

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Paperitekniikan koulutusohjelma

Anna Mononen

Sr-massan pesuhäviön korrelointi online-johtokyvyn kanssa

Opinnäytetyö 2011

Tiivistelmä

Anna Mononen

SR-massan pesuhäviön korrelointi online-johtokyvyn kanssa, 33 sivua, 5 liitettä
Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Imatra

Paperitekniikka

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: laatupalvelupäällikkö Johanna Hyvärinen Stora Enso, lehtori Päivi Rii-
konen Saimaan ammattikorkeakoulu

Massan pesun tarkoituksena on saada mustalipeä talteen mahdollisimman tarkasti ja väkevänä, jolloin keittokemikaalien kulkeutuminen ulos prosessista vähenee ja keittokemikaalien regeneroinnin energiantarve sekä pesun jälkeisten prosessien lisäkemikaalien tarve pienenevät.

Pesun tehokkuutta mitataan natriumpesuhäviönä, joka ilmaisee massasulppuun pesun jälkeen jäävää epäorgaanista pesuhäviötä ja COD-pesuhäviönä, joka ilmoittaa massaan jääneen orgaanisen aineen määrän. Myös online-johtokykyä seuraamalla voidaan seurata pesuprosessin onnistumista. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin sellumassan on line –johtokyvyn, natriumpesuhäviön ja COD-pesuhäviön välistä korrelaatiota. Tavoitteena oli selvittää, voidaanko käytössä oleva natriumpesuhäviö korvata COD-pesuhäviöllä, joka on kahdesta menetelmästä nykyaikaisempi ja tarkoituksenmukaisempi. Lisäksi tutkittiin nykyisen standardista poikkeavan analyysikäytännön sekä näytteen varastointiajan vaikutusta COD-pesuhäviöön.

Tutkimusta varten otettiin näytteitä kolmesta eri kohteesta pesemön ja lajittamon alueelta. Näytteitä otettiin viidestä kuuteen jokaisesta kohteesta, ja jokaisesta näytteestä tehtiin viisi rinnakkaismäärittystä kummallakin pesuhäviömenetelmällä. Näytteitä otettiin tasaisen ajon aikana sekä linjan ylösajoista eli star-teista.

Tutkimustulosten perusteella voidaan sanoa, että korrelaatio löytyy sekä online-johtokyvyn ja pesuhäviöiden että pesuhäviöiden välille. Normaalilla muutaman tunnin varastointiajalla ei näyttäisi olevan huomattavaa vaikutusta pesuhäviöön. Nykyisen menetelmän ja standardin mukaisen menetelmän välillä kuitenkin todettiin olevan vaikutusta COD-pesuhäviöön, ja se pitää huomioida myös jatkossa. Tämän työn tulokset tehtiin tehtaan oman käytännön mukaisesti.

Käydyn palaverin jälkeen todettiin, että tulokset otetaan käyttöön ja kyseisellä tehtaalla siirryttiin COD-pesuhäviön käyttöön 1.3.2011 alkaen.

Asiasanat: COD-pesuhäviö, natriumpesuhäviö, online-johtokyky

Abstract

Anna Mononen

The Correlation between SR-Pulp's on Line –Conductivity and Wash Losses

33 pages, 5 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Degree Programme in Paper Technology

Final Year Project 2011

Tutors: Ms Johanna Hyvärinen, Quality Service Manager, Stora Enso and
Mrs Päivi Riikonen, Senior Lecturer, SUAS.

The aim of pulp washing is to get the black liquor out of the process as strong and accurately as possible. It decreases chemical consumption and demand of energy.

Performance of washing process is measured by sodium wash loss which expresses an inorganic wash loss remaining in pulp or by COD wash loss which presses the amount of organic matter in pulp. Also by monitoring on line –conductivity one can see if the washing process is successful. The aim of this thesis was to find out if there is a correlation between on line –conductivity, sodium wash loss and COD wash loss. If the correlation can be found, the mill replaces the sodium wash loss –method with COD method. In mills' laboratory the COD wash loss is not measured totally according to the standard. It was investigated how this may affect the results. Also storage time was investigated.

The samples were taken from three different points. There were five or six samples from each point and five parallel measurements from each sample. The samples were taken from start-ups and when the situation on pulp mill was stable.

Result of this study shows that there is a correlation and the correlation is sufficient. The fact that COD measurement is not made totally according to the standard has a considerable effect on the results. All the measurements in this study have been done according to mills' own method and this should be noticed in the future. On the other hand the normal a few hours' storage time does not affect the results.

The results have been taken into account and the mill has used COD wash loss –method since March 2011.

Key Words: COD Wash Loss, on Line –Conductivity, Sodium Wash Loss

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Sellutehtaan pesemö ja lajittamo	7
2.1 Pesemö	7
2.2 Lajittamo	8
3 Pesuhäviö	9
3.1 Natriumpesuhäviö	9
3.2 COD-pesuhäviö	11
4 Kokeellinen osio	13
4.1 Näytteenotto ja käsittely	13
4.2 Natriumpesuhäviön mittaaminen	13
4.3 COD-pesuhäviön mittaaminen	14
5 Työn tulokset ja tulosten tarkastelu	15
5.1 Hajotusajan vaikutus COD-pesuhäviöön	15
5.2 Pesuhäviöiden korrelointi	16
5.3 Varastointiajan vaikutus pesuhäviöön	19
6 Yhteenveto	21
Lähteet	24

Liitteet

Liite 1	Hajotusajan vaikutus COD-pesuhäviön tuloksiin
Liite 2	Natriumpesuhäviön mittaustulokset
Liite 3	COD-pesuhäviön mittaustulokset
Liite 4	Varastointiajan vaikutus COD-pesuhäviöön
Liite 5	Varastointiajan vaikutus natriumpesuhäviöön

Käsitteet

DD-pesuri (Drum Displacer)	Paineellinen rumpupesuri, jossa on yhdellä rummulla eri pesuvaiheita.
Happidelignifiointi	Keiton ja valkaisun väliin sijoittuva vaihe, jossa poistetaan ligniiniä alkalisisissa oloissa hapella.
Regenerointi	Keittokemikaalien talteenotto ja käsittely uudelleenkäyttöä varten
Aksepti	Massan puhdistuksessa hyväksytty jae, saanne
Rejekti	Massan puhdistuksessa erotettu ja hylätty jae

1 Johdanto

Sulfaattikeiton tarkoituksena on poistaa voimakkaasti alkalisen liuoksen avulla puukuituja toisiinsa sitova ligniini ainakin osittain. Keitossa muodostuva liuen-
nutta puuainesta ja keittokemikaaleja sisältävä mustalipeä erotetaan massasta
mahdollisimman tarkasti ja mahdollisimman vähän laimennettuna myöhempää
haihdutusta ja polttoa varten. Mustalipeän talteenotto on tärkeää paitsi energian
kehityksen, myös kemikaalien uudelleenikäytön ja ympäristönsuojelun vuoksi.

Pesun tehokkuus ilmaistaan natrium- tai COD-pesuhäviönä, mutta myös online-
johtokykyä seuraamalla saadaan kuva pesuprosessin onnistumisesta. Tässä
työssä tutkitaan näiden kolmen pesutulostittarin välistä korrelaatiota. Oletuk-
sena on, että kunkin pesutulostittarin välille löytyy tehdaskohtainen korrelaatio.

Tutkimusta varten otetaan näytteitä kaksilinjaisen pesemön ja kaksilinjaisen
lajittamon kakkoslinjoilta. Tutkimus rajataan kolmeen pisteeseen, joita ovat kak-
kospesuri, kakkossaostin ja pesupuristin. Näytteitä otetaan linjojen ylösajon ai-
kana sekä tasaisen ajon aikana, jolloin saadaan jokaisesta pisteestä eri puh-
tausasteisia näytteitä.

Tutkittavassa sellutehtaassa mitataan tällä hetkellä pesun onnistumista online-
johtokyvyn lisäksi natriumpesuhäviönä. Tarkoitus olisi siirtyä mittaamaan johto-
kyvyn rinnalla COD-pesuhäviötä, joka ilmaisee massaansa jäävän orgaanisen
aineen määrää natriumpesuhäviötä tarkemmin.

2 Sellutehtaan pesemö ja lajittamo

Pesemön tarkoituksena on poistaa sellumassasta epäorgaanisia sekä orgaanisia aineita sisältävä keittoliemi. Pesutuloksen tulee olla mahdollisimman täydellinen, mutta keittoliemen liiallista laimentamista pitää välttää. Erotettu liemi käsitellään edelleen haihduttamalla ja polttamalla, jolloin voidaan hyödyntää siihen liuennut puuaines lämpöenergiana sekä uusiokäyttää siihen jääneet keittokemikaalit. (Puusta paperiin M-404 1984.)

Lajittamalla massasta erotellaan ja käsitellään uudelleen kuituuntumaton jae sekä poistetaan prosessista hiekka. Massan pestään, saostetaan ja laimennetaan kolmiportaisen lajittamon eri vaiheissa, kunnes käyttövalmis sellu pumpataan varastotorniin noin kymmenen prosentin sakeudessa.

2.1 Pesemö

Sellun pesulla on neljä tavoitetta: sellun ja keittoliemen erottaminen toisistaan, keittoliemen kemikaalien talteenotto uudelleenkäyttöä varten, liuennun puun talteenotto polttoaineeksi sekä vesistöjä likaavien päästöjen vähentäminen (Puusta paperiin M-404 1984).

Tutkittavan sellutehtaan pesemö on kaksilinjainen. Linjojen ensimmäisinä pesureina ovat 4-vaiheiset DD-pesurit, joiden purkuruuvilla massaa laimennetaan ja johdetaan omaan jauhimien syöttösäiliöön. Massa pumpataan tästä edelleen kahden rinnakkaisen jauhimen läpi kahteen lajittimeen. Näissä massasta erotetaan keittymätön ja kuituuntumaton jae, rejekti, ja palautetaan se takaisin kuidutukseen. Jauhimien ja lajittimien jälkeen on toinen DD-pesuri sekä pestyn massan säiliö.

Linjojen toiset DD-pesurit ovat kaksivaiheiset. Ensimmäisenä olevilla pesureilla on yhteinen suodos- ja vaahtosäiliö. Suodossäiliö on jaettu väliseinällä, ja pesemöltä tuleva suodos jaetaan siinä puhtaaseen ja likaiseen jakeeseen. Osa likaisesta jakeesta käytetään keittämöllä täyttömustalipeänä ja loput pumpataan haihduttamolle. Puhdas jae käytetään puskusäiliön laimennukseen.

Vaahdosäiliöön erottunut suopa puolestaan pumpataan haihduttamolle menevään laihalipeäputkeen. Samoin pumpataan haihduttamolle myös jälkimmäisiltä pesureilta suoparänniin erottunut suopa.

Jälkimmäiseltä pesurilta erottunut suodos käytetään linjassa edellisenä olevan pesurin pesuvetenä. Puhdas suodos käytetään massan laimennukseen. Pesuvesi tulee tähän vaiheeseen lajittamon saostimien suodossäiliöstä.

2.2 Lajittamo

Pesemön jälkeen sijaitseva lajittamo on myös kaksilinjainen. Lajittamon molemmat linjat ovat kolmeportaiset, ja pesty ja kuumalajiteltu massa johdetaan pesulinjoilta lajittamon ensimmäiseen portaaseen.

Tästä aksepti pumpataan saostimelle, rejekti edelleen toisen portaan lajittimeen. Toisen portaan aksepti johdetaan ensimmäisen portaan syöttöön ja rejekti hiekanerottimen kautta kolmannen portaan lajittimeen. Tästä aksepti johdetaan toisen portaan syöttöön ja rejekti painesaostimelle. Painesaostimesta massa pumpataan rejektijauhimen kautta edelleen toiseen portaaseen.

Ensimmäisen portaan aksepti johdetaan siis lajittelusaostimelle, jossa massaa pestään pesupuristimen suodoksella ja kuumalla vedellä. Saostimelta massa pumpataan molempien linjojen yhteiseen varastotorniin, jossa massa laimennetaan noin kuusi prosenttiseksi lämpimällä vedellä.

Massa pumpataan varastotornista pesupuristimelle, jossa massa puristetaan 20 - 25 prosentin sakeuteen. Puristimelta massa pudotetaan poistoruuville, jossa massa laimennetaan uudelleen noin kymmenen prosentin sakeuteen ja pumpataan edelleen varastotorniin. Tästä massa pumpataan paperi- ja kartonkikoneille.

3 Pesuhäviö

Massan pesun tarkoituksena on saada mustalipeä talteen mahdollisimman tarkasti ja väkevänä. Tällöin keittokemikaalien kulkeutuminen ulos prosessista vähenee ja keittokemikaalien regeneroinnin energiantarve pienenee. (Dahl, Vuorenvirta, Vuorinen, Sonni, Lähteenmäki, Kekkonen, Tervola, Ala-Kaila 2002, 7.) Korkea pesuhäviötaso kuluttaa enemmän valkaisu- ja kemikaaleja ja lisää siten myös ympäristökuormaa. (Vuorenvirta 1999, 21.)

Pesutuloksen onnistumisen mittana käytetään nykyisin COD- tai natriumpesuhäviötä. Natriumpesuhäviö ilmaisee pesussa menetettyä epäorgaanisen aineen määrää, jota ei saada mukaan talteenottoprosessiin ja joka joudutaan korvaamaan lisänatriumilla. (Vuorenvirta 1999, 19-20.) Natriumpesuhäviön käyttö on vähentynyt happideligniointivaiheen yleistyttyä, sillä happidelignifiointivaiheessa pH:n säätöön käytetyt alkalit vääristävät natriumpesuhäviön tulosta eikä alkalien kokonaismäärän mittaaminen näin ollen riitä. (Dahl ym 2002, 7.)

Tällöin tarkemman kuvan pesuhäviöstä antaa COD eli kemiallinen hapenkulutus, johon massaan lisätyt kemikaalit eivät vaikuta (Dahl ym 2002, 7). COD-pesuhäviö myös kuvaa natriumpesuhäviötä paremmin massaan jäävään orgaanisen aineen, kuten ligniinin määrää (Seppälä, Klemetti, Kortelainen, Lyytikäinen, Siitonen & Sironen 1999, 101).

3.1 Natriumpesuhäviö

Määrän massan natriumilla tarkoitetaan sitä natriumin määrää, joka saadaan uutamalla massanäyte määräoloissa suolahapolla. Natriumpesuhäviö ilmoittaa pesemöltä massan mukana poistuvan natriumin määrän kilogrammoina $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{t}$ abs. kuivaa sellua. Analyysissä mitataan massasta erotetusta nesteestä natriumpitoisuus liekkifotometrillä tai atomiadsorptiofotometrillä ja muutetaan saatu tulos laskennallisesti vastaavaksi määräksi natriumsulfaattia. Määrittäminen noudattaa standardia SCAN-C 30:73.

Natriumpesuhäviön huonona puolena voidaan pitää sitä, että se ei ota huomioon ligniiniä ja muita orgaanisia yhdisteitä, joita massaan on keittovaiheessa puusta liuennut ja pesusta huolimatta jäänyt. Orgaanisen aineen määrä vaikuttaa esimerkiksi valkaisukemikaalien kulutukseen merkittävästi. (Dahl ym 2002, 11.) Lisäksi natriumin käyttöä pesuhäviön mittana vaikeuttaa sen kyky adsorboitua selluloosan ja muiden isojen molekyylien pinnalle. Tämä vaikuttaa saatuun pesuhäviöön eli mitattuun natriummäärään suuresti. (Dahl ym 2002, 11.)

Lähinnä natriumpesuhäviö soveltuukin tehtailta kemikaalitaseen määrittämiseen. Lisäksi sen etuna voidaan pitää sen hyvää korrelaatiota johtokyvyn kanssa, jota tehtailta seurataan poikkeuksetta online-mittauksina. (Vuorenvirta 1999, 19-20).

Natriumpesuhäviön määrittäminen

Natriumpesuhäviötä varten mitataan liekkifotometrillä massasta erotetussa suodoksessa olevan natriumin määrä. Liekkifotometriassa näyte sumutetaan liekkiin, joka höyrystää liuottimen ja hajottaa liuoksen yhdisteet alkuaineiksi. Liekin korkea lämpötila virittää osan atomeista, ja viritystilan lauetessa ne säteilevät valokvantin. Mitä voimakkaampi valosignaali on, sitä enemmän näyteliuoksen kautta liekkiin on kyseisiä atomeita päätenyt. (Lehtonen & Sihvonen 2004, 218.)

Laitteistoon kuuluva hilajärjestelmä erottelee halutun aallonpituuden muista aallonpituuksista. Säteilyn voimakkuus, intensiteetti, mitataan puolijohdeilmaisimella tai valokennolla. Liekkifotometria soveltuu helposti virittyvien alkali- ja maaalkalimetallien kvantitatiivisiin määrittäksiin. Lehtonen & Sihvonen 2004, 218.)

Natriumpesuhäviötä X varten natriumin määrä muutetaan laskennallisesti edelleen natriumsulfidiksi. Saatu tulos jaetaan massakakun painolla. Kaava on muotoa

$$X = \frac{a * kNa}{b - d} * 0,9 \quad (1)$$

jossa a on suodoksen natrium (mg/l), kNa kerroin, jolla natrium Na muutetaan natriumsulfidiksi (3,089), b massakakun + suodatinpaperin kuivapaino (g) sekä d suodatinpaperin paino (g).

Pesuhäviöön liittyvä sakeus Y lasketaan vähentämällä massakakun ja suodatinpaperin yhteiskuivapainosta suodatinpaperin paino ja jakamalla tämä käytetyllä massan määrällä. Kaava on muotoa

$$Y = \frac{b-d}{c} * 100 \quad (2)$$

jossa c on märkäpaino (g), b massakakun + suodatinpaperin kuivapaino (g) ja d suodatinpaperin paino (g).

3.2 COD-pesuhäviö

COD:n eli kemiallisen hapenkulutuksen määrittäminen määrätään massanäytteestä suoritetaan tutkittavan sellutehtaan laboratoriossa standardin SCAN-CM 45:91 mukaisesti lukuun ottamatta märkähajotukseen käytettävää aikaa. COD-pesuhäviö ilmoitetaan yksikössä kg COD/t abs. kuivaa sellua.

Määrittämisessä mitataan sen orgaanisen aineen määrä, joka massasta voidaan poistaa standardin mukaisella pesumenettelyllä. COD-pesuhäviö ilmoittaa sen happimäärän, joka kuluu hapettaessa kaikki näytteessä olevat orgaaniset yhdisteet epäorgaanisiksi lopputuotteiksi eli lukema ilmoittaa kaikkien happamassa dikromaattiliuoksessa hapettuvien yhdisteiden kokonaisainemäärän. (Dahl ym 2002, 12-13.) Se ilmoittaa natriumpesuhäviötä paremmin ympäristöä kuormittavien ja valkaisu- ja kemikaaleja kuluttavien yhdisteiden määrän.

Testin luotettavuuteen vaikuttaa tutkittavan näytteen koostumus. Muun muassa kloridi vääristää analyysiä, samoin ruskeaa massaa pestessä vaikuttavat sulfidit. (Dahl ym 2002, 12.) Näiden lisäksi tuloksiin vaikuttavat vahvasti uuttimisaika ja massan sakeus (Vuorenvirta 1999, 23).

COD:n heikkoudeksi on osoittautunut mittauksen huono toistettavuus. Koetukseen vaikuttavat näytteen suodattaminen, varastointiajan lämpötila ja pH sekä näytteen sakeus. Tulos on hyvin riippuvainen näytteenoton ja analyysin välisestä varastointiajasta, sillä pitkän varastointiajan aiheuttama uuttuminen nostaa näytteen kemiallista hapenkulutusta eli COD-pesuhäviötä massoilla, joiden kuiva-ainepitoisuus on pieni. (Dahl ym 2002, 13.) Massan sakeutta näytteenottohetkellä ei ole määritetty, mutta uuttumisen takia kahden erityyppisen pesurin massanäytteistä mitattuja COD-arvoja ei voi rinnastaa toisiinsa, ellei näytteiden sakeudet ole näytteenottohetkellä samansuuruiset (Vuorenvirta 1999, 23).

COD-pesuhäviön määrittäminen

Massanäytteestä saadusta suodoksesta mitataan sen COD-arvo UV-VIS-spektrofotometrillä. UV-VIS-spektrofotometriassa mitataan näytteeseen saapuvan ja sen läpäisseen säteilyn voimakkuuksien suhde, transmissio, käyttämällä tiettyä aallonpituutta. (Lehtonen & Sihvonen 2004, 216.) Spektrofotometri erottaa valoalloista sopivan aallonpituuden, joka johdetaan näyteliuksen läpi. Osa säteilyenergiasta menee näytteen läpi ja osa absorboituu liuoksessa olevaan yhdisteeseen. Aineen absorboiman valon määrä tietyllä valonpituudella on verrannollinen aineen konsentraatioon näytteessä.

Pesuhäviö X COD:na kilogrammoina tonneissa lasketaan kertomalla saatu suodoksen COD-arvo kokonaistilavuudella ja jakamalla tämä massakakun painolla. Kaava on muotoa

$$X = \frac{a * v}{b - d} \quad (3)$$

jossa a on suodoksen COD-arvo (mg/l), v suodoksen kokonaistilavuus (l), b massakakun + suodatinpaperin kuivapaino (g) ja d suodatinpaperin paino (g)

COD-pesuhäviöön liittyvä sakeus lasketaan kuten natriumpesuhäviöön liittyvä sakeus käyttäen kaavaa 2.

4 Kokeellinen osio

Massanäytteet otettiin sellutehtaan pesulinja 2:lta vuosien 2010-2011 lokatammikuun aikana. Näytteitä otettiin kolmesta eri pisteestä: pesupuristimelta, kakkossaostajalta sekä kakkospesurilta.

Massanäytteet analysoitiin sellulaboratoriossa. Kuljetus- sekä varastointiajat pyrittiin pitämään mahdollisimman lyhyinä.

4.1 Näytteenotto ja käsittely

Näytteitä otettiin noin kaksi litraa. Näytteitä säilytettiin suljetuissa purkeissa, ja ne jäähdytettiin kylmiössä huoneenlämpöiseksi. Näytteet sekoitettiin mahdollisimman hyvin varoen kuitenkin puristelemasta niitä.

Yhteen natriumpesuhäviöanalyysiin tarvittiin massaa viisikymmentä grammaa. COD-pesuhäviötä varten pesupuristimen massaa tarvittiin neljäkymmentä grammaa ja kakkossaostimen ja -pesurin massaa seitsemänkymmentä grammaa.

4.2 Natriumpesuhäviön mittaaminen

Määrittäminen aloitettiin punnitsemalla massanäytteestä edustava keskinäyte 0,01 gramman tarkkuudella. Massaa punnittiin viisikymmentä grammaa, ja siihen lisättiin kymmenen millilitraa viisi normaalia suolahappoa ja noin 400 millilitraa tislattua vettä. Näyte sekoitettiin ja annettiin reagoida kymmenen minuuttia välillä sekoittaen.

Büchner-suppiloon asetettiin S&S 597 110 mm tai vastaava muun merkinen suodatinpaperi. Suodatinpapereita kuivattiin lämpökaapissa 105 °C:ssa tunnin ajan ja jäähdytettiin eksikaattorissa 30 minuuttia, jonka jälkeen ne punnittiin 0,01 gramman tarkkuudella. Tällöin saatiin selville kunkin paperin kuivapaino.

Massasulppu suodatettiin imupulloon. Massakakku paineltiin lusikalla, jotta siitä poistuisi nestettä mahdollisimman paljon. Massaa pestiin suppilossa kolmesti yhteensä noin 500 millilitralla tislattua vettä ja paineltiin jokaisen pesun välissä lusikalla. Massakakku suodatinpapereineen irrotettiin suppilosta ja kuivatettiin pikakuivurissa vähintään 15 minuuttia. Massakakku punnittiin 0,01 gramman tarkkuudella (kuivapaino b).

Suodos kaadettiin litran mittapulloon. Imupullo huuhdeltiin tislattulla vedellä ja kaadettiin huuhteluvesi mittapulloon. Tämän jälkeen näyte laimennettiin tislattulla vedellä litraksi ja määritettiin liekkifotometrillä natriumpitoisuus milligrammoina litrassa (a). Mikäli pitoisuus oli yli 20 milligrammaa natriumia litrassa, laimennettiin näytettä liekkifotometriin liitetyllä laimentimella.

4.3 COD-pesuhäviön mittaaminen

Työn suoritus aloitettiin punnitsemalla dekanterilasiin hyvin sekoitettua massaa 0,01 gramman tarkkuudella. Massan määrä riippui sen sakeudesta. Näyte laimennettiin märkähajottimen kannussa 0,001 mol/l natriumhydroksidiliuoksella noin sakeuteen 20 g/l.

Massasulppua hajotettiin märkähajottimen 2-nopeudella standardin vaatimasta viidestä minuutista poiketen yhden minuutin ajan. Hajotetun massasulpun suodos suodatettiin imupulloon Büchner-suppiloon läpi, kuten natriumpesuhäviötä tutkittaessa. Massakakku paineltiin lusikalla, jotta siitä saataisiin poistettua nestettä mahdollisimman paljon. Massaa pestiin suppilossa 0,001 mol/l natriumhydroksidiliuoksella yhteensä kolme kertaa, ja kakkua paineltiin lusikalla jokaisen pesun välissä.

Massakakku suodatinpapereineen irrotettiin suppilosta, ja sitä kuivatettiin pikakuivaajassa vähintään 15 minuuttia. Massakakku punnittiin 0,01 gramman tarkkuudella (kuivapaino = b). Suodos siirrettiin litran mittalasiin ja luettiin sen tilavuus litroina (=v). Suodoksessa ei saa olla kuituja eikä muita näkyviä hiukkasia.

COD-arvon määrittämistä varten suodosta pipetoitiin automaattipipetillä 2,00 millilitraa 100 - 1500 mg/l-reaktioputkeen. Putki suljettiin ja sekoitettiin käyttämällä suojapulloa. Putkea lämmitettiin 150 asteisessa lämpöhauteessa kaksi tuntia. Putki jäähdytettiin huoneenlämpöiseksi ja mitattiin COD-arvo (=a) Nanocolor 500 D spektrofotometrillä.

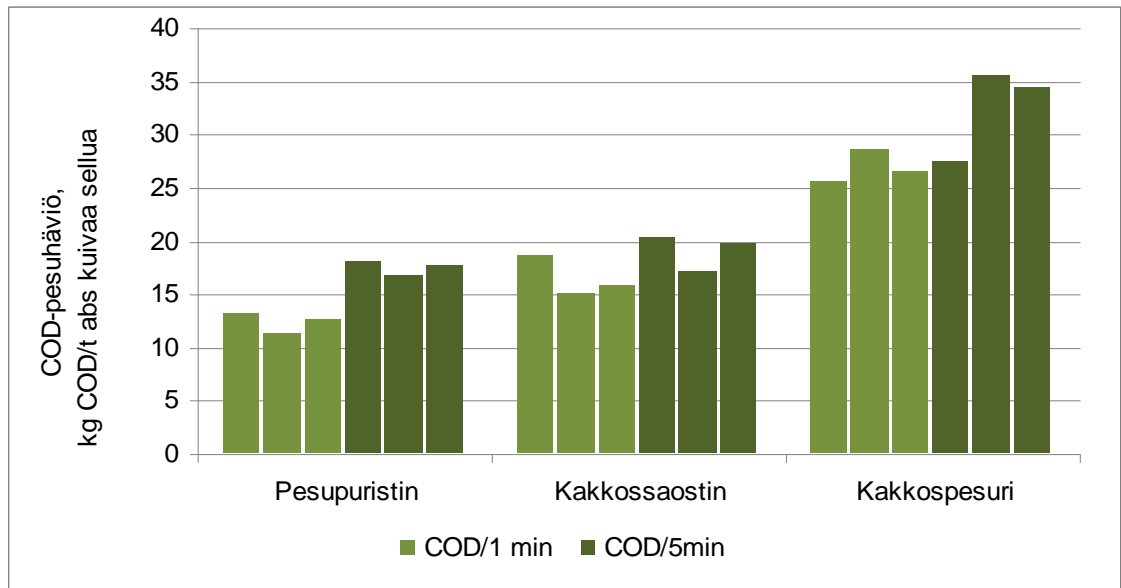
5 Työn tulokset ja tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa verrattiin pesuhäviöiden korrelointia keskenään sekä online-johtokyvyn kanssa. Lisäksi tutkittiin varastointiajan vaikutusta pesuhäviöihin sekä hajotusajan vaikutusta COD-pesuhäviöön.

Hajotusajan vaikutuksen selvittämiseksi tehtiin vertailu, joka käsittää kolme rinnakkaismäärittystä. Pesuhäviöiden korrelointia varten tehtiin viisi rinnakkaismäärittystä jokaisesta tutkimuksessa mukana olleesta 17:stä näytteestä. Varastointiajan vaikutusta varten tehtiin kolme rinnakkaismäärittystä kahdesta näytteestä neljänä päivänä.

5.1 Hajotusajan vaikutus COD-pesuhäviöön

COD-pesuhäviötä mitattaessa käytettiin standardista poiketen yhden minuutin märkähajotusaikaa viiden minuutin sijasta. Tulokset on taulukoitu liitteeseen 1. Kuvassa 1 on esitetty märkähajotusajan vaikutus COD-pesuhäviöön.

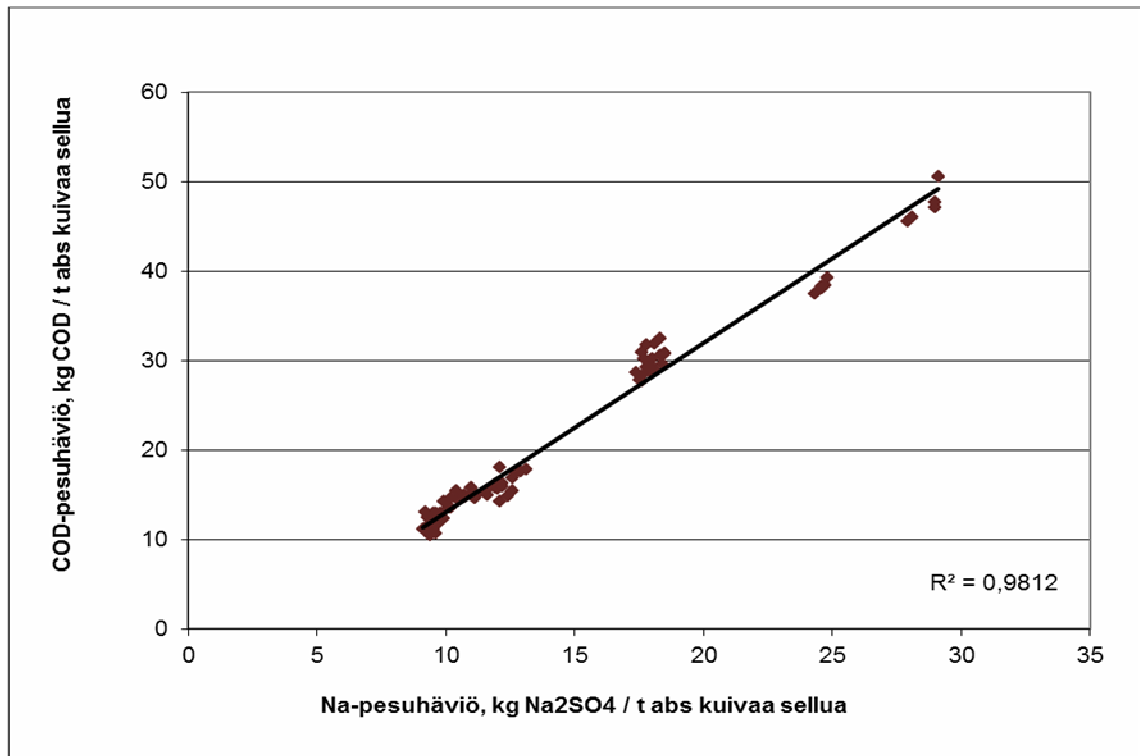


Kuva 1 Märkähajotusajan vaikutus COD-pesuhäviöön

Kuvasta 1 nähdään, että tulokset kasvavat huomattavasti hajotusajan kasvaessa. Suurin ero tapahtuu pesuhäviön ollessa pieni: pesupuristimen COD-pesuhäviö kasvoi keskimäärin jopa 40 % hajotusajan kasvaessa viiteen minuuttiin. Märkähajotuksen keston on oltava vakio, jotta tulokset olisivat keskenään vertailukelpoiset.

5.2 Pesuhäviöiden korrelointi

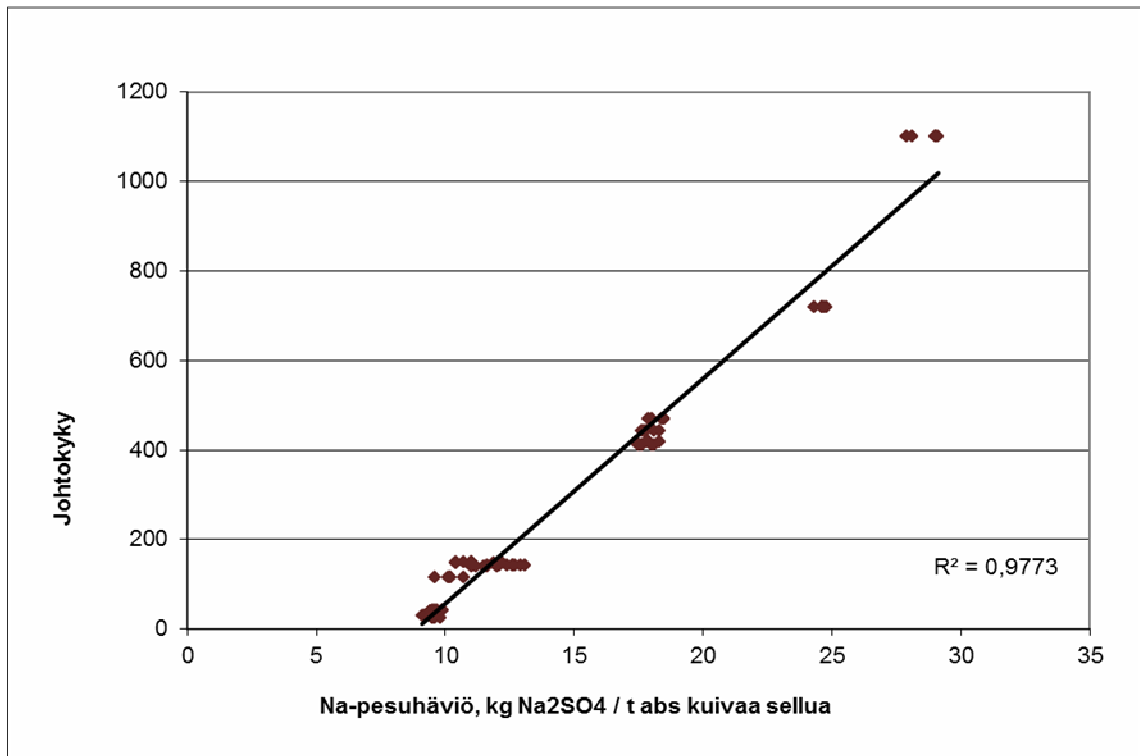
COD-pesuhäviön tulokset ovat liitteessä 2 ja natriumpesuhäviön tulokset liitteessä 3. Pesuhäviöiden keskinäinen riippuvuus on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2 COD-pesuhäviön korrelointi natriumpesuhäviön kanssa

Kuvasta 2 nähdään, että pesuhäviöiden välinen suhde on vahvasti lineaarinen. COD- ja natriumpesuhäviön välinen korrelaatiokerroin on $\sqrt{0,9812}$ eli 0,990. Pesuhäviöt ovat yhtä verrannollisia keskenään riippumatta pesuhäviön suuruudesta eli siitä, kuinka paljon liennuttua orgaanista ainetta pesty massa sisältää.

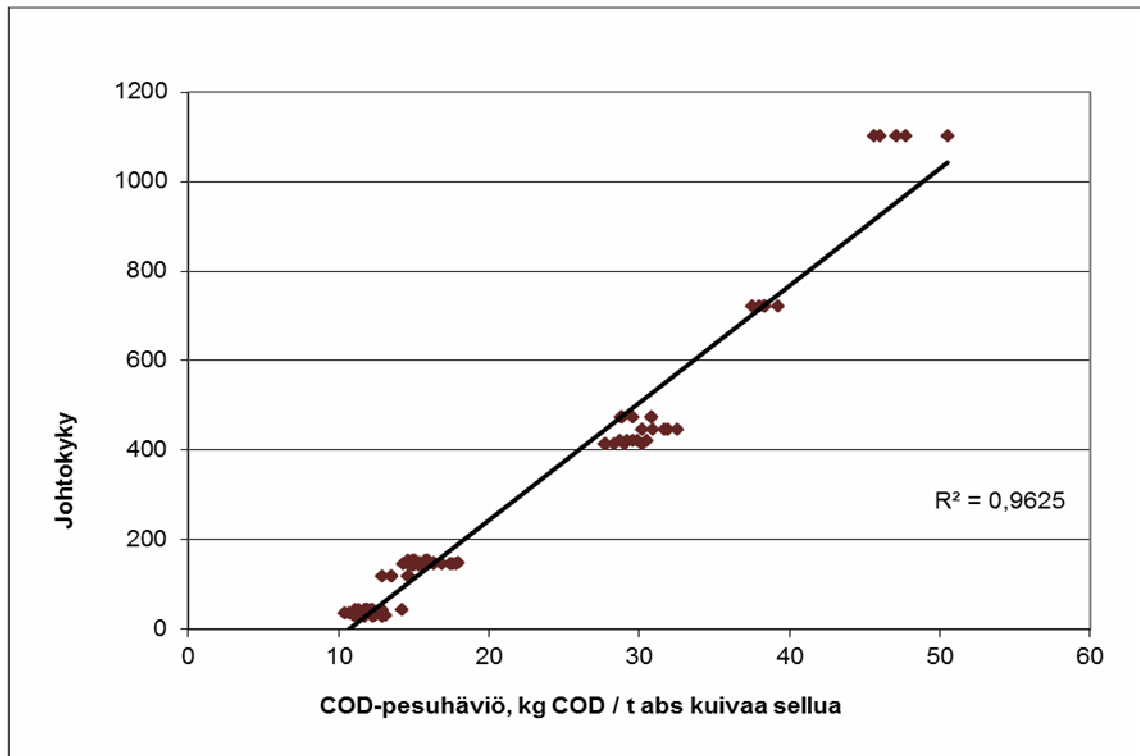
Koska prosessia ohjataan pääasiassa online-johtokyvyn perusteella, on tarpeen löytää myös pesuhäviöiden ja johtokyvyn välinen riippuvuus. Kuvassa 3 on esitetty natriumpesuhäviön ja online-johtokyvyn välinen suhde.



Kuva 3 Natriumpesuhäviön ja online-johtokyvyn välinen riippuvuus

Kuvasta 3 nähdään, että natriumpesuhäviö ja johtokyky korreloivat keskenään lähes lineaarisesti: niiden välinen korrelaatiokerroin on $\sqrt{0,9773}$ eli 0,989. Natriumpesuhäviön ja johtokyvyn korrelaatio heikkenee kuitenkin massan ollessa erittäin likaista eli pesuhäviön ollessa suuri.

COD-pesuhäviön ja johtokyvyn välinen riippuvuus on myös selkeä. Myös COD-pesuhäviö korreloi hieman heikommin johtokyvyn kanssa pesuhäviön ollessa suuri. COD-pesuhäviön ja online-johtokyvyn välinen riippuvuus on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 COD-pesuhäviön ja online-johtokyvyn välinen riippuvuus

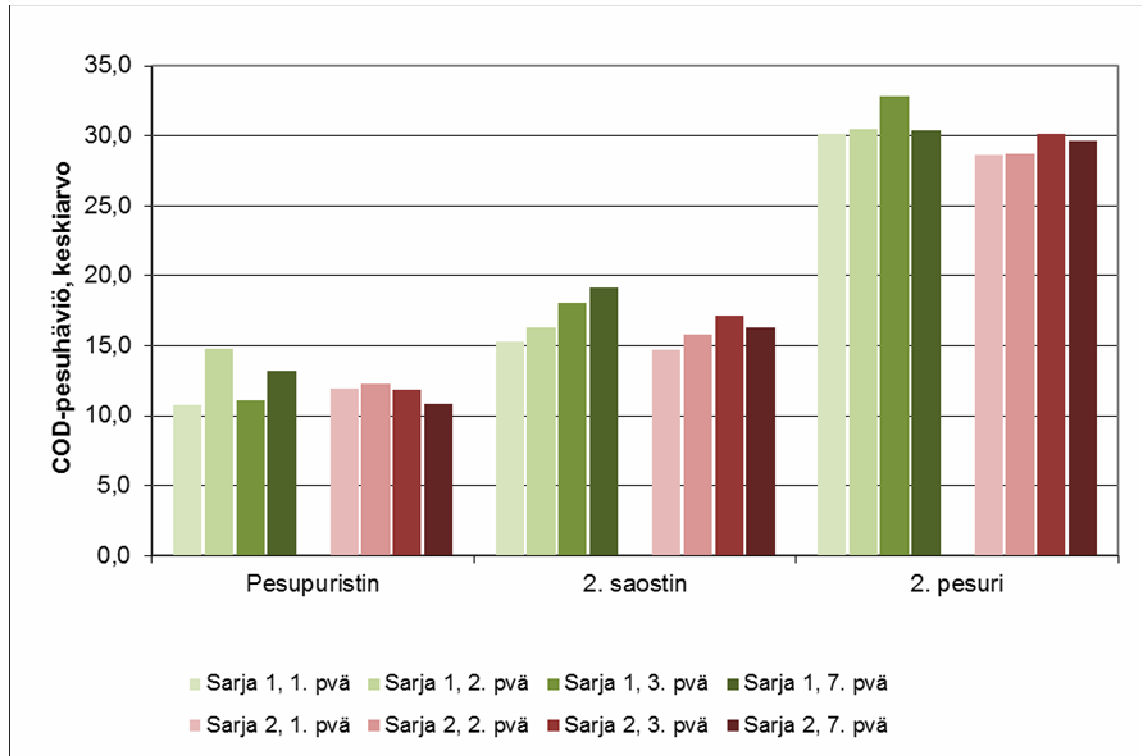
COD-pesuhäviön ja johtokyvyn välinen korrelointi on hieman heikompi kuin natriumpesuhäviön ja johtokyvyn. Niiden välinen korrelaatiokerroin on $\sqrt{0,9625}$ eli 0,981. Tämä johtuu COD-pesuhäviön huonommasta toistettavuudesta.

5.3 Varastointiajan vaikutus pesuhäviöön

Työssä tutkittiin myös varastointiajan vaikutusta COD-pesuhäviöön. Varastointiaikana pesuhäviötä kasvattavaa uuttumista voi tapahtua massoilla, joiden kiintoainepitoisuus on pieni. Kakkossaostimessa ja kakkospesurissa sellunmassan sakeus on noin 10 - 12 %, pesupuristimessa noin 20 %. Samalla haluttiin tutkia varastointiajan vaikutusta natriumpesuhäviöön, vaikka teoriassa viiveellä ei siihen pitäisi olla vaikutusta.

Varastointiajan vaikutusta tutkittiin tekemällä samasta näytteestä pesuhäviömitaukset kolmena peräkkäisenä päivänä. Neljäs ja viimeinen mittaus tehtiin viikon päästä massanäytteen ottamisesta ja ensimmäisestä mittauksesta.

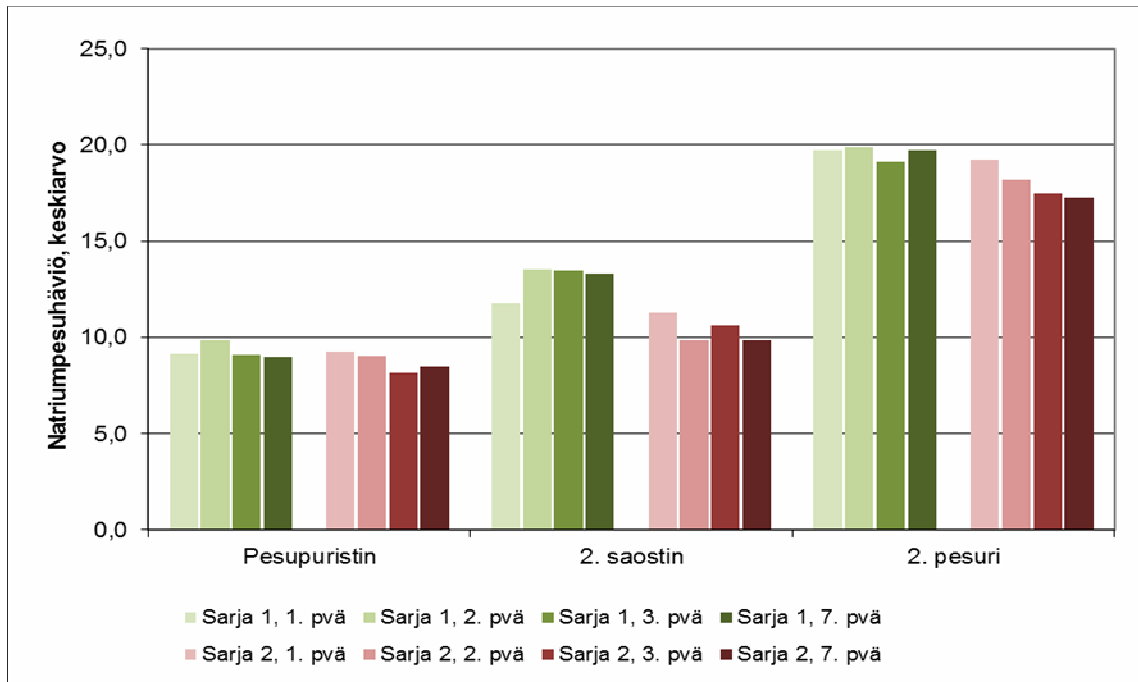
Jokaisesta koepisteestä tehtiin kaksi sarjaa, joista kumpikin tehtiin eri massaerästä. Tutkimuksen tulokset on esitetty kuvissa 5 ja 6. Kuvaajan tulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja, yksittäiset tulokset löytyvät liitteistä 4 ja 5.



Kuva 5 Varastointiajan vaikutus COD-pesuhäviöön

Kuvassa 5 näkyy COD-pesuhäviön muuttuminen kokeen aikana. Tuloksissa esiintyy vaihtelua, mutta ei voi varmaksi sanoa, johtuuko muutos COD-pesuhäviön kasvusta vai mittausepävarmuudesta.

Myös natriumpesuhäviö muuttui viikon varastoinnin aikana. Tulokset tästä on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6 Varastointiajan vaikutus natriumpesuhäviöön

Tuloksista on nähtävissä, että natriumpesuhäviö pienenee hieman varastointiajan kasvaessa. Myös natriumpesuhäviö on syytä mitata mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen.

6 Yhteenveto

Työssä tutkittiin SR-massan pesuhäviön korrelointia online-johtokyvyn kanssa. Lisäksi tutkittiin massanäytteen varastoinnin vaikutusta pesuhäviöön sekä märkehajakautuksen vaikutusta COD-pesuhäviöön.

Varastointiajalla ei havaittu olevan vaikutusta COD-pesuhäviöön. On mahdollista, että pitkä varastointiaika kuitenkin nostaa diffuusioliikkeen takia COD-pesuhäviötä massoilla, joiden kiintoainepitoisuus on pieni. Nyt tutkittujen näytteen saken sakeus oli 10 - 20 %. Natriumpesuhäviö pieneni viikon varastoinnin jälkeen, mutta normaalilla alle vuorokauden varastoinnilla ei siihen ole vaikutusta.

Käytetyllä hajotusajalla on merkittävä vaikutus COD-pesuhäviöön. Märkähajotukseen käytettävän ajan kasvattaminen minuutista viiteen minuuttiin nostaa pesuhäviötä jopa 40 %.

COD- ja natriumpesuhäviön välinen korrelaatiokerroin on 0,990, natriumpesuhäviön ja johtokyvyn välinen 0,989 ja COD-pesuhäviön ja johtokyvyn välinen 0,981. Otos on 85 mittausta, joten voidaan sanoa, että korrelaatio on tilastollisesti merkittävä ja korrelaatio eri pesutulosmittareiden välillä on merkittävä.

Tutkimuksen tuloksista voidaan todeta, että pesuhäviöiden välinen sekä pesuhäviöiden ja online-johtokyvyn välinen korrelaatio on riittävä, jotta voitaisiin siirtyä käyttämään COD-pesuhäviötä online-johtokyvyn rinnalla. Tulokset on otettu käyttöön tutkittavalla sellutehtalla 1.3.2011 alkaen.

Kuvat

Kuva 1 Märkähajotusajan vaikutus COD-pesuhäviöön, s. 16

Kuva 2 COD-pesuhäviön korrelointi natriumpesuhäviön kanssa, s. 17

Kuva 3 Natriumpesuhäviön ja online-johtokyvyn välinen riippuvuus, s. 18

Kuva 4 COD-pesuhäviön ja online-johtokyvyn välinen riippuvuus, s. 19

Kuva 5 Varastointiajan vaikutus COD-pesuhäviöön

Kuva 6 Varastointiajan vaikutus natriumpesuhäviöön

Lähteet

Dahl, O., Vuorenvirta K., Vuorinen, T., Sonni, H., Lähteenmäki, E., Kekkonen, J., Tervola, P., Ala-Kaila K. 2002. Massan pesu. KCL Notes 35. Seminaari 22.5.2002.

Lehtonen P. & Sihvonen M-L. 2004. Laboratorioalan analyttinen kemia. Opetushallitus (Edita). Helsinki.

Puusta paperiin M-404. Sellun pesu 1984. Metsäteollisuuden työnantajaliitto. Helsinki.

Seppälä, M., Klemetti, U., Kortelainen, V-A., Lyytikäinen, J., Siitonen H. & Siironen, R. 1999. Paperimassan valmistus. Opetushallitus. Helsinki.

Vuorenvirta, K. 1999. Pesuhäviön merkitys havusulfaattimassan happidelignifioidinnissa. KCL seloste 3.5.1999. Espoo.

Hajotusajan vaikutus COD-pesuhäviön tuloksiin

Pesupuristin						
hajotusaika/min	paperi, g	massa+paperi, g	massa, g	tilavuus, l	pitoisuus	COD
1	1,28	8,92	7,64	0,74	136	13,2
1	1,31	9,16	7,85	0,75	117	11,2
1	1,51	9,33	7,82	0,74	132	12,5
5	1,52	9,29	7,77	0,75	186	18
5	1,32	9,15	7,83	0,74	178	16,8
5	1,3	9,38	8,08	0,72	197	17,6
Kakkossaostaja						
hajotusaika/min	paperi, g	massa+paperi, g	massa, g	tilavuus, l	pitoisuus	COD
1	1,3	9,95	8,65	0,76	212	18,6
1	1,33	9,76	8,43	0,78	162	15
1	1,52	10,29	8,77	0,775	179	15,8
5	1,32	10,17	8,85	0,765	235	20,3
5	1,32	10,19	8,87	0,765	197	17
5	1,31	10,05	8,74	0,76	226	19,7
Kakkospesuri						
hajotusaika/min	paperi, g	massa+paperi, g	massa, g	tilavuus, l	pitoisuus	COD
1	1,46	11,92	10,46	0,78	343	25,6
1	1,46	11,89	10,43	0,76	393	28,6
1	1,36	11,84	10,48	0,765	362	26,4
5	1,32	11,75	10,43	0,76	376	27,4
5	1,33	11,58	10,25	0,745	487	35,4
5	1,28	11,64	10,36	0,755	472	34,4

Natriumpesuhäviön mittaustulokset

Paikka	Massakakku, g	Natrium	Na-pesuhäviö	Sakeus, %	Johtokyky
Pesupuristin	9,64	33	9,5	19,3	40
Pesupuristin	9,73	33	9,4	19,5	40
Pesupuristin	9,72	33	9,4	19,4	40
Pesupuristin	9,74	33	9,4	19,5	40
Pesupuristin	9,73	33	9,4	19,5	40
2. saostin	6,32	27	11,9	12,6	146
2. saostin	6,39	24	10,4	12,8	146
2. saostin	6,62	29	12,2	13,2	146
2. saostin	6,54	28	11,9	13,1	146
2. saostin	6,43	28	12,1	12,9	146
Pesupuristin	9,26	33	9,9	18,5	41
Pesupuristin	9,33	32	9,5	18,7	41
Pesupuristin	9,23	33	9,9	18,5	41
Pesupuristin	9,19	32	9,7	18,4	41
Pesupuristin	9,24	32	9,6	18,5	41
2. saostin	6,94	31	12,4	13,9	143
2. saostin	6,84	31	12,6	13,7	143
2. saostin	6,67	29	12,1	13,3	143
2. saostin	6,78	27	11,1	13,6	143
2. saostin	6,78	31	12,7	13,6	143
Pesupuristin	9,33	33	9,8	18,7	26
Pesupuristin	9,29	32	9,6	18,6	26
Pesupuristin	9,33	32	9,5	18,7	26
Pesupuristin	9,34	32	9,5	18,7	26
Pesupuristin	9,36	32	9,5	18,7	26
2. saostin	5,94	28	13,1	11,9	143
2. saostin	6,02	28	12,9	12,0	143
2. saostin	6,02	26	12,0	12,0	143
2. saostin	6,16	28	12,6	12,3	143
2. saostin	6,00	25	11,6	12,0	143
Pesupuristin	9,43	31	9,1	18,9	29
Pesupuristin	9,34	31	9,2	18,7	29
Pesupuristin	9,29	31	9,3	18,6	29
Pesupuristin	9,31	31	9,3	18,6	29
Pesupuristin	9,32	31	9,2	18,6	29
2. pesuri	6,62	42	17,6	13,2	443
2. pesuri	6,55	43	18,3	13,1	443
2. pesuri	6,60	43	18,1	13,2	443
2. pesuri	6,60	42	17,7	13,2	443
2. pesuri	6,56	42	17,8	13,1	443
2. saostin	6,26	27	12,0	12,5	141
2. saostin	6,55	26	11,0	13,1	141
2. saostin	6,45	27	11,6	12,9	141
2. saostin	6,47	26	11,2	12,9	141
2. saostin	6,52	27	11,5	13,0	141

LIITE 2
2 (2)

2. pesuri	0,80	7,44	6,64	43	18,0	13,3	411
2. pesuri	0,82	7,44	6,62	43	18,1	13,2	411
2. pesuri	0,83	7,51	6,68	42	17,5	13,4	411
2. pesuri	0,81	7,45	6,64	42	17,6	13,3	411
2. pesuri	0,83	7,45	6,62	42	17,6	13,2	411
2. pesuri	0,80	7,64	6,84	44	17,9	13,7	418
2. pesuri	0,76	7,60	6,84	44	17,9	13,7	418
2. pesuri	0,80	7,69	6,89	44	17,8	13,8	418
2. pesuri	0,80	7,66	6,86	43	17,4	13,7	418
2. pesuri	0,79	7,62	6,83	45	18,3	13,7	418
Pesupuristin	0,76	10,40	9,64	33	9,5	19,3	34
Pesupuristin	0,72	10,43	9,71	33	9,4	19,4	34
Pesupuristin	0,74	10,50	9,76	33	9,4	19,5	34
Pesupuristin	0,75	10,35	9,60	33	9,6	19,2	34
Pesupuristin	0,74	10,39	9,65	33	9,5	19,3	34
2. pesuri	0,74	7,52	6,78	45	18,5	13,6	471
2. pesuri	0,76	7,54	6,78	45	18,5	13,6	471
2. pesuri	0,75	7,55	6,80	45	18,4	13,6	471
2. pesuri	0,77	7,62	6,85	44	17,9	13,7	471
2. pesuri	0,77	7,56	6,79	44	18,0	13,6	471
2. saostin	0,76	7,07	6,31	25	11,0	12,6	150
2. saostin	0,73	7,16	6,43	28	12,2	12,9	150
2. saostin	0,77	7,11	6,34	25	11,0	12,7	150
2. saostin	0,73	6,97	6,24	24	10,7	12,5	150
2. saostin	0,75	6,94	6,19	23	10,4	12,4	150
2. pesuri	0,76	5,79	5,03	44	24,3	10,1	720
2. pesuri	0,72	5,64	4,92	44	24,8	9,8	720
2. pesuri	0,79	5,75	4,96	44	24,7	9,9	720
2. pesuri	0,75	5,85	5,10	45	24,6	10,2	720
2. pesuri	0,75	5,73	4,98	44	24,6	10,0	720
2. saostin	0,77	7,05	6,28	23	10,2	12,6	116
2. saostin	0,72	7,07	6,35	22	9,6	12,7	116
2. saostin	0,75	7,12	6,37	23	10,1	12,7	116
2. saostin	0,72	7,00	6,28	23	10,2	12,6	116
2. saostin	0,75	7,00	6,25	24	10,7	12,5	116
2. pesuri	1,28	5,78	4,50	47	29,0	9,0	1100
2. pesuri	1,29	5,94	4,65	47	28,1	9,3	1100
2. pesuri	1,30	5,99	4,69	47	27,9	9,4	1100
2. pesuri	1,31	5,90	4,59	48	29,1	9,2	1100
2. pesuri	1,30	5,80	4,50	47	29,0	9,0	1100

COD-pesuhäviön mittaustulokset

Paikka	Massakakku, g	Suodos, l	COD, mg/l	COD-pesuhäviö	Sakeus, %	Johtokyky
Pesupuristin	7,67	0,735	124	11,9	19,2	40
Pesupuristin	7,88	0,770	125	12,2	19,7	40
Pesupuristin	7,81	0,745	124	11,8	19,5	40
Pesupuristin	7,72	0,760	113	11,1	19,3	40
Pesupuristin	7,83	0,755	117	11,3	19,6	40
2. saostin	8,95	0,770	184	15,8	12,8	146
2. saostin	9,07	0,780	178	15,4	13,0	146
2. saostin	9,00	0,770	190	16,3	12,9	146
2. saostin	8,91	0,770	186	16,1	12,7	146
2. saostin	8,86	0,780	202	18,0	12,7	146
Pesupuristin	7,52	0,770	120	12,3	18,8	41
Pesupuristin	7,37	0,780	122	12,9	18,4	41
Pesupuristin	7,38	0,770	136	14,2	18,5	41
Pesupuristin	7,45	0,760	115	11,7	18,6	41
Pesupuristin	7,40	0,750	118	12,0	18,5	41
2. saostin	9,30	0,760	181	14,8	13,3	143
2. saostin	9,53	0,780	188	15,4	13,6	143
2. saostin	9,32	0,765	174	14,3	13,3	143
2. saostin	9,21	0,785	171	14,6	13,2	143
2. saostin	9,51	0,790	209	17,4	13,6	143
Pesupuristin	7,46	0,770	125	12,9	18,7	26
Pesupuristin	7,39	0,770	118	12,3	18,5	26
Pesupuristin	7,50	0,780	108	11,2	18,8	26
Pesupuristin	7,41	0,770	110	11,4	18,5	26
Pesupuristin	7,44	0,770	113	11,7	18,6	26
2. saostin	8,55	0,760	200	17,8	12,2	143
2. saostin	8,35	0,800	184	17,6	11,9	143
2. saostin	8,78	0,780	183	16,3	12,5	143
2. saostin	8,36	0,770	183	16,9	11,9	143
2. saostin	8,35	0,800	155	14,9	11,9	143
Pesupuristin	7,49	0,750	111	11,1	18,7	29
Pesupuristin	7,46	0,740	132	13,1	18,7	29
Pesupuristin	7,45	0,770	120	12,4	18,6	29
Pesupuristin	7,47	0,770	106	11,0	18,7	29
Pesupuristin	7,40	0,770	106	11,0	18,5	29
2. pesuri	9,26	0,790	362	30,9	13,2	443
2. pesuri	9,16	0,810	367	32,5	13,1	443
2. pesuri	9,16	0,800	365	31,9	13,1	443
2. pesuri	9,17	0,790	350	30,2	13,1	443
2. pesuri	9,14	0,790	367	31,7	13,1	443
2. saostin	8,99	0,765	184	15,7	12,8	141
2. saostin	9,21	0,780	176	14,9	13,2	141
2. saostin	8,84	0,795	172	15,5	12,6	141
2. saostin	8,93	0,790	169	15,0	12,8	141
2. saostin	8,93	0,800	171	15,3	12,8	141

LIITE 3
2 (2)

2. pesuri	1,36	10,60	9,24	0,790	353	30,2	13,2	411
2. pesuri	1,54	10,82	9,28	0,795	339	29,0	13,3	411
2. pesuri	1,36	10,68	9,32	0,780	332	27,8	13,3	411
2. pesuri	1,34	10,62	9,28	0,790	325	27,7	13,3	411
2. pesuri	1,53	10,84	9,31	0,785	336	28,3	13,3	411
2. pesuri	1,31	10,87	9,56	0,785	364	29,9	13,7	418
2. pesuri	1,35	10,90	9,55	0,760	372	29,6	13,6	418
2. pesuri	1,55	11,08	9,53	0,770	362	29,2	13,6	418
2. pesuri	1,25	10,81	9,56	0,780	352	28,7	13,7	418
2. pesuri	1,34	10,84	9,50	0,760	381	30,5	13,6	418
Pesupuristin	1,32	8,91	7,59	0,750	118	11,7	19,0	34
Pesupuristin	1,52	9,19	7,67	0,770	113	11,3	19,2	34
Pesupuristin	1,27	9,05	7,78	0,765	106	10,4	19,5	34
Pesupuristin	1,35	9,10	7,75	0,750	111	10,7	19,4	34
Pesupuristin	1,3	8,98	7,68	0,760	118	11,7	19,2	34
2. pesuri	1,28	10,87	9,59	0,770	383	30,8	13,7	471
2. pesuri	1,49	11,06	9,57	0,795	371	30,8	13,7	471
2. pesuri	1,29	10,67	9,38	0,775	358	29,6	13,4	471
2. pesuri	1,31	10,72	9,41	0,780	348	28,8	13,4	471
2. pesuri	1,48	10,95	9,47	0,775	353	28,9	13,5	471
2. saostin	1,34	9,65	8,31	0,775	162	15,1	11,9	150
2. saostin	1,29	9,65	8,36	0,775	171	15,9	11,9	150
2. saostin	1,28	9,43	8,15	0,770	167	15,8	11,6	150
2. saostin	1,30	9,96	8,66	0,795	162	14,9	12,4	150
2. saostin	1,50	9,59	8,09	0,780	151	14,6	11,6	150
2. pesuri	1,29	8,30	7,01	0,800	329	37,5	10,0	720
2. pesuri	1,30	8,25	6,95	0,795	343	39,2	9,9	720
2. pesuri	1,31	8,30	6,99	0,795	338	38,4	10,0	720
2. pesuri	1,33	8,33	7,00	0,810	331	38,3	10,0	720
2. pesuri	1,52	8,57	7,05	0,765	350	38,0	10,1	720
2. saostin	1,27	9,83	8,56	0,780	148	13,5	12,2	116
2. saostin	1,52	10,40	8,88	0,775	148	12,9	12,7	116
2. saostin	1,30	10,10	8,80	0,800	148	13,5	12,6	116
2. saostin	1,51	10,11	8,60	0,810	155	14,6	12,3	116
2. saostin	1,29	10,16	8,87	0,770	169	14,7	12,7	116
2. pesuri	1,26	7,73	6,47	0,800	381	47,1	9,2	1100
2. pesuri	1,33	7,70	6,37	0,790	371	46,0	9,1	1100
2. pesuri	1,29	7,72	6,43	0,810	362	45,6	9,2	1100
2. pesuri	1,30	7,75	6,45	0,780	418	50,5	9,2	1100
2. pesuri	1,48	7,90	6,42	0,800	383	47,7	9,2	1100

Varastointiajan vaikutus COD-pesuhäviöön

Pesupuristin

Massaerä/ sarja	Pvm	Massa- kaku, g	Suodoksen tilavuus, l	COD, mg/l	Pesuhäviö	Sakeus, %
1	4.10.2010	10,33	0,705	148	10,1	20,7
1	4.10.2010	10,49	0,735	162	11,4	21,0
1	4.10.2010	10,50	0,760	150	10,9	21,0
1	5.10.2010	8,31	0,715	167	14,4	20,8
1	5.10.2010	8,27	0,680	197	16,2	20,7
1	5.10.2010	8,29	0,750	153	13,8	20,7
1	6.10.2010	8,36	0,710	138	11,7	20,9
1	6.10.2010	8,36	0,715	125	10,7	20,9
1	6.10.2010	8,28	0,735	124	11,0	20,7
1	11.10.2010	8,35	0,720	164	14,1	20,9
1	11.10.2010	8,38	0,725	131	11,3	21,0
1	11.10.2010	8,31	0,735	160	14,2	20,8
2	7.10.2010	8,19	0,730	134	11,9	20,5
2	7.10.2010	8,27	0,720	136	11,8	20,7
2	7.10.2010	8,36	0,780	129	12,0	20,9
2	8.10.2010	8,25	0,740	138	12,4	20,6
2	8.10.2010	8,16	0,710	141	12,3	20,4
2	8.10.2010	8,22	0,735	134	12,0	20,6
2	9.10.2010	8,28	0,725	127	11,1	20,7
2	9.10.2010	8,26	0,715	139	12,0	20,7
2	9.10.2010	8,21	0,740	138	12,4	20,5
2	14.10.2010	8,17	0,740	120	10,9	20,4
2	14.10.2010	8,18	0,735	120	10,8	20,5
2	14.10.2010	8,19	0,730	122	10,9	20,5

Kakkossaostin

Massaerä/ sarja	Pvm	Massa- kaku, g	Suodoksen tilavuus, l	COD, mg/l	Pesuhäviö	Sakeus, %
1	4.10.2010	9,62	0,755	191	15,0	13,7
1	4.10.2010	8,77	0,780	167	14,9	12,5
1	4.10.2010	9,01	0,745	195	16,1	12,9
1	5.10.2010	9,19	0,740	179	14,4	13,1
1	5.10.2010	9,01	0,725	207	16,7	12,9
1	5.10.2010	8,91	0,720	221	17,9	12,7
1	6.10.2010	9,18	0,730	221	17,6	13,1
1	6.10.2010	9,22	0,745	238	19,2	13,2
1	6.10.2010	9,04	0,765	207	17,5	12,9
1	11.10.2010	8,58	0,780	207	18,8	12,3
1	11.10.2010	8,49	0,755	216	19,2	12,1
1	11.10.2010	8,59	0,775	216	19,5	12,3
2	7.10.2010	9,68	0,740	179	13,7	13,8
2	7.10.2010	9,21	0,770	174	14,5	13,2

2	7.10.2010	8,81	0,735	191	15,9	12,6
2	8.10.2010	8,78	0,750	190	16,2	12,5
2	8.10.2010	9,34	0,765	198	16,2	13,3
2	8.10.2010	9,04	0,760	178	15,0	12,9
2	9.10.2010	8,79	0,740	211	17,8	12,6
2	9.10.2010	8,47	0,790	184	17,2	12,1
2	9.10.2010	8,61	0,745	188	16,3	12,3
2	14.10.2010	8,97	0,770	176	15,1	12,8
2	14.10.2010	8,64	0,750	198	17,2	12,3
2	14.10.2010	8,83	0,775	190	16,7	12,6

Kakkospesuri

Massaerä/ sarja	Pvm	Massa- kaku, g	Suodoksen tilavuus, l	COD, mg/l	Pesuhäviö	Sakeus, %
1	4.10.2010	10,58	0,775	383	28,1	15,1
1	4.10.2010	10,02	0,750	435	32,6	14,3
1	4.10.2010	10,02	0,740	402	29,7	14,3
1	5.10.2010	9,61	0,725	390	29,4	13,7
1	5.10.2010	9,59	0,745	385	29,9	13,7
1	5.10.2010	9,71	0,710	440	32,2	13,9
1	6.10.2010	8,68	0,765	379	33,4	12,4
1	6.10.2010	9,29	0,755	409	33,2	13,3
1	6.10.2010	9,00	0,780	367	31,8	12,9
1	11.10.2010	9,29	0,775	345	28,8	13,3
1	11.10.2010	9,11	0,810	371	33,0	13,0
1	11.10.2010	9,08	0,765	348	29,3	13,0
2	7.10.2010	9,72	0,790	360	29,3	13,9
2	7.10.2010	9,21	0,765	357	29,7	13,2
2	7.10.2010	9,12	0,775	318	27,0	13,0
2	8.10.2010	9,56	0,790	346	28,6	13,7
2	8.10.2010	9,44	0,780	327	27,0	13,5
2	8.10.2010	9,17	0,790	355	30,6	13,1
2	9.10.2010	9,10	0,760	362	30,2	13,0
2	9.10.2010	9,13	0,750	372	30,6	13,0
2	9.10.2010	9,10	0,780	345	29,6	13,0
2	14.10.2010	8,86	0,770	322	28,0	12,7
2	14.10.2010	8,87	0,785	357	31,6	12,7
2	14.10.2010	8,82	0,775	332	29,2	12,6

Varastointiajan vaikutus natriumpesuhäviöön

Pesupuristin

Massaerä/ sarja	Pvm	Massa- kaku, g	Natrium	Pesuhäviö	Sakeus, %
1	4.10.2010	10,44	34	9,1	20,9
1	4.10.2010	10,44	35	9,3	20,9
1	4.10.2010	10,40	34	9,1	20,8
1	5.10.2010	10,35	37	9,9	20,7
1	5.10.2010	10,40	37	9,9	20,8
1	5.10.2010	10,45	37	9,8	20,9
1	6.10.2010	10,38	35	9,4	20,8
1	6.10.2010	10,40	33	8,8	20,8
1	6.10.2010	10,39	34	9,1	20,8
1	11.10.2010	11,25	37	9,1	21,0
1	11.10.2010	11,36	36	8,8	21,2
1	11.10.2010	11,37	37	9,0	21,2
2	7.10.2010	10,36	35	9,4	20,7
2	7.10.2010	10,78	35	9,0	21,6
2	7.10.2010	10,63	36	9,4	21,3
2	8.10.2010	10,35	34	9,1	20,7
2	8.10.2010	10,36	34	9,1	20,7
2	8.10.2010	10,34	33	8,9	20,7
2	9.10.2010	11,94	33	7,7	22,5
2	9.10.2010	11,07	33	8,3	20,6
2	9.10.2010	10,91	33	8,4	20,5
2	14.10.2010	11,05	34	8,6	22,1
2	14.10.2010	11,17	33	8,2	22,3
2	14.10.2010	10,72	33	8,6	21,4

Kakkossaostin

Massaerä/ sarja	Pvm	Massa- kaku, g	Natrium	Pesuhäviö	Sakeus, %
1	4.10.2010	6,43	25	10,8	12,9
1	4.10.2010	6,53	25	10,6	13,1
1	4.10.2010	6,38	32	13,9	12,8
1	5.10.2010	6,54	30	12,8	13,1
1	5.10.2010	6,56	32	13,6	13,1
1	5.10.2010	6,45	33	14,2	12,9
1	6.10.2010	6,09	27	12,3	13,7
1	6.10.2010	5,75	30	14,5	11,5
1	6.10.2010	6,49	32	13,7	13,0
1	11.10.2010	6,16	29	13,1	12,3
1	11.10.2010	6,23	29	12,9	12,5
1	11.10.2010	6,21	31	13,9	12,4
2	7.10.2010	6,47	24	10,3	12,9

2	7.10.2010	6,19	25	11,2	12,4
2	7.10.2010	6,55	29	12,3	13,1
2	8.10.2010	6,28	23	10,2	12,6
2	8.10.2010	5,66	21	10,3	11,3
2	8.10.2010	5,87	19	9,0	11,7
2	9.10.2010	6,33	28	12,3	12,7
2	9.10.2010	6,18	22	9,9	12,4
2	9.10.2010	6,30	22	9,7	12,6
2	14.10.2010	6,33	22	9,7	12,7
2	14.10.2010	5,95	22	10,3	11,9
2	14.10.2010	6,35	22	9,6	12,7

Kakkospesuri

Massaerä/ sarja	Pvm	Massa- kaku, g	Natrium	Pesuhäviö	Sakeus, %
1	4.10.2010	7,02	47	18,6	14,0
1	4.10.2010	7,25	53	20,3	14,5
1	4.10.2010	7,00	51	20,3	14,0
1	5.10.2010	6,88	48	19,4	14,2
1	5.10.2010	6,88	49	19,8	13,8
1	5.10.2010	7,08	52	20,4	13,1
1	6.10.2010	6,56	46	19,5	13,1
1	6.10.2010	6,51	45	19,2	13,0
1	6.10.2010	6,08	41	18,7	12,1
1	11.10.2010	6,59	46	19,4	13,2
1	11.10.2010	6,56	47	19,9	13,1
1	11.10.2010	6,58	47	19,9	13,2
2	7.10.2010	6,89	47	19,0	13,8
2	7.10.2010	6,65	48	20,1	13,3
2	7.10.2010	6,62	44	18,5	13,2
2	8.10.2010	6,47	42	18,0	12,9
2	8.10.2010	6,59	42	17,7	13,2
2	8.10.2010	6,35	43	18,8	12,7
2	9.10.2010	6,51	41	17,5	13,0
2	9.10.2010	6,43	41	17,7	12,9
2	9.10.2010	6,58	41	17,3	13,2
2	14.10.2010	6,82	41	16,7	13,6
2	14.10.2010	6,30	40	17,7	12,6
2	14.10.2010	6,40	40	17,4	12,8