

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Imatra
Paperitekniikan koulutusohjelma

Jonne Tuononen

NDC-MITTAREIDEN HYÖDYNTÄMINEN LAADUN- SÄÄDÖSSÄ

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Jonne Tuononen

NDC-mittareiden hyödyntäminen laadunsäädössä, 53 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, Paperitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö, 2010

Työn valvoja: Yliopettaja, TkT Pasi Rajala, Saimaan ammattikorkeakoulu

Työn ohjaaja: Teknologiapäällikkö, DI Pekka Niemi, Stora Enso Ingerois Oy

Tässä työssä tutkittiin Stora Enson Inkeröiden kartonkitehtaalla käytettävien NDC-sakeusantureiden toimintaa ja kalibrointikäytäntöä. Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka viiraosan NDC-sakeusmittauslaitteiston kalibrointi tulee suorittaa, ja tutkia, kuinka kudosten likaantuminen vaikuttaa mittaustuloksiin.

Työn teoriaosassa on esitetty monikerroskartonkikoneen rainanmuodostusosan toimintaa, sakeuden online-mittaamista viiraosalla sekä antureiden kalibrointia yleisesti.

Kokeellisessa osiossa selvitettiin antureiden kalibrointikäytäntö haastatteleamalla kudostoimittajan edustajaa sekä tutkimalla laitetoimittajan ohjeita kalibroinnin suorittamiseksi. Viiran likaantumista tutkittiin seuraamalla kiinteästi asennetun NDC-anturin mittaustuloksia normaalin tuotannon aikana. Tämän lisäksi opinnäytetyön aikana suoritettiin sakeusmittauksia eri valmistajien kannettavilla sakeusmittareilla.

Työssä tehtyjen mittausten perusteella voidaan todeta kiinteästi asennetun anturin toiminta sekä mittauksen pysyvyys. Viiran likaantumisen ei koettu vaikuttavan sakeusmittauksiin, tehtaan tiheiden pesuseisokkien johdosta.

Asiasanat: NDC, online-sakeusmittaus, liitossakeus, kalibrointi.

ABSTRACT

Jonne Tuononen

NDC-Sensor Utilization in Quality Control, 53 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Degree Programme in Paper Technology

Bachelor's Thesis 2010

Tutor: Dr Pasi Rajala, DSc (Tech.), Principal Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

Instructors: Mr Pekka Niemi, MSc, Technology Manager, Stora Enso Ingerois Oy

The work concentrated on researching the function and calibration policy of NDC-consistency meter, used in Stora Enso Ingerois board mill. The main target of the thesis was to find out the right way to calibrate consistency meter used in the mill and to explore how contamination of the wire affects consistency measurements.

In the theoretical section of the work is introduced the function of forming section of multilayer board machine, online consistency measurement in wire section and the calibration of sensors as common.

In the experimental section of the work is sorted out the right calibration policy of consistency meter by interviewing the fabric supplier and by exploring the instructions of equipment supplier. The contamination of the wire fabric was studied by monitoring the measurements of fixed point NDC-gamma gauge during the production. In addition, three consistency measurements were done with portable consistency meters from different manufacturers.

Based on the consistency measurements done during this thesis, the function of fixed point NDC gamma gauge can be confirmed. The contamination of the wire was discovered not to affect on consistency measurements, due to frequently performed fabric cleaning in the mill.

Keywords: NDC, Online Consistency Measurement, Bonding Consistency, Calibration.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 STORA ENSO OYJ INKEROISTEN KARTONKITEHDAS.....	7
2.1 Tuotteet	8
2.2 Konejärjestelmä.....	9
2.2.1 Perälaatikot ja viiraosa.....	10
2.2.2 Puristinosa	12
2.2.3 Kuivatusosa	13
2.2.4 Päälystysosa, kalanteri ja rullaus	14
3 TAIVEKARTONKI	15
3.1 Taivekartongin rakenne	15
3.2 Taivekartongin kriittiset ominaisuudet	16
3.2.1 Mekaaniset ja toiminnalliset ominaisuudet.....	17
3.2.2 Visuaaliset ominaisuudet	18
3.2.3 Muut ominaisuudet.....	18
3.3 Taivekartongin käyttökohteet.....	19
4 MONIKERROSKARTONKIKONE	19
4.1 Rainanmuodostusosa.....	21
4.2 Tasoviiran vedenpoiston teoria.....	21
4.2.1 Tasoviiran vedenpoistoelimet	22
4.2.2 Hybridiformerin vedenpoisto	25
4.3 Vedenpoiston mittaaminen NDC-mittarin avulla	26
4.4 Kerrosten liitoskosteudet	27
5 SAKEUDEN ONLINE-MITTAAMINEN VIIRAOSALLA	27
5.1 Kuiva-ainepitoisuuden mittaaminen NDC-mittarilla	28
5.2 NDC-anturin rakenne	29
5.3 Mittauksen periaate	30
5.4 NDC-mittauksen hyödyntäminen.....	31
5.5 NDC-antureiden sijoitus.....	32
5.6 Jatkuva skannaus.....	33
5.7 Kiinteä asennus.....	34
5.8 Siirrettävä mittari	35
5.9 Muita sakeusmittareita.....	35
6 KALIBROINTI.....	36
6.1 Kalibroinnin periaate.....	37
6.2 Sakeusmittauslaitteiston kalibrointi.....	38
7 TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS	39
8 TYÖN SUORITUS	40
9 MITTAREIDEN KALIBROINTI	40
9.1 Viirapainon määrittäminen.....	41
9.2 Viiran kuluminen.....	44
10 KUDOSTEN LIKAANTUMISEN VAIKUTUS	45
11 KANNETTAVALLA MITTARILLA TEHDYT VERTAILUMITTAUKSET	47
12 YHTEENVETO.....	49
13 EHDOTUS MENETTELYSTÄ JATKOSSA	50
KUVAT	51
KUVIOT	51
TAULUKOT	51
LÄHTEET	52

LIITTEET

Liite 1 NDC 104-anturin kalibrointiohje

Liite 2 Kannettavalla mittarilla tehdyt sakeusmittaukset viiraosalla

1 JOHDANTO

Taivekartongit ovat tyypillisiä monikerroskartonkeja, joissa on tavallisimmin kolme rakenteellista kerrosta. Monikerrosrakenteella pystytään muodostamaan jokaiselle kerrokselle yksilölliset ominaisuudet ja samalla säästämään raaka-ainekustannuksissa sijoittamalla eri kerroksiin juuri sen kerroksen tarpeisiin sopivaa massaa.

Inkeröisten kartonkitehtaalla keskikerroksen raaka-aineena käytetään painehioketta ja tehtaan omaa hylkyä. Hiokkeen käytöllä keskikerroksessa saavutetaan korkea bulkkisuus, joka muodostaa kartongille sen jäykän olemuksen. Pintakerroksissa käytetään valkaistua sellua, joka tekee kartongin pinnasta lujan ja muodostaa yhdessä päällysteen kanssa hyvät pinta-ominaisuudet.

Monikerroskartonkien valmistuksessa erillisrainauksen yhteydessä joutuu aina tekemisiin kerrostenvälisen liitossakeuden kanssa. Koska kerrostenvälinen liitossakeus vaikuttaa suuresti kerrosten väliseen palstautumislujuuteen, on tarkkojen liitossakeuksien tietäminen ensiarvoisen tärkeää hyvän palstautumisen saavuttamiseksi. Viiraosan liitossakeuksien ja vedenpoiston mittaamista varten Inkeröisten kartonkitehtaalla on käytössä gammasäteilyn takaisinsirontaan perustuva NDC-mittari. NDC-anturi sijoitetaan viiran alle siten, että se koskettaa kevyesti viiraa. Koska NDC-anturi mittaa kaiken yläpuolellaan olevan, tulee myös viiran märkäpaino tuntea mittauksia tehtäessä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, kuinka NDC-mittareiden kalibrointi tulisi suorittaa ja erityisesti kuinka mittauksissa käytettävä märkäviirapaino tulisi määrittää. Työssä myös tutkitaan lisämassojen aiheuttamaa viirojen likaantumista ja viiran likaantumisen vaikutusta sakeusmittaustuloksiin. Työ suoritettiin keräämällä tietoa Inkeröisten kartonkitehtaalta, toimittajilta sekä suorittamalla sakeusmittauksia kannettavalla mittarilla.

2 STORA ENSO OYJ INKEROISTEN KARTONKITEHDAS

Inkeröisten kartonkitehdas sijaitsee Kymijoen varrella Anjalankoskella Kymenlaaksossa. Tehdas kuuluu Stora Enson Anjalankosken tehtaisiin yhdessä Anjalankosken paperitehtaan kanssa.

Inkeröisten kartonkitehdas valmistaa korkealuokkaista taivekartonkia kartonkikone 4:llä (KK4), joka käynnistettiin vuonna 1965 ja uudistettiin vuosina 1990 ja 2009. Vuoden 1990 uudistuksen yhteydessä hankittiin Anjalan paperitehtaan yhteydessä olevaan painehiomoon lisää kapasiteettia palvelemaan Inkeröisten kartonkitehtaan lisääntyneitä raaka-ainetarvetta. Uusintojen ja kehitystyön seurauksena on KK4:n kapasiteetti saatu nousemaan 205 000 tonniin vuodessa. Ennen KK4:sta toiminnassa ovat olleet KK1 (1897-1978), KK2 (1899-1979) ja KK3 (1926-1990). KK1 oli ensimmäinen jatkuvatoiminen kartonkikone Suomessa ja se on entisöity vuonna 1997 tehdasmuseoksi, joka on avoinna yleisölle. (IK.)

KK4:n tuotantotehokkuus on maailman kärkiluokkaa ja tehtaan tuotteet omaavat korkealuokkaiset ominaisuudet kuluttajapakkausteollisuuden tarpeisiin. Kartonkikone 4:llä valmistetaan kolmikerroksista (pinta-, runko- ja selkäkerros) taivekartonkia, jossa on enintään kolme päällystyskerrosta (esi-, pinta- ja selkäpäällyste). Kartongin raaka-aineena pintakerroksessa käytetään koivusellua, selkäkerroksessa koivu- ja mäntysellua ja runkokerroksessa painehioketta ja koneen omaa tai ostohylkyä sekä tarvittaessa lisämassaa. Kartonkien neliömassat ovat alueella 190–380 g/m² riippuen lajista. (IK.)

Inkeröisten kartonkitehtaan taivekartongista 95 % menee vientiin ulkomaille. Suurin ja merkittävin markkina-alue on Eurooppa, jonne viedään 85 % valmiista taivekartongista. Euroopan sisällä tärkeimmät vientimaat ovat Saksa ja Espanja. (IK.)

2.1 Tuotteet

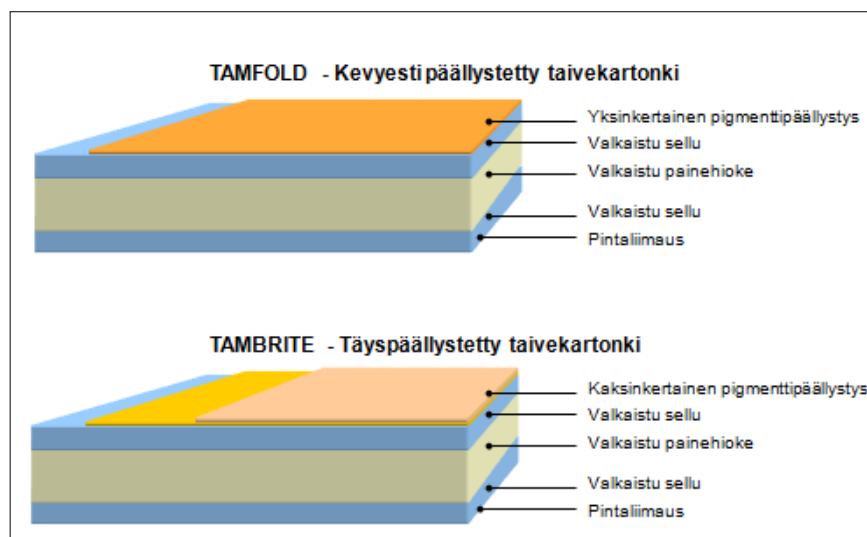
Taivekartonkia tuotetaan Inkeroisissa nykyään kahta eri lajia, joita käytetään pääasiassa elintarvike-, kosmetiikka-, lääke- ja savuketeollisuuden pakkausmateriaaleina. Lajien kehityksessä on pyritty huomioimaan kartonkikoneen tehokas ja taloudellinen käyttö, jonka vuoksi lajit eroavat toisistaan vain pintakerrosten päällystysten osalta. Molempien valmistettävien kartonkilajien vaatimuksena on erinomainen ulkonäkö, suojausominaisuus ja tuotepuhtaus valmiina tuotteena.

Tuotetut kartonkilajit ovat

- TAMBRITE (TB), jossa on esi- ja pintapäällyste
- TAMFOLD (TF), jossa on vain pintapäällyste.

Tuotteet liimataan ASA-massaliimauksella, jonka lisäksi osa tuotteista liimataan voimakkaammin (HS-laji = hardsized). ASA:lla tehtyä hydrofobiliimausta tarvitaan tuotteissa, jotka joutuvat tekemisiin kosteuden kanssa (esim. pakasteet).

Kuvassa 2.1 esitetään valmistettävien kartonkilajien rakennetta.

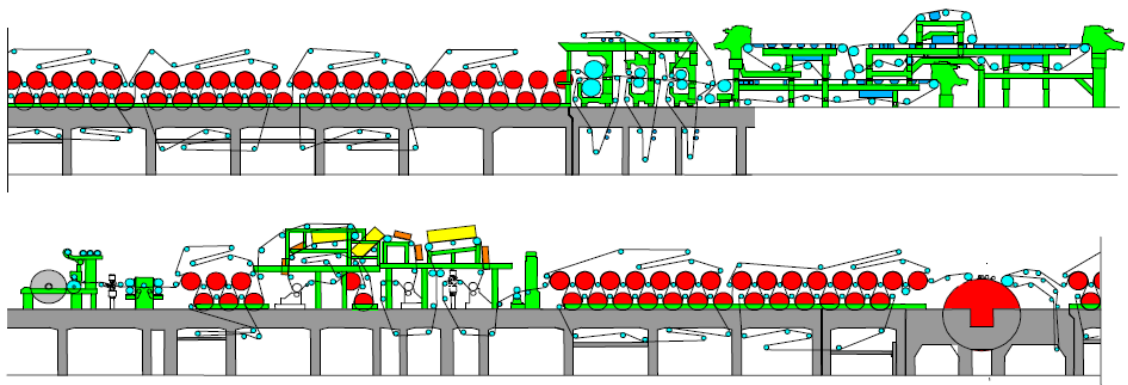


Kuva 2.1 Inkeroisten kartonkitehtaalla valmistettavat taivekartonkilajit (IK)

2.2 Konejärjestelmä

Kolmikerroskartongin jokaisella kolmella kerroksella on omat massa- ja nolla-vesilinjat, lyhyet kierrot ja rainanmuodostusosat. Myös kemikaaleilla ja lisäaineilla on jokaista kerrosta varten omat annostelulinjansa. Kartongin pintakerros muodostetaan tasoviiralla valkaistusta koivusulfaattisellusta. Selkäkerroksesta suurin osa on valkaistua koivusulfaattisellua ja osa pidempikuituista valkaistua mäntysulfaattisellua. Pinta- ja selkäkerrokset ovat neliömassaltaan lähes samat kaikilla neliömassoilla, sen sijaan runkokerroksen (keskikerros) neliömassa vaihtelee kartongin neliömassan muuttuessa. Koska runkokerros on erityisesti painavimmilla lajeilla hyvin raskas, on siitä poistettava viiraosalla paljon vettä. Tämän vuoksi on runkokerroksen tasoviiran päälle sijoitettu MB-formeri, jolla voidaan poistaa vettä myös ylöspäin. Runkokerroksesta on noin 70 % painehioketta ja loput taivekartongin valmistuksessa syntyvää hylkyä. Tuotantomäärien kasvaessa on tultu tilanteeseen, missä voi ajoittain esiintyä hiokepulaa. (Niemi 2006.)

Seuraava kuva 2.2 esittää kartonkikoneen yksinkertaistettua sivukuvaa. Viimeisessä 9. kuivausryhmässä, joka sijaitsee päällystysosan jälkeen, on kuvasta poiketen nykyään vain neljä kuivatussylinteriä kuvan kuuden sijaan.



Kuva 2.2 Kartonkikone 4 (IK)

2.2.1 Perälaatikot ja viiraosa

Kaikilla kolmella kerroksella on omat reikäperälaatikot ja tasoviirat, joiden lisäksi runkokerroksella on myös yläpuolinen MB-formeri tehostamassa vedenpoistoa ja parantamassa formaatiota. MB-formeri poistaa paksusta runkokerroksesta vettä ylöspäin ja lisää näin viiraosan vedenpoistokapasiteettia. Pintaviiran kulkuun on vastakkainen konesuuntaan nähden, mikä tarkoittaa, että pintakerroksen viirapuoli on sama kuin valmiin kartongin pintapuoli. Kuva 2.3 esittää pintaviiraa ja runkoviiraa formerin jälkeen, jossa pintakerros (vasemmalla) ja runkokerros (oikealla) kohtaavat ja jatkavat matkaa yhdistettyinä alaspäin selkäviiralle (ei näy kuvassa).



Kuva 2.3 Pintakerroksen ja runkokerroksen liitoskohta

Runkokerroksen reikäperälaatikko on varustettu poikkiprofiilin säätölaitteilla, joita koneen laadunsäätöjärjestelmä säätää. Runkokerroksen perälaatikon yläpuoliset toimilaitteet säätävät huuliaukkoa. Perälaatikon päällä näkyvästä näyttöpäätteestä voi nähdä poikkiprofiilin paikan päällä.

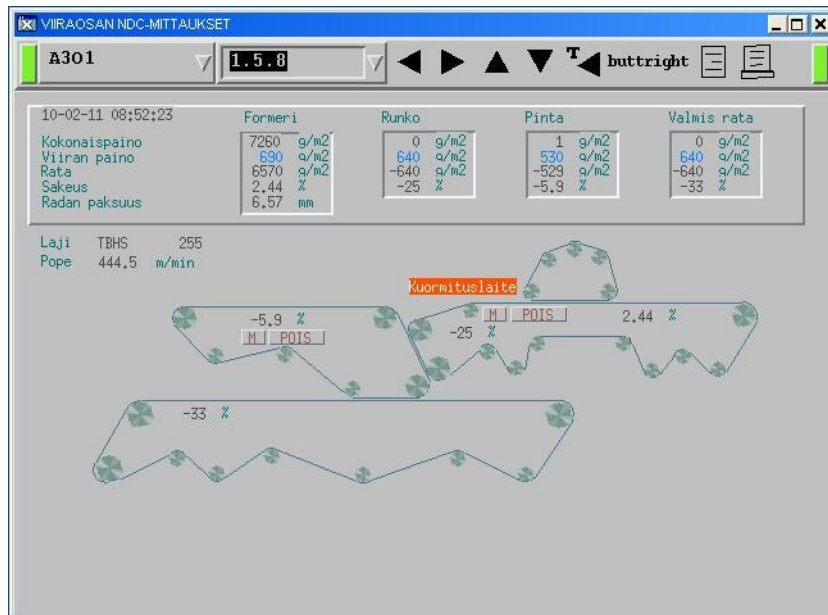
Selkäviiran alkuosalla muodostetaan ohut selkäkerros, johon huopautustelalla liitetään pintaviiraa pitkin yhdessä ylhäältä tulevat pinta- ja keskikerros. Kun kaikki kolme kerrosta on yhdistetty, ne kulkevat selkäviiran tasoimulaatikoiden

yli imutelalle, jonka jälkeen noin 20 % kuiva-ainepitoinen kartonki siirretään pickup-puristimella puristinosalle (kuva 2.4).



Kuva 2.4 Viiraosan ja puristinosan raja (vasemmalla pickup-tela)

Kiinteitä NDC-antureita on viiraosilla yhteensä 4 kappaletta, mutta niistä oli toiminnassa opinnäytetyön tekohetkellä vain yksi. Toimiva anturi oli sijoitettu runkoviiraosalle ennen yläpuolista MB-formeria. Kuvasta 2.5, joka on DNA-koneohjauslogiikan näyttökuva, käy ilmi NDC-antureiden sijoituskohteet ja tallennushetkellä mitatut kuiva-ainepitoisuudet. NDC-anturit mittaavat eri massakerrosten neliöpainoja, joiden perusteella voidaan laskea mitattujen massakerrosten kuiva-ainepitoisuudet mittauskohdeessa.

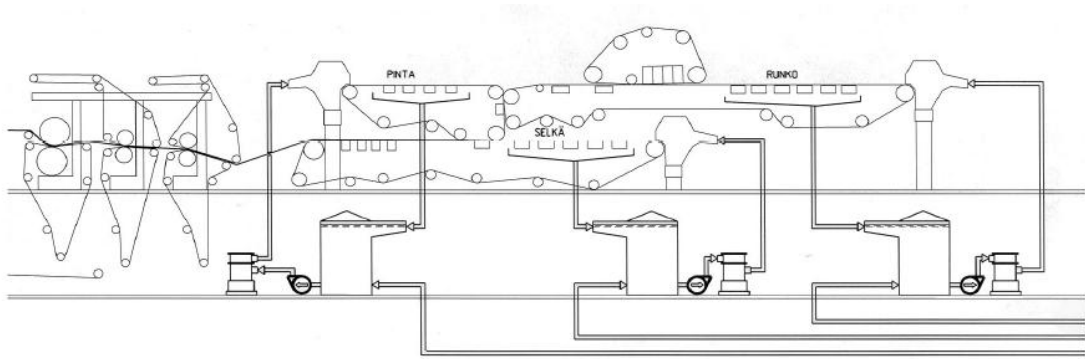


Kuva 2.5 NDC-antureiden mittauskohdat viiraosilla

2.2.2 Puristinosa

Kartonkikoneen puristinosa on tyypillinen taivekartonkikoneen puristinosa, joita rakennettiin 90-luvulla. Viiraosan ja puristinosa välille on lisätty pickup-tela, joka antaa suljetun radanviennin viiraosalta puristinosaalle. Pickupin avulla säästettyjä hyötyjä ovat muun muassa vähentyneet katkoriskit ja pienentyneet jäykkyysuhteet kone- ja poikkisuuntaisissa taivutusjäykkyyksissä.

Puristinossassa on kolme puristusnippiä. Ensimmäisessä nipissä käytetään sekä ylä- että alahuopaa. Ylätela on sokeaporattu kumipäällysteinen tela ja alatelana on imutela. Toinen nippi eroaa ensimmäisestä nipistä telojensa takia; molemmat telat ovat sokeaporattuja, jonka lisäksi ylätela on taipuma-kompensoitu. Kolmannen puristimen ylätela on sileä, eikä siinä ole ylähuopaa. Telat ovat halkaisijaltaan suuria ja puristin on ns. pitkänippipuristin. Kuva 2.6 esittää kartonkikoneen alkupäätä perälaatikoista puristinosaan.



Kuva 2.6 Kartonkikoneen perälaatikot, viiraosat ja puristinosa (IK)

2.2.3 Kuivatusosa

Kartonkikoneen kuivatusosalla on 7 varsinaista kuivatusryhmää, joiden lisäksi koneessa on vielä kaksi päällysteen kuivatusryhmää; 8. kuivatusryhmä kahden ensimmäisen päällystysyksikön jälkeen ja 9. kuivatusryhmä kolmannen selkäpuolta päällystävän yksikön jälkeen. Kuivatusryhmillä on kahdessa kerroksessa yhteensä 73 kuivatussylinteriä, joiden halkaisijat ovat noin 1500 mm. Tämän lisäksi viidennen kuivatusryhmän jälkeen koneessa sijaitsee suuri jenkkisylinteri, jonka tarkoituksena on siloittaa ja kiillottaa kartongin pintaa. Jenkkisylinterin avulla säästetään paksuutta ja bulkisuutta, koska rainan kiillotus tapahtuu lämmön läsnäollessa ilman puristusta toisin kuin kalanteriratkaisuissa. Kuva 2.7 esittää jenkkisylinteriä, joka on ns. alapuolista rakennetta; kartongin pintapuoli on koneessa yläpuolella, joten jenkin huuva on koneessa alapuolella.



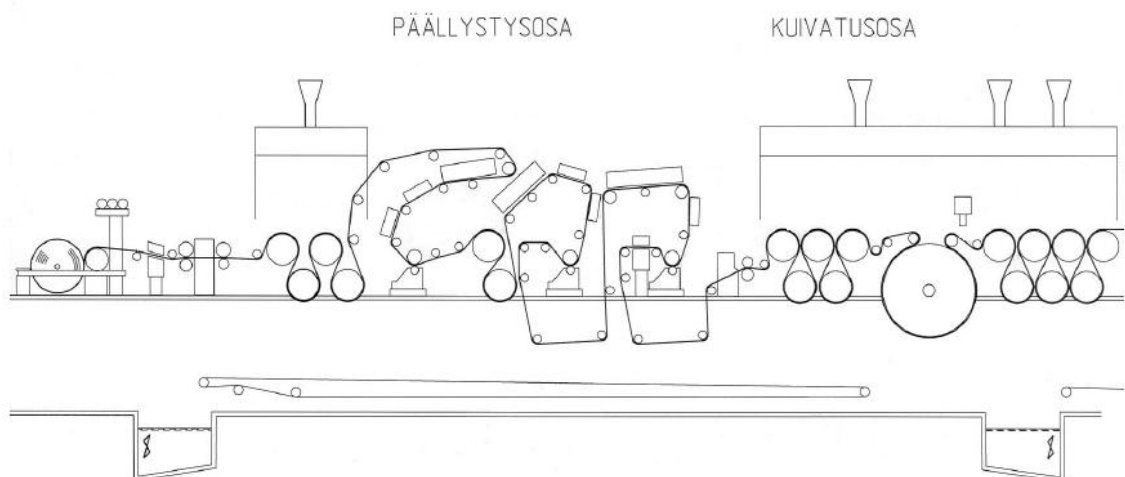
Kuva 2.7 Jenkkisylinteri

Kuivatusosa on verhottu koneilmastoinnin suljetulla huuvalalla, jolla kerätään kartongista haihtunut vesihöyry. Kosteaa kuuma ilma kulkee lämmöntalteenoton kautta, jolla saadaan parannettua koneen energiatehokkuutta ottamalla pois-toilmasta lämpöä talteen uutta käyttöä varten.

Seitsemännen kuivatusryhmän jälkeen koneessa on yksinippinen välikalanteri, jolla rataa voidaan tasoittaa ennen päällystystä. Välikalanterin jälkeen rata vie-dään alakautta ensimmäiselle teräpäällystysyksikölle.

2.2.4 Päällystysosa, kalanteri ja rullaus

Kartonkikoneessa on kolme teräpäällystysyksikköä, joista kaksi päällystys-yksikköä on kartongin pintapuolelle ja yksi päällystysyksikkö kartongin selkä-puolelle. Ensimmäisellä yksiköllä suoritetaan pintapuolen esipäällystys ja toisel-la yksiköllä pintapäällystys. TB-laji vaatii molemmat päällystykset, kun taas TF-laji vaatii vain pintapäällystys. Kolmannella yksiköllä suoritetaan selkäpuolen päällystys tai pintaliimaus. Päällystysyksikköjen jälkeen kostea päällyste kuiva-taan maakaasutoimisilla infrapunakuivaimilla ja leijukuivaimilla. Kuva 2.8 esittää kartonkikoneen loppupäätä kuivatusosasta rullaimiin.



Kuva 2.8 Kuivatusosa, kalanterit, päällystysosa ja rullain (IK)

Päällystysosan jälkeen kartonkia puristetaan gloss-kalanterilla, jonka alatelalle on asennettu sähkölämmitteinen paksuuden poikkiprofiilin säätölaite. Kalante-rissa käytetään hyvin pientä kuormitusta, jotta lopputuotteen hyvää bulkkia ei heikennetä.

Viimeisenä kartonkikonelinjassa sijaitsee rullain. Rullaimella kartonki kiinnirulla-taan tambuuriraudan ympärille. Käytössä oleva rullain on pitkälle automatisoitu ja se siirtää valmistuneen konerullan kauemmaksi koneesta, josta se voidaan nostaa nosturilla ja kuljettaa leikkureille. Tyhjät koneraudat on sijoitettu rullaajan päällä olevaan varastoon, josta rullain ottaa konerullanvaihdon yhteydessä tyh-jän koneraudan täyden tilalle.

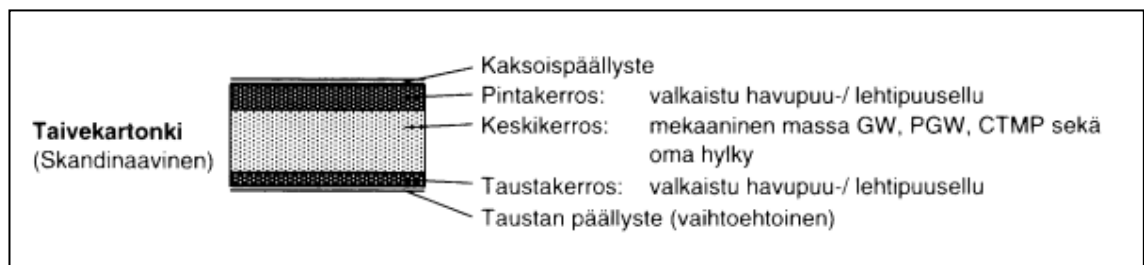
3 TAIVEKARTONKI

Kaikista rasioiden ja pakkausten valmistukseen käytetyistä kartonkilajeista tai-vekartonki on suurin ja tärkein lajiryhmä. Taivekartonki on tyypillinen moniker-roskartonki, jossa on tavallisimmin kolme rakenteellista kerrosta. Jokaisella ker-roksella on oma tehtävänsä, jotta lopputuotteen ominaisuudet saavutetaan mahdollisimman pienellä kustannuksella. Taivekartonki muodostuu yleensä val-kaistusta sellusta valmistetusta pintakerroksesta, mekaanisesta massasta val-mistetusta keskikerroksesta ja valkaistusta taustakerroksesta (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000).

3.1 Taivekartongin rakenne

Taivekartonki tehdään tyypillisesti kolmesta tai joissain tapauksissa neljästä kerroksesta. Yleinen tavoite kartongin valmistuksessa on tuottaa rakenne, jossa keskikerroksella on matala ja pintakerroksilla on korkea tiheys. Tausta- ja pinta-kerros on lähes poikkeuksetta valkaistua kemiallista massaa ja keskikerros me-kaanista massaa (GW, PGW, TMP tai CTMP) ja omaa hylkyä (kuva 3.1). Me-kaanista massaa käytetään keskikerroksessa antamaan kartongille mahdolini-

simman korkea bulkkisuus ja laskemaan raaka-ainekustannuksia. Loppukäytön mukaan taivekartonki voi olla pintaliimattu, päällystetty kerran tai useammin joko toiselta tai molemmilta puolilta. Rakenteensa ansiosta taivekartonki on jäykin ja samalla kevyin kartonkilaji. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000; Kuusipalo 2008.)



Kuva 3.1 Tyypillinen taivekartongin rakenne (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 68)

Taivekartongin pintakerroksissa käytetään lähes poikkeuksetta kemiallista massaa, joka antaa tuotteelle lujan ja jäykän rakenteen sekä yhdessä päällysteen kanssa hyvät pintaominaisuudet (vaaleus ja sileys). Bulkkinen keskikerros pitää lujat pinta- ja selkäkerrokset kaukana toisistaan, jolloin taivekartongille muodostuu sen jäykkä olemus. Taivekartongin neliömassa vaihtelee alueella 150...550 g/m². Pintakerroksen neliömassa on tavallisesti 45–60 g/m² ja taustan neliömassa 25–30 g/m². Eri neliömassoja valmistettaessa pidetään taustan ja pinnan neliömassat lähes vakioina ja keskikerroksen neliömassalla muutetaan tuotteen kokonaisneliömassaa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000.)

3.2 Taivekartongin kriittiset ominaisuudet

Taivekartongilta vaaditaan sekä ulkonäköön liittyviä että toiminnallisia ominaisuuksia. Koska kuluttajapakkaukset ovat lähes poikkeuksetta painettuja, tulee kartongin pintakerroksen ominaisuuksiin ja ulkonäköön kiinnittää erityistä huomiota, jotta painatuksessa saavutetaan hyvä lopputulos. Elintarvikepakkauksilta vaaditaan puhtautta sekä riittäviä läpäisemättömyysominaisuuksia, koska ulkoiset tekijät eivät saa vaikuttaa pakattuun tuotteeseen. Näiden lisäksi

taivekartongin yleisenä vaatimuksena on korkea taivutusjäykkyys ja yleinen lujuustaso.

3.2.1 Mekaaniset ja toiminnalliset ominaisuudet

Taivekartongin perusvaatimuksena on riittävä mekaaninen vahvuus ja jäykkyys. Koska pakkaukset voidaan pakata päällekkäin, tulee niiden omata riittävät suojausominaisuudet suojatakseen pakattua tuotetta. Taivutusjäykkyys ja erityisesti koneen poikkisuuntainen taivutusjäykkyys on tärkeää. Poikkisuuntainen jäykkyys on yleensä noin 2–4 kertaa huonompi kuin konesuunnan jäykkyys ja siksi kriittisempää. Hyvällä konesuuntaisella jäykkyydellä ei myöskään pystytä kompensoimaan huonoa poikkisuuntaista jäykkyyttä, joten kartonkikoneilla on pyrittävä mahdollisimman alhaiseen kuituorientaatioon. Koska taivutusjäykkyys on riippuvainen kartongin paksuudesta ja raaka-aineiden joustavuudesta, ilmenevät ongelmat usein alhaisemmilla neliöpainoilla. Optimaalinen rakenne saavutetaan käyttämällä keskikerroksessa mahdollisimman bulkkista massaa ja pinta- sekä pohjakerroksissa tiheämpää massaa, jolla saadaan mahdollisimman suuri kimmomoduuli. (Paulapuro 2000; Pöllänen 2008.)

Taivekartongilla täytyy olla myös hyvä nuutattavuus. Nuutauksessa kartonkiin vaikuttavat leikkausvoimat, puristusvoimat ja vetovoimat, eikä kartongin pinta saa halkeilla näiden voimien vaikutuksesta. Taivekartongin rakenteella pystytään vaikuttamaan pinnan halkeamisherkkyyteen. Pintakerroksen tulee venyä mahdollisimman paljon taitoskohdasta, jonka lisäksi z-lujuuden tulee olla sopivalla tasolla kerrosten irtoamisen välttämiseksi. Liian pieni kartongin paksuussuuntainen lujuus aiheuttaa ongelmia painamisessa, jolloin kartonki palstautuu, kun taas liian suuri paksuussuuntainen lujuus murtaa kartongin pintaa. (Paulapuro 2000; Jylkkä 2002.)

3.2.2 Visuaaliset ominaisuudet

Koska taivekartongin käyttökohteet vaativat pakkaukselta hyvää ulkonäköä, pinnan painatusominaisuudet ovat erityisen tärkeitä. Pakkauksen tulee olla edustava ja houkutteleva sekä samalla antaa kuluttajalle informaatiota tuotteesta yhä lisääntyvässä määrin. Koska erityisesti elintarvikepakkaukset joutuvat tekemisiin kosteuden ja lämpötilanvaihteluiden kanssa, tulee painatuksen pysyä selkeänä olosuhteista huolimatta. Tyypillinen käytetty painatusmenetelmä taivekartongille on arkkioffsetpainatus, jonka vuoksi kartongilta vaaditaan hyvää pintalujuutta, jotta pinta ei repeile tahmeita painovärejä käytettäessä (Paulapuro 2000).

Vaikka visuaalisia ominaisuuksia pidetään lähinnä pintakerrosten vaatimuksina, ei huonoa keskikerrosta pystytä peittämään ohuilla pintakerroksilla. Tämän vuoksi myös keskikerroksen formaation tulee olla riittävän tasainen ja vaaleuden riittävän korkea loppukäyttökohteen vaatimuksiin. Pintakerroksilla tulee vastaavasti olla riittävä opasiteetti, jotta ne pystyvät peittämään mahdollisesti tummemman keskikerroksen. Kartongin taustapuolelle ei usein aseteta niin suuria vaatimuksia kuin pintakerrokselle, koska se jää usein piiloon pakkauksen sisälle eikä näin vaikuta kuluttajan ostopäätöksiin. Pintojen ominaisuuksia voidaan parantaa tarvittaessa päällystämällä kartonki kertaalleen tai kahdesti. (Pöllänen 2008, 14.)

3.2.3 Muut ominaisuudet

Elintarvikkeiden pakkaamiseen käytetyille kartongeille tärkeä ominaisuus on puhtaus ja erityisesti niiden reagoimattomuus pakatun tuotteen kanssa. Elintarvikepakkaus ei saa antaa vierasta makua tai hajua tuotteeseen, eikä siitä myöskään saa siirtyä mitään haitallisia aineita tuotteeseen. Pakkauksen tulee myös suojata tuotetta tarvittaessa valolta ja olla hyvin suljettavissa. Koska kaikkien loppukäyttökohteiden vaatimuksiin eivät kartongin omat läpäisemättömyysominaisuudet välttämättä ole riittäviä, kovaliikaus tai muu kemiallinen käsittely on joskus välttämätön. Kartonki voidaan myös päällystää muovipäälly-

teellä tai siihen voidaan laminoida esimerkiksi tuotetta valolta suojaava alumiinipinnoite.

Taivekartonkia käytetään usein elintarvikepakkaamiseen, joten se ei saa sisältää haitallisia mikrobeja tai myrkyjä. Neitsytkuidusta valmistetuilla kartongeilla ei ole usein ongelmia mikrobiologisen puhtauden kanssa, toisin kuin kierrätyskuidusta valmistetuilla saattaa olla johtuen vaihtelevista kuiduista ja kuitulähteistä. Tämän vuoksi kierrätettyjä kuituja ei voida käyttää pakkauksissa, jotka ovat suorassa kosketuksessa elintarvikkeeseen. Useimmissa tapauksissa mikrobit eivät kuitenkaan ole terveydelle vaarallisia, mutta ne voivat pilata tuotteen aiheuttamalla siihen haju- ja makuhaittoja. Erityisen herkkiä hajuille ja mauille ovat suklaa ja tupakkatuotteet. (Paulapuro 2000.)

3.3 Taivekartongin käyttökohteet

Taivekartonki on ihanteellinen ratkaisu moniin eri pakkaussovelluksiin. Taivekartongin tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa elintarvike-, kosmetiikka-, alkoholi-, lääke- ja savukepakkaukset sekä erilaiset kotitaloustavaroiden pakkaukset. Tietyt taivekartonkilaadut soveltuvat käytettäviksi myös postikorteissa ja kirjojen kansissa. (Kuusipalo 2008.)

4 MONIKERROSKARTONKIKONE

Monikerroskartongin valmistukselle on olemassa monia erilaisia sovelluksia, joista yleisimpänä on erillisten rainojen yhdistäminen. Monikerroksisen rakenteen valmistamiseen on siirrytty lähinnä kahdesta eri syystä. Ensimmäinen ja ehkä tärkein syy on vedenpoistovastuksen kasvu eksponentiaalisesti neliömassan kasvaessa, mikä aiheuttaa ongelmia korkean neliömassan tuotteita valmistettaessa. Toisena syynä on erilaisten raaka-aineiden käyttö ja niiden ominaisuuksien hyödyntäminen taloudellisesti, joka on mahdollista käytettäessä eri kerroksiin juuri niiden tarpeisiin sopivaa massaa. (Paulapuro 2008, 276.)

Kerrostamisella voidaan saavuttaa merkittäviä raaka-ainesäästöjä. Halvempaa raaka-ainetta voidaan sijoittaa keskikerrokseen, joka on yleensä paksuin kerros. Raaka-aineiden sijoituksella voidaan optimoida kullekin kerrokselle sen optimaaliset ominaisuudet. Keskikerrokseen sijoitetaan parhaimman bulkin ja palstautumislujuuden antavaa massaa ja pintakerrokseen parhaimman sileyden ja kimmomoduulin omaavaa massaa. Näillä ominaisuuksilla saavutetaan nk. I-palkkirakenne, joka antaa kartongille sen jäykän olemuksen. (Jylkkä 2002.)

Monikerroksista rakennetta voidaan valmistaa usealla eri tavalla. Kerrostaminen voi tapahtua monikerrosperälaatikossa, jolloin kerrokset ovat yhdessä jo perälaatikon huulisuihkussa. Toinen periaate on kerrostaminen olemassa olevan kuitumaton päälle joko toisioperälaatikolla tai nostolieriöillä. Kolmas ja yleisin menetelmä on erikseen muodostettujen rainojen yhdistäminen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000; Paulapuro 2008.)

Seuraavassa taulukossa 4.1 on vertailtu näiden kolmen kerrostamismenetelmän hyötyjä ja haittoja. Taulukossa + tarkoittaa hyvää / halpaa ja - tarkoittaa huonoa / kallista.

Taulukko 4.1 Eri kerrostamistekniikoiden vertailu (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 139)

	Hinta	Kuituorientaation säätö	Palstautumislujuus	0-vesien erottaminen	Formaation säätö	Kerrosten sekoittuminen
Kerrostaminen perälaatikossa	+++	-	+++	-	-	-
Kerrostaminen kuitumaton päälle	+	+	++	+	+	+
Erillisten rainojen yhdistäminen	-	++	+	+++	+++	+++

Koska tämän työn kokeellinen osa käsittelee monikerroskartongin liitosakeuden mittaamista viiraosalla, keskitytään tässä osassa vain kartonkikoneen rainanmuodostusosaan ja sen toimintaan.

4.1 Rainanmuodostusosa

Paperin ja kartongin perusrakenne määräytyy jo rainanmuodostusosalla, jonka vuoksi sillä on huomattava vaikutus moniin lopputuotteen ominaisuuksiin. Rainanmuodostusosa määrää myös rainan paksuussuuntaisen hieno- ja täyteainejakauman. Taivekartongin erillisrainauksessa on kullekin kerrokselle oma rainanmuodostusosansa.

Rainanmuodostusosa paperi- ja kartonkikoneilla koostuu perälaatikon syöttöputkistosta ja perälaatikosta sekä viiraosasta. Perälaatikon ja sen syöttöputkiston tehtävänä on tasata syöttövirtauksen painevaihteluja, tuottaa riittävä turbulenssi kuituflokkien hajottamiseksi ja tuottaa viiraosalle koko koneen leveydeltä tasainen suihku, jolla on haluttu sakeus, nopeus ja suunta. Tasoviirakoneella raina muodostetaan vaakatasossa liikkuvan viiran päälle. Viiraosan tärkeimpinä tehtävinä rainanmuodostuksessa on poistaa perälaatikon suihkuttamasta sulusta vettä suotauttamalla se viirakudoksen läpi ja saattaa raina riittävän korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen ennen puristinosaa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 126.)

Monikerroskartonkikoneella keskikerroksen tasoviiraosuus varustetaan usein hybridiformerilla, jolla paksusta keskikerroksesta poistetaan vettä myös ylöspäin. Kaksisuuntaisen vedenpoiston etuina on koneen suurempi mahdollinen ajonopeus (lisääntynyt kapasiteetti), parempi formaatio sekä rainan vähäisempi kaksipuoleisuus. Tasoviiralla voidaan kuitenkin saavuttaa parhaimmat ja tasaisimmat lujuusominaisuudet yksisuuntaisen vedenpoiston ansiosta. Kaksisuuntaisella vedenpoistolla syntyvä vähentynyt hienoainemäärä vedenpoiston keskipinnassa luo kerrokseen paikallisesti heikon palstautumislujuuden. (Pöllänen 2008, 16.)

4.2 Tasoviiran vedenpoiston teoria

Viiraosalla vedenpoisto voidaan jakaa varsinaiseen rainanmuodostusalueeseen, jolloin sakeus on 1–3 %, tiivistymisvaiheeseen (sakeus 3–6 %) ja

loppukuiva-ainepitoisuuden muodostusvaiheeseen 6–8 % sakeuden jälkeen. Viiraosalla muodostettavat paperin laatuominaisuudet muuttuvat noin 6–8 % sakeuteen asti. Tämän jälkeen tapahtuu lähinnä kuiva-ainepitoisuuden nostoa. (Petäjistö 2008, 24.)

Massasulpun sakeus perälaatikossa on tyypillisesti 0,3–1,5 %. Vesi toimii kuitujen ja lisäaineiden kuljetusvälineenä ja veden virtaustapa vaikuttaakin oleellisesti paperin rakenteeseen. Viiraosalla vesi pyrkii ohjautumaan kuitukerroksen läpi sellaisista kohdista, joissa veden virtausvastus on pienin. Tällöin ohuempiin kohtiin kulkeutuu lisää kuituja ja erot kuitukerroksessa tasoittuvat. (Neimo 1999; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2000.)

Vesi poistuu tasoviiralla kolmella eri mekanismilla: suotautumalla, tiivistymällä ja lopuksi imujen avulla. Suotautumisvaiheessa viiran päälle muodostuu paksuuntuva kuitukerros, jonka yläpuolella olevan suspension sakeus säilyy lähes samana kuin perälaattikosakeus. Kun kuitukerroksen yläpuolella oleva vesi kulkeutuu kuitumaton läpi, raina tiivistyy. Veden poistuttua raina alkaa läpäistä ilmaa, jonka seurauksena raina tiivistyy ja sen sakeus kasvaa. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2000; Pöllänen 2008, 17.)

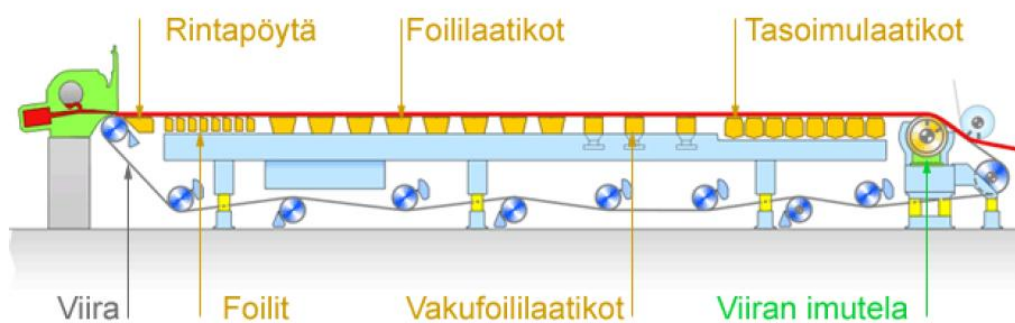
Suotautumisen alkuvaiheessa vedenpoisto tapahtuu painovoiman vaikutuksesta ja vedenpoisto on nopeaa, koska tällöin viiran päälle ei ole muodostunut kuitukerrosta joka vastustaisi veden poistumista massasuspensiosta. Suotautuminen kuitenkin hidastuu nopeasti kuitukerroksen paksuuntuessa ja sen samalla aiheuttaman suotautumisvastuksen kasvaessa. Vedenpoistoa tehostetaan imujärjestelmällä, jolla saadaan luotua paine-ero viiran läpi, jolloin vedenpoisto tehostuu kohti pienempää painetta. Aluetta, jolloin yhtenäinen vesipinta häviää rainan yläpuolelta ja jolloin suurimmat huokokset tyhjenevät kutsutaan vesirajaksi.

4.2.1 Tasoviiran vedenpoistoelimet

Vedenpoiston tulisi tapahtua tasaisesti koko viiran pituudelta, ilman että välissä on alueita, joissa veden poistumista ei tapahdu tai äkillisiä suuren vedenpoiston

alueita. Vedenpoistonopeus on yksilöllinen jokaisella tasoviirilla ja riippuu viiran rakenteen, vedenpoistoelimien, viiran nopeuden sekä jännityksen lisäksi massan ominaisuuksista ja luonteesta (mm. lämpötila, sakeus, lisäaineet, jne). Massassa oleva ilma, hienoaines, liuennet ja kolloidiset aineet sekä suurmolekyyliset polymeerit vaikeuttavat kaikki vedenpoistoa rainasta. Vedenpoistokapasiteetti määräytyy niiden vedenpoistoelimien perusteella, joiden kohdalla rainan sakeus ja/tai kerrospaksuus ei ole optimissaan kyseisen elimen toiminnan kannalta. Yleisenä sääntönä on, että massa tulisi kuivata mahdollisimman suureen kuiva-aineeseen staattisilla ja matalaimuisilla vedenpoistoelimillä ennen suurten imuvoimien kohdistamista rainaan. (Pöllänen 2008, 36.)

Tasoviiran vedenpoisto tapahtuu monen erilaisen vedenpoistoelimen avulla. Tasoviira onkin yleensä varustettu rintapöydällä, foileilla ja/tai rintatelalla, imulaatikoilla, märkäimulaatikoilla sekä imutelalla. Tasoviiran vedenpoistoelimet on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4.1 Tasoviiran vedenpoistoelimet (KnowPap)

Rintapöytä sijaitsee kohdassa, jossa massasuihku kohtaa viiran. Vesi poistuu rintapöydän alueella suihkun liike-energian ja painovoiman vaikutuksesta. Massasuihkun tulisi iskeytyä viiraan rintapöydän etupuolella. Jos suihku iskeytyy viiraan paljon ennen tätä, tapahtuu vedenpoisto liian nopeasti ja formaatio huonontuu. Jos taas huulisuihku iskeytyy viiraan muodostuspöydän päällä, ilmaa jää loukkuun häiriten rainanmuodostusta. Kuitumaton muodostuttua viiralle painovoimalla ei ole enää suurta osuutta vedenpoistoon, vaan vedenpoistuminen on merkittävää vain vedenpoistoelimen kohdalla. Tämän vuoksi suotautuminen

on tasoviirakoneella aina jaksottaista. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 132-133; Paulapuro 2008, 253.)

Koneen suunnassa rintapöytää voivat seurata vedenpoistokalustuksesta riippuen erilaiset märkäimulaatikot ja foilit. Märkäimulaatikoita käytetään kohteissa, joissa raina on niin märkä, että ilmaa ei voida imeä sen läpi (kuiva-ainepitoisuus alle 2 %). Märkäimulaatikko on noin 500 mm leveä laatikko, joka on peitetty 60 - 70 % avoimella kannella. Laatikossa ylläpidetään noin 2 kPa:n alipaine tyhjäpumpulla. Vesi virtaa viiran läpi imulaatikkoon kannen avoimista kohdista ja se poistuu laatikosta imujalkojen kautta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 133.)

Päästölisterit eli foilit ovat listoja, joiden loppuosaan on hiottu pieni päästökulma (n. 0–3°) viiraan nähden. Foilien vedenpoistokyky riippuu listan päästökulmasta ja päästöosan pituudesta. Listan päästökulma muodostaa liikkuvan viiran avulla alipaineen, joka imee vettä rainasta viiran läpi. Suuri osa foilielementin imemästä vedestä takertuu viiran alapintaan, josta seuraava foilielementti kaapaa sen pois. Foilit voivat olla erillisiä tai niitä voidaan asentaa ryhmittäin foililaatikoiksi. Foililaatikko voidaan myös altistaa tyhjölle, jolloin vedenpoistotehokkuus kasvaa verrattuna staattisiin foililistereihin. Alipaineella varustettua foililaatikkoa kutsutaan vakufoililaatikoksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 133; Paulapuro 2008, 254.)

Tasoimulaatikoita käytetään viiraosalla kohdassa, jossa raina on saavuttanut noin 2 %:n kuiva-ainepitoisuuden. Tasoimulaatikoissa on pidemmät imujalat kuin märkäimulaatikoissa ja niiden avulla saavutetaan jopa 50 kPa:n alipaine. Imulaatikoiden jälkeen rainan kuiva-ainepitoisuus on kasvanut 2 %:sta noin 10 %:iin ja imulaatikoiden kohdalla voidaan havaita myös vesiraja, jossa veden kiilto häviää. Vesirajassa ilma alkaa kulkea rainan läpi, jolloin rainassa olevat huokokset alkavat tyhjentyä vedestä. Vesirajan jälkeen poistuvan veden kiintoainepitoisuudet ovat huomattavasti alhaisempia kuin vedenpoiston tapahtuessa ennen vesirajaa. Tämän vuoksi tasoimulaatikoilla ei kannata käyttää voimakkaita imuja ennen vesirajaa. Vesirajan tasaisuus merkitsee myös tasaisuutta poikisuuntaisessa neliömassassa ja sakeusvaihtelun pienuutta. Vesirajan muotoa

voidaan asetella reunavirtauksilla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 133; Paulapuro 2008.)

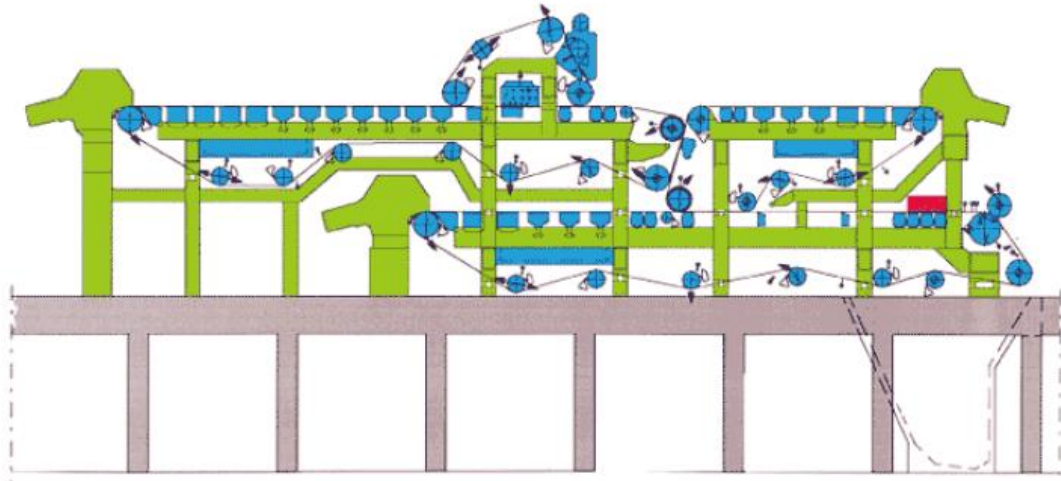
Viiran imutelan tehtävänä on poistaa edelleen vettä rainasta imun avulla. Tela on varustettu reiällisellä erikoismetallivaipalla sekä paikallaan pysyvällä sisäänrakennetusta imulaatikosta. Imulaatikossa ylläpidetään 65–80 kPa:n alipainetta. Vesi imetään rainasta telan reikiin pisaroina, jotka imuvyöhykkeen ohittamisen jälkeen sinkoutuvat ulos keskipakovoiman ansiosta. Vain pienillä nopeuksilla pisarat ehtivät tunkeutua imulaatikkoon asti. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 133.)

Vaikka vedenpoisto tasoviiralla on yksilöllistä, voidaan kullekin vedenpoistoelinryhmälle antaa keskimääräiset vedenpoistomäärät perälaatikon virtaamaan suhteutettuna. Rintapöydän alueella tästä määrästä poistetaan noin 20 % ja staattisilla foileilla noin 55 %. Tämän jälkeen vedenpoistomäärät pienenevät; alipaineella varustetut foililaatikat poistavat noin 15 %, tasoimulaatikat noin 7 % ja imutela enää noin 1 %:n perälaatikkovirtaaman vedestä. (Pöllänen 2008, 37.)

4.2.2 Hybridiformerin vedenpoisto

Monikerroskartongin valmistuksessa vedenpoistoa tehostetaan usein erillisellä runkokerroksen tasoviiran päälle asennettavalla yläviirayksiköllä, joka tehostaa paksun runkokerroksen vedenpoistoa. Tällaista tasoviiran ja yläviirayksikön muodostamaa viiraosaa kutsutaan hybridiformeriksi. Yläviirayksikön tehtävänä on lisätä viiraosan vedenpoistoa poistamalla massarainasta vettä myös ylöspäin. Tämän seurauksena hienoainepitoisuus jakautuu symmetrisemmin rainan ylä- ja alapuolille, kuin jos vettä poistettaisi vain yhdeltä puolelta jolloin rainasta tulisi toispuoleinen. Lisääntyneen vedenpoistokapasiteetin ansiosta koneella voidaan ajaa kovempaa kuin ilman yläviirayksikköä, jonka seurauksena koneen tuotantokapasiteetti lisääntyy. Tyypillisesti hybridiformerin yläpuolen vedenpoisto on noin 30 % ja alaviiran vastaavasti noin 70 % viiraosan kokonaisvedenpoistosta (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000, 134).

Formeriyksikön tyypillinen sijainti suhteessa muuhun viiraosaan kolmikerroskartonkikoneessa on esitelty kuvassa 4.2.



Kuva 4.2 Tyypillinen kolmikerroskartonkikoneen viiraosa hybridiformerilla (KnowPap)

Hybridiformerissa alkuvedenpoisto hoidetaan perinteisellä tasoviiralla ja formeriyksikkö asennetaan alaviiran päälle kohtaan jossa rainan kuiva-ainepitoisuus on noin 2 %. Ylä- ja alaviiran yhtymäkohdassa viirojen aikaansaama puristus-paine alkaa poistaa vettä molempiin suuntiin. Alaviiran puolella olevilla kuormituslistoilla painetaan viiroja yläviiran puolella olevien imulaatikoiden listoja vasten, jolloin rainaan syntyy painepulsseja ja vettä poistuu yläviiran puolelle liike-energian ja imulaatikoiden alipaineen avulla. Viirojen välissä syntyy myös leikkausvoimia, mikä on edullista paperin formaation kannalta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2000,134.)

4.3 Vedenpoiston mittaaminen NDC-mittarin avulla

Neliömassa, ja näin ollen veden määrä paperi- tai kartonkikoneella voidaan mitata NDC-mittarin avulla. Mittaukset suoritetaan viiran alapuolelta, vedenpoistokalusteiden välistä, tuotantoa häiritsemättä. Tuloksia käytetään kalusteiden poistaman veden ja imulaatikoiden välisen sakeuden laskentaan. Mittauksen hyötynä ovat reaaliaikaiset sakeustulokset mittauskohdissa, joiden avulla raino-

jen liitossakeutta voidaan säätää haluttuun suuntaan vedenpoistoelimityllä. Eri kerrosten liitossakeuksien perusteella voidaan varmistaa taivekartongille tarvittava kerrosten välinen palstautumislujuus.

Tarkemmin NDC-antureita ja niiden toimintaa käsitellään myöhemmin tässä työssä (luvussa 5).

4.4 Kerrosten liitossakeudet

Monikerroskartongin kerrosten väliseen palstautumislujuteen voidaan vaikuttaa huomattavasti eri kerrosten liitossakeudella. Erillisiä rainoja yhteen liitettäessä huopautusnipissä rainojen sakeuksien tulisi olla noin 8–10 %, jolloin rainassa on mukana vapaata vettä. Tällöin yhdistämisen jälkeisessä kuivatuksessa veden ja kuidun väliset sidokset pystyvät korvautumaan kuitujen välisillä sidoksilla. Yli 15 % kuiva-aineessa ei rainassa ole enää vapaata vettä, jolloin tätä sakeutta voidaan pitää liitossakeuden ylärajana. Jos toinen liitettävistä rainoista on merkittävästi kosteampi, voidaan toiselle rainalle sallia hieman korkeampi sakeus. Maksimierona sakeuksien välillä voidaan pitää 2 %-yksikön eroa, jotta palstautuminen olisi tehokasta. (Jylkkä 2002, 29; Pöllänen 2008, 34.)

5 SAKEUDEN ONLINE-MITTAAMINEN VIIRAOSALLA

Massarainan sakeuden mittaamisella on paperin ja kartongin valmistusprosesseissa keskeinen asema. Sakeus ilmoittaa, kuinka monta painoprosenttia kuivaainetta massaraina sisältää. Viiraosan sakeusmittauksen avulla pystytään paitsi seuraamaan ja kontrolloimaan kuiva-aineen kehitystä, myös määrittämään vedenpoistoelementtien tehokkuutta. Sakeusmittareita on saatavilla sekä käsikäyttöisinä että kiinteästi asennettavina. Monikerroskartongin valmistuksessa kerrosten liitossakeudella on suuri merkitys palstautumislujuteen. Tämän vuoksi sakeuden online-mittaamisen ensisijainen hyöty on kerrosten liitossakeuksien

määrityksessä ja mittarit sijoitetaan usein mahdollisimman lähelle kerrosten liitoskohtaa. (Pöllänen 2008, 40.)

5.1 Kuiva-ainepitoisuuden mittaaminen NDC-mittarilla

Sakeus on merkittävin märkäosan hallintasuure, joka voidaan laskea kun tiedetään hetkellinen neliöpaino ja tavoiteltava kuivapaino. Yleisin käytössä oleva menetelmä viiraosan nelipainon mittaamiseen on takaisin siroava gammamittaus, mutta myös mikroaaltoihin perustuvia mittareita on saapunut markkinoille. Koska gammamittaus punnitsee kaiken anturin päällä olevan aineksen, tulee myös viiran paino tuntea sakeuden määrittämiseksi. Kudostoimittaja antaa viiran mukana tiedot kuivan ja kulumattoman viiran neliöpainosta, mutta koska viiran painoon vaikuttaa kulumisen lisäksi sen mukana kulkeva vesi, ei tämä arvo ole sellaisenaan käyttökelpoinen.

Koska kartonkikoneilla retentio on usein lähellä 100 %:a, on sakeuden laskennallinen määrittäminen yksinkertaista. Kun kaikki tarvittavat suureet tunnetaan, voidaan rainan hetkellinen sakeus määrittää kaavan 1 avulla (Pöllänen 2008, 41):

$$c = \frac{K_p}{W - W_v} \cdot 100\% , \quad (1)$$

missä c = sakeus (%)
 K_p = kerroksen kuivapaino (g/m^2)
 W_v = viiran neliöpaino (g/m^2)
 W = mitattu neliöpaino (g/m^2)

Paperikoneilla määrittäminen on huomattavasti hankalampaa, koska retentio on usein suhteellisen heikko ja siksi rainan sakeuden määrittämisessä tulee huomioida myös viiraveden sakeus (Pöllänen 2008, 41).

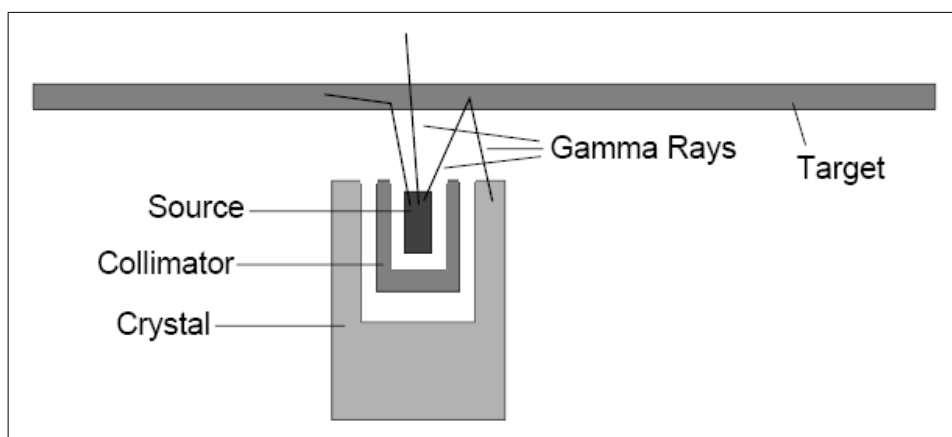
Mittareita asennettaessa tulee huomioida, että anturi on kosketuksessa viiraan oikealla voimalla ja oikeassa asennossa. Liian suuri paine tai väärä asento ai-

heuttaa viiran kautta voimakkaan foilivaikutuksen massarataan ja mitta-anturin kohdalla voi esiintyä heikkoa z-lujuutta. Liian pieni paine puolestaan sallii ohuen vesikerroksen muodostua anturin ja viiran väliin, joka saattaa synnyttää painevaihtelua (värinää) ja aiheuttaa mittavirhettä. Tämän vuoksi on kehitelty painevaihtelun kompensointilaite, joka tasaa viiran päällä tapahtuvat kuormitusten vaihtelut ja pitää anturin ja viiran välisen paineen tasaisena. (Niemi 2006, 33.)

Mittauksia suoritettaessa tulisi kaikki mittaukset suorittaa samasta kohdasta radan poikkisuuntaan nähden. Tällöin poikkisuunnan profiilissa ilmenevät vaihtelut eivät vaikuta tulosten käyttökelpoisuuteen. Tämä tulee ottaa huomioon myös kiinteitä antureita asennettaessa.

5.2 NDC-anturin rakenne

NDC-anturi käyttää matalaradioaktiivista säteilylähdettä, joka on sijoitettu volframisen kollimaattorin sisälle keskellä detektorikidettä. Mallista riippuen säteilylähde, kollimaattori ja kide on tiivistetty joko titaanilla, berylliumilla tai alumiinilla. Kollimaattori suuntaa säteilyn mitattavaan kohteeseen ja minimoi suoran säteilyn anturin taakse ja kiteeseen. NDC-anturin rakenne on esitetty seuraavassa kuvassa 5.1. (NDC)



Kuva 5.1 NDC-anturin rakenne (NDC)

NDC-anturin mittapää on varustettu sulkimella, joka estää kaiken lähtevän säteilyn mittapäästä. Suljin tulee olla kiinni aina kun anturia ei käytetä. Kuvassa 5.2 esitetään NDC-anturin mittapää, jossa suljin on auki. (NDC.)

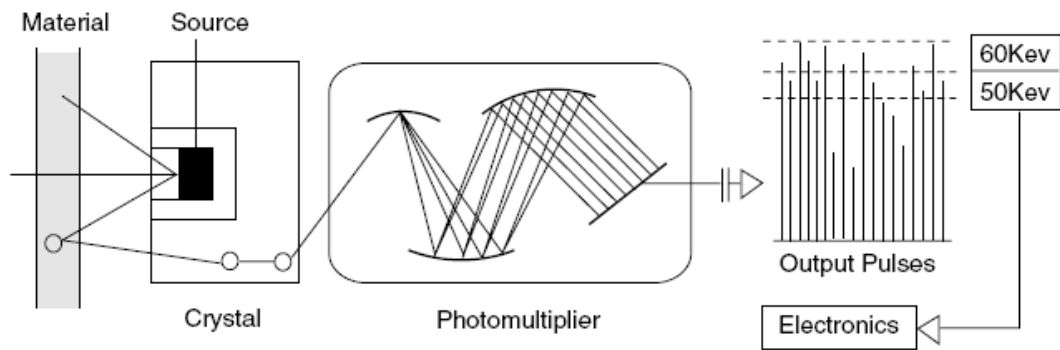


Kuva 5.2 NDC-anturin mittapää (suljin auki) (NDC)

5.3 Mittauksen periaate

Mittaus perustuu gammasäteilyn takaisin sirontaan. Matala-aktiivinen radioisotoppi emittoi matalaenergistä gammasäteilyä mitattavaa materiaalia kohden. Osa säteilystä läpäisee kohteen, osa absorboituu ja osa kimpoaa tai "siroaa" takaisin. Nämä gammasäteet menettävät energiaa ollessaan vuorovaikutuksessa mitattavan materiaalin kanssa ja palaavat takaisin "pehmeänä" gammasäteilynä (fotoneina). Fotoneita siroaa takaisin sitä enemmän, mitä suurempi massa mitattavalla kohteella on. Takaisinpalaava gammasäteily mitataan detektorilla. Tehokas kidedetektor muuttaa takaisin sironneen gammasäteilyn fotonivaloksi ja lopullisesti digitaaliseksi signaaliksi, joka on suoraan verrannollinen tuotteen sakeuteen paperikoneella. (NDC.)

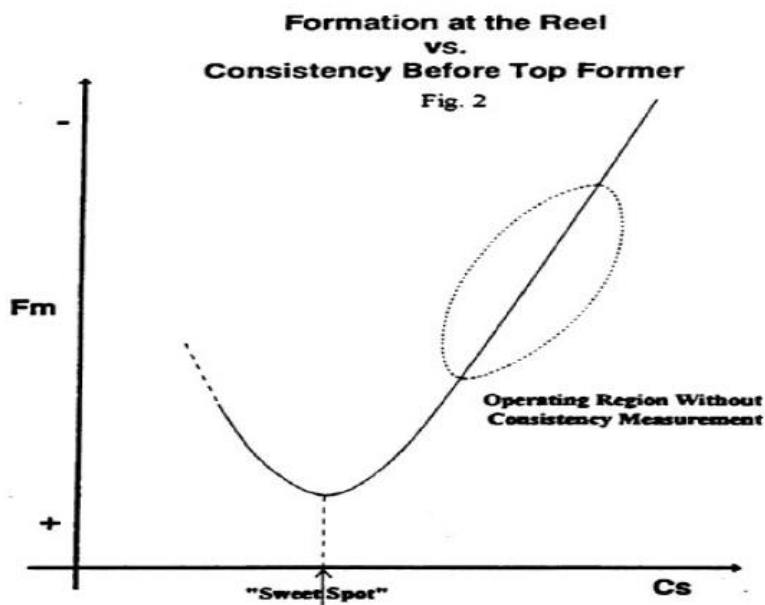
Gammasäteilymittauksen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 5.3.



Kuva 5.3 Gammasäteilymittauksen toimintaperiaate (NDC)

5.4 NDC-mittauksen hyödyntäminen

Gammamittarin avulla suoritetuissa koeajoissa on huomattu, että lopputuotteen formaatiota pystytään parantamaan huomattavasti pitämällä radan kuiva-ainepitoisuus ennen formeria optimaalisella, melko kapealla alueella. Ennen yläpuolista formeria vallitsevan kuiva-ainepitoisuuden ja formaation (F_m) riippuvuutta toisistaan selvitti tohtori Ari Kiviranta testeillään MB-formerilla, joissa hän käytti apunaan gammamittaria ja formaatiomittaria. Hänen mukaansa koneenohitajilla on taipumus toimia käyrän turvallisella puolella, mikä merkitsee korkeampaa kuiva-ainepitoisuutta, kun taas kiinteän sakeusmittauksen avulla on mahdollista säätää sakeutta alhaisemmaksi ja saavuttaa näin parempi formaatio (kuva 5.4). (Niemi 2006.)



Kuva 5.4 Formaation (Fm) ja sakeuden (Cs) suhde (Niemi 2006)

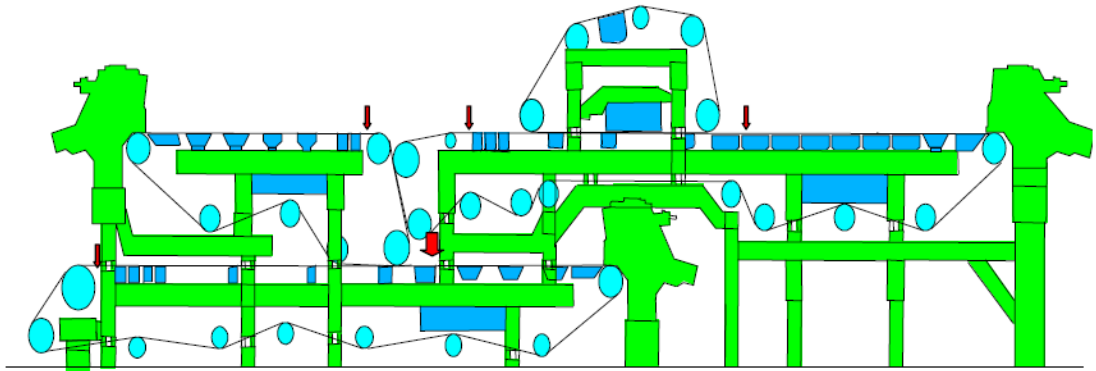
Jatkuvatoiminen sakeusmittaus auttaa koneenhoitajia myös erikoistilanteissa, kuten päänviennissä. Eri kerrosten liitossakeuden avulla voidaan varmistaa kerrostenvälinen palstautuminen ja kokonaissakeus ennen radan siirtymistä puristinosalle. Sakeusmittausten perusteella voidaan myös saavuttaa kustannussäästöjä optimoimalla vedenpoistoelimien imujen suuruus.

5.5 NDC-antureiden sijoitus

Kolmikerroskartonkikoneen märänpään hallinnassa ja kuiva-ainepitoisuuden säädössä on tärkeää löytää eri kerroksille sopivat sakeudet. Mittareiden sijoituskäytännöt riippuvat mittareiden määrästä ja sopivista sijoituspaikoista viiraosalla. Usein anturit asennetaan mahdollisimman lähelle eri kerrosten liitoskohtaa, jotta pystytään tarkkailemaan kerrosten liitoskosteutta ja näin varmistamaan riittävä palstautumislujuustaso.

Kartonkikone 4:llä mittareita on käytössä neljä kappaletta ja ne on sijoitettu koneen käyttöpuolelle. Runkoviiralla (keskikerros) on kaksi anturia, toinen ennen MB-formeria ja toinen ennen runko- ja pintakerroksen liitoskohtaa. Pintakerroksella on yksi anturi ennen pinta- ja runkokerroksen liitoskohtaa. Selkäkerroksel-

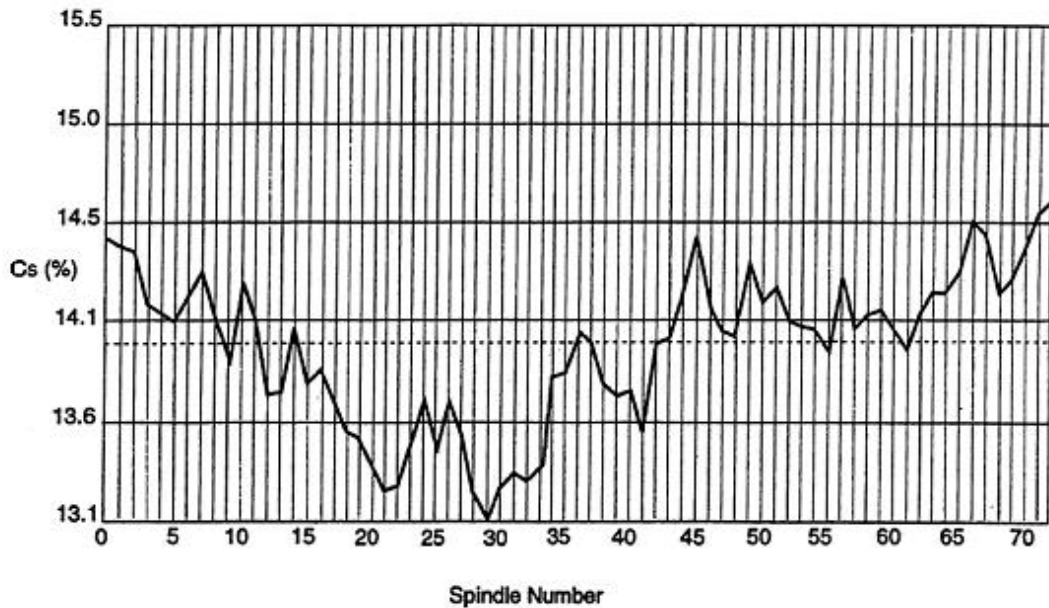
la on yksi anturi, joka on sijoitettu ennen selkäviiran imutelaa, jolloin kaikki kerrokset ovat yhdessä. Koneelle on aiemmin ollut sijoitettuna anturi myös selkäkerrokselle ennen kerrosten liitoskohtaa (kuva 5.5), mutta antureiden rikkoutumisen myötä tästä kohdasta on luovuttu. Opinnäytetyön tekohetkellä antureita oli käytössä / toiminnassa yksi kappale. Tämä anturi oli sijoitettu koneen käyttöpuolelle, juuri ennen yläpuolista MB-formeria. Mittareiden sijoituspaikat on esitetty kuvassa 5.5.



Kuva 5.5 NDC-antureiden (5 kpl) sijoitus KK 4:lle

5.6 Jatkuva skannaus

Skannaavassa sakeusmittauksessa mittapää on kiinnitetty koneleveään palkkiin, jossa mittapää liikkuu poikkisuunnassa viiraosan alla. Jatkuvan skannauksen mahdollistava palkki varustetaan moottoroidulla liikutuslaitteistolla, joka liikuttaa mitta-anturia radan poikkisuunnassa. Skannaavassa mittauksessa anturi kuormitetaan viiraa vasten paineilmalla, kun taas kiinteästi asennetuissa mittauksissa sopiva paine haetaan käsivaraisesti tai erityisellä painevaihtelun kompensointilaitteella. Skannaavalla mittauksella on mahdollista mitata sekä poikkisuuntaisia, että konesuuntaisia profiileja. Skanneri tekee jatkuvaa edestakais- ta skannausta koneen poikkisuunnassa ja muodostaa mittaustulosten perusteella poikkisuuntaisen sakeusprofiilin. Tyypillinen poikkisuuntainen sakeusprofiili on esitetty kuvassa 5.6.



Kuva 5.6 Poikittainen sakeusprofiili erällä sanomalehtipaperikoneella

Kuvasta 5.6 on nähtävissä, että koneen poikkisuuntainen sakeusprofiili muuttuu nopeasti koneen keskiosassa. Poikkisuuntainen sakeusprofiili oli kuvassa alimmillaan noin 13,1 % ja korkeimmillaan noin 14,6 %.

5.7 Kiinteä asennus

Koska skannauksen mahdollistava, liikutuslaitteistolla varustettu, palkki on melko kallis ja koska konepesuissa käytetään voimakkaita pesuaineita jotka aiheuttavat usein vikoja skannauspalkin toimintaan täytyy toisinaan tyytyä yksittäisiin kiinteästi asennettuihin mittareihin. Kiinteässä asennuksessa ylöspäin suuntautuva gammamittari varustetaan noin 1,5 metriä pitkällä putkivarrella. Varsi lukitaan kartonkikoneen runkoon kiinnitettävään pidikkeeseen, jossa on säätömahdollisuus ylös/alas ja pidemmäksi tai lyhyemmäksi. Kiinteät anturit asennetaan usein koneen käyttöpuolelle, jolloin ne eivät ole tiellä hoitosillalla tai viiranvaihdossa. Tästä syystä anturit on usein asennettava hyvin vaikeisiin paikkoihin, että käytännössä anturin painetta viiraa vasten voidaan säätää vain koneen seisossa. Koska samalla kartonkikoneella ajetaan hyvin vaihtelevia neliömassoja, on niillä viiraosilla, joilla massaradan paino vaihtelee neliömassan mukaan, oikean kosketuspaineen säätö hyvin vaikeaa sillä massaradan paino tekee vaih-

telua myös anturin ja viiran kosketuspaineeseen. Liian suuri kosketuspaine aiheuttaa rataa foilivaikutusta anturin kohdalla ja liian pieni kosketuspaine taas aiheuttaa mittavirhettä. Tämän vuoksi myös kiinteästi asennetuille antureille on kehitelty erillinen kosketuspaineenvaihtelun kompensointilaite, joka säätää anturin kosketuksen viiraan sopivaksi, jolloin se ei vaikuta mittaustuloksiin eri laatuja valmistettaessa. (Niemi 2006.)

5.8 Siirrettävä mittari

Koska kartonki- tai paperikoneeseen ei voida hankkia kiinteitä tai skannaavia mittareita muihin kuin kaikkein tärkeimpiin kohteisiin, käytetään jatkuvan mittauksen tukena usein erillistä kannettavaa mittaria. Kannettavalla mittarilla voidaan tehdä välipistemittauksia, jonka lisäksi sillä voidaan kontrolloida koneeseen asennettujen mittareiden tarkkuutta ja mittaustulosten oikeellisuutta. Kannettavalla mittarilla voidaan mitata myös koneessa oleville mittareille niiden tarvitsemat viirapainot.

Kannettavan mittarin toiminta perustuu kiinteän mittarin tavoin gammasäteilyn takaisinsirontaan. Kannettavassa mittarissa säteilylähde kiinnitetään teleskooppivarten, jonka avulla mittauksia voidaan tehdä viiraosan eri kohdissa. Virtalähteenä kannettavalla mittarilla voidaan käyttää sisäistä ladattavaa akkua tai erillistä ulkoista virtalähdettä. (NDC.)

5.9 Muita sakeusmittareita

Tiukentuneiden turvallisuusmääräysten vuoksi radioaktiiviseen mittaukseen perustuville mittaustavoille on kehitelty korvaavia mittaussuunnitelmia. Tämän vuoksi markkinoille on saapunut erityisesti mikroaaltoihin perustuvia mittaussuunnitelmia korvaamaan radioaktiivisia mittareita. Mikroaaltomittarin mittaussuunnitelma perustuu avoimeen mikroaaltoresonaattoriin, jossa veden määrä mitataan resonanssitaajuuden avulla. Nämä laitteet mittaavat veden kokonaismäärän rainassa ja

viirakudoksessa, jonka vuoksi viiran sisältämä vesimäärä tulee tietää oikean sakeuden laskemiseksi. (Paulapuro 2008)

Mikroaaltoihin perustuvia sakeusmittareita on tullut markkinoille monelta eri valmistajalta. Lorentzen & Wettre on tuonut markkinoille kannettavan Consistency Meter -laitteen, jolla voidaan mitata sakeutta viiraosan eri kohdissa. Muista valmistajista muun muassa Cristiniltä on tullut markkinoille FiberScan-tuotepihe, joka sisältää niin käsikäyttöisiä kuin kiinteästi asennettavia sakeusmittareita. Metso on kehittänyt niin ikään mikroaaltoihin perustuvan ConsistencyCheck-sakeusmittarin, jolla voidaan tarkkailla viiraosan vedenpoistoa.

6 KALIBROINTI

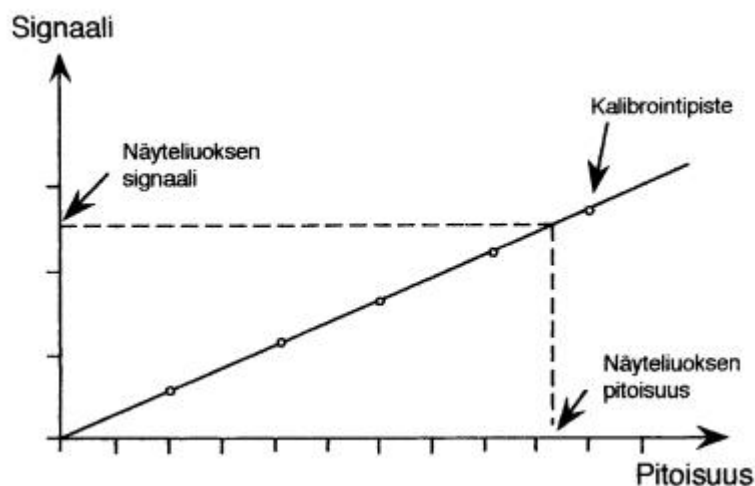
Sakeusmittauslaitteiston kalibrointi on tärkeää ja tulisi suorittaa säännöllisin väliajoin tai aina, kun mittaustulosten oikeellisuutta epäillään, jotta mittalaitteen antama tulos saadaan vastaamaan todellista sakeutta kyseisellä kohdalla viiraosaa. Kalibroinnin tarkoitus on saada tuotantolinjan sakeusmittauslaitteisto toimimaan yhteneväisesti ja vastaamaan mahdollisimman tarkasti todellista arvoa.

Koska online-anturit eivät useinkaan mittaa suoraan haluttua mittaussuuretta, täytyy niiden kalibrointiin kiinnittää erityistä huomiota, jotta mittaustulokset olisivat aidosti yhteneväisiä laboratoriomittausten kanssa. On olemassa kaksi tapaa kalibroida online-antureita: staattinen kalibrointi ja dynaaminen kalibrointi. Staattisessa kalibroinnissa anturit kalibroidaan valmistelluilla näytteillä, joiden mitattava pitoisuus tiedetään tarkasti. Staattisessa kalibroinnissa näyte ei myöskään liiku kalibroinnin aikana. Kun taas dynaamisessa kalibroinnissa näyte kulkee anturin ohitse, jonka jälkeen sama kyseinen kohta mitataan laboratoriossa ja jonka laboratoriomittaustuloksen perusteella kalibrointi suoritetaan. Näistä kalibrointitavoista staattinen kalibrointi on yleisemmin käytetty ja koska näytteen pitoisuus tunnetaan tarkasti eikä näyte sisällä vettä, on staattinen kalibrointi myös tarkempi tapa. (Borch, Lyne, Mark & Habeger 2002.)

6.1 Kalibroinnin periaate

Kalibroinnin määritelmä (SFS 5223): ”Toimenpiteet, joiden avulla annetuissa olosuhteissa saadaan mittalaitteen, mittausjärjestelmän tai kiintomitan näyttämien arvojen ja mittasuureen vastaavien arvojen välinen yhteys.” (Jaarinen & Niiranen 2005, 18.)

Kalibroinnissa käytetään vertailumateriaaleja tai näytteitä, joissa tutkittavan komponentin pitoisuus tunnetaan tarkasti. Vertailumateriaalista valmistetaan näytteitä, joissa on tutkittavan ominaisuuden osalta tunnetut pitoisuudet. Kalibrointinäytteiden avulla määritetään mittaussignaalin tason ja mitattavan pitoisuuden välinen yhteys eli kalibrointikäyrä. Kalibrointia varten tarvitaan vähintään kaksi kalibrointinäytettä, joiden kautta piirretään kulkemaan kalibrointisuora (kuva 6.1). Kalibrointisuoralta voidaan lukea näytteen signaalin arvoa vastaava pitoisuus. Kalibrointi on suoritettava niin että mittaussignaalin muutoksen on pitoisuuden muuttuessa oltava niin suuri, että eri pitoisuudet voidaan määrittää luotettavasti. Tämän lisäksi kalibrointinäytteiden tulee olla tarkkoja, sillä myöhemmät mittaukset perustuvat kalibrointinäytteiden todenmukaisuuteen. (Jaarinen & Niiranen 2005.)



Kuva 6.1 Kalibrointipisteiden kautta piirretty kalibrointisuora (Jaarinen & Niiranen 2005, 21)

Staattinen testaus tunnetuilla näytteillä antaa nopean varmistuksen anturin toimivuuteen ja se tulisi suorittaa aina kun epäillä mitta-anturin toimivuutta. Antureiden toimivuuden varmistamiseksi tulisi monipistekalibrointi suorittaa säännöllisin väliajoin kuukausittain. Yksittäispistevarmistuksia sen hetkisten mittaus tulosten perusteella tulisi suorittaa vieläkin useammin antureiden toimivuuden varmistamiseksi. (Borch ym. 2002.)

6.2 Sakeusmittauslaitteiston kalibrointi

Gammasäteilyyn perustuvat sakeusmittarit kalibroidaan laitetoimittajan toimittamilla muovinäytteillä. Koska gammasäteily on hyvin läpäisevää säteilyä, se läpäisee muovinäytteen samalla tavalla kuin massarainankin. Osa säteilystä läpäisee näytteen kokonaan, osa absorboituu näytteeseen ja osa siroaa takaisin. Takaisin siroavan säteilyn määrä on riippuvainen muovinäytteen paksuudesta. Vertailumateriaalista valmistetuilla kalibrointinäytteillä suoritettu kalibrointitapa on luotettavampi kuin kostealla näytteellä suoritettu kalibrointi, koska mitattava näytteen pitoisuus tunnetaan tarkasti, eikä näyte sisällä vettä jolloin näyte on tasalaatuinen jokaisella kalibrointikerralla.

Märkäanturin kalibrointi suoritetaan kahden vertailumateriaalista valmistetun kalibrointinäytteen avulla. Laitetoimittaja toimittaa mittauslaitteen mukana juuri kyseiselle anturille tarkoitetut muovista valmistetut kalibrointinäytteet, joiden mukaan kalibrointi suoritetaan. Muovinäytteet tulee olla mitoitettu siten, että tuleva mittausalue jää kalibroinnissa käytettyjen muovinäytteiden väliin. Kalibroinnissa muovinäytteet käytetään vuorotellen mittapään edessä ja laitteisto sijoittaa mitatut arvot koordinaatistoon, jonka akseleina toimivat lähtevä signaali ja mitattava massa, sekä piirtää näiden kautta kulkevan kalibrointisuoran (kuva 6.1). Koska gammasäteilyn takaisinsirontaan perustuva mittaus on lineaarinen, jolloin tietynsuuruinen muutos mitattavassa massassa aiheuttaa samansuuruisen muutoksen detektorille palaavassa säteilyssä, voidaan kalibrointi suorittaa kahden kalibrointinäytteen avulla.

7 TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS

Tämän työn tavoitteena oli selvittää viiraosan sakeusmittauksia suorittavien NDC-mittareiden oikea kalibrointitapa sekä tutkia, kuinka viirakudosten likaantuminen vaikuttaa sakeusmittausten tuloksiin. Työssä myös etsittiin sopivaa kalibrointikäytäntöä, jotta online-anturit saataisiin pysymään tarkkoina mahdollisimman vähällä työmäärällä.

Kartonkikone, jolla insinööri työ suoritettiin, on teoriaosassa esitetyn kuvan 2.2 mukainen kolmen tasoviiran yhdistelmä jonka runkoviiran yhteyteen on sijoitettu yläpuolinen MB-formeri. Koneen rakenteesta johtuen, on NDC-mittarit jouduttu asentamaan hyvin vaikeisiin paikkoihin käyttöpuolelle, jotta ne eivät ole tiellä muun muassa viiranvaihdon yhteydessä. Hankalan sijoituspaikan vuoksi antureiden suuntaaminen ja muut säätötoimenpiteet voidaan suorittaa usein ainoastaan seisokin yhteydessä. Mittaustulosten oikeellisuuden kannalta on ensisijaisen tärkeää löytää antureille toimiva kalibrointikäytäntö, jolloin antureita voidaan hyödyntää tehokkaasti laadunsäädössä.

Tehtaalla ei ole tällä hetkellä määritettyä kalibrointikäytäntöä johtuen NDC-antureiden heikosta kestävyydestä ja suuresta vikaantumisalttiudesta. Tämän vuoksi anturit on kalibroitu niiden saapuessa korjauksesta, paikalleen asennuksen yhteydessä. Anturit ovat hajonneet tyypillisesti 3–6 kk:n jälkeen paikalleen asennuksista, jonka vuoksi kalibroinnin pysyvyyttä ei ole pystytty kunnolla määrittämään. Opinnäytetyön tekohetkellä toimintaan saatiin yksi jatkuvatoiminen NDC-sakeusanturi, jonka toiminnassa ei havaittu ongelmia työn tekohetkellä.

8 TYÖN SUORITUS

Tämä opinnäytetyö tehtiin Stora Enso Ingerois Oy:n toimeksiantona Inkeröisten kartonkitehtaalla kevään 2010 aikana. Insinööriyön kokeellinen osa suoritettiin haastattelemalla kudostoitettajan edustajaa ja suorittamalla sakeus- ja viiranpainomittauksia kannettavalla sakeusmittarilla sekä tutkimalla aiempia sakeusmittaustuloksia.

Sakeusmittauksia suoritettiin kolmen eri valmistajan kannettavilla sakeusmittareilla ja saatuja tuloksia verrattiin toisiinsa sekä kiinteästi asennetun anturin mittaamaan sakeuteen. Kannettavat mittarit, joilla vertailumittaukset suoritettiin, olivat NDC:n gammasäteilyn takaisinsirontaan perustuva 104-PC, Lorentzen & Wettren Consistency Meter -mikroaaltomittari ja Cristinin FiberScanOne-mikroaaltomittari.

9 MITTAREIDEN KALIBROINTI

NDC-mittari kalibroidaan asennusvaiheessa laitetoimittajan toimittamilla muovisilla referenssinäytteillä, joiden pitoisuudet tunnetaan tarkasti. Kalibroinnissa tarvitaan kaksi näytettä, jotka asetetaan vuorotellen mittapään päälle kalibroinnin ajaksi. Kalibroitinäytteet tulee olla mitoitettu siten, että tuleva mitta-alue sijoittuu kalibroitinäytteiden väliselle alueelle. Näiden tunnettujen mallinäytteiden perusteella mittalaite piirtää kalibroitisuoran, jonka mukaan tulevat mittaustulokset määritetään. Jos kalibroinnissa käytettävät muovinäytteet ovat luotettavat ja tarkat, kalibroinnin pitäisi tämän jälkeen pysyä oikealla alueella säteilylähteenä käytettävän americium 241 pitkän 455 vuoden puoliintumisajan takia. Kuitenkin mittapään kulumisen voi aiheuttaa kalibroinnin vääristymisen ajan kuluessa, jonka vuoksi anturit tulee kalibroida ainakin kerran vuodessa tai aina, kun mittaustulosten oikeellisuutta epäillään. Myös viirojen vaihdon yhteydessä kalibrointi on hyvä tarkistaa ja tarvittaessa suorittaa uudelleen.

Tarkemmin kalibroinnin suorittaminen on ohjeistettu liitteessä 1.

9.1 Viirapainon määrittäminen

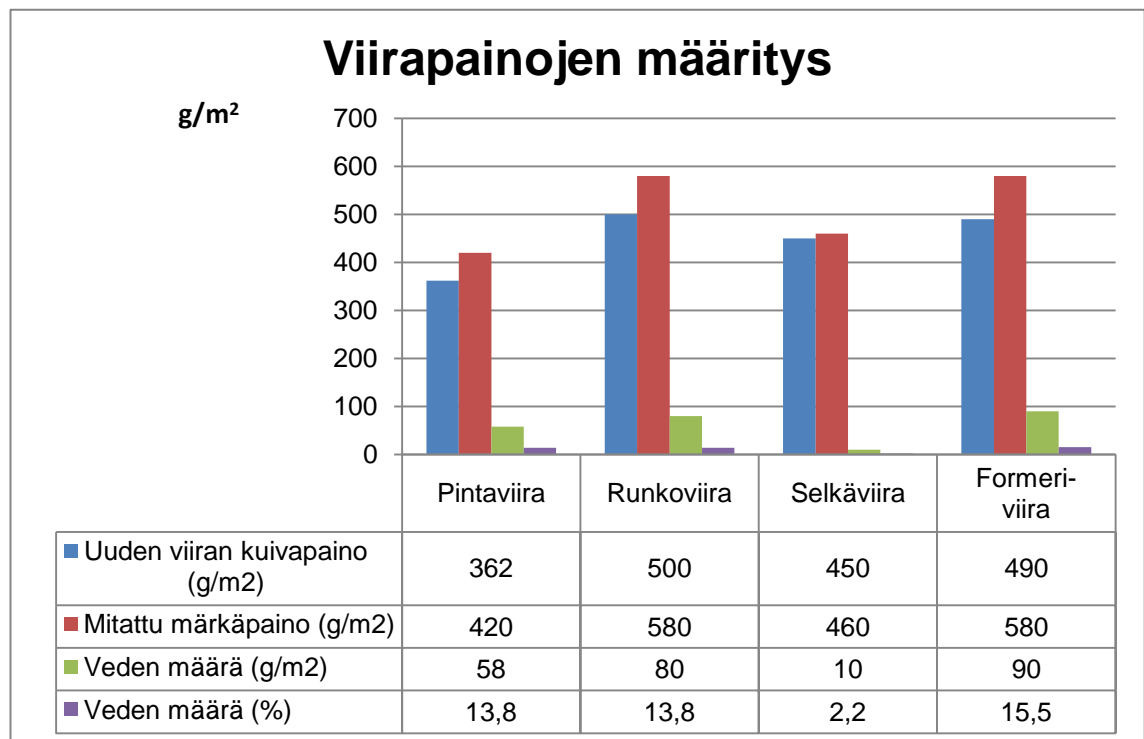
Mittareiden kalibroinnin lisäksi on hyvin tärkeää löytää sopivat märkäviirapainot, joiden perusteella saadaan laskettua mahdollisimman todenmukainen sakeus. Viirapainona ei voida käyttää kudostoimittajan toimittamaa uuden viiran kuivapainoa, koska mittauspaikasta riippuen viira sisältää vaihtelevan määrän vettä. Jos viirassa olevaa vettä ei oteta huomioon viirapainossa, oletetaan kaiken tämän veden olevan massasuspensiossa, jolloin mittaustuloksena tulee huomattavasti todellista alhaisempi sakeus.

Kudostoimittajan edustaja on suorittanut paljon viiraosan sakeusmittauksia kannettavalla NDC-mittarilla, ja hän suositti viirapainojen määrittämistä seuraavasti: Runkokerroksella, ennen formeria sijaitsevan sakeusmittarin viirapaino voidaan määrittää seisokin yhteydessä vesiajolla siten, että vesiajolla anturin mitaama kokonaispaino määritetään myös viirapainoksi, jolloin kaikki lisäpaino on jo radan painoa. Mittaustuloksen suodatusta tulee kuitenkin lisätä, koska tämänhetkinen mittaus on hyvin suuresti vaihteleva, ja pelkästään vesiajolla kokonaispaino vaihtelee satoja grammoja ja viirapainona käytettävän painon määrittäminen on hyvin hankalaa. Haluttaessa tämän anturin viirapainona voidaan käyttää myös välittömästi runkokerroksen irtaantumisen jälkeen (ennen vesisuihkuja) mitattua viirapainoa, sillä painon muutos vaikuttaa minimaalisesti mittaustuloksiin rungon paksun massakerroksen vuoksi. Formerin jälkeisen liitossakeuden mittaamisessa voidaan käyttää ainoastaan välittömästi runkokerroksen irtaantumisen jälkeen mitattua viirapainoa, jotta tulos olisi mahdollisimman todenmukainen.

Pintakerroksen liitossakeuden mittauksessa tulee käyttää radan irtaantumisen jälkeistä viirapainoa, joka mitataan kannettavalla mittarilla mahdollisimman varhaisessa vaiheessa viiran paluukierrossa (ennen vesisuihkuja). Selkäkerroksen liitossakeuden (runko- ja pintakerroksiin) määrittämisessä voidaan käyttää vesiajolla anturin mitaamaa viirapainoa liitoskohdassa, jos viirapaino on uskottavalla tasolla. Tätä ei ollut mahdollista tutkia opinnäytetyössä kun käytössä ei

ollut jatkuvatoimista mittaria kyseisessä kohdassa. Jos viirapaino epäuskottavalla tasolla, tulee viirapaino mitata paluukierron alkuvaiheessa. Kaikkien kerrosten yhdistyttyä viiraosalla ennen puristinosaa tapahtuvassa mittauksessa viirapainona käytetään välittömästi kerrosten irtaannuttua pickupilla mitattavaa viirapainoa. Kyseinen mittauspaikka on hyvin hankalassa paikassa, mutta samalla ainoa mahdollinen ennen viiran vesisuihkuja.

Kannettavalla NDC-mittarilla tehtyjen sakeusmittausten yhteydessä suoritettiin viiran käytönaikaisten märkäpainojen mittaaminen. Samalla tutkittiin onko uuden viiran painolla ja käytössä olevan viiran märkäpainolla jotain huomattavaa yhteyttä. Tulokset on esitetty seuraavassa kuviossa 9.1.

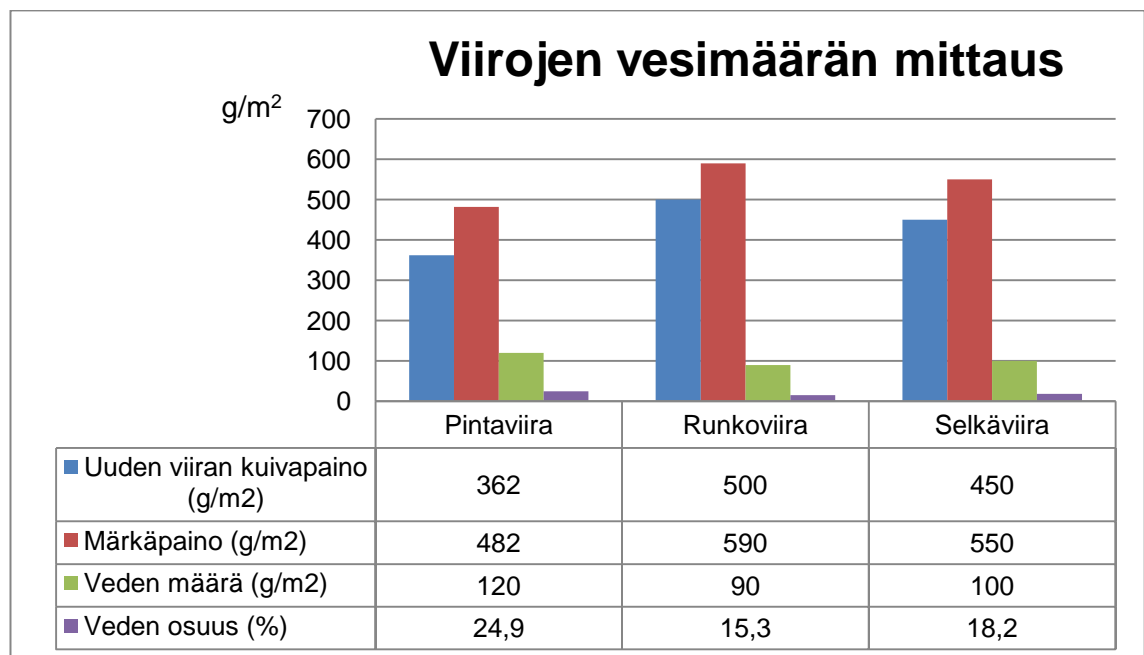


Kuvio 9.1 Viirajen sisältämän veden määritys

Kuviosta 9.1 on nähtävissä kolmen viiran osalta märkäpainon ja kuivapainon välillä riippuvuutta. Viirajen märkäpainot mitattiin välittömästi radan erkanemiskohdan jälkeen ennen vesisuihkuja. Pintaviiralla, runkoviiralla ja formeriviiralla oli jokaisella huomattavissa prosentuaalinen yhteys viiran alkuperäiseen kuivapainoon. Selkäviiralla, joka oli mittaushetkellä kauimmin käytössä ollut viira, ei ollut nähtävissä samanlaista yhteyttä märkäpainon ja kuivapainon välillä. Tämä

voi johtua ohuesta selkäkerroksesta, josta vesi poistuu nopeasti jo viiran alkuosalla ja lisäksi huopautustelalla rainaan liitettävät selkä- ja pintakerrokset ovat jo saavuttaneet verrattain korkeat sakeudet omilla viiraosillaan, jolloin vedenpoisto ja viiran sisältämän veden määrä on suhteessa vähäisempää selkäviiran loppuosalla. Kosteuserot eri rainojen välillä pyrkivät tasoittumaan keskenään, jolloin matalammassa sakeudessa oleva raina siirtää vettä sakeampaan kerrokseen kohti, jonka seurauksena rainat palstautuvat yhteen. Myös viiran kulumisella ja sen kyvyllä pitää sisällään vettä on mahdollinen yhteys viiran märkäpainoon.

Viirujen sisältämä vesimäärä mitattiin myös Cristinin sakeusmittausten yhteydessä 30.3.2010. Tällöin käytössä oli mikroaaltomittari, joka mittaa ainoastaan vesimäärän, eikä siis viiran painoa. Viirujen sisältämä vesimäärä on esitetty seuraavassa kuviossa 9.2.



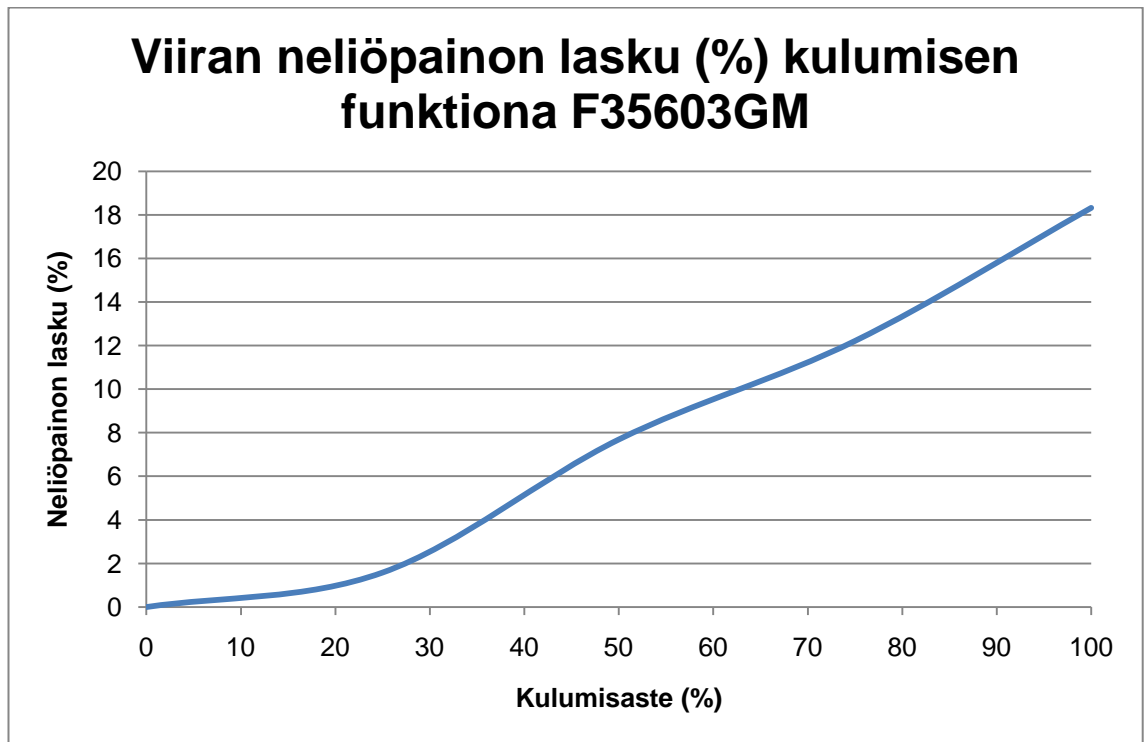
Kuvio 9.2 Mikroaaltomittarilla mitatut viirujen vesimäärät

Mikroaaltomittarilla saadut viirujen vesimäärät eroavat huomattavasti kannettavalla NDC-mittarilla mitatuista, vaikka mittauspaikat olivat samat. Tällä kertaa kuitenkin jokainen viira sisälsi lähes saman määrän vettä (n. 100 g/m²). On hankala sanoa kummat arvot ovat lähempänä totuutta, mutta ero ei ole niin suuri että se vaikuttaisi merkittävästi laskettuun sakeuteen.

9.2 Viiran kuluminen

Viiran rakenteen mukaan viira voi kantaa eriäviä määriä vettä mukanaan. Viiran vedenkanto-ominaisuus riippuu sen huokoisesta tilavuudesta ja paksuudesta. Tämän vuoksi myös viiran kuluminen ja sitä kautta muuttuva rakenne vaikuttavat viiran elinkaaren aikana sen kykyyn kantaa vettä mukanaan.

Kudostoimittaja Tamfelt testasi päättötyön aikana, kuinka paljon viira kuluu elinkaaren aikana. Yllätykseksi huomattiin, että viirapaino voi elinikänsä aikana laskea jopa 18 % kulumisen seurauksena (kuvio 9.3).



Kuvio 9.3 Viiran neliöpainon lasku kulumisen funktiona

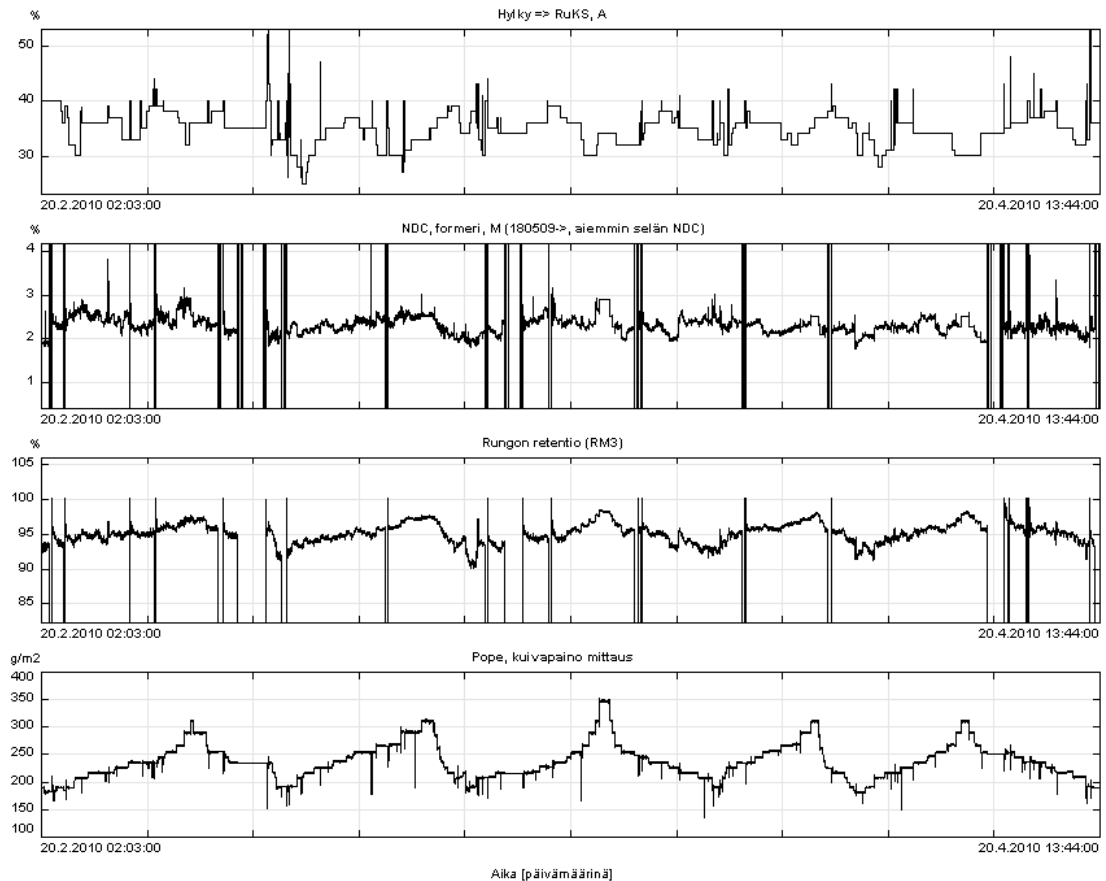
Kuviosta 9.3 voidaan nähdä, että alussa kulumisen vaikutus viiran neliöpainoon on pientä, mutta kulumisen jatkuessa yhteys viiran painoon kasvaa suuresti. Koska kuluminen vaikuttaa viiran painoon merkittävästi, vaikuttaa tämä myös viiran kykyyn sitoa vettä. Koska tehdasmittakaavassa on hankalaa mitata käytettävän viiran kuivapainoa ja tätä kautta arvioida sen kulumisastetta ja kykyä sitoa vettä, on tarkka käytettävän viirapainon määrittäminen lähes mahdotonta. Tämän mahdollistamiseksi tarvitaan jatkuvatoiminen viirapainon mittaus radan

erkanemiskohdan jälkeen, jonka perusteella muuttunut viirapaino voidaan päivittää sakeuden laskemista varten. Jos tällainen järjestely ei ole mahdollista, joudutaan tyytymään kannettavalla mittarilla säännöllisesti tehtäviin viiranpainomittauksiin.

10 KUDOSTEN LIKAANTUMISEN VAIKUTUS

Hylyn käyttö uudelleen raaka-aineena paperinvalmistuksessa vaikuttaa märänpään kemiaan erityisesti päällystettyjen laatujen tapauksessa. Tämä johtuu päällysteen komponenteista, jotka pääsevät uudelleenkäytön yhteydessä kiertojärjestelmään. Tyypillisesti ongelmat liittyvät päällystetyn hyllyn yhteydessä retention vaihteluihin viiraosalla sekä kerrostumien muodostukseen.

Viiraosan jatkuvatoimisessa sakeusmittauksessa ei työn tekoaikana havaittu hyllyn käytön aiheuttaneen viiran likaantumista eikä huomattavaa sakeudenmuutosta runkokerroksessa. Sakeusmittauksen vaihtelu oli pienimuotoista, eikä siihen koettu vaikuttaneen muita tekijöitä muuttuvien ajoparametrien lisäksi. Seuraava kuva 10.1 on otettu KCL-WEDGE-prosessianalyysijärjestelmästä ja siinä näkyy hyllyn annostelun, runkokerroksen sakeuden, runkokerroksen retention sekä kartongin lopullisen kuivapainon trendit.



Kuva 10.1 Runkokerroksen sakeusmittauksen trendi

Kuvasta voidaan nähdä runkerroksen sakeusmittauksen pysyvyys pienellä vaihteluvälillä. Koska lopputuotteen neliöpainovaihtelut toteutetaan muuttamalla runkerroksen painoa, on nähtävissä, että nopeissa neliöpainon muutoksissa sillä on vaikutusta myös runkerroksen sakeuteen. Jatkuvatoimisen mittauksen perusteella voidaan todeta kudosten likaantumisen vaikutuksen olevan pientä. Tehtaalla on otettu käytännöksi suorittaa lyhyitä pesuseisokkeja lähes viikoittain likaantumisen välttämiseksi, ja pesuseisokkien tiheyden ansiosta, kudosten likaantumisen aiheuttamaa sakeudenmuutosta ei ollut havaittavissa.

Kudostoimittajan edustajan mukaan viiran likaantuminen ja sitä kautta vaikutus viirapainoon on hyvin marginaalista verrattuna viiran vaihtelevaan vesimäärään ja viiran kulumiseen. Enemmän viiran painoon vaikuttavat vaihtelut ajonopeuksissa (suurempi ajonopeus → lisääntynyt vedenpoisto) ja runkerroksella tapahtuvat neliöpainon muutokset eri lajeilla (paksu kerros → hitaampi vedenpoisto) sekä viiran kuluminen.

11 KANNETTAVALLA MITTARILLA TEHDYT VERTAILU-MITTAUKSET

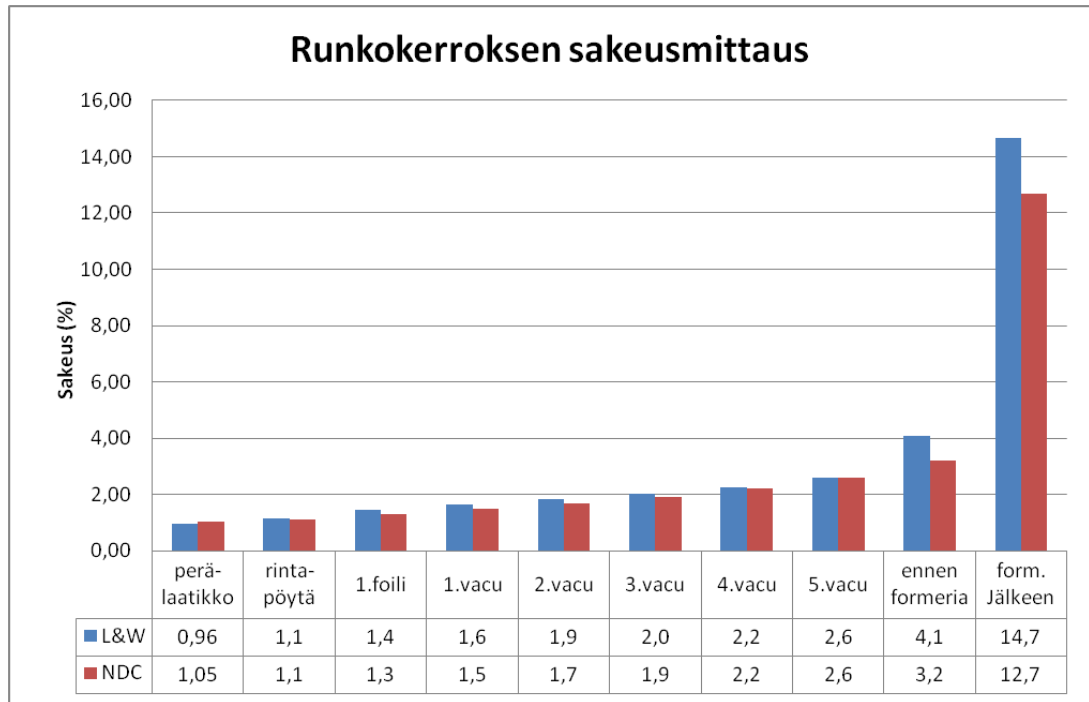
Tamfelt suoritti 18.2.2010 kannettavalla NDC-mittarilla vedenpoistomittauksen, jonka tuloksia verrattiin kiinteästi asennetun anturin tekemään mittaukseen. Mittauslajina oli TB 315 g/m² ja viiran nopeus oli 325 m/min. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 11.1.

Taulukko 11.1 Tamfeltin vedenpoistomittauksen tulokset

	Kokonaispaino		Viirapaino		Rata g/m ²		Sakeus %	
	Valvomo	Tamfelt	Valv	TF	Valv	TF	Valv	TF
Formeri	8484	9300	690	580	7794	8720	2,7	2,6
Runko	-	2300	-	580	-	1720	-	12,7
Pinta	-	720	-	420	-	300	-	10,5
Selkä	-	890	-	460	-	430	-	5,9
Valmis rata	-	2020	-	460	-	1560	-	17,6

Koska käytettävissä oli vain yksi kiinteästi asennettu mittari, pystyttiin vertaamaan vaan sen toimintaa kannettavaan mittariin. Kiinteästi asennetun mittarin viirapaino 690 g/m² on määritetty vesiajoilla kokonaispainon mukaan, siten että radan paino oli vesiajoilla 0 g/m². Kudostoimittajan edustajan mukaan tätä tapaa voidaan käyttää tässä kohtaa viiraosaa, koska se ei vaikuta suuresti lopputulokseen radan ollessa hyvin paksu. Kuitenkaan tätä tapaa ei voida käyttää myöhemmin viiraosalla.

Vahto Group suoritti runkokerroksen vedenpoistomittauksen 26.3.2010 mikroaaltoihin perustuvalla Lorentzen & Wettren valmistamalla kannettavalla sakeusmittarilla. Mittauslajina oli TB 255 g/m² ja viiran nopeus oli 450 m/min. Kiinteästi asennetun NDC-anturin mittaama sakeus oli n. 2,4 % ja mikroaaltomittari mittasi samasta kohdasta 2,6 %. Mittaustuloksia verrattiin myös Tamfeltin kannettavalla NDC-mittarilla 18.2.2010 tekemiin mittauksiin (kuvio 11.2).



Kuvio 11.2 Runkokerroksen sakeusmittausvertailu

Verrattaessa Vaahto Groupin suorittamaa L&W mikroaaltomittaukseen Tamfeltin suorittamaan NDC-mittaukseen voidaan huomata niiden yhteneväisyys viiran alkuosalla. Ainoastaan runkokerroksen viiraosan lopussa on huomattavissa selkeämpää eroavaisuutta mittausten välillä.

Cristini suoritti kannettavalla mikroaaltomittarilla viiraosan sakeusmittauksia 30.3.2010. Mittauslajina oli TB 225 g/m² ja viiran nopeus oli 510 m/min. Mittauskohdiksi oli valittu kerrosten liitoskohdat, joissa tehtaalla on ollut sijoitettuna kiinteät NDC-anturit. Nykyisen kiinteän anturin sijoituskohdassa mitattiin 2,1 % sakeus, kun kiinteä NDC-anturi mittasi sakeudeksi n. 2,2 %. Runkokerroksen liitoskohdassa sakeudeksi mitattiin 15,4 %, pintakerroksen liitoskohdassa 8,6 % ja selkäkerroksen liitoskohdassa 3,9 %. Kaikkien kerrosten ollessa yhdessä, mitattiin sakeudeksi ennen puristinosaa 20,0 %.

Kannettavilla mittareilla mitatut sakeustulokset ja mittauspaikat on esitetty liitteessä 2. Kuten liitteen 2 kuvasta 1 voidaan nähdä, sakeusmittareiden mittaus tuloksissa on nähtävissä eroja erityisesti liitoskohdissa. Kuitenkaan näiden mittausten perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä antureiden toiminnasta, eroavien mittausajankohtien vuoksi. Viiraosan sakeusmittauksissa vedenpoistoon

vaikuttavat ensisijaisesti ajoparametrit, imulaatikoiden alipaineet, ajonopeus sekä tuotettava laatu.

12 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä seurattiin yhden jatkuvatoimisen NDC-anturin toimintaa, jonka vuoksi ei anturin toiminnalle ollut vertailukohtaa. Anturi kuitenkin pysyi tarkasti mittausalueella eikä sen toiminnassa havaittu ongelmia.

Kannettavilla mittareilla suoritettavat vertailumittaukset suoritettiin normaaleissa ajotilanteissa. Saadut tulokset eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa, koska eri mittausajankohtien vuoksi tuotettu laatu, ajonopeus sekä ajoparametrit olivat muuttuneet. Tämän lisäksi eri antureilla tehdyissä mittauksissa olivat eri mittajat, jolloin mittauksien suorituksessa voi olla eroja.

Viiran painoon vaikuttaa suuri määrä muuttujia, jonka vuoksi käytettäviä viirapainoja ei voitu ennalta määrittää, vaan ne tulee jatkossa mitata säännöllisesti kannettavalla mittarilla. Mittaus tulee suorittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa viiran paluukiertoa, ennen kuin vesisuihkut kastelevat viiraa. Runkokerroksen NDC-anturin viirapainoa ei päivitetty anturin asennuksen jälkeen opinnäytetyön tekoaikana runkokerroksen suuren massapainon takia, jolloin pienet muutokset viirapainossa eivät vaikuta merkittävästi sakeuteen painavassa massakerroksessa.

Viirakudosten likaantumista tutkittiin seuraamalla kiinteästi asennetun mittarin sakeustuloksia pesuseisokin jälkeen. Runkokerroksen jatkuvatoimisen sakeusmittauksen vaihtelu oli hyvin pientä, eikä viiran likaantumista / likaantumisen aiheuttamaa sakeudenmuutosta ollut havaittavissa opinnäytetyön tekohetkellä, tehtaalla usein tapahtuvien pesuseisokkien vuoksi.

13 EHDOTUS MENETTELYSTÄ JATKOSSA

Koska opinnäytetyön tekohetkellä anturin toiminnassa ei havaittu ongelmia, voidaan käytännöksi ottaa antureiden kalibroinnin suorittaminen vähintään kerran vuodessa, esimerkiksi viiranvaihdon yhteydessä, jolloin anturia ei tarvitse erikseen ottaa pois paikaltaan viiran alta. Tämän lisäksi anturin kalibrointi tulee suorittaa aina, kun sakeusmittauksen luotettavuutta epäillään. Jos antureiden viikaantuminen jatkuu yhtä yleisenä kuin tähän mennessä, tulee antureiden kalibrointi suorittaa korjauksen jälkeen paikalleenasennusvaiheessa.

Nykyisten NDC-antureiden kannattavuutta tulee pohtia, erityisesti jos opinnäytetyön aikana asennettu anturikin hajoaa totutun 3–6 kk:n kuluessa paikalleenasennuksesta. Antureiden huolto on kallista, eikä korjaaminen ole kannattavaa, jos anturit eivät korjauksen jälkeen kestä koettua pidempään. Tällöin tulisi harkita mahdollisten korvaavien antureiden hankintaa esimerkiksi mikroaaltoihin perustuvien sakeusmittareiden joukosta. Jos kuitenkin päädytään jatkaamaan nykyisten NDC-antureiden kanssa, tulisi mitta-antureihin hankkia täyskeraamiset mittapääät. Täyskeraamisessa mittapäässä ei ole mittauspinnassa kalvoa, jonka kautta anturin sisään pääsisi vettä. Tästä johtuen täyskeraaminen mittapää pidentäisi antureiden kestävyyttä.

Mittausten suodatusta on syytä lisätä, jotta saadaan vähennettyä mitattujen ne-liöpainojen jatkuvaa hyppelyä, jota esiintyy etenkin vesiajolla viirapainoa määrittäessä. Jos NDC-antureita korjataan ja otetaan lisää käyttöön, tulee viirapainoja mitata säännöllisesti kannettavalla mittarilla ja taulukoida ylös. Tällöin nähdään, kuinka paljon käytettävä viirapaino muuttuu todellisuudessa. Ennen formeria olevan anturin kohdalla viirapainon päivitys ei ole niin kriittistä kuin muissa sijainneissa, painavan massakerroksen takia, jolloin pieni muutos viiranpainossa ei vaikuta yhtä oleellisesti laskettuun sakeuteen. Kuitenkin myös tämän kohdan viirapainoa tulee tarkkailla starttia edeltävillä vesiajoilla ja tarvittaessa päivittää.

KUVAT

- Kuva 2.1 Inkeröiden kartonkitehtaalla valmistettavat taivekartonkilajit, s. 9
- Kuva 2.2 Kartonkikone 4, s. 10
- Kuva 2.3 Pintakerroksen ja runkokerroksen liitoskohta, s. 11
- Kuva 2.4 Viiraosan ja puristinosa raja (vasemmalla pickup-tela), s.12
- Kuva 2.5 NDC-antureiden mittauskohdat viiraosilla, s. 13
- Kuva 2.6 Kartonkikoneen perälaatikot, viiraosat ja puristinosa, s.14
- Kuva 2.7 Jenkkisylinteri, s.14
- Kuva 2.8 Kuivatusosa, kalanterit, päällystysosa ja rullain, s. 15
- Kuva 3.1 Tyypillinen taivekartongin rakenne, s. 17
- Kuva 4.1 Tasoviiran vedenpoistoelimet, s. 24
- Kuva 4.2 Tyypillinen kolmikerroskartonkikoneen viiraosa hybridiformerilla, s.27
- Kuva 5.1 NDC-anturin rakenne, s. 30
- Kuva 5.2 NDC-anturin mittapää (suljin auki), s. 31
- Kuva 5.3 Gammasäteilymittauksen toimintaperiaate, s. 32
- Kuva 5.4 Formaation (Fm) ja sakeuden (Cs) suhde, s. 33
- Kuva 5.5 NDC-antureiden (5 kpl) sijoitus KK 4:lle, s. 34
- Kuva 5.6 Poikittainen sakeusprofiili eräällä sanomalehtipaperikoneella, s. 35
- Kuva 6.1 Kalibroitipisteiden kautta piirretty kalibroitisuora, s. 38
- Kuva 10.1 Runkokerroksen sakeusmittauksen trendi, s. 47

KUVIOT

- Kuvio 9.1 Viirojen sisältämän veden määritys, s. 43
- Kuvio 9.2 Mikroaaltomittarilla mitatut viirojen vesimäärät, s. 44
- Kuvio 9.3 Viiran neliöpainon lasku kulumisen funktiona, s. 45
- Kuvio 11.2 Runkokerroksen sakeusmittausvertailu, s. 49

TAULUKOT

- Taulukko 4.1 Eri kerrostamistekniikoiden vertailu, s. 21
- Taulukko 11.1 Tamfeltin vedenpoistomittauksen tulokset, s. 48

LÄHTEET

Borch, J. Lyne, M B. Mark, R E. Habeger, C C Jr. 2002. Handbook of Physical Testing of Paper: Second Edition, Revised and Expanded. New York: Marcel Dekker, Inc.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2000. Kemiallinen metsäteollisuus II Paperin ja kartongin valmistus. Helsinki: Opetushallitus.

Härkönen, S. Lähteenmäki, I. Välimaa, T. 1997. Teollisuuden mittaustekniikka: Analyysimittaukset. 2. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

IK. Inkeröisten Kartonkitehtaan esittelymateriaali. 2009.

Inkinen, P. Manninen, R. Tuohi, J. 2006. Momentti 2 Insinöörifysiikka. 2. painos. Keuruu: Otava.

Jaarinen, S. Niiranen, J. 2005. Laboratorion analyysitekniikka. 5. painos. Helsinki: Edita.

Jylkkä, H. 2002. Taivekartongin palstautumislujisuuden hallinta. Teknillinen korkeakoulu. Puunjalostustekniikan osasto. Diplomityö.

KnowPap. Paperitekniikan ja tehtaan virtuaalinen oppimisympäristö.

Kuusipalo, J. 2008. Papermaking Science and Technology: Paper and Paperboard Converting. 2. painos. Helsinki: Paperi ja Puu Oy.

NDC. NDC Infrared Engineering. NDC 104 käyttöohje. <http://www.ndcinfra.net/download/Manuals%20and%20Addenda/Manuals/System/104pcmanual.pdf> (Luettu 5.1.2010)

Neimo, L. 1999. Papermaking Science and Technology: Papermaking Chemistry. Helsinki: Fapet Oy

Niemi, P. 2006. Kosteuden ja neliömassan mittaaminen kartonkikoneen viiraosalla. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kemianteeniikan osasto. Diplomityö.

Paulapuro, H. 2000. Papermaking Science and Technology: Paper and Board Grades. Helsinki: Fapet Oy.

Paulapuro, H. 2008. Papermaking Science and Technology: Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End. 2. Painos. Helsinki: Paperi ja Puu Oy.

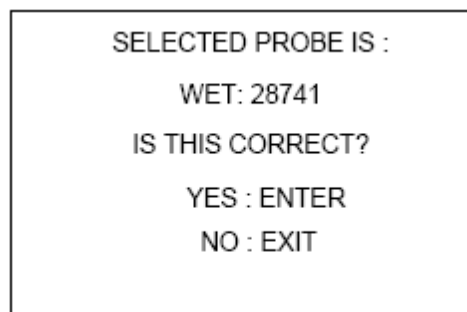
Petäjistö, K. 2008. Formaation vaikuttavien prosessiparametrien optimointi. Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Pöllänen, S. 2008. Monikerroskartongin viiraosan liitoskosteuksien hallinta ja mittaaminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperitekniiikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

NDC-104 SAKEUSMITTAREIDEN KALIBROINTIOHJE

Märkäanturit kalibroidaan kaksoispistekalibroinnin mukaan.

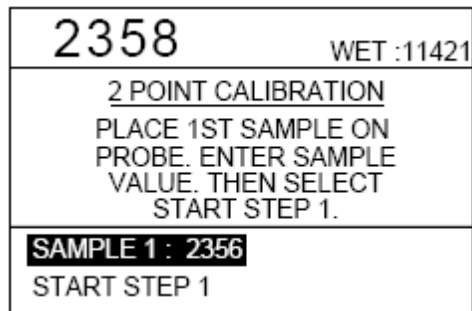
1. Varmista, että anturin edessä ei ole näytettä. Älä anna minkään kehon osan olla anturin edessä mittaria kalibroitaessa. Koko toimenpide voidaan suorittaa anturin sivusta tai takaa, eikä sen pitäisi aiheuttaa käyttäjälle havaittavaa altistumista säteilylle.
2. Avaa suljin.
3. Valitse KALIBROINTI (CALIBRATION) KÄYNNISTYS VALIKOSTA (STARTUP MENU).
4. Näyttö esittää valitun anturin ja sen sarjanumeron (kuva 1). Jos tiedot ovat oikein, paina ENTER jatkaaksesi.



Kuva 1. VAHVISTA ANTURIN VALINTA ruutu

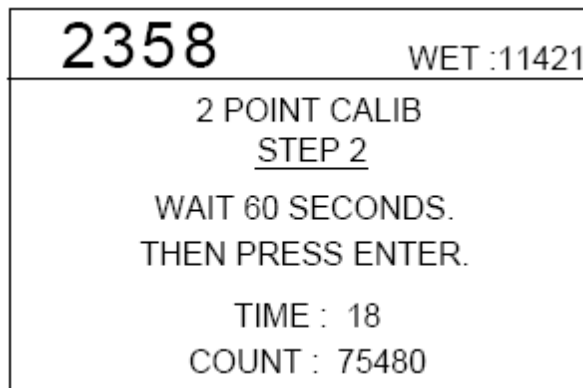
Jos anturi eroaa ruudulla esitetystä, paina EXIT palataksesi käynnistysvalikkoon. Käytä VALITSE ANTURI (SELECT PROBE) komentoa valitaksesi toinen anturi, ja toista toimenpide alusta. Jos käytetään uutta anturia, tulee AGC-kalibrointi suorittaa ennen anturin kalibrointia.

5. Valitse 2 PISTEKALIBROINTI (2 PT CALIBRATION) KALIBROINTI VALIKOSTA (CALIBRATION MENU). Ohjeet 2 pistekalibroinnin suorittamiseksi ilmestyvät ruudun yläosaan (kuva 2).



Kuva 2. 2 PISTEKALIBROINTI ruutu 1

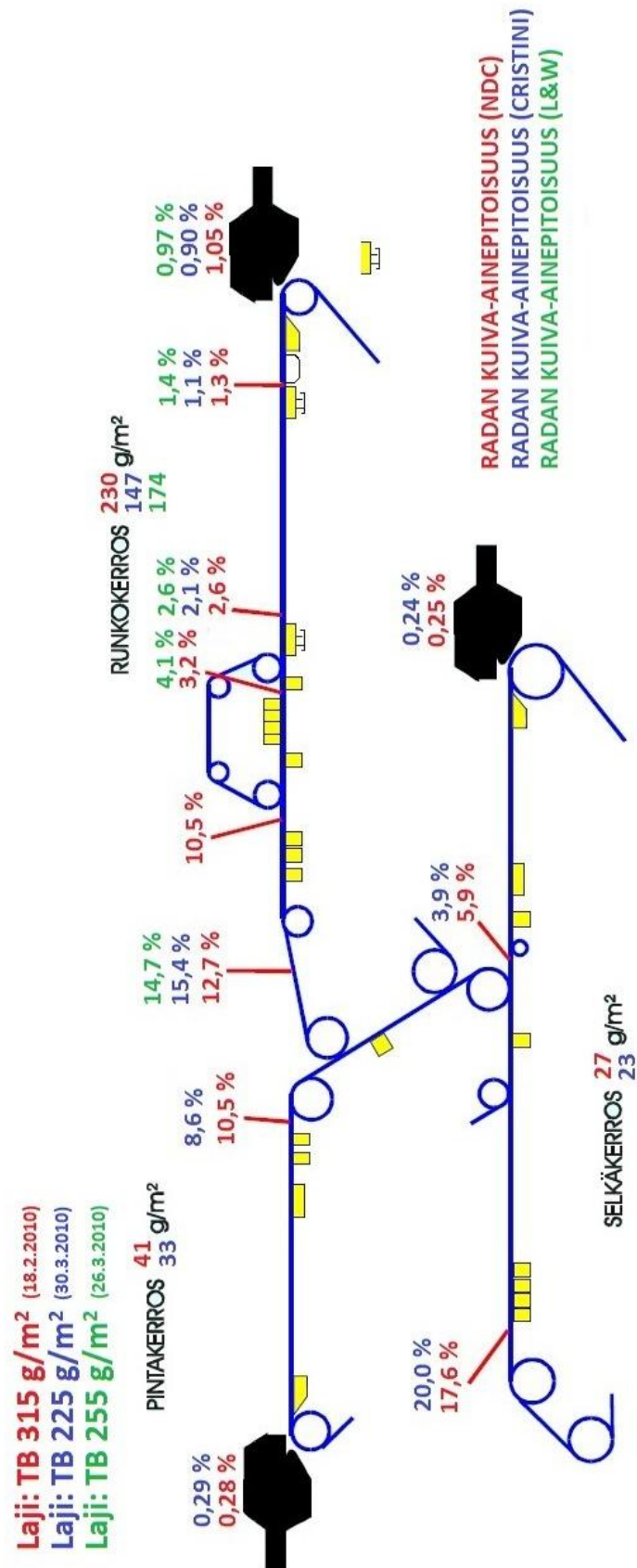
6. Aseta kevyempi kahdesta kalibrointilevystä anturille.
7. Valitse NÄYTE 1 (SAMPLE 1) ja syötä kalibrointilevyssä lukeva arvo.
8. Valitse ALOITA TOIMENPIDE 1 (START STEP 1), ja ruudulla näkyy muuttuva laskuri ja kulunut aika sekunneissa.
9. Valitse ENTER kun kulunut aika on 60 sekuntia.
10. Aseta toinen kalibrointilevy anturille.
11. Valitse NÄYTE 2 (SAMPLE 2) ja syötä kalibrointilevyssä lukeva arvo.
12. Valitse ALOITA TOIMENPIDE 2 (START STEP 2), ja ruudulla näkyy muuttuva laskuri ja kulunut aika sekunneissa (kuva 3).



Kuva 2. 2 PISTEKALIBROINTI ruutu 2

13. Valitse ENTER kun kulunut aika on 60 sekuntia.

Tämä päättää 2 pistekalibrointitoimenpiteen.



Kuva 1 Kannettavalla mittarilla tehdyt sakeusmittaukset viiraosalla