä painetason valintaan. Ohessa työn tutkimussuunnitelma.

Tehdas		
Käyttöönottovuosi		
Onko lauhdeperä		
Painetasot	Paine bar (g)	Lämpötila °C
Tuorehöyry		
Tuorehöyry 2		
Nuohoushöyry		
Välipaine		
Välipaine 2		
Matalapaine		
Matalapaine 2		
Muu höyry		

Tärkeimmät syyt nykyisten painetasojen valintaan:

Tiedot painetasoista pyydetään lähettämään sihteeristöön Markus Niemiselle viimeistään **17.3.2010** sähköpostilla markus.nieminen@poyry.com tai faxilla 010 33 21163.

LIITE V

LOPPURAPORTTI
Emäveden jatkokäsittely

Kurt Siren, Sirra T:mi

EMÄVEDEN JATKOKÄSITTELY

Kurt Sirén
Sirra T:mi

30.12.2009

Suomen Soodakattilayhdistys r.y.

Työn tilaaja oli Suomen Soodakattilayhdistyksen lipeätyöryhmä. Työ tilattiin Oy Keskuslaboratorio – Centrallaboratorium Ab:ltä (KCL), jolle Sirra T:mi teki kokeellisen työn alihankintatyönä. KCL teki työhön liittyvät analyysit.

SISÄLLYS

1. Johdanto.....	3
2. Tavoite.....	3
3. Materiaali ja menetelmät.....	3
4. Tutkittujen tehtaiden laitteistot.....	4
5. Erottumisen aikariippuvuus.....	5
6. Vesiosan puhdistaminen.....	10
7. Ligniilautan koostumus ja rakenne.....	12
8. Ligniilautan käsittely.....	17
8.1 Ligniinin liuottaminen lipeällä.....	17
8.2 Painekeumennus.....	20
8.3 Muita kokeita	25
9. Mahdollisia prosessiratkaisuja.....	25
9.1 Ligniinin liuottaminen lipeällä.....	26
9.1.1 Yksinkertaisin ratkaisu.....	26
9.1.2 Haihduttamon suojaaminen.....	27
9.1.3 Kalsiumin poisto kokonaan.....	28
9.1.4 Rikkihappokäytön minimointi.....	30
9.2 Painekeumennus.....	31
10. Arvio prosessin rahallisesta hyödystä.....	32
11. Johtopäätökset.....	33
Jatkotutkimustarpeet.....	34
Viitteet.....	35
Liitteet.....	35

1. JOHDANTO

Mäntyöljyn palstoituksessa syntyvä emävesi sisältää merkittäviä määriä erottumatonta mäntyöljyä, joka on suurimmaksi osaksi sidottu ligniiniin ns. ligniinilauttana. Ligniinilautta verottaa mäntyöljyn saantoa, joka joskus jää jopa alle 70 %. Öljyn lämpöarvo tulee hyödynnetyksi soodakattilan sähköntuotannossa, mutta tällä tavalla saatu tuotto on kuitenkin pienempi kuin jos mäntyöljy myydään. Mäntyöljykeiton saannon optimointi on siksi tavoiteltavaa.

Suopa kuljettaa mukanaan kalsiumia, joka palstoituksessa saostuu kipsinä eli kalsiumsulfaattina. Kipsi kulkeutuu emäveden mukana haihduttamolle, jossa se liukenee mustalipeään, minkä jälkeen kalsium saostuu karbonaattina. Tästä voi syöttökohdasta riippuen seurata haihduttamon lämpöpintojen likaantuminen. Jos emävesi syötetään haihduttamon keulaan, voidaan välttää kovien (porattavien) kerrostumien syntyminen, mutta tämä syöttötapa alentaa jossain määrin vahvalipeän kuiva-ainepitoisuutta. Energiatalouden kannalta olisi edullisempaa syöttää emävesi laihaan lipeään, mutta tästä seuraa useimmiten vaikea lämpöpintojen likaantuminen. Likaantuminen on pahinta 2- ja 3-yksiköissä. Kalsiumkarbonaattikerrostumat ovat vaikeasti poistettavia, ja niiden poraamiseen liittyy tavallisesti useamman päivän tuotannon pysähdys ja merkittäviä työ kustannuksia. Kalsiumin erottaminen emävedestä ennen sen pumppaamista haihduttamolle toisi merkittävää etua. Silloin se voitaisiin ilman likaantumisvaaraa syöttää laihalipeään.

2. TAVOITE

Työn tavoitteena oli löytää menetelmä emäveden käsittelemiseksi, jolla voidaan parantaa mäntyöljyn saantoa, ja vähentää haitallisen kalsiumin kulkeutumista takaisin haihduttamolle.

Tässä työssä keskityttiin HDS:ssä (Hydro-Dynamic Separator) syntyvän emäveden käsittelyyn.

3. MATERIAALIT JA MENETELMÄT

Tutkimukseen valittiin kaksi tehdasta, joista toinen tuotti pelkästään havusellua (tehdas A) ja toinen havu- ja koivusellua (tehdas B). Jälkimmäisen tehtaan lipeät sekoittuivat haihduttamolla. Tehtailta haettiin emävettä sekä muita mahdollisesti tarvittavia aineita, kuten viherlipeää, valkolipeää ja mäntyöljyä. Tehtaalla tutkittiin myös emäveden eri kerroksien erottumista toisistaan, ts. kipsin laskeutumista pohjalle ja ligniini-öljykerroksen nousua pinnalle. Erotumisnopeus on käsittelyprosessissa olennainen seikka mm. laitteiden mitoituksen kannalta.

Ligniinihauttaa tutkittiin mikroskoopilla, ja tehtiin kuvasarja, josta sen rakenne käy ilmi. Rakenteen tutkiminen edesauttoi mekanismien ymmärtämistä ja prosessin kehittelyä.

Tehtailta hankittua emävetä käsiteltiin laboratoriossa eri tavoin. Kokeiden tarkoituksena oli saada ligniiniin sidottu mäntyöljy erottumaan, ja muodostamaan yhtenäisen öljyfaasin, joka olisi erotettavissa. Kokeiltiin painekuumennusta ja ligniinin liuottamista lipeään.

4. TUTKITTUJEN TEHTAIDEN LAITTEISTOT

HDS-erotin

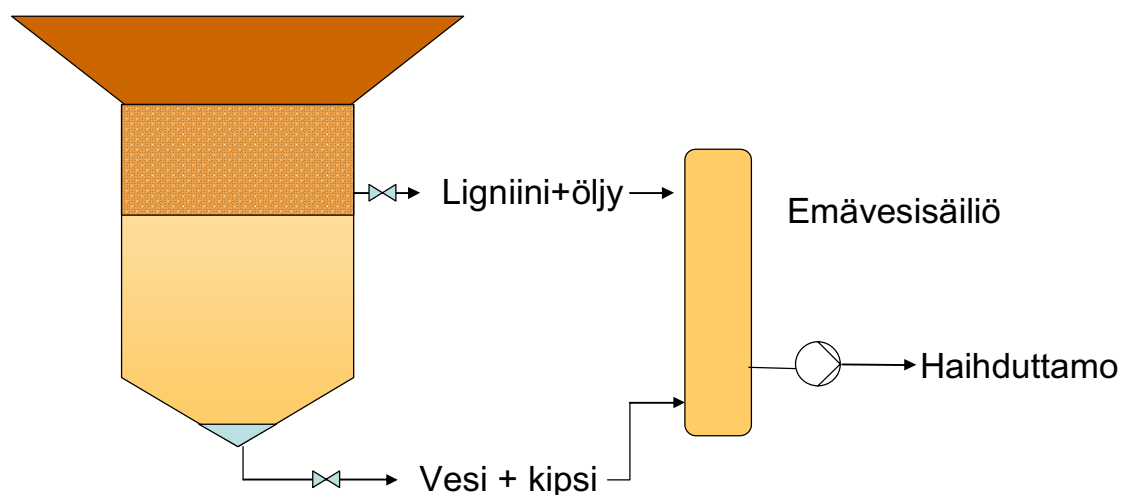
HDS-erotin koostuu kolmesta pääosasta, reaktoriosa, sylinteriosa ja lamelliosa. Reaktoriosassa, johon hapotettu seos tulee, hapotusreaktio etenee loppuun asti. Sylinteriosassa tapahtuu emäveden, ligniinin ja mäntyöljyn karkea erotus. Lamelliosassa tapahtuu öljyn, ligniinin ja kipsipartikkelien hienoerotus.

Sylinteriosan kartiopohjalle laskeutuu kipsi, josta se aika-ajoin poistetaan. Tämän osan keskellä on ns. ligniinioukku, joka on kartiopohjainen sylinteri, jossa pohja on ylöspäin. Tähän ligniini kerääntyy rauhallisemmissa oloissa. Emäveden, ligniinin ja kipsin poisto tapahtuu siten, että vuorotellen avataan pohjakartion ja emävesiloukun poistiventtiilit. Poisto näistä eri kohdista tapahtuu aikaperusteisesti. Näiden poistojen lisäksi on joissakin laitteissa pienempi jatkuva poisto.

Ligniinihautalla on taipumus jähmettyä kun se seisoo liikkumattomana jonkin aikaa. Jäykistynyt ligniinihautta häiritsee öljyn nousua ja kipsin laskeutumista pohjalle. Siksi laitteessa on emävesikierrätys, joka aika ajoin, yleensä noin tunnin välein, kierrättää hautta.

Tehdas A

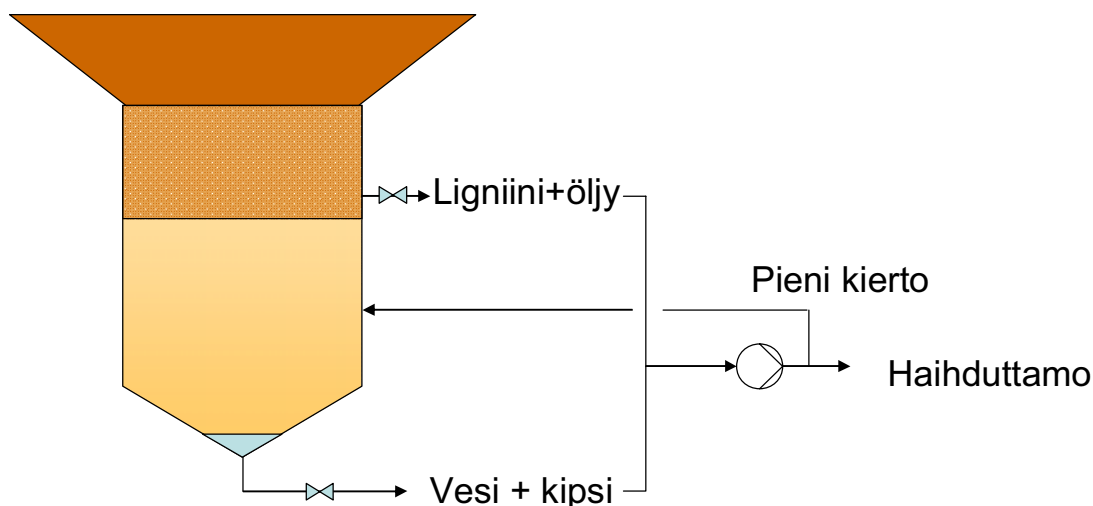
Tehtaan A keittämössä oli emävesisäiliö, jossa oli myös pinnan säätöjärjestelmä. Emävesisäiliöön tuli siis vuorotellen ligniinihautta ja kipsi-vesiseosta. Säiliöstä pumpattiin emävesi haihduttamolle. Kuvassa 1 on yksinkertainen kuva laitteistosta.



Kuva 1. Tehtaan A HDS-erotin.

Tehdas B

Tehtaassa B laitteisto poikkesi tehtaasta A siten, että emävesisäiliötä ei ollut. Emävesi pumpattiin suoraan haihduttamolle. Haihduttamolle menevästä virrasta, jossa oli siis vuorotellen kipsivettä ja ligniinilauttaa, osa kierrätettiin koko ajan takaisin HDS:ään.



Kuva 2. Tehtaan B HDS-erotin.

5. EROTTUMISEN AIKARIIPPUVUUS

HDS:ssä kierrätykset ja liikehdintä sekoittavat seosta melko paljon, ja vaikka pääosa öljystä saadaan talteen, emäveden eri osien erottuminen ei ole täydellistä. Ulos otettavassa virrassa on öljyä, ligniiniä, kipsiä ja vettä. Seistessä rauhallisissa oloissa osat erottuvat vähitellen. Pinnalle nousee vaihteleva määrä öljyä, ligniinkerros tiivistyy, alla oleva vesi kirkastuu ja kipsi laskeutuu pohjalle. Tämä tarjoaa mahdollisuuksia jatkokäsittelyprosessille. Sponttaanisesti erottuva öljy voidaan palauttaa HDS:ään, ja kipsi on helpompi erottaa, kun se ei ole seoksessa ligniinin kanssa. HDS:stä poistetun emäveden eri osien erottumisen aikariippuvuus on siksi hyvin keskeinen seikka hyvää käsittelytapaa etsiessä.

Emäveden eri osien erottumista tutkittiin tehtaalla pleksistä valmistetussa putkiselkeyttimessä. Laite koostui kahdesta sisäkkäisestä putkesta, sisempi 100 mm ja ulompi 200 mm halkaisijaltaan. Ulompi putki muodosti vaipan, jonka sisällä kierrätettiin kuumaa vettä lämpötilan pitämiseksi vakiona halutulla tasolla. Tutkimuksen suorittaminen tehtaalla oli tärkeätä, sillä sekä kipsi että ligniini+öljyosa muuttuvat vanhetessaan. Kipsin kidekoko kasvaa ajan mittaan, minkä vuoksi sen sedimentoitumisnopeus muuttuu. Siksi oli tärkeätä saada näyte välittömästi HDS:stä koelaitteeseen.

Kuvassa 3 on esitetty erottumiskokeissa käytetty laitteisto. Putkien oikealla puolella nykyvät näytteenottohanat.



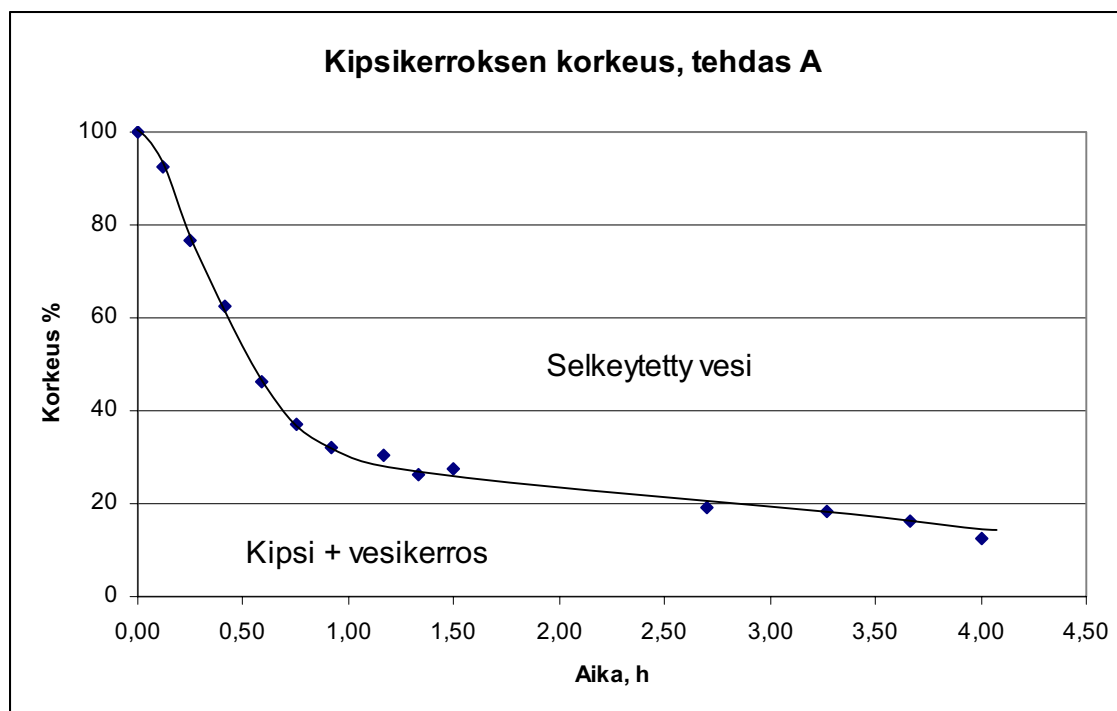
Kuva 3. Erottumisnopeuden tutkimuksiin käytetty laitteisto käytössä tehtaalla B.

Tehtas A

Tehtaiden järjestelmien eroista johtuen ei ollut mahdollista tehdä kokeita samalla tavalla molemmissa tehtaissa. Tehtaan A:n järjestelmässä olevan emävesisäiliön vuoksi edustavaa näytettä, jossa olisi sekä ligniinilauttaa että vettä ja kipsiä, ei voitu ottaa. Ulostulevan virran seossuhteet vaihtelevat koko ajan. Siksi keskityttiin tässä tehtaassa kipsin erottumisnopeuden tutkimiseen. Todettiin myös, että kun ligniinilautta ja kipsivesi tulevat erikseen ulos HDS:stä, ei ole tarkoituksenmukaista sekoittaa ne uudestaan

jatkokäsittely-prosessissa. On edullisempaa pitää ne erillään, ja viedä kumpikin omaan käsittelyynsä.

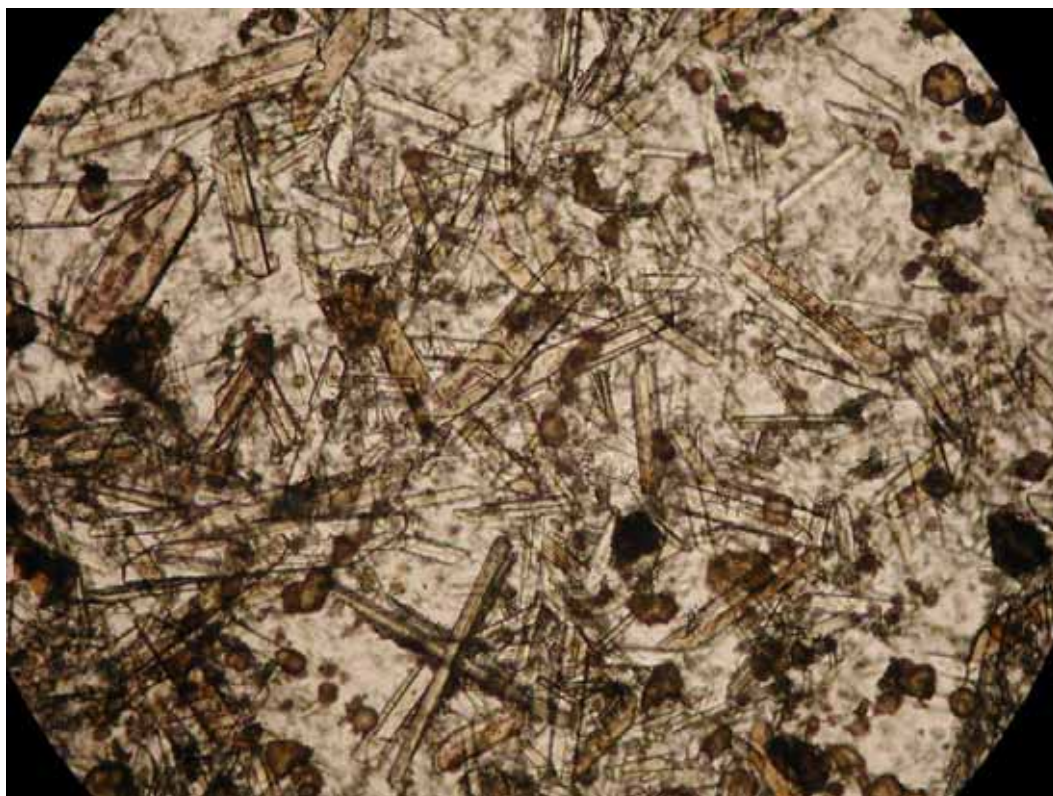
Valokuvia erottumisesen eri vaiheista on koottu liitteeseen 1. Kuten valokuvista käy ilmi, kipsi ja vesi muodostivat varsin sakean seoksen. Kipsi, joka siis oli melko hienojakoinen, laskeutui melko hitaasti pohjaa kohti, muodostaen paksun patjan selkeyttimen alaosaan. Kuvassa 4 on esitetty asettuminen ajan funktiona.



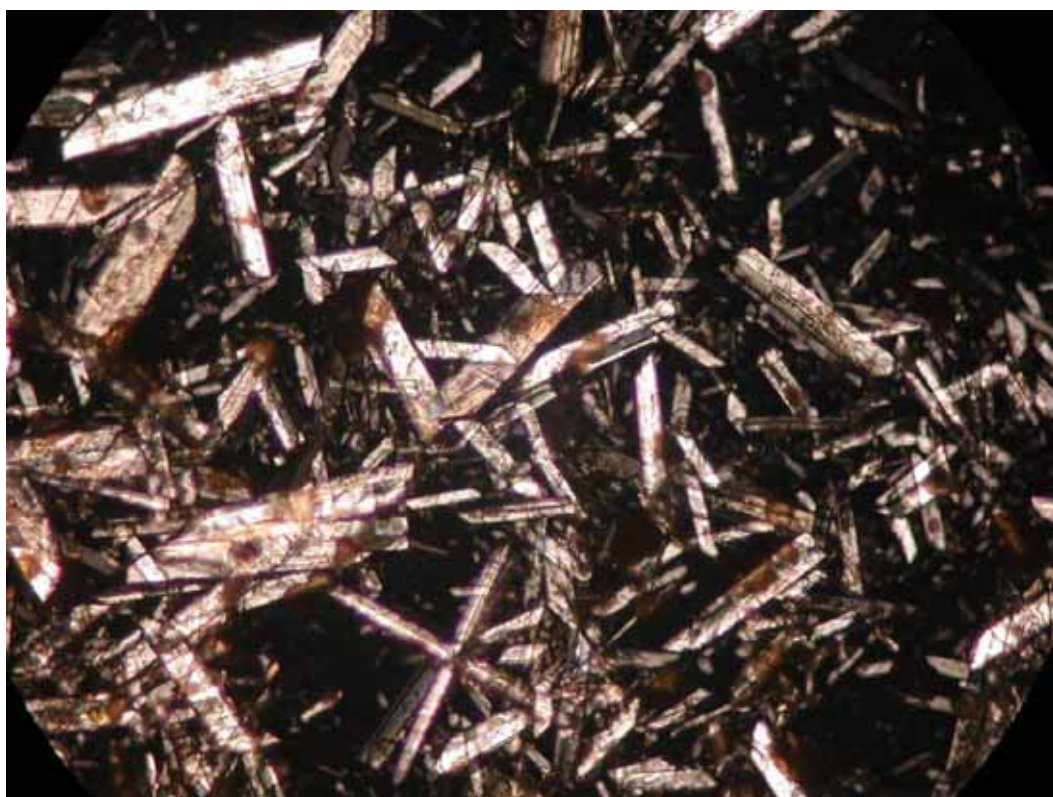
Kuva 4. Kipsin sedimentoituminen 2 m korkeassa pylväässä, tehdas A.

Kuvasta käy selvästi ilmi kaksi erillistä vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa kipsikiteet laskeutuvat vapaasti, tosin häiriten toisiaan. Tämä vaihe kesti noin tunnin. Toisessa vaiheessa kidepatja on muodostunut, ja kiteet muodostavat ilmeisesti paikalla seisovan rakenteen, jossa ne tukevat toisiaan. Patja tiivistyy silloin vain kidekasvun ja asettumisen kautta. Tämä vaihe kestää ilmeisesti hyvin pitkään. Lopullinen kipsin tilavuus on ainemäärän perusteella ainoastaan muutaman prosentin luokkaa.

Kuvissa 5 ja 6 on mikroskooppikuvia kipsistä normaalissa ja polarisoidussa valossa. Kipsin kidemuoto on hyvin pitkä ja kapea, ja tämä ilmeisesti aiheuttaa sen, että sakka ei sedimentoidu kovinkaan tiiviiksi.



Kuva 5. Kipsi.

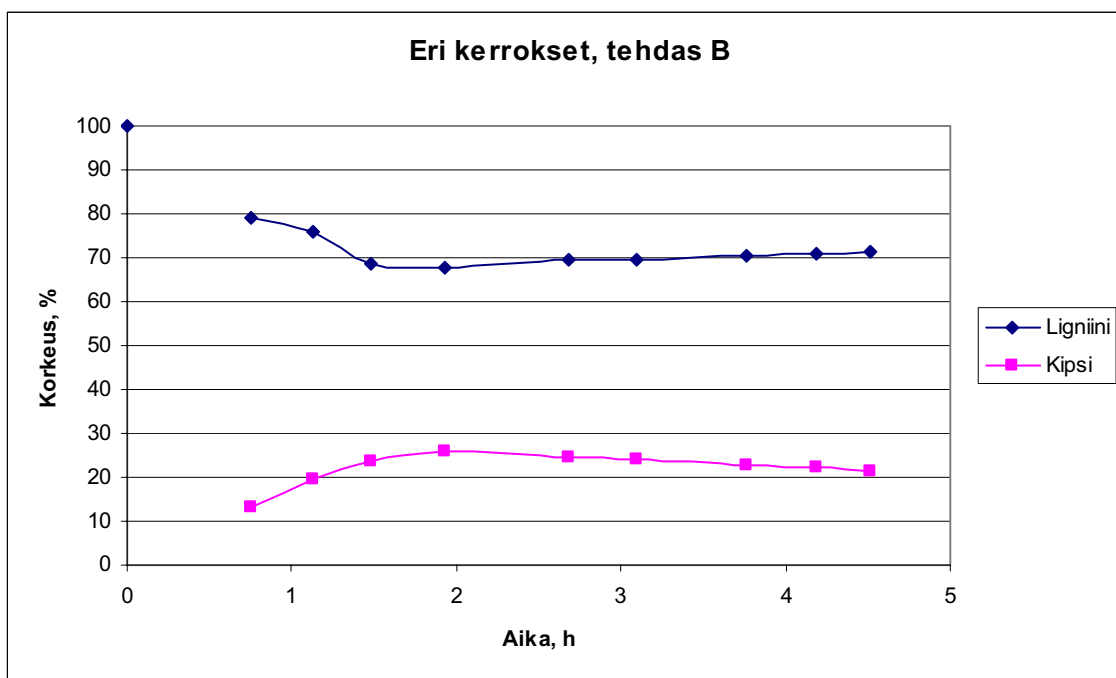


Kuva 6. Kipsi polarisoidussa valossa.

Tehdas B

Tehtaassa B otettiin näyte haihduttamolle menevästä virrasta silloin kun ligniini-poistoventtiili oli auki. Pienen kierron ja sekoittumisen vuoksi näytteessä oli kuitenkin myös kipsiä. Näin voitiin seurata erottumista kun oli sekä ligniini-osaa että kipsiä samanaikaisesti.

Valokuvia selkeytyskokeesta on koottu liitteeseen 2. Kuvassa 7 on piirretty eri kerroksien korkeus ajan funktiona. Koe erosi tehtaan A kokeesta siten, että kun samanaikaisesti ligniini+öljy liikkui ylöspäin, ja kipsi liikkui alaspäin, selviä rajakerroksia ei alussa näkynyt. Vasta vähitellen alkoi muodostua heikosti havaittavia rajapintoja. Keskiosa kirkastui, ja noin 2 h kohdalla ylä- ja alapatjojen paksuudet olivat maksimissaan. Tämän jälkeen kumpikin kerros alkoi tiivistyä, kuten kuvasta 7 käy ilmi.



Kuva 7. Kipsin sedimentoituminen ja ligniinkerroksen nousu 2 m korkeassa pylväässä, tehdas B.

Tehtaiden A:n ja B:n tulokset antavat hieman erilaisen vaikutelman, joskin ero voi olla osittain näennäinen. Kun ligniini+öljyosa liikkui ylöspäin samanaikaisesti kun kipsi liikkui alaspäin, ei muodostunut samanlaista rajapintaa yläosaan kuin tehtaassa A. Pohjassa oleva kipsipatja erottui tehtaassa B siinä vaiheessa, kun se oli vielä kasvussa. Tällaista ei näkynyt tehtaassa A kokeessa, jossa rajapinta muodostui heti yläosaan, ja alkoi liikkua alaspäin, kipsin tiivistyessä.

Emäveden jatkokäsittelyprosessin kannalta on edullisinta että HDS:n ligniiniloukusta tulevaa poistovirtaa ja pohjasta tulevaa kipsivesivirtaa ei yhdistetä, kuten nykyisin, vaan viedään erikseen kumpikin omaan jatkokäsittelyyn. Virtoja on turhaa yhdistää, kun ainesosat on jo kerran saatu melko hyvin erilleen.

Sakka voidaan erottaa emävedestä laskeuttamalla se, mutta kuten tuloksista kävi ilmi, sakan tiivistyminen on melko hidasta. Jos viive on 3 – 4 h, kipsikerros muodostaa noin 20 % kipsivesivirran tilavuudesta. HDS:n pohjasta poistettu kipsivesivirta on noin puolet koko emävesivirrasta, joten kipsikerros vastaa kyseisen laskeutusajan jälkeen noin 10 %

koko virrasta. Pääosa kipsistä voidaan näin saada kohtuullisen pieneen tilavuuteen, jonka jatkokäsittely ei vaadi isoja laitteita.

6. VESIOSAN PUHDISTAMINEN

Pääosa emäveden kipsistä on kiinteässä muodossa alaosaan muodostuvassa patjassa, mutta osa on kuitenkin vesikerroksessa, joko liuenneessa muodossa, orgaanisiin aineisiin kompleksoituneena tai kiteissä jotka ovat niin pieniä, että ne laskeutuvat hitaasti. Pitoisuus vesiosassa ei ole kovin suuri, mutta tilavuus on tehdasprosessissa merkittävä, ja haihduttamolle menevä kalsiummäärä on siten merkityksellinen.

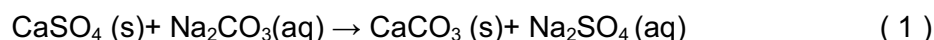
Vesiosasta määritettiin kalsiumpitoisuus heti tehaalla tehdyn selkeytyskokeen yhteydessä, ja sen jälkeen kun näyte olisi seisonut muutamia vuorokausia. Ensimmäisessä tapauksessa näytteessä olivat mukana pienet hitaasti laskeutuvat kiintopartikkelit, myöhemmän määrittelyn edustaessa aidosti liuennutta kalsiumia. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Vesiosan kalsiummäärittelytulokset.

Näyte	Tehdas A mg/l	Tehdas B mg/l
Heti näytteenoton jälkeen	420	630
Stabiloitumisen jälkeen	330	530

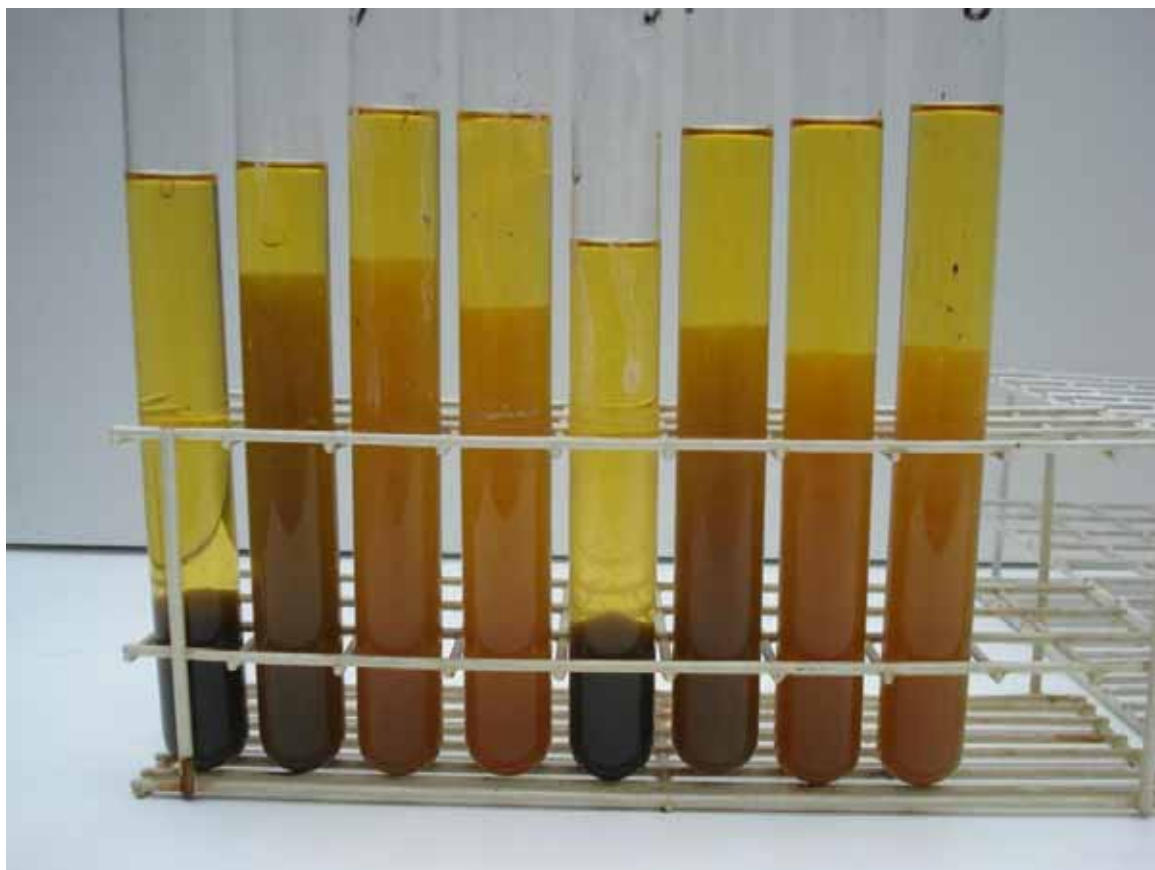
Heti otettujen näytteiden kalsiumpitoisuudet vastaavat kipsiksi laskettuina tehtaalla A 1,43 ja tehtaalla B 2,14 g/l kipsiä. Jos emäveden määrä on esim. 300 m³/vrk (keskikokoinen sellutehdas), ja kipsivesivirran osuus on noin puolet, tämä virta toisi haihduttamoon 200 – 320 kg kipsiä vuorokaudessa liuenneessa muodossa tai pieninä partikkeleina. Ajan mittaan tällä määrällä on melko varmasti vaikutusta likaantumiseen. Vesiosan puhdistaminen vaikuttaa siksi varsin perustellulta.

Vesiosa voidaan puhdistaa saostamalla liuennut kalsium karbonaattina. Kalsium-karbonaatti on niukkaliukoisempi kuin kipsi, minkä vuoksi se saostuu. Saostus on lähinnä tehtävissä neutraloimalla liuos viherlipeällä. Reaktio on:



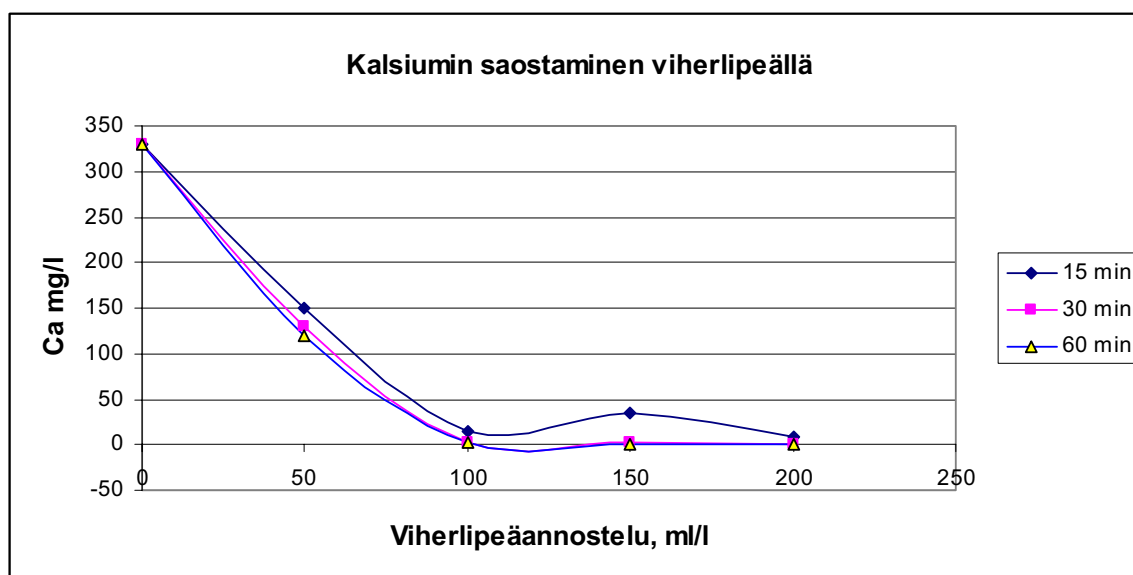
Tämä on siis sama reaktio joka tapahtuu haihduttamossa jos emävesi viedään laihaan lipeään, jolloin lämpöpinnat likaantuvat.

Vesiosan puhdistamiseksi liuenneesta kalsiumista tehtiin kokeita seuraavasti: pieni määrä vesiosaa siirrettiin koeputkeen, ja lämmitettiin vesihauteella. Lämpötila oli 85 °C. Lisättiin viherlipeää 50, 100, 150 ja 200 ml/l. Viherlipeä oli normaalivahvuista, eikä sitä analysoitu sen tarkemmin. Lämmitysaika vaihdeltiin välillä 15 – 60 min. Näytteet otettiin ulos vesihauteesta, ja valokuvattiin sekä otettiin liuosnäyte. Kirkasteesta määritettiin kalsiumpitoisuus. Kuvasta 8 käy ilmi veden ulkonäkö saostuksen jälkeen. Analyysitulokset on esitetty kuvassa 9 ja taulukossa 2.



Kuva 8. Veden ulkonäkö saostuksen jälkeen, 85 °C, 30 ja 60 min.

Sakka oli hyvin flokkimaista ja melko huonosti asettuva. Sakan erottaminen esim. selkeyttämällä vaikuttaa vaikealta. Annostelulla 50 ml/l sakka laskeutui parhaiten, mutta myöhemmät analyysit osoittivat ettei saostuminen ollut täydellistä (ks. alla). Tällä annostelulla pH nousi 10:een, mutta kalsiumpitoisuus jäi liian suureksi.



Kuva 9. Kalsiumpitoisuuden riippuvuus viherlipeäannostelusta ja ajasta.

Taulukko 2. Kalsiumpitoisuudet.

Viherlipeäannostelu ml/l	Aika		
	15 min	30 min	60 min
0	330	330	330
50	150	130	120
100	15	2,7	2,0
150	35	3,0	1,4
200	8,0	1,4	0,8

Annostelulla 100 ml/l pH nousi 12:een. Tuloksista käy ilmi, että tämä riitti saostamaan kalsiumin melko täydellisesti. Suuremmilla annosteluilla pH nousi noin 14:aan, mutta saostumisen ollessa jo melko täydellinen, se ei tuonut lisää hyötyä. Aika 15 min osoittautui liian lyhyeksi, ja saostuminen oli kaikilla annostuksilla epätäydellinen (ks. kuva 9). Vaadittava aika näyttää olevan noin 30 min. Pitoisuuksia alueella 0,8 – 3,0 mg/l on pidettävä erittäin hyvinä.

Koe osoitti että vesi saadaan hyvin puhdistetuksi liuenneesta kalsiumista, mutta että sakan flokkimaisuus vaikeuttaa sen poistamista kokonaan. Kuitenkin kalsium lienee tehty haitattomaksi, sillä se ei ole enää liuenneena, vaan karbonaattina, joka lienee stabiili myös laihassa lipeässä. Näin likaantumisriski lienee poistettu, ja vesi voidaan todennäköisesti viedä turvallisesti haihduttamon peräpäähän. Asia voitaisiin vielä varmistaa määrittämällä liuenneen kalsium mustalipeässä haihdutuslinjaa pitkin, kun syötetään puhdistettua kipsivettä, ja seuraamalla jos se osoittaa saostumisen merkkejä.

Tehtiin myös koe, jossa tehtaalla tehdystä selkeytyskokeesta otettu kipsikerros sekoitettiin suoraan viherlipän kanssa. Tässä tapauksessa siis kiinteä kipsi muutetaan karbonaatiksi viherlipeän avulla. Lipeän kulutus oli odotetusti suurempi, 83 ml/l ei vielä riittänyt nostamaan pH:ta yli 12. Koko kipsikerroksen muuttaminen karbonaatiksi olisi mahdollinen ratkaisu, jolla voidaan viedä se takaisin haihduttamoon ilman likaantumista. Tarvittava lipeäannos ja reaktioaika olisi vielä tarkennettava uusilla tutkimuksilla. Ratkaisun hyöty olisi se, ettei selkeytystä ei tarvittaisi lainkaan, vaan voitaisiin pienessä reaktorissa tehdä kipsi vaarattomaksi.

7. LIGNIINILAUTAN KOOSTUMUS JA RAKENNE

Ligniinilautan koostumuksen tunteminen ja rakenteen ymmärtäminen on olennaisen tärkeää kun kehitetään menetelmää mäntyöljyn talteenottamiseksi.

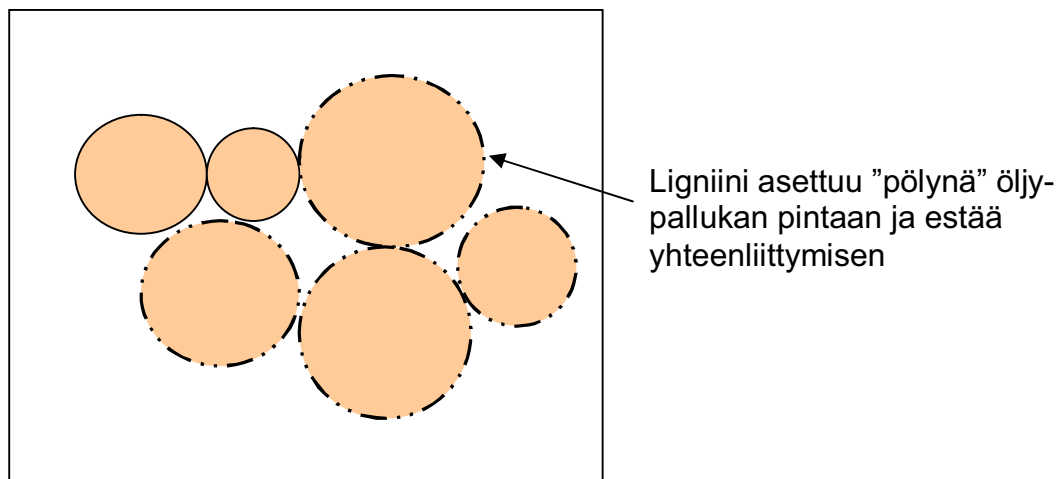
Ligniini-öljystä otetun virran koostumus luonnollisesti vaihtelee ajan ja olosuhteiden mukaan. Tutkituissa näytteissä saatiin analyysien ja jälkeensä erottuneen öljymäärien perusteella taulukossa 3 esitetyt koostumukset.

Taulukko 3. Ligniinilautan koostumukset

Komponentti	Tehdas A %	Tehdas B %
Mäntyöljy	56,3 (38,2)*	54,5 (27,0)*
Ligniini	3,6	2,3
Vesi	35,8	34,8
Kipsi ja liuenneet suolat	4,3	8,4

* Sponttaanisesti erottuva pitkän ajan kuluessa.

Alustavissa aikaisemmissa mikroskooppitarkasteluissa oli tultu siihen tulokseen, että ligniinilautta koostuu pienistä öljypalloista, joiden yhteenliittyminen yhtenäiseksi kerrokseksi estyy siksi, että ligniinihiukkaset tarttuvat niiden pintaan. Tämän rakenteen verifiointiseksi kerätyt näytteet tutkittiin tarkemmin mikroskoopilla.

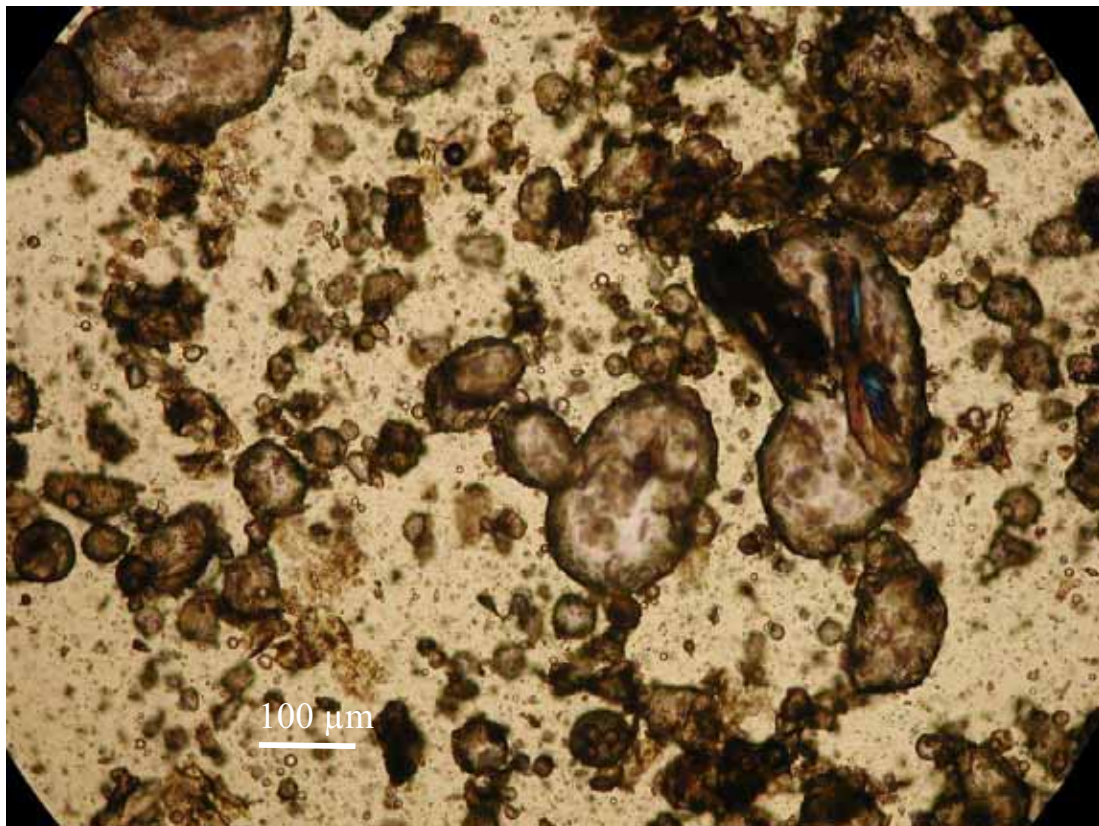


Kuva 10. Ligniinilautan rakenne.

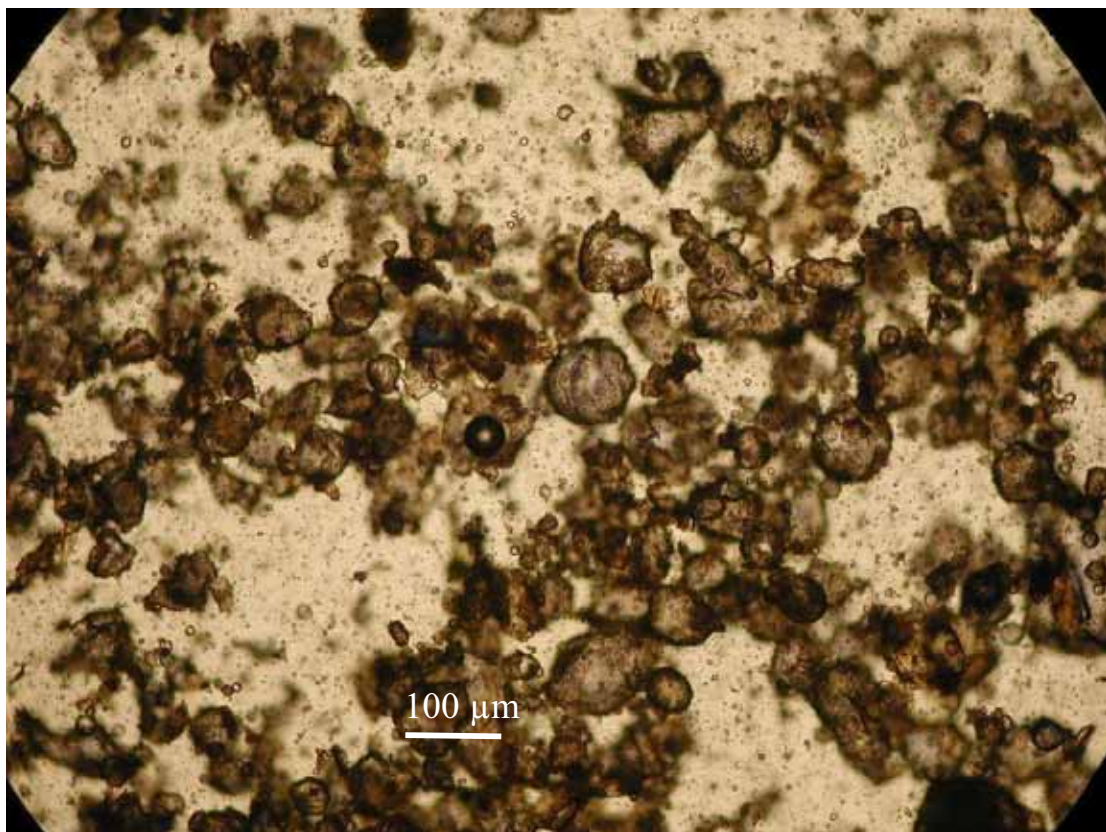
Tehdas A

Kuvista 11 – 12 käy ilmi ligniinilautan rakenne. On selvästi nähtävissä öljypalloja, joiden pinnassa on kiintoainetta, ilmeisesti ligniiniä. Kuvista 13 ja 14, jotka on otettu suuremmassa suurennoksessa (400X), käy ilmi ligniinin hiutalemainen rakenne. Hiutaleet tarttuvat litteällä sivullaan öljypallon pintaan, joka näin estyy liittymästä muihin palloihin. Tämä selittää miksi niin pieni ligniinipitoisuus, ainoastaan muutamia prosentteja, pystyy estämään öljyn nousemasta. Pallojen välinen tila on pääasiassa veden täyttämä.

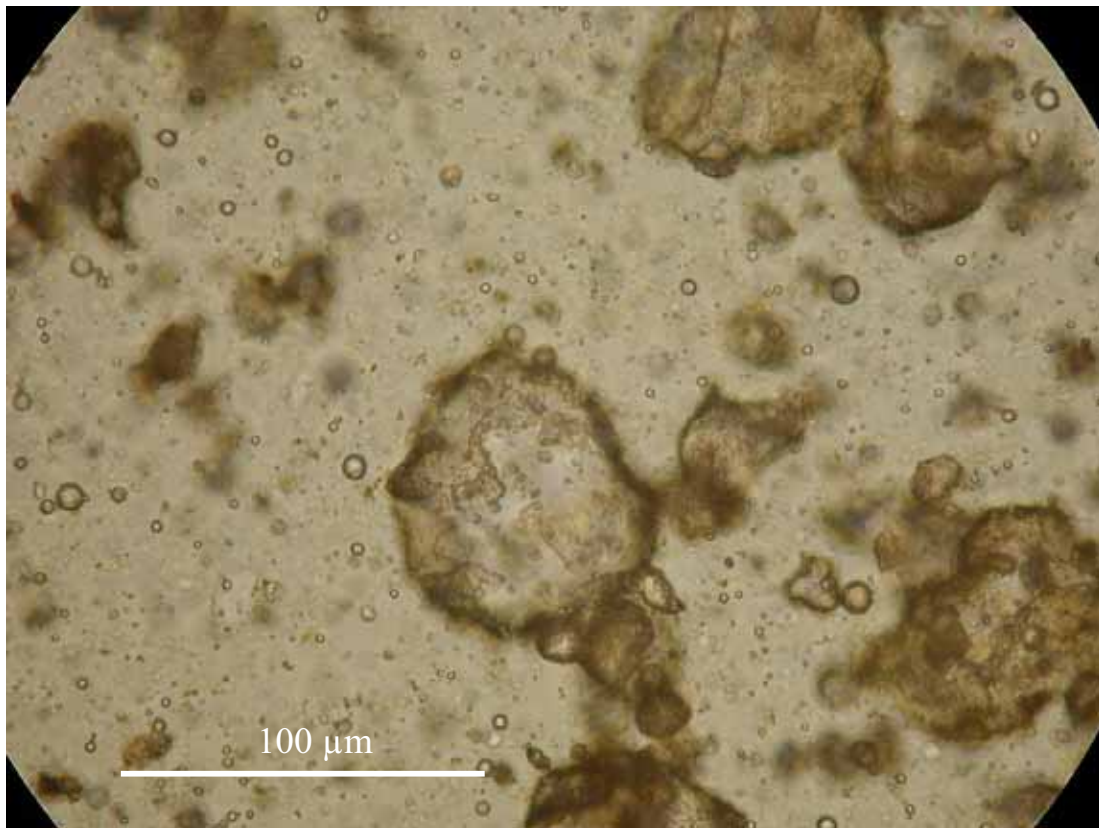
Ajan mittaan osa öljypalloista liittyvät esteestä huolimatta yhteen. Tämä ilmenee siten, että seistessä rauhallisissa oloissa ligniinilautasta erkanee öljykerros. Öljyn määrä vaihtelee, tehtaassa A se oli suurempi kuin tehtaassa B. Erottuminen jatkui hyvin pitkään, useita viikkoja, kun näytteet seisoivat huonelämpötilassa. HDS:ssä viive on verraten lyhyt, ja tapahtuu vielä sekoitusta, minkä vuoksi erottuminen on epätäydellistä.



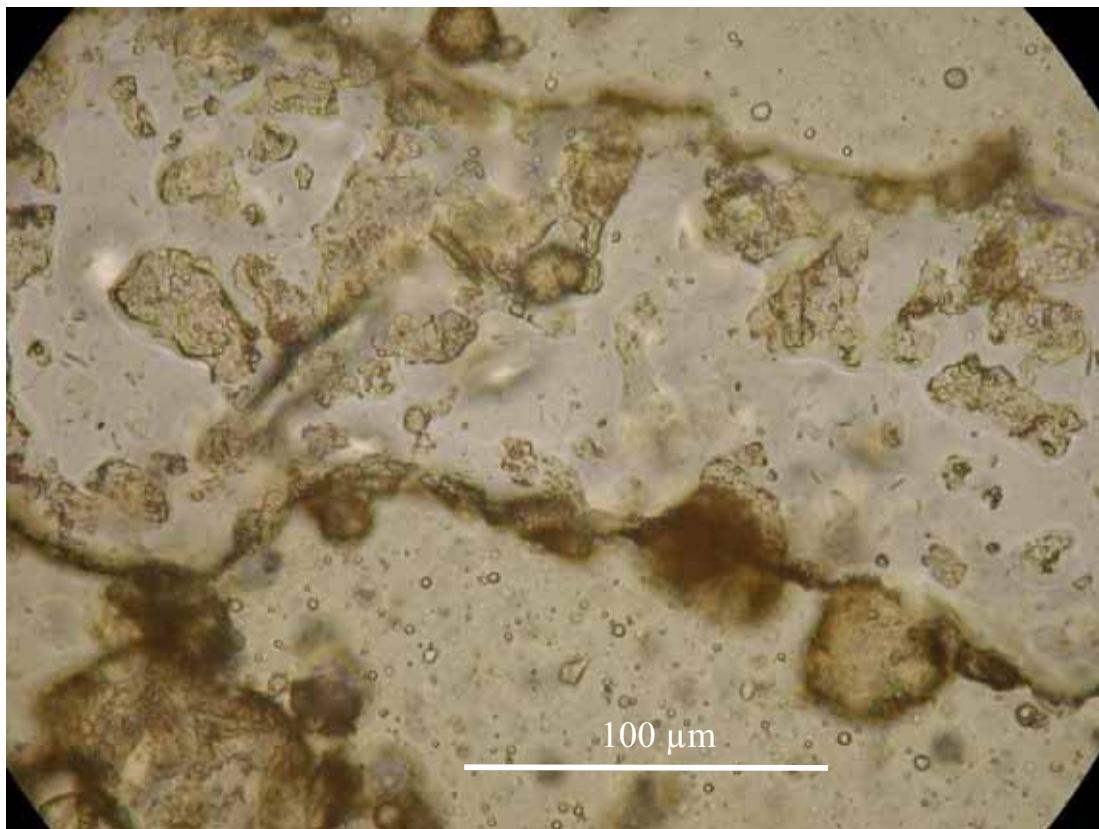
Kuva 11. Tehtaan A ligniinilautta.



Kuva 12. Tehtaan A ligniinilautta.



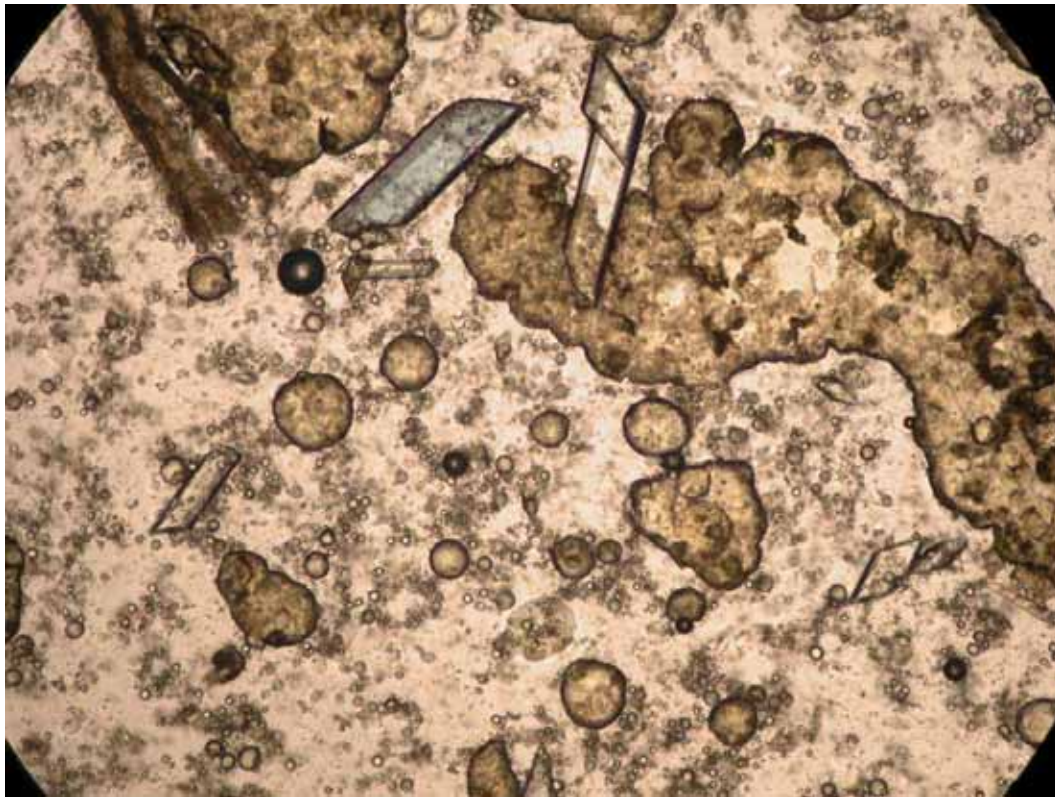
Kuva 13. Tehdas A, ligniinihiutaleita öljypartikkelin pinnassa (400x).



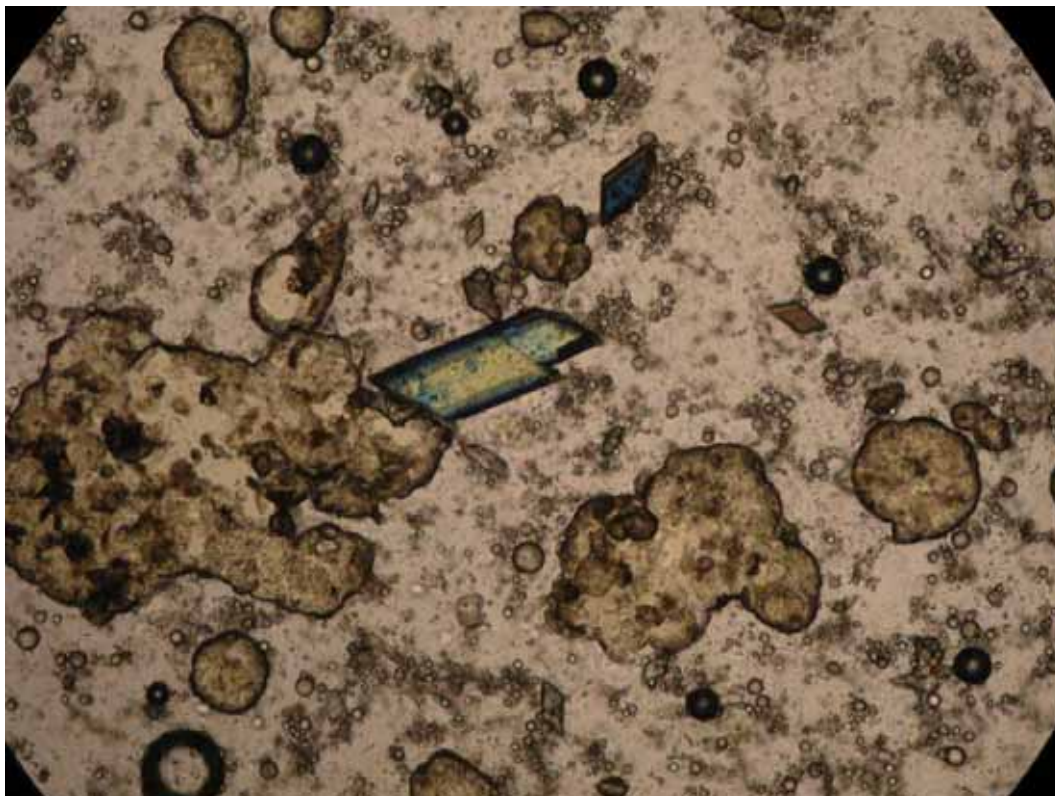
Kuva 14. Ligniini-pölyn hiutalemainen rakenne (400x).

Tehdas B

Tehtaassa B öljypallot ja kimpaleet olivat hieman suurempia kuin tehtaassa A. Kuvissa 15 ja 16 on mikroskooppikuvia tehtaan B näytteistä.



Kuva 15. Tehtaan B ligniinilautta.



Kuva 16. Tehtaan B ligniinilautta.

Öljyn nousemista saattaa haitata myös se, että se tarttuu kipsihiukkasiin. Yhdistetyn hiukkasen tilavuuspaino voi silloin kohota niin suureksi, ettei se nouse pintaan, tai jopa laskeutuu alaspäin.

HDS:ssä saantoa verottava seikka näyttää olevan se, ettei painovoima ole riittävän voimakas pakottamaan öljypalloja liittymään yhteen ligniiniesteen läpi.

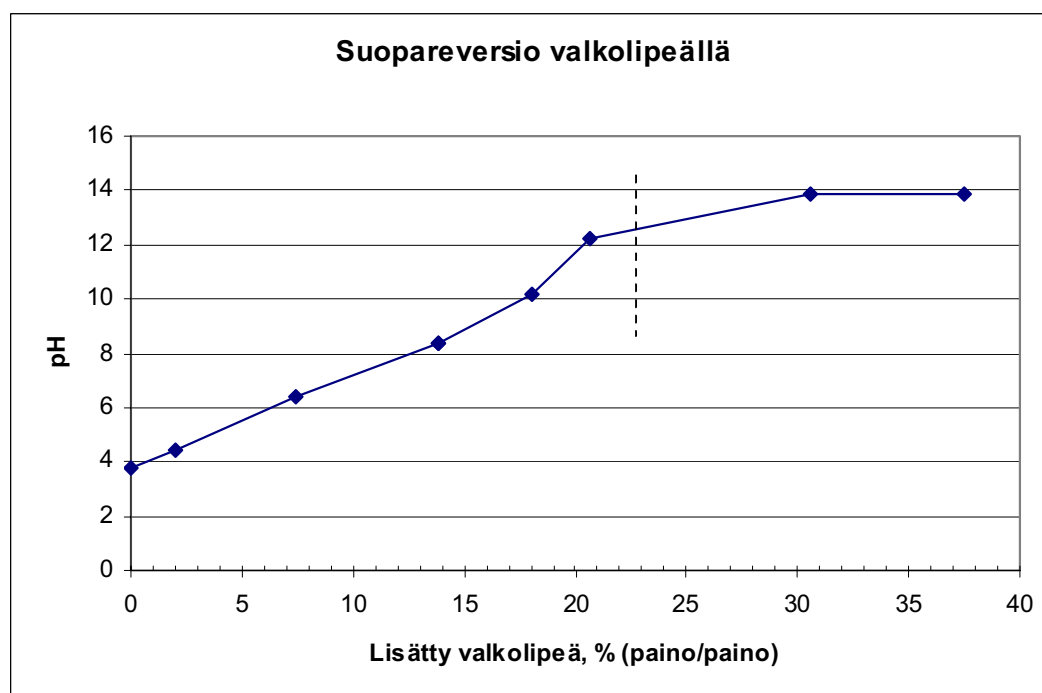
8. LIGNIINILAUTAN KÄSITTELY

Ligniinilautan eli ligniini + öljyosan käsittelyn tarkoituksena on murtaa lautan rakenne, ja saada öljypallot liittymään yhteen yhtenäiseksi faasiksi, joka on mahdollista erottaa vedestä ja kipsistä. Mahdollisina menetelminä pidettiin ligniinin uudelleen liuottamista lipeällä, painekuumennusta, pallon pintajännityksen muuttamista dispergointiaineilla sekä uuttamista polttoöljyyn. Näistä ainoastaan ligniinin uudelleen liuottaminen voidaan odottaa pitävän mäntyöljyn laadullisesti hyvänä. Muilla menetelmillä tarkoituksena on ensisijaisesti polttoaineen tuottaminen, joka soveltuu käytettäväksi esim. meesauunissa.

8.1 Ligniinin liuottaminen lipeällä

Nostamalla pH, ensisijaisesti valkolipeällä, voidaan liuottaa öljypallojen yhteen liittymistä haittaava ligniini. Samalla tapahtuu mäntyöljyn reversio, ts. mäntyöljystä muodostuu uudelleen suopaa. Suopa voidaan viedä takaisin mäntyöljykeittoon hapotettavaksi, ja ligniini, joka nyt on liuenneessa muodossa, voidaan palauttaa lipeän mukana haihduttamolle.

Suoritettiin koe, jossa valkolipeää lisättiin asteittain tehtaan A ligniinilauttaan. Valkolipeän kulutuksen seuraamiseksi mitattiin pH joka lisäyksen jälkeen. Kuvassa 17 on esitetty pH:n muutos valkolipeälisäyksen funktiona.



Kuva 17. pH lisätyn valkolipeän funktiona.

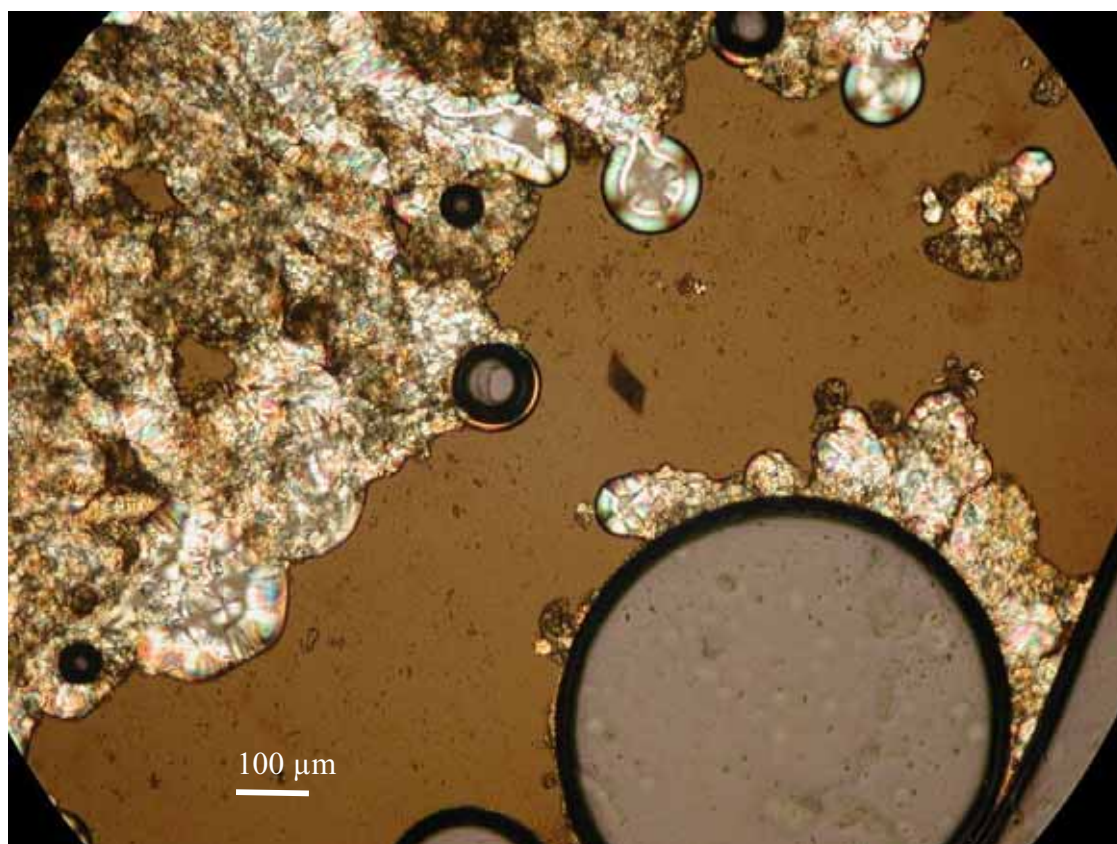
Öljyn muuttumista suovaksi seurattiin tarkastelemalla syntynyt seos mikroskoopilla. Kun käytetään polarisoitua valoa, reaktion etenemistä voidaan havaita, sillä suopa polarisoi, öljy taas ei. Tämä käy ilmi kun verrataan kuvat 11 ja 12 kuviin 18 - 20.

Noin pH:ssa 8 oli selvästi nähtävissä suopareversiota. pH:ssa 10 suurin osa öljystä oli muuttunut suovaksi, mutta reaktion loppuun viemisen varmistamiseksi lienee parasta nostaa pH noin 12:aan. Tässä kohdassa valkolipeän kulutus oli 20 – 25 % ligniinilautan painosta.

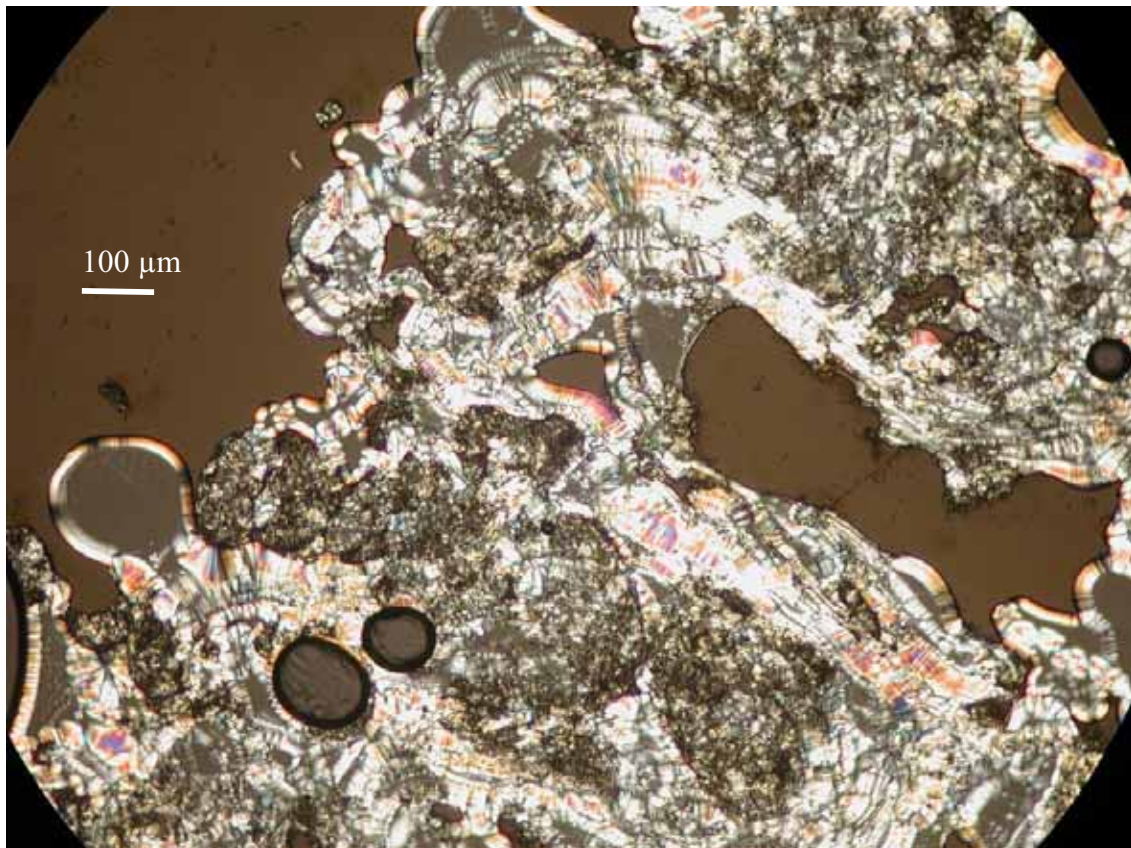
Kun tarvittava valkolipeämäärä oli saatu selville, tehtiin koe jossa koko lipeämäärä lisättiin yhdellä kerralla. Todettiin että syntävä suopa oli silloin edullisemmassa muodossa, sillä se muodosti suuria yhtenäisiä kimpaleita, kun se ensimmäisessä kokeessa muodosti pienempiä partikkeleita. Suuret yhtenäiset kimpaleet nousevat paremmin ylöspäin, ja ovat siksi edullisempia. Tästä syystä on siis edullisempaa nostaa pH yhdellä kerralla riittävän ylös. Silloin voidaan minimoida suovan kulkeutumista takaisin haihduttamolle, ja maksimoida prosessin hyötysuhde.

Kuvista 18 - 20 käy ilmi suopakimpaleiden muoto. Kuvat otettiin osittain polarisoidulla valolla, jolloin sekä suopa että lipeä tulevat näkyviin. Suopa-alueet ovat laajoja ja yhtenäisiä, ja nousevat siksi hyvin. Alueiden välissä näkyy hyvin vähän pieniä suopahiukkasia, jotka ovat liian pieniä noustaakseen vaan seuraavat lipeää. Tästä syystä voidaan päätellä, että suopa voidaan saada talteen lähes täydellisesti.

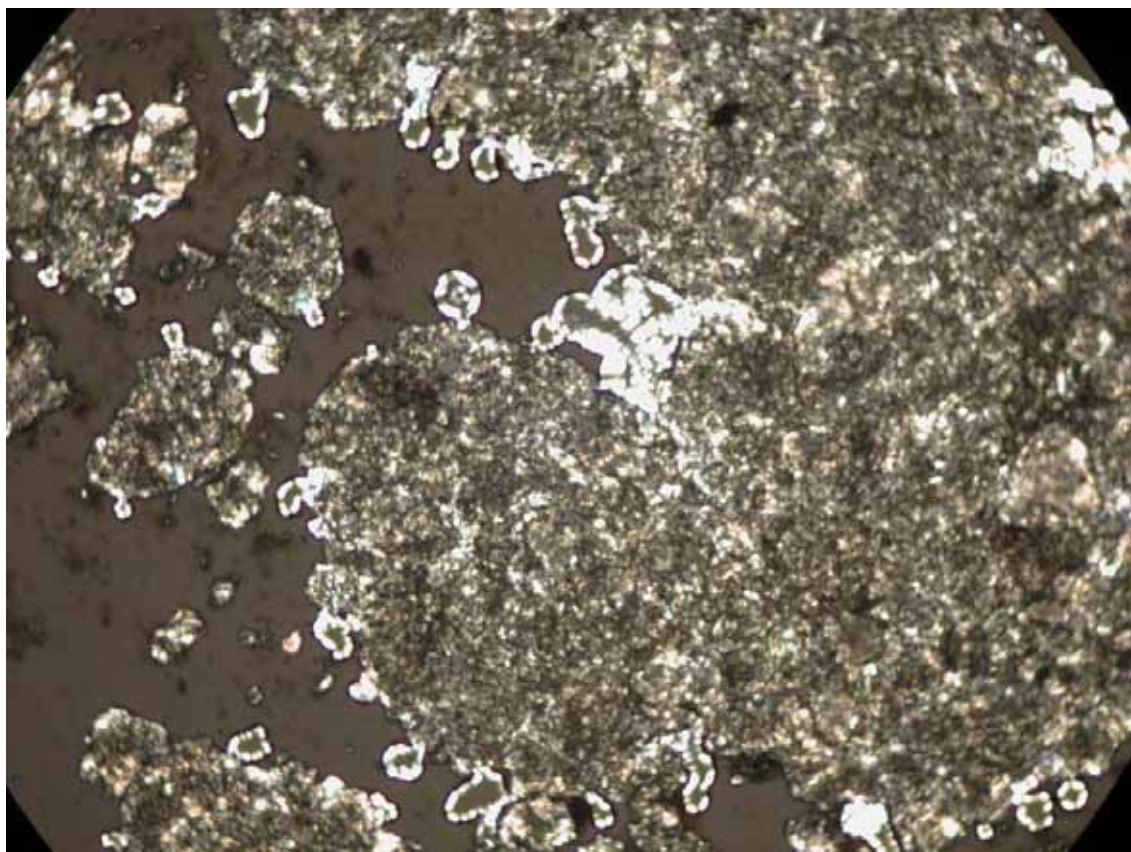
Kuvissa 18 ja 19 olevat ruskeat alueet ovat uutta muodostunutta ”mustalipeää”, johon ligniini on liuennut. Kokeessa voitiin myös todeta tuttu mustalipeän tumma väri.



Kuva 18. Suopareversiolla tuotettu suopa, tehdas A. Puolipolarisaatio (100x).



Kuva 19. Toinen suopakimpale, tehdas A. Puolipolarisaatio (100x).



Kuva 20. Suopareversiolla tuotettu suopa, tehdas B. Puolipolarisaatio (100x).

Kuvassa 20 on tehtaan B suopa vastaavan kokeen jälkeen (havu + koivu). Suopa näyttää eriliselta, mutta myös tässä kimpaleet ovat laajoja ja yhtenäisiä.

Ligniinin liuottaminen valkolipeällä todettiin olevan varsin toimiva prosessi, jonka avulla voidaan saada talteen ligniinilautassa oleva mäntyöljy.

8.2 Painekeumennus

Painekeumennuksessa ajatuksena on se, että ligniinilautan rakenne murtuisi, kun paine kohotetaan samalla kun öljyn viskositeetti alennetaan lämpötilaa nostamalla. Myös ligniini voi käsittelyssä muuttua. Painekeumennuksessa mäntyöljyn laatu heikkenee korkean lämpötilan takia, johtuen rasvahappojen ja –alkoholien esteröitymisreaktiosta (happoluku). Ligniini ei luonnollisesti häviä tässä käsittelyssä, vaan liikkuu edelleen mäntyöljyn seassa, mikä myös heikentää tämän laatua. Näistä seikoista johtuen painekeumennuksella saatu tuote lienee ensisijaisesti polttoaine.

Polttoaineen tuottamisessa olennaista on se, että vesipitoisuus saadaan niin pieneksi, ettei se merkittävästi alenna tuotteen lämpöarvoa. Tämä tarkoittaa sitä, että öljypallojen välinen tila, joka ligniinilautassa on veden täyttämä, saadaan poistettua. Ligniinin lämpöarvo tulee hyödynnetyksi, joskaan tämän merkitys ei ole kovin suuri.

Kokeet suoritettiin siten, että noin 100 g ligniinilauttaa siirrettiin teräsaautoklaaviin. Autklaavi pantiin lämpökaappiin, joka oli ennalta keumennettu haluttuun lämpötilaan. Lämpökäsittely jatkettiin halutun ajan. Koska autoklaavin lämpeneminen kestää jonkin aikaa, näyte ei luonnollisesti koe koko käsittelyaikaa säädetyssä lämpötilassa. Lämpötilan mittaaminen näytteen sisällä ei ollut mahdollista käytettävissä olleessa laitteistossa. On tosin myös otettava huomioon, ettei lämpötila tehdasprosessissakaan nouse aivan hetkessä. Koko käsittelyaika vaihdeltiin alueella 1 – 3 h. Koska tehdasprosessissa on pysyttävä järkevien aikapuitteiden sisällä, käsittelyaikaa ei haluttu pidentää, vaikkakin on oletettavissa että sen vaikutus olisi edullinen. Syntynyttä painetta voidaan arvioida veden höyrypaineen perusteella, mutta varsinkin korkeissa käsittelylämpötiloissa haihtuvat orgaaniset komponentit vielä lisäävät painetta.

Lämpötilan ollessa riittävä, käsittelyssä muodostui hyvä yhtenäinen öljyfaasi, joka erottui vedestä. Kuvassa 21 on valokuva näytteestä, joka käsiteltiin 180 °C:ssa 3 h (tehdas A). Muodostunut mäntyöljy oli juokseva, hyvin öljymäinen ja helposti pinnalle nouseva. Samanaikaisesti muodostui kuitenkin hiekkamainen puuro, joka koostui kipsistä, ligniinistä ja öljystä. Osittain öljy erottui tästä puurosta valumalla, mutta erottuminen ei ollut täydellistä. Teknisessä prosessissa tähän puuroon on kiinnitettävä huomiota. Edullisinta olisi saada se sekoitettua muun öljyn kanssa, niin että se liikkuisi tämän mukana polttoon.

Erityisesti korkeissa lämpötiloissa muodostui haisevia kaasuja. Painekeumennus on siksi tehdasprosessissa liitettävä hajukaasujen keräilyyn.

Tehtaiden A ja B näytteet käyttäytyivät käsittelyssä hyvin samanlaisesti, eikä merkittäviä eroja havaittu.

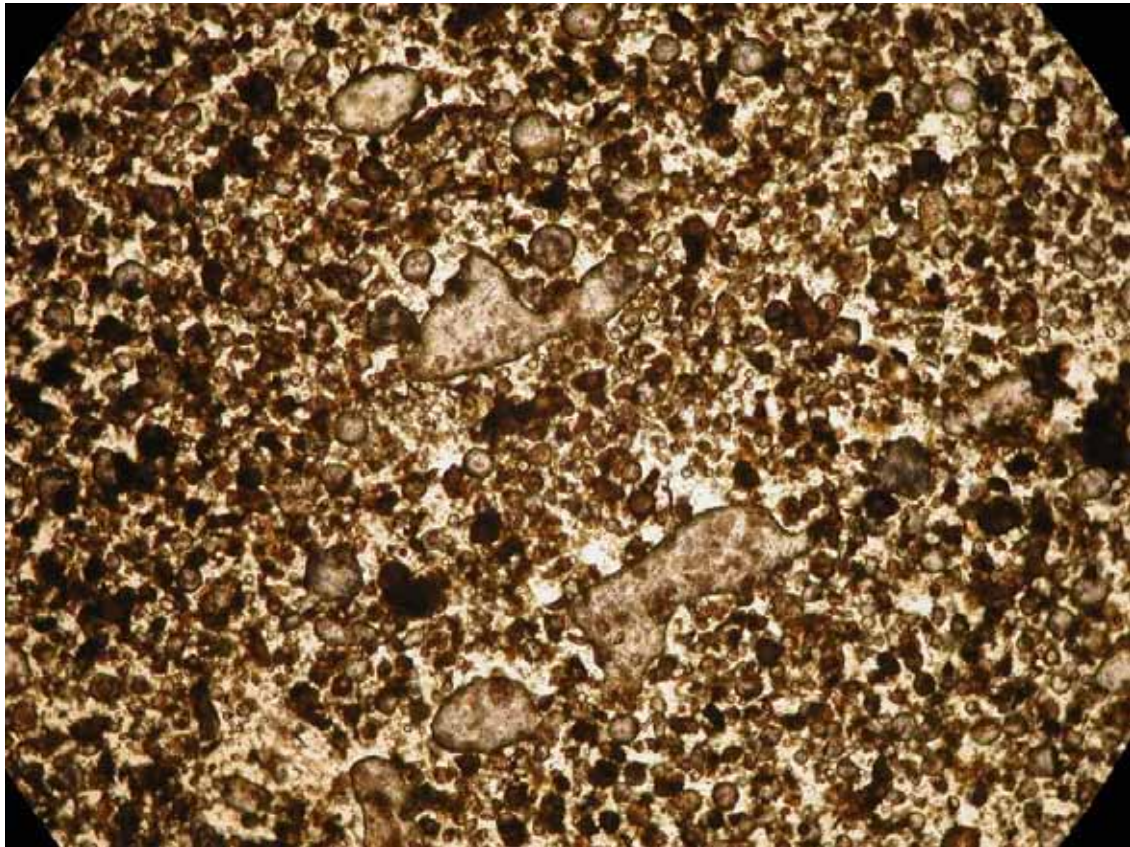


Kuva 21. Ligniinilautasta muodostunut öljy ja ligniini-kipsipuuro.

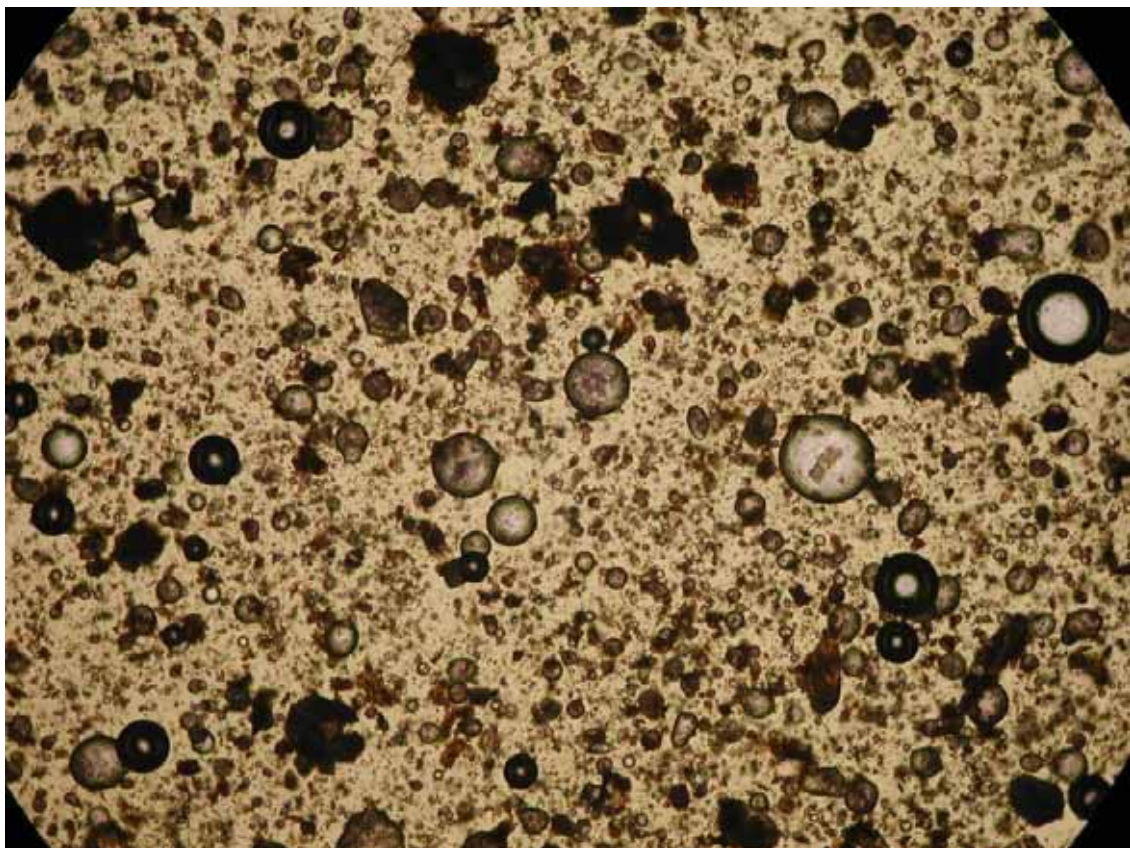
Pinnalle kertyvää öljy+ligniiniosaa tutkittiin mikroskoopilla. Kuvista 22 - 25 käy ilmi muodostuneen kerroksen rakenne tehtaan B näytteestä (havu + koivu). Kuvat otettiin 100x suurennuksessa. Pallot, joissa on paksu musta ulkoraja, ovat ilmakuplia.

Voidaan todeta, että 3h 120 °C:ssa ligniinilautan pallomainen rakenne on edelleen säilynyt. Mahdollisesti on havaittavissa öljypallojen yhteensulamista paikoittain. Käsittelyssä 3h 140 °C:ssa on tapahtunut selvää yhteensulamista. Öljypalloja on kuitenkin vielä melko paljon jäljellä. Näyttää siltä, että öljypallojen välinen veden täyttämä tila on pääasiassa hävinnyt. On mahdollista että vesi esiintyy nyt pyöreissä palloissa. Pääosa aineesta on nyt öljymäistä faasia, jonka sisällä kuitenkin on ligniinin peittämiä öljypalloja. Lämpötila näyttää edelleen olevan liian alhainen. On myös otettava huomioon, ettei tehdasprosessissa kaikki reaktorin alueet välttämättä koe aivan samaa lämpötilaa, vaan jos on kylmempiä kohtia, niin tulos voi olla epätäydellinen. Siksi lienee parempaa nostaa käsittelylämpötilaa edelleen. 160 °C:ssa öljyfaasi on melko yhtenäinen, ainoastaan muutamia palloja on jäljellä.

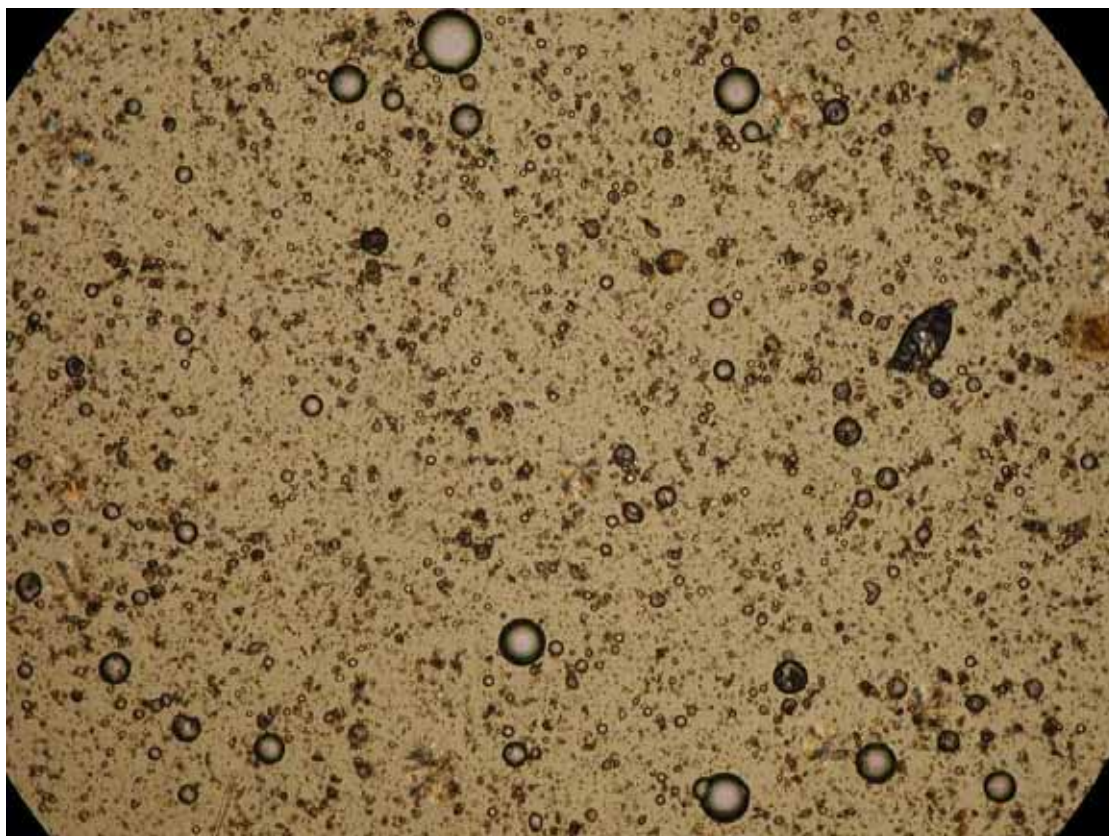
180 °C:ssa öljyn ilme on jälleen muuttunut. Näyttää siltä, että myös ligniini on sulannut, ja lukemattomat erilliset hiukkaset ovat hävinneet. Hiukkasten tilalla on nyt kookkaampia palloja. Tuote on tämän käsittelyn jälkeen varsin tasalaatuisen näköinen, ja hyvin kelpoisen näköinen ainakin polttoainekäyttöön.



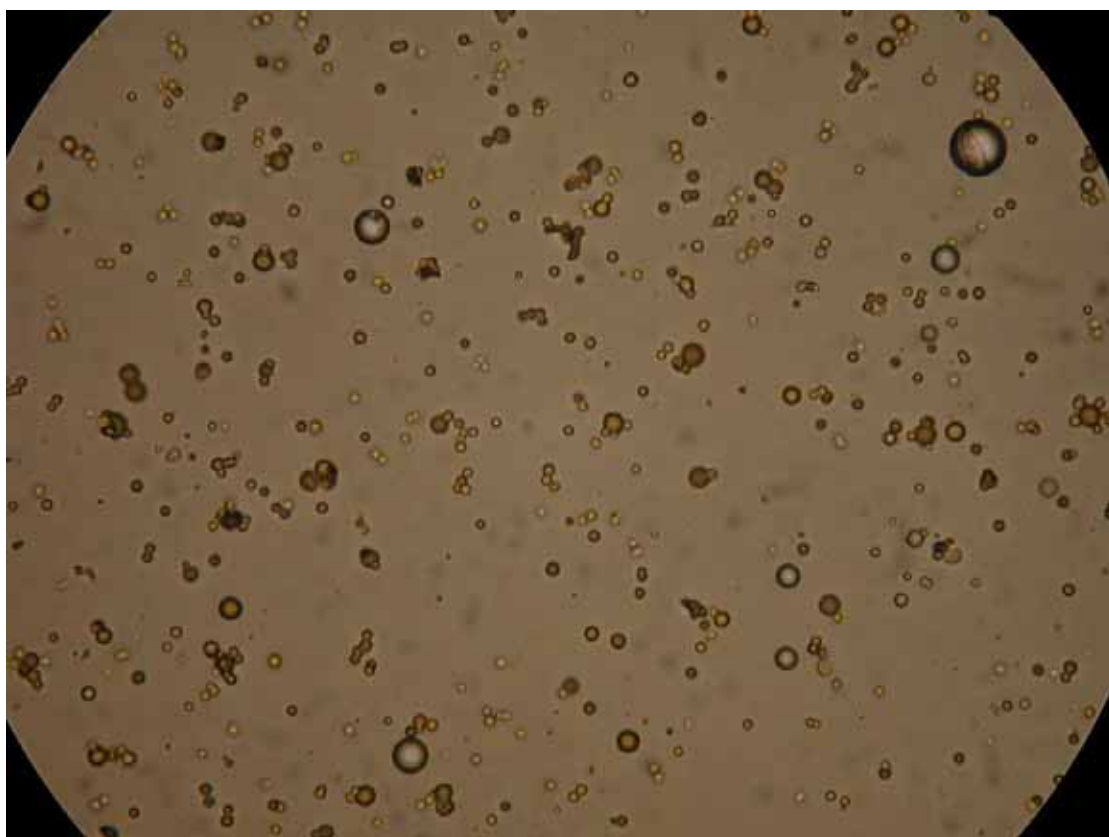
Kuva 22. Tehdas B, käsittely 3 h 120 °C:ssa.



Kuva 23. Tehdas B, käsittely 3 h 140 °C:ssa.



Kuva 24. Tehdas B, käsittely 3 h 160 °C:ssa.



Kuva 25. Tehdas B, käsittely 3 h 180 °C:ssa.

Komponenttialalyysi ja happoluku

Korkeasta lämpötilasta johtuva mäntyöljyn laadun heikkenemistä pyrittiin selvittämään määrittämällä koostumus ennen ja jälkeen käsittelyn, sekä määrittämällä happoluku. Määritykset tehtiin KCL:ssä.

Taulukko 4. Näytteiden suhteelliset koostumukset (%)

Ryhmä/yhdiste	Tehdas B	Tehdas A	P+T käs. B	P+T käs. A
Rasvahapot	49,3	51,4	52,6	52,0
Palmitiinihappo	2,9	1,7	3,3	1,6
Steariinihappo	1,9	0,9	2,4	1,0
Eikosaanihappo	1,5	+	1,9	+
Dokosaanihappo	2,0	0,7	1,7	1,1
Öljyhappo	8,3	10,8	7,4	10,7
Linoleenihappo	4,3	7,3	4,8	6,1
Linoleiinihappo	13,5	15,1	14,2	14,9
Linoleiinihapon isomeerit	8,4	6,4	7,5	6,4
Muut rasvahapot	6,5	8,5	9,4	10,2
Hartsihapot	31,1	41,8	35,6	43,8
Pimaarihappo	3,5	4,6	4,2	5,2
Isopimaarihappo	2,6	3,1	2,9	3,1
Abietiinihappo	9,1	12,4	13,8	18,3
Neoabietiinihappo	3,9	5,2	2,2	3,0
Dehydroabietiinihappo	7,2	10,4	8,0	9,0
Muut hartsihapot	4,8	6,1	4,5	5,2
Neutraaliaineet	19,6	6,8	11,8	4,2
Skvaleeni	2,1	–	2,1	–
β-Sitosteroli	5,5	5,1	4,4	3,7
β-Sitostanoli	1,5	+	+	+
Metyleenisykloartenoli	3,7	+	1,5	+
Sitrostadienoli	2,1	+	1,6	+
Betulinoli	1,3	–	0,8	–
Betulaprenolit	2,3	–	0,5	–
Muut neutraaliaineet	1,1	1,7	0,9	0,5

Komponenttialalyysi osoitti melko vähäisiä muutoksia rasva- ja hartsihappojen pitoisuuksissa, ja useimmat lienevät analyysihajonnan puitteissa. Analyysi ei ilmaise, ovatko hapot vapaina vai esterimuodossa. Eri happoryhmien summapitoisuudet osoittavat pientä nousua. Neutraaliaineissa sen sijaan on havaittavissa merkittävä pitoisuuksien väheneminen. Tulokset viittaavat siihen, että neutraaliaineet haihtuvat suuremmassa määrin kuin hapot, mahdollisesti hajoamisen kautta. Happojen pitoisuuksien nousu lienee vain näennäinen, niiden määrä tuskin kasvaa, mutta pitoisuudet kohoavat kokonaismäärän vähetessä. Komponenttialalyysi ei ilmaise niin suurta laadun heikkenemistä kuin odotettiin.

Näytteistä määritettiin myös happoluku, tämän ollessa tärkein mäntyöljyn hintakriteeri. Happolukuja alle 130 mg KOH/g pidetään huonoina mäntyöljyn jalostuksen kannalta. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Lämpökäsiteltyjen (3h 180 °C) näytteiden happolukutulokset sekä vertailuarvoja (2).

Mäntyöljy	Happoluku mgKOH/g
Tehdas A (havu)	126
Tehdas B (havu + koivu)	123
Vertailu: mäntyöljy	160
Vertailu: kuusiöljy	140
Vertailu: sekaöljy mänty-koivu	130
Vertailu: puhdas koivuöljy	100

Tuloksista käy ilmi että happoluvulla mitattuna mäntyöljyn laatu (kauppa-arvo) heikkenee merkittävästi painekuumentuksen seurauksena. Erityisesti tehtaan A öljyn laatu heikkenee vertailuarvoihin nähden. Tämä tukee käsitystä että painekuumentuksella tuotettu öljy on lähinnä polttoainetta.

8.3 Muita kokeita

Yllä kuvattujen kokeiden lisäksi tehtiin myös ligniinilautan rakenteen purkamiseen tähtääviä kokeita dispergointiaineilla ja polttoöljyllä. Tarkoituksen oli tässä, kuten aikaisemmissa kokeissa, saada öljypallot liittymään yhteen yhtenäiseksi faasiksi, samalla syrjäyttäen veden ulos rakenteesta. Tuotteen ensisijainen käyttö olisi polttoaineena meesauunissa. Kumpikaan periaate ei johtanut yhtenäisen öljyfaasin syntymiseen. Öljyä ei saatu erilleen, ja ligniini muodosti edelleen puuromaisen rakenteen, jossa vedenosuu oli merkittävä.

Linkous olisi periaatteessa mahdollinen keino, mutta tehdaslaitteisto on kallis, ja periaatteessa se korvaisi HDS:n, eikä siten ole mielekäs sen jatkeena. Linkousta ei siksi tutkittu.

9. MAHDOLLISIA PROSESSIRATKAISUJA

Koetulokset johtavat useisiin mahdollisiin prosessiratkaisuihin. Sellutehtaalla halutaan yleensä minimoida uusien laitteiden lisäämistä, sillä ne lisäävät huolto ja ylläpitotyötä sekä valvontaa. Kuitenkin tehtaan tuottavuuden parantamisyhtymykset johtavat vääjäämättä uusiin laitteisiin. Mäntyöljyn arvo on siinä määrin merkittävä, erityisesti biopolttoaineita suosivana aikana, ettei uusia laitteita pidä karttaa sen saannon parantamisessa. Alla esille tuodut prosessiratkaisut kattavat sekä yksinkertaisia, vähän investointeja vaativia että edistyneempiä vaihtoehtoja. Yleisesti ottaen yksinkertaiset vaihtoehdot ovat helppoja ja halpoja toteuttaa, mutta mitä edistyneempi prosessi, sitä suuremmat ovat tuotot.

Mäntyöljyn saannon parantamisen taloudelliset vaikutukset ovat jokseenkin laskettavissa. Haihduttamon toiminnan parantaminen voi kuitenkin olla paljon

merkittävämpi seikka, mutta sen merkitystä on hyvin vaikeaa laskea. Vaikutukset ovat hyvin tehdaskohtaisia. Jos sellun keittoja menetetään haihduttamon likaantumisen takia, kustannukset poisjääneen tuotannon muodossa voivat olla hyvinkin suuria. Emäveden käsittelyprosessin hyödyt voivat siksi olla varsin merkittäviä.

Ligniinilautan ja kipsiveden käsittelyt ovat periaatteessa erillisiä prosesseja, jotka voidaan toteuttaa toisistaan riippumatta. Siksi ei siis voida puhua yhdestä emäveden käsittelyprosessista, vaan kahdesta, joita voidaan yhdistää eri tavoilla, tai toteuttaa erikseen, saavuttaen eri hyötyjä. Keskeinen seikka on se, ettei HDS:n ligniiniloukusta ja pohjasta otettavia kipsivesivirtoja yhdistetä, kuten nykyisin, vaan viedään ne eri teitä omiin käsittelyihinsä.

9.1 Ligniinin liuottaminen lipeällä

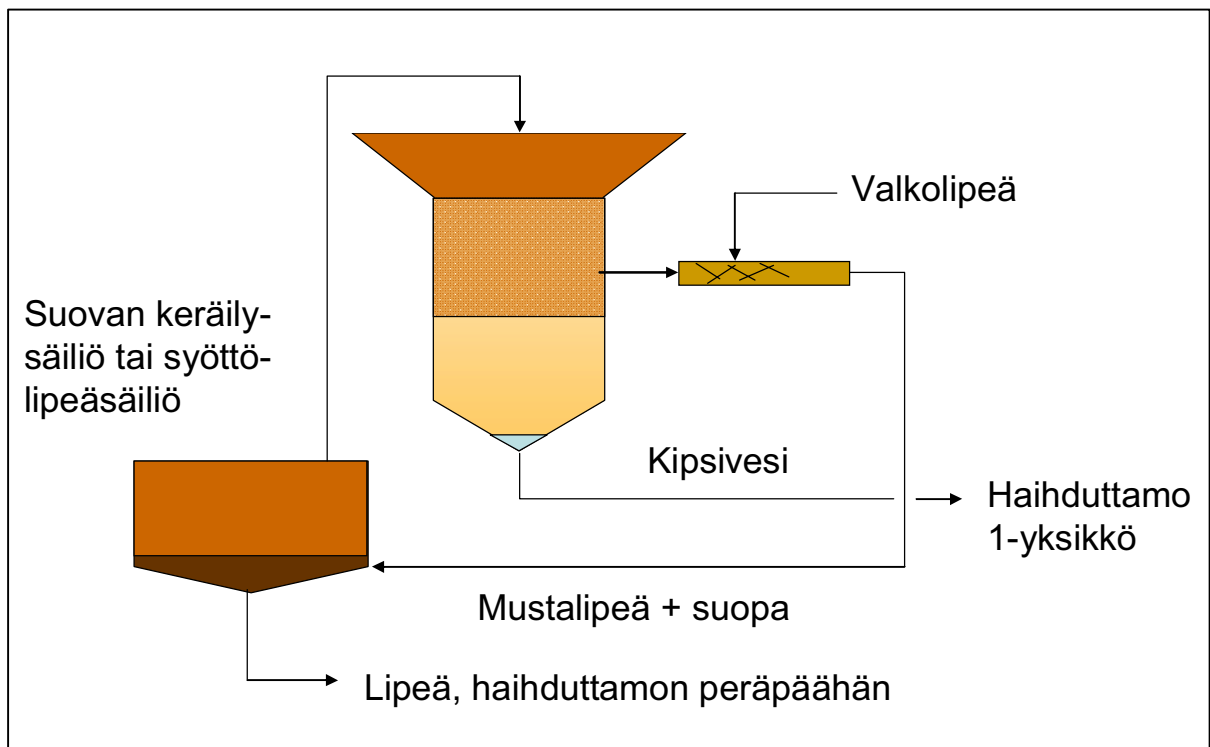
Kaikki ligniinin uudelleen liuottamiseen perustuvat prosessivariaatiot aiheuttavat jonkun verran rikkihapon kulutuksen kohoamista. Hapon hinta on sinänsä lähes merkityksetön, mutta kustannuksia syntyy siitä, että sulfiditeetin takia joudutaan liuottamaan jonkun verran enemmän lentotuhkaa kuin aikaisemmin, jolloin natrium on korvattava. Korvattava määrä riippuu siitä, millainen keittosaanto on lähtötilanteessa, ts. siitä, miten paljon öljyä joudutaan muuttamaan takaisin suovaksi, ja keittämään uudestaan.

Koetuloksista (kuvat 18 - 20) voidaan todeta, että öljystä saatu suopa muodostaa laajoja yhtenäisiä kokkareita. Tästä syystä ne nousevat nopeasti pinnalle. Suovan nousunopeuden riippuvuutta hiukkaskoosta on tutkittu aikaisemmassa Soodakattilayhdistyksen hankkeessa (2), jossa todettiin että yli noin 100 µm hiukkaset nousevat pinnalle melko nopeasti. Kuviissa 18 – 20 esitetyt suopakokkareet ovat huomattavasti tätä suurempia, joten ne nousevat vaivatta ylös. Laajojen yhtenäisten suopamuodostelmiin perustuen voidaan olettaa että nousu on niin tehokasta, että käytännössä kaikki nousee pinnalle. Kun suovalla ei ole muita ulospääsyteitä kuin ulos menevä mäntyöljy, niin on perusteltua olettaa että voidaan päästä lähes 100 % keittosaantoon.

9.1.1 Yksinkertaisin ratkaisu

Yksinkertaisimmassa muodossaan koetuloksien perusteella muodostettava prosessi olisi seuraavanlainen: ligniinivirtaa ja kipsivesivirtaa ei yhdistetä, vaan viedään kumpikin omaa tietään. Ligniinivirta tehdään uudelleen alkaliseksi valkolipeällä, jolloin ligniini liukenee, ja öljystä muodostuu uudelleen suopaa. Ligniinilautan rakenne hajoaa. Virta viedään sen jälkeen takaisin joko suovan keräilysäiliöön tai laihalipeäsäiliöön. Säiliössä suopa nousee muun suovan joukkoon, ja menee uudestaan mäntyöljykeittoon. Liuenut ligniini palaa muun mustalipeän joukkoon, ja jatkaa haihduttamolle.

Kipsivesi voidaan viedä neutraloimattomana haihduttamon keulaan (ei missään tapauksessa haihduttamon perään). Tärkeätä on se, että se syötetään kohtaan missä saostuu burkeittia, eli 1-yksikköön. Tilanne vastaa silloin kalsiumin osalta nykyistä emäveden syöttötapaa, mutta veden määrä on vähentynyt noin puoleen. Toinen veden puolisko (ligniinivirran mukana kulkeva) haihdutetaan nyt haihduttamon peräpäässä, missä se tapahtuu energiataloudellisesti edullisemmin. Prosessi on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Prosessi yksikertaisimmassa muodossaan.

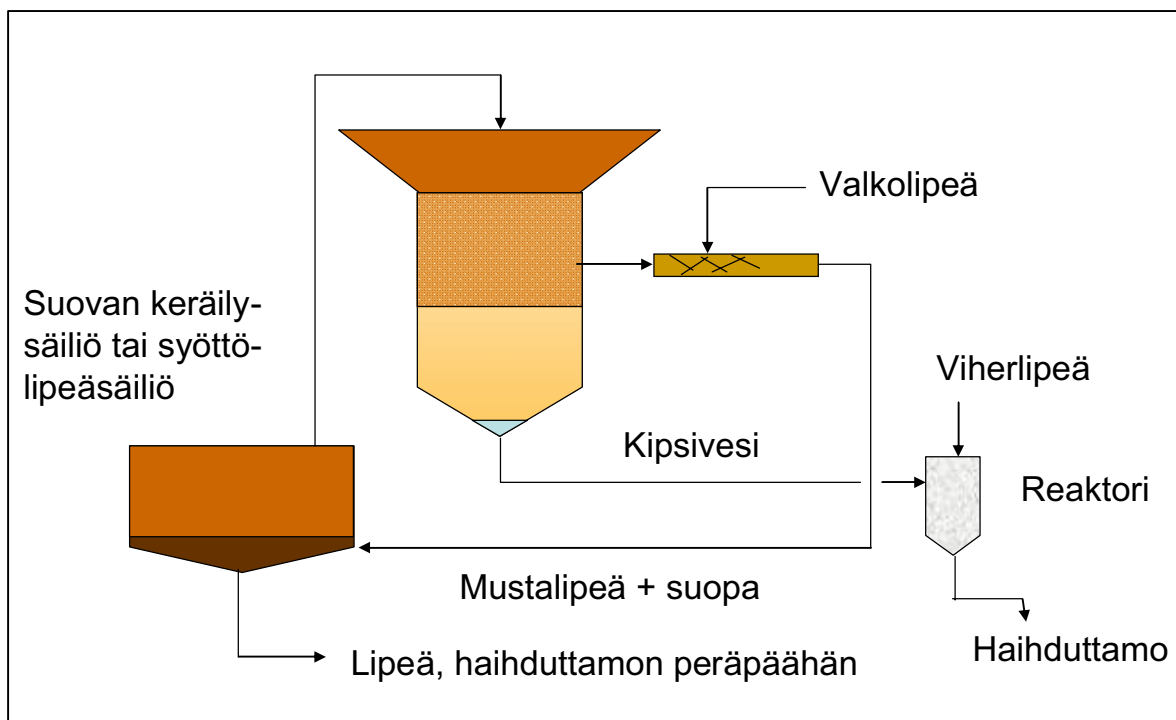
Prosessin hyödyt ovat parempi mäntyöljyn keittosaanto ja jonkin verran parempi taloudellisuus mustalipeän haihdutuksessa. Haihduttamon likaantuminen kalsiumin vaikutuksesta ei muutu, sillä sitä menee 1-yksikköön saman verran kuin aikaisemmin. Kalsium vaikuttaa myös burkeitin saostumiseen, minkä vuoksi pesuväli on likimain sama kuin ennen. Suovan mahdollisesti aiheuttama likaantuminen vähenee.

Yksinkertaisimmassa muodossaan prosessi on hyvin helppo ja halpa toteuttaa. Täyttää potentiaalista hyötyä haihduttamon likaantumisen suhteen ei kuitenkaan saavuteta.

9.1.2 Haihduttamon suojaaminen

Edellisessä kohdassa oleva prosessi voidaan parantaa siten, että kipsivesi käsitellään viherlipeällä ennen sen syöttämistä haihduttamoon. Käsittelyllä muutetaan kipsi kalsiumkarbonaatiksi reaktion (1) mukaisesti. Tällä tavalla voidaan välttää haihduttamon likaantumista aiheuttava reaktio, eli kipsin liukeneminen ja kalsiumin saostuminen karbonaattina lämpöpinnoille. Kun kalsium on karbonaattimuodossa jo syötettäessä haihduttamoon, se ei enää liukene, ainakaan vahvaan lipeään, ja kulkee passivisena hiukkasmuodossa haihduttamon läpi.

On ilmeistä, että jos viherlipeäkäsittely tehdään linjassa staattisella sekoittimella, linja tukkeutuu hyvin nopeasti. Siksi käsittely on tehtävä laajemmassa astiassa, joka ei tukkeudu, ja joka tarvittaessa voidaan ohittaa jos tarvitaan puhdistusta. Prosessi on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Prosessi haihduttamoa suojaavalla viherlipeäkäsittelyllä.

Viherlipeäkäsittelyllä voidaan todennäköisesti parantaa haihduttamon toimintaa merkittävästi. Burkeiittisaostumat vähenevät todennäköisesti vahvassa päässä, jolloin pesuväli pitenee. On mahdollista, joskaan ei varmaa, että voidaan syöttää myös tämä virta haihduttamon perään ilman että se aiheuttaa likaantumista. Kalsium-karbonaatti voi olla stabiili jo laihassa lipeässä, mutta tästä ei ole täyttä varmuutta. Tätä seikkaa olisi syytä selvittää tutkimuksin.

9.1.3 Kalsiumin poisto kokonaan

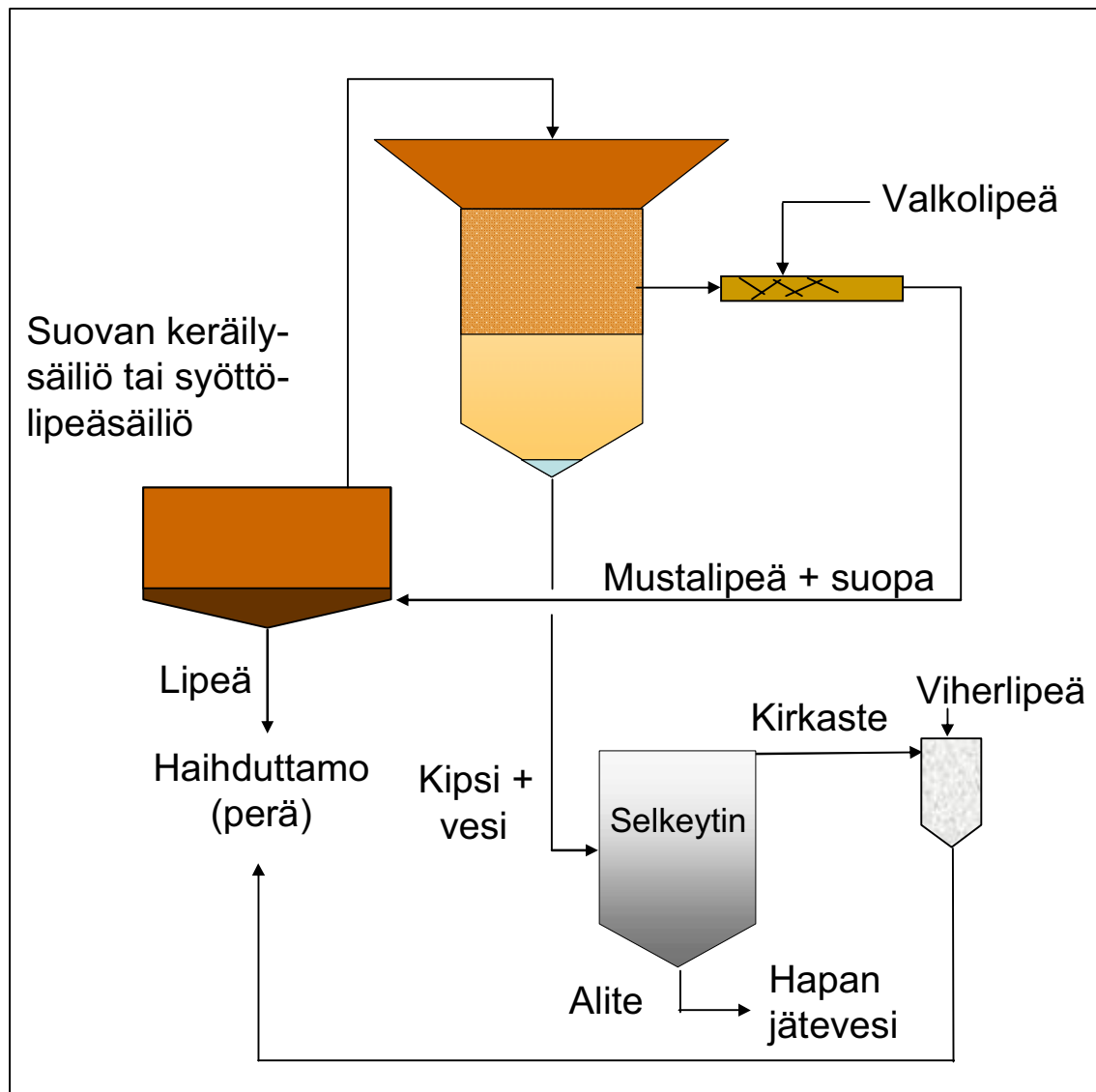
Vaikka yllä kuvatuissa prosessiratkaisuissa konvertoidaan kipsi kalsiumkarbonaatiksi, ja siten oletettavasti tehdään kalsium vaarattomaksi, kaikkein turvallisinta olisi kuitenkin erottaa se kokonaan, eikä viedä sitä haihduttamoon lainkaan. Tähän kohdassa 5 ja 6 esitetyt kokeet tähtäsivät.

Kuvassa 4 on esitetty tehtaan A kipsiveden selkeytyminen (2 m pylväs). Kuvasta käy ilmi että noin tunnin selkeytys riitti pienentämään kipsisuspension tilavuuden noin 30 %:iin. Tämän jälkeen kerroksen tiivistyminen hidastui, ja 3 tunnin kuluttua se oli pienetynyt 20 %:iin. Kuva viittaa siihen, että tiivistyminen jatkuu tasaisesti, jos aika vielä siitä pidennetään. Jos aika on riittävän pitkä, kipsikerroksen tilavuus vähenee todennäköisesti hyvin pieneksi.

Kipsi voidaan erottaa vedestä selkeyttämällä, suodattamalla tai linkoamalla. Näistä selkeytys lienee halvin ja varmin, ja siten suositeltava menetelmä. Selkeyttimen mitoituksessa on punnittava sen rakennuskustannuksia haluttua alitevirran kokoa vastaan. Jos lähtökohdaksi otetaan että halutaan pienentää alitevirtaa eli kipsikerrosta 20 %:iin, viiveen tulisi olla noin 3 h. Keskipokoisessa sellutehtaassa emäveden kokonaismäärä on 200 – 300 m³ vuorokaudessa, josta kipsiveden osuus on noin puolet, eli 100 – 150 m³. Alitevirta olisi siis suuruusluokassa 20 – 30 m³/vrk. Selkeyttimen koko

olisi tässä tapauksessa suuruusluokkaa 15 – 20 m³. Näin pieni selkeytin saattaa olla vaikea ajaa jatkuvatoimisena. Tästä syystä on mahdollista että tarvitaan puskurisäiliö HDS:n ja selkeyttimen väliin. Eräselkeyttimessä kipsivesi saisi olla täysin rauhallisissa oloissa tarvittavan ajan.

Kuvassa 28 on esitetty prosessi, jossa kipsi poistetaan eikä viedä haihduttamoon lainkaan.



Kuva 28. Prosessi, jossa kipsi ei viedä haihduttamoon.

Alitevirta

Seuraavaksi nousee esille kysymys mihin alitevirta sijoitetaan, kun sitä ei viedä haihduttamoon.

Jos sakka viedään viherlipesakkasuotimelle, on olemassa riski että reaktio (1) tapahtuu kun seos tulee kosketukseen viherlipeselkeytyksen alitteen tai X-Filterin lietteen kanssa. Kalsiumkarbonaatin saostuminen itse suodattimessa voi johtaa tämän tukkeutumiseen. Siksi edellytyksenä on se, että kipsisuspensio konvertoidaan erillisessä reaktorissa kalsiumkarbonaatiksi (kuten aikaisemmissa vaihtoehtoissa) ennen

syöttämistä suotimelle. Seikka, joka mahdollisesti voi aiheuttaa tukkeutumista, on se, että vedessä on jonkin verran liuenneita mäntyöljyn tai rasva- ja hartsihappojen jäännöksiä. Pitoisuudet ovat pieniä, mutta olisi tutkimuksin varmistettava että ne eivät saostu viiroihin tukkeutumista aiheuttaen.

Toinen mahdollisuus on viedä kipsisakka valkaisun happamiin jätevesiin. Vesiä neutraloidaan joka tapauksessa kalkilla, jolloin syntyy kipsiä. Näin sakka vietäisiin yhteen samanlaisen jätteen kanssa. Kipsiveden sisältämät uuteainejäämät toisivat jonkin verran orgaanista kuormaa jäteveteen, mutta huomioiden että mäntyöljyn ja rasva- ja hartsihappojen liukoisuus on hyvin pieni, ja että veden määrä olisi vain 20 – 30 m³/vrk, COD-lisäyksen osuus koko tehtaan päästöistä olisi merkityksetön. Myös laadullisesti merkitys olisi vähäinen, sillä valkaisusuodoksissa on joka tapauksessa uuteaineita. Haluttaessa virtaa voidaan edelleen pienentää, ja konsentroida kipsi yhä pienempään tilavuuteen.

Kolmas mahdollisuus olisi käsitellä sakka kokonaan erillisenä virtana. Tämä kuitenkin tuo lisää laitteita tehtäseen, kuten suodatuslaitteistoa tms.

Kirkaste

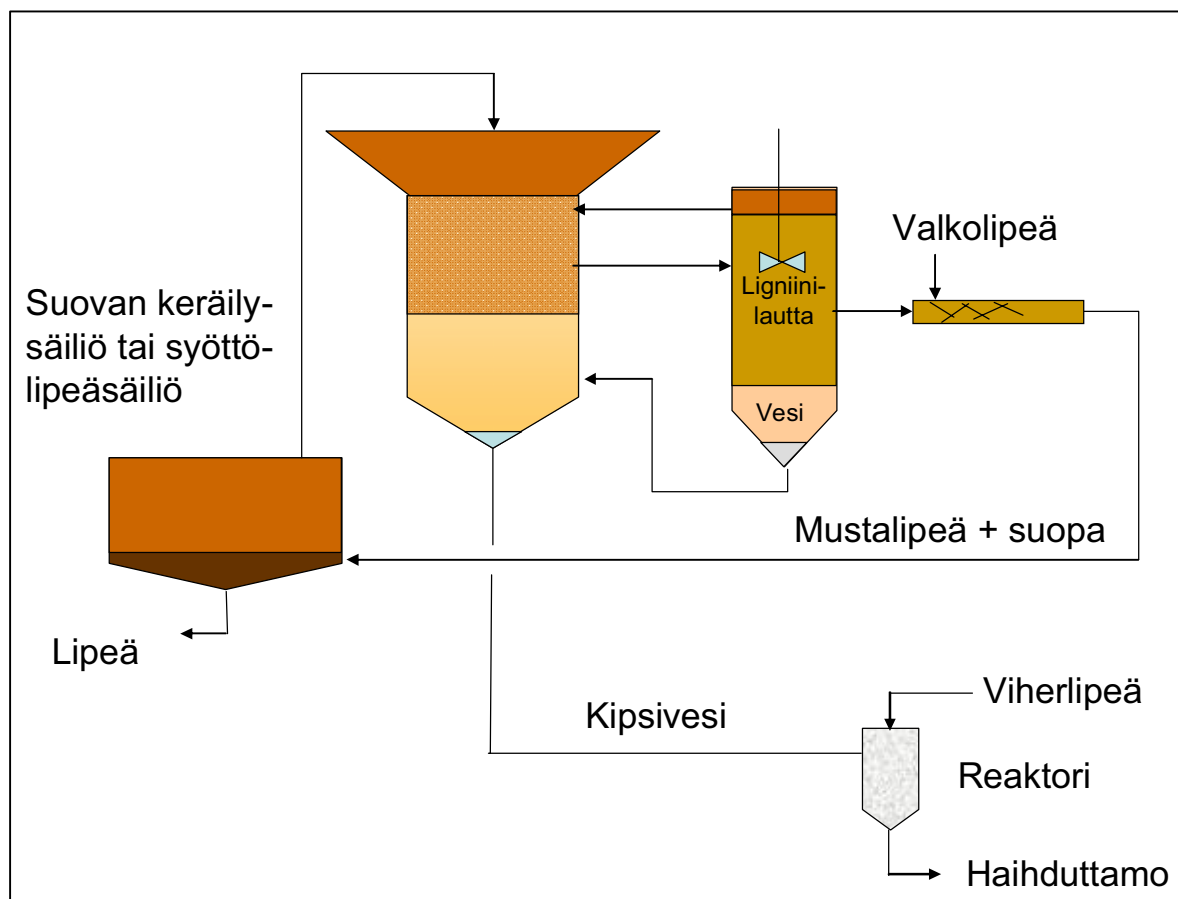
Kipsin liukoisuus veteen on noin 2 g/l. Vaikka pääosa emäveden kipsistä on kiinteänä sakkana, myös liennut osuus tuo haitallisia määriä kalsiumia haihduttamoon, kuten kohdassa 6 todettiin. Haittavaikutusta voidaan vähentää saostamalla liennut kalsium karbonaattina. Muodostunut sakka voidaan joko erottaa ennen haihduttamoon syöttämistä, tai antaa sen mennä sinne, jolloin oletettavasti haittavaikutus on pienempi kuin jos kalsium on kipsimuodossa. Saostaminen on parhaiten tehtävissä viherlipeällä.

Kohdassa 6 esitetyissä kokeissa todettiin, että viherlipeää lisäämällä voidaan vähentää kalsiumpitoisuus jopa tasolle 0,8 – 3 mg/l. Tällainen liuos voidaan syöttää haihduttamon peräpään ilman lämpöpintojen likaantumisriskiä. Tämä olisi energiataloudellisesti optimaalinen tapa haihduttaa emävesi, sillä molempien virtojen (ligniini- ja kipsiveden) vesi haihdutetaan haihduttamon peräpäässä.

Kokeissa ilmeni että muodostuva sakka on flokkimainen, ja laskeutuu verraten huonosti. Tämä vaikeuttaa jossain määrin sen erottamista. Mahdollisesti voidaan flokkausaineilla nopeuttaa sen laskeutumista. Sakan tumma väri kertoo myös siitä, että se sisältää myös muita metalleja kuin kalsium, todennäköisesti rautaa ja mangaania.

9.1.4 Rikkihappokäytön minimointi

Kun HDS:n ligniini- ja kalsiumkloridista otetaan ulos virta, ja annetaan sen seistä jonkin aikaa, pinnalle nousee aina enemmän tai vähemmän öljyä. Määrä vaihtelee HDS:n säädöistä ja ajovauhdista riippuen. Jos spontaanisesti erottuu paljon öljyä, on epätaloudellista konvertoida se takaisin suovaksi, ja sitten hapottaa se uudestaan. Kuluu turhaan rikkihappoa, mistä seuraa enemmän lentotuhkan liuotusta, mistä vuorostaan seuraa enemmän natriumin korvaustarvetta. Turhan suopareversion minimoimiseksi voidaan sijoittaa HDS:n ja valkolipeän syötön väliin astia, jossa ligniini- ja kalsiumkloridista saa seistä jonkin aikaa erottumaan. Pinnalle noussut öljy palautetaan HDS:ään, pohjalle laskutuva kipsivesi samoin, ja vain puhdistunut ligniini- ja kalsiumkloridivirta viedään eteenpäin pH:n nostoon. Ligniini- ja kalsiumkloridivirta sisältää aina kipsiä, ja sen kierrättäminen takaisin suovan keräilyssä voidaan minimoida. Prosessi on esitetty kuvassa 29.



Kuva 29. Prosessi rikkihappokäytön minimoimiseksi.

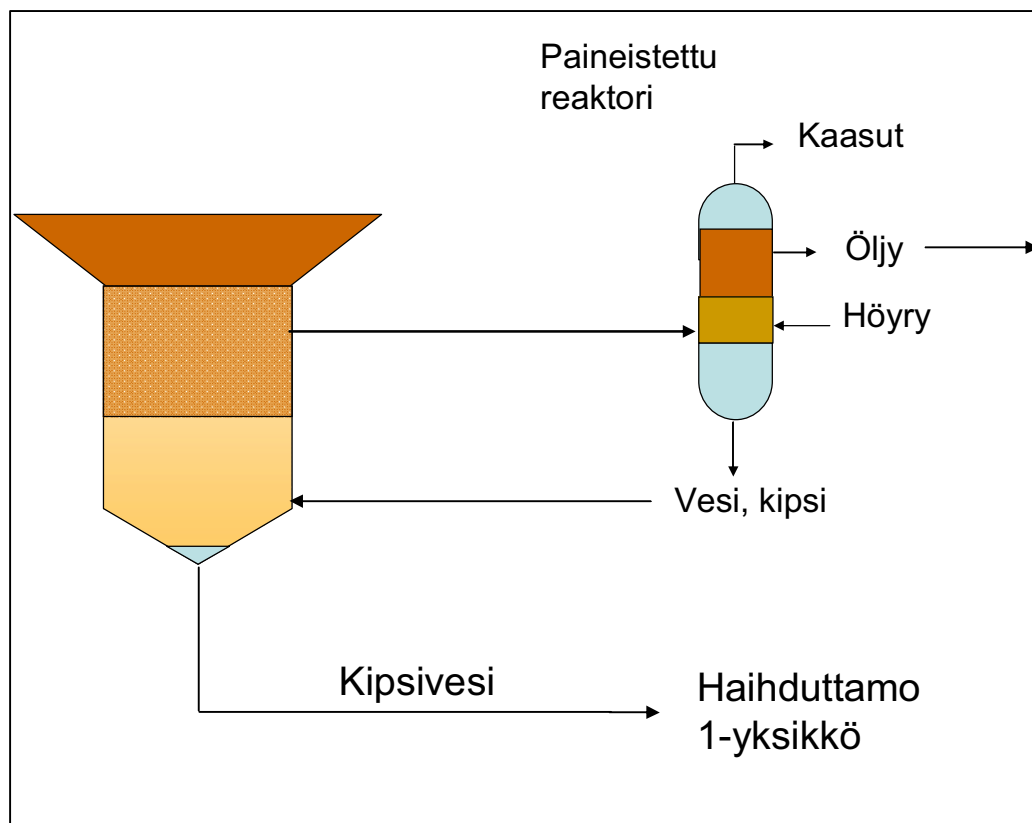
Hiljaa seistessään ligniinilautalla on taipumus jähmettyä. Siksi on mahdollista että astiassa tarvitaan sekoitinta, joka pyöri hiljaa, niin ettei se estä kerroksien erottumista, mutta kuitenkin estää ligniinikerrosta kovettumasta.

Ratkaisu, jossa sekä öljy että kipsivesi palautetaan HDS:ään (eri korkeuksiin), poistaa rajapintojen detektoinnin tarvetta. Jos aikaperusteisessa pumppauksessa jommankumman virran mukana luiskahtaa ligniiniä, niin se vain palaa kiertoonsa, eikä prosessi häiriinny.

9.2 Painekeumennus

Kohdassa 8.2 esitetyissä kokeissa todettiin, että ligniinilautta voidaan hajottaa yhtenäiseksi öljyfaasiksi ja vedeksi lämötilan noston ja paineen avulla. Ligniini ei liukene, vaan liikkuu edelleen seoksen mukana. Myös kipsiä on mukana. Ligniini ja kipsi muodostavat yhdessä puuron, jonka käsitteleminen saattaa olla tehdasprosessissa jossain määrin hankalaa. Öljyn laatu heikkenee siinä määrin, että tuote tuskin kelpaa normaaliin jalostukseen, vaan on ensisijaisesti polttoaine, jota voidaan käyttää esim. meesauunissa.

Painekeumennusprosessi muodostuisi kuten kuvassa 30 on esitetty. Prosessia voidaan yhdistää eri tavoilla yllä kuvattujen kipsiveden käsittelytapojen kanssa. Kuvassa 30 on esitetty yksinkertaisin vaihtoehto.



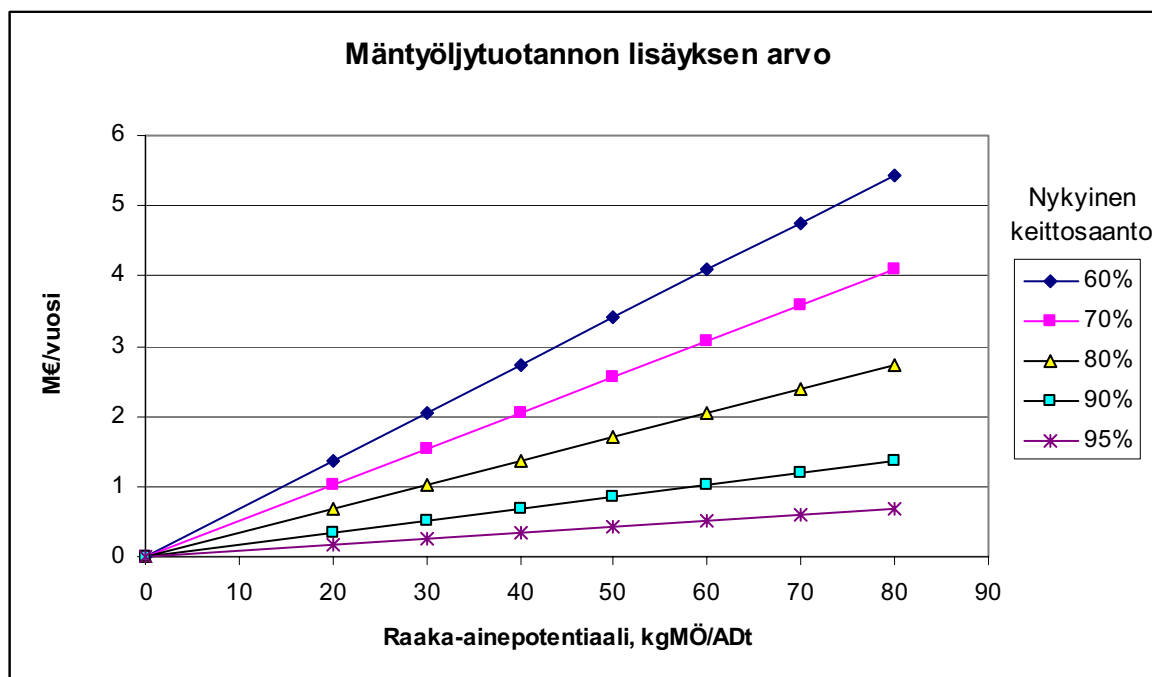
Kuva 30. Painekeumennusprosessi.

Kuumennuksessa voidaan käyttää suoraa höyryä, sillä vettä erotetaan joka tapauksessa reaktorista. Matalapainehöyryn lämpötilan ollessa riittämätön, on ainakin loppuvaiheessa käytettävä välipainehöyryä. Käsittelyssä kehittyy haisevia kaasuja, jotka on johdettava käsittelyyn.

10. ARVIO PROSESSIN RAHALLISESTA HYÖDYSTÄ

Prosessien rahallinen hyötypotentialiaali riippuu hyvin voimakkaasti useista tekijöistä, kuten puuraaka-aineesta, nykyisestä keittosaannosta, säiliösaannosta ja tietenkin mäntyöljyn hinnasta. Lisäksi täytyy ottaa huomioon että jos polttohäviö pienennetään, sähköntuotanto soodakattilassa vähenee. Jos käytettävä prosessi on ligniinin liuotus, rikkihapon kulutus kasvaa jonkin verran, mistä taas seuraa lentotuhkan liuotuksen lisäys ja ostonatriumhydroksidin lisäys. Jos kipsisakka viedään happamien jätevesien neutralointiin, osa rikistä menee ulos tätä tietä, verraten pienillä natriumhäviöillä, mikä taas vähentää lentotuhkan liuotuksen tarvetta. On siis monta tekijää ja mahdollisuutta mitkä on otettava huomioon, jos halutaan tehdä tarkka taloudellinen laskelma. Natrium – rikkikysymykset on lähinnä tarkasteltava taseen kautta. Yllämainittujen seikkojen lisäksi on myös huomioitava haihduttamon toiminnan parantuminen, mikä on käytännössä mahdollon laskea.

Jotta saataisiin jonkinlainen käsitys prosessien rahallisesta tuotosta, tehtiin laskelma seuraavilla lähtöolettamuksilla: säiliösaanto on 90 %, ja mäntyöljyn hinta on 350 €/t. Tehdas tuottaa sellua 1500 ADt päivässä (540000 ADt/vuosi), ja puuraaka-aineen mäntyöljyypotentiaali on alueella 20 – 80 kg/ADt. Mäntyöljytuotannon lisäys laskettiin eri nykyisille keittosaannoille alueella 60 – 95 %. Tulokset on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Mäntyöljytuotannon lisäyksen arvo eri nykyisillä keittosaannoilla (säiliösaanto 90 %, mäntyöljyn hinta 350 €/t)

Jos esim. puuraaka-aineen mäntyöljypotentiaali on 60 kg/ADt, säiliösaanto on 90 % ja keittosaanto ennen uuden prosessin käyttöönottoa on 80 %, voidaan uudella prosessilla saada tuottoa noin 2 milj. € per vuosi. Jos nykyinen keittosaanto on huonompi, hyöty on suurempi, ja vastaavasti pienempi jos keitto jo nyt toimii hyvin. Tästä tuotosta on vähennettävä alentunut sähköntuotanto ja mahdolliset keittokemikaalien lisäyskulut.

Jos käytetään painekuumennusta, kemikaaleja ei kulu, mutta tuotteen arvo on myös pienempi.

Kuten ylläolevasta käy ilmi, prosessien tuottopotentiaali on hyvin tehdas- ja tilannekohtainen, ja laskettava joka tapaukselle erikseen.

11. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeet vahvistivat ligniinilautan rakenteen olevan sellainen, että ligniinipöly asettuu öljypallojen pintaan, estäen niiden yhteenvalumisen yhtenäiseksi öljyfaasiksi. HDS-erottimen ajoittain heikohko saanto johtuu ilmeisesti siitä, että painovoima ei riitä rikkomaan tätä rakennetta. Linkouksessa taas syntyy riittävän suuria voimia rakenteen hajottamiseen.

Kokeet osoittivat että ligniinilautan sisältämä mäntyöljy voidaan saada talteen ligniiniä liuottamalla tai painekuumennuksella. Ensimmäisellä menetelmällä laatu säilynee hyvänä, toista käytettäessä tuote kelpaa lähinnä polttoaineeksi. Ligniinin liuottaminen vaikuttaa paremmalta vaihtoehdolta myös siksi, ettei siinä synny ligniini-kipsipuroa, joka voi hankaloittaa teknistä prosessia.

Ligniiniä liuottamalla suopareversio tapahtuu hyvin nopeasti ja kätevästi. Erityisen merkittävä seikka on se, että muodostuu laajoja yhtenäisiä suopakimpaleita.

Hienojakoista suopaa ei juurikaan havaittu. Tästä johtuen suopa nousee hyvin. Siksi se on tehokkaasti saatavissa talteen, joko suovan keräilyssä tai laihalipeäsiiliössä. Uudella prosessilla suovalla ei ole juurikaan muuta ulospääsytieta kuin mäntyöljynä. On siksi perusteltua olettaa, että voidaan päästä erittäin hyvään keittosaantoon, jopa hyvin lähelle 100 %.

Useat prosessiratkaisut ovat mahdollisia. Suositeltavin olisi kuvassa 29 esitetty versio, jossa kipsimuotoisen kalsiumin pääsy haihduttamoon estetään kokonaan. Tällä tavalla voidaan varmuudella parantaa haihduttamon toimintaa. Ligniivirran ja kipsivesivirran prosessit ovat periaatteessa toisistaan riippumattomia, ja niitä voidaan toteuttaa erikseen, ta yhdistää eri tavoilla.

Arviot prosessien taloudellisesta hyödystä viittaavat siihen, että voidaan päästä varsin lyhyisiin takaisinmaksuaikoihin. Yksinkertaisimmat prosessiratkaisut voidaan toteuttaa erittäin halvalla, osittain nykyisiä putkistoja hyödyntäen, kuten neutralointijärjestelmää. Edistyskellisemmät ratkaisut maksavat luonnollisesti enemmän, mutta tuovat samalla enemmän hyötyä, erityisesti haihduttamon toiminnassa.

Jatkotutkimustarpeet

Kipsin konvertointi kalsiumkarbonaatiksi: miten nopeasti reaktio tapahtuu. Tämä on tärkeätä linjojen tukkeutumisen välttämiseksi, sillä viiven olisi oltava reaktorissa niin pitkä, ettei saostumista tapahdu putkilinjoissa.

Kipsiveden puhdistuksessa muodostuvan kalsiumkarbonaattisakan laskeutumisen nopeuttaminen flokkausaineilla.

Selvittää, liukeneeko kipsivedestä saostettu kalsiumkarbonatti laihaan mustalipeään. Tämä kertoo siitä, voidaanko syöttää viherlipeällä käsitelty kipsivesi haihduttamon perään.

Kipsiveden COD:n selvittäminen. Tämä kertoisi COD-kuormituksen lisäyksestä jos kipsisakka ajetaan happamaan jäteveeten.

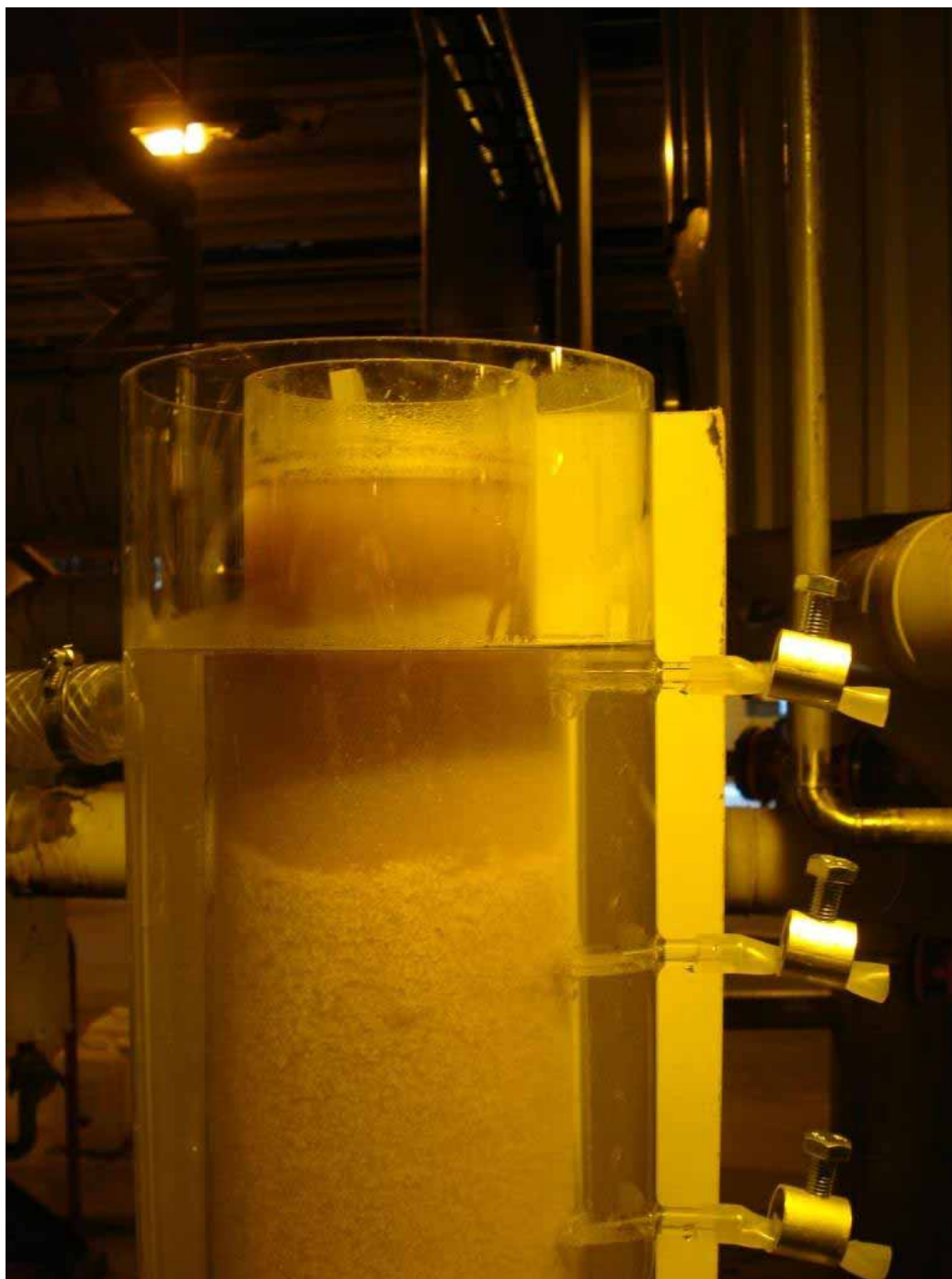
Prosessien rahallisen hyödyn tarkempi laskeminen. Otettava huomioon lisääntynyt mäntyöljyn tuotanto, vähentynyt sähköntuotanto soodakattilassa, lisääntynyt rikkihapon käyttö ja korvausnatriumin kustannus, sekä arvioitava investoinnin suuruus. Huomioitava myös tehdaskohtainen keittosaanto ja mäntyöljyn määrän vaihtelu raaka-aineen ja vuodenajan mukaan.

Viitteet

- (1) KCL, M. Tehomaa, henkilökohtainen tiedustelu 2009.
- (2) Sirén, K: Mechanisms and rate of soap separation, KCL Seloste 2875, 2007.

LIITTEET

Liite 1. Tehtaalla A tehdyn selkeytyskokeen valokuvat.



Yläosa 7 min. Rajapinta muodostuu nopeasti.



Pohja 7 min.



45 min. Selkeytynyt osa 64 %.



3 h 40 min. Selkeytynyt osa 86 %.

Liite 2. Tehtaalla B tehdyn selkeytyskokeen valokuvat.



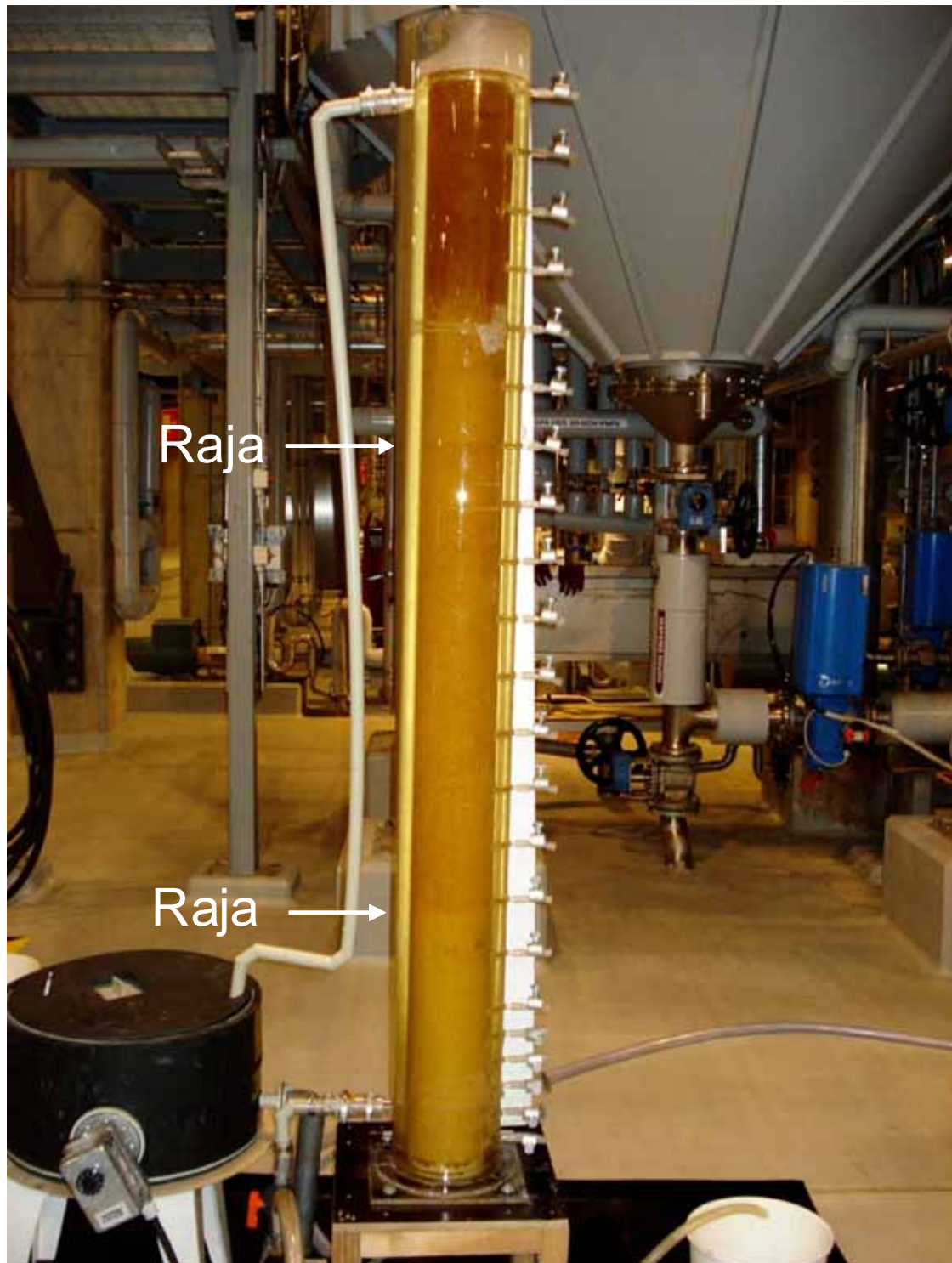
Heti täytön jälkeen



Yläosa 45 min.



Alaosa 45 min. Noin viidennen hanan kohdalla on liikkuvan ja liikkumattoman kipsin raja.



1,5 h. Ylä- ja alarajapinnat selvästi näkyvissä.



4,5 h yläosa.



4,5 h alaosa.

LIITE VI

ESITYS

Muiden työryhmien kuulumiset

Markus Nieminen, SKY sihteeri

OTR kuulumiset

Konemestaripäivät

- Pidettiin Varkaudessa 10-11.2.2010
- Scandic Hotel Oscar ja Warkaus-sali
- Tehdasvierailu SE Varkaus, kierrokset suodakattila ja paperikone 3.
- Osallistujia 71 henkilöä
- Edustajat kaikilta tehtailta, paitsi Heinola



Tulevat tapahtumat

- Vuosikokous
 - Ajankohta 14.4.2010
 - Iltaohjelma halukaille edellisenä iltana 13.4.2010
 - Jyväskylän hotelli / Äänekoski vierailu
 - Luennot:
 - Jorma Partanen, TUKES
 - Finncao, sellutehtaan lentotuhkan/soodasakan hyötykäyttö
 - ICRC-raportti
 - SKYREC-raportti
- Soodakattilapäivä
 - Ajankohta 27.10.2010
 - Tampere, Sokos Hotel Iives
 - Energiamessut 26.10-29.10.2010



YTR kuulumiset

YTR Projektit

NOx-projekti

- Loppuyhteenvedo saatu viimein Åbo Akademiasta

Hajukaasusuositus

- Varsinaisen suosituksen päivittäminen tehdään YTR/ATR yhteistyönä

Projektit 2010

- Ammoniakki / natriumsyanaattiprojekti, ÅA
 - Tilauspäätos odottaa NOx-raportin valmistumista, hinta 30 000 €
 - Yhteistyössä Metsäteollisuus ry:n kanssa, maksaa puolet 15 000 €
- Pienhiukkastutkimus, VTT
 - Revisioitu tarjous lähetetty hallitukselle, 20 000 €
 - Yhteistyössä Metsäteollisuus ry:n kanssa, maksaa puolet 10 000 €
- Päästötason riippuvuus tarkasteluajanjaksosta, LTY
 - Miten sellutehtaan ilmapäästöt vaihtelevat vuoden mittaan
 - Diplomityö, 15 000 €

ATR kuulumiset

ATR projektit

Käytönaikaiset määräaikaistestaukset tehtailla

- Selvitetään seisokin vaativia määräaikaistestauksia soodakattilalla
- Loppuraportti kommentoitavana

Turva-automaatiosuosituksen päivitys

- Lähetetty käännettäväksi FMGlobalille

Kattilarakennuksen sähkötekniset turvajärjestelmät

- Opinnäytetyö kommentoitavana

Projektit 2010

- Määräaikaistestausprojektin jatko
 - Parhaat käytännöt/menetelmät testausvälin pidentämiseksi
 - Seisakin aikaisen testauskuorman vähentäminen
- Liuottajasäiliön tiheys/TTA-in-line mittaus
 - Revitoida 2002 selvitys: ”Kartoitus liuotinsäiliön instrumentoinnista”
 - Refraktometri vs. radiometrinen

KTR / SKYREC kuulumiset

WP1:Uudet soodakattilakonseptit sähköntuotannossa

- Co-combustion of mixed fuels – Phase 2
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Työssä selvitetään eri biopolttoaineiden sekoittamisen vaikutusta mustalipeän palamiseen. Osa 2 keskitytään hakkeeseen, ligniinihöyhään lipeään ja biolietteeseen.
 - **Projektin tilanne:** Projekti on tilattu
- *S3: Soodakattila läpivirtauskattilana – konseptitarkastelut*
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Työssä tehdään esiselvitys mahdollisuuksista toteuttaa soodakattila läpivirtauskattilana ja samalla nostaa merkittävästi sähköntuotannon hyötysuhdetta.
 - Loppuraportti kommentoitavana



WP2: Tulistetun höyryn lämpötilan kohottaminen

T3: Korroosiokemia korkeilla höyrynarvoilla

- **Soodakattilan savukaasupuolen korroosiokemia korkeilla höyryarvoilla pelkistävässä olosuhteissa - laboratoriomittaukset**
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Työssä tutkitaan pelkistävien olosuhteiden vaikutusta tulistinkorroosioon samantyyppisillä suoloilla ja teräksillä kuin SoTu II – projektissa on aiemmin tehty.
 - **Projektin tilanne:** Loppuraportti kommentoitavana
- **Tulistinputkimateriaalien korroosiotutkimus soodakattilalla**
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Tulistinmateriaalien kenttätutkimus VTT:ltä Joutsenon kattilalla. Kokeiden olisi pitänyt alkaa jo syksyllä 2009ö.
 - **Projektin tilanne:** Valmistelut on aloitettu mutta projekti on myöhästynyt, ensimmäisen kokeen tarkoitus alkaa viikolla 8.

WP3: Soodakattilan höyrynpaineen nostaminen

- *TP3: Tulipesämateriaalit korkeapaineisessa soodakattilassa*
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Tutkimuksessa pyritään määrittämään eri materiaalien korroosionopeus yhdessä ennalta valitussa lämpötilassa. Kokeet tehdään Joutsenon soodakattilan tulipesässä ja pyritään toteuttamaan niin, että kaikkien materiaalien pintalämpötilan keskiarvo on tavoitelämpötila $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Sopimus kattaa neljä materiaalikoeetta ja vain onnistuneista kokeista on luvattu laskuttaa.
 - **Projektin tilanne:** Ensimmäiset materiaalikokeet Joutsenon tehtaalla on tehty kolmesti, mutta ne ovat epäonnistuneet. Testijakso ilman koepaloja onnistui ja neljäs yritys on tarkoitus aloittaa helmikuussa 2010.



WP3: Soodakattilan höyrynpaineen nostaminen

- *TP1: Keraamiset materiaalit*

- Työssä on tarkoitus tutkia tulenkestäviä materiaaleja altistamalla ne soodakattilan sulalle (2 vko) SE Oulun tehtaalla.
- KTR päätti tilata työn siten että tehdään kaksi koesarjaa. Nopea koe alkaa viikolla 8. Tässä parhaiten pärjänneet 3-4 laitetaan pitkäaikaiseen kokeeseen ja näistä mahdollisesti tehtäisiin mikrorakenteen tutkimus.
Hinta 15 000 €, mikrorakenteen tutkimisesta tulee lisäkustannuksia 1025 euroa/näyte.



WP4: Kattilaveden ja höyryn laadun varmistaminen

- TOC-poistomenetelmät ja niiden soveltuvuus soodakattiloiden lisäveden valmistukseen
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Työssä tehdään kirjallisuusselvitys TOC:n poistoon tarkoitetuista kaupallisista menetelmistä sekä tutkitaan ioninvaihtoa ja orgaanista kuormitusta.
 - **Projektin tilanne:** Loppuraportti kommentoitavana
- Soodakattilalaitoksen lisäveden TOC:n vähentäminen
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Tutkimuksessa selvitetään kolmen samaa pintavettä raakavetenään käyttävän laitoksen prosessin, kemikalionnin ja aktiivihiiplikäsittelyn vaikutusta kemiallisesti puhdistetun veden laatuun, TOC:n vähenemiseen ja käyttökelpoisuuteen lisäveden ja myös paperin valmistusprosessiin.
 - **Projektin tilanne:** TOC-mittauksia tehty neljässä eri paikassa (Kemira, SE Oulu, 2 x Oulun Vesi) ja testattu ioninvaihdon ajovaiheen vaikutusta TOC-poistumaan. Myös aktiivihiiლისuodatus on testattu koelaitteistolla.

WP4: Kattilaveden ja höyryn laadun varmistaminen

- *V4: Kalvon muodostuminen autoklaavikokeissa*
 - **Tavoite, toteutus ja aikataulu:** Projektissa selvitetään in-situ ja ex-situ mittauksin vedenlaadun vaikutusta hiili-/niukkaseosteisen teräksen pinnalle muodostuvan magnetiittipassiivikerroksen muodostumiseen ja sen suojauskykyyn/pysyvyYTEEN. Tutkimuksessa saadaan tietoa myös amiinien sekä luonnon orgaanisen aineksen termisen hajoamisen nopeudesta.
 - **Projektin tilanne:** Projekti on myöhässä koelaitteistoongelmien takia, mutta nyt työssä on päästy eteenpäin ja helmikuun aikana on tarkoitus tehdä koeajot amiineilla.



LIITE VII

PROJEKTI-IDEA
Hajukaasukomponenttien neste-höyrytasapainojen mallinnus

Tervehdys !

Meillä oli Kaakkois- uomen Osaamiskeskuksen ja Andritz Oy:n kanssa mielenkiintoinen projekti kevättalven ja kesän 2009 aikana:

Veden-metanolin-tärpätin-TRS-komponenttien neste-höyrytasapainojen mallinnus sellutehtaan hajukaasuissa

Tässä tutkimuksessa oli päämääränä mallintaa höyrynestetasapaino seokselle jonka pääkomponentit ovat vesi, metanoli ja tärpähti ja TRS – komponentit. Lähtökohtana on rakentaa selluprosessin hajukaasujen mallinnuksen aputyökalu (prosessi ja turvallisuuden raja-arvot) ja tavoitteena on tehdä malli tietokoneohjelmaksi jolla höyrynestetasapainoa voidaan simuloida.

Mallinnukseen valitut komponentit ovat, metanoli, rikkivety, metyylimerkaptani, dimetyylisulfidi, dimetyylidisulfidi, alfa-pineeni, happi ja typpi. Nämä komponentit edustavat hyvin likaislauhdesäiliön kemiallista koostumusta. Alfa-pineeni tärpähtiä edustava komponentti.

Johtopäätökset:

Tässä projektissa kehitettyä tietokoneohjelmaa voidaan käyttää kaasunestetasapainolaskentaan ja mallinnukseen valittujen 7 komponentin liuokselle (likaislauhde). Kuvassa 1 esitetty raja-arvokäyrät esittävät hyvin teollisuus käytössä ”turvallisen” so. yhden nestefaasin alueen kun vielä lämpötila otetaan huomioon.

Jatkokehitettävää:

-on suotavaa että mallia verifioidaan lisää useilla eri metanolin, tärpätin ja veden koostumuksilla.

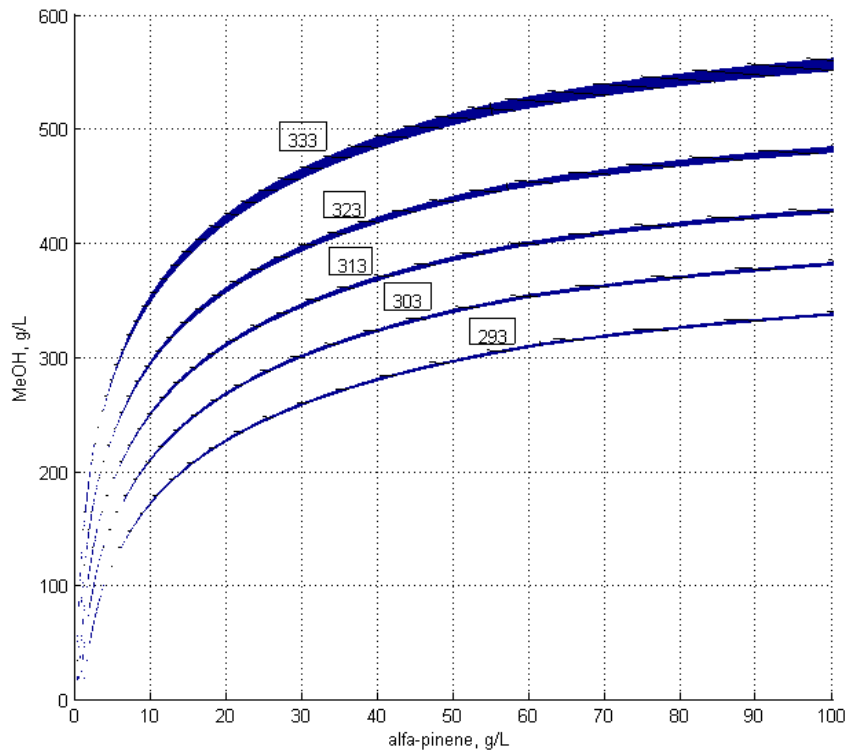
-mallin jatkokehittäminen sellaiseksi että se laskee myös kahden nestefaasin aluetta lisää mallin luotettavuutta mm. turvallisuustarkastelua ja monipuolista simulointikäyttöä silmällä pitäen.

- poikkeavat faasialueiden rajakäyrät korkeissa lämpötiloissa selvitetävä.

Vastuuhenkilöt Andritz Oy:n puolelta olivat Carl-Gustav Berg ja Heikki Jaakkola. Heikki Jaakkolan mukaan Soodakattilayhdistyksellä voisi olla intressejä ja mahdollisuuksia osallistua pienehköön jatkokehitysprojektiin. Kyseessä olisi neste-neste tasapainojen mallintaminen selluteollisuuden lauhdeliuoksille, joka täydentää aikaisemmassa projektissa kehitettyä laskentaohjelmaa. . Jos kiinnostusta teidän puolelta löytyy, olisi mukava keskustella kehitystarpeista mahdollisen projektin suunnittelun puitteissa.

Ystävällisin terveisin,

Markku Kuosa
Kemiantekniikan osasto
Prosessiteknikan laboratorio



Kuva 1 Alfa-pineeni – metanoli – vesiseos eri lämpötiloissa (K).
Kaasunestetasapainosimulointi. Kunkin käyrän alapuolella oleva osa esittää kahden
faasin aluetta.

LIITE VIII

PROJEKTI-IDEA

Selvitys soodakattilan savukaasujen loppulämpötilasta

Selvitys soodakattilan savukaasujen loppulämpötilasta

Projekti-idea liittyy soodakattilan sähköntuotannon optimointiin. Selvityksessä kartoitettaisiin soodakattilan savukaasujen matalin taloudellinen loppulämpötila. Tämä tullut viime vuosina tärkeäksi, kun sähkösuotimen jälkeen on kytketty vielä savukaasujen jäähdytysprosessi, jossa ripaputkilämmönvaihtimilla otetaan lämpöä talteen mm. kattilan polttoilman esilämmitykseen. Käytetyt materiaalit ovat olleet hiiliterästä myös mm. savupiippu.

Kuinka hyvin soodakattilan savukaasujen happokastepiste osataan määrittää, aiheutuuko todellista korroosiota hiiliteräksellä, kun olemme lähellä ko. pistettä. Kuinka pitkät SO₂/SO₃-emissiojaksot riittävät aiheuttamaan huomioonotettavaa korroosiota.