

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT Kemia
Kuitu- ja paperitekniikan laboratorio

**TÄYTEAINEEN JA TÄRKKELYKSEN ANNOSTELUN
OPTIMOINTI PAPERIKONEEN LYHYEEN
KIERTOON**

Diplomityö

Työn tarkastajat: Professori Kaj Backfolk
 Professori Eeva Jernström
Työn ohjaaja: DI Kimmo Finnilä

Lappeenrannassa 12.11.2013

Ville Viuhkola
Kaivosuonkatu 2 A 1
53850 Lappeenranta
Puh. 040 743 8955

ESIPUHE

Diplomityö tehtiin UPM-Kymmene Oyj:n Jämsänkosken tehtaalla paperikoneelle 5. Työn tarkastajille professoreille Kaj Backfolk:lle ja Eeva Jernströmille haluan osoittaa kiitokseni kaikista asiantuntevista ja hyödyllisistä neuvoista diplomityöni edetessä. Lisäksi haluan kiittää esimiestäni Veli-Pekka Laurilaa erittäin mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta ja ohjaajaani Kimmo Finnilää sekä Timo Ahosta kaikista neuvoista ja tuesta diplomityöni aikana.

Haluaisin kiittää Jari Heikkistä erittäin tärkeästä tuestasi ja avustasi, jonka annoit diplomityön aloituksen jälkeen ja ohjasit minut heti oikeiden tutkijoiden juttusille tutkimuskeskuksella. Haluaisin kiittää Markku Oraa kaikesta arvokkaasta antamastasi tuesta ja neuvoista sekä mahdollisuudesta tutustua Ahmatti-koelaitteistoon ja sen ihmeellisyyksiin. Haluan kiittää erityisesti Teuvo Leppästä erittäin hedelmällisistä ja arvokkaista painatusasioihin liittyvistä konsultaatiosta ja keskusteluista. Haluan toivottaa sinulle erittäin lämpimiä ja aurinkoisia eläkepäiviä.

Haluan osoittaa erittäin suuret kiitokset myös kaikille UPM:n Jämsänkosken laboratorion ja Lappeenrannan tutkimuskeskuksen työille, jotka jaksoivat mitata kärsivällisesti minun työni mittauksia ja vastailivat auliisti aina, kun kyselin mittaustuloksiin liittyen. Haluan myös kiittää kaikkia Jämsänkosken PK 5 ajohenkilöstön jäseniä sekä kaikkia muita diplomityössäni mukana olleita.

Lopuksi haluan kiittää vanhempiani, siskoani ja kihlattuani kaikesta tuestanne sekä kannustuksesta koko koulu- ja opiskeluajalta. Kiitos kihlatulleni ja siskolleni erittäin tärkeästä tuesta aina, kun sitä tarvitsin eri vaiheissa koulujen ja opintojen suorittamista. Haluan kiittää myös kaikkia opiskelukavereitani ja ystäviäni unohtumattomista sekä mieleenpainuvista opiskeluvuosista ja yhteisistä vuosista.

Ville Viuhkola

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

LUT Kemia

Kuitu- ja paperitekniikan laboratorio

Ville Viuhkola **Täyteaineen ja tärkkelyksen annostelun optimointi paperikoneen lyhyeen kiertoon**

Diplomityö: 2013 Lappeenranta, 140 sivua, 43 kuvaa, 7 taulukkoa ja 3 liitettä

Tarkastajat: Professori Kaj Backfolk, Eeva Jernström

Ohjaaja: DI Kimmo Finnilä, Kehitysinsinööri

Avainsanat: SC, SC- offset paperi, offset, HSWO, heatset web offset, pintalujuus, IGT, Prüfbau, ISIT, lyhyt kierto, tärkkelys, täyteaine, pölyäminen, kertymä, annostelu

Diplomityön tavoitteena oli selvittää tärkkelyksen ja täyteaineen annostelupaikkojen sekä – tapojen vaikutukset SC- heatset web offset -paperin ominaisuuksiin ja pintalujuuteen. Lisäksi selvitettiin, muuttuuko paperin pölyäminen annostelupaikkojen tai – tapojen vaikutuksesta.

Diplomityön kirjallisuusosiossa käsiteltiin heatset web offset -painokoneen rakennetta ja sen toimintaa. Lisäksi käsiteltiin heatset web offset -painokoneella ilmenevät pölyongelmien tyypit ja, mitkä eri paperin tekijät vaikuttavat heatset web offset -painokoneen pölyämisoongelmiin. Lisäksi kirjallisuusosiossa käsiteltiin yleisimmät pintalujuutta parantavat kemikaalit sekä näiden kemikaalien annostelupaikat paperikoneen lyhyeen kiertoon.

Alkutason määrityksessä ja ensimmäisessä koeajossa havaittiin, että paperin huokoisuus ja huokosrakenne olivat tärkeimmät SC heatset web offset -paperin pintalujuuteen vaikuttavat tekijät. KCL:n HSWO-koepainokoneella painetuista rullista annostelutapa 4, jossa tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle perinteisesti, oli pintalujuudeltaan kestävin. Ahmattikokeissa havaittiin, että tärkkelyksen ja täyteaineen annostelu TrumpJet-laitteistolla lähempänä paperikoneen perälaatikkoa, annostelutapa 6, pienentää rullan sisäistä vetolujuushajontaa. Ahmatti -pilotkokeissa havaittiin myös, että paperin lujuusominaisuudet ja vetolujuushajonnat voitiin säilyttää entisellään, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin perinteisesti perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta. Toisesta koeajon koepainorullasta havaittiin KCL:n koepainatuksissa, että paperin pintalujuus heikentyy annosteltaessa tärkkelystä 8 kg/t verrattuna 10 kg/t tärkkelysannosteluun. Näiden tapojen ero ei ole merkittävä.

ABSTRACT

Department of LUT Chemistry

Laboratory of Fiber and Paper technology

Ville Viuhkola Optimization of starch and filler dosage to wet end of paper machine

Master's Thesis, 2013 Lappeenranta, 140 pages, 43 pictures, 7 tables and 3 appendixes

Inspectors: Professor Kaj Backfolk,
Associate Professor Eeva Jernström

Supervisor: M.Sc. (Tech.) Kimmo Finnilä, Development Engineer

Key words: SC, SC paper, HSWO, heatset web offset, offset, IGT, Prüfbau, ISIT, dusting, linting, picking, surface strength, wet end, starch, filler, and dosage.

The objective of this study was to define how a dosing type and method of starch and filler affect surface strength and properties of the paper. Besides, was defined how a dosing type and method will affect paper dusting, linting and picking.

In the literature part were described a heatset web offset printing machine structure and which paper properties can affect dusting or/and picking problems on a printing machine. In addition were described different paper properties which affect to the nature of dusting, linting and picking. And also the most used chemicals and chemical dosing points to short circulation of paper machine which makes paper surface strength properties better were described.

In the preliminary trials and in the first trial run were detected the most important property was a porosity and its structure which affected to SC heatset web offset paper surface strength. Ahmatti web break test results showed that the internal scattering of tensile strength of the paper roll was lowered when starch and fillers were dosed with TrumpJet Flash Mixing-unit. Besides was detected that, if starch and filler were dosed by a traditional method before the feed pump of a head box, paper properties and its internal scattering of a paper roll can be kept in the same level than before. KCL printing house tests showed that the best option for surface strength was to dose starch and filler by a traditional method before the feed pump of a head box. In KCL HSWO- trial printing house was noticed the papers had weaker surface strength when a starch dosing was 8 kg/t. The difference between the normal and lower starch contained paper is not significant.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	TYÖN TAVOITE	3
	KIRJALLISUUSOSA	5
3	SC-OFFSET PAPERIN TUOTEANALYYSI	5
4	SC- OFFSETPAPERIN PAINETTAVUUS	7
4.1	Heatset web offset -painatus	7
4.2	Paperilta vaadittavat tekijät painettavuuden kannalta	11
4.2.1	Alhainen pölyävyys	11
4.2.2	Pintalujuus	14
4.2.3	Huokoisuus	15
4.2.4	Palstautumislujuus	17
4.3	Offset -paperin painettavuutta kuvaavat menetelmät	18
4.3.1	IGT	18
4.3.2	Rauma -menetelmä	20
4.3.3	Prüfbau	21
4.3.4	ISIT	24
5	SC-OFFSET PAPERIN VALMISTUSTEKNIikka	27
5.1	Lyhyt kierto	27
5.2	Kemikaalien annostelukohdat	28
5.3	Kemikaalien uudet annostelutekniikat	30
5.4	Retentio	32
6	SC-OFFSET PAPERISSA KÄYTETYT KEMIKAALIT JA TÄYTEAINEET	34
6.1	Pintalujutta parantavat kemikaalit	34
6.1.1	Tärkkelys	34
6.1.2	CMC	43
6.1.3	Muita	45
6.2	Täyteaineet	45
6.2.1	Kaoliini	46
6.2.2	Kalsiumkarbonaatti	48
	KOKEELLINEN OSA	51
7	TYÖN TAVOITE	51
8	TYÖN SUORITUS	52
9	PINTALUJUUSMITTAUSMENETELMIEN ARVIOINTI	53
9.1	IGT- pintalajuus	54
9.2	Rauma -menetelmä	56
9.3	Prüfbau	57
9.4	ISIT	59
9.5	Johtopäätös	62
10	ALKUTASON MÄÄRITYS: PINTALUJUUDEN POIKKIRATAPROFIILI 63	
10.1	Referenssipaperien pintalajuusprofiilit	63
10.2	Tulokset ja tuloksien tarkastelu	64

10.2.1	Paperilujuuksien muutos paperikoneen poikkisuunnassa.....	64
10.2.2	Pintaluuusprofiilin muutos paperikoneen poikkisuunnassa	68
10.3	Viiravedessä oleva liuennut tärkkelys.....	80
10.4	Johtopäätös.....	80
11	KOEAJO 1: Täyteaineen ja tärkkelyksen annostelun vaikutus pintalujuuteen	82
11.1	Tulokset ja tuloksien tarkastelu.....	84
11.1.1	Kemikaalien annostelutapojen vaikutus paperiominaisuuksiin.....	84
11.1.2	Kemikaalien annostelutapojen vaikutus paperin pintalujuuteen	87
11.2	KCL-koepainatukset	100
11.3	Painatukset tuotantopainokoneella.....	101
11.4	Ahmatti- kokeet	102
11.5	Johtopäätös.....	106
12	KOEAJO 2: Tärkkelysannostuksen pienentämisen vaikutus	109
13	KOEAJO 3: Täyteaineen annostelupaikan vaikutus pyörrepuhdistimeen...	110
13.1	Tulokset ja tuloksien tarkastelu.....	110
13.2	Johtopäätös.....	113
14	PAINATUSKOKEET KCL:N HSWO- PAINOKONEELLA.....	113
14.1	Tulokset ja tuloksien tarkastelu.....	113
14.1.1	Koeajo 1.....	113
14.1.2	Koeajo 2.....	117
14.2	Johtopäätös.....	120
15	JOHTOPÄÄTÖKSET	121
16	SUOSITUKSET	126
17	LÄHTEET	130
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

SC- heatset web offset -paperin valmistuksessa on siirrytty koko ajan tiukempaan kilpailuasemaan, jonka vuoksi pyritään jatkuvasti etsimään keinoja paperin pintalajuuden parantamiseksi. Tämän vuoksi tärkkelyksen ja täyteaineen annostelulla voitaisiin saada parannettua SC- paperin pintalajuutta ja myös mahdollisesti saavuttaa kustannussäästöjä, mikä parantaisi tuotteen kannattavuutta.

Tämän diplomityön kirjallisuusosiossa on tarkasteltu heatset web offset -painokonetta ja paperin eri tekijöitä, jotka vaikuttavat heatset web offset -painokoneella ilmenevään pölyämiseen. Lisäksi on esitelty paperin pintalajuutta parantavia kemikaaleja ja näiden annostelukohdat sekä pintalajuutta kuvaavat laboratoriomenetelmät.

Kokeellinen osa suoritettiin neljässä vaiheessa siten, että ensimmäisessä vaiheessa määritettiin SC- heatset web offset -paperin alkutaso ja tämän jälkeen suoritettiin kolme koeajoa. Ensimmäisessä koeajossa selvitettiin annostelupaikkojen ja -tapojen vaikutusta paperin pintalajuuteen. Toisessa koeajossa selvitettiin pienemmän tärkkelysannostuksen vaikutusta paperin pintalajuuteen. Kolmannessa koeajossa puolestaan selvitettiin täyteainepitoisuuksien muutoksia eri kohdissa paperikoneen pyörrepuhdistinlaitoksessa, kun täyteaineen annostelupaikkaa muutettiin.

Alkutason määrittämisessä ja ensimmäisessä koeajossa havaittiin, että tärkeimmäksi pintalajuuteen vaikuttavaksi tekijäksi osoittautui paperin huokoisuus ja sen huokosrakenne kuten huokostyyppi, -koko, -tilavuus sekä huokosten määrä. Kokeellisen osan alkutason määrittämisessä havaittiin, paperin huokosrakenteen vaikuttavan paperin pintalajuuteen ja, että huokosrakenne muuttui paperiradan poikkisuuntaisesti. Ensimmäiseen koeajoon liittyen tehdyistä KCL HSWO-koepainatustuloksista havaittiin, että annostelutavalla neljä, jossa tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle perinteisesti,

saavutettiin SC heatset web offset -paperille paras pintalujuus. Tällöin pölykertymien määrä oli pienintä cyan, magenta ja keltaisella painoväriyksiköllä eli painoyksiköillä (vastaavassa järjestyksessä) 2, 3 ja 4. Tällä annostelutavalla saavutettiin piling -tasoksi eli pölykertymien tasoksi 0-1. Kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin TrumpJet-laitteistolla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta, saatiin piling-tasoksi 1-2, mikä vastaa normaalia SC-paperin piling-tasoa.

Ensimmäiseen koeajoon liittyvissä Ahmatti pilot-kokeissa havaittiin, että annostelemalla tärkkelystä ja täyteainetta TrumpJet-laitteistolla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle pienentyi rullan sisäinen vetolujuus. Samoissa kokeissa havaittiin myös, että annostelemalla tärkkelystä ja täyteainetta perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta perinteisesti rullan sisäinen vetolujuus ja paperin lujuusominaisuudet eivät muuttuneet merkittävästi.

Toiseen koeajoon liittyvissä KCL HSWO- koepainatuksissa havaittiin, että kertymien määrä lisääntyi cyan, magenta ja keltaisella yksiköllä annostelemalla tärkkelystä 8 kg/t perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta TrumpJet-laitteistolla. Tällöin piling- tasoksi saatiin 2-3. Tämä tarkoittaisi paperin pintalujuuden olevan heikompaa, kun tärkkelystä annostellaan normaalia vähemmän paperikoneen lyhyeen kiertoon annosteltaessa perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle.

2 TYÖN TAVOITE

Diplomityön kirjallisuusosan tavoitteena oli kerätä tietoa SC- heatset web offset -paperin painatuksesta ja mitkä paperin tekijät vaikuttavat painokoneella ilmenevään pölyämiseen. Lisäksi tarkoituksena oli kerätä tietoa laboratoriomenetelmistä, joilla voitaisiin määrittää SC heatset web offset -paperin pintalujuutta. Kirjallisuusosan tarkoituksena oli myös kerätä tietoa paperin pintalujuutta parantavista kemikaaleista sekä siitä miten kemikaalien annostelu paperikoneen lyhyeen kiertoon vaikuttaa SC- heatset web offset -paperin pintalujuuteen.

Kokeellisen osan tavoitteena oli selvittää, miten täyteaineen ja tärkkelyksen annostelupaikan siirtäminen sekä annostelutavan muuttaminen vaikuttaa SC-offset paperin ominaisuuksiin, pintalujuuteen, painettavuuteen ja pölyämiseen. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, miten tärkkelyksen annostelun pienentäminen vaikuttaa edellä mainittuihin asioihin. Kokeellisessa osassa selvitettiin myös, mikä laboriomittauslaitteisto soveltuu, tai mittauslaitteistot soveltuvat, parhaiten kuvaamaan SC- heatset web offset -paperin pintalujuutta.

Kokeellinen osa jakaantui neljään osaan: alkutason määrittämiseen ja kolmeen koeajoon. Alkutason määrittämisessä selvitettiin millaisia ovat alkuperäisen tuotteen pintalujuus, pölyäminen ja painettavuus paperikoneen poikkisuuntaisesti. Tähän alkutason määrittämiseen kuului myös, että tärkkelystä ja/tai täyteainetta annosteltiin käyttäen TrumpJet-laitteistoa. Ensimmäisessä koeajossa selvitettiin tärkkelyksen ja täyteaineen annostelupaikan siirtämisen vaikutukset paperin pintalujuuteen ja painettavuuteen. Koeajon 1 aikana selvitettiin myös, muuttuuko viiraveteen liuennut tärkkelyspitoisuus, kun annostelutapoja ja -paikkoja muutetaan eri kohtiin paperikoneen lyhyttä kiertoa. Täten nähtiin karkeasti, miten tärkkelysretentiolla käy annostelutapojen muuttumisen seurauksena.

Ensimmäiseen koeajoon liittyen tehtiin KCL HSWO- koepainatukset ja Ahmatti pilot-testit. KCL:n koepainatusten avulla voitiin arvioida, muuttuuko paperin pölyävyystaipumus painokoneen 1-painoyksiköllä tai 4-painoyksiköllä

tärkkelyksen ja/tai täyteaineen annostelupaikkojen seurauksena. Tätä tutkittiin 1-painoyksiköltä pölyteippien ja muilta painoyksiköiltä otettujen ”kirkkaiden teippien” avulla. Ahmatti- pilot laitteistolla selvitettiin SC- heatset web offset -paperin viansietokykyä.

Toisessa koeajossa selvitettiin tärkkelysannostuksen pienentämisen vaikutuksia KCL:n HSWO-koepainatuksiin ja sitä muuttuuko paperin pölyävyys eri painoyksikköjen välillä. Tässä diplomityössä käsitellään koeajosta kaksi vain KCL HSWO- koepainatus tulokset. Kolmannessa koeajossa selvitettiin, miten täyteainepitoisuus muuttuu eri kohdissa pyörrepuhdistinlaitosta, kun täyteainetta annostellaan eri kohdissa lyhyttä kiertoa.

KIRJALLISUUSOSA

3 SC-OFFSET PAPERIN TUOTEANALYYSI

SC- aikakausilehtipaperin nimi tulee sen englanninkielisestä nimestä *SC-paper*, joka tulee sanasta, *super calandered*, superkalanteroitu. SC- paperi, joka on päällystämätöntä paperia, kuituraaka- aineina käytetään yleisesti mekaanista massaa 70–85 % sekä sellua 15–30 %. Nämä raaka-aineiden väliset suhteet voivat olla erilaiset eri paperikoneiden välillä. SC- papereille on tyypillistä, että ne ovat vaaleampia kuin sanomalehtipaperit, vettä hyvin adsorboivia sekä ovat rakenteeltaan tiiviitä ja kiiltäviä. SC- paperilaatuja on kahta erilaista SC- offset ja -syväpaino paperilaatuja painomenetelmästä riippuen. SC- paperien valmistuksessa voidaan käyttää mekaanisena massana kuumahierrettä (thermomechanical pulp, TMP), painehioketta (pressure groundwood, PGW) tai hioketta, jota kutsutaan myös kivihiokkeeksi, (stone groundwood, GW ja SGW).

SC- offsetpaperin täyteainepitoisuus vaihtelee lajista riippuen välillä 20–30 %. Raskailla paperilajeilla täyteainepitoisuus voi olla 35 %. Käytetyimmät täyteaineet SC- paperinvalmistuksessa ovat talkki, kaoliini ja kalsiumkarbonaatti. Näistä talkkia käytetään valmistettaessa SC- syväpainolaatuja. Täyteaineilla pyritään SC- paperille saamaan mahdollisimman hyvä sileys, painettu kiilto, vaaleus sekä opasiteetti. Täyteaineiden käyttöä rajoittaa niiden vaikutus paperin jäykkyyteen, ajettavuuteen paperikoneella sekä pölyämiseen painokoneella.

SC- paperilajit voidaan jakaa vaaleuden ja kiillon perusteella eri lajeihin. SC- offset paperien neliömassat vaihtelevat 39–65 g/m² välillä. SC- A+ -lajin tyypillisimmät neliömassat ovat 52, 56 ja 60 g/m². SC- B -lajin neliömassat vaihtelevat 52-60 g/m². Yhteistä kaikille näille lajeille on päällystämättömyys, mekaanisen massan käyttö sekä korkea täyteainepitoisuus. Lajit eroavat toisistaan kiillon ja vaaleuden osalta, kuten voidaan havaita taulukosta I. /1,2/

Taulukko I SC- paperilajien ominaisuudet. /1,2,3/

Ominaisuus	SC-A+	SC-A	SC-B
ISO- vaaleus, %	74-80	68-71	67-69
Kiilto, %	40-50	40-50	30-40
Täyteainepitoisuus, %	35	30	8-15
Opasiteetti, %	90-93	90-93	92-93

SC- A+ -laji on voimakkaasti kalanteroitua, mikä kilpailee kevyesti päällystetyn painopaperin eli LWC- lajin, light weight coated, sekä filmipäällystetyn offsetpaperin eli FCO- lajin, film coated offset, kanssa samoista markkinoista. SC- A –laji on sama asia kuin standardi SC- paperi, joka kalanteroidaan tyypillisesti off-line superkalantereilla. SC- B –laji, mikä kalanteroidaan on-line tai soft- kalantereilla ja kilpailee paranneltujen sanomalehtien kanssa samoista markkinoista. /1,2/

SC- paperien käyttökohteita ovat aikakauslehdet, luettelot, kuvastot, TV- ohjelmalehdet, suoramainontatuotteet sekä sanomalehtien sunnuntailiitteet. SC- offsetpaperia käytetään eri painotuotteissa, joilta vaaditaan hyvää tiedonkantokykyä. SC- A+ -lajia käytetään luetteloissa sekä aikakauslehdissä, joissa on 4-värikuvia. SC- B –lajia käytetään lähinnä sanomalehtien liitteisiin sekä luetteloihin, joissa on vähän kuvia. SC- paperin ominaisuuksista tärkeitä ominaisuuksia värin siirtymisen ja painolaadun kannalta ovat adsorptio-ominaisuudet, rakenteen tasaisuus, pintaominaisuudet sekä optisten ominaisuudet. /1,2,3/

Stålin /1/ ja Turkin /2/ mukaan SC- offset paperilla täytyy olla hyvä pintalujuus painovärin suuren tahmeuden takia sekä pölyämisen vähentämiseksi painokoneella, minkä takia paperin pinta ei saa haljeta painatuksen aikana. Tämän vuoksi paperissa tulee olla riittävän hyvä z-suuntainen lujuusominaisuus, vähäinen kuitukarhenema ja dimensiostabiliteetti sekä korkea märkäljuuus. Heatset web offset -painomenetelmä vaatii edellä mainittujen lisäksi SC- offset paperilta hyvää lämmönsietokykyä painovärin kuivatuksessa korkean kuivatuslämpötilan ja veden käytön takia. Näiden lisäksi SC- paperissa ei saa olla

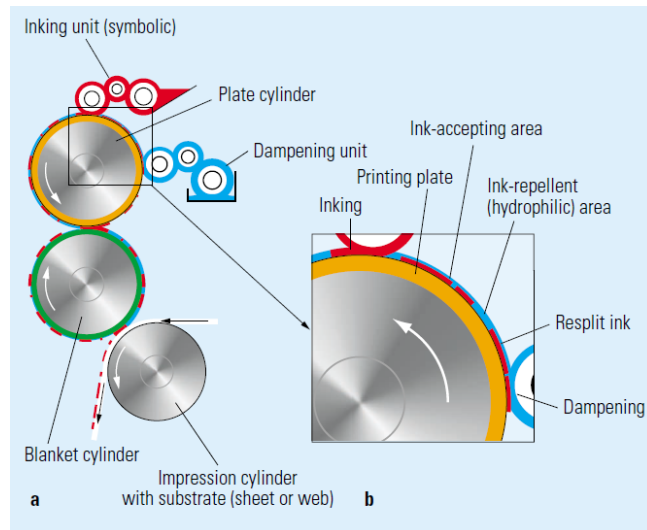
vanoja tai aaltoilua, koska ne häiritsevät painoväriin asettumista sekä aiheuttaa katkoja painokoneella. Painojäljen tulee olla tasainen rasterikuvien terävyyden vuoksi. SC- paperin helpomman käsiteltävyyden takia lopullisessa paperissa pitää olla riittävä bulkki sekä jäykkyys.

Nykyään SC- paperin valmistamisen trendinä on siirtyä kalsiumkarbonaatin PCC:n ja GCC:n yhteiskäyttöön käyttäen pääasiallisesti enemmän PCC:tä, koska sillä saavutetaan parempi vaaleus ja opasiteetti. Näiden lisäksi voidaan vähentää TMP- massan valkaisu- ja värikustannuksia ja vähentää erikoispigmenttien, kuten kalsinoidun kaoliinin käyttöä. Täten pienennetään SC- ja LWC- paperien välistä laatueroa, mutta kuitenkin säilyttäen SC-paperin hintaetu LWC:hen nähden. Näiden lisäksi voidaan parantaa optisia ominaisuuksia, mitkä parantavat SC- A ja SC- A+ -laatu- ja hintakatteita. /4/

4 SC- OFFSETPAPERIN PAINETTAVUUS

4.1 Heatset web offset -painatus

Offsetpainatusprosessissa painettavat sekä ei-painettavat pinnat ovat samassa tasossa, mutta niiden pintakemialliset ominaisuudet ovat erilaiset. Offset-painomenetelmä on luonteeltaan epäsuora johtuen siitä, että painoväri siirretään painolevyiltä ensin painokumille kulkeutuen tämän jälkeen paperiin. Painoväriin siirtyminen telalta toiselle perustuu siihen, että painoväriin pintajännitys on kiinteän aineen pintajännitystä pienempi. Tämän jälkeen painoväri siirretään kumitelalle, jonka jälkeen painoväri siirtyy vasta paperin pinnalle. Kumitelan tehtävänä on parantaa painoväriin siirtymistä paperille mukautuen paperin pinnan epätasaisuuksiin. Kuvassa 1 on havainnollistettu yhden offset -painokoneen painoväri- ja värin siirtämisen toimintaperiaate. /5,6,7/



Kuva 1 Yhden painoväriaseman toimintaperiaate offset painomenetelmässä.

/6/

Offsetpainatuksessa painettavat alueet ovat joko oleofiilisiä eli painoväriä vastaanottavia tai hydrofobisia eli vettä hylkiviä pintoja. Ei-painettavat alueet ovat vettä vastaanottavia eli hydrofiilisiä pintoja. Moniväripainatuksessa painovärit levitetään eri painoväriyksiköissään siten, että prosessin painovärien järjestyksen näkee kirjainyhdistelmästä CYMK. Painovärejä ovat sininen (cyan, C), keltainen (yellow, Y), punainen (magenta, M) ja musta (black, K), jota pidetään tärkeimpänä värinä. Ei-painavien pintojen pintajännitys on veden pintajännitystä korkeampi. Kostutusveden pintajännitystä säädetään kostutusveden sisältämän lisäaineiden avulla, millä estetään myös painovärien joutumista ei-haluttuihin paikkoihin. Offset -painatukseen vaikuttavat monta erilaista tekijää esimerkiksi painoväri, painolevy, painoväritelat, painosylinteri, kostutusvesi ja painoväriyksikön rakenne. Näiden edellä mainittujen tekijöiden aiheuttama muutos voi näkyä välittömästi paperilla. /5,6,17/

Painovärien asettuminen paperirainaan riippuu menetelmästä sekä painettavasta paperista. Painettaessa päällystämättömiä papereita painoväri asettuu paperin huokosiin, kun päällystettyjen paperien painovärien liuotin adsorboituu päällysteen kapillaareihin kapillaariabsorbtiolla. /10/ Heatset web offset -painomenetelmässä painovärien kuivuminen perustuu painovärien liuottimen

haihduttamiseen kuivatusosalla ja painovärissä olevien liukoisten hartsien kovettamiseen kuivaimessa. Heatset web offset -menetelmä on useasti yksi tai kaksirataisia painokoneita, joissa on yleensä neljä painoväriyksikköä ja ratanopeudet ovat 8-15 m/s luokkaa. Menetelmässä käytettävät rataleveudet voivat olla 44-271 cm välillä. /7,14/

Offset -painomenetelmän yksi painoväriyksikkö koostuu kostutusvesi- sekä painoväriyksiköistä, levysylinterin painolevyistä ja kumisyylinteristä. Näiden lisäksi myös puristus- eli vastasyylinteristä, joka voi olla tarvittaessa yhteinen useammallekin kumisyylinterille. /6/

Heatset web offset -painoväriyksiköt ovat tyypiltään blanket-to-blanket eli kumitela-kumitela järjestelmiä. Painoväriä siirretään paperin pintaan paperin molemmilta puolilta eli ylä- ja alapuolenyksiköiltä yhtäaikaaisesti yhtä painoväriyksikköä kohti. Heatset web offset -painoväriyksikön rakenne on havainnollistettu kuvassa 1 ja Heatset web offset -painoprosessia havainnollistaa poikkileikkauskuva (kuva 2). Heatset web offset -painoprosessin kuivauksen ilmanlämpötilat ovat 140-280 °C välillä ja kuivausosan pituus on riippuvainen painokoneen nopeudesta. Kuivatusosan pituuden nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että paperi viipyy yhden sekunnin kuivauksessa. Esimerkiksi jos painokone painaa 12 m/s, kuivatusosan tulisi olla 12 m pitkä. /6,7,14/

Heatset web offset -painomenetelmä vaatii painettavalta päällystetyltä paperilta riittävää painovärin asettumisnopeutta, paperin kuivapinta- sekä märkäpintalujuutta, märkähylykivyyttä ja tasaista päällysterakennetta. Näiden lisäksi heatset web offset -painomenetelmä vaatii paperilta riittävää palstautumislujuuutta, huokoisuutta, dimensiostabiliteettia, lämmönsietokykyä, paperirainan kosteuspitoisuutta ja kuituverkoston joustavuutta. Näiden lisäksi paperissa ei saa olla vanoja tai eikä sen rakenne saa olla aaltoileva. Heatset web offset -painatusongelmina esiintyvät esimerkiksi back trap mottling eli takaisinsiirtymäläikullisuus, taittomurtuma, blistering (kuplia painopinnassa), piling- (painovärikertymä), picking- (päällysteen tai paperin pinnan

rikkoutuminen), linting- sekä dusting- pölyäminen, aaltoilu, paperin mittapysyvyys, vesimarkkeeraus (vesilaikullisuus eli vesihylkivyy), sävyttyminen (tuunaus) ja kuitukarhenema ohuilla päällystetyillä ja päällystämättömillä mekaanisilla papereilla. /3,7,8,10/

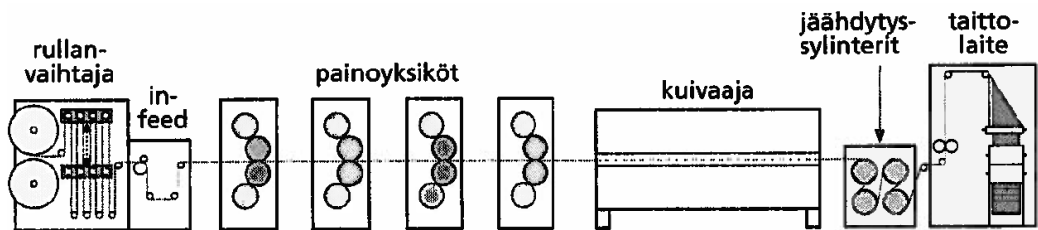
Heatset web offset:n etuja ovat sen korkea joustavuus (tuotevalikoiman monipuolisuus), alhaiset kustannukset, korkea painatusnopeus ja korkea laatu. Heatset web offset:n heikkoina puolina on, ettei tämä menetelmä sovellu lyhyiden painatusajojaksojen painamista varten. Näiden lisäksi heatset offset:n heikkouksia ovat sen rajattu painoalue sekä leikkauspituus. /9/

Offset -painomenetelmiä on kolmea erilaista eli heatset web offset, coldset web offset ja arkkioffset -menetelmä. Menetelmien välillä on useita eroja. Arkkioffset:ssa painetaan valmiiksi arkitettuja papereita ja heatset web offset:ssa sekä coldset web offset:ssa painetaan paperirullia. Heatset web offset:ssa painoväri kuivataan kuumailmakuivaimessa, coldset web offset:ssa painoväriä ei kuivata ja arkkioffset:ssa painoväri kuivuu hapettumalla. Nämä edellä olevat painomenetelmät eroavat toisistaan myös painettavien paperituotteiden perusteella. Arkkioffset:lla painetaan kartonkia ja päällystettyjä sekä muovipintaisia papereita, joiden neliöpaino on yli 80 g/m². Näiden lisäksi arkkioffset:lla voidaan painaa edellisten lisäksi metallia sekä metalloitua paperia. Heatset web offset -painatusta käytetään kaupallisten aikakauslehtipaperien sekä päällystettyjen paperilaatujen, kuten LWC-, MWC- ja MFC- lajien, sekä päällystämättömien paperilaatujen, esimerkiksi SC- ja WFU- lajien painattamiseen - näiden lisäksi myös alle 200 g/m² kartonkien painatukseen. /6,7,10/

Sudarnon *et. al* /11/ tutkimuksien mukaan linting- pölypartikkelien kokojakauma tai alueet olivat samanlaiset, kun sanomalehtipapereita painettiin tuotannossa suuren mittakaavan sekä pienen mittakaavan offset -painokoneilla. Pienen mittakaavan offset -painokoneilla havaittiin, että linting- pölyäväisyys ei ole

riippuvainen painoväriin tahmeudesta. Sudarno *et al.* pitävät yhtenä mahdollisena syynä kostutusveden koostumusta eri painoväreillä.

Gujjarin *et al.* /12/ mukaan korkea linting- pölyn määrä ei ole verrannollinen painoväriin korkean tahmeuden kanssa, vaan sen korkea tahmeus korreloi vähäisen linting- pölymäärän kanssa. Heidän mukaansa tämä muuttaa käsityksen linting- pölyn muodostumisesta verrattuna yleiseen käsitykseen painoväriin tahmeus ja linting- pölyäminen välisestä riippuvaisuudesta. Gujjarin *et al.* mukaan painoväriin tahmeuden ja linting- pölyävyyden välinen tarkempi tulkinta vaatii vielä lisätutkimuksia.



Kuva 2 Heatset offset -painatusprosessin läpileikkauskuva. /7/

4.2 Paperilta vaadittavat tekijät painettavuuden kannalta

4.2.1 Alhainen pölyävyys

Paperin pölyävyydellä on useampia määrittelyjä riippuen siitä missä pölyäminen tapahtuu painokoneella. Näitä ovat englanninkieliset termit *dusting*, *linting*, *piling*, *picking* ja *hickies*. Kirjallisuudessa käytetään pölyävyydestä yleisemmin termejä *dusting* ja *linting*.

SC- papereiden ja myös muiden päällystämättömien paperien osalta pöly kumuloituu eli kerääntyy painotelalle. *Dusting*- pölyäminen johtuu pääosin päällyste- tai täyteainepigmenteistä, mikä esiintyy lähinnä ensimmäisellä painoyksiköllä kuvattomalla alueella. *Dusting*- pöly saattaa lasittua painotelalle, jota on vaikea puhdistaa aiheuttamatta varjostumia paperissa. *Piling*- pölyämisellä

tarkoitetaan neljännen painoväriyksikön kumitelalle kumulatiivisesti kerääntyvää painoväriin ja paperin eri komponenttien kertymistä. Piling- pölyn kertyminen johtuu painoväriin asettumisesta sekä painoväriin murtumisesta tai sen virtausominaisuuksien muuttumisesta painoväriemulsiossa. Piling- pölyävyys ilmenee painojäljessä esimerkiksi yksityiskohtien häviämisenä sekä sävyvirheinä. /4,10,8,13,14/

Nukkautumisella, joka tulee englanninkielisestä sanasta *Picking*, tarkoitetaan paperin tai kartongin pinnan repeytymistä painatuksessa tai valmistuksessa. Tällöin painopinnalla esiintyy paperin pinnasta irtonaisia yksittäisiä kuituja tai päällystemateriaalia. Tämä paperin repeytyminen johtuu paperin pintaan kohdistuvasta ulkoisesta voimasta, joka on paperin koheesiota eli kuitusidoksien koossa pysyvää voimaa suurempi. Painokoneessa tähän vaikuttaa painokoneen painonopeus sekä painoväriin tahmeus. /8,15,34/

Linting- pölyväisyydellä tarkoitetaan ilmiötä, jossa kuitu tai pigmenttipartikkeli irtoaa paperin pinnasta, minkä jälkeen ne kertyvät painoväriin, painatuslevyn päälle sekä vesijärjestelmiin. Tämän seurauksena painatuslaatu heikkenee johtuen paperin sekä massan ominaisuuksista ja painettavuus olosuhteista. Linting- pölyäminen esiintyy yleensä ensimmäisellä painatusyksiköllä (musta painoväriyksikkö) painatuksen aikana akkumuloituen painolevyjen ja kumitelan pinnalle. Pölyn pesu on helppoa, mutta aikaa vievää. Linting- pölyämisen herkkyyteen vaikuttavat paperin ominaisuudet (kuitu komponentit), painoväriin liuotin (vedenmäärä ja liuottimen muut komponentit), painotela, painoyksikön geometria (sylinterin koko) sekä painoväriin ominaisuudet (painoväriin tahmeus). SC- paperien painatuksessa linting- pölyäminen on yleisin ongelma ensimmäisellä painoväriyksiköllä. /4,8,10,13,14,16/

Linting- pölyävyys on painokoneella esiintyvä ongelma, koska se vaatii painokoneen pesua ja siten aiheuttaa tuotantotappioita. Täten linting- pölyävyydellä voi olla suuri vaikutus painotalon tehokkuuteen varsinkin suurilla painatusmäärillä, kuten painettaessa sanomalehtipaperia. Linting- pölyväisyyttä

esiintyy päällystämättömillä, pintaliimaamattomilla ja mekaanisilla offset - papereilla esimerkiksi sanomalehtipapereilla sekä SC- offset -papereilla. Linting- pölyäväisyyden kumulatiivisen luonteen vuoksi sitä on vaikea mitata laboratoriossa. Paperin linting- pölyämiseen vaikuttavat myös painokoneen olosuhteet kuten painoväri ja kostutusveden välinen tasapaino. /13,16/

Linting- ongelma on yleistä painettaessa 50 %:n rasterikuvia, jolloin pölyämiskertymät ovat suurelta osin painavan ja painamattoman pinnan alueiden välillä. Linting- pölyämistä tapahtuu kolmella eri tavalla /13,16/:

- Pöly irttaa paperin pinnasta, josta se kiinnittyy offsetpainon kumitelaan ensimmäisellä painoväriyksiköllä. Tätä ilmiötä kutsutaan myös dusting- pölyämiseksi
- Painovärifilmin halkeamisen ja kuitujen välisten sidosten rikkoutumisen vuoksi yksittäiset kuidut ja kuitukimput siirtyvät paperin pinnasta kumitelalle
- Kostutusveden rikkoessa heikot kuitu-kuitusidokset, mikä on voimakkaampaa painatuksen loppuosalla

Song:n *et al.* /13/ mukaan TMP- massapohjaisen sanomalehtipaperin linting- pölyävyyttä voidaan vähentää käsittelemällä paperin pinta tärkkelyksellä, mikrofibrilloidulla selluloosalla tai edellisten sekoituksella. Massalujaliimana käytettävällä kationisella tärkkelyksellä voidaan tehokkaammin vähentää paperin linting- taipumusta kuin pintakäsittelemällä paperin pinta. Pintakäsittelemällä paperin pinta mikrofibrilloidun selluloosan ja anionisen tärkkelyksen seoksella on havaittu pienentävän linting- pölyämistä enemmän kuin pintakäsittelemällä paperin pintaa yksinään anionisella tärkkelyksellä tai mikrofibrilloidulla selluloosalla.

4.2.2 Pintalujuus

Paperin offset -painatukseen vaikuttavista lujuusominaisuuksista tärkein ominaisuus on paperin pintalujuus, jolla tarkoitetaan paperin pinnan kykyä sietää painoväriin tahmeuden aiheuttamaa rasitusta painatuksen aikana. Tämän takia paperin pintalujuus on tärkeä ominaisuus painatus-, päällystys- sekä paperin jalostusprosesseissa, joissa paperin pinta joutuu sietämään rasituksia. Paperin pinnan pettäminen voi aiheuttaa lintingiä, kuitupikkaantumista (fibre picking), blisteringiä (päällystetyt lajit) sekä delaminoitumista. Painatuksen aikana paperiin kohdistuu kovia vetovoimia siirrettäessä painoväriä painotelalta. Jos paperin pintalujuus ei ole riittävä, painatuslaatu huonontuu kuitupikkaantumisen tai lintingin vuoksi. Tämän takia paperin kuitujen täytyy olla hyvin sitoutuneita paperin pintaan kiinni, mikä yleensä tehdään pintaliimaamalla paperin pinta tärkkelyksellä. /17,18,45/ Paperin pintalujuutta voidaan parantaa yleisesti pintaliimalla. Stålin tutkimukset osoittivat, että pintaliimattaessa SC- paperin pintaa kevyesti tärkkelyksellä, parantui paperin pintalujuus merkittävästi /1/. Pintaliimattavien offset:ssa painettavien puupapereiden pintaliimaukseen riittää 0,5-0,8 g/m² pintaliimattaessa korkeaviskoottisella tärkkelyksellä, ettei paperi pölyäisi linting- ja dusting- pölyävyyden tavoin. /19/

Rönkkä /20/ havaitsi tutkimuksissaan, ettei kosteusgradientin voimakkuudella ollut vaikutusta paperin pintalujuuteen gradienttikalanteroitassa SC-syväpainopaperia samassa lämpötilassa. Rönkän tuloksien mukaan kalanterointilämpötilan nostolla saavutettiin parempi pintalujuus, joka oli noin 40 % suurempi kuin alemmalla lämpötilalla kalanteroitassa, kun käytetyt kalanterointilämpötilat olivat 110 °C ja 150 °C kalanterikosteuksien ollessa 9 % sekä 12 %. Tällöin korkeammalla lämpötilalla pintakuidut ovat plastisoituneet ja muodostaneet uusia sidoksia. Rönkän mukaan on myös mahdollista, että SC-paperin sisältämä mekaanisen massan ligniini juoksettuu korkeammassa lämpötilassa ja on siirtynyt paperin pintaan parantaen pintalujuutta.

Paperin pintalujuutta voidaan mitata esimerkiksi IGT- pintalujuusmenetelmällä ja sen eri metodeilla esimerkiksi Rauma- menetelmän, dry- sekä wetpick menetelmän avulla ja myöskin muilla menetelmillä. Paperin pintalujuutta kuvaavista menetelmistä kerrotaan myöhemmin tässä työssä.

4.2.3 Huokoisuus

Paperin huokosrakenteella vaikutetaan merkittävästi useaan paperin ominaisuuteen esimerkiksi penetraatioon ja permeaatioon. Penetraatiolla tarkoitetaan nesteen tunkeutumista paperiin ja sen merkitys näkyy paperissa esimerkiksi painopaperin imeytymisessä paperiin ja veden imeytymisessä pehmopaperiin. Permeaatiolla tarkoitetaan esimerkiksi ilman ja öljyn virtausta paperirakenteen läpi. /21/

Huokoisuuteen vaikuttavia tekijöitä on muun muassa formaatio, paperin tiheys, tiheysjakauma sekä x-, y- ja z-suuntainen kuituorientaatio. Paperin huokoisuuden merkitys näkyy paperin ominaisuuksissa esimerkiksi mekaanisissa, optisissa, nesteen imeytymis- sekä painettavuus ominaisuuksissa. /21/

Öljyn adsorptiota tutkitaan UNGER öljynadsorptiomenetelmällä, jota käytetään erittäin huokoisten paperien tutkimisessa haluttaessa optimoida painoväriin kulutusta painatuksessa. Tulos on ilmoitettu suhteellisena paperin painon kasvuna tietyssä ajassa. /32/ Öljyadsorptiota on mahdollista tutkia myös Emco S- laitteella.

Päällystämättömille ja päällystetyille papereille huokoisuuden merkitys on suuri, koska se vaikuttaa painoväriin absorboitumiseen paperiin sekä tuotteen laatuun. Painoväriin nopeat asettumisnopeudet korreloivat painettavuus ja picking -jälkien määrän kanssa. Liian hitaat asettumisnopeudet puolestaan voivat aiheuttaa ”set-off”-tahrivuusilmiöitä ja siten rajoittaa tuotantoa. Painoväriin epäyhtenäinen asettuminen aiheuttaa painokoneella painoväriin ”back-trap”-laikullisuutta eli osa painoväristä tarttuu kumitelan ja palautuu painettavalle pinnalle tehtyään kierroksen kumitelan päällä. Huokosten koolla on vaikutusta painoväriin

asettumiseen jopa päällysteen huokoisuuden ollessa samanlainen. Paperin pienempien huokosten seurauksena painoväri asettuu nopeammin kuin, jos paperin huokokset ovat suuria. /22/

Päällystämättömillä papereilla on melko suuret huokokset, jotka ovat kooltaan 1-5 µm välillä. Tämän vuoksi erilaiset nesteet, liuokset sekä dispersiot tunkeutuvat paperiin. Tämä nesteentunkeutuminen paperiin on monissa prosesseissa, kuten painatuksessa ja päällystyksessä, oleellinen tapahtuma. Painoväri adsorboituu paperin huokosiin painettaessa päällystämättömiä paperilaatuja. Huokosten ollessa liian pieniä painoväripigmentit eivät absorboidu paperin pintaan, minkä seurauksena aiheutuu ongelmia painovärien asettumisessa moniväripainatuksessa. Mikäli huokokset ovat liian suuria, painoväripigmentit voivat absorboitua liian syvälle aiheuttaen paperin läpipainatusta. /21/

Tätä kuvaa Xiang:n *et al.* /23,24/ mukaan painoväriin asettumisnopeus riippuu kapillaarivoimista LWC- papereissa, jotka vetävät painoväriin öljyn päällysteeseen, mitä pyritään välttämään käyttämällä geeliä painovärihuoksessa. Paperissa täytyy olla riittävästi hienoja eli pienikokoisia huokosia, jotta painoväri kiinnittyy paperiin kapillaarisesti, ja painoväriin lopullista kiinnittymistä varten paperin pinnan huokosissa täytyy olla riittävän suuri huokostilavuus. Paperin pienten huokosten on todettu lisäävän paperin kapillaarivoimia verrattuna suuriin huokosiin, mikä lisää painoväriin asettumisnopeutta. Painoväriin kohdistuvan kapillaarivoiman tulee olla suurempi kuin painoväriin kantofaasin pidättävä vaikutus. /21,23,24/ Täten painoväriin asettuminen Xiang:n *et al.* /23,24/ mukaan pitäisi olla riippuvainen painoväriin öljyn ja päällysteen pinnan välisestä kontaktikulmasta, mutta tätä ei ole vielä pystytty todentamaan.

Huokoisuuteen vaikuttaa erityisesti päällystettyjen paperien päällysteen huokoskoko. Mitä hienompi on päällystepigmentti, sitä pienemmät ovat päällysteen huokokset. /25/

4.2.4 Palstautumislujuus

Palstautumislujuutta (out-of-plane strength) kutsutaan myös z-suuntaiseksi lujuudeksi, jolla tarkoitetaan sitä keskimääräistä työtä, jolla saadaan halkaistua paperinpala tason suunnassa tai erottamaan monikerrospaperin tai – kartongin kerrokset toisistaan. Paperi palstautuu, kun painovärikerroksen halkaisuvastus on painettavan paperin, kuten päällystetyn ja päällystämättömän, sidoslujuutta suurempi. Paperin palstautumislujuudesta käytetään englanninkielisiä termiä yksikerroksisen paperin kohdalla *Internal Bond* ja monikerrospaperin tai – kartongin kohdalla *Ply Bond*. Palstautumislujuutta mitataan esimerkiksi Scott Bond, z-lujuus, delaminointi testeri, palstautumislujuus- laitteistoilla. Näistä mitattaessa z-lujuutta Scott Bond Tester- mittauslaitteistolla, jossa paperiin (2,5 cm leveä ja 12,7 cm pitkä konesuuntaan leikattu palanen) kiinnitetään alumiinikulma kaksipuolisella teipillä. Tämän jälkeen heilurilla irrotetaan alumiinipalanen paperin pinnasta, jolloin paperi halkeaa ja saadaan selville halkaisuun tarvittava heilurin energiahäviö eli heilahduskulman pieneneminen. Palstautumislujuuteen voidaan vaikuttaa pintaliimaamalla tai massaljaliimaamalla (esimerkiksi massa tärkkelyksellä) paperi ja sitä parantaa myös hienoaineiden lisäys. Täyteaineiden vaikutus paperin palstautumislujuuteen riippuu täyteaineen ominaispinta-alasta siten, että mitä suurempi on täyteaineen ominaispinta-ala, sitä suuremmin palstautumislujuus heikkenee. /8,26,27,28/

Palstautumislujuus on tärkeä ominaisuus erityisesti offset -painettavilla papereilla sekä monikerros kartonkien keskikerroksissa. Offset -painatuksessa painoväriin tahmeus aiheuttaa paperin palstautumista tai delaminaatiota murtumisen tai murtumisen sekä z-suuntaisen vedon johdosta. Paperi palstautuu mikäli paperin eri kerrokset eivät ole sitoutuneet riittävän hyvin toisiinsa. Tällöin paperin z-suuntainen lujuus ei ole riittävän hyvä ja paperin rakenne murtuu paperin sisältä painatusnipissä. Jos tämä palstautuminen tapahtuu pinnan lähellä, se johtuu painoväriin tahmeudesta. Mikäli palstautuminen tapahtuu paperin rakenteen keskellä, silloin se johtuu painoväriin tahmeuden lisäksi myös rakenteen murtumisesta. Paperilla pitää olla riittävän suuri painoväriin tahmeuden

halkaisuvastus, jottei paperi delaminoidu eli halkea painonipin jälkeen. Tämän lisäksi palstautumislujuuden merkitys näkyy painokoneen kuivatusosalla. Jos paperin pinnan sulkeutuneisuus aste on liian korkea kevyesti päällystetyissä papereissa, kuivatusosalla käytettävä kuivatus höyry voi aiheuttaa kuplimista (blistering) painetun paperin pinnalle johtuen siitä, ettei höyry läpäise paperin rakennetta. Paperin palstautumislujuus kasvaa eksponentiaalisesti arkin tiheyden kasvaessa, mutta palstautumislujuuden muutokset ovat isompia arkin z-suuntaisen elastisen kimmokertoimen suhteen. /3,28,29/

4.3 Offset -paperin painettavuutta kuvaavat menetelmät

4.3.1 IGT

IGT- pintalujuus mittaamenetelmä, IGT dry pick- menetelmä, on suosittu tapa paperin picking- eli nukkautumislilmion määrittämisessä. Tällä menetelmällä voidaan mitata myös palstautumislujuutta. IGT- pintalujuusmittausmenetelmän tulokset muistuttavat heatset web offset -painokoneella tapahtuvaa linting-ilmiötä. IGT- pintalujuusmittausmenetelmä mittaa kuitujen välistä sitoutumista ja huonosti sitoutuneiden kuitujen määrää paperin pinnassa. IGT- pintalujuusmittausmenetelmää voidaan soveltaa kaikille laboratoriossa mitattaville painopapereiden ja kalanteroitujen paperilaatujen tutkimiseen, lähinnä käytetään päällystettyjen offsetlajien tutkimiseen. Yleisin käytetty IGT- pintalujuusmittauslaitteisto on mallia A1C2, joka noudattaa standardia ISO 3783. /1,18,30,34/ IGT- pintalujuusmittauslaitteistolla ei pystytä Rand:n tutkimuksien mukaan /31/ määrittämään tarkemmin, onko linting- pöly täyteainetta, hieno- vai kuituainesta.

IGT dry pick- pikkauslujuuden eli IGT- pintalujuutta mitataan kiihtyvällä nopeudella, missä käytettävät nopeudet ovat 1,0 m/s, 1,5 m/s ja 2,0 m/s. Menetelmässä käytettävät värit ovat matala, keski- ja korkea viskoottista öljyä. Painatusta tutkitaan 1,0 cm levyisellä teräksisellä painatuskiekolla. /30,32/

IGT set off- määrityksellä tutkitaan paperin pinnan absorptio-ominaisuuksia, jota tutkitaan hyödyntäen painoväriin asettumisnopeutta paperiin. Täten voidaan ennustaa paperin käyttäytymistä painatuksessa. /33/

IGT- offset testi toimii siten, että paperin pintaa painatetaan offset- testivärillä useaan kertaan samassa painatus nipissä, jossa on 10 sekunnin viive. Tähän menetelmään vaikuttaa paperin pinnan adsorptio-ominaisuudet. Huokosten määrä vaikuttaa painoväriin tarttumiseen paperin pintaan ja lisää täten värikerroksen paksuutta. Paperin pintaan muodostuu puuttuvia pisteitä, jotka heikentävät paperin kiiltoa painatuspinnassa. Nämä puuttuvat pisteet johtuvat joko täyteaineiden tai suurempien aggregaattien sekä kuituaineiden irtoamisesta paperin pinnasta, mitkä viittaavat riittämättömästä paperin pintalujuudesta. /1/

IGT- dry pick testi suoritetaan painamalla painokiekolla paperiliuskaa käyttäen tiettyä puristuspainetta ja nostamalla painatusnopeutta, jolloin painokiekon pinnalla on haluttu määrä standardiöljyä. Paperin nukkautumislujuus on se alhaisin painatusnopeus, jossa havaitaan nukkautumista. /34/ Paperin pinnan vioittumat testipapereissa vaikuttavat voimakkaasti paperin painettavuuteen.

IGT- pintalujuus mittausten menetelmän heikkona puolena Stål /1/ pitää kohtalaisen suurta vaikutusta adsorptio-ominaisuuksiin parannettaessa painoväriin tarttumista mittausten aikana. Tämän lisäksi Stål:n /1/ mukaan menetelmän heikkoutena on myös pintahuokoisuus rakenne-erot eri paperilaatujen välillä, minkä takia paperit eivät ole suoranaisesti vertailukelpoisia toisiinsa nähden. Grattonin ja Frigon mukaan /35/ IGT- painatusmenetelmän käyttö on aikaa vievä mittausten menetelmä. IGT- painatusmenetelmä on hyödyllisempi tutkittaessa paperin palstautumisominaisuuksia kuin linting- pölyämistä.

Mahdollisia virhelähteitä ja mittausepävarmuutta lisäävät seuraavat tekijät, jos kosteus ja lämpötila eivät ole sopivat; öljyn määrä painatuskielellä, mikrometrissä olevien ilmakuplien määrä, epäpuhtaudet teloilla sekä visuaalinen painojäljen arviointi. Tässä menetelmässä käytetään painatuskielellä öljyä tutkittaessa dry-pick ilmiötä. Kiihtymisnopeus on erilainen riippuen tutkittavasta

näytteestä, offset -paperia tutkittaessa kiihtymisnopeus on 2 m/s, kun taas syväpainopaperin kohdalla se on 0,5 m/s. Painatusnopeus määritetään sen mukaan, että nukkaautuminen alkaisi näyteliuskan puolivälissä. Käytettävät öljyt ovat offset-lajeille medium-öljyä, sanomalehtipaperille low-öljyä sekä erikoismittauksia varten high-öljyä. /30/ Offset -lajeilla käytettävien öljyjen käyttökohteet on määritetty paperilajeittain, mutta nämä ovat ohjeellisia ja tämän vuoksi oikean öljyn käyttö täytyy valita tapauskohtaisesti.

IGT- menetelmän standardin /34/ suosittelemat öljyalaadut eri paperilajeille:

- Low öljy (matala viskoottinen öljy): RG-, SC- paperilajit ja arkkirobottilajit
- Medium öljy (keskiviskoottinen öljy): WO-, WFC-, MFS- paperilajit ja laboratoriomuottiarkit
- High öljy (korkea viskoottinen öljy): WFU- ja erikoispaperilajit.

Rautkosken *et al.* /36/ tekemän tutkimuksen mukaan IGT pintalujuusmittausmenetelmä ei korreloi selvästi telojen pinnalla olevan linting-pölymäärän mukaisesti. Esimerkiksi heidän tutkimuksissa parhaan pintalujuuden omaavalla paperillakin (painatusnopeus 0,5 m/s) oli painatustelojen pinnalla hieman linting-pölyä.

4.3.2 Rauma -menetelmä

Rauma-menetelmällä tutkitaan paperin, kuten SC- paperin, pintalujuutta simuloiden 4-6 väriyksikön offsetpainatusta. Tällöin paperinäytteet painetaan useamman kerran käyttäen samaa painatuskiekkoa. Rauma- menetelmä on UPM-Kymmene Rauman tehtaan kehittämä modifioitu versio IGT- pintalujuus menetelmästä, jota esiteltiin edellisessä kappaleessa. Tämän vuoksi Rauma-menetelmällä ei ole standardia. Suurin ero näiden menetelmien välillä on se, että Rauma -menetelmässä käytetään leveämpää painokiekkoa (5,0 cm) ja leveämpiä näytepapereita, joita painatetaan offset -tuotantopainokoneen väreillä. Käytön

jälkeen laitteen painoväriin levitystela sekä mikrometri on puhdistettava hyvin, koska painoväri saattaa kuivua lujasti kiinni levitystelaan. Menetelmän mahdollisia virhelähteitä voivat olla seuraavat seikat: värin määrä ei ollut oikea, mikrometrissä oli ilmaa tai laite oli likainen. /37/ Rauma -menetelmän tulos näkyy perinteistä IGT-pintalujuutta helpommin käytettävästä mustasta painoväristä johtuen.

4.3.3 Prüfbau

Prüfbau- painokone testillä voidaan mitata märkäpintalujuutta (Wet pick- testi), akaasiakuitujen ja eukalyptuskuitujen pikkautumista (Vessel pick- testi), paperin painoväriin värintarvetta ja kiiltoa sekä setoff – tahrivuutta, läpipainatusta, läpikuultoa ja läpilyöntiä.

Wet pick- menetelmä on tarkoitettu käytettäväksi päällystettyjen ja päällystämättömien puupitoisten web offset- sekä päällystettyjen hienopaperien tutkimiseen. Vessel pick- menetelmää käytetään päällystettyjen offset -paperien tutkimiseen. Painoväriin tarvetta ja painetun pinnan kiiltoa menetelmää käytetään SC-, päällystetyille- ja sanomalehtipaperien tutkimiseen. Tässä menetelmässä tutkitaan tiettyyn painoväriin densiteettiin (tiheys) ja kiiltoon tarvittava painoväriin kulutus. Setoff ja läpipainatusmenetelmää käytetään yleisesti sanomalehtipaperien tutkimiseen, mutta tätä voidaan käyttää myös SC- ja päällystettyjen paperien tutkimiseen. Läpipainatusta pystytään määrittämään koko paperiliuskasta, kun ei käytetä settoff -painatusta toisella painatusnipillä. /38,39,40,41/

Märkäpintalujuudella tarkoitetaan sitä painatusnopeutta (yksikössä m/s), jossa kostutetun paperin pinta rikkoutuu /38/. Tällä menetelmällä voidaan havaita kuivan osan pituus ja painatuskestämättömyys, joiden takia paperi rikkoutuu. Painatuspinnan /38/ rikkoutuminen näkyy painokiekkon pinnalla siihen kertyneen pickien määrästä. Menetelmän kriittisenä nopeutena pidetään sitä nopeutta, jossa

havaitaan pickejä painokiekolla ja paperin pinnalla. Märkäpintalujuus kuvaa enemmän painatusongelmia kuin paperin pintalujuuden ongelmia. /38/

Prüfbau- märkäpintalujuutta /38/ voidaan määrittää seuraavasti. Aluksi näyteliuskat kostutetaan ja sen jälkeen painatetaan kasvavalla nopeudella. Nopeutta kasvatetaan niin kauan, että paperin pinta rikkoutuu. Painatus yksikössä on 0,20 sekunnin viive kostutusyksikön ja painatusnipin välillä. Wet pick-lujuuden määrittämiseksi käytetään eri tahmeuden omaavia painovärejä. Koko koesarja ajetaan samalla painovärillä vaikka saavutettaisiin painoväriin maksimipainatusnopeus. Jos saavutetaan maksimi painatusnopeus, siirrytään käyttämään tahmeampaa painoväriä. Jos näytteet eivät kestä painatusta, siirrytään käyttämään vähemmän tahmeapainoväriä. Vertailukelpoisuuden varmistamiseksi koesarjan kaikki koepisteet määritetään samalla tavalla. Tuloksia arvostellaan visuaalisesti painatetuista paperiliuskoista. /38/

Prüfbau-mittausmenetelmän vessel pick-menetelmässä mitataan akaasia- ja eukalyptuskuitujen pikkaantumista, missä painettu painoväripinta halkaistaan käyttämällä painonipillä eri nopeuksia. Paperin pinta painetaan painokoneella ensimmäisellä painoyksiköllä. Tämän jälkeen painettu pinta halkaistaan toisella painoyksiköllä, jossa ei käytetä painoväriä. Näyteliuskaa painetaan eri nopeuksissa siten, että paperin pinnassa havaitaan kuitujen ylösnousemista. Painettuja näyteliuskoja sekä painokiekon kunto tarkastellaan visuaalisesti. /39/

Prüfbau-värintarve ja painetun pinnan kiilto menetelmässä paperille siirtyneen painoväriin määrä saadaan selvitettyä painokiekon punnitustulosten perusteella, mikä ilmoitetaan yksikössä g/m^2 . Menetelmässä tarkistetaan sekä painokiekon kunto että visuaalisesti tasainen värinsiirto painetusta paperiliuskasta. Paperiliuskat painetaan käyttäen painoväreissä neljää eri vesimäärää siten, että suurin käytettävä vesimäärän densiteetti-arvo on yli 1,6 ja pienin on noin 0,8. /40/

Prüfbaun setoff-menetelmällä tutkitaan painoväriin taipumusta siirtyä vastapainetulta paperinpinnalta pinnalle, jolla puristetaan kohtisuoraan tätä juuri painettua paperia. Prüfbaun setoff-menetelmällä paperin pinta painetaan

ensimmäisellä painoyksiköllä siten, että taustalla on painamaton ja läpinäkymätön paperipino. Taustalla oleva painamaton paperi voi olla testattava paperi tai standardipaperi. Tämän jälkeen painokoneen toisella painatusyksiköllä painettu paperin pinta halkaistaan käyttäen vastapaperia, kun haluttu painoväriin asettumisaika on kulunut. Paperiliuskoja painetaan käyttäen yhteensä neljää eri painovärimäärää. Menetelmässä mittaukset suoritetaan densitometrillä ja tavoitteena on painaa paperi kaksi kertaa tavoite densiteettiä pienemmällä ja suuremmalla painovärimäärällä. Mittaustulokset ilmoitetaan kahden desimaalin tarkkuudella. Mustalla värillä tehdyt mittaustulokset pyritään interpoloida haluttuun densiteettitasoon (yleensä $D=1,3$), minkä perusteella painovärimäärää pyritään valitsemaan. Tällöin paperille siirtyvän värinmäärä on noin $0,7 - 2,0 \text{ g/m}^2$ välillä. /41/

Prüfbau pick resistance-menetelmän laboratoriopainatusta käytetään, kuten myös IGT pick-menetelmää, simuloimaan kaupallista offset -painatusta. Grattonin ja Frigon /35/ mukaan tämä menetelmä on myös aikaa vievä ja menetelmästä saatavat tulokset riippuvat paljon käyttäjästä kuten miten hän on käsitellyt näytteitä, ajanut painatusta ja analysoi tuloksia.

Prüfbau-painokoneen 2-väri painotutkimuksien tuloksina saadaan painoväriin asettumisnopeus ja painovärien limittäytyminen painon yhteydessä. Wet pick tutkitaan siten, että ensin kostutetaan paperi ja sen jälkeen painetaan paperille. Tulos analysoidaan visuaalisesti ja mitataan suhteellisen painotiheyden % -muutoksena. Tuloksissa on eritelty veden hylkivyyys sekä wet pick- arvot. Prüfbau laitteella tutkitaan painatuksen tiheyttä, joka mittaa painatuksen läpipainatusta. /32/

Painatusolosuhteita voidaan säätää muuttamalla esimerkiksi painatusnopeutta, nippipuristuksia sekä kostutuksen ja painatuksen välistä viivettä. Prüfbau-mittauslaitteisto eroaa monivärioffset -menetelmästä pääasiassa värinsyöttömekanismin ja värinsiirtämisen osalta. Näistä eroista esimerkkinä voidaan pitää painoväriin siirtymistä prüfbau:ssa suoraan painokiekolta paperille ja

offset -painatuksessa painoväri siirtyy epäsuorasti painolevyttä kumitelan kautta paperiin. /8/

4.3.4 ISIT

ISIT- pintalujuusmittausmenetelmä tulee englanninkielisestä sanasta *Ink Surface Interaction Tester*, joka on suunniteltu painovärin paperiin tahmautuvuuden ja painovärin ”pick-up”:n tutkimiseen. Tätä laitteistoa voidaan edellisten lisäksi käyttää pintalujuuden, painovärin vaatimuksien ja painovärin vahvuuden tutkimiseen. ISIT- menetelmä on uusi menetelmä, joka antaa uutta tietoa paperista ja painovärin ominaisuuksista. /42/

ISIT sopii parhaiten offset -painettavien päällystettyjen paperien tutkimiseen ja tällä voidaan tutkia HSWO-, CSWO- ja arkkioffsetvärien käyttäytymistä. Esimerkiksi tutkittavia papereita voivat olla SC-, LWC- ja sanomalehtipaperit. ISIT- laitteella tutkitaan paperin ja käytettävän painovärin välistä halkaisuvastusta. Näiden välinen halkeaminen tapahtuu paperi-painoväri heikoimmasta kohdasta eli heti painovärin paperille siirtämisen jälkeen, jolloin halkeaminen tapahtuu painovärikerroksesta aiheutuen sen koheesion heikkoudesta. Kun irrotusvoiman on suurempi kuin päällysteen lujuus, halkeaminen tapahtuu joko painovärin ja paperin välisessä rajapinnassa tai pohjapaperin ja päällysteen välisessä rajapinnassa. Tällöin halkeamishetkellä painovärin ja -kumin välinen adheesio on heikointa, kun merkittävä osuus painovärin liuottimesta on kulkeutunut painettavaan paperiin. Määrittämissä paperiliuskaa painetaan painatuskielellä, jonka pinnalla on tietty määrä painoväriä. Tällä painatuskielellä puristetaan painettua näytettä vasten, minkä jälkeen se irrotetaan tietyllä voima- sekä aika-asetuksilla paperin pinnasta. /43/

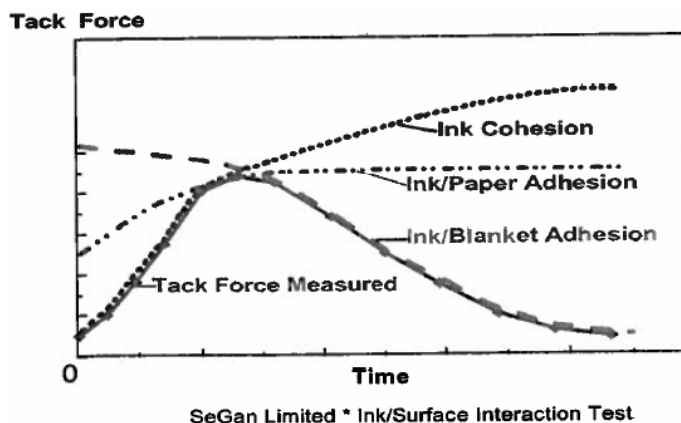
ISIT dry passes to pick / fail- menetelmä soveltuu offset- painettavien paperien tutkimiseen. Passes to pick- arvolla tarkoitetaan monennellako halkaisukerralla

näytteen painopinta ”pikkaa” eli pölyää ensimmäistä kertaa. Passes to fail- arvolla tarkoitetaan sitä halkaisukertaa, jolloin näytepaperin painopinta on kokonaan rikkoutunut. Mitä suurempi pick arvo, sitä paremmin se kestää halkaisuja. /44/ Toisin sanoen paperin pintalujuus on sitä parempi, mitä suurempi pick- ja fail- arvo on. /44/ Määrittämissä dry passes to pick/fail menetelmässä painettua paperin pintaa halkaistaan 10 kertaa. Näiden halkaisujen välillä on säädetty viive, jolloin tutkitaan visuaalisesti paperin pinnan rikkoutuneisuutta.

Pintalujuusmäärittämissä voidaan tehdä joko vakio painatusjäljen densiteetin tai painoväri määrän mukaan. Vakio painatusjäljen densiteetti kuvaa tilannetta painettaessa, mutta tämä vaatii noin neljä kertaa pidemmän ajan kuin tehtäessä määrittämissä vakio painoväri määrän mukaan. Suoritettaessa painoväri määrittämissä on tärkeää käyttää standardipaperia ja samoin kuin päinvastaisessa tilanteessa. /42/

ISIT- menetelmä mittaa sen voiman määrän, joka tarvitaan vetämään kumitela irti painetusta paperin pinnasta. Määrittäessä tätä voimaa, mittauksia tehdään 13 kappaletta halutulla aikaviiveellä, minkä seurauksena saadaan kuvaaja, joka kuvaa painoväri tahmeuden kehittymistä ajan funktiona. Mittauksissa käytettäviä painotelan ja paperin välistä kontaktiaikaa, kontaktivoimaa sekä telan vetonopeutta voidaan säätää halutunlaiseksi. Purontauksen mukaan /42/ määrittämissä toistettavuus on melko hyvä mittauksissa, joissa tulokset saadaan kolmen rinnakkaismittauksen keskiarvosta.

ISIT- kuvaajaan vaikuttavia tekijöitä ovat painoväri koheesio, painoväri ja paperin välinen adheesio sekä painoväri ja –levyn välinen adheesio. Nämä tekijät on esitetty kuvassa 3. Painoväri koheesio on aluksi heikko, mutta se kasvaa painoväri kuivuessa. Koheesio saavuttaa maksiminsa, kun painoväri on täysin kuiva. Painoväri ja paperin välinen adheesio kasvaa painoväri asettuessa paperin pinnalle, mikä saavuttaa maksiminsa painoväri asettumisen päätyttyä. Painoväri ja – telan välinen adheesio sen sijaan heikkenee painoväri kuivuessa. /42/



Kuva 3 ISIT- kuvaajaan vaikuttavat tekijät. /42/

Tahmautuvuuskuvaaja kertoo painovärin asettumisnopeudesta, johon vaikuttaa voimakkaasti huokoskoko. Painovärin asettumisnopeus on sitä nopeampaa, mitä pienempi on huokonen. ISIT- kuvaajan vaakasuoralla oleva viive tahmeuden muutoksessa eli aika kuvaa paperin pinnan kokonaisuutena huokosten määrän. /42/

ISIT- menetelmällä tutkitaan paperia ja painoväriä, ja mittauksien tulos on ilmoitettu tahmautumisajan muutoksena painatuspinnassa /32/. Rautkosken *et al.* /36/ mukaan ISIT- menetelmällä saatavat tulokset riippuvat paljon siitä, miten painoväri on asettunut paperin pinnalle ja siten paperinäytteet käyttäytyvät erilailla. Tämän vuoksi paperien ISIT -käyttäytymisellä ei saatu selvää korrelaatiota linting- taipumukseen. ISIT- menetelmän tulokset korreloivat paperin teknisten ominaisuuksien kuten painovärin asettumisen, painoväri tarpeen, pintaenergian, huokoisuuden, karkeuden sekä ”dry pick”-lujuuden kanssa. ISIT- menetelmä mahdollistaa näiden ominaisuuksien mittaamisen saman aikaisesti niin kuin näitä mitattaisiin painokoneella. /42/

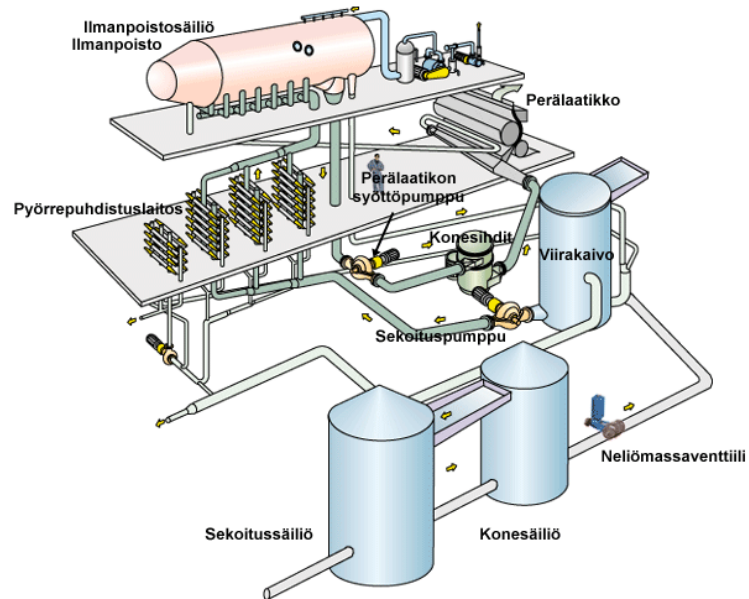
Purontauksen /42/ mukaan ISIT- menetelmän heikkoutena on käytettävän kostutusveden puute, minkä takia menetelmä ei kuvaa täysin painokoneella tapahtuvaa painettavuutta. ISIT- menetelmään on saatavilla kostutusyksiköitä, mutta Purontauksen mukaan parempia yksiköitä tulee saataville tulevaisuudessa.

Purontauksen /42/ mukaan ISIT- menetelmällä saavutetaan paras mahdollinen painettavuusmääritys käytettäessä painokoneen painoväriin ja kostutusveden emulsiota, jota on nykyään vaikeaa tai jopa mahdotonta saada. Tätä emulsiota on mahdollista valmistaa sekoittimessa, mutta sen toimivuus painokumilla on kyseenalaista ja miten tasaisesti emulsiofilmi muodostuu painokumille. Purontauksen mukaan tämä ei ole menetelmänä täydellinen, mutta se on lähempänä offset -painatusta kuin konventionaaliset mittaamenetelmät.

5 SC-OFFSET PAPERIN VALMISTUSTEKNIikka

5.1 Lyhyt kierto

Paperikoneen märkäosa koostuu lyhyestä kierrosta ja viiraosasta. Lyhyt kierto koostuu sekoitussäiliöstä, konesäiliöstä, viirakaivosta, pyörrepuhdistuksesta, ilmanpoistosta ja perälaatikosta, mikä on havainnollistettu kuvassa 4. Näiden lisäksi lyhyeen kiertoon kuuluvat seuraavat laitteet: sekoituspumppu, konesihti ja perälaatikon syöttöpumppu. Sekoituspumppu sijaitsee yleensä viirakaivon jälkeen viirakaivon ja pyörrepuhdistuksen välissä. Konesihtin ja perälaatikon syöttöpumppu sijaitsevat ilmanpoistoyksikön jälkeen siten, että perälaatikon syöttöpumppu on ennen konesihtiä. Konesihtin jälkeen massa pumpataan perälaatikkoon. Perälaatikosta massa annostellaan viiraosalle, jossa muodostetaan paperiraina. /45,46/



Kuva 4 Lyhyen kierron rakenne. /3/

Lyhyen kierron tehtävänä on laimentaa konesäiliöstä tulevan massan sakeus perälaatikon sakeuteen, palauttaa viiraosalta poistuva vesi ja retentoida vedessä oleva kiintoaines takaisin paperirainaan sekä puhdistaa massa epäpuhtauksista ja ilmasta. Näiden lisäksi lyhyt kierto vähentää ja tasaa perälaatikkoon tulevia painetai häiriöimpulseja. Konesäiliön sakea massa (sakeus 3-4 %) laimennetaan viirakaivossa perälaatikon sakeuteen 0,2-1,2 %. /45/

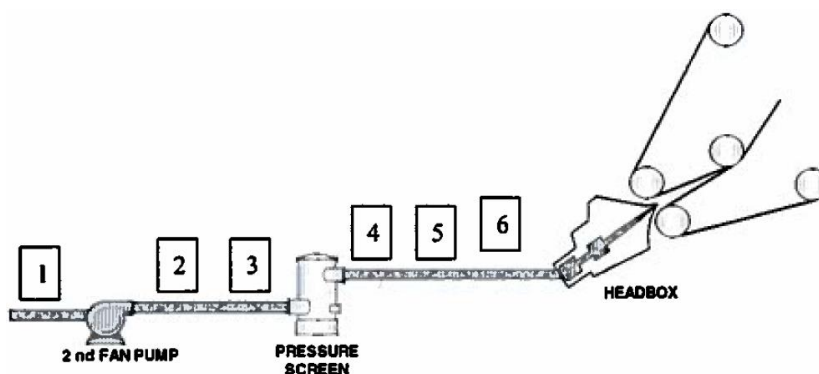
5.2 Kemikaalien annostelukohdat

Kemikaalien annostelukohdat voivat vaihdella paljonkin eri prosessien välillä. Yleensä kemikaalien annostelukohdat sijaitsevat siten, että saavutetaan mahdollisimman hyvä sekoitus kemikaalien ja/tai kuitujen kanssa. Tämän lisäksi halutaan välttää ei-toivottuja kemikaalien sekä kuitujen välisiä reaktioita tai prosessihäiriöitä. /46/

Täyteaineita yleensä annostellaan lyhyeen kiertoon siten, että ne sekoittuvat hyvin massan joukkoon. Täyteaineen annostelukohta on tavanomaisesti sakeaan massaan konemassapumpun imupuolelle ja perälaatikkomassaan annosteltaessa sekoituspumpun imupuolelle viirakaivon jälkeen tai perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle. Täyteaineretentio voi parantua hieman sekä täyteaineen viiveaika kasvaa, jos täyteainetta annostellaan sakean massan joukkoon konesäiliöön. /46,80/

Retentioainetta on mahdollista annostella useammasta kohtaa lyhyeen kiertoon. Retentioainetta tavanomaisesti annostellaan seuraavista kohdista, kuten kuvassa 5 on esitetty /47/:

- perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle (1),
- perälaatikon syöttöpumpun painepuolelle (2),
- ennen konesihtiä (3),
- konesihdin ja perälaatikon välille (4-6).



Kuva 5 Retentioaineen annostelupaikat. /47/

Paperikoneissa käytettävien kemikaalien annostelupaikat ovat paperikonekohtaisia. Optista kirkastetta (OBA) annostellaan joko sekoitussäiliöön tai konesäiliön syöttöpumpun imupuolelle, jotta optinen kirkaste sekoittuu hyvin kuitumassan joukkoon. Sekoitussäiliöön annostellaan alunaa optisen kirkasteen lisäksi. Tärkkelystä on mahdollista annostella useampaan kohtaan: sekoitussäiliöön, konesäiliöön tai viirakaivon syöttöpumpun imupuolelle. Yleensä

optinen kirkaste annostellaan ennen tärkkelystä, koska optisen kirkasteen teho laskee, jos kationista tärkkelystä on annosteltu ennen optista kirkastetta. /48/

Täyteainetta annostellaan heti viirakaivon jälkeen ennen sekoituspumppua eli pyörrepuhdistinlaitoksen 1.vaiheen syöttöpumppua. Annosteltava täyteaine sekoitetaan seoksena täyteaineen sekoitussäiliössä ennen sen annostelua lyhyeen kiertoon, mikäli käytetään useampaa täyteainetta kyseisen paperilaadun valmistamiseksi. /48/

Väriaineet annostellaan tavanomaisesti pyörrepuhdistuslaitoksen syöttöpumpun painepuolelle. Retentioainetta annostellaan konesihtien akseptivirtoihin heti konesihtien jälkeen. Lyhyeen kiertoon annostellaan vaahdonestoainetta eri puolille viiravettä. /48/

5.3 Kemikaalien uudet annostelutekniikat

WetEnd Technologies:n /49,50/ mukaan tärkkelyksen ja täyteaineen yhteisannostelu perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle samasta TrumpJet Flash Mixing- suutinlaitteistosta mahdollistaisi tärkkelysannostelun pienentämisen heikentämättä paperin lujuusominaisuuksia. Tämän seurauksena voidaan vähentää myös mikropartikkelien ja retentioaineen annostelua annosteltaessa tärkkelystä ja täyteainetta samasta TrumpJet- sekoitinsuuttimesta lähempänä perälaatikkoa. Tällöin tärkkelysannostuksen viive perälaatikkoon pienentyy pariin sekuntiin, minkä vuoksi viiraveden tärkkelyspitoisuuden pitäisi pienentyä.

WetEnd Technologies:n mukaan eräällä hienopaperikoneella tehtyjen koeajojen perusteella tärkkelyksen annostelua voitiin pienentää 20 %, CPAM:n annostelu pienentyi 30-40 % ja APAM:n annostelu pienentyi 30 % lajista riippuen, kun täyteainetta ja tärkkelystä annosteltiin samasta TrumpJet- sekoitussuuttimesta. Kyseisessä koeajossa optisen kirkasteen kulutus laski hieman, muttei ASA:n annostelu eikä kokonaisretentio muuttunut. Kyseisten koeajojen aikana havaittiin, että pyörrepuhdistimelta rejektoitui vähemmän täyteainetta ja tämän seurauksena

pyörrepuhdistuksen hallinta parantui. /49,51/ WetEnd Technologies:n mukaan kyseisen hienopaperikoneen koeajojen paperien palstautumislujuus, formaatio, poikki-konesuunta profiilit ja vedenpoisto eivät muuttuneet. /49/

Täyteaineen yhteissekoitus retentioaineen tai tärkkelyksen kanssa pitäisi WetEnd:n tutkimuksien mukaan parantaa merkittävästi täyteaineen retentiota noin 30 %. Täyteaineen parantuneen retention seurauksena täyteainetta pitäisi kulua vähemmän ja tämän seurauksena täyteainetta kulkeutuisi vähemmän viiraveteen parantaen näin paperin täyteainepitoisuutta. WetEnd:n mukaan täyteainetta olisi mahdollista annostella lyhyeen kiertoon yhdessä retentiokemikaalin kanssa, mikä mahdollistaisi täyteaineen annostelun konesihtien jälkeen. Lisäksi täyteaineen paremman retention seurauksena viiran käyttöikä on pidempi kuin aikaisemmin. Tämän seurauksena ei tarvitse vaihtaa viiroja yhtä paljon vuositasolla kuin aikaisemmin. /49,51/

WetEnd Technologies:n mukaan retentioainetta voisi annostella lähempänä perälaatikkaa konesihtien jälkeen täyteaineen kanssa. Vaihtoehtoisesti retentioaineen, tärkkelyksen ja täyteaineen annostelun voisi suorittaa siten, että retentioainetta annosteltaisiin ennen konesihtia ja täyteaine sekä tärkkelys annosteltaisiin yhteisannostelulla konesihtien jälkeen. /49,51/

Sanion tutkimuksien mukaan /52/ tärkkelyksen ja täyteaineen yhteisannostelulla saavutetaan hienopaperille hiukan paremmat optiset ominaisuudet ja vähän parempi vetolujuus sekä voidaan pienentää annosteltavan tärkkelyksen määrää lyhyeen kiertoon. Sanio havaitsi tutkimuksissaan, että ISO- vaaleus parani hieman täyteaineen ja tärkkelyksen yhteisannostelulla sekä saavutettiin parempi vetolujuus. Tällöin tärkkelyksen annostelua voitiin pienentää 4 kg/t annostelusta 2 kg/t annosteluun käytettäessä WetEnd:n Flash Mixing- teknologiaa, jossa ei käytetä tuorevettä laimennuksena. ISO- vaaleus oli referenssipaperissa, tärkkelyksen annostelulla 4 kg/t, noin 88,75 %. Annosteltaessa tärkkelystä ja täyteainetta samanaikaisesti vastaavissa olosuhteissa kuin referenssipaperi, saavutettiin hieman parempi ISO- vaaleus, joka oli 89,05 %. Kun laskettiin

tärkkelysannostusta 4 kg/t:sta 2 kg/t:iin ja muuten olosuhteet olivat samat, ISO-vaaleus parani vaaleuteen 89,15 %. Vetolujuuden suhteen referenssipaperilla vetolujuus oli noin 28 kNm/kg ja vetolujuus kasvoi samoissa olosuhteissa tärkkelyksen ja täyteaineen yhteisannostelulla, tärkkelysannostus 4 kg/t, parantui arvoon 29,7 kNm/kg. Vetolujuus kasvoi 30,1 kNm/kg annosteltaessa tärkkelystä ja täyteainetta samanaikaisesti tärkkelysannostuksen ollessa 2 kg/t.

Paanasen *et al.* /53/ mukaan annosteltaessa täyteainetta konesihtien jälkeen yhdessä C-PAM retentiokemikaalin kanssa, jolloin sen annostelun viive olisi noin 7-5 sekuntia, saavutettiin 43 %:n täyteaineretentio SC-massalle. Tutkimuksen mukaan saavutettiin noin 37 %:n täyteaineretentio, kun viive perälaatikkoon oli tärkkelys annostelupaikalla oli 10 sekuntia. Paanasen /54/ mukaan täyteaineen ja retentioaineen yhtäaikaissännostelun ongelmaksi muodostui täyteainepartikkelien agglomeroituminen suuremmiksi partikkeleiksi. Näiden väliset reaktiot ovat nopeita, kun täyteaineen annostelupaikkaa siirretään lähemmäksi retentioaineen annostelupaikkaa. Jos näiden annostelupaikkojen välillä on 0,5s viive, se muuttaa lopputuloksen ihan erilaiseksi. Tällöin täyteaine flokkautuu liikaa ja tämän seurauksena retentio- ja täyteaineen yhteisannostelun vaikutus menetetään. /54/

5.4 Retentio

Retentio kertoo kunkin paperimassaan sekoitetun kemikaalin osuuden muodostuneessa paperirainassa. Retentiotä kuvaavia määritelmiä on kaksi erilaista: viiraretentio ja kokonaisretentio. Viiraretentio kuvaa sitä kuinka paljon ainetta, esimerkiksi kuitua, täyteainetta tai tärkkelystä, jää viiraosalle viiraosan vedenpoiston aikana. Kokonaisretentio kuvaa sitä, että kuinka paljon paperikoneelle tulevasta massasta menee paperiin. Kokonaisretentio koostuu täyteaineretentiosta, hienoaineretentiosta sekä kuituretentiosta. Kuituretentio on yli 90 % sekä täyteaine- ja hienoaineretentio on normaalisti 30-40%:n välillä. Retentiotä voidaan kehittää parantamalla kuitujen ja partikkeleiden välistä elektrostaattisia attraktiivoimia, jotka voidaan saavuttaa säätämällä pH:ta, koska

kuitujen pintavaraus on pH-riippuvainen. Kuitujen ja partikkelien välisiä elektrostaattisia attraktiovoimia voidaan parantaa myös kasvattamalla massalietteen ionivahvuutta ja täten heikentää näiden välistä repulsiota. Jos retentiota parannetaan pH:ta säätämällä, silloin muokataan partikkeleiden pH-riippuvaisia pintavaruksia /57/. Kokonaisretentio voidaan määrittää seuraavan laskukaavan avulla /47/:

$$\text{Viiraretentio} = \frac{(\text{perälaatikkomassan sakeus,\%} - \text{viiraveden sakeus,\%})}{\text{perälaatikkomassan sakeus,\%}} \times 100\%$$

Paperikoneen hyvän retention etuja ovat paperikoneen lyhyen kierron likaantumisen vähentyminen ja sen seurauksena vähentyvät myös ajettavuusongelmat. Lisäksi paperikoneen vesikierrat pysyvät stabiilimpina sekä tarvitaan vähemmän pesuvettä. Tämän seurauksena pienentyvät lisäksi kuidun talteenottokustannukset.

Retentiokemikaalien toiminta perustuu neljään eri mekanismiin: neutraloidaan partikkelien varaus kationisen polyelektrolyytin avulla, muodostetaan mosaiikki lyhytketjuisen polyelektrolyytin avulla (kuten PEI:lla), silloittumisella käytettäessä pitkäketjuisia polyelektrolyyttejä (esimerkiksi PAM:a). Näiden lisäksi on erilaisia monitahoisia flokkulointimekanismeja, joista tyypillisimmät ovat mikro- ja nanopartikkeliflokkulaatio. Monitahoisiin flokkulointimekanismeihin kuuluu mikro- ja nanopartikkeliflokkulaation lisäksi myös kaksoispolymeeriflokkulaatio, verkostoitumisflokkulaatio ja kehitetty silloittumis flokkulaatio. /55/

Kationinen tärkkelys on usein retentioapuaineena käytetty kemikaali, kun on haluttu parantaa paperin lujuusominaisuuksia. Retention tehostamiseksi annostellaan kationista tärkkelystä ennen anionista polymeeriä. Kationisen tärkkelyksen ja hydrolysoidun polyakryyliamidin yhteiskäytämällä parannetaan paperin kuivalujuutta, vedenpoistoa sekä retentiota. Toinen tapa parantaa retentiota on esikäsitellä täyteainekaoliinisavi tärkillä ennen prosessiin annostelua.

/57/. Täyteaineen retentoitumiseen vaikuttavia asioita ovat sen fysikaaliset ominaisuudet, kuten zetapotentiaali, partikkelikoko ja –muoto, pintaenergia sekä ominaispinta ja –paino. /56/

Paperikoneen retentiojärjestelmät voivat olla yksi-, kaksi- tai monikomponentti järjestelmiä. Maurerin mukaan /57/ pigmenttien ja hienoaineiden retentoitumiseen käytetään nykyään kaksikomponenttijärjestelmää, jossa kationista perunatärkkelystä käytetään joko anionisen polymeerin tai anionisen pihapon kanssa. Flokkulointi tapahtuu nopeasti ja päättyy muutamassa sekunnissa virtauksen ollessa turbulenttinen. Flokit muodostuvat varausten välisistä reaktioista silloittumis- tai mosaiikkimuodostus mekanismien avulla. Muodostuneet flokit ovat herkkiä leikkausvoimille. Tämän seurauksena saattaa tapahtua deflokkulointia sekä uudelleen flokkaantumista. /57/.

6 SC-OFFSET PAPERISSA KÄYTETYT KEMIKAALIT JA TÄYTEAINEET

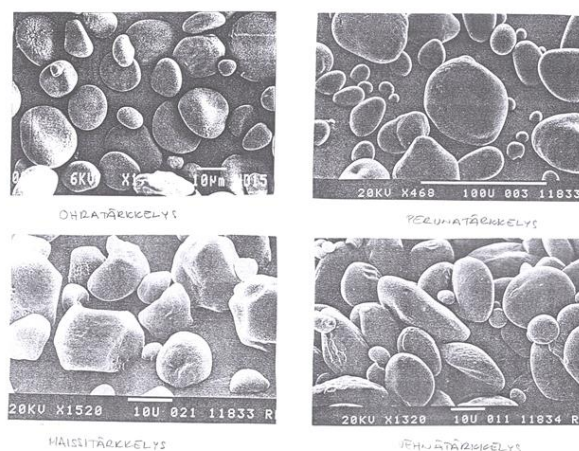
6.1 Pintalujuutta parantavat kemikaalit

6.1.1 Tärkkelys

Tärkkelys on polysakkaridi, jota valmistetaan esimerkiksi perunasta, ohrasta, vehnästä, maissista sekä tapiokasta. Nämä eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan ja partikkelikokojen ja –muodon perusteella. Kuvassa 6 on havainnollistettu tärkkelyslaatujen partikkelien, joita kutsutaan myös jyviksi ja granuleiksi, muodot. Tärkkelys sisältää haaroittunutta amylopektiiniä ja suoraketjuista amyloosia eri määrän riippuen, mistä raaka-aineesta tärkkelys on valmistettu. Nämä polymeerit esiintyvät kiinteästi toisiinsa liittyneinä tärkkelysgranuleina. Tärkkelystä on noin 60-65 % niiden raaka-aineiden kokonaiskuiva-ainepitoisuudesta riippuen. Tärkkelyslaatujen partikkelikoot vaihtelevat raaka-aineesta riippuen. Perunatärkkelyksen partikkelikoko voi vaihdella 5-100 µm

välillä, vehnätärkkelyksen partikkelit 2-35 µm välillä ja ohratärkkelyksen partikkelit 2-30 µm välillä /61,65/. Tärkkelystä annostellaan paperin valmistuksen massalietteeseen monen syyn vuoksi: formaation hallitsemiseksi, liiman retentoitumiseksi, massalietteen vedenpoistumisen parantamiseksi, täyteaine- ja selluloosahienoaineiden retentoitumiseksi, palstautumislujuuden parantamiseksi, pintalujuuden kehittämiseksi ja jätevesipäästöjen vähentämiseksi. /57/ Tärkkelyksen kulutus eri käyttötarkoituksiin jakautuu karkeasti seuraavasti: paperin pintakäsittelyssä noin 68 %, lyhyeen kierrossa noin 16 %, päällystyksessä noin 11 % ja spay modifikaatioissa noin 5 % /19/.

Positiivisesti varautuneiden tärkkelysliimojen sisältämä amyloosi kiinnittyy sellukuitujen pintaan, kuten myös sellumolekyylit, ja sen haaraketjuinen amylopektiini kiinnittyy kuituihin ja tärkkelyksien sisältämiin molekyyleihin lisäten elektrostaattisia ja vetysidoksia. Tämän seurauksena muodostuu kolmiulotteinen sidosverkosto. Näiden kationiset tärkkelykset parantavat lujuusominaisuuksia enemmän kuin ionittomat tärkkelykset. Amyloosi ja amylopektiini eroavat toisistaan hieman adsorboituessaan kuidun pinnalle. Tärkkelyksen sisältämä amyloosi adsorboituu sitä enemmän kuidun pintaan, mitä enemmän tärkkelyksessä on amyloosia. Amyloosi adsorboituu amylopektiiniä nopeammin johtuen sen kemiallisesta rakenteesta. Amyloosipolymeerin rakenteen joustavuutensa vuoksi sillä on parempi tarttuvuus kuidun pintaan ja se voi penetroitua huokoiseen selluloosarakenteeseen. Tämän takia tärkkelystä käytetään paperin massaliimauksessa ja perustuen sen kykyyn lisätä sidosten (elektrostaattisia- ja vetysidoksia) lukumääriä sekä vaikuttaa sidosten jakaumaan. Paperin palstautumislujuuteen ei merkittävästi voida vaikuttaa pintaliimaamalla paperi kationisella tärkkelyksellä. /1,58,65/ Stålin /1/ mukaan tarkempaa käsitystä tärkkelyksen aiheuttamasta paperin lujuusominaisuuksia parantavista mekanismeista ei ole.



Kuva 6 Tärkkelyspartikkelit ja partikkelien muodot. Vasemmalla ylhäällä on ohratärkkelys, vasemmalla alhaalla maissitärkkelys, oikealla ylhäällä perunatärkkelys ja oikealla alhaalla vehnätärkkelys. /59/

Tärkkelyksiä on kolmea erilaista: natiivi, kationisia ja anionisia tärkkelyksiä, joita käytetään lyhyessä kierrossa massalujaliimana. Kationista tärkkelystä annostellaan lyhyeen kierto, jos halutaan parantaa vedenpoistoa ja retentiota. Mikäli halutaan parantaa paperin lujuusominaisuuksia, silloin kationista tärkkelystä annostellaan sakean massan joukkoon, joko sekoitusmassan tai konemassan joukkoon. Retentoituminen tapahtuu kationisella tärkkelyksellä mosaiikkimuodostumis- ja silloittumismekanismien kombinaatiolla. Kationiset tärkkelykset parantavat kuivalujuutta, hienoaineiden ja täyteaineiden retentiota. Tämän hienoaineen parantuneen retention sekä flokkausvaikutuksen seurauksena parantuu vedenpoisto viiraosalla. Annosteltaessa massatärkkelystä märkäosaan, paperin märkälujuus kasvaa hieman kuitujen välisten sidosten lisääntymisen seurauksena. /1,47,60,61,65/ Annosteltavasta kationisesta tärkkelyksestä noin 70 % retentoituu kuitumassalietteen pitkiin kuituihin ja loppuosa retentoituu hienoaineisiin sekä täyteaineisiin, minkä seurauksena tärkkelys antaa sidoskykyä partikkeleiden sitomiseen /59,67/.

Massalujaliimauksessa ja pintaliimauksessa käytettävän tärkkelyksen sitoutumiskyky heikentyy, jos tärkkelyksen molekyyliainetta pienennetään.

Seulomattomilla tärkeillä on suurin sidontakyky ja sen korkea viskositeetti rajoittaa niiden käyttöä paperikoneilla. Tärkkelyspolymeerin rakenne käpertyy pienemmäksi korkeissa johtokyvyissä, jolloin tärkkelysmolekyylin ulottuvuus huonontuu. /59,62/

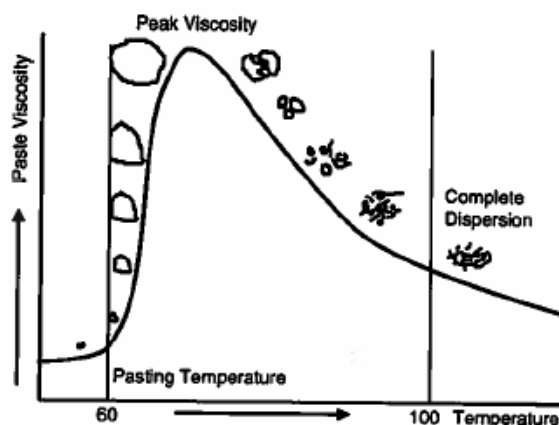
Tärkkelykset voivat olla amfoteerisia tärkkelyksiä johtuen fosfaattiryhmistä sekä rakenteensa kationisista ja anionisista ryhmistä. Tämän seurauksena on mahdollista estää systeemiä tulemasta liian kationiseksi sen anionisten ryhmien johdosta. Amfoteeriset tärkkelykset retentoituvat täten kahdella eri mekansimilla: kationinen tärkkelys retentoituu anionisen kuidun kanssa ja samalla anioninen tärkkelys retentoituu kationisen retentiokemikaalin kanssa. Paperikoneissa, joissa on happamat olosuhteet, kationisen varauksen nousun seurauksena fosfaattiryhmät protonoituu tai reagoi alumiini-ionien kanssa. Anioniset fosfaattitärkkelykset adsorboituvat selluloosakuitujen pintaan riippuen vallitsevasta pH:sta ja konsentraatiosta. /57,63/ Massaliimauksessa kationiset tärkkelykset ovat amfipaattisia (amphipatic), joilla on hydrofobinen, non polaarinen, osio hiilivetyketjun rakenteessa. Tällä tavoin kasvatetaan kontaktikulmaa veden ja polaarisen reagoivan osan kanssa, mikä mahdollistaa liittymisen selluloosakuidun ja täyteaineen kanssa. Massalujaliimat heikentävät kuitujen kostumisherkkyyttä reagoidessa kuitujen hydroksyyliyhmiin kanssa. /57/

Stålin /1/ tutkimuksien mukaan paperin tärkkelyspitoisuuden kasvaessa 2 %:iin kasvaa Scott Bond palstautumislujuus ja vetolujuus, mutta samalla heikkenevät optiset ominaisuudet, sileyys ja kiilto. Kationisen tärkkelyksen etuja paperissa olisivat esimerkiksi /64/:

- parempi ajettavuus ja märämpään katkot vähenevät
- parempi täyteaineretentio ja täyteainejakauma
- kationisen tärkkelyksen avulla täyteaineet tarttuvat paremmin paperirainaan
- linting- ja dusting- pölyävyys pienenevät
- Scott Bond palstautumislujuus kasvaa

- painettavuustarkkuus paranee offset-, kirjepaino- ja syväpainomenetelmissä

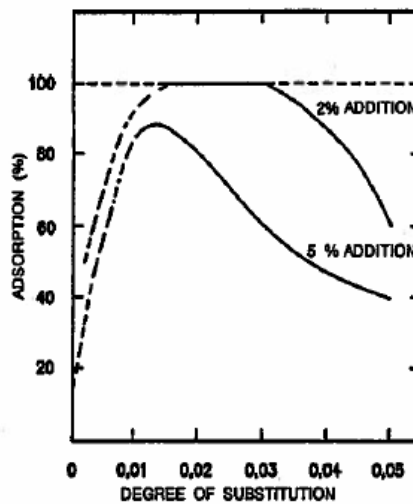
Tärkkelystä voidaan valmistaa joko erä- tai jatkuvatoimisesti. Kuvasta 7 nähdään miten tärkkelysjyvät kehittyvät vesiliuoksessa keiton aikana. Ensin jyvät turpoavat, jonka jälkeen ne alkavat sitoa vettä ja turpoavat voimakkaammin n.50-60 °C asteessa, minkä jälkeen tärkkelyspartikkelien viskositeetti alkaa nousta nopeasti. Lämpötilassa 70-80 °C jyvät saavuttavat gelatinoitumislämpötilan, jolloin tärkkelyksen viskositeetti on korkeimmillaan. Tämän jälkeen lämpötiloissa 90-100 °C tärkkelyksen viskositeetti laskee. Tärkkelyslaadun lajista ja väkevyydestä riippuen tärkkelys voi muuttua geelimäiseksi liuokseksi. Perunatärkkelyksiä keitettäessä saadaan lopputulokseksi kirkas ja läpinäkyvä liuos. Keitettäessä viljatärkkelyksiä saadaan samea ja maitomainen liuos, joka on erityisen voimakasta keitettäessä maissia. /60,65/ Jokaisella tärkkelysllaadulla on oma gelatinoitumislämpötilansa sekä viskositeettinsa. Eri tärkkelysllaatujen gelatinoitumislämpötiloja ovat esimerkiksi perunatärkkelyksellä on 56-66 °C, maissitärkkelyksellä 62-75 °C ja vehnätärkkelyksellä 61-80 °C /66,67/. Lopulta tärkkelyksestä tulee liimaa. Kuten kuvasta 7 nähdään, tärkkelysliuos on erittäin riippuvainen lämpötilasta.



Kuva 7 Tärkkelyksen kehittyminen keiton aikana. /60/

Kationisen tärkkelyksen adsorptio parantuu kasvatettaessa sen substituutioastetta, minkä seurauksena tärkkelyksen ja kuidun pinnan välinen yhteenkuuluvuus paranee. Substituutioaste kuvaa substituenttien määrän glykopyranosyliyksikköä kohti /57/. Adsorptio heikkenee korkeamman substituution tärkkelyksillä, mikä johtuu kuidun pinnan pintavarauksesta ja se aiheuttaa repulsiovoimia tärkkelyksen ja kuidun pinnan välille. Tämä voidaan havaita havainnollistavan kuvan 8 avulla.

/66/



Kuva 8 Kationisen tärkkelyksen substituutioasteen vaikutus adsorptioon.

/66/

Kationiset tärkkelykset antavat paperille hyvän z-lujuuden sekä parantavat vetolujuutta, puhkaisulujuutta, tiheyttä ja kokoonpuristuvuutta. Paperin valonsirontakykyyn ne vaikuttavat heikentävästi ja repäisylujuuteen ei pitäisi olla vaikutusta. /66/

Kationisen perunatärkkelyksen ja anionisen alunan annostelun seurauksena syntyy pieniä kuituflokkeja, mistä johtuen rainan rakenteesta tulee avoin. Tämän seurauksena märkäosan retentio paranee. Kationisen tärkkelyksen retentiota parantaa kolloidisen silikan annostelu kuitusulpun joukkoon, minkä seurauksena saavutetaan paremmat paperilujuusominaisuudet. Kationista tärkkelystä käytetään

myös yhdessä bentoniitin, nanopartikkeleiden sekä alumiinihydroksidin kanssa. Tärkkelyksen retentioon vaikuttaa viiraveden johtokyky siten, että johtokyvyn ollessa 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tärkkelyksen retentoituminen on mahdotonta. Jos viiraveden johtokyky on 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tai sen yli, tärkkelyksen retentoituminen heikentyy merkittävästi. Täten viiraveden johtokykyarvoa voidaan pitää kriittisenä rajana tärkkelyksen retentoitumiselle. Tässä yhteydessä tärkkelyksen retentoitumiseen vaikuttaa myös kaksiarvoisten ionien määrä, koska ne huonontavat tärkkelyksen retentoitumista lähes 10-kertaisesti yksiarvoisiin ioneihin nähden. /57,67/

Tärkkelys pääasiassa adsorboi pieniä määriä kuitufraktioita ja täyteainepartikkeleja riippuen niiden ominaispinta-alasta. Pienillä tärkkelysmäärillä (0,5 %) saadaan kyllästetyksi tärkkelyksestä vain pieni osa kuitua ja kuitu saadaan kationiseksi. Mosaiikkijärjestelmän muodostumisen seurauksena tuloksena saadaan pieniä flokkeja ja hyvä retentio, mutta tällöin vedenpoisto on heikkoa. /57/

Tärkkelyksen adsorptio täyteaineiden kanssa parantaa täyteaineiden retentoitumista johtuen täyteaineiden anionisuudesta. Korkeammilla täyteainepitoisuuksilla tärkkelyksen tuomat lujuusominaisuudet voivat kadota, mikäli tärkkelys annostelua ei muuteta. Kalsiumkarbonaatin käyttö täyteaineena yleistyy siirryttäessä happamista prosesseista neutraaleihin tai hieman emäksisiin prosesseihin. /67/

Kationinen tärkkelys adsorboituu helposti kaoliinipartikkeleihin johtuen niiden anionisesta varauksesta. Anioniset tärkkelykset adsorboituvat kaoliinipartikkelien reunoille alhaisessa pH:ssa. Tärkkelyksen adsorptiokyky kalsiumkarbonaattiin riippuu adsorbentin konsentraatiosta/pitoisuudesta ja sen vaikutuksesta elektrolyyttiliuokseen. Tärkkelyksen adsorptiota kalsiumkarbonaattiin häiritsee sen sisältämä puhdas kalsium, koska sen Ca^{2+} -ionit lisäävät varausverkoston kationisuutta häiriten tärkkelyksen ja anionisen pinnan välisiä reaktioita. Hienoksi jauhettu kalsiumkarbonaatti on negatiivisesti varautunut, kun taas saostettu kalsiumkarbonaatti positiivisesti varautunut pH:ssa 9,5. Saostetun

kalsiumkarbonaatin lievän kationisuuden vuoksi lisääntyy sen retentoituminen kuituun vähentäen retentioaineiden ja tärkkelyksen annosta. Jos halutaan säilyttää jokin tietty retentiotaso ja tärkkelysannostelu, silloin retentioaineen annostelua yleensä pienennetään. Kalsiumkarbonaatin Ca^{2+} -ionit kasvattavat kationisten pintojen varaustiheyttä vähentäen tällä tavalla reaktioita kationisten tärkkelyksien ja negatiivisesti varautuneiden kalsiumkarbonaatti pintojen välillä. Tämän seurauksena kationisen tärkkelyksen adsorptio paranee, kun kalsiumkarbonaatin negatiivisesti varautuneiden pintojen sulfaatti-ionien määrä lisääntyy. Kationisen tärkkelyksen retentoituminen kalsiumkarbonaattiin on mahdollista, kun kolloidinen alumiinihydroksidi on reaktiossa mukana. /57,67/

Tärkkelyksen kanssa käytetään hartseja ja alunaa happamissa olosuhteissa. Positiivisesti varatut tärkkelyspolymeerit/saostumat jouduttavat kiinnittymistä negatiivisesti varautuneisiin kuituihin ja kaoliini partikkeleihin pH:n ollessa 4 – 5 välillä. Tärkkelyksen aktiivisuus vähentyy, jos massaliete sisältää suuria määriä liuenneita anionisia aineita. /57/

Kationista tärkkelystä käytetään neutraaleissa ja emäksisissä olosuhteissa massalujaliimana, kun paperin täyteaineena käytetään kalsiumkarbonaattia. Massalujaliimaus neutraaleissa olosuhteissa perustuu alumiinin polynukleaatti systeemien käyttöön, jotka reagoivat dispergoituneiden hartsien kanssa. Suurin osa emäksisistä prosesseista toimii pH-olosuhteissa 7,5–8,2, mutta nykyään trendinä on voimakkaammin muuttaa emäksiset prosessit neutraaleiksi. Yleisesti käytettyjä hydrofobiliimoja näissä prosesseissa ovat ASA- eli *alkenyl succinic anhydride*, ja AKD-polymeerit eli *alkyl ketene dimer*. Näitä käytettäessä kationinen tärkkelys toimii myös suojaavana kolloidina sekä retentioapuaineena. Paras tulos saavutetaan Maurerin mukaan /57/ käytettäessä korkeaa substituutioasteen omaavaa ja matalaa molekyylipainoista tärkkelystä, jolla saavutetaan optimaalinen ”tippa” koko tehokkaaseen hydrofobiliimaukseen. Hydrolyysi heikentää hydrofobiliimauksen tehokkuutta ja tuottaa tahmautuvuutta, mikä lisää painossa painotelan nukkautuvuutta. AKD-liima on vähemmän

reaktiivinen kuin ASA, joka on sellukuidun kanssa reaktiivinen pH-olosuhteissa 6,5 ja 8,5. /57/

Tärkkelyksen annostelukohtien vaikutukset poikkeavat riippuen halutusta tuloksesta. Jos halutaan saada korkea tärkkelysretentio, annostelukohdan pitäisi olla perälaatikon jakoputkistoon. Jos halutaan kehittää paperin lujuusominaisuuksia, tärkkelyksen annostelukohdan tulisi olla mahdollisimman aikaisessa vaiheessa lyhyttä kiertoa eli tarkoittaisi tärkkelyksen annostelua sakean massan joukkoon. Yleisesti tärkkelyksen annostelulla pyritään tasapainoilemaan hyvien lujuusominaisuuksien, hyvän tärkkelysretention sekä formaation välillä. Kationista tärkkelystä on Maurerin mukaan /57/ annosteltu täyteainepartikkelien tai hyllyn joukkoon, jos on haluttu parantaa retentiota.

Gaiolas:n *et al.* /68/ mukaan kationinen tärkkelys toimii massalujaliimana, jos sen kanssa käytetään retentioaineena toimivaa kationista polyakryyliamidia eli CPAM:a. Mikäli tärkkelystä käytetään yksinään, se käyttäytyy pääasiallisesti retentioaineen tavoin. Kationinen tärkkelys kasvattaa paperin mekaanisia ominaisuuksia kuten vetolujuutta sekä palstautumislujuutta. Kationisen tärkkelyksen ja CPAM:n lujuutta kasvattavat ominaisuudet kompensoituvat paperin lujuusominaisuuksien heikentymisenä, kun täyteainepitoisuutta kasvatetaan. /68/ Yleisesti tiedetään, että kationinen tärkkelys parantaa paperin palstautumislujuutta merkittävästi. Gaiolas:n *et al.* /68/ tutkimukset osoittivat, että tärkkelysannostelua kasvatettaessa 2 % paperin palstautumislujuus kasvoi 80 % ja tällöin PCC täyteaineretentio kasvoi noin 67 %. Kasvatettaessa tärkkelys annostelua 3 %:iin ja 4 %:iin paperin palstautumislujuus kasvoi vain 12 % ja 25 %, jolloin PCC:n retentio kasvoi molemmissa tapauksissa noin 80 %:iin. Tällöin tärkkelys ei pystynyt säilyttämään paperin mekaanisia ominaisuuksia, mikä johtui PCC täyteainepitoisuuden kasvusta ja osittain myös formaation huonontumisesta.

Sang ja Englezos /69/ havaitsivat tutkimuksissaan, että PCC -partikkeleihin pystyttiin annostelemaan korkeimmillaan 22 mg/g PCC korkean varaustiheyden omaavaa kationista tapiokatärkkelystä. Kationista tärkkelystä, jonka varaustiheys

on pieni, pystyttiin annostelevaan korkeintaan 14,7 mg/g PCC verran PCC-partikkeleihin. Sang:n ja Englezos:n mukaan näiden tärkkelyslaatuojen korkeat adsorptiomäärät ovat johtuneet niiden substituutioasteesta.

Sang:n ja Englezos:n /69/ tutkimuksien mukaan lämpötilan kasvulla voidaan vaikuttaa tärkkelyslaatuojen adsorboitumiseen PCC-partikkelien pintaan. Lämpötilan kasvu kasvattaa tärkkelyksen adsorptio kapasiteettia, mikä johtaa tärkkelyksen rakenteelliseen muuttumiseen korkeammilla lämpötiloilla. Tällöin tärkkelyspartikkelit pilkkoontuvat pienimmiksi partikkeleiksi, jolloin tärkkelyspartikkeleilla on korkeampi diffuusiokyky. Sang ja Englezos havaitsivat tutkimuksissaan, että NaCl-pitoisuuden ja leikkausvoimien kasvaessa tärkkeitä adsorboituu vähemmän PCC-partikkeleihin. Tärkkelyksen annostelumäärää kasvatettaessa hiukan, 2 mg/g, kasvaa PCC:n zetapotentiali nopeasti saavuttaen tasapainotilan 10 mg/g annostuksella. PCC-partikkelien varaus oli korkean varaustiheyden omaavalla kationisella tärkkelyksellä $+6,9 \pm 3,3$ mV ja pienen varaustiheyden omaavalla kationisella tärkkelyksellä $+7,1 \pm 2,4$ mV, kun tärkkelysannostus oli 2 mg/g. Tärkkelysannostuksen ollessa 10 mg/g PCC-partikkelien zetapotentiali oli korkeakationisten tärkkeitä käytettäessä $+24 \pm 0,5$ mV ja pienikationisten tärkkeitä käytettäessä $26,4 \pm 0,2$ mV. PCC-partikkelien pintavaraukset laskevat ajanfunktiona johtuen tärkkelyksien tunkeutumisesta PCC-partikkelien huokoisrakenteeseen. /69/

6.1.2 CMC

CMC, joka tulee englanninkielisestä nimestä *sodium carboxy methyl cellulose*, *NaCMC*, on selluloosan ja monokloorietikkahapon muodostama esteri eli karboksimeetyyliselluloosa. CMC on veteen liukeneva anioninen polymeeri johtuen sen sisältämistä karboksimeetyyliryhmistä. CMC yleensä syntetisoidaan emäskatalyyttireaktiolla selluloosan kanssa käyttäen kloorietikkahappoa. CMC:n kanssa käytetään retentoitumisen vuoksi kationista polymeeriä. Alunan käyttö rajoittaa CMC:n käyttöä. /67,70/ CMC on veteen liukenevaa, jos sen

substituutioaste on korkeampi kuin 0,4. CMC:n substituutioaste vaihtelee 0,7-1,2 välillä. CMC:llä parannetaan paperin kuivalujuutta sekä kuitujen välisiä sidoksia. /66,67/ Dukerin ja Lindströmin tutkimuksien mukaan /71/ CMC:n formaatiota parantavan vaikutuksen seurauksena se parantaa paperin lujuusominaisuuksia kuten z-lujuutta ja vetolujuutta lisäten myös kuidun pintavaraustiheyttä. Kuidun pintavaraustiheyden kasvun myötä kasvavat myös kuitu-kuitu repulsiot, jotka vaikuttavat formaation parantumiseen. Shenin *et al.* /72/ tutkimuksissa ilmeni, että CMC paransi PCC:n sitoutumiskapasiteettia parantaen täten täyteaineretentiota sekä veto- ja puhkaisulujuutta heikentämättä repäisylujuutta.

CMC:n ominaisuudet märkäosan lisäaineena ovat riippuvaisia sen substituutioasteesta (DS, glukoosiyksiköiden keskinäisen karboksyyli-metyyliryhmien välinen suhde), polymeroitumisasteesta (DP, molekyyliketjun pituus) sekä substituenttien määrästä ja niiden jakautumasta molekyyliketjussa. CMC:n kuivalujaliiman hyvänä arvona pidetään substituutioastetta 0,4, joka tarkoittaa noin 250 polymeroitumisasteena. Tällöin CMC:n viskositeetti on 300-1200 mPas välillä. /66/

CMC:n toimintamekanismi kuivalujaliimana perustuu samoihin ominaisuuksiin kuin CMC -polyelektrolyyttilläkin. CMC retentoituu kuidun pintaan heikosti, yleensä 5-10 %, mikäli ei annostella kationista polymeeriä tai moniarvoista kationista polymeeriä. Annosteltaessa kationista polymeeriä tai moniarvoista kationista polymeeriä CMC koaguloituu ja adsorboituu kuidun pinnalle. CMC:n retentoituminen kuituun on riippuvainen CMC:n ja alunan pitoisuudesta. Jos CMC:tä annostellaan massan joukkoon ennen jauhatusta, voidaan säästää massan jauhatuksen energiankulutuksessa ja mahdollistetaan lyhyempi jauhatusaika. /66/

CMC:n käyttö kuivalujaliimana on harvinaista. Käytettäessä CMC:tä kuivalujaliimana valmistetaan yleensä erikoispapereita johtuen näiden tuotteiden korkeasta hinnasta. /45,67/ Eräs syy CMC:n vähäiseen käyttöön kuivalujaliimana on myös sen hinta, joka noin 2-4 kertaa kalliimpaa kuin tärkkelys.

6.1.3 Muita

Näiden lisäksi on olemassa myös useita kemikaaleja, kuten modifioituja tärkkelyslaatuja (esimerkiksi PrimeBond) sekä styreeniakrylaattipohjaisia (esimerkiksi Basoplast) kemikaaleja, joita käytetään massaliimana paperin valmistuksessa. Näistä kemikaaleista tiedetään, että niillä voidaan parantaa paperin pintalujuutta ja palstautumislujuutta sekä vähentää linting- ja dusting-pölyävyyttä. Näistä kemikaaleista on kuitenkin rajallisesti kirjallisuutta tai tieteellisiä tutkimuksia saatavilla liittyen niiden vaikutuksiin paperin pintalujuuteen tai vaikutuksiin paperin massalujaliimana.

6.2 Täyteaineet

Painetussa paperissa täyteaineella on suuri merkitys painettavuuden parantamisessa. Fysikaaliset ominaisuudet, esimerkiksi formaatio, adsorptio, opasiteetti, painopinnan tasaisuus, vaaleus ja kiilto, ovat tärkeitä paperin painettavuuden kannalta. Paperin huono formaatio sekä täyteainejakautuneisuus johtavat dusting- pölyävyyteen. Täyteaineiden parempi jakautuminen paperin rakenteessa vähentää dusting- pölyävyyttä. Painettavuuteen vaikuttavat paperin fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi myös painoväriin siirto, läpipainatus, densiteetti, painatuskiilto, kontrasti ja puuttuvat pisteet painopinnassa. /66,73/

Täyteaineiden vaikutus paperin huokoisuuteen riippuu partikkelikoosta ja –muodosta. Huokoisuus laskee sen mukaan mitä hienompaa tai levymäisempää partikkelia käytetään. Mitä karkeampaa partikkelia käytetään, sitä huokoisempi paperin pinnasta tulee. /74/

Täyteaineet vaikuttavat tärkeisiin offset -painettavuuteen vaikuttaviin tekijöihin. Esimerkiksi läpipainatus vähenee, dot gain voi vähentyä, saostumat lisääntyvät painokoneella sekä setoff-tahrivuus ja painoväriä vaadittavat asiat eivät muutu. Dot gain tarkoittaa painoväri pisteet näyttävät tummemmilta tai toisin sanoen rasteripisteet ovat kasvaneet tarkoitettua enemmän. Offset -painatuksessa linting-

herkkyys lisääntyy lisättäessä täyteainepitoisuutta, mikä yleensä rajoittaa täyteainepitoisuuden tietylle tasolle. /66/ Talkin etuja syväpainopapereilla ovat parempi kiilto ja painettavuuden tasaisuus verrattuna kaoliinin, vaikkakin ominaisuuksiltaan ne ovat melko samankaltaisia. Käytettäessä kaoliinia pintalujuus on yleensä parempi ja paperin pinnan huokoisuus on heikompi talkkiin nähden. /74/

Talkilla on monia huonoja puolia käytettäessä talkkia SC- offset paperien täyteaineena, koska se lisää painokoneella linting- pölyävyyttä. Talkin linting-pölyävyys aiheutuu sen hydrofobisen luonteen ja lamellisen rakenteen takia. Karkeammat talkkipartikkelit ovat huonommin sitoutuneena paperin pintaan, ja painatuksessa ne karkaavat tahmeaan hydrofobiseen painoväriin. Painolaatu heikkenee merkittävästi painoväriin kertyneen talkin takia ja siksi talkkia pitää esikäsitellä karkeiden partikkelien poistamiseksi. Lisäksi on käytettävä sidosainetta, jotta linting-pölyävyys pienenee. Näillä esikäsitelyillä ei kuitenkaan saavuteta kaoliinilla saavutettavaa painettavuutta. Pintaliimaamalla paperin pinta tärkeillä parannetaan tehokkaasti paperin pintalujutta ja samalla myös pienennetään linting- pölyävyyttä. /74/

6.2.1 Kaoliini

Kaoliini on luonnon mineraali, joka on alkaalisen alumiinisilikaatin hajoamistuote. Kaoliini on kidevedellistä alumiinisilikaattia, jonka kemiallinen kaava on $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tästä määrästä Al_2O_3 :n osuus on noin 39 %, SiO_2 noin 46 % ja veden osuus noin 13 %. Kaoliini jakeet jaetaan muodostumistapansa mukaan primäärisiin ja sekundäärisiin kaoliinilaatuihin. Primääriset kaoliinilaadut ovat muodostuneet graniittikivestä ja esiintyvät synnyinsijoiltaan mineraalikivenä muiden mineraalikomponenttien kuten rautaoksidien kanssa. Sekundääriset kaoliinilaadut ovat ajan saatossa siirtyneet veden ja sedimenttien mukana alkuperäisestä muodostumispaikastaan. Primääriset kaoliinit ovat englantilaisia laatuja ja sekundääriset kaoliinit ovat amerikkalaisia laatuja, joiden kemialliset

koostumukset on esitetty taulukossa II. Primääriset ja sekundääriset kaoliinilaadut eroavat toisistaan kemialliselta koostumukseltaan, mineralogialtaan, partikkelikooltaan ja – muodoltaan. Sekundääriset kaoliinit ovat vähemmän levymäisiä ja hienompia kuin primääriset kaoliinit. /74,75,80/

Taulukko II Englantilaisen ja amerikkalaisen kaoliinilaatujen kemialliset koostumukset. /74/

Kemiallinen koostumus	Englantilainen laatu, %	Amerikkalainen laatu, %
SiO ₂	47,4	46,0
Al ₂ O ₃	37,3	38,0
Fe ₂ O ₃	0,98	0,86
TiO ₂	0,06	1,5
K ₂ O	1,84	0,4
muita	12	13,5

Kaoliinia käytetään paperin täyteaineena ja päällystyksessä. Se on hyvä täyteaine eri paperilaaduille ja sitä voi saada erilaisina partikkelikokoina ja vaaleustasoissa. Kaoliinilaatuja käytetään esimerkiksi seuraavissa laaduissa: FCO-, LWC-, SC-, MWC-, puuvapaat ja kartonkilajit. Päällystyksessä käytettävien kaoliinilaatujen hienousaste ja vaaleus on vaaleampi sen täyteainelaatuihin nähden. Kaoliinia käytetään täyteaineena esimerkiksi SC- syväpainopapereissa. Kaoliinin levymäisestä partikkelimuodosta on hyötyä viiraretentiossa, kiillossa, huokoisten peittokyvyssä sekä väriadsorption heikentämisessä. Kaoliinin levymäisyyden takia vedenpoisto hidastuu ja se hidastaa paperirainan kuivumista kuivatusosalla. Täyteaineena käytetyn kaoliinin vaaleus on noin 78–87 %. /45,74/

Kaoliinin muodon vuoksi pigmenttipartikkelit voidaan orientoida arkin tason suuntaisiksi, minkä seurauksena saadaan hyvät kiilto-ominaisuudet. Kaoliinipigmentin reunoilla ja pinnoilla on eri varaukset, reunoilla positiivinen ja pinnoilla negatiivinen varaus. Englantilaisille kaoliinilaaduille on tyypillistä niiden levymäinen luonne, karheus sekä sinertävyys, millä saadaan hyvä peittokyky ja painettavuus. Lisäksi se antaa hyvät optiset ominaisuudet

esimerkiksi superkalateroidulle paperille. Kaoliinin suurimmat kuluttajat sijaitsevat pääasiallisesti Länsi-Euroopassa, Suomessa, Skandinaviassa ja Pohjois-Amerikassa. Englantilaisen kaoliinin muoto on pseudo-heksagonaalinen, jonka muotosuhde voi vaihdella 10:1 ja 80:1 välillä. Sen keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee 1,5–2,5 µm välillä. Amerikkalaisille kaoliinilaaduille on tyypillistä partikkeleiden hienojakoisuus, kellertävä sävy sekä lietteen alhainen viskositeetti. Amerikkalainen kaoliini on vähemmän levymäisempi ja sillä saavutetaan imukykyisempi päällystepinta verrattuna englantilaiseen kaoliinilaatuun. Hienojakoisuudesta johtuen amerikkalainen kaoliinilaatu tarvitsee enemmän sideainetta, mutta sen lietteen alhaisen viskositeetin ansiosta sitä voidaan käyttää korkeammassa kiintoainepitoisuudessa. Amerikkalaisen kaoliinin muotosuhde voi vaihdella arvojen 6:1 ja 20:1 välillä, ja keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee 0,3-1,5 µm välillä. /75,76,80/

6.2.2 Kalsiumkarbonaatti

Kalsiumkarbonaattia (CaCO_3) on saatavana kahtena erilaisena laatuna: saostettuna laatuna PCC:nä (Precipitated Calcium Carbonate) tai jauhattuna laatuna GCC:na (Ground Calcium Carbonate). Tärkein syy kalsiumkarbonaatti- täyteaineen käytölle on sen antama korkea vaaleus 90-95 %. Kalsiumkarbonaatin tärkeimmät mineraalit ovat kalsiitti, aragoniitti ja vateriitti. Näistä kalsiittia esiintyy luonnon mineraalina esimerkiksi kalkkikivessä. Aragoniittia esiintyy niukasti luonnossa ja vateriittia esiintyy harvoin luonnossa sellaisenaan huonon stabiilitensä vuoksi. PCC on synteettinen tuote, joka on valmistettu saostamalla kalsiumkarbonaatti hiilidioksidin ja kalkkimaan avulla. Saostetulla kalsiumkarbonaatilla parannetaan paperin laatua muuttamalla kalsiumkarbonaatin ominaisuuksia esimerkiksi kidemuotoa, partikkelikokoa ja – muotoa. PCC:n keskimääräinen partikkelikoko voi vaihdella 0,75–3,5 µm välillä riippuen kidemuodosta. PCC:n tavanomaisimmat kidemuodot ovat skalenoedriset, romboedriset ja prismaattiset

partikkelit. PCC täyteaineiden valonsirontakyvyn vuoksi ne parantavat paperin optisia ominaisuuksia, kuten vaaleutta ja opasiteettia. /66,74,77,78,80/

Luonnon kalsiumkarbonaattia esiintyy liidussa, marmorissa ja kalkkikivessä, jota käytetään täyteaineena jauhattuna laatuina. Liidusta jauhetun GCC:n, joka on lähes puhdasta kalsiumkarbonaattia, ominaisuuksia ovat huokoisuus ja partikkeli on pehmeä, hauras sekä valkoinen. Partikkelikoko vaihtelee hienoilla laaduilla 0,5-4 µm ja karkeilla laaduilla 10-100 µm välillä. Kalkkikivestä jauhettu GCC on liituun nähden vähemmän huokoinen, sillä on pienempi tiheys ja se on liitua kovempi partikkeli. Kalkkikivipartikkelit ovat epäsäännöllisiä johtuen suurista ja vahvasti sitoutuneista jakeista. /66,74,79/

Kalsiumkarbonaatin, niin PCC:n kuin myös GCC:n, käyttöä rajoittaa sen ominaisuus hajota hiilidioksidiksi ja kalsiumioneiksi happamissa olosuhteissa pH:n ollessa pienempi kuin 6,5. Hajoamisen seurauksena pH kasvaa suuremmaksi kuin 7, jonka seurauksena ligniiniä sisältävästä mekaanisesta massasta valmistetun paperin kellastuminen voimistuu ja puun sisältämiä häiriöaineiden liukeneminen lisääntyy. Nämä häiriöaineet ovat haitallisia paperikoneen märkäosassa. Neutraaleissa olosuhteissa täyteainekalsiumkarbonaatti voi hajota aiheuttaen kalsiumsaostumia sekä vaahtoamista, minkä vuoksi on oltava erityisen tarkkana paperikoneen lyhyen kierron pH:n ollessa 6,5-7,5 välillä. /45,80/

PCC- sekä GCC- täyteainepartikkelit voivat puskuroida paperikoneen lyhyen kierron pH 8 tasolle, mikä voi koitua ongelmalliseksi mekaanisia massoja kuten TMP, PGW tai SGW käyttäville paperikoneille. Näillä paperikoneilla eräitä ongelmia ovat esimerkiksi emäksiset kuitumustumat. PCC- vaikuttaa SC:n paperiominaisuuksiin myös huokoisuuden, kitkakertoimen, bulkkisuuden, adsorptio- sekä sileys ominaisuuksien kautta, mikä vaikuttaa siten offset- ja syväpainolaatujen painettavuuteen. SC- papereissa käytetään PCC- ja kaoliini täyteaineiden kanssa lähes aina kationista tärkkelystä erityisesti valmistettaessa offset -laatuja. PCC:n kyvyn puhdistaa liuenneita ja kolloidisia aineita lyhyestä

kierrosta, mahdollistaa pihkan torjunta-aineiden käytön lopettamisen lyhyessä kierrossa. /4/

Heatset web offset -painatuksessa ongelmia aiheuttaa painotelan muodostuva piling-pöly tai painotelan karheutuminen. Näitä ongelmia ilmenee painatusprosessin kostutusveden kemiallisten ongelmien takia missä tahansa painoväriyksikössä. Painettaessa emäksisissä olosuhteissa valmistettua paperia on kostutusveden oltava tietyllä pH-alueella, jotta se kestää PCC- järjestelmistä tulevat kalsiumionit. Piling- pölyämisen esiintyessä offset -painatuksen aikana se tapahtuu paperiradan alapuolella painokoneen kolmannella tai neljännellä painoväriyksiköllä. Tällöin piling- pölyäminen johtuu paperin huokoisuudesta ja sen huokosrakenteesta sekä arkkien korkeammasta adsorboitavuudesta. /4/

Gerlin, Eigenbrood:n ja Nurmen mukaan /81/ GCC:n korvaaminen PCC:llä tai täyteainepitoisuuden kasvu lisää picking- pölyävyyttä ja vähentää veto- sekä palstautumislujuuutta. Tutkimustuloksien mukaan täyteaineet vaikuttavat kuitujen välisiin sidoksiin ja suuremmissa määrin kuitujen tarttumispinta-alaan. Kokeissa havaittiin, että kalanterointikuormaa lisättäessä paperin pinta heikentyi kalanteroitaessa korkeaa PCC- täyteainepitoisuuden omaavaa paperia.

KOKEELLINEN OSA

7 TYÖN TAVOITE

Kokeellisen osan tavoitteena oli selvittää, miten täyteaineen ja tärkkelyksen annostelupaikan siirtäminen sekä annostelutavan muutokset vaikuttavat SC- offset -paperin ominaisuuksiin, pintalujuuteen, painettavuuteen ja pölyävyyteen. Lisäksi selvitettiin, miten tärkkelyksen annostelun pienentäminen vaikuttaa edellä mainittuihin asioihin. Kokeellinen osio jakaantui neljään osioon: alkutason määrittämiseen ja kolmeen koeajoon. Ensimmäisessä koeajossa muutettiin annostelutapoja, toisessa koeajossa pienennettiin tärkkelysannostusta normaalia pienemmäksi ja kolmannessa koeajossa selvitettiin täyteainepitoisuus eri kohdissa pyörrepuhdistinlaitosta.

Alkutason määrittämisessä selvitettiin, millaisia ovat alkuperäisen tuotteen pintalujuus, pölyävyys ja painettavuus paperikoneen poikkisuunnassa. Tähän alkutason määrittämiseen kuului myös se, että tärkkelystä ja/tai täyteainetta annosteltiin käyttäen TrumpJet- laitteistoa. Ensimmäisessä koeajossa selvitettiin tärkkelyksen ja täyteaineen siirtämisen vaikutukset paperin pintalujuuteen ja painettavuuteen. Koeajon 1 aikana selvitettiin myös, miten liuenneelle tärkkelyspitoisuudelle käy viiravedessä, kun annostelutapoja muutetaan. Täten nähdään karkeasti, miten käy tärkkelysretentiolle annostelutapojen muuttumisen seurauksena.

Näiden annostelupaikkojen muutoksien vaikutusta paperin pintalujuuteen ja painettavuuteen selvitettiin painamalla osa koeajon 1 annostelutapa rullista KCL:n HSWO- painokoneella. Lisäksi arvioitiin paperin pintalujuutta kuvaavia laboratoriomenetelmiä ja mikä niistä olisi paras menetelmä kuvaamaan SC- offset paperia. Laboratoriosta saatuja paperin pintalujuustuloksia verrattiin KCL:n painokoneella painettujen paperinäytteiden sekä pölyteippi- ja kirkkaiden teippitulosten kanssa. Koeajon 1 annostelutapa rullien viansietokykyä selvitettiin mittaamalla VTT:n Ahmatti pilot- laitteiston avulla.

Toisessa koeajossa selvitettiin tärkkelysannostuksen pienentämisen vaikutukset KCL:n HSWO- koepainatustuloksiin. Tässä diplomityössä käsitellään toisesta koeajosta vain KCL koepainatustulokset. Kolmannessa koeajossa selvitettiin, miten täyteainepitoisuus muuttuu eri kohdissa pyörrepuhdistinlaitosta, kun täyteainetta annostellaan eri kohdissa lyhyttä kiertoa. Täyteainetta annostellaan joko pyörrepuhdistuksen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle tai perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle TrumpJet- laitteistolla.

8 TYÖN SUORITUS

Ennen kokeellisen osion ensimmäistä koeajoa määritettiin alkuperäisen SC- offset paperin alkutaso sekä miten pintalujuus muuttuu paperikoneen poikkisuunnassa, kun täyteainetta ja/tai tärkkelystä annostellaan TrumpJet:n kautta paperikoneen lyhyeen kiertoon verrattuna annosteltaessa täyteainetta ja tärkkelystä vanhoista annostelupaikoistaan. Alkutason määrittämisessä otettiin jokaisesta referenssitambuurista näytteitä kuudesta eri kohtaa paperikoneen poikkisuunnassa, minkä perusteella nähtiin hyvin kuinka pintalujuus tai paperiominaisuudet muuttuvat.

Kokeellisen osion ensimmäinen koeajo suoritettiin kymmenen pisteen koejärjestelyinä, jossa tärkkelystä ja/tai täyteainetta annosteltiin perinteisesti perinteisistä annostelupaikoista. Näitä annostelupaikkoja siirrettiin paikkoihin perälaatikon syöttöpumpun imupuolella annostellen perinteisesti ja annostellen TrumpJet- laitteistolla. Koeajon 1 aikana otettiin näytteitä viiravedestä, josta mitattiin sameus, varaustila, COD ja viiraveden sisältämä liukoisen tärkkelyksen määrä.

Näytearkeista mitattiin tärkkelyksen määrä paperissa, IGT- pintalujuus, Rauma – menetelmä, ISIT- menetelmä, ISIT- passes-to-pick/fail, Prüfbau- menetelmä, Emco S ja z-lujuus (palstautumislujuus L&W-laitteistolla). Näytearkeiden lisäksi

otettiin rullanäytteitä KCL:n HSWO- koepainatuksia ja VTT:n Ahmatti- kokeita varten. Lisäksi valmistetuista papereista mitattiin paperin täyteaineen ja tärkkelyksen määrä. Näiden mittaustulosten pohjalta selvitettiin, mikä menetelmä on paras tapa kuvata SC heatset web offset -paperin pintalujuutta.

Lopuksi paperirainaa tulkittiin yksisuuntaisen varianssianalyysin 5 %:n merkittävyystason avulla, kun ratakuvista oli laskettu erityyppisten vikojen määrät. Näihin vikoihin ja vikojen määrien perusteella laskettiin, mikä on täyteaineen ja tärkkelyksen annostelun korrelaatio paperirainassa ilmenneisiin vikoihin.

Toinen koeajo suoritettiin annostelemalla täyteainetta ja tärkkelystä TrumpJet- laitteistolla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta, kun tärkkelysannostusta pienennettiin normaalia pienemmäksi. Tästä koeajosta otettiin KCL- koepainatuksia varten, jonka pohjalta voidaan nähdä onko tärkkelysannostusta järkevää pienentää.

Koeajossa kolme otettiin näytteitä eri kohdista pyörrepuhdistinlaitosta. Näytteitä otettiin pyörrepuhdistuksen 1.vaiheen syötöstä, 1.vaiheen akseptista ja 5.vaiheen rejektistä usean päivän ajan. Tässä koeajossa haluttiin nähdä, miten täyteainepitoisuus muuttuu eri kohdissa pyörrepuhdistinta, kun täyteainetta annostellaan pyörrepuhdistimen syöttöpumpun imupuolelle ja kun täyteainetta annostellaan perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle TrumpJet- laitteistolla. Tällä tavoin nähtiin hyvin, millainen on täyteainepitoisuus eri kohdissa pyörrepuhdistinta.

9 PINTALUJUUSMITTAUSMENETELMIEN ARVIOINTI

Teoriaosassa esitellyistä pintalujuutta kuvaavista menetelmistä valittiin käytettäväksi tässä diplomityössä IGT- pintalujuus, ISIT- ja Prüfbau- mittaussmenetelmät. ISIT- menetelmä valittiin sen takia, että haluttiin nähdä korreloiko ja toimiiko tällä menetelmällä määritetyt arvot SC- offset paperin

pintalujuutta. ISIT- pintalujuusmittausmenetelmä soveltuu LWC- paperin painettavuuden tutkimiseen. Prüfbau valittiin sen vuoksi, että se kuvaa hyvin painokonetta ja tällä menetelmällä nähtiin, miten paperit eroavat värintarpeen, läpipainatuksen, -kuullon ja -lyönnin suhteen toisistaan.

9.1 IGT- pintalujuus

IGT- pintalujuus mittaussuomenetelmässä levittiin 1,1 ml (matala-, keski- tai korkeaviskootista) öljyä kumitelan pinnalle, jonka jälkeen öljyä levitettiin IGT:n kumitelalle. Tämän jälkeen asetetaan etukäteen taarattu painatuskiekko kumitelan pinnalle ja annetaan öljyn kerääntyä painokiekon pinnalle 1,5 minuutin, 90s, ajan. Sen jälkeen painokiekko punnittiin ja punnituksen jälkeen öljyä tulisi olla 12,6-14,8 mg, jotta pysyttäisiin hyväksyttävissä rajoissa. Öljyn levitykseen käytettävää kumitelaa ei tarvitse pestä jokaisen painokiekon jälkeen, vaan öljyä riittää keskimäärin kahdeksaan IGT-pintalujuusmittaukseen. Kahdeksannen kerran jälkeen lisätään öljyä kumitelan pinnalle.

IGT- pintalujuutta mitattaessa käytettävä painokiekko on 1,0 cm leveä ja nippipaine 345 N, joka on standardoitu nippipaine ja sitä käytetään kaikilla paperilajeilla. Tämän jälkeen asetetaan loppunopeus sopivaksi. SC-paperille sopivaksi loppunopeudeksi osoittautui 1,0 m/s. IGT-pintalujuudessa yleisesti käytetty loppunopeus 2,0 m/s osottautui liian kovaksi SC-paperille, kun käytettiin keskiviskootista öljyä. SC-paperinäyte repesi lähes heti mitaamisen aloittamisen jälkeen. Käytettäessä matalaviskootista öljyä ja loppunopeutta 2,0 m/s, SC-paperin pinta rikkoontui ihan näytteen lopussa.

IGT- pintalujuuden määrittämiseksi tarvitaan kaksi rinnakkaismittausta paperin puolta kohden, joiden pohjalta lasketaan keskiarvo. Visuaalisesti määritetään, missä kohtaa paperiliuskaa paperin pinta pikkaa ensimmäisen kerran viivoittimella (yksikössä cm). Tämän jälkeen katsotaan IGT-pintalujuus standarditaulukosta, josta saadaan IGT-pintalujuusarvo pikkaus kohdalle

yksikössä m/s. Tämä IGT-pintalujuustulos ei voi olla suurempi kuin käytetty loppunopeus. Yleisesti ottaen kaikille paperilajeilla suuremmat arvot kuin 1,0 m/s ovat liian korkeita. Jos IGT-pintalujuudet ovat suurempia kuin 1,0 m/s, silloin papereilla on ongelmia painatuksessa, koska painoväri ei adsorboidu paperiin ja painoväri jää pintaan. Tämän seurauksena ilmenee ongelmia painokoneella. IGT-laitteella on mahdollista suorittaa mittauksia aina 7,0 m/s, joka on laitteen fyysinen rajoite mittauksien suorittamiseksi. Tämänkaltaisia nopeuksia (7,0 m/s) kestää vain harvat paperilajit.

Painatusnopeus määritetään sen mukaan, että nukkaautuminen alkaisi näyteliuskan puolivälissä. IGT- pintalujuus näyte on silloin normaali, kun näytteen pinta on rikkoontunut suunnilleen näyteliuskan puolen välin jälkeen. Mitä lähempänä pinta rikkoutuu näytteen alkupäätä, pitäisi laskea käytettävää loppunopeutta. Vastaavasti toimitaan toisinpäin, jos nukkaautuminen alkaa näytteen lopussa. Tämän takia laborantilla on oltava riittävästi kokemusta, jotta saadaan oikea paperin pintalujuutta kuvaava tulos. Tämän takia visuaalinen arviointi on välillä haastavaa, koska pikkaamista tarkastellaan suurennuslasin ja taustavalon avulla.

IGT-pintalujuusmittauksella voidaan mitata myös z-suuntaista lujuutta samoista paperiliuskoista, joilla on mitattu paperin pintalujuutta. Tämän tiedon saamiseksi laborantilla tulee olla riittävästi kokemusta, jotta hän voi erottaa pintalujuuden alkamiskohdan ja missä kohtaa paperin pinta kertoo z-suuntaisen lujuuden arvon. Tällöin nähdään myös liittyykö paperilla ilmennyt ongelma pintalujuuteen vai z-lujuuteen.

IGT-pintalujuustuloksien vertailu muihin näytteisiin on hankalaa suuren hajonnan vuoksi, koska pahimmillaan hajonta voi olla 0,11 ja parhaimmillaan joko 0,01 tai 0,00. Tämä hajonnan vaihtelu johtuu siitä, että menetelmää ei ole käytetty aiemmin ennen diplomityön kokeellisen osion mittauksia. Lisäksi hajontaan vaikuttaa kahden rinnakkaisnäytteen laskennallinen hajonta, joka on täysin riippuvainen tekijän visuaalisesta arviosta valoa vasten katsottuna suurennuslasilla, mistä kohtaa paperin pinta alkaa pikkaamaan. Tämän

menetelmän suuri hajonta johtuu lähinnä aiemmin mainitsemasta syystä, ettei menetelmää ole käytetty SC-paperin pintalujuuden tarkastelussa.

Jos tuloksia olisi tarkasteltu lukujen perusteella siten, että hajonnat olisivat olleet mukana, ei olisi voitu havaita eroja mittausten välillä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, koska suurin osa eroista oli hajonnan sisäpuolella hajonnan ollessa 0,11. Hajonta lasketaan kahden rinnakkaisnäytteen välisestä hajonnasta paperin puolta ja koepistettä kohden. Suurin hajontaa aiheuttava tekijä mittausten tulkinnan kannalta onkin juuri laborantin visuaalinen tarkastelu, joka voi aiheuttaa suuremman hajonnan kuin miltä se näyttää lukujen perusteella.

Menetelmän tulokset kertovat hyvin, millainen on paperin pintalujuus ja miten paljon paperi pikkaa ja täten aiheuttaa pölykertymiä painokoneen kumiteloille. Tämä menetelmä on nykyisin käytetyin paperin pintalujuuden tarkastelutapa ja määrittäminen menetelmä. IGT-pintalujuus mittaukset havaittiin korreloivan hyvin KCL HSWO-koepainokoneen 4.yksikön pölykertymien kanssa, vaikka KCL:n HSWO-koepainokone on todella rankka painatusympäristöltään paperille.

9.2 Rauma -menetelmä

Rauma -menetelmä tehdään suurin piirtein samalla tavalla kuin IGT-pintalujuus menetelmäkin. Rauma-menetelmässä käytetään painoväriä levittämiseen ja näytteiden painattamiseen IGT- laitteistoa. Rauma- ja IGT-pintalujuus menetelmien suurimmat erot ovat, että Rauma-menetelmässä käytetään SC- offset -tuotantopainokoneen painoväriä IGT-pintalujuudessa käytettävän öljyn sijasta ja lisäksi Rauma -menetelmässä käytettävä painokiekko leveämpi kuin IGT:ssä käytettävä painatuskiekko. Käytettävä painokiekko on 5,0 cm leveä, jonka vuoksi näytepaperi on oltava leveämpi. Näiden lisäksi painonipin paine on IGT:hen verrattuna paljon suurempi, 1000 N.

Käytön jälkeen laitteen painoväriä levitystela sekä mikrometri on puhdistettava hyvin, koska painoväri saattaa kuivua lujasti kiinni levitystelaan. Rauma-

menetelmän tulos ilmoitetaan numerona 1-4 välillä, koska jokainen painokerta kuvaa painatusyksikön lukumäärää. Näytteen Rauma-tulos on se painatuskerta, kun paperin pinta rikkoontuu tai pikkaantuu. Rauma-menetelmän tuloksiin vaikuttavat merkittävästi painoväriin määrä ja laborantin tarkkaavaisuus mittauksia tehdessä. Jos paperin pinta on hieman rikkoontunut eikä laborantti ole huomannut, tällöin näyte repeää seuraavalla painatuskerralla.

Rauma-menetelmä kertoo melko hyvin paperin painettavuudesta ja pintalujuudesta, jos paperia painatetaan erittäin vaativalla tuotantopainokoneella ensimmäisen painoväriyksikön osalta. Referenssipaperina käytetään jonkin muun tehtaan valmistamaa SC- paperia, joka oli tässä diplomityössä UPM Kajaanin tehtaan valmistama SC-paperi. Kajaanin valmistama SC-paperi kesti kaikki painatuskerrat moitteettomasti, eikä paperin pinta rikkoontunut millään tasolla.

Rauma-menetelmää verrattaessa tuotantopainokoneeseen tai KCL-koepainatukseen nähden ei voida sanoa tarkasti, korreloiko Rauma-tulos niiden kanssa.

9.3 Prüfbau

Prüfbau-laite on kolmiosainen eli laite koostuu kostutus-, painatusyksiköstä ja setoff telastosta. Prüfbau-laitteistoon on mahdollista kiinnittää myös uuni. Prüfbaussa käytetään coldset- väriä, koska laite on tarkoitettu sanomalehtilaatujen painamista varten. Tavallisesti mittauksissa kestää kaksi päivää, joista ensimmäisenä päivänä painetaan paperinäytteet ja toisena päivänä mitataan painetut näytteet densitometrillä. Prüfbau:ssa käytettävät nippien paineet ovat seuraavat painatuskiekossa paine on 800 N ja set-off kiekossa 400 N. Käytettävä nopeus on lajista riippumatta 1,0 m/s.

Painatuksen jälkeen näyteelle on asetettu viiveeksi 2,5 sekuntia ennen kuin näyte kulkeutuu setoff-telastolle. Setoff:ssa siirtyvä väri tulee painatusyksikön näytteestä tahraten näin setoff telaston. Set-off näyte kuvaa setoff-telan

tahriutuvuutta eli painoväriin siirtymistä paperista pois, ei niinkään paperin pintalujuutta. Tämän vuoksi setoff sopii coldset-paperilajien tutkimiseen, koska coldset web offset -papereita ei kuivateta. Näytteiden välisiä eroja ei visuaalisesti erota muuten kuin tarkastelemalla densitometrillä mitattuja densiteettituloksia. Jokaisen painatuskerran jälkeen painatuskiekko puhdistetaan ja jokaisessa välissä painatuskiekko punnitaan.

Yhteen näytteeseen kuluu keskimääräisesti 15 minuuttia näytesarjan yhtä paperin puolta kohti. Yksi painatus näytesarja koostuu neljästä painatuksesta, joissa värin määrää lisätään asteittain isommaksi. Näytteiden densiteetit vaihtelevat D 1,5-1,7 välillä johtuen erilaisista värimääristä. Lopuksi tuloksia tarkasteltaessa tulokset interpoloidaan 1,3 densiteettiä vastaaviksi arvoiksi. Prüfbau:lla mittaaminen on nopeaa, mutta tarkkuutta vaativaa. Mikäli unohtaa tehdä jonkun mittauksen tai tekee jonkun virheen jossain välissä, pitää aloittaa koko näytesarja alusta. Muuten virhemarginaali kasvaa liian suureksi esimerkiksi nopeasti kuivuvan coldset -värin vuoksi. Ennen varsinaisia mittauksia tehdään aina seurantamittaukset, jotta nähdään että laitteisto antaa luotettavia tuloksia.

Prüfbau:lla työskentely vaatii harjaantuneisuutta ja tarkkaavaisuutta, minkä vuoksi laitteisto tarvitsee oman operaattorinsa ja hänen tarkkaavaisuutensa. Ajankäytön vuoksi vuoroprosessihoitaja ei pysty käyttämään laitteistoa sekä laitteiston tulee olla puhdas, jotta saadaan luotettavia tuloksia. Jos laite ei pysy puhtaana tai ei ole tarkkaavainen mittauksia tehdessä, tulokset eivät ole käyttökelpoisia.

Kaikki mittaukset suoritetaan käyttämällä densitometriä. Näytteistä mitataan näytteen oikealta puolelta kompaktin pinnan densiteetti ja saman näytteen toiselta puolelta läpipainatus. Läpikuulto mitataan setoff -näytteestä, jonka alapuolella on painatusnäyte. Setoff -näyte mitataan setoff -alueelta eli siltä alueelta, johon setoff- telastoon on siirtynyt painoväriä paperista.

Prüfbaun värintarve, läpipainatus, läpikuulto ja läpilyönti kertovat enemmän paperin painettavuudesta kuin paperin pintalujuudesta. Näillä voidaan nähdä lähinnä, miten paperin huokoisuus ja paksuus vaikuttavat painatusjälkeen.

Läpikuultotuloksiin vaikuttaa myös paperin opasiteetti, mustuma ja vaaleus. Läpikuulto kertoo lähinnä miten painoväri kuultaa toisen vastaavan paperinäytteen läpi, kun näyte on laitettu alkuperäisen näytteen päälle. Läpilyönti kertoo miten syvälle paperiin painoväri on adsorboitunut. Jos läpilyönti on riittävän suuri, painoväri on tullut paperin läpi ja näkyy tummana läikkänä paperin toiselta puolelta. Tällöin läpipainatustulokset ovat korkeita paperin molemmilta puolilta korostuen erityisesti ohuilla paperilajeilla.

Prüfbaun setoff menetelmä ei kuvaa paperin pinalujuutta, mutta kertoo enemmän painatukseen liittyvistä ongelmista. Tällä menetelmällä nähdään, miten painoväri tahraisi telan, jos painatusjälkeä ei kuivatettaisi uunissa ollenkaan. Esimerkiksi sanomalehtipaperien tapauksessa coldset offset -painokoneilla painatusjälkeä ei kuivateta.

9.4 ISIT

ISIT- menetelmällä saadaan selville painoväriin käyttäytyminen paperin pinnalla. Mitattaessa ISIT-metelmällä saadaan samalla mittauksella selville, miten painoväriin tahmeus kehittyy, miten painoväriin tahmeus puoliintuu ja mikä on painoväriin maksimi tahmeus. Lisäksi ISIT-laitteisto antaa kyseistä paperia vastaavan ISIT-käyrän, joka on paperilaji kohtainen. ISIT- laitteistolla voidaan suorittaa passes-to-pick/fail-testit, jotka kuvaavat montako painatuskertaa paperin pinta kestää ennen kuin paperi alkaa pikkaamaan (passes-to-pick) ja monennellako painatuskerralla paperin pinta rikkoontuu kokonaan (passes-to-fail). Käytettävät nippipaineet ovat ISIT-menetelmälle 500 N ja ISIT passes-to-pick/fail 300 N.

ISIT-käyrä kertoo painoväriin asettumiskäyttäytymisestä ajan funktiona paperin pinnalle ja käyrältä nähdään myös, missä kohtaa painoväriin tahmeus on ollut korkeimmillaan. Jotta tulokset olisivat luotettavia, on kolmen rinnakkaisnäytteen ISIT-käyrien oltava hyvin samankaltaiset. Tulokset saattavat erota toisistaan

melko paljonkin jopa peräkkäisten näytteiden välillä. Tämän takia on tarvittaessa tehtävä lisäpainatuksia. Mikäli lisäpainatuksia tehdään, on lopuksi hylättävä ISIT-tuloksia siten, että tuloksia laskettaessa on kolme rinnakkaispainatusta per paperin puoli.

ISIT-menetelmän mittaaminen on hidasta, koska yhden paperinäytteen mittaamiseen kuluu noin 2,5 h mitattaessa paperin ylä- ja alapuolelta. Mittauksissa tarvitaan kolme rinnakkaismittausta paperin ylä- ja alapuolelta, missä yhden rinnakkaismittauksen suorittamiseen kuluu noin 20-25 minuuttia kaikkineen välivaiheineen.

Tämän menetelmän huonoihin puoliin kuuluu se, että sillä saadaan sellaisia ISIT-käyriä, kuin vain halutaan painettaessa painatusnäytteitä tarpeeksi paljon. Tämän lisäksi ISIT-menetelmä ei kerro suoraan paperin pintalujuudesta, mutta antaa kuvan paperin pintarakenteesta, mikäli painoväri asettuu joko liian hitaasti tai liian nopeasti. Suurin haittapuoli ISIT-menetelmällä on mittaamisen työteliäisyys. Näiden painatusnäyteliuskosten jälkeen mitataan painetuista näytteistä painoväriin densiteetti densitometrillä.

ISIT-menetelmän ensivaiheet tulee tehdä mahdollisimman nopeasti, ettei painoväristä haihdu komponentteja. Mittaukset on tehtävä tietyssä järjestyksessä, ettei painoväri jää ns. seisomaan tai odottamaan näyteliuskan laittamista. Tällöin ei vaikuteta lopputulokseen, paljonko painoväriä kuluu g/m^2 kohden. Painettava paperinäyteliuska on laitettava ISIT-kiekonpäälle siten, ettei siihen muodostu ilmakuplia. Jos painettavaan paperiliuskaan jää ilmakuplia, mittauksen aikana painatuskiekko aiheuttaa rytyn näytteeseen. Tämä rytty, joka on muodostunut paperinäytteen pinnalle, voi vaikuttaa merkittävästi ISIT-tuloksiin ja painoväriin asettumista kuvaavaan ns. ISIT-käyrään, mikä lisää tuloksien epävarmuutta.

ISIT:n passes-to-pick /fail- mittauksilla nähdään nopeasti karkea kuva paperin pintalujuuden tasosta ja miten paperin pintalujuus kehittyy sen jälkeen, kun paperin pinta alkaa pölyämään. ISIT:n passes-to-pick/fail termien välinen ero: passes-to-pick tarkoittaa painatuskertaa, jolloin paperinäytteen pinta alkaa

pikkaamaan ja passes-to-fail tarkoittaa painatuskertaa, jolloin paperin pinta rikkoontuu kokonaan.

Tässä menetelmässä yksi mittaus on sinänsä nopea, mutta kummassakin tapauksessa pitää tehdä kolme rinnakkaista mittausta, joista lasketaan keskiarvo yhden paperin puolen osalta. Tässä menetelmässä painoväri levitetään samalla tavalla kuin perinteisessä ISIT- menetelmässä käyttäen hyväksi IGT- laitteistoa. Passes-to-pick/fail- mittauksessa tehdään 10 painatusta, jotka tehdään peräjälkeen nopeasti. Tässä lasketaan monennellako kerralla paperin pinta rikkoutuu. Jos paperin pinta rikkoutuu kokonaan siten, että pinnasta irtoaa paperin palanen painokiekolle, merkitään sen painatuskerran lukema eli monellako kerralla paperin pinta hajosi. Työlääksi nämä mittaukset tekee se, että painatuskiekkoa ja värin levittämisessä tarvittavaa IGT- laitteistoa pitää jatkuvasti pestä erikoisbensiinillä vetokaapissa. Käytettävä värimäärä on 0,08 ml.

Perinteinen ISIT-menetelmä ei kuvaa paperin pintalujuutta, vaan enemmänkin paperin huokoisuutta ja painovärin adsorbtiion kehittymistä paperiin sekä miten painovärin tahmeus kehittyy ajan kuluessa. Tätä kautta ISIT- menetelmä kertoo enemmän painettavuuteen liittyvistä asioista. ISIT passes-to-pick/fail menetelmä kertoo nopeasti karkean kuvan paperin pintalujuuden tasosta ja sen kestävyydestä painatuskertojen lisääntyessä.

Passes-to-pick/fail menetelmässä paperin pintaa painetaan 10 kertaa, joka on ISIT-laitteiston aiheuttama mekaaninen rajoite. Passes-to-pick/fail menetelmän tulos on kolmen rinnakkaisnäytteen välinen keskiarvo. Kaikki painatusjäljet ovat nähtävillä tulospaperilla. Menetelmällä ei ole varsinaista hajontaa, koska tällä nähdään miten paperin pinta kestää painatuskertojen lisääntyessä painoväri määrän ollessa vakio kaikissa tilanteissa. Tällä Passes-to-pick/fail menetelmällä ei pystytä ennustamaan tarkasti, mutta antaa riittävän hyvän kuvan pintalujuuden tasosta. Tämän vuoksi menetelmä on oiva ratkaisu paperin pintalujuuden nopeaan mittaamiseen, jos täytyy nopeasti saada tietää oliko painokoneella ilmennyt ongelma paperin pintalujuusongelma vai painatus tapahtumaan liittyvä ongelma.

9.5 Johtopäätös

IGT-pintalujuusmenetelmän havaittiin olevan hyvä menetelmä paperin pintalujuuden selvittämisessä. Työn mittauksien ohessa havaittiin, että menetelmän hajonta on suuri. Tämä johtuu siitä, että menetelmää ei ole käytetty ennen tämän diplomityön mittauksien mittaamista.

Prüfbau- painokoneen mittaukset eivät kerro juurikaan SC-paperin pintalujuudesta, minkä vuoksi menetelmä on hieman keho tähän tarkoitukseen. Prüfbau- laitteiston havaittiin olevan hyvä kertomaan paperin rakenteesta ja paperin pinnasta. Täten nähdään mitä paperin pinnalla tapahtuu painatuksessa. Prüfbau on kuitenkin pienimittakaavainen painokone. Prüfbautta vastaava laitteisto on Heidelberg:n GTO- painokone, joka on Prüfbau- laitteistoon nähden suurempi mittakaavainen ja täten kertoo hieman laajemmassa mittakaavassa samat asiat kuin Prüfbau- painokone.

Rauma- menetelmä kertoo hyvin paperin pintalujuudesta ja sen painettavuudesta, mutta tuloksiin vaikuttavat laborantin tarkkaavaisuus ja painoväri määrä painokiekolla. Tämän vuoksi tällaisenaan ei saada tietää kovin tarkasti todellisesta pintalujuudesta, koska menetelmää mitattaessa ei tiedetä paljonko painoväriä on painokiekolla. Painoväri määrä painokiekolla kuitenkin vaikuttaa paljon siihen, miten menetelmä rasittaa paperin pintaa. Rauma-menetelmä kertoo kuitenkin saman asian kuin IGT-pintalujuus, mutta tulos on helpompi lukea johtuen painoväri väristä. Rauma-menetelmällä nähdään myös se, millä painatusyksiköllä paperin pinta alkaa rikkoutumaan. Tällä menetelmällä ei nähdä paperinäytteiden välisiä pintalujuuseroja muuten kuin katsomalla, miten paperin pinta on pölynyt paperin pinnasta visuaalisesti.

ISIT- menetelmällä nähdään, miten painoväri käyttäytyy paperin pinnalla painatuksessa, mutta menetelmä ei kerro paperin pintalujuudesta. Täten ISIT- menetelmä ei sovellu paperin pintalujuuden tarkasteluun. ISIT passes-to-pick/fail menetelmää voitaisiin käyttää paperin pintalujuuden tarkastelussa, koska menetelmä kertoo nopeasti paperin pintalujuuden tasosta ja sen kestosta

painatuskertojen lisääntyessä. ISIT:n passes-to-pick/fail menetelmä olisi hyvä tapa katsoa paperin pintalujuuden taso, kun asiakkaalta tulee tietoa paperin pinnan heikkoudesta tai jos painokoneella ilmenee katkoja. Tällöin nähdään myös, että liittyykö painokoneella ilmennyt ongelma paperin pintalujuuteen vai painatustapahtumaan. Tällä menetelmällä voidaan myös arvioida onko tarpeellista matkustaa paikanpäälle painokoneelle, kun voidaan arvioida laboratoriossa, millä tasolla paperin pintalujuus on.

10 ALKUTASON MÄÄRITYS: PINTALUJUUDEN POIKKIRATAPROFIILI

Alkutason pintalujuus poikkirataprofiilia tarkasteltiin selvittämällä neljän eri referenssikonetambuurin välisiä eroja. Ensimmäisen ja toisen tambuurin ajan tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin perinteisesti vanhoihin paikkoihin. Tärkkelystä annosteltiin konemassan joukkoon konemassapumpun imupuolelle ja täyteainetta annosteltiin pyörrepuhdistimen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle. Tämän jälkeen tärkkelyksen ja täyteaineen annostelupaikkoja muutettiin siten, että kolmannessa referenssitambuurissa täyteainetta annosteltiin uudessa paikassa TrumpJet:lla ja tärkkelystä annosteltiin perinteisesti vanhassa paikassa konemassan joukkoon. Neljättä referenssitambuuria varten tärkkelyksen annostelupaikka siirrettiin uuteen paikkaan TrumpJet:lle, josta annosteltiin myös täyteainetta. Alkutason määrittämisessä selvitettiin myös, millainen taso on viiravedessä liuenneen tärkkelyksen suhteen.

10.1 Referenssipaperien pintalujuusprofiilit

Näytteitä otettiin poikkiradan suuntaisesti 54 g/m^2 ja 57 g/m^2 neliömassan lajeista poikkiradan kohdilla 0 m, 1,5m, 3 m, 4,5 m, 6 m ja 8 m. Tällä haluttiin nähdä, miten nykyisen paperin pintalujuus vaihtelee paperikoneen poikkiradan

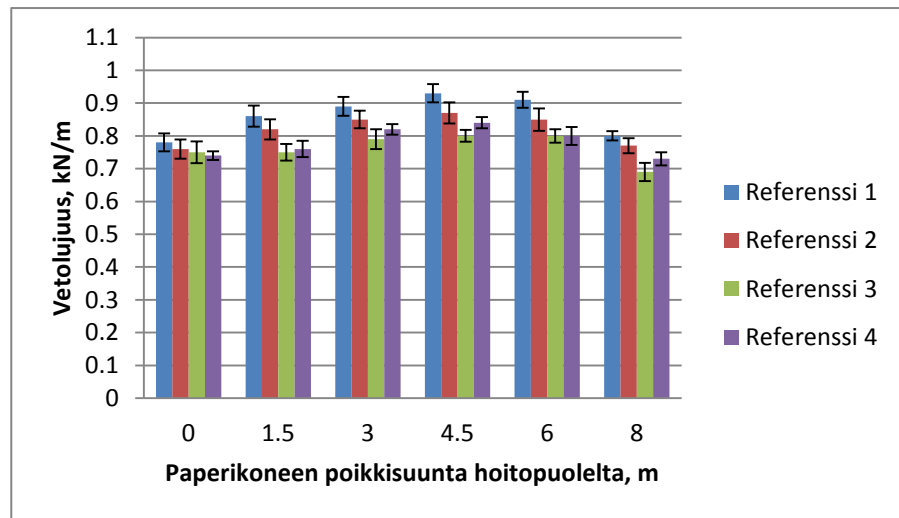
suuntaisesti, kun täyteainetta ja tärkkelystä annostellaan vanhoista annostelupaikoista. Näistä tehtiin Prüfbau-, ISIT-, Emco S-, IGT- pintalujuus ja Rauma-mittaukset. Paperista mitattiin edellisten mittausten lisäksi myös paperin yleiset ominaisuudet ja z-lujuudet L&W-palstautumislujuus mittaustilanteilla. Tämän referenssipaperien ominaisuudet ovat esitetty referenssitambuureina 1 ja 2, joista referenssinä 1 toimi 57 g/m² laatuinen paperi ja referenssinä 2 toimi 54 g/m² laatuinen paperi.

Lisäksi tehtiin vastaavasti toinen referenssikoeajo, mutta nämä paperit olivat neliömassaltaan 56 g/m² lajeja. Tällöin otettiin ensin (referenssi 3) painatusnäytteet tilanteesta, kun täyteaine annosteltiin TrumpJet:n kautta paperikoneen lyhyeen kiertoon perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta ja tärkkelys annosteltiin vanhasta paikastaan konemassan joukkoon. Sen jälkeen otettiin painatusnäytteet (referenssi 4), kun tärkkelys annosteltiin uudesta paikkaa TrumpJet:lla. Tällöin tärkkelys ja täyteaine annosteltiin samasta paikasta TrumpJet -laitteistolla paperikoneen lyhyeen kiertoon. Näistä näytteistä mitattiin samat asiat kuin referenssitambuurien 1 ja 2 osalta.

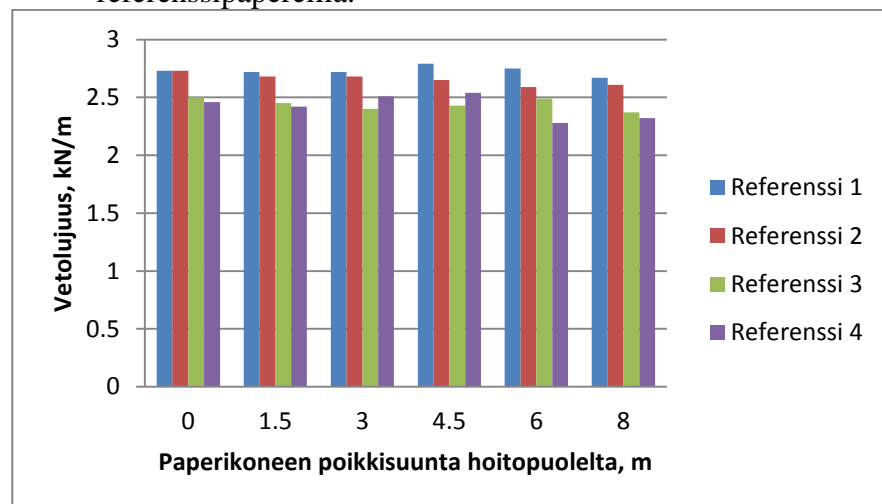
10.2 Tulokset ja tuloksien tarkastelu

10.2.1 Paperilujuuksien muutos paperikoneen poikkisuunnassa

Referenssitambuurien välillä ei ollut merkittäviä muutoksia palstautumislujuuden, Z-suuntaisen lujuuden, tai repäisylujuuksien suhteen. Poikkisuuntaisen vetolujuuden suhteen havaittiin pieniä muutoksia, jotka on esitetty kuvassa 9. Konesuuntaisen vetolujuuden suhteen ei ollut tapahtunut merkittäviä vetolujuusmuutoksia paperikoneen poikkisuuntaisesti referenssitambuurien välillä (kuva 10).



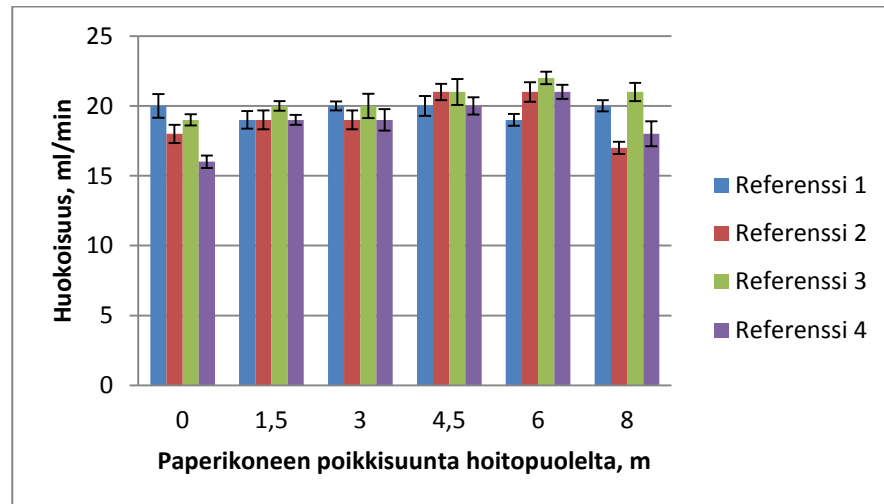
Kuva 9 Poikkisuuntainen vetolujuus paperikoneen poikkisuuntaisesti eri referenssipapereilla.



Kuva 10 Konesuuntainen vetolujuus paperikoneen poikkisuuntaisesti eri referenssipapereilla.

Kuten kuvasta 9 nähdään, poikkisuuntainen vetolujuus on kaikilla papereilla heikointa paperikoneen reunoilla ja vahvinta paperikoneen keskiosalla riippumatta täyteaineen ja tärkkelyksen annostelupaikasta. Suurin poikkisuuntainen vetolujuus oli ensimmäisellä referenssitambuurilla, kun täyteainetta annosteltiin pyörrepuhdistuksen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle ja tärkkelystä annosteltiin konemassan joukkoon. Kuvasta 9 nähdään myös, miten poikkisuuntainen vetolujuus muuttuu paperikoneen poikkisuunnassa.

Kuvassa 11 on esitetty huokoisuusprofiilimuutokset paperikoneen poikkisuunnassa kaikilta referenssitambuureilta.

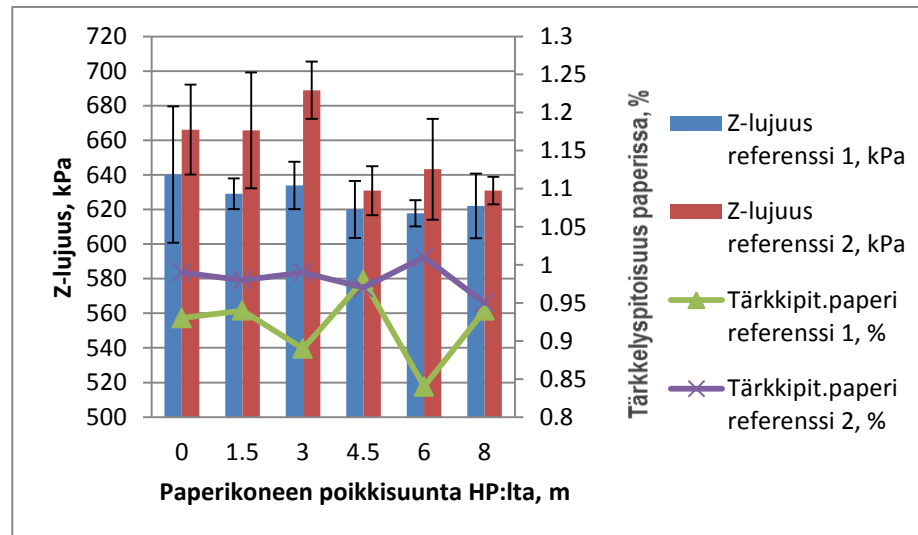


Kuva 11 Huokoisuusprofiili paperikoneen poikkisuuntaisesti referenssitambuureilta.

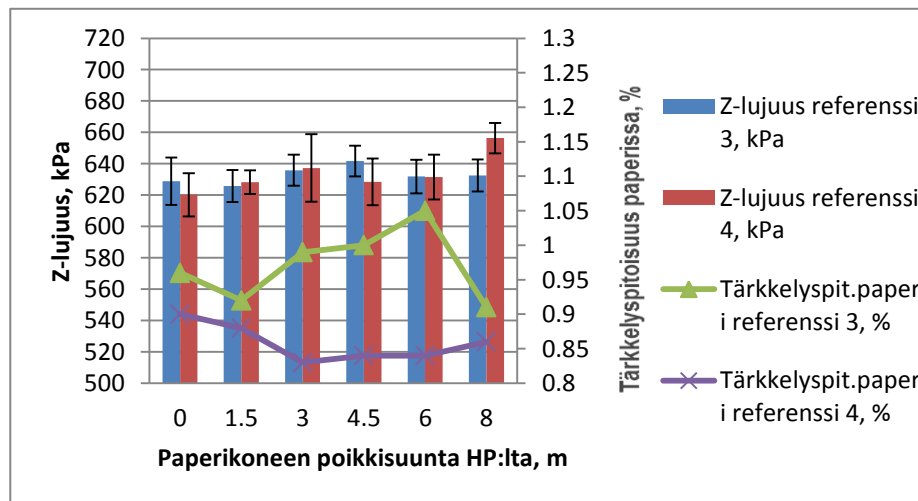
Kuvasta 11 voidaan havaita, että huokoisuusprofiili muuttuu paperikoneen poikkisuuntaisesti annosteltaessa tärkkelystä ja täyteainetta eri kohdista. Kuvasta 11 voidaan nähdä, että poikkisuunnassa on laatuvariaatiota huokoisuuden suhteen. Tämä korostuu erityisesti referenssitambuurien 2 ja 4 poikkiratasuuntaisten huokoisuusmuutoksien suhteen. Huokoisuusprofiili hajonta on pienintä referenssitambuurilla 1. Eniten huokoisuusprofiili muuttuu paperikoneen poikkisuuntaisesti referenssipaperien 2 ja 4 suhteen, joissa huokosrakenne muuttuu eniten paperikoneen poikkisuuntaisesti. Referenssipaperien 1 ja 2 pitäisi olla lähes samanlaisia, koska mitään muuta ei muutettu kuin neliöpainoa, jota pienennettiin 3 g/m^2 pienemmäksi referenssitambuurille 2. Huokosrakenteen muuttuminen paperikoneen poikkisuuntaisesti ei havaittu vaikuttavan merkittävästi z-lujuuteen.

Referenssitambuurin 4 huokoisuusprofiilista havaitaan, että referenssin 4 huokoisuus on pienempi kuin muilla referenssipapereilla ja täten pitäisi parantaa pintalujuutta sekä paperin painettavuutta.

Paperien tärkkelyspitoisuusprofiilien muutokset paperikoneen poikkisuunnassa eivät vaikuttaneet huokoisuus- tai z-lujuusprofiileihin merkittävästi. Kuvista 12 ja 13 voidaan nähdä paperien tärkkelyspitoisuusprofiilit paperikoneen poikkisuunnassa.



Kuva 12 Referenssitambuurien 1 ja 2 paperin tärkkelyspitoisuuden suhde z-lujuuteen paperiradan poikkisuunnassa.



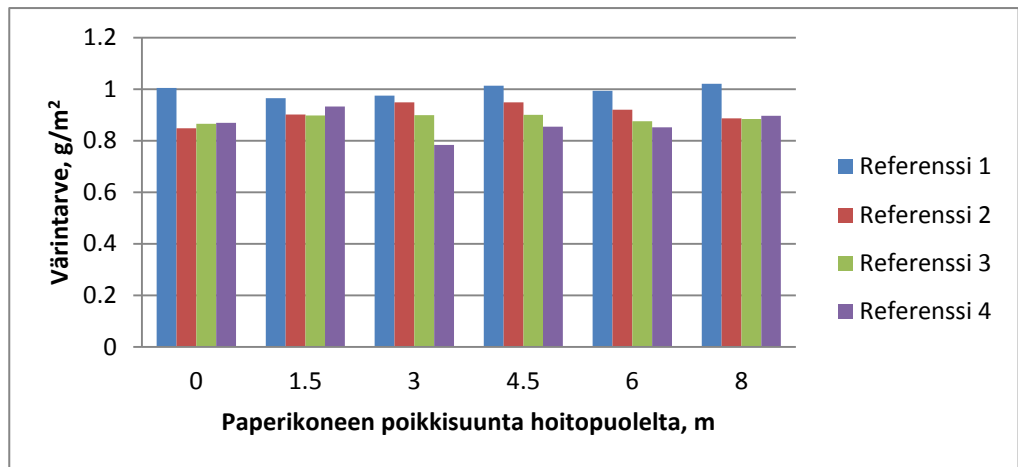
Kuva 13 Referenssitambuurien 3 ja 4 tärkkelyspitoisuus paperissaprofiilin suhde Z-lujuuteen paperikoneen poikkisuunnassa.

Kuvista 12 ja 13 nähdään, että paperin tärkkelyspitoisuudella ei ollut merkittävää vaikutusta z-lujuuteen paperikoneen poikkisuunnassa. Tärkkelyspitoisuuden muutokset paperikoneen poikkisuunnassa referenssitambuurin 1, 2, 3 ja 4 välillä nähdään, että annosteltaessa tärkkelystä vanhoista paikoista saavutetaan suurempi paperin tärkkelyspitoisuus kuin annostelemalla tärkkelystä TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon. Tärkkelyksen määrä paperissa referenssitambuurilla 4 kuitenkin laski noin 10-15 % verrattuna muihin referenssitambuureihin nähden. Paperin tärkkelyspitoisuusprofiilien parantumista ei pystytty todistamaan luotettavasti, kun tärkkelystä annosteltiin paperikoneen lyhyeen kiertoon TrumpJet- laitteistolla paremman sekoituksen turvin. Tämä johtuu siitä, että referenssillä 2 saavutettiin tasaisempi paperin tärkkelyspitoisuusprofiili kuin referenssillä 4. Lisäksi referenssillä 2 saavutettiin suurempi paperin tärkkelyspitoisuus.

10.2.2 Pintalujuusprofiilin muutos paperikoneen poikkisuunnassa

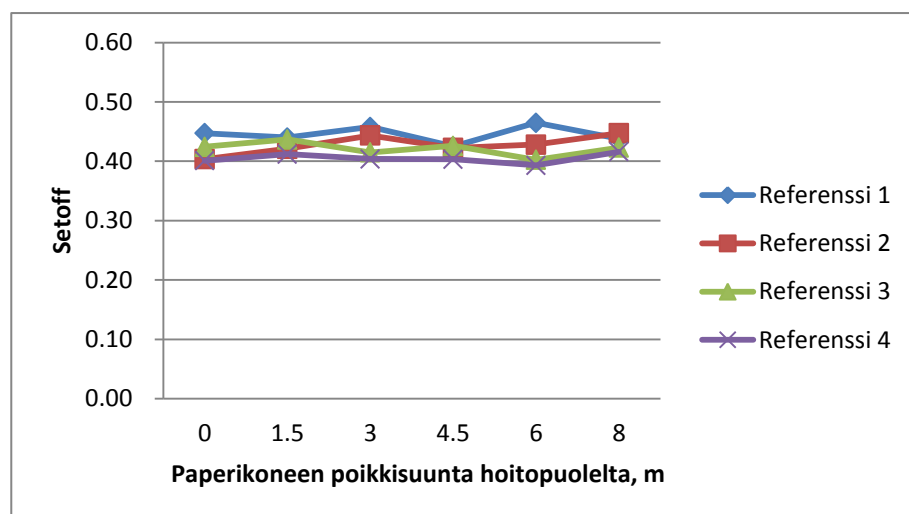
Pintalujuuden poikkirataprofiilin selvittämisessä käytetyllä Rauma-menetelmällä ei havaittu merkittäviä muutoksia referenssien 1-4 välillä eikä paperikoneen poikkiratasuuntaisesti referenssikohtaisesti tarkasteltunakaan. IGT-pintalujuuksien suhteen ei havaittu merkittäviä muutoksia referenssien 1-4 välillä eikä referenssikohtaisesti paperikoneen poikkisuunnassa tarkasteltuna. IGT-pintalujuudet olivat paperien molemmilta puolilla hyvällä tasolla.

Seuraavaksi on esitetty Prüfbau- tuloksia paperin yläpinnan suhteen kuvissa 14, 15 ja 16. Paperin yläpintaa tarkasteltaessa referenssipaperien 1 värin tarve oli muita referenssejä suurempaa, kuten nähdään kuvasta 14.



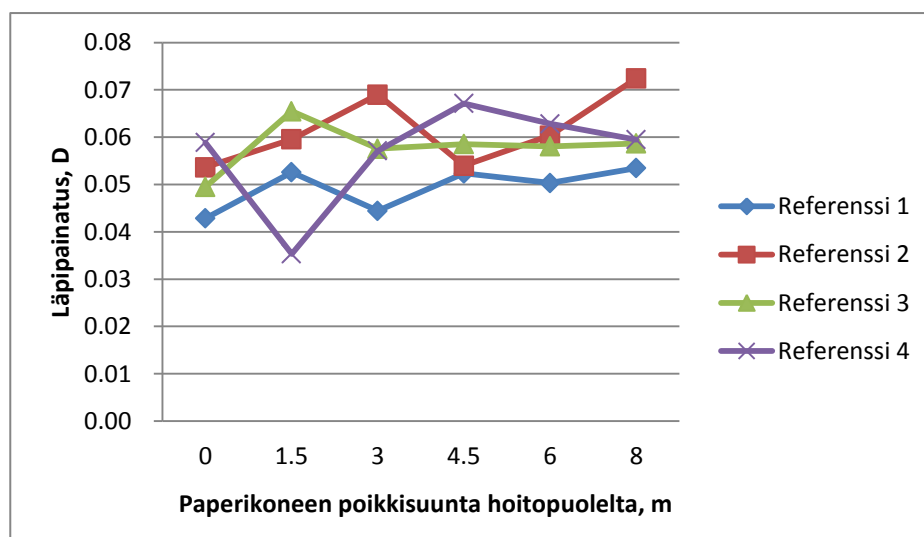
Kuva 14 Prüfbau värintarve eri referenssipapereilla paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

Tämä todennäköisesti johtuu siitä, että referenssin 1 huokoisuus on suurempi. Referenssillä 4 värintarve on hieman pienempi suhteessa muihin kohtiin paperikoneen poikkisuunnassa, mutta tämä johtuu todennäköisesti paperikoneen poikkisuunnassa tapahtuvasta laatuviitelmästä paperin huokoisuuden suhteen. Toisin sanoen paperin pinta on ollut hieman tiiviimpää suhteessa muihin kohtiin paperikoneen poikkisuunnassa, eikä annostelutavalla ole tähän voitu vaikuttaa. Muita merkittäviä eroja ei värintarpeen suhteen ole havaittavissa. Normaalisti värintarve korreloi SC-papereilla Prüfbau setoff:n kanssa, jonka tulokset on esitetty paperin yläpinnalta seuraavaksi kuvassa 15.



Kuva 15 Referenssipaperien setoff -arvot eri kohdissa paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

Kuvasta 15 nähdään, että setoff -arvot eivät poikkea merkittävästi toisistaan ja ovat suhteellisen hyviä SC-paperien tapauksessa. Kun huomioidaan Prüfbaun värintarvetulokset (kuva 14) yllä olevien setoff -tuloksien (kuva 15) kanssa, voidaan tehdä johtopäätös kokonaistuloksesta näiden väliltä. Jos värintarve on suuri (yli $0,8 \text{ g/m}^2$) ja setoff on korkea (0,4), paperit ovat tällöin hitaasti asettuvia papereita /14/. Kuvista 14 ja 15 nähdään, että referenssipaperit ovat hitaasti asettuvia. Tähän setoff -tulokseen vaikuttavat huokoiskoon ja -tilavuuksien lisäksi myös se, että minkä tyyppistä huokoisuus on. Huokoisuus vaikuttaa värintarpeen lisäksi myös läpipainatukseen ja läpikuultoon. Läpipainatustulokset (kuva 16) on esitetty seuraavaksi paperin yläpuolen osalta.



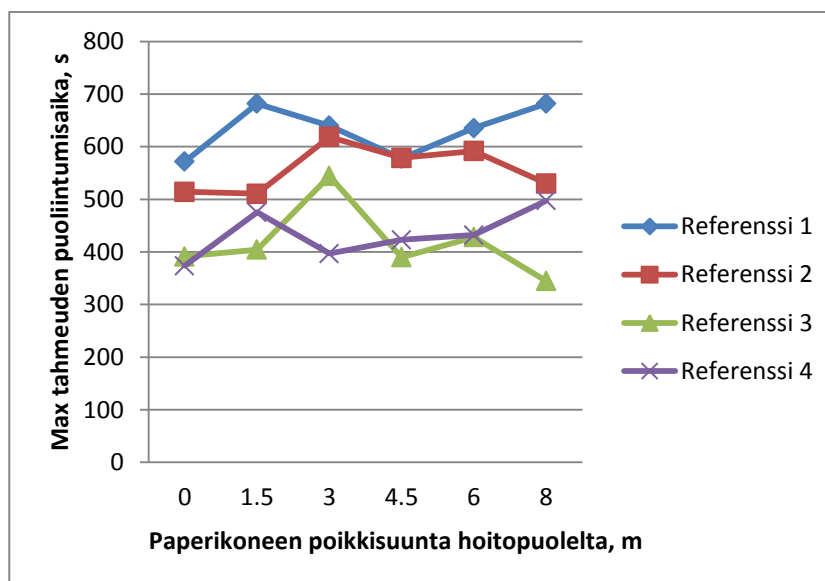
Kuva 16 Referenssipaperien läpipainatukset paperin yläpuolen osalta paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

Huokostyyppin ollessa kapillaarinen eli pystysuuntainen ja kapea, painovärillä tehty piste ei leviä pisteen ympärille vaan kulkeutuu paremmin paperin rakenteeseen. Tällöin läpipainatus on suurempaa, jolloin painoväri on tunkeutunut syvemmälle paperin rakenteeseen ja huokostyyppi rakenne voi olla referenssi 2 papereilla hieman erilaisempi verrattuna muihin referensseihin nähden. Huokostyyppin ollessa vaakasuuntaista läpipainatus on pientä, mikä viittaisi painovärin leviämiseen pisteen ympärille, kuten voidaan havaita referenssillä 1 kuvasta 16. Läpipainatusarvot eivät merkittävästi eroa toisistaan paperiradan poikkisuunnassa referenssikohtaisesti eikä referenssien välillä.

Läpipainatukseen vaikuttaa myös paperin opasiteetti, mutta referenssipapereilla opasiteetti ei muuttunut merkittävästi. Läpipainatus on kuitenkin läpikuultoa ja läpilyöntiä kuvaava yhteissuure. Opasiteetin muutos kertoo miten paljon opasiteetti estää painovärin näkymistä läpikuullossa ja tätä kautta vaikuttaa läpipainatukseen. Mikäli opasiteetin muutokset ovat alle 1,0 %:n luokkaa, muutokset eivät näy läpipainatuksessa. Esimerkiksi jos SC-paperin opasiteetti on alle 90 % (normaalisti opasiteetti on noin 92 %:n tasolla), muutos näkyy läpipainatuksessa ja -kuullossa. Referenssipaperien suhteen paperin alapinnan

puolella ei havaittu merkittäviä eroja Prüfbaun värintarpeen, setoff:n, läpipainatuksen, läpikuullon tai läpilyönnin suhteen.

Seuraavaksi on esitetty ISIT- menetelmän tuloksia kuvissa 17 ja 18. Näiden jälkeen on esitetty ISIT:n passes-to-pick/fail tulokset kuvissa 19 ja 20.



Kuva 17 Painoväriin maksimitahmeuden puoliintumisaika eri kohdissa paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta.

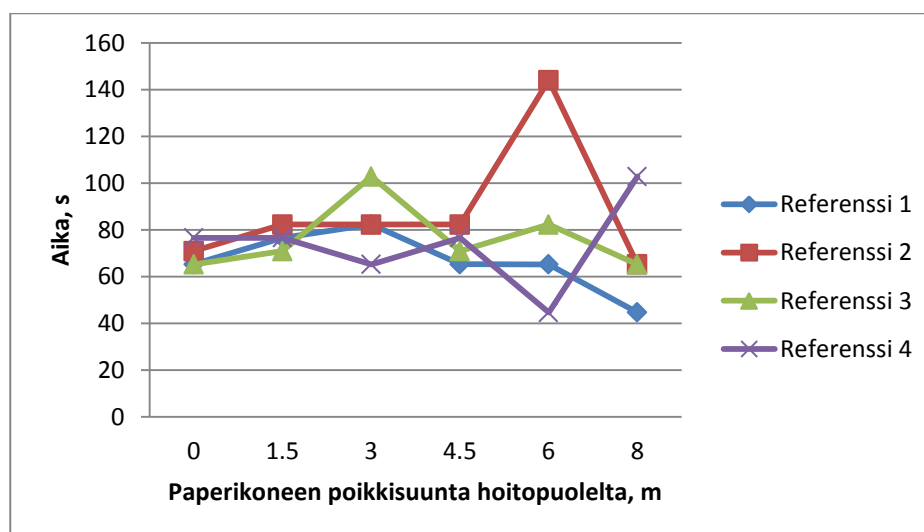
ISIT:n painoväriin maksimitahmeuden puoliintumisajoista nähdään (kuva 17), että referenssipaperit 1 ja 2 ovat hitaasti asettuvia papereita. Referenssipaperit 3 ja 4 havaitaan asettuvan melko nopeasti, mutta ei liian nopeasti. Tässä merkitsevänä erona voidaan pitää painoväriin maksimitahmeuden puoliintumisajoissa 100 sekuntia. Kuvan 17 tulokset kertovat hyvin sen, kuinka huokoisen paperin painoväriin asettuminen on hidasta ja täten painoväriin kannalta niin sanotusti väärän tyyppistä huokoisuutta. Tätä tukevat myös huokoisuustulokset ja Prüfbaun värintarpeen tulokset, mitkä ovat esitetty aiemmin.

Syy tähän, minkä takia huokoisen paperin maksimitahmeuden puoliintumisajat ovat hitaampaa kuin tiiviimmillä papereilla, on se, että huokoisella paperilla on pienempi kontaktipinta-ala ja tämän vuoksi painoväriin asettuminen on hitaampaa

suurien huokosten vuoksi. Tiiviimmällä paperilla, eli paperin pinnan ollessa sulkeutuneempi, on parempi kontaktipinta-ala ja tämän vuoksi painoväriin asettuminen on nopeampaa pienempien huokoisten vuoksi.

Referenssien 3 ja 4 kohdilla huokoskoot ja -tyypit voivat myös olla hieman kapillaarisempia, minkä seurauksena painoväriin asettuminen on ollut hieman nopeampaa. Nämä puoliintumisajat eivät korreloi tuotanto- tai KCL HSWO - koepainokoneen kanssa, mutta niistä nähdään hyvin paperin rakenteelliset erot.

ISIT:n maksimitahmeuden ja maksimitahmeuteen kuluvan ajan suhteen ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia, mutta paperin alapinnan maksimitahmeuteen kuluvan ajan suhteen tapahtui pieniä muutoksia (kuva 18).



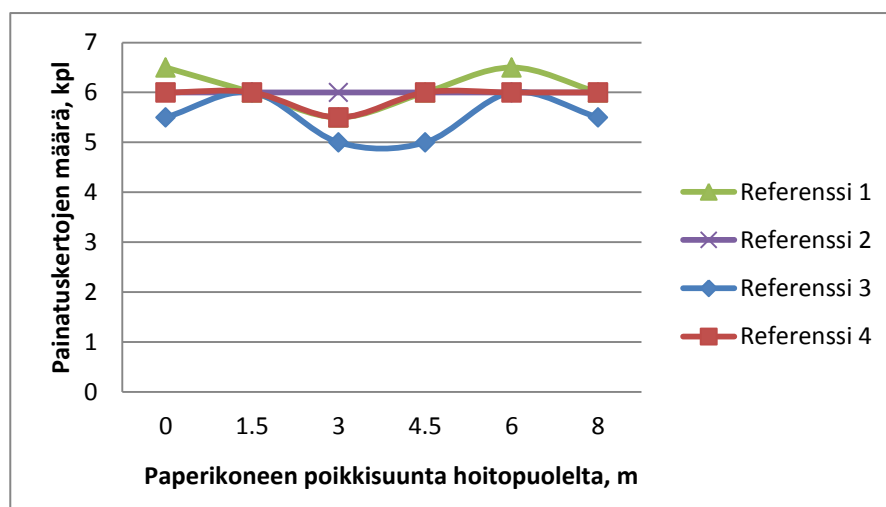
Kuva 18 Referenssipaperien maksimitahmeuden saavuttamiseen kuluva aika eri kohdissa paperikoneen poikkisuunnassa paperin alapuolelta.

Kuten kuvasta 18 nähdään, että maksimitahmeuden saavuttamiseen kuluvan ajan erot tapahtuvat 6,0 metrin kohdalla. Referenssipaperit vaikuttaisivat 6,0 metrin kohdalla paperikoneen poikkisuunnassa siltä, että painoväriin adsorboitumisen aloitus on hidasta, mutta alun jälkeen paperit tuntuisivat adsorboivan painoväriä nopeasti. Tämä kertoisi myös siitä, että huokoisrakenne on hieman erilaisempaa paperin alapinnalla 6,0 metrin kohdalla paperikoneen poikkisuunnassa katsottuna

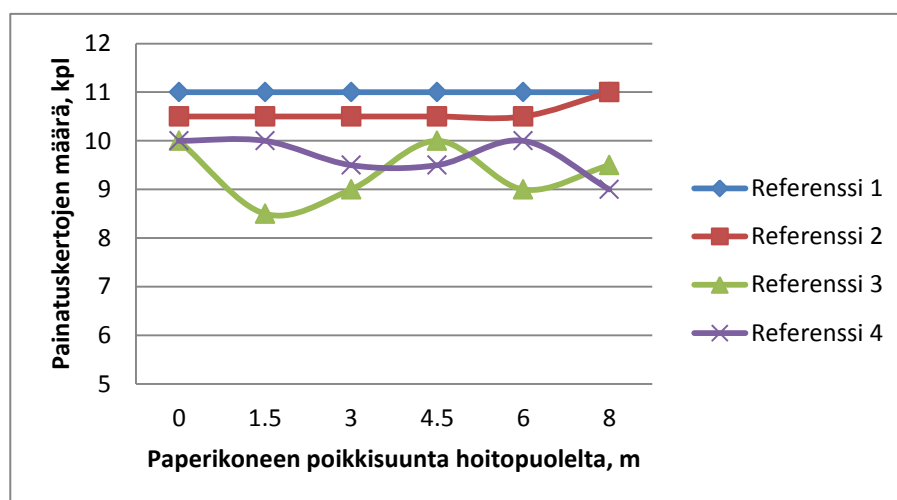
verrattuna muissa kohdissa paperirataa. Tähän eroavuuteen on voinut vaikuttaa esimerkiksi se, että painoväri on ollut hieman tahmeampaa tai paperin pinnassa on ollut väriä hieman enemmän kuin muissa kohdissa ja täten on tarvittu enemmän aikaa maksimitahmeuden saavuttamiseen referenssipaperille 2. Muutoin nämä arvot vastaavat normaalia maksimitahmeuteen kuluvaan aikaan SC-paperien osalta. 8,0 metrin kohdalta referenssi 1 paperin kohdalla maksimitahmeus on saavutettu hieman aikaisemmin. Tämä todennäköisesti johtuu siitä, että paperin pinta on muihin nähden hieman sileämpää.

ISIT:n maksimitahmeuden suhteen ei havaittu merkittäviä muutoksia. Maksimitahmeuden muutokset olisivat kertoneet, miten paperin sileyys ja muodostunut painovärikerros olisivat muuttuneet paperikoneen poikkisuunnassa. Maksimitahmeuden suhteen saavutettiin SC- paperille tyypillinen 5,0 N taso.

Seuraavaksi on esitetty ISIT- passes-to-pick/fail tulokset (kuviissa 19 ja 20) paperikoneen poikkisuuntaisena tarkasteluna. ISIT:n passes-to-pick/fail menetelmä on karkea ja nopea tapa katsoa paperin pinnan tutkinnan menetelmä. Kuten kuvista 19 ja 20 nähdään, referenssipaperien 3 ja 4 passes-to-pick ja -fail arvot poikkeavat referensseistä 1 ja 2.



Kuva 19 Referenssipaperien passes -to -pick -arvot eri kohdissa paperikoneen poikkisuunnassa hoitopuolelta tarkasteltuna.



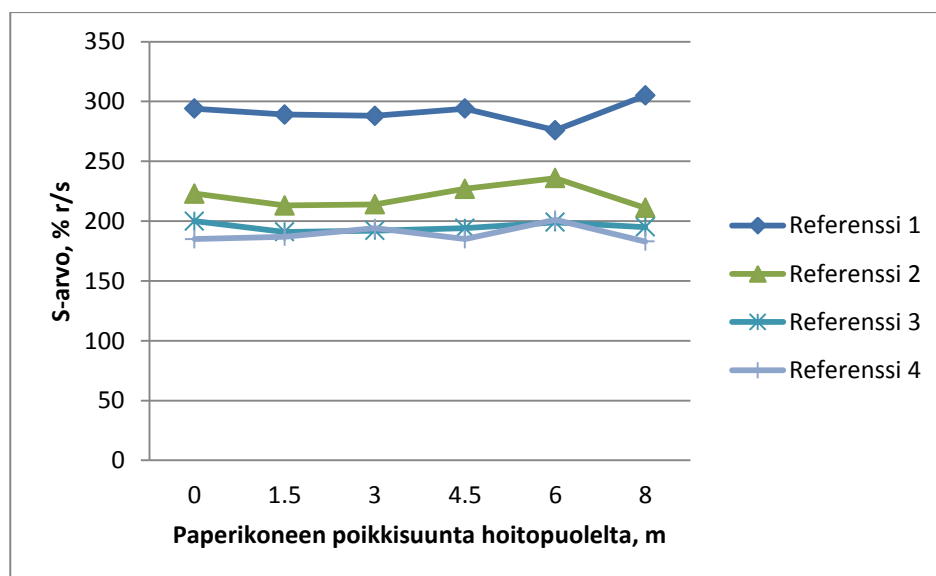
Kuva 20 Referenssipaperien passes -to -fail -arvot eri kohdissa paperikoneen poikkisuunnassa hoitopuolelta tarkasteltuna.

Molemmista kuvista 19 ja 20 nähdään selvästi, miten referenssissä 3 täyteaineen annostelu lähempänä perälaatikon syöttöpumppua aiheuttaa herkemmin pölyämistä ja siten paperin pintalujuus on heikompaa. Passes-to-fail:n suhteen referenssi 4 on vähän heikompaa kuin referenssit 1 ja 2, mikä osoittaisi aiemmin todetun paperin pintalujuuden heikkenemisen, kun täyteainetta ja erityisesti tärkkelystä annostellaan TrumpJet:lla lähempänä perälaatikon syöttöpumppua.

Nämä tulokset eivät kuitenkaan aiheuta vielä näillä passes-to-fail arvoilla ongelmia painamisessa painotaloilla.

Jotta paperi olisi herkkä pölyämään ja aiheuttaisi ongelmia painatuksessa, pitäisi passes-to-fail arvon olla tasolla 7-6 /14/. Kuten kuvasta 20 havaitaan, referenssin 3 1,5 metriä paperikoneen hoitopuolelta katsottuna on 8-9 tasoa passes-to-fail:n suhteen. Jos tämänkaltainen rulla joutuisi painatukseen ja johtaisi asiakasvalitukseen, tässä tilanteessa voisi käydä katsomassa paikanpäällä onko ongelma todellista.

Seuraavaksi tarkastellaan referenssipapereiden välisiä eroja Emco S-laitteella mitattujen vesiadsorptiomittausten suhteen, jotka on esitetty seuraavaksi kuvissa 21, 22 ja 23. S-arvolla tarkoitetaan adsorboituvan veden määrän vesiadsorbtion ollessa voimakkainta ja tS- arvolla tarkoitetaan sitä ajanhetkeä, jolloin vesiadsorbtio on ollut voimakkainta. tV-arvo kertoo, miten kauan vesiadsorbtio on kestänyt sen alkamisesta.



Kuva 21 Adsorpoituneen veden määrä (S-arvo) eri kohdissa paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

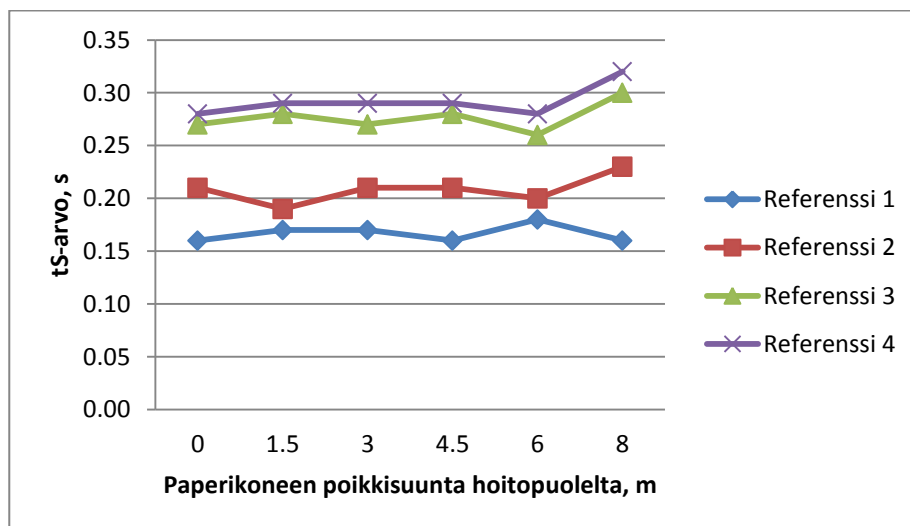
Kuten kuvasta 21 nähdään, referenssit 1 ja 2 ovat adsorboituvan vesimäärän suhteen enemmän vettä imevämpiä. Tämä johtuu siitä, että paperien huokosrakenne on referensseillä 1 ja 2 huokoisempi tai huokostilavuus tai huokosten määrä on suurempi kuin referensseillä 3 ja 4. Referenssin 1 adsorboituvan veden määrä on suuri koko paperikoneen poikkisuuntaisesti tarkasteltuna sen ollessa 300 % r/s luokkaa. Referenssien 3 ja 4 osalta adsorboituvan veden määrä on SC-paperien normaalilla tasolla, kun s-arvo on 200 % r/s-luokkaa. Referenssien 1 ja 2 sekä 3 ja 4 välinen ero voi johtua täyteaineseossuhteen muutoksesta, koska referensseillä 1 ja 2 on noin 5 % enemmän kalsiumkarbonaattia minkä takia ne ovat huokosempia.

Referenssin 2 osalta adsorboituvan veden määrä on hieman normaalia tasoa heikompi, kuten nähdään kuvasta 22. Paperin kosteusprosentti voisi vaikuttaa myös tuloksiin, mutta se ei merkittävästi muuttunut näiden referenssien välillä eikä paperikoneen poikkisuuntaisesti. Muuten adsorboituva vesimäärä profiilina on suhteellisen tasainen kaikissa referensseissä paperikoneen poikkisuunnassa katsottuna.

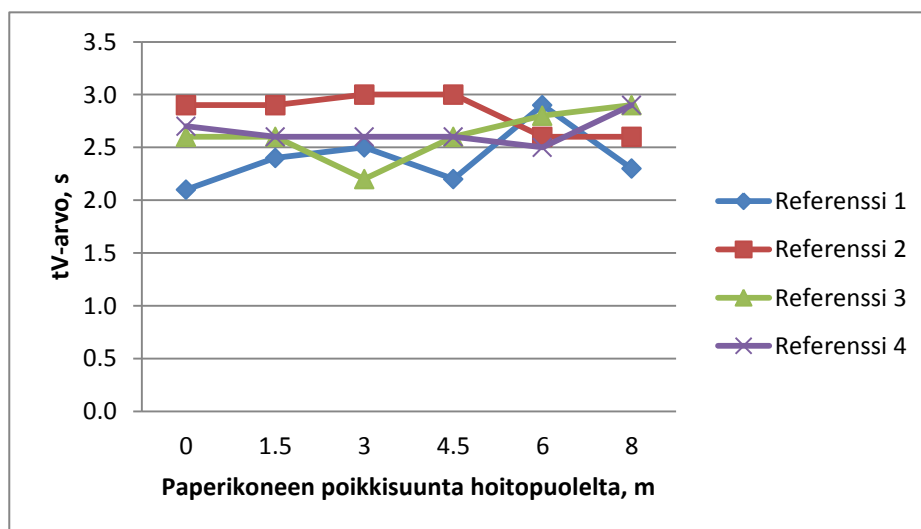
Paperin tärkkelyspitoisuus muuttui paperikoneen poikkisuuntaisesti, muttei ole vaikuttanut tässä yhteydessä vesiadsorption vesimäärään. Paperin tärkkelyspitoisuuden pitäisi olla paljon korkeampi kuin referenssipapereiden maksimi tärkkelyspitoisuus paperissa (1,05 %), jotta tärkkelyksellä voitaisiin yksinään muokata adsorboituvan veden määrään vesiadsorption ollessa voimakkainta. Tätä varten on olemassa muita pintalujuutta parantavia kemikaaleja, esimerkiksi Basoplast, jotka voivat vaikuttaa adsorboituvan veden määrään vesiadsorption ollessa voimakkainta. Tällöin paperi kestäisi paremmin painokoneella, kun vettä imeytyisi vähemmän paperiin.

Kuvien 22 ja 23 avulla nähdään, miten tärkkelyksen ja täyteaineen annostelupaikkojen muutoksella on pieni vaikutus vesiadsorptioon. Vesiadsorption kestoon annostelupaikkojen muutoksella ei referenssipapereiden suhteen ole merkittävää vaikutusta. Näiden tulokset vaikuttavat kuitenkin

painovärin käyttäytymiseen painatuksessa ja painokoneella mahdollisesti ilmeneviin ongelmiin.



Kuva 22 Ajanhetki, jolloin vesiadsorptio on ollut voimakkainta (tS-arvo) eri kohdissa paperikonetta paperin yläpuolelta tarkasteltuna.



Kuva 23 Vesiadsorption kesto (tV-arvo) eri kohdissa paperikonetta paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

Referenssipaperin 2 pinta on ehkä hieman tiiviimpi verrattuna referenssipaperiin 1 (kuvat 22 ja 23) johtuen siitä, että vesiadsorptio on ollut voimakkainta hieman myöhemmin kuin referenssillä 1. Vesiadsorbtion kesto (kuva 23) on kaikista

pisintä referenssillä 2. Kuten nähdään kuvasta 22, referensseillä 1 ja 2 vesiadsorption suurin voimakkuus on muodostunut nopeiten suhteessa referensseihin 3 ja 4. Referensseillä 3 ja 4 paperin huokoisrakenne on tiiviimpi suhteessa referensseihin 1 ja 2, mutta vesiadsorption kesto on suunnilleen samaa tasoa paperikoneen poikkisuunnassa referenssien 1 ja 2 kanssa. Tästä johtuen voidaan todeta, että paperin pintarakenne on muuttunut ja pinnasta on tullut tiiviimpi.

Kuvan 22 tS-arvo kertoo, millä ajanhetkellä vesiadsorptio on ollut voimakkainta ja kuvan 23 tV-arvo kuvaa vesiadsorbtiion kestoa vesiadsorption alkamishetkestä lähtien. tS-arvon suhteen, mitä pienempi on arvo, sitä nopeammin vesiadsorptio saavuttaa suurimman vesimäärän. tV-arvon suhteen, mitä korkeampi arvo on, sitä kauemmin vettä adsorboituu paperiin vesiadsorption alkamisesta lähtien. Nämä tS- ja tV-arvot todentavat SC-paperin vesiadsorbtiosta, joka voi huonoilla SC-papereilla olla ongelma painettaessa, jos painaja ei ota huomioon SC-paperille ominaista vesiadsorbtiota. Painajan tulee myös huomioida veden emulgointi, koska se vaikuttaa paperin venymään painatuksessa.

Vesiadsorptiotulokset eivät eronneet merkittävästi normaalista SC-paperista, mutta adsorboituvan vesimäärän osalta havaittiin referenssipaperin 1 adsorboivan enemmän vettä kuin muut referenssipaperit. Referenssipaperin 2 suhteen voidaan todeta, että paperin pinta oli hieman tiiviimpi, minkä vuoksi vesiadsorptio oli voimakkainta hieman myöhemmin kuin referenssi 1. Tämän seurauksena referenssin 2 vesiadsorbtiio kesti hieman kauemmin. Annosteltaessa tärkkelystä ja/tai täyteainetta TrumpJet:lla (referenssit 3 ja 4) paperin pinnasta tuli tiiviimpi, jolloin vesiadsorbtiio oli hitainta. Tämän seurauksena referenssien 3 ja 4 vesiadsorbtiio kesti suhteessa vähemmän aikaa kuin referenssit 1 ja 2.

10.3 Viiravedessä oleva liennut tärkkelys

Liunneen tärkkelyksen määrää viiravedessä selvitettiin ottamalla kolmen kuukauden ajalta näytteitä viiravedestä, josta selvitettiin liunneen tärkkelyksen määrä. Tärkkelyksen määrä viiravedessä osoittautui olevan noin 40 mg/l tasolla normaalisti, kun tärkkelystä oli annosteltu yhden tai muutaman päivän ajan.

Tämän jälkeen, jos tärkkelysajo oli pidempi, liunneen tärkkelyksen määrä alkoi kumuloitua paperikoneen lyhyeen kiertoon. Korkeimmillaan liunneen tärkkelyksen määrä saattoi olla jopa 130 mg/l, jolloin tärkkelystä oli annosteltu viisi päivää yhtäjaksoisesti. Todennäköisesti annosteltavan hyllyn tärkkelyspitoisuus ja pulpperoidun tärkkelyspitoisen paperin määrä ovat osaltaan vaikuttaneet liunneen tärkkelyksen määrään, kun liunneen tärkkelyksen määrä on ollut noin 100 mg/l tai sen yli. Tärkkelysannostelun päättymisen jälkeen liunneen tärkkelyksen määrä laski ajanfunktiona paperin mukana pois prosessista.

10.4 Johtopäätös

Alkutason määrittämisessä voitiin todeta, että paperien lujuusominaisuudet eivät merkittävästi muuttuneet annostelutavan muuttumisen myötä, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin lähempänä perälaatikon syöttöpumppua. Poikkisuuntaisen vetolujuuden suhteen havaittiin, että referenssillä 1 saavutettiin parhaimmat poikkisuuntaiset vetolujuudet. Samanaikaisesti poikkisuuntaisen vetolujuuden hajonta oli myös suurinta paperikoneen poikkisuunnassa, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin vanhoihin annostelupaikkoihin. Referenssillä 2 havaittiin olevan hieman pienempi poikkisuuntainen vetolujuus verrattuna referenssiin 1. Kun täyteainetta ja/tai tärkkelystä annosteltiin TrumpJet:lla (referenssit 3 ja 4) paperikoneen lyhyeen kiertoon, poikkisuuntainen vetolujuus pieneni ja poikkisuuntainen vetolujuushajonta pienenivät paperikoneen poikkisuunnassa muihin referensseihin nähden.

Huokoisuuden suhteen havaittiin paperikoneen poikkisuuntaista vaihtelua, jossa paperi oli tiiveintä paperikoneen reunoilla eli paperikoneen hoitopuolelta tarkasteltuna 0 metrin ja 8 metrin kohdalla. Referenssin 1 huokoisuusprofiili oli tasaisin paperikoneen poikkisuunnassa, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin vanhoista annostelupaikoistaan. Samalla referenssillä 1 oli myös suurin huokoisuus muihin referensseihin nähden. Täten TrumpJet:n paremmalla sekoituksella ei näiden tulosten perusteella voida sanoa, että saataisiin tiiviimpää paperia luotettavasti paperikoneen poikkisuunnassa.

Paperin tärkkelyspitoisuuden suhteen suurimmat tärkkelyspitoisuudet saavutettiin, kun tärkkelystä annosteltiin konemassan joukkoon eli vanhaan annostelupaikkaan. Kun tärkkelystä annosteltiin perälaatikon syöttöpumpun imuun, tärkkelyspitoisuus paperissa laski noin 20 %. Paperin tärkkelyspitoisuus saattoi muuttua paperikoneen poikkisuunnassa eri kohtien välillä, mutta tasaisin tärkkelyspitoisuusprofiili paperissa oli referenssillä 2. Täten tärkkelyksen paremmalla sekoituksella ei välttämättä saada parempaa tärkkelysprofiilia paperiin. On myös mahdollista, että referensseillä 1 ja 3 paperin tärkkelysprofiiliin on vaikuttanut paperikoneen poikkisuuntainen laatu vaihtelu, joka täten eroaisi referenssistä 2.

Paperin pintalujuuden suhteen havaittiin, että mitä huokoisempi paperi, sitä hitaammin painoväri asettuu paperin pinnalle. Pintalujuustarkastelussa havaittiin, että paperin huokoisrakenne muuttuu paperikoneen poikkisuuntaisesti tarkasteltuna. Tätä todensivat erityisesti vesiadsorptiomittauksien tulokset, jotka korreloivat hyvin muiden pintalujuusmittauksien kanssa. ISIT:n passes-to-pick/fail- menetelmässä havaittiin, että annosteltaessa täyteainetta TrumpJet:lla yksinään paperikoneen lyhyeen kiertoon, paperin pinnasta tuli heikointa muihin referensseihin nähden. ISIT:n passes-to-pick/fail- menetelmä osoitti myös sen, että paperin pintalujuus heikkeni hieman referenssillä 4, kun täyteainetta ja tärkkelystä annosteltiin yhtäaikaaisesti TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon. Tämän referenssin 4 ero referensseihin 1 ja 2 ei ole vielä merkittävä.

Liunneen tärkkelyksen määrä on normaalisti noin 40 mg/l, kun tärkkelystä on ajettu korkeintaan muutama päivä. Tämän jälkeen tärkkelyksen määrä alkaa kumuloitua paperikoneen lyhyeen ja pitkään kiertoon nostaen täten viiraveden liunneen tärkkelyksen määrää. Kumuloitunut liunneen tärkkelyksen pitoisuus pienentyy tärkkelysannostelun päättymisen jälkeen ajan funktiona. Liunneen tärkkelyksen pitoisuuteen vaikuttaa myös, miten paljon on pulpperoitu tärkkelyspitoista paperia.

11 KOEAJO 1: Täyteaineen ja tärkkelyksen annostelun vaikutus pintalujuuteen

Koeajo 1 suoritettiin kymmenen koepisteen järjestelyllä siten, että tärkkelyksen ja täyteaineen annostelua siirrettiin paikasta A paikkaan B yksi kerrallaan taulukon IV mukaisesti. Täten saatiin laaja kuva näiden kemikaalien annostelupaikkojen vaikutuksista paperin pintalujuuteen eri annostelumenetelmillä. Tämän koeajon aikana otettiin näytteitä viiravedestä, josta mitattiin varaustila, liunneen tärkkelyksen määrä, sameus ja COD. Koeajon aikana tapahtuneita kemikaalien annostelupaikkojen ja -menetelmien muutoksia arvioitiin myös yksisuuntaisella varianssianalyysimenetelmällä 5 %:n merkittävyytasolla.

Taulukko IV Ensimmäisen koeajon koeajojärjestely.

Annostelu tapa	tärkkelys		täyteaine	
	menetelmä	paikka	menetelmä	paikka
1	vanha	perinteinen	vanha	perinteinen
2	uusi	TrumpJet	vanha	perinteinen
3	uusi	perinteinen	vanha	perinteinen
4	uusi	perinteinen	uusi	perinteinen
5	uusi	perinteinen	uusi	TrumpJet
6	uusi	TrumpJet	uusi	TrumpJet
7	uusi	TrumpJet	uusi	perinteinen
8	vanha	perinteinen	uusi	perinteinen
9	vanha	perinteinen	uusi	TrumpJet
10	vanha	perinteinen	vanha	perinteinen

Taulukon IV mukaan, kun tärkkelystä annostellaan vanhasta annostelupaikasta perinteisellä tavalla, tällöin tärkkelystä annostellaan konemassan joukkoon konemassapumpun imupuolelle. Täyteaineen suhteen vanhalla annostelupaikalla ja -tavalla tarkoitetaan sen annostelua pyörrepuhdistuslaitoksen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle. Kun tärkkelystä ja/tai täyteainetta annostellaan uudesta paikasta TrumpJet -laitteistolla, tällöin annostelu tapahtuu perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle (taulukko IV). Annosteltaessa tärkkelystä ja/tai täyteainetta uudesta paikasta perinteisesti, tällöin annostelu tapahtuu perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle perinteisesti.

Paperin pintalujuutta selvitettiin painamalla paperirullia KCL:n pilot HSWO-painokoneella sekä painamalla tuotantomittakaavan painokoneella. Paperin viansietokykyä sen sijaan selvitettiin ajamalla VTT:n Ahmatti-koneella. Näiden lisäksi otettiin painatusnäytteitä pintalajuuden selvittämiseksi kahdesta kohtaa paperikoneen poikkiradan suunnassa hoitopuolelta katsottuna 3,0 m ja 6,0 m kohdalta. Näistä painatusnäytteistä mitattiin samat asiat kuin edellisistä pintalajuuden muutoksista poikkiradan suuntaisesti. Näytteistä mitattiin Prüfbau-, ISIT-, Emco S-, IGT- ja Rauma-mittaukset. Näiden lisäksi paperista mitattiin palstautumislujuus L&W- palstautumislujuusmittarilla sekä tärkkelyksen ja täyteaineen määrä paperissa.

SC- offset paperirataa analysoitiin vielä tilastollisesti käyttäen yksisuuntaista varianssianalyysiä 5 %:n merkittävyydellä, kun tärkkelyksen ja/tai täyteaineen annostelupaikkoja muutettiin. Tulosten tarkastelun perusteella muodostettiin hypoteesit täyteaineen ja tärkkelyksen annostelupaikan muutoksien vaikutuksista paperiradalle vikatyypeittäin.

11.1 Tulokset ja tuloksien tarkastelu

11.1.1 Kemikaalien annostelutapojen vaikutus paperiominaisuuksiin

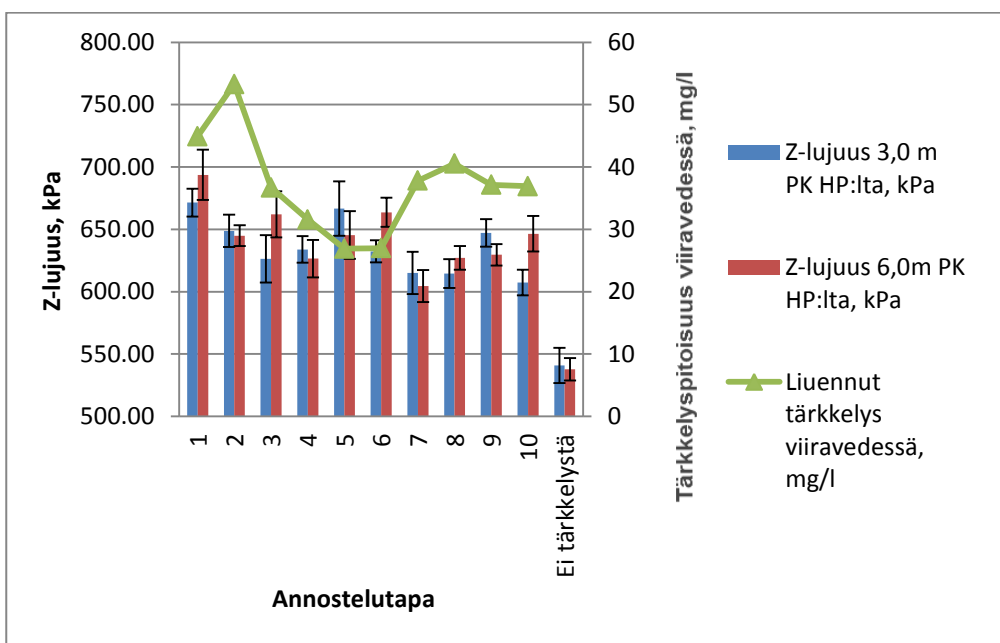
Yksisuuntaisen varianssianalyysin 5 %:n merkittävyydystason tuloksien perusteella niin sanotuksi nyrkkisäännöksi voidaan todeta:

- Kun tärkkelystä annostellaan uudessa paikassa perinteisesti perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle, kasvaa myös valkoisten täplien määrä paperiradalla, mutta täyteaineen annostelupaikalla tai sillä, että annostellaanko tärkkelystä TrumpJet:lla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle vai perinteisesti konemassan joukkoon ei ole vaikutusta
- Reikien suhteen vain täyteaineen annostelupaikalla on vaikutusta isojen reikien muodostumiseen. Muutoin täyteaineen ja tärkkelyksen annostelupaikoilla ei ole vaikutusta reikien muodostumiseen paperiradalla
- Isoja reikiä muodostuu paperiradalle, kun täyteainetta annostellaan TrumpJet:lla. Isoja reikiä muodostui paperiradalle noin 75 % kaikista isoista rei'istä koeajon aikana, kun täyteainetta annosteltiin TrumpJet:lla

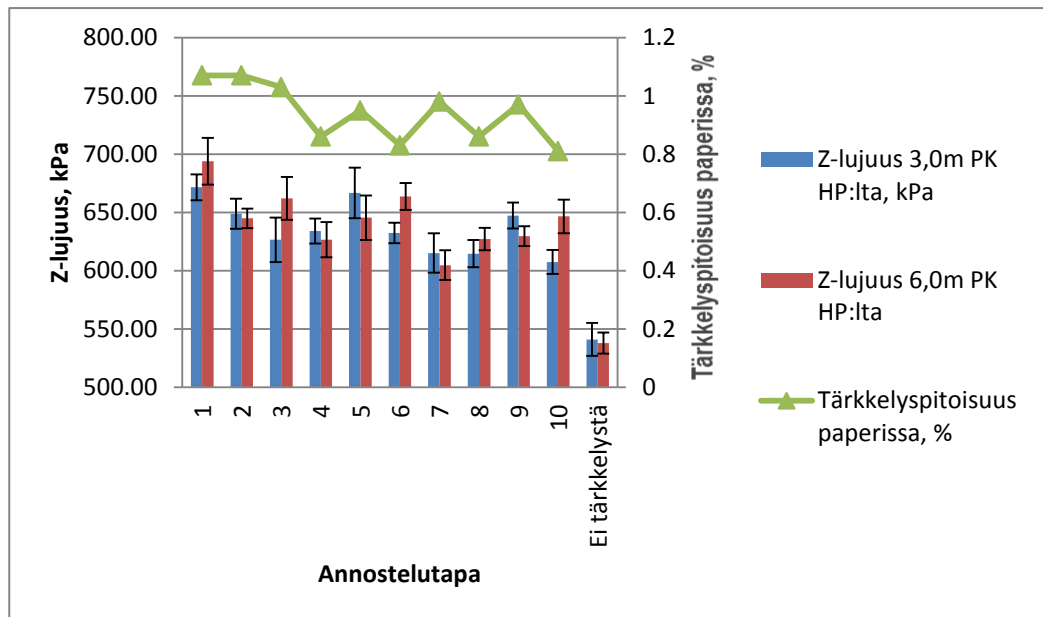
Koeajon 1 mitattujen paperien vetolujuudet, venymät ja huokoisuudet eivät merkitsevästi eronneet toisistaan tärkkelyksen ja/tai täyteaineen annostelupaikan muutoksien suhteen. Koeajon 1 annostelutapojen paperien z-lujuuksien väliset erot on esitetty taulukossa V sekä kuvissa 24 ja 25, joita on verrattu liuenneen tärkkelyksen määrään viiravedessä sekä paperin tärkkelyspitoisuuteen.

Taulukko V Koeajon z-lujuudet ja niiden hajonnat eri annostelumenetelmillä.

Annostelutapa	Z-lujuus, kPa			
	3,0m paperikoneen hoitopuolelta	hajonta	6,0m paperikoneen hoitopuolelta	hajonta
1	672	11	694	20
2	645	13	645	8
3	626	19	662	18
4	634	11	627	15
5	667	22	645	19
6	632	9	664	12
7	615	17	605	13
8	615	12	627	10
9	647	11	630	9
10	607	10	646	14
Ei tärkkelys annostelua	541	14	538	9



Kuva 24 Annostlutapojen z-lujuuden (palstautumislujuus) suhde lienneeseen tärkkelyspitoisuuteen viiravedessä.



Kuva 25 Annostelutapojen z-lujuuden (palstautumislujuus) suhde paperin tärkkelyspitoisuuteen.

Annostelumenetelmissä 4, 5 ja 6 tärkkelys on toiminut lujuuskemikaalina, kun täyteainetta ja tärkkelystä on annosteltu paperikoneen lyhyeen kiertoon. Tämä johtuu siitä, että liuennon tärkkelyksen määrä viirakaivossa on pienempi muihin annostelumenetelmiin nähden ja samanaikaisesti paperin z-lujuus on hieman korkeampi keskimääräisesti kuin annostelumenetelmillä 2, 3, 7, 8 ja 9. Tätä tukee se, että annostelumenetelmillä tärkkelyksen määrä on vähentynyt viiravedessä (kuva 24) ja z-lujuus on ollut kyseisillä annostelumenetelmillä korkeampi suhteessa muihin annostelumenetelmiin lukuun ottamatta koeajon referenssiannostelutapoja 1 ja 10.

Annostelumenetelmillä 2, 3, 7, 8 ja 9 tärkkelys on mahdollisesti sitonut enemmän hienoainetta. Siitä huolimatta, että tärkkelyspitoisuus paperissa on ollut korkeampi annostelumenetelmillä 2, on tärkkelyksen määrä viiravedessä kasvanut alkureferenssiannostelumenetelmään 1 nähden. Annostelumenetelmällä 3 tärkkelyspitoisuus viiravedessä on pysynyt samalla tasolla kuin alkuperäinen tilanne.

Syynä referenssiannostelumenetelmien 1 ja 10 väliseen eroon pidettiin koeajon aikana tapahtunutta prosessin huojuntaa. Annostelumenetelmään 10 on saattanut

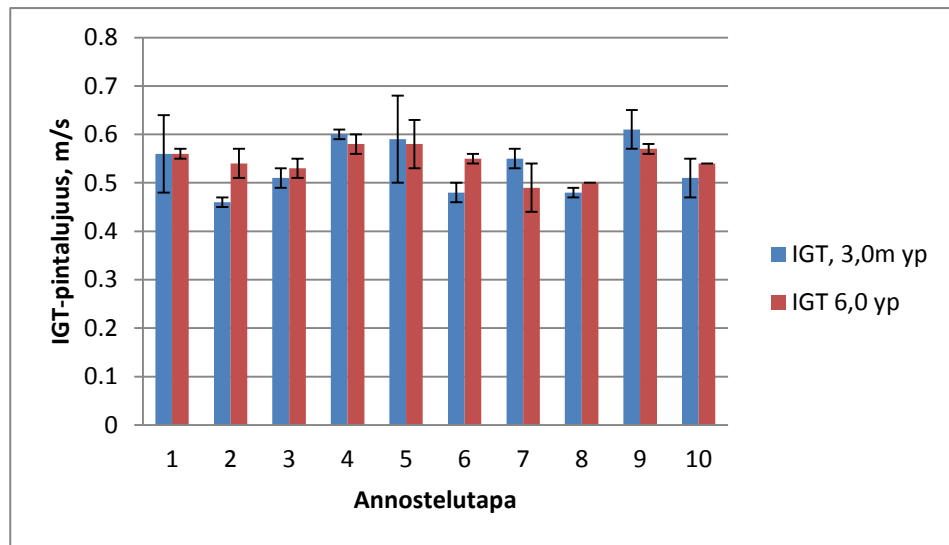
vaikuttaa myös aikaisemmat annostelutavat tai se, että pitkä kierto on alkanut hieman reagoida aikaisemmin tehtyihin annostelutapamuutoksiin koeajon kestäessä noin 27 h.

Kuten nähdään kuvasta 24, paperikoneen poikkisuuntainen laatuvaihtelu z-lujuuden suhteen näkyy hyvin vertailtaessa annostelutapoja keskenään 3,0 metrin ja 6,0 metrin kohdilta paperikoneen hoitopuolelta katsottuna. Annostelutavoilla 2 ja 4 paperin laatuvaihtelu z-lujuuden suhteen oli kaikista pienintä.

Kuvasta 24 nähdään, miten selvä vaikutus tärkkelyksellä on paperin z-lujuuteen. Tärkkelyksettömän paperin ja annostelutavan 1 välinen ero on lähes 180 kPa, kun annostelumenetelmällä 1 tärkkelystä annostellaan normaalimäärä. Kuvasta 24 nähdään myös, että annostelumenetelmällä 1 saavutettiin suurin z-lujuus suhteessa muihin. Kuitenkin ero muiden annostelutapojen ja annostelutavan 1:n välillä on suhteellisen pieni, mikä todennäköisesti ei ole todellisuudessa merkittävää. Jos tämä ero olisi todellisuudessa merkittävää, annostelutapojen välinen ero pitäisi näkyä esimerkiksi KCL-koepainatuksissa ja pintalujuusmittauksissa.

11.1.2 Kemikaalien annostelutapojen vaikutus paperin pintalujuuteen

Rauma-menetelmän suhteen tuloksissa ei havaittu merkittäviä eroja annostelutapojen välillä vertailtaessa samasta kohdasta tambuuria tehtyjen Rauma-tulosten kanssa. Rauma-tulokset muuttuivat hieman paperikoneen poikkisuunnassa paperia vertailtaessa paperin ylä- ja alapuolelta keskenään, mutta havaitut erot eivät merkittävästi eronneet toisistaan paperikoneen poikkisuunnassa tai annostelutapojen suhteen. Seuraavaksi kuvassa 26 on esitetty annostelutapojen IGT-pintalujuustulokset paperikoneen poikkiradan suuntaisesti paperin yläpuolelta. Kuvassa 27 on tarkasteltu IGT-pintalujuuksia paperin alapuolelta annostelutapojen muuttuessa. Koeajon 1 annostelutavat ovat esitetty aiemmin taulukossa IV.

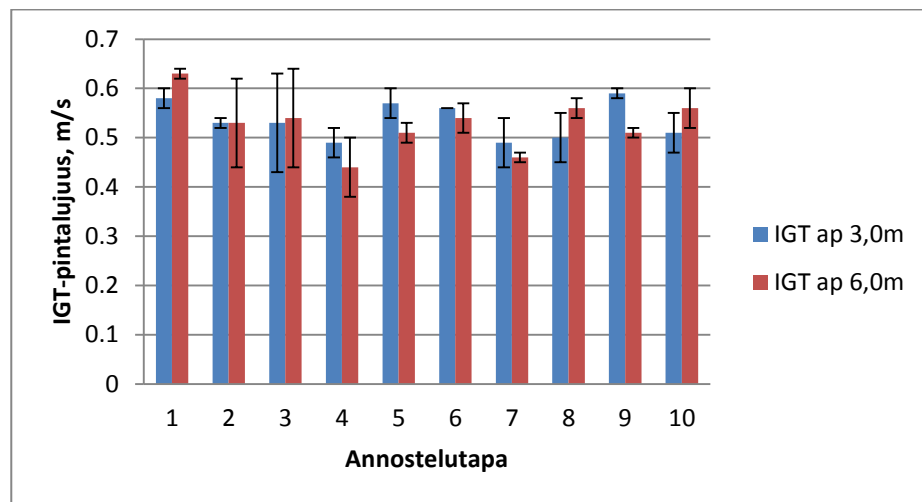


Kuva 26 IGT -pintalujuudet eri annostelutapojen suhteen paperikoneen poikkiradan suuntaisesti paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

Kuten kuvasta 26 on havaittavissa, annostelutavoilla 4, 5 ja 9 saavutettiin alkuperäistä IGT-pintalujuutta paremmat pintalujuudet. Muissa tapauksissa IGT-pintalujuudet ovat annostelutapaan 1 nähden heikommät, mutta kaikkien annostelutapojen IGT-pintalujuudet ovat hyvällä pintalujuustasolla. IGT-pintalujuustuloksia tarkastellessa, kun annostellaan täyteainetta ja tärkkelystä perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta perinteisesti, saavutetaan paperille paras pintalujuus. Yllättävää kyllä, että IGT-pintalujuus on heikompi, kun täyteainetta ja tärkkelystä annostellaan paperikoneen lyhyeen kiertoon TrumpJet-laitteiston avulla. Annostelutavoilla 2, 6 ja 7 näyttäisi olevan paperikoneen poikkisuuntaista vaihtelua IGT-pintalujuuden suhteen. Näitä edellä mainittuja annostelutapoja yhdistää se, että kyseisissä annostelutavoissa tärkkelystä annostellaan TrumpJet-laitteiston avulla. Tämän perusteella pintalujuusvaihtelu on suurempaa paperikoneen poikkisuunnassa kuin, että tärkkelystä annosteltaisiin konemassan joukkoon vanhalla tavalla perinteisesti (taulukko IV). Täyteaineen suhteen tämänkaltaista poikkisuuntaista vaihtelua ei ole havaittavissa IGT-pintalujuustuloksissa.

Yleisesti ottaen IGT-pintalujuuden ollessa 0,5 m/s tasolla, paperin pintalujuus on hyvällä tasolla. IGT-pintalujuuden ollessa noin 0,35 m/s tai heikompi, paperin

pintalujuus on liian heikkoa. IGT-pintalujuuden ollessa 0,7 m/s tai suurempi SC-papereilla, paperin pintalujuus on liian hyvä. Tällöin paperin pinta vastaanottaa vain vähän, mistä johtuen paperi tahraisi painokoneella painoväriyksikköjen painokumit. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, ettei tällaista paperia uskaltaisi painaa tuotantopainokoneella. Tarkastellessa IGT-pintalujuutta ajatellen kaikkia paperilajeja, IGT-pintalujuuden ollessa 1,0 m/s tasolla, olisi se liian korkea kaikille paperilajeille. Kuten kuvasta 26 nähdään, hajonta on merkittävän suurta. Jos katsotaan hajontaa, referenssipapereiden välillä ei ole merkitseviä eroja. Näin korkean hajonnan syynä on se, ettei menetelmää olla normaalisti käytetty SC-paperin pintalujuuden tarkastelussa.



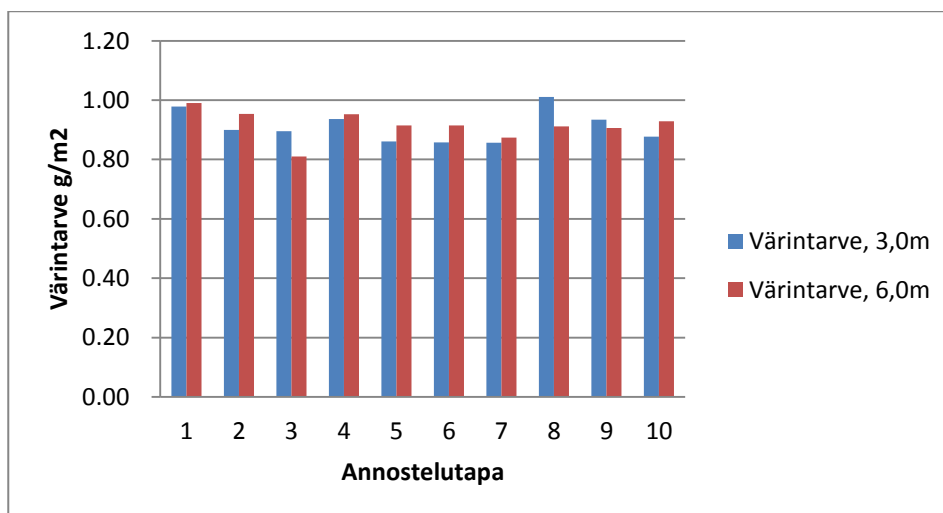
Kuva 27 IGT -pintalujuudet eri annostelutapojen suhteen paperikoneen poikkiradan suuntaisesti paperin alapuolelta tarkasteltuna.

Kuten kuvista 26 ja 27 nähdään, IGT-pintalujuudet ovat korkeampia paperin alapuolella kuin paperin yläpuolella, vaikka paperin pitäisi olla tiiviimpää paperin yläpuolella. Tätä myös todentaa annostelutapa 4, koska paperin yläpuolelta katsottuna annostelutapa 4 oli kestäväntä muihin verrattuna. Tämä johtuu siitä, että paperi on tiiviimpää siltä puolelta, josta vedenpoisto on suurempaa puristinosalla. Tämän seurauksena paperin alapuolelta tulee sileämpää, koska paperirata on kosketuksissa sileää pintaa vasten kauemmin. Paperin alapuolelta tarkasteltaessa

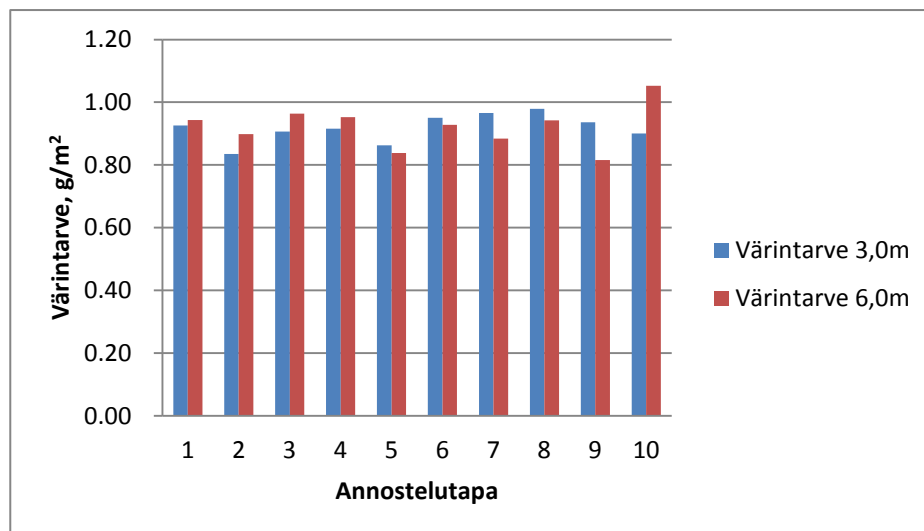
nähdään kuvasta 27, että paperin IGT- pintalujuus on kaikista heikointa annostelutavalla 4. Aiemmin todetun tasomääritysten perusteella, annostelutavan 4 paperin alapinta on edelleen hyvällä tasolla, vaikka onkin näistä heikoin paperin alapuolella.

IGT-pintalujuuksien hajonnat olivat paikoitellen hyvinkin suuria (0,11), mikä johtuu menetelmän käyttämättömyydestä. Tämän vuoksi ei ole relevanttia tarkastella tuloksia huomioiden tuloksien hajontoja, koska suurin osa eroista olisi mennyt hajontojen sisään antaen väärän kuvan IGT-pintalujuustuloksista.

Seuraavaksi on esitetty Prüfbau -värintarve mittaukset (kuvat 28 ja 29) ja setoff-tulokset kuvassa 30.

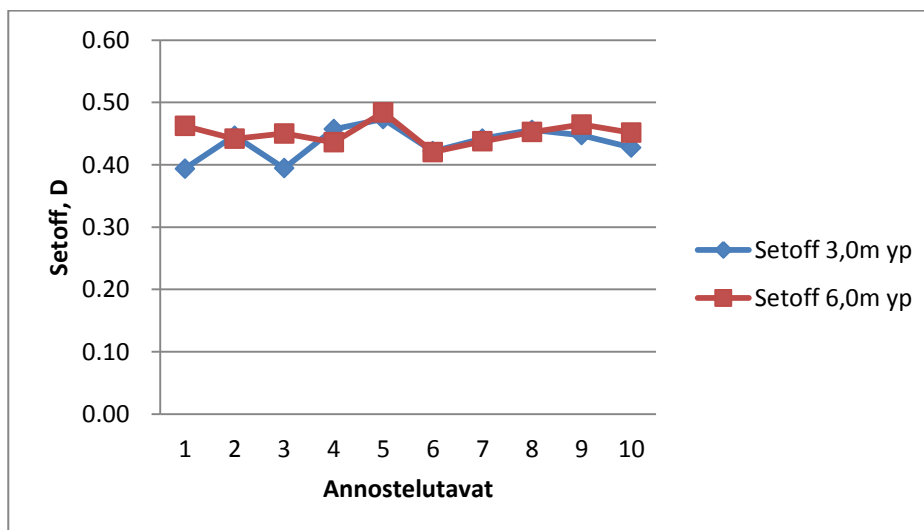


Kuva 28 Prüfbau värintarve paperin yläpuolella eri annostelutapojen suhteen paperikoneen poikkisuunnassa.



Kuva 29 Prüfbau värintarve paperin alapuolella eri annostelutapojen suhteen paperikoneen poikkisuunnassa.

Kun tarkastellaan koeajon 1 annostelutapojen 1-10 värintarvetta paperin molemmilta puolilta (kuvat 28 ja 29), havaitaan värintarpeen olevan suhteellisen suurta kaikilla annostelutavoilla. Huokosrakenne, huokostyyppi, huokostilavuus ja huokosten määrä paperin molemmilla puolilla vaikuttavat värintarpeeseen.

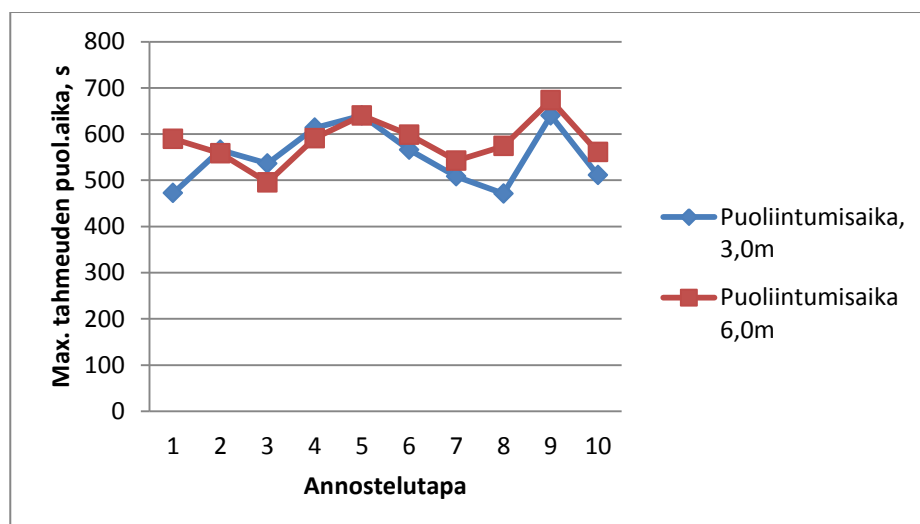


Kuva 30 Prüfbau setoff -tulokset eri annostelutapojen välillä paperikoneen poikkisuuntaisesti paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

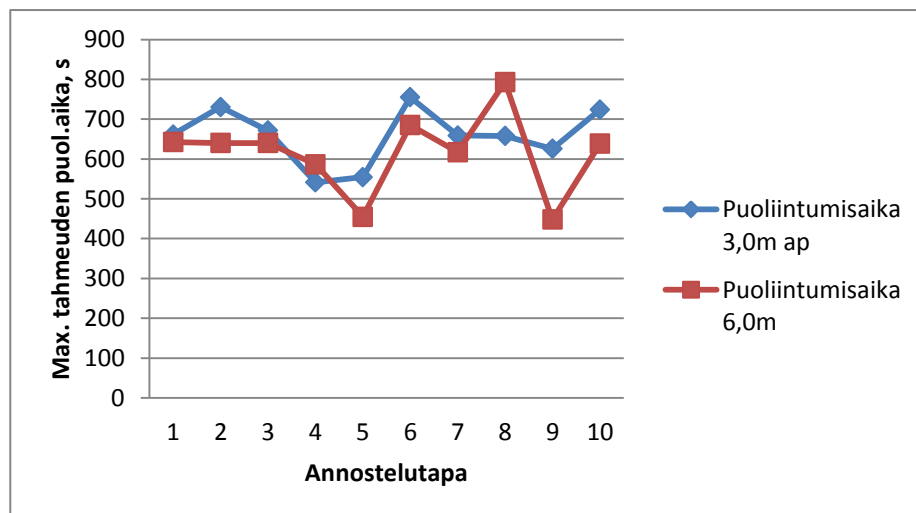
Setoff:n suhteen ei ole merkittäviä muutoksia, mutta setoff:n voidaan todeta olevan hieman suurempaa annostelutavalla 5. Setoff -arvot paperin yläpuolella

ovat SC-papereille tyypillisiä (kuva 30). Läpipainatuksen, -kuullon ja läpilyönnin suhteen ei havaittu merkittäviä muutoksia. Tarkasteltaessa kuvia 28, 29 ja 30 havaitaan, että painoväri on tunkeutunut paperin rakenteeseen eikä asettunut paperin pintaan. Jos painoväri olisi asettunut paperin pintaan, painovärintarve olisi ollut pienempi, läpipainatus ollut pienempää ja samanaikaisesti setoff olisi ollut suurta (setoff densiteetti 0,6 tasoa).

Seuraavaksi on esitetty ISIT:n painovärin maksimitahmeuden puoliintumisajan tulokset kuvissa 31 ja 32 paperin molemmilta puolilta.



Kuva 31 ISIT -painovärin maksimitahmeuden puoliintumisajat annostelutavoille paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta tarkasteltuna



Kuva 32 ISIT -painoväriin maksimitahmeuden puoliintumisajat annostelutavoille paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta tarkasteltuna.

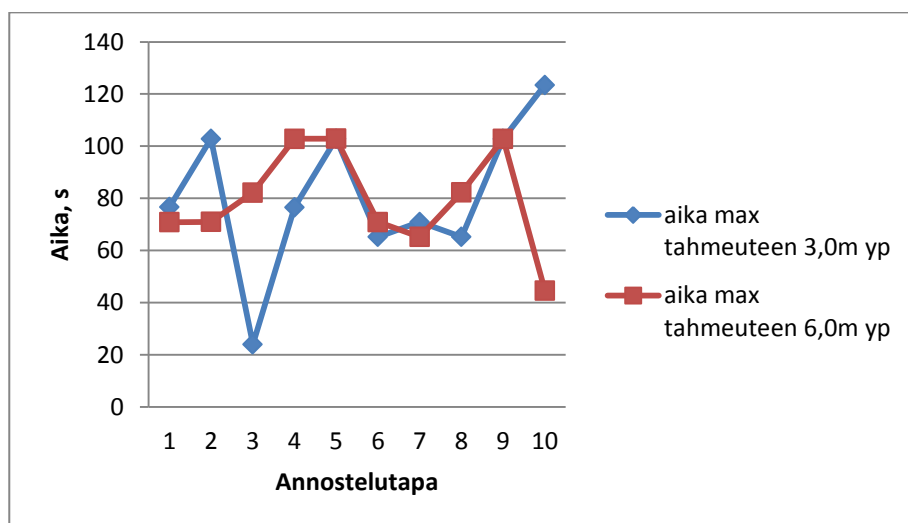
ISIT -painoväriin maksimitahmeuden puoliintumisajoista nähdään (kuvat 31 ja 32), että kaikkien annostelutapojen paperien kohdalla painoväri asettui hitaasti paperiin korkeiden maksimitahmeuden puoliintumisaikojen johdosta (600-800 s). Paperin yläpuolelta tarkastellessa painoväriin puoliintumisaika oli suhteellisen tasaista paperiradan poikkisuunnassa hoitopuolelta katsottuna, mutta annostelutavan 9 puoliintumisaika oli muita korkeampi ollen 674 sekuntia.

Paperin alapinnan painoväriin puoliintumisaika oli annostelutavalla 8 korkeinta, mutta koepisteet 1-10 (kuva 32) olivat kaiken kaikkiaan hitaita painoväriin asettumisen suhteen. Tällä todetaan, kuten aiemmin oli myös havaittavissa, miten paperin huokosrakenne muuttuu paperin ylä- ja alapinnan välillä ollen alapinnalla huokoisempaa. Annostelutapojen 5 ja 9 suhteen huokosrakenne muuttui myös paperikoneen poikkisuuntaisesti, kun 6,0 metrin kohdalla paperiradan poikkisuuntaisesti katsottuna paperi muuttui tiiviimmäksi.

Syy, miksi huokoisimman paperin painoväriin asettumisaika on korkea (SC-paperien tapauksessa noin 700 s tai yli 700 s) on se, että huokoisella paperilla on pienempi kontaktipinta-ala ja tämän vuoksi painoväriin asettuminen on hitaampaa suurien huokosten vuoksi. Tiiviimmällä paperilla, eli paperin pinnan ollessa

sulkeutuneempi, on parempi kontaktipinta-ala ja tämän vuoksi painoväriin asettuminen on nopeampaa pienempien huokosten vuoksi.

Seuraavaksi on esitelty painoväriin maksimitahmeuteen kuluvan ajan tulokset kuvassa 33. Kuvissa 34 ja 35 on esitetty ISIT passes-to-pick/fail menetelmän tulokset.



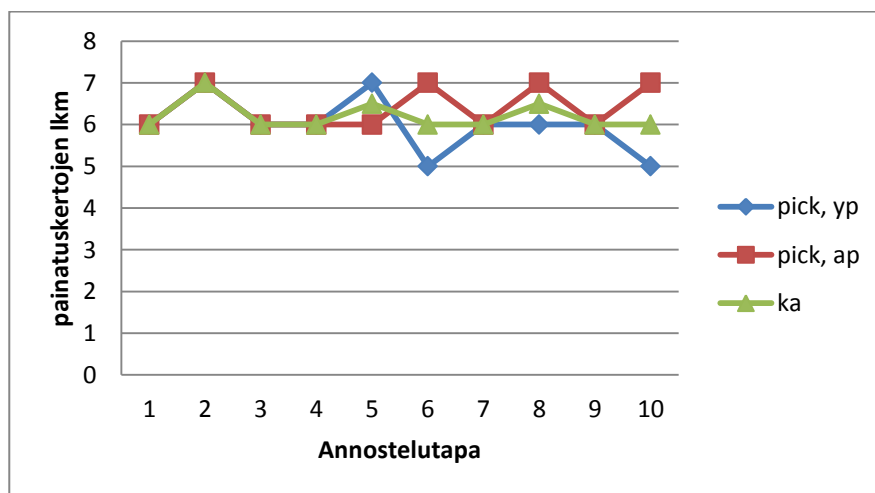
Kuva 33 Painoväriin maksimitahmeuteen kuluva aika eri annostelutavoilla paperikoneen poikkisuunnassa paperien yläpuolelta tarkasteltuna.

Maksimitahmeuden saavuttamiseen tarvittavan ajan suhteen (kuva 33) voidaan todeta, että annostelutavalla 6 saavutetaan maksimitahmeus nopeimmin. Tämä ei näy kuitenkaan maksimitahmeuden suhteen, koska maksimitahmeus ei merkittävästi eronnut annostelutapojen välillä tai poikkiradan suhteen missä kohtaa paperikonetta maksimitahmeutta oli mitattu.

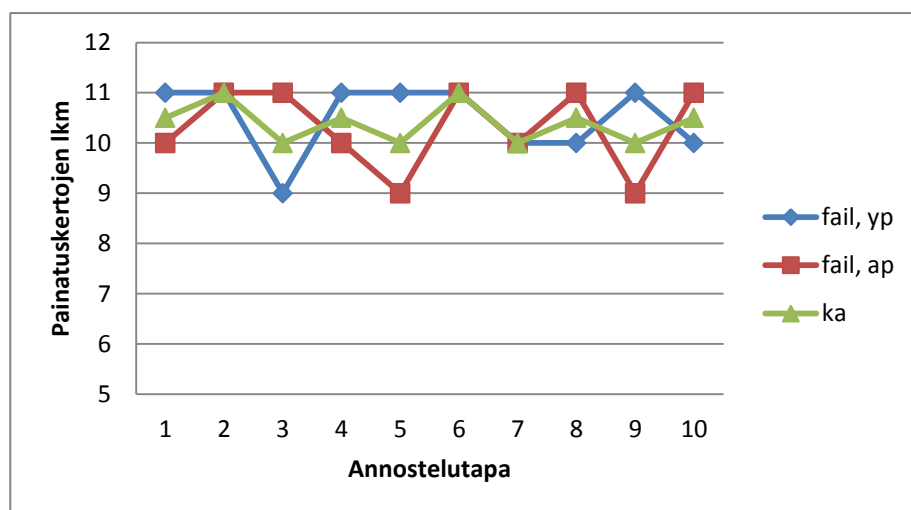
Paperin alapinnan suhteen aika maksimitahmeuden saavuttamiseen ei merkittävästi eronnut annostelutapojen välillä. Muuten eri annostelutapojen paperien pinnat muuttuvat hiukan paperiradan koneen poikkisuunnassa, kun painoväriin tahmeus saavutetaan eri aikaan paperiradan poikkisuunnassa tarkasteltuna johtuen paperin pinnan sileydestä tai sen karheudesta. Tähän eroon vaikuttaa myös aiemmin todettu huokosrakenteen muutokset paperin pinnalla.

Kuten kuvasta 33 nähdään, annostelutavalla 3 maksimitahmeuden saavuttamiseen kuluva aika oli lyhyt ja lisäksi annostelutavalla 10 tahmeuden saavuttamiseen kuluva aika oli myös hitainta 3,0 metrin kohdalla paperiradan poikkisuunnassa katsottuna. Kuvasta havaitaan myös annostelutavan 10 maksimitahmeuden saavuttamiseen kuluvan ajan 6,0 metrin kohdalla paperikoneen poikkisuunnassa olevan lähes yhtä nopeaa kuin annostelutavan 3 osalla 3,0 metrin kohdalla paperikoneen poikkisuunnassa katsottuna. Nämä eivät ole relevantteja tuloksia, koska ISIT:n mittalaite on herkkä muun muassa paperin pinnan kohoumille, roskille, ”väriklöntille” tai tahmeammalle värille, mikä täten vaikuttaa tuloksiin. ISIT -painoväriin maksimitahmeuden suhteen ei havaittu merkittäviä muutoksia. ISIT:n painoväriin maksimitahmeuden havaittiin olevan normaalia 5,0 N tasoa.

Seuraavat kuvat 34 ja 35 esittävät, miten huokosrakenteen muutos vaikuttaa paperin pintalujuuteen ISIT:n passes-to-pick/fail tuloksien avulla. ISIT passes -to -pick ja -fail tuloksista nähdään, että paperien pinnat ovat pintalujuuksiltaan hyviä.



Kuva 34 Passes -to -pick -tulokset eri annostelutavoilta paperien molemmilta puolilta tarkasteltuna.

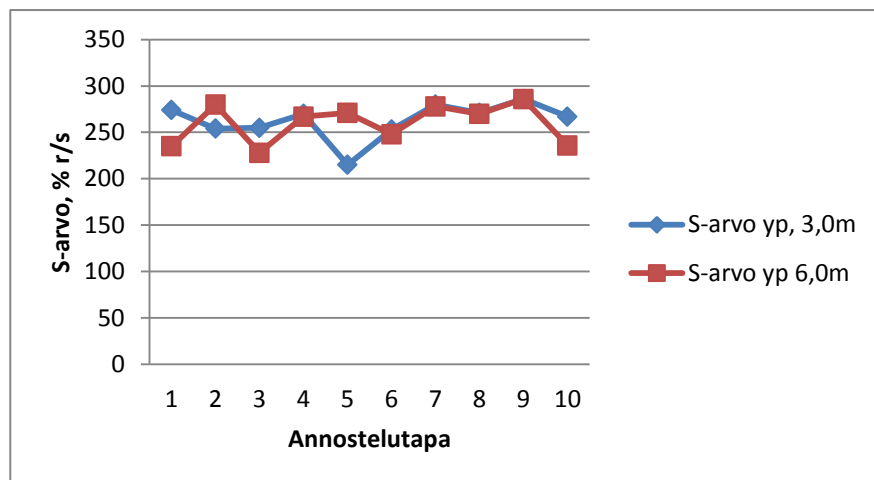


Kuva 35 Passes -to -fail -tulokset eri annostelutavoilta paperien molemmilta puolilta tarkasteltuna.

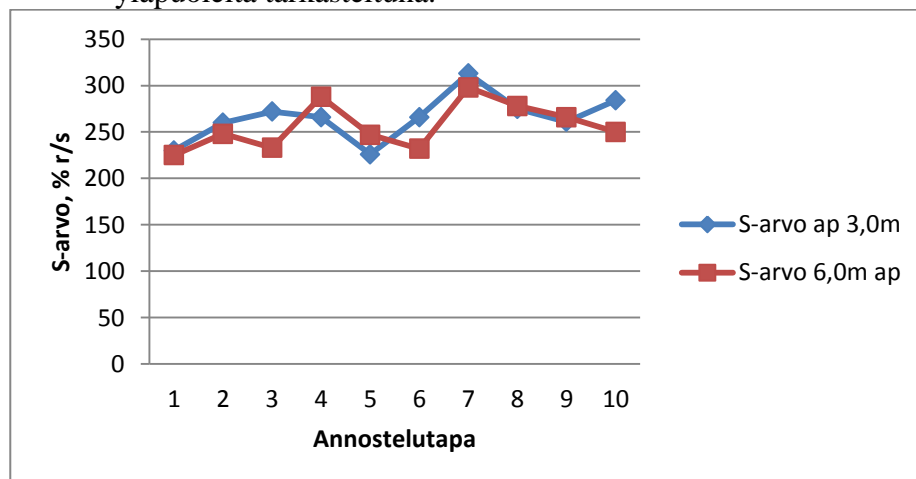
Passes -to -pick:n (kuva 34) suhteen annostelutapojen 6 ja 10 paperien yläpinta on ollut hieman heikompaan suhteessa muihin annostelutapoihin nähden. Passes– to -fail tuloksista (kuva 35) nähdään, että annostelutavan 3 yläpinta on ollut heikointa verrattuna muihin annostelutapojen yläpintoihin nähden, kun tärkkelystä annosteltiin perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle perinteisesti. Tämä voi johtua siitä, että tärkkelys on jakautunut enemmän paperin alapinnalle kuin yläpinnalle. Samasta syystä annostelutavoilla 5 ja 9 paperin alapinta on heikompi kuin yläpinta, kun tärkkelys on jakautunut paperin yläpinnalle enemmän kuin alapinnalle.

Passes -to -pick:n ja passes -to -fail:n (kuvien 34 ja 35) suhteen ei voida sanoa selkeää johtopäätöstä, miten annostelutapa olisi suoraan vaikuttanut paperin pintalujuuteen. Mikään koeajon 1 papereista ei aiheuta ongelmia painokoneella.

Seuraavaksi on esitetty vesiabsorptiomittaustulokset Emco S-laitteella kuvissa 36, 37, 38, 39 ja 40.



Kuva 36 Adsorpoituneen veden määrä vesiadsorbtiolla ollessa voimakkainta (S-arvo) eri annostelutavoilla eri kohdissa paperikonetta paperin yläpuolelta tarkasteltuna.



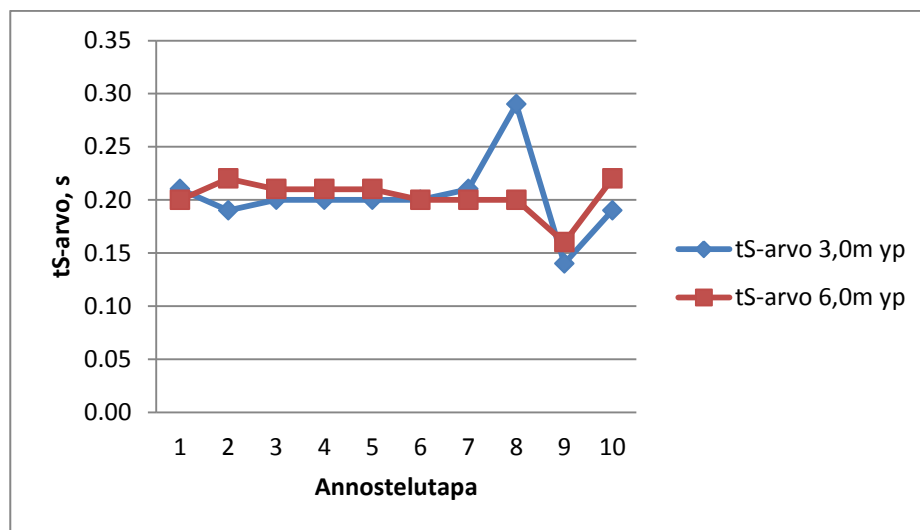
Kuva 37 Adsorpoituneen veden määrä vesiadsorbtiolla ollessa voimakkainta (S-arvo) eri annostelutavoilla eri kohdissa paperikonetta paperin alapuolelta tarkasteltuna.

Kaikilla annostelutavoilla adsorboituvan veden (S-arvo) määrät vesiadsorbtiolla ollessa voimakkainta ovat suhteellisen suuria, mutteivät eroa toisistaan merkittävästi. Tämä osoittaa myös papereiden olevan huokoisia ja vettä hyvin imeviä (kuvat 36), kuten todettiin Prüfbaun värintarpeen osalta. Tämä osoittaa myös tyypillisestä SC-paperin vesiadsorbtiosta. Paperikoneen poikkisuunnassa merkittävin ero voidaan huomata annostelutavan 5 osalta, jossa paperin yläpinta (kuva 36) on huokoisempaa suhteessa muihin annostelutapoihin ja eroaa myös paperikoneen poikkisuunnassa 6,0 metrin kohtaan. Täten annostelutavalla 5

paperin pinta on hiukan tiiviimpää 6,0 metrin kohdalla kuin 3,0 metrin kohdalla paperikoneen poikkisuunnassa.

Paperin alapuolta (kuva 37) tarkasteltaessa annostelutavan 7 havaitaan olevan kaikista huokoisin ja vettä eniten imevin koko paperiradan poikkisuunnassa katsottuna. Annostelutavan 4 osalla havaitaan huokoisrakenteen muuttuvan paperin alapuolella paperikoneen poikkisuunnassa hoitopuolelta katsottuna hiukan huokoisemmaksi. Annostelutapojen 4 ja 6 osalta voidaan todeta, että paperin huokoisrakenne eroaa paperin eripintojen välillä (kuvat 36 ja 37) adsorboituvasta vesimäärästä johtuen vesiadsorbtion ollessa voimakkainta. Muutoin annostelutapojen 1-10 väliset erot paperien ylä- ja alapuolien välillä ovat pientä.

Seuraavaksi kuvassa 38 on esitetty koeajon 1 tS- mittaustulokset paperin yläpuolelta.

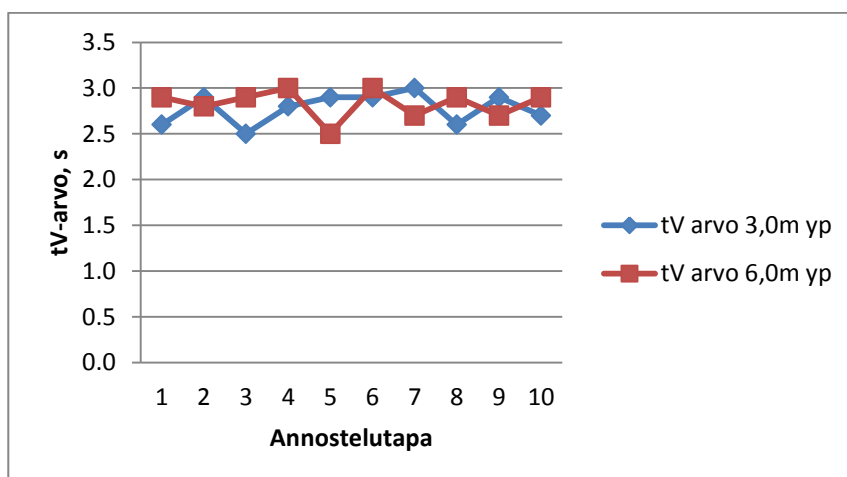


Kuva 38 Ajanhetki, jolloin vesidsorbtio on ollut voimakkainta (tS-arvo) eri annostelutavoilla paperin yläpuolella paperikoneen poikkisuuntaisesti tarkasteltuna.

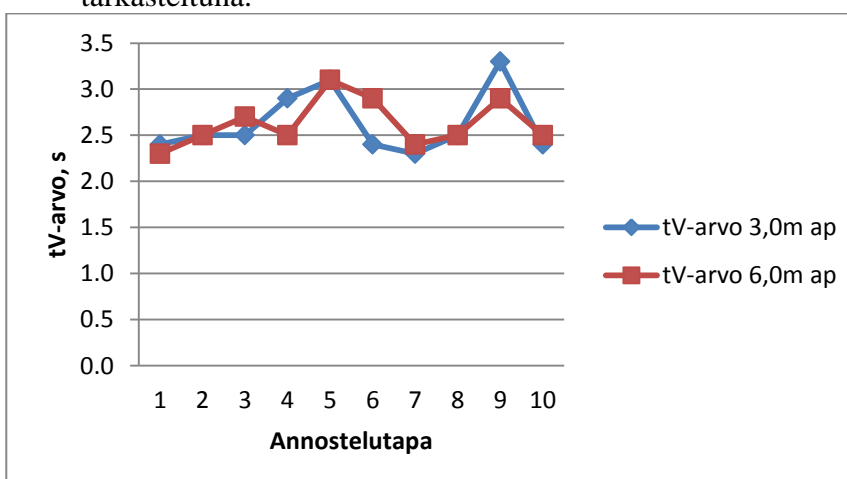
Kuva 38 tS-arvoista nähdään, että annostelutavat 1-10 eivät merkittävästi eroa toisistaan kuin annostelutavalla 8. Lisäksi nähdään, että annostelutavalla 9 vesiadsorptio on ollut voimakkainta hieman aikaisemmin kuin muilla

annostelutavoilla. Annostelutavalla 8 paperin yläpinta 3,0 metrin kohdalla on huokosrakenteeltaan tiiviimpää paperiradan poikkisuunnassa kuin 6,0 metrin kohdalla. Tästä ei pystytä sanomaan, millaiseksi huokosrakenne on muuttunut paperikoneen poikkisuunnassa tai muuttuvatko huokostilavuus, -koko vai huokosten määrä.

Seuraavaksi kuvissa 39 ja 40 on esitelty tV-tulokset, joista nähdään vesiadsorptionopeus vesiadsorption alkamisesta.



Kuva 39 Vesiadsorption kesto (tV-arvo) vesiadsorption alkamisen jälkeen eri annostelutavoilla paperikoneen poikkisuunnassa paperin yläpuolelta tarkasteltuna.



Kuva 40 Vesiadsorption kesto (tV-arvo) vesiadsorption alkamisen jälkeen eri annostelutavoilla paperikoneen poikkisuunnassa paperin alapuolelta tarkasteltuna.

Kuten kuvasta 39 nähdään, vesiadsorption kesto ei ole merkittävästi muuttunut annostelutapojen välillä. Kaiken kaikkiaan vesiadsorption kesto on ollut suurta kaikilla annostelutavoilla. Kuvia 38 ja 39 tarkasteltaessa havaitaan, annostelutavalla 8 paperin pysyneen hieman muita annostelutapoja kuivempana. Tämä johtuu siitä, että vesiadsorptio on ollut voimakkainta 3,0 metrin kohdalla muita kohtia myöhemmin ja vesiadsorption kesto on pysynyt muihin nähden samalla tasolla. Annostelutavan 9 suhteen vesiadsorptio on ollut voimakkainta hieman muita aikaisemmin, mutta vesiadsorption kesto on pysynyt muihin nähden yhtä nopeana. Mahdollisesti huokoisrakenne on muuttunut annostelutavalla 9 muita huokoisemmaksi (esimerkiksi huokoiset ovat suurentuneet, huokoisten määrä tai huokoistyyppi on kapillaarisempi), minkä seurauksena vesiadsorptio on nopeutunut. Muiden annostelutapojen suhteen havaitaan, että vesiadsorptiokäyttäytyminen on ollut samankaltaista, eikä täten suuria eroja ole havaittavissa paperin yläpinnan suhteen.

Paperin alapinnan suhteen (kuva 40) voidaan havaita, että annostelutapojen 5 ja 9 paperien vesiadsorptiot olivat nopeimmat paperiradan poikkisuunnassa. Muutoin ei havaittu mainittavia eroja adsorption keston suhteen paperien alapintojen annostelutapojen välillä. Annostelutavan 9 suhteen havaitaan huokoisrakenteen pieni ero paperin ylä- ja alapinnan suhteen, kun vesi adsorboituu alapinnalla nopeammin kuin yläpinnalla (kuvat 39 ja 40). Paperin alapintojen suhteen annostelutavoilla 4 ja 6 havaittiin, että vesi adsorboituu eri aikaan paperiradan poikkisuuntaisesti. Tässä havaitaan myös, miten huokosrakenne muuttuu paperiradan poikkisuunnan suhteen eri tahtiin, vaikka adsorboituva vesimäärä säilyi samana vesiadsorbition ollessa voimakkainta.

11.2 KCL-koepainatukset

Koeajon annostelutapojen rullista koepainatettiin rullia annostelutavoista 1, 4, 6 ja 8 KCL:n HSWO-painokoneella. Aluksi KCL:n HSWO- koepainokonetta lämmiteltiin, minkä jälkeen haettiin oikeata painoväri- ja kostusvesitasapainoa

ennen koepainatuksien aloittamista. Tähän kului noin tunti, jonka jälkeen voitiin aloittaa painokokeet.

Painatuksessa rullan yläpinta painettiin painokoneen painoväriyksikön yläyksikön puolta vasten. Koepainatuksissa yhtä koerullaa painettiin 40 000 kopiaan asti. Koepainatuksen aikana otettiin näytteitä kopioiden 5 000 kopion, 10 000 kopion, 15 000 kopion, 20 000 kopion, 30 000 kopion ja lopuksi 40 000 kopion kohdalla noin 30 kappaletta.

Koeolosuhteet säädettiin vakioksi, jotta muun muassa ilmankosteuden tai muun seikan takia ei tulisi eriävyyksiä. Koepainatuksen olosuhteet ja koepainokone ovat esitetty liitteessä 3. Koepainatuksissa käytetty painoväri, Premoking 4000, on tarkoitettu heatset web offset -painatusta varten, ja sillä voidaan painaa monia paperilajeja esimerkiksi MC, LWC ja SC- paperilajeja sekä parempia sanomalehtipaperilaatuja /82/.

Koepainatuksesta saatavia painatusnäytteitä ja painoyksiköiltä otettuja ”kirkkaita teippejä” tulkitaan visuaalisesti. Jokaisen koepainetun rullan jälkeen otettiin painoväriyksiköiltä niin sanotut kirkkaat teipit 4. painoväriyksikön, 3.painoväriyksikön ja 2.painoväriyksikön ylä- ja alapuolelta. Näiden lisäksi otettiin ensimmäiseltä painoväriyksiköltä pölyteipit painoyksikön ylä- ja alapuolelta. Pölyteipit, jotka olivat etukäteen punnittuja, otettiin painoväriyksikön vesipinnalta ja 50 % rasterialueen pinnalta painoväriyksikön ylä- ja alapuolelta. Näistä pölyteipeistä määritettiin koerullan painatuksen aikana kertyneen pölyn määrä. Näiden tulokset käsitellään samassa yhteydessä kuin koeajon 2 KCL-koepainatus tuloksien kanssa myöhemmin kappaleessa 14.

11.3 Painatukset tuotantopainokoneella

Eräällä tuotantopainokoneella, jossa painettiin Sotka-mainoksia, painettiin osa koeajon 1 annostelutapa rullista. Tuotantopainokoneella ei tehty mitään erityisiä koejärjestelyjä esimerkiksi ilmankosteuden, painovärien tai muiden järjestelyjen

suhteen. Tuotantopainokoneella käytettiin painoväriä Premo 2000:a, joka on tarkoitettu LWC- ja päällystettyjen paperilaatujen painamista varten. Tuotantopainokoneelta haluttiin nähdä, miten koepisteet kulkevat painokoneella, millainen on painatusjälki ja tapahtuuko pölyämistä koepisterullien ajon aikana kumiteloihin tai heikkeneekö paperin painatustulos tehtyjen muutosten seurauksena.

Paperin painatustuloksen heikentymistä ei pystytty todentamaan mitenkään, koska painokoneella oli automaattinen pesusekvenssi, joka pesee kaikki painolevyt havaittuaan pölyn tai kertymän. Kertymien havaitsemisen vaikeutta lisäsi se, että annostelutapakoerullia oli jäljellä vain yksi rulla annostelutapaa kohti ja lisäksi painokoneen ajohenkilöstö pesi kaikki kumitelat ja painolevyt jokaisen annostelutaparullan jälkeen. Normaalisti painokonehenkilöstö pesee painokoneen kolmen rullan jälkeen, jolloin sekin tehdään lähinnä varmuuden vuoksi. Eikä siten tarkkaan tiedetä, missä vaiheessa mahdollinen pölyäminen alkaa tai tapahtuu.

Jokaisessa annostelutaparullassa havaittiin yksittäisiä pölyämisiä tai kertymiä per arkki, mutta yhtenäistä tai jatkuvaa pölyämistä ei näkynyt ja täten tällä ei voitu todentaa haluttuja asioita. Näiden yksittäisten kertymien takia näitä ei voitu todentaa painatuskumilta painoväriyksikön vierestä strobo-valon avulla. Jotta strobo-valolla olisi voitu todentaa pölyn kumuloitumista kumiteloille, olisi pölyä pitänyt irrota reilusti paperin pinnalta ja tällöin painokoneen pesusekvenssi olisi aloittanut pesun. Tuotantopainokoneella tehtyjen ajojen perusteella koepisterullat eivät eronneet toisistaan juuri mitenkään, joten paperin pintalujuus on pysynyt ennallaan tai ehkä parantunut hieman.

11.4 Ahmatti- kokeet

Koeajon 1 annostelutaparullista mitattiin paperin viansietoa VTT:n Jyväskylän yksikössä Ahmatti- viansietoa kuvaavalla laitteistolla. Tällä laitteistolla mitattiin viansieto, kun rataa tehtiin radan poikkisuunnassa 20 mm levyinen viilto keskelle rataa ja katsottiin kuinka suurta voimaa paperi kestää. Tämän jälkeen

tehtiin sama koe uudestaan ilman, että paperirataa viillettiin poikkiradan suuntaisesti keskeltä. Yhteen rullaan kului noin 1,5 tuntia. Viiltotestissä tehtiin haluttuja katkoja 50 kappaletta ja ehjän radan suhteen 250 katkoa. Halutuilla katkoilla tarkoitetaan Ahmatti-laitteiston pito- ja vetonipin välisellä alueella tapahtuneita vetoerojen aiheuttamia katkoja. Mittaukset lopetettiin, kun oltiin saavutettu riittävästi katkoja rullaa kohti.

Näistä katkoista laskettiin vetolujuudet ja venymät sekä näiden ominaisuuksien rullan sisäiset variaatiokertoimet (COV). Lisäksi määritettiin vetolujuusarvojen 10 % prosenttipiste, jonka alapuolella on 10 % mitatuista lujuushavainnoista. Tämän lisäksi laskettiin montako prosenttia edellä mainittu prosenttipiste on keskiarvoa pienempi. Mitä suurempi ero on, sitä leveämpi lujuusjakauma on eli sitä pidempi ”heikko häntä” lujuusjakaumalla on. Toinen tapa arvioida lujuusvaihtelua oli sovittaa kaksi parametrinen Weibull-jakauma mittauksiin. Tällöin mitä pienempi on Weibull-moduuli m , sitä leveämpi on lujuusjakauma. Kaksi parametrinen Weibull-laskentakaava /83/ on esitetty seuraavaksi ja tulokset on esitetty taulukossa VI:

$$W_2(\sigma) = 1 - \exp^{-(\sigma/\sigma_0)^m} \quad (1)$$

, missä	$W_2(\sigma)$	Kumulatiivinen katkeamistodennäköisyys, kun rataa venytetään kireyteen σ
	m	Weibull -moduuli on parametrin variaatiota ilmaiseva mitta
	σ_0	Skaalausparametri, joka ilmaisee jakauman huippukohdan
	σ	Mitattu kireys

Taulukko VI Ahmatti- tulokset, Weibull-vetolujuus ja venymäarvot sekä näiden variaatiokertoimet. Mittauspisteiden 10 %:n prosenttipiste ja prosenttipisteen etäisyys Weibull- jakauman keskiarvosta.

Annostelu tapa	Weibull- moduuli		Variaatiokerroin COV, %		vetolujuuden 10 % pros.piste	Prosentuaalinen ero keskiarvon ja pros.pisteen välillä
	vetolujuus	venymä	vetolujuus	venymä		
1	31,1	13,8	3,89	8,08	2,09	-4,8
2	27,5	11,6	4,72	9,78	2,03	-6
3	30,1	13,2	4,02	8,71	2	-5
4	31,5	13,6	4,1	8,85	1,99	-5,1
5	35,3	14,1	3,46	8,1	2,06	-4
6	29,8	14,1	3,77	7,77	2,07	-5,2
7	30,5	14	3,83	7,89	2	-5,2
8	24,9	12,2	5,63	9,91	1,93	-8
9	31,8	13,7	3,59	8,24	2,09	-4,9
10	31,2	14,6	4,3	8,49	2,08	-4,9

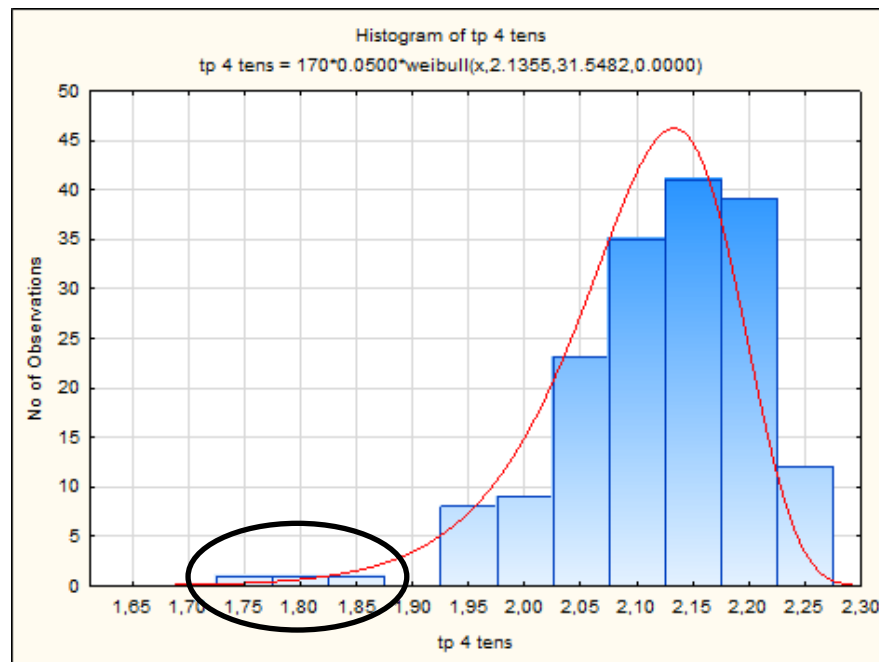
Vetolujuudet ja venymät eivät eronneet koeajon 1 laboratoriomittausten kanssa. Annostelutaparullien vetolujuuksien ja venymien Weibull- moduulit ovat muuttuneet koeajon 1 aikana (taulukko VI) verrattuna annostelutapaan 1 nähden. Paras arvo saavutettiin annostelutavalla 5, jossa Weibull- moduulin arvo oli 35,3. Mitä korkeampi on Weibull- moduulin arvo vetolujuuden ja venymän suhteen, sitä kapeampi on lujuusjakauma. Jos päinvastoin Weibull- moduuli on pieni, lujuusjakauma on tällöin leveä. Mitä pienempi Weibull- moduulin arvo on, sitä pidempi on lujuusjakauman ”heikko häntä” ja sitä suurempi on paperin katkoalttius painokoneella (kuva 41). Tarkasteltaessa vetolujuuden ja venymän vaihtelua Weibull- moduulin, variaatiokertoimen sekä prosenttipisteen ja keskiarvon välisen eron suhteen, havaitaan, että vaihtelu oli suurinta annostelutavoilla 2 ja 8. Tämän perusteella näitä annostelutapoja ei kannata ottaa käyttöön.

Annostelutapojen 5 ja 6 yhteisvaikutuksella on saavutettu pienimmät hajonnat. Nämä tulokset kertovat, että tärkkelyksen ja täyteaineen paremmalla sekoituksella TrumpJet:lla saavutetaan pienempi vetolujuus- ja venymähajonta, mikä näkyy myös korkeampana venymän Weibull-moduulina. Siitä huolimatta, että annostelumenetelmän 6 vetolujuuden Weibull- moduuli on annostelumenetelmän

1 kanssa samaa tasoa, annostelutapojen 5 ja 6 tulokset ovat merkittäviä, koska rullien sisäinen vetolujuushajonta pienentyi merkittävästi ilman, että vetolujuus tai venymä muuttui merkittävästi (taulukko VI ja liite 2 taulukko I).

Lisäksi merkittävä löytö on myös annostelutavalla 4 havaittu hieman korkeampi Weibull- vetolujuusmoduulin arvo ja sen lähes yhtä hyvä Weibull-venymämoduulin arvo kuin annostelutavalla 1. Annostelutavan 4 vetolujuudet tai venymät eivät kuitenkaan ole heikentyneet merkittävästi (taulukko VI), vaikka tärkkelystä ja täyteainetta annostellaan lähempänä perälaatikon syöttöpumpun imupuolta perinteisesti. Tämä osoittaisi toisaalta myös sen, että paperille saavutetaan lähes yhtä hyvät lujuusarvot annostelemalla tärkkelystä ja täyteainetta ilman TrumpJet- laitteistoa sekä sen, ettei paremmalla sekoituksella lähempänä perälaatikon syöttöpumpua välttämättä ole hyötyä paperin lujuuden suhteen.

Lisäksi annostelutavalla 9 saavutettiin yhtä pieni vetolujuushajonta kuin annostelutavoilla 5 ja 6. Tämä ei ole yhtä merkittävä tulos kuin annostelutavoilla 5 ja 6, koska on erittäin todennäköistä, että paperikoneen pitkäkierto on vaikuttanut tuloksiin positiivisesti ja täten on saavutettu hieman parempi vetolujuus ja venymä kuin alkureferenssi annostelutavalla 1. Toisaalta on myös mahdollista, että aikaisemmat annostelutavat ovat osaltaan vaikuttaneet tulokseen prosessiviiveen vuoksi. Tätä väittämää tukee myös tämän pisteen Weibull-moduulin arvo, joka on lähes samanlainen annostelutavan 1 kanssa niin vetolujuuden kuin myös venymän suhteen. Täten on erittäin todennäköistä, että paperikoneen pitkäkierto on alkanut vaikuttamaan näihin tuloksiin annostelutavasta 8 lähtien, koska vetolujuuden ja venymän Weibull-moduuli heilahti yllättäen laajaksi. Paperin katkoherkkyyttä havainnollistaa kuva 41, jossa on ympyröity painokoneella paperin kriittinen ”heikon hännän” –alue esimerkiksi rullanvaihdon yhteydessä. Kuvassa 41 on esitetty annostelutavan 4 Weibull-vetolujuusjakauma.



Kuva 41 Paperin Weibull- vetolujuuden ”heikon hännän”, joka on ympyröity, merkitys on suuri tuotantopainokoneella paperia painettaessa.

11.5 Johtopäätös

Eri annostelutapojen vaikutuksilla paperien lujusarvoihin ei havaittu tapahtuneen merkittäviä muutoksia. Z-lujuuden havaittiin heikkenevän annostelutavan muuttamisesta johtuen, kun tärkkelyksen ja täyteaineen annostelutapaa muutettiin vanhasta annostelutavasta muihin annostelutapoihin. Alku- ja jälkireferenssien välinen ero johtui todennäköisesti koeajon pituudesta johtunut prosessin huojunta, missä paperikoneen pitkä kierto on mahdollisesti vaikuttanut tuloksiin positiivisesti. Z-lujuuden heikkeneminen annostelutapojen 1-10 välillä ei ole merkitsevän suurta. Syynä on se, etteivät veto-, venymä tai repäisylujuus muuttuneet merkitsevästi annostelutapojen välillä.

Paperin tärkkelyspitoisuus laski annostelutapojen välillä siten, että suurin pitoisuus (1,11 %) saavutettiin annostellessa tärkkelystä konemassan joukkoon perinteisesti. Kun tärkkelystä annosteltiin lähempänä perälaatikon syöttöpumppua,

tärkkelyspitoisuus paperissa laski hieman paperikoneen poikkisuunnassa. Paperin tärkkelyspitoisuus vaihteli kaikista eniten koko koeajon aikana, kun tärkkelystä annosteltiin TrumpJet-laitteistolla paperikoneen lyhyeen kiertoon. Paperin tärkkelyspitoisuus kuitenkin laski, kun tärkkelyksen lisäksi annosteltiin täyteainetta TrumpJet- laitteistolla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta, jolloin tärkkelyspitoisuus laski 0,88 %:n tasolle. Lopuksi annostelutavasta 10 eli jälkireferenssistä havaitaan selvästi, miten prosessi on alkanut huojumaan muutoksien takia pitkässä koeajossa.

Liuenneen tärkkelyspitoisuuden havaittiin laskevan matalimmalle tasolle annostelutavoilla 4, 5 ja 6, joiden liuenneet tärkkelyspitoisuudet olivat lähes samoja. Näiden annostelutapojen perusteella nähtiin myös, että paperin tärkkelyspitoisuus laski ja samaan aikaan paperien z-lujuus on ollut muita annostelutapoja suurempi. Täten tärkkelys on todennäköisesti vaikuttanut paperin lujuusarvoihin. Viiraveden liuenneen tärkkelyspitoisuuden suurimmaksi arvoksi saatiin, kun tärkkelystä annosteltiin yksinään TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon eli annostelutapa 2. Muilla annostelutavoilla liuenneen tärkkelyspitoisuuden määrä viiravedessä oli normaalilla tasolla eli noin 40 mg/l.

IGT-pintalujuuksissa saavutettiin annostelutavalle 4 kaikista paras pintalujuus, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin paperikoneen lyhyeen kiertoon perinteisesti perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle. Kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin TrumpJet- laitteistolla (annostelutapa 6), saavutettiin pienempi IGT-pintalujuus kuin vastaavasta kohtaa annostelutavalla 4, perinteisellä annostelutavalla. Tämä tarkoittaisi sitä, ettei paremman pintalujuuden saavuttamiseksi tarvita paremman sekoituksen antavaa TrumpJet- laitteistoa.

Muiden pintalujuutta mittaavien laitteistojen avulla havaittiin, että paperin pinnan huokoisrakenne muuttuu eri annostelutavoilla paperin ylä- ja alapuolen kesken. Tämän syynä on huokoisten tyyppin, huokoistilavuuden, -koon ja huokoismäärän muuttuminen paperin puolten kesken. Tätä tukivat Prüfbau värintarve ja setoff-tulokset sekä ISIT-menetelmän ja ISIT passes-to-pick/fail-menetelmätulokset.

Emco S- laitteella mitatut vesiadsorptio tulokset korostivat huokoisrakenteen muuttumista paperinpuolten kesken adsorboituvan vesimäärän, vesiadsorbtion alkamisajankohdan ja vesiadsorptio nopeuden suhteen.

KCL- koepainatuksissa annostelutavalla 4 saavutettiin paperille paras pintalujuus, koska tälle tavalle saavutettiin erittäin hyvä piling -tason arvo (0-1 taso). Tätä tulosta voidaan pitää uskottavana, koska annostelutavalle 4 saavutettiin myös parhaat IGT-pintalujuuden arvot paperikoneen poikkisuuntaisesti tarkasteltuna. Muutoin paperin pintalujuus ei merkittävästi muuttunut tai heikentynyt, koska rullien piling-tasoksi saavutettiin 1-2. Tämä 1-2 piling- taso on havaittu hyväksi tuotantopainotaloissa, eikä tällä tasolla myöskään havaittu pintalujuusongelmia. Syynä annostelutavan 6 heikompaan piling-tasoon verrattuna annostelutapaan 4 on se, että paperin pinta on saattanut muuttua liian tiiviiksi, minkä seurauksena painoväri on alkanut pölyämään ja kertymään painokumille yhtä paljon kuin aiemminkin.

Ahmatti-kokeissa havaittiin, että rullan sisäinen vetolujuushajonta pienentyi, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin TrumpJet-laitteistolla paremman sekoituksen avulla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta menettämättä lujuusarvoissa merkittävästi. Tämä on merkitsevä tulos tällaisenaan, koska rulla on tasalaatuisempaa rullakohtaisesti, eivätkä lujuusarvot täten heittele. Tämä on myös sen takia merkitsevä tulos, koska Weibull käyrien ”heikot hännät” ovat erittäin herkkiä katkeilemaan ja aiheuttamaan ongelmia painokoneella.

Toinen merkittävä tulos havaittiin annostelutavalla 4, koska lujuusarvojen eikä lujuushajontojen havaittu muuttuvan merkittävästi annostelutapaan 1 verrattuna. Annostelutavalla 4 saavutettiin parempi arvo Weibull- moduulin vetolujuudelle kuin alkureferenssiannostelutavalla 1. Tämä tarkoittaisi sitä, että tärkkelystä on mahdollista annostella perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle ilman, että paperin lujuusarvot muuttuvat merkittävästi. Lisäksi tämä tarkoittaisi sitä, että tärkkelystä on mahdollista annostella paperikoneen perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle ilman paremman sekoituksen tekevää TrumpJet-laitteistoa.

12 KOEAJO 2: Tärkkelysannostuksen pienentämisen vaikutus

Tässä koeajossa haluttiin selvittää, miten tärkkelysannostuksen pienentäminen lähempänä perälaatikon syöttöpumppua käyttäen TrumpJet- laitteistoa vaikuttaa paperin pölyävyyteen painatuksessa normaaliannostukseen nähden. Toinen asia, joka haluttiin selvittää, oli mitä tapahtuu paperin ominaisuuksille, kun tärkkelysannostusta pienennetään normaalia pienemmäksi. Näitä tuloksia vertaillaan tilanteeseen, jossa täyteaine ja tärkkelys on annosteltu TrumpJet:lla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta normaalilla tärkkelysannostuksella. Tässä koeajon 2 annostelutilanne vastaa koeajon 1 annostelutapaa 6.

Painatusnäytteitä otettiin kahdesta kohtaa paperiradan poikkisuuntaisesti 3,0 metrin ja 6,0 metrin kohdilta, joista mitattiin samat asiat kuin koeajosta 1. Koeajosta 2 otettiin painatusnäytteiden lisäksi kaksi rullaa KCL:n koepainatuksia varten, jonka perusteella voidaan tehdä johtopäätökset tuloksista ja miettiä, onko järkevää pienentää tärkkelysannostusta pysyvästi. Täten nähdään myös, voidaanko saavuttaa kustannussäästöjä pienentämällä tärkkelysannostusta normaaliin annostelumäärään nähden. Tässä diplomityössä käsitellään koeajosta 2 vain KCL- koepainatukset, koska muita tuloksia en ehtinyt saamaan itselleni tämän diplomityön aikana.

Koeajo 2 meni varsinaisen koepainatettavan pisteen suhteen onnistuneesti, mutta tuotannollisista ongelmista johtuen tälle koepainatuspisteelle ei saatu referenssipistettä, jossa olisi tärkkelystä annosteltu normaalimäärä (10 kg/t). Harmittavaksi takaiskuksi koitui myös, että KCL:ssä ollut koeajon 1 edellisestä koepainatuksista jäänyt vararulla annostelutavasta 6 oli hävinnyt ennen tämän koeajon 2 koepisteen koepainatusta.

Koeajon 2 aikana havaittiin, että retentioaineen kulutus kasvoi kokonaisuudessaan 0,3 l/s koepistettä valmistettaessa. Retentioaineen kulutus oli korkeimmillaan 0,6 l/s, kun tuotannolliset ongelmat tulivat ilmi. Retentioaineen kulutus laski

normaaliksi, kun koeajo lopetettiin. KCL- koepainatustulokset ovat esitetty myöhemmin kappaleessa painatuskokeet ja tuloksia tarkastellaan koeajon 1 kanssa samaan aikaan kappaleessa 14.

13 KOEAJO 3: Täyteaineen annostelupaikan vaikutus pyörrepuhdistimeen

Tämän koeajon tarkoituksena oli selvittää täyteaineen annostelupaikan muutoksen vaikutus täyteainepitoisuuksiin eri kohdissa pyörrepuhdistinlaitoksen pyörrepuhdistusta. Lisäksi selvitettiin täyteainepitoisuus pyörrepuhdistuksen 5.vaiheen rejektissä, jolloin nähdään, mikä vaikutus on täyteaineen annostelupaikalla sen rejektoitumiseen pois prosessista. Täyteaineen annostelupaikan muutoksen vaikutusta pyörrepuhdistukseen tutkittiin selvittämällä täyteainepitoisuus ja sakeus pyörrepuhdistinlaitoksen 1.vaiheen syötöstä, akseptista ja pyörrepuhdistinlaitoksen 5.vaiheen rejektistä.

Tämä koeajo suoritettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa täyteaine annosteltiin pyörrepuhdistuslaitoksen 1.vaiheen syöttöpumpun imuun viirakaivon jälkeen. Tällöin kultakin näytteenottoapaikalta otettiin 1 dm³:n näyte, jota otettiin kaksi kertaa päivää kohti kahden päivän ajan. Myöhemmin otettiin vastaavista näytteenottoapaikoilta näytteet, jolloin täyteainetta annosteltiin TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle. Tällöin saatiin hyvä kuva, muuttuko täyteainepitoisuus annostelupaikan muuttuessa.

13.1 Tulokset ja tuloksien tarkastelu

Taulukossa VII on esitetty pyörrepuhdistimen täyteainepitoisuudet ja sakeudet eri kohdissa viisivaiheista pyörrepuhdistinta. Näytteenottohetkillä tärkkelystä on annosteltu 10 kg/t konemassan joukkoon muissa paitsi näytteillä 3 ja 4, jolloin tärkkelystä ei annosteltu. Näytteissä 1-4 pyörrepuhdistimen 2.vaiheen syöttöön on

annosteltu ainetta X 0,7 kg/s ja näytteissä 5-7 ainetta X on annosteltu 0,4 kg/s sekä näytteessä 8 ainetta X ei ole annosteltu ollenkaan. Näytteet 1-4 ovat otettu siten, että täyteaine on annosteltu TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon ja näytteillä 5-8 täyteaine on annosteltu pyörrepuhdistimen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle viirakaivon juureen.

Taulukko VII Täyteainepitoisuudet ja sakeudet pyörrepuhdistimen eri osissa.

Näyte	1.vaiheen syöttö			1.vaiheen aksepti			5.vaiheen rejekti		
	Sa- keus, %	täyte- aine pit.%	täyte- aine, g/l	Sa- keus, %	täyte- aine pit.%	täyte- aine, g/l	Sa- keus, %	täyte- aine pit.,%	täyte- aine, g/l
1	1,49	45,81	6,85	1,48	45,93	6,81	1,43	72,27	10,40
2	1,48	45,32	6,73	1,49	44,94	6,73	1,5	72,19	10,83
3	1,5	48,58	7,29	1,5	48,22	7,25	1,59	74,22	11,80
4	1,43	47,53	6,84	1,46	46,52	6,80	1,59	74,32	11,88
5	1,61	50,67	8,19	1,62	48,39	7,85	0,83	66,49	5,55
6	1,58	49,72	7,88	1,58	49,8	7,92	0,84	65,8	5,56
7	1,56	49,24	7,70	1,54	50,16	7,74	0,75	67,43	5,10
8	1,69	51,95	8,81	1,71	51,56	8,87	0,86	69,77	6,03

Kuten taulukosta VII nähdään, näytteessä 8 pyörrepuhdistin näyttäisi toimivan normaalisti, koska 1.vaiheen akseptin sakeuden konsentroitua myös täyteainepitoisuus kasvaa 1.vaiheen syöttöön nähden. Tällöin vettä poistuisi syötöstä suhteessa massaansa nähden enemmän pyörrepuhdistimen rejekteihin, minkä seurauksena massa konsentroituisi ja täyteainepitoisuus olisi korkeampi akseptissa. Pyörrepuhdistimen 5.vaiheen rejektissäkin on sen verran pieni sakeus, että voidaan sanoa tuloksien olevan luotettava viite pyörrepuhdistimen normaalista toiminnasta.

Näytteissä 1-4 sakeus ja täyteainepitoisuus ovat 1.vaiheen akseptissa lähes samat tai hieman pienemmät kuin 1.vaiheen syötössä. Näytteissä 1-4 sakeus on suuri 5.vaiheen rejekteissä, minkä pohjalta voisi sanoa, että pyörrepuhdistin ei toimi kunnolla. Kyseisissä näytteissä myös täyteainepitoisuus on suuri. Näiden pohjalta on vaikea tietää, miten suuri vaikutus tuloksiin on aineella X, jota annostellaan

pyörrepuhdistimen 2.vaiheen syöttöön. Lisäksi, mikä on todellinen vaikutus, kun täyteainetta annostellaan TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon.

Täyteaineen annostelu TrumpJet:lla lyhyeen kiertoon on selvästi vähentänyt täyteaineen pitoisuutta 1.vaiheen syötössä, mutta täyteainetta on kuitenkin rejektoitunut enemmän kuin sitä on kulkeutunut akseptiin. Tämän todennäköinen syy on se, että täyteaineartikkelit ovat agglomeroituneet suuremmiksi täyteaineartikkeleiksi tärkkelyksen vaikutuksesta. Tämän johdosta täyteaine on rejektoitunut 1.portaalta muihin portaisiin rejektoituen lopulta 5.rejekteistä pois. Tärkkelyksen vaikutukselle on vaikea tehdä varmaa johtopäätöstä täyteainepitoisuuden muutoksiin pyörrepuhdistimen eri paikkoihin, koska ei voida tietää, miten suuri vaikutus aineella X on täyteainepitoisuuksiin eri kohdissa pyörrepuhdistinta. Lisäksi tärkkelyksen vaikutuksen osuuteen täyteainepitoisuuden muutoksiin vaikeuttaa myös se, että ei myöskään tiedetä, millainen on aineen X annostuksen vaikutus pyörrepuhdistinlaitoksen toimintaan.

Vertailtaessa täyteaineannostelua viirakaivoon ja TrumpJet:lla, täyteaineelle saavutetaan pienempi rejektoituminen 5.vaiheen rejekteistä, kun täyteaine annostellaan viirakaivoon. Tämä käytännössä tarkoittaa, että täyteainetta rejektoituu noin 5,3 g/l vähemmän kuin annosteltaessa TrumpJet:lla. Tämän havaitun muutoksen pitäisi olla toisinpäin, jos pyörrepuhdistinlaitos toimisi oikein. Tosin ainee X voi tosin muuttaa tuloksia, koska ensimmäisissä 4 näytteessä aineetta X annosteltiin noin 3,0 l/s enemmän kuin näytteissä 5-7. Aineetta X ei annosteltu, kun näytettä 8 oltiin keräämässä.

Täten ei voitu todentaa WetEnd Technologies:n /49,51/ havaintoa eräällä hienopaperikoneella, että täyteaineen rejektoituminen pienentyi ja pyörrepuhdistimen hallinta parantui annosteltaessa täyteainetta TrumpJet-laitteistolla.

13.2 Johtopäätös

Koeajossa 3 ei saatu täysin luotettavaa kuvaa, miten täyteaineen annostelupaikka vaikuttaisi täyteainepitoisuuksiin eri kohdissa pyörrepuhdistinlaitosta. Saatujen tuloksien perusteella täyteainepitoisuus oli 5.vaiheen rejekteissä pienintä ja täyteainepitoisuudet 1.vaiheen akseptissa suurimmat. Täyteainetta olisi pitänyt rejektoitua vähemmän pyörrepuhdistimen 5.vaiheen rejektistä, kun täyteainetta annostellaan TrumpJet-laitteistolla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle. Lisäksi samaan aikaan pyörrepuhdistimen 1.vaiheen akseptissa täyteainepitoisuuden olisi pitänyt olla täten korkeampi kuin 1.vaiheen syötössä.

Tuloksien arviointia vaikeuttaa se, ettei tiedetä millainen on aineen X todellinen vaikutus pyörrepuhdistimen täyteainepitoisuuksiin. Lisäksi koeajon aikana aineen X annostelu muuttui, mikä on vaikuttanut myös tuloksiin. Tämä konkretisoituu neljän ensimmäisen näytteen osalta 5.vaiheen täyteainepitoisuudessa sekä sakeudessa. Sakeuden pitäisi olla kuitenkin pieni, jos pyörrepuhdistin toimisi oikein, vaikka rejektin täyteainepitoisuus olisi suuri. Tärkkelysannostuksen puuttuminen ei olisi haitannut tuloksien arviointia, koska silloin olisi nähty, miten suuri vaikutus tärkkelyksellä on pyörrepuhdistimen täyteainepitoisuuksiin eri kohdissa pyörrepuhdistinta.

14 PAINATUSKOKEET KCL:N HSWO- PAINOKONEELLA

14.1 Tulokset ja tuloksien tarkastelu

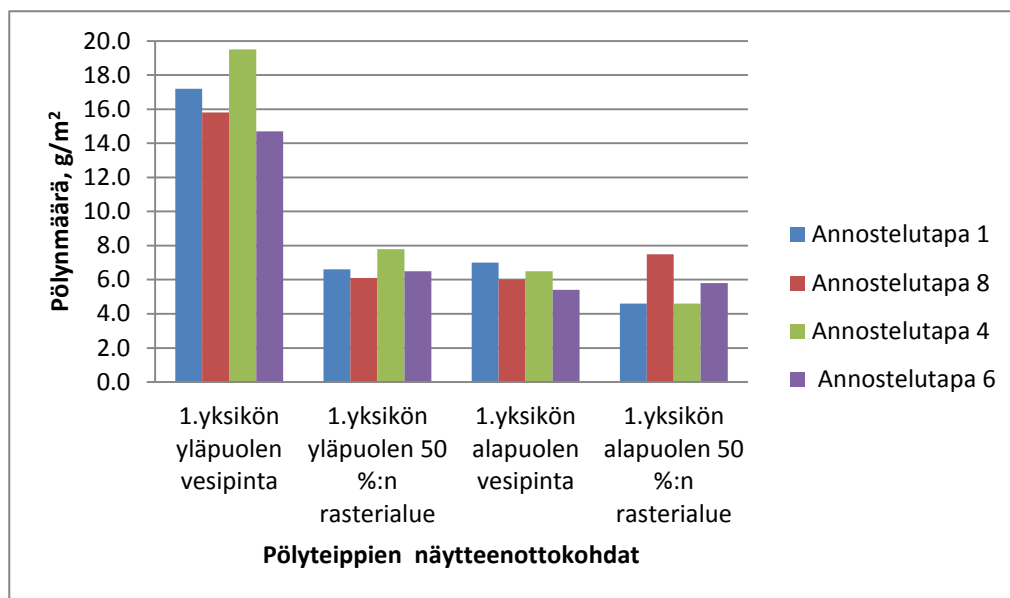
14.1.1 Koeajo 1

Neljän rullan painatusnäytteistä oli nähtävissä, että KCL:n HSWO- painokoneen densiteettitasot muuttuivat ajon aikana koko koepainatuksen aikana. Kun annostelutavan 4 rullaa oli painatettu 30 000 kopiota, alkoi paperin pintaan ilmestyä painatusnäytteen 100 % magenta, cyan, musta ja keltaiselle raita-alueelle pieni valkoinen viiva mustan ja cyan värialueen rajalle. Lisäksi kyseiseltä raita-

alueelta oli havaittavissa pientä omalle painoväriyksikölleen tapahtuvaa pikkausta, kun painatusnäytteitä oli painettu 40 000 kopiota. Tämä oman yksikön pikkausilmiö tapahtui magenta ja keltaisen värialueen rajalle. Annostelutavan 6 painatusnäytteitä verrattaessa muihin painatusnäytteisiin, mottling:n suhteen painoväri oli ehkä hieman paremmin asettunut ja jakautunut paperiin. Tämä voi olla myös seurausta painokoneen densiteettitaso muutoksista. Muutoin painatusnäytteitä tarkasteltaessa ei havaittu merkittäviä eroja, eikä suurempia painatusvikoja tai paperivikoja.

Painoväriyksiköiltä otettujen ”kirkkaiden teippien” suhteen paras tulos saavutettiin annostelutavalla 4, koska kertymät painettavan alueen kukka- ja järvimaisema- painatusalueilla olivat kaikista pienimmät. Annostelutavalla 4 piling-taso oli 0-1 tasoa. Eniten kertymiä tuli annostelutavoilla 1 ja 6 kukka- ja järvimaisema alueella. Kolmio alueilla ei havaittu merkitseviä eroja koepainatusrullien kirkkaiden teippien suhteen. Käytännössä katsoen, lukuun ottamatta annostelutapaa 4, kaikki koepainatusrullat olivat piling- tasoltaan 1-2, mikä vastaa normaalia piling-tasoa SC- heatset web offsetpaperilla.

Annostelutavalla 4 saavutettu pieni pölyävyys ja kertymien muodostumattomuus painoyksikölle 4 johtuvat paremmasta paperin pintalujuudesta, jolloin saavutettiin piling-tasoksi erittäin hyvä 0-1 taso. Tätä tulosta voidaan pitää uskottavana, koska annostelutavalle 4 saavutettiin myös pahaat IGT-pintalujuuden arvot paperikoneen poikkisuuntaisesti tarkasteltuna (kuva 26). Muutoin paperin pintalujuus ei merkittävästi muuttunut tai heikentynyt normaalista tasosta, koska muilla rullilla saavutettiin rullien piling-tasoksi 1-2. Tämä 1-2 piling- taso on SC-heatset web offsetpapereille tyypillinen ja pintalujuusongelmia aiheuttamaton piling-taso. Syynä annostelutavan 6 heikompaan piling-tasoon verrattuna annostelutapaan 4 on se, että paperin pinta on todennäköisesti muuttunut liian tiiviiksi, minkä seurauksena painoväri on alkanut kertymään painokumille yhtä paljon kuin annostelemalla tärkkelystä ja täyteainetta vanhoilla annostelupaikoillaan. Kuvassa 42 on esitelty painatusrullien pölyteippitulokset mustalta painoväriyksiköltä, kun painatus lopetettiin 40 000 kopion jälkeen.



Kuva 42 Pölyteippitulokset koepainatetuista rullista annostelutavoilla 1, 8, 4 ja 6.

Kuten kuvasta 42 nähdään, 1.yksikön yläpuolen vesipinnan pölyteippiarvot ovat korkeita johtuen todennäköisesti siitä, että KCL:ssä on unohdettu mitata tai tehdä jokin erotuslasku. Normaalisti 1.yksikön yläpuolen vesipinnan arvot ovat 6-7 g/m² luokkaa. Nämä ovat kuitenkin painettujen rullien suhteen vertailukelpoisia, koska sama virhe on tehty kaikilla koepainatus rullilla. Kuvasta 42 nähdään, että koeajon annostelutapa 4 kerryttää kaikista eniten koepainokoneen 1.yksikölle aiheuttaen linting- pölyämistä. Annostelutavan 4 ero annostelutapaan 1, ts. alkureferenssipisteeseen, nähden on hieman yli 2 g/m², jota ei voida pitää merkittävänä muihin annostelutapoihin verrattuna. Täten voidaan sanoa, paperin pintalujuuden olevan painokoneen 1.painatusyksiköllä huonointa, kun täyteainetta ja tärkkelystä annostellaan perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle perinteisesti. Annostelutapa 6 kerryttää vähiten linting-pölyä painokoneen 1.yksikölle, joka todentaisi paremman tärkkelyksen ja täyteaineen sekoittamisen johtavan pienempään linting-pölyävyyteen.

Kuvasta 42 nähdään, etteivät 1.yksikön yläpuolen 50 %:n rasterialueen ja 1.yksikön alapuolen vesipinnan pölyteippitulokset eroa toisistaan merkittävästi. Alapuolen 50 %:n rasterialueen linting- kertymät ovat muuten samaa tasoa lukuun ottamatta annostelutapoja 8 ja 6. Molemmissa annostelupaikoissa tärkkelystä annosteltiin TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon, mutta täyteainetta annosteltiin annostelutavalla 8 vanhaan paikkaan pyörrepuhdistimen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle ja annostelutavalla 6 TrumpJet:lla.

Annostelupaikan 8 osalta voidaan todeta, että paperin pinnalla on enemmän heikosti kiinnittynyttä täyteainetta ja muita hienoaineita. Kuten aiemmin todettiin, huokoisuus oli alkureferenssiin nähden hieman suurempi, mikä tarkoittaisi paperin pinnan olevan hieman avonaisempi. Tästä syystä paperi on pintalujuudeltaan hieman heikompi, mikä selittäisi tämän pienen eron 1.yksikön alapuolen 50 % rasterialueen linting -pölykertymissä.

Annostelutavan 6 suhteen huomataan se, että annostellessa täyteainetta TrumpJet:lla linting- pölyn määrä laskee suhteessa annostelutapaan 8, jossa täyteainetta annostellaan vanhaan paikkaan. Lisäksi linting-pölyn määrä 1.yksikön alapinnan 50%:n rasterialueella on suunnilleen samaa tasoa kuin alkureferenssipisteellä, annostelutapa 1, vaikka annostelutavassa 6 on tärkkelystä paperissa noin 20 % vähemmän. Annostelutavalla 4 saavutettiin pienin linting-pölyn määrä 1.painoyksikön 50 %:n rasterialueelle paperin alapinnalle, mikä osoittaisi paperin pintalujuuden olevan yhtä hyvä kuin annostelutavalla 1 eli alkureferenssillä. Annostelutapojen 4 ja 6 välinen linting-pölymäärän ero ei ole kuitenkaan merkittävä paperin alapuolelta. Paperin alapinnan suhteen koepainatusrullien suhteen ei ollut merkittäviä eroja, koska niiden kirkkaat teipit olivat täysin puhtaat. KCL- HSWO koepainokone on tyypillisesti rankempi paperin yläpintaa kohtaan kuin paperin alapintaa kohtaan.

14.1.2 Koeajo 2

Koeajosta kaksi ajettiin KCL:n koepainokoneella yksi rulla. Koepainatuspäivä meni muuten hyvin lukuun ottamatta aiemmin mainittua KCL:n hävittämää rullaa koeajon 1 annostelutavan 6 vararullaa, joka olisi voinut toimia vararullana koeajon 2 koepainatuspisteelle. Tämän vuoksi oli harmi, että koeajossa 2 referenssipiste epäonnistui tuotannollisten syiden takia. Koeajon 2 rullan pölyteippitulokset on esitetty kuvassa 42, jossa pölyteippituloksia verrataan koeajon 1 annostelutavan 6 kanssa. Pölyteippituloksia käsitellään hieman myöhemmin tässä kappaleessa. Koepainatuksen aikana otettiin painatusnäytteitä samoista kohtia kuin koeajon 1 annostelutapojen koepainatuksien aikana. Rullan koepainatuksen jälkeen otettiin pölyteipit ja kirkkaat teipit, joilla nähdään miten paljon rulla pölyttää paperin pinnalta painokumeille.

Painatusnäytteistä oli havaittavissa, että KCL:n HSWO koepainokonetta ajettiin liian kuivana. Tämä näkyi pieninä pikkausjälkinä ja omalle yksikölleen muodostuvana kertymänä kaikissa koepainatuspäivän rullien tapauksissa. Omalle yksikölleen tapahtuva kertymien muodostuminen näkyi esimerkiksi 100 %:n magenta, cyan, mustan ja keltaisen raita-alueella värien välisillä raja-alueilla, 100 %:n magenta-alueen reunoilla sekä mustan 50 %:n, keltaisen 50 %:n, cyan 50 %:n ja magenta 50 %:n alueiden muodostaman mustan alueen haaleutena. Nämä painatusjäljen virheet alkoivat 30 000 kopiosta lähtien, mutta 30 000 kopion kohdalla painatusnäytteissä oli vain vähän pikkausta. 30 000 kopion jälkeen pikkaus pahentui lähestyttäessä 40 000 kopiota. Näiden virheiden todennäköisin aiheuttaja on ollut kuitenkin se, että painokonetta on ajettu liian kuivana kuin, että tärkkelysannostus olisi ollut liian pieni.

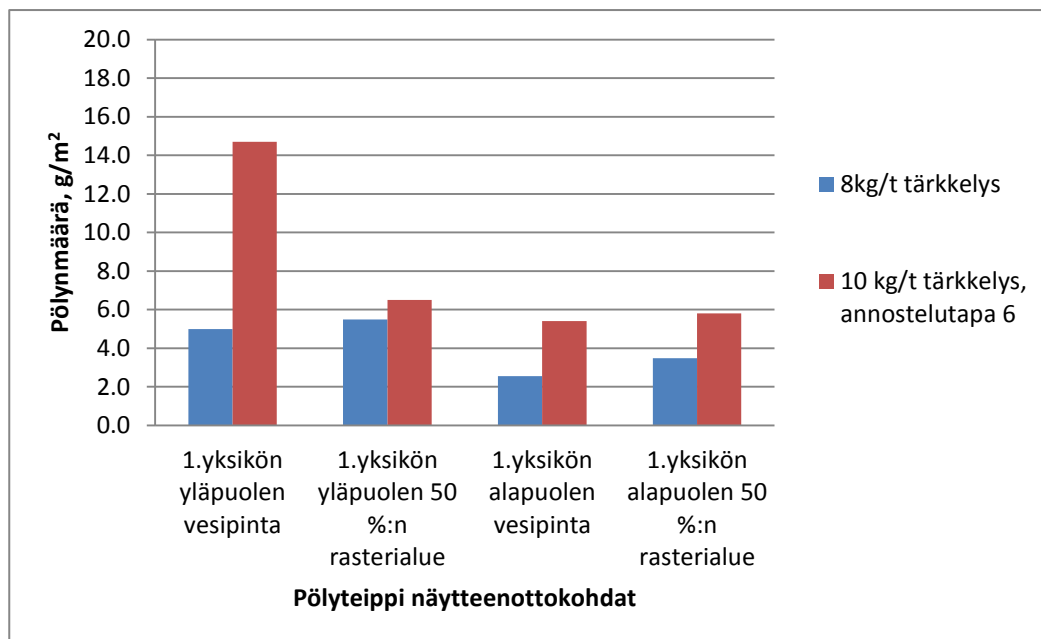
Vertailtaessa koeajon 2 pienemmän tärkkelyspitoisuuden omaavia painatusnäytteitä koeajon 1 annostelutavan 6 suuremman tärkkelyspitoisuuden omaavien painatusnäytteiden kanssa, ei voida erottaa visuaalisesti suurempia eroja kuin, mitkä virheet olivat tulleet liian kuivana ajetusta KCL:n HSWO-koepainokoneesta. Tässä kohtaa vertailuna käytetty koeajon 1 annostelutapa 6 ei

ole täysin relevantti vertailukohde pölyteippitulosten kannalta, koska nämä ovat painettu eri aikaan ja näissä kokeissa havaittiin erilaiset ongelmat. Painatusilanteet ovat kuitenkin yleensä aina erilaisia ja prosessiolosuhteet esimerkiksi densiteettien ja kostutusveden suhteen aina erilaisia.

Vertailtaessa 8 kg/t tärkkelyspaperin kirkkaita teippejä 10 kg/t tärkkelyspaperin kirkkaisiin teippeihin voidaan todeta, että kertymien määrä on kasvanut magenta-, cyan- ja keltaisella painoväriyksiköllä. Piling-tasoksi tuli 2-3, kun tärkkelystä annostellaan vähemmän kuin normaalisti (piling-taso 1-2). Täten paperin pintalujuus on normaaliin tärkkelysannostukseen nähden heikompi. Osa kertymistä on voinut aiheutua liian kuivana ajetusta KCL:n koepainokoneesta tai siitä, että tärkkelystä oli enemmän paperin alapinnalla kuin yläpinnalla pienemmän tärkkelyspitoisuuden omaavissa painatusnäytteissä. Kirkkaiden teippien suhteen ei havaittu mainittavia eroja suuremman tai pienemmän tärkkelyspitoisuuden omaavien painatusnäytteiden osalta. Todennäköisesti paperin tärkkelyspitoisuus on vaikuttanut pölyn muodostumiseen painokoneen kumitelojen pintaan, kun tärkkelystä annosteltiin vähemmän kuin normaalisti.

Näiden ”kirkkaiden teippien” perusteella ei voida sanoa suoraan, onko paperin pintalujuus heikentynyt liian heikoksi, ettei sitä voisi lähettää asiakkaalle. Tämän vuoksi lopullinen päätös tärkkelysannostuksen pienentämiselle tulisi tehdä asiakaspalautteen pohjalta.

Kuvassa 43 on esitelty painatusrullien pölyteippitulokset mustalta painoväriyksiköltä, kun painatus lopetettiin 40 000 kopion jälkeen.



Kuva 43 Pölyteippi tulokset, kuvaavat linting-pölyämistä, koeajon 2 (pienempi tärkkelys annostus) ja koeajon 1 annostelutavan 6 (normaali tärkkelys annostus) välillä.

Kuvasta 43 nähdään, linting- pölymäärä on kaikilla alueilla pienempää, kun tärkkelystä on annosteltu vähemmän kuin normaalisti. Tähän tulokseen vaikuttaa myös se, että nämä on painettu eri aikaan KCL:ssä ja ettei näitä annostelutapojen rullia painettu samaan aikaan. Normaalin tärkkelysmäärän pölyteippitulokset ovat siis samat, jotka on esitetty myös kuvassa 42, kun käsiteltiin koeajon 1 koepainatuksia. Pienemmän tärkkelyksen omaavan paperirullan pölyteippituloksien pitäisi olla normaaliin annostelumäärään nähden heikommat tai suunnilleen samaa tasoa.

Täten nämä eivät ole ihan suoraan vertailukelpoisia, koska tämän perusteella näyttäisi siltä, että pienemmällä tärkkelysmäärällä saavutettaisiin parempi paperin pintalujuus suhteessa normaaliin annostelumäärään. Tämä osoittaa sen, että KCL-koepainatukset ovat yksilökohtaisia ja sen, että pitää aina olla referenssipiste, jotta koepisteet olisivat vertailukelpoisia keskenään. Tästä johtuen ei saada täysin

luotettavaa kuvaa linting- pölyn eroavaisuudesta pienemmän tärkkelysannostelun ja isomman tärkkelysannostelun välillä.

14.2 Johtopäätös

Kirkkaiden teippien suhteen paras tulos saavutettiin koeajon 1 annostelutavalle 4, jossa piling- tasoksi muodostui 0-1. Tämä tulos osoittaa, että IGT-pintalujuus on varsin vertailukelpoinen mittaamenetelmänä paperin pintalujuudelle. Annostelutavan 6 suhteen havaittiin paperin pinnan olevan liian sulkeutunut, minkä vuoksi paperi on todennäköisesti alkanut kerryttämään 4. yksikön kumiteloille. Tällöin piling –tasoksi tuli 1-2, kuten myös muille ensimmäisestä koeajosta koepainatetuille rullillekin.

Koeajon 2 koepainatetun rullan suhteen paperin pintalujuus oli heikompi kuin koeajon 1 annostelutavan 6 paperin. Tämä näkyi piling- tasolla 2-3, jonka syynä on todennäköisesti pienempi tärkkelysannostus. Koeajon 2 paperin pintalujuus ei ole merkittävästi heikompi verrattuna koeajon 1 annostelutapaan 6, minkä vuoksi lopullinen päätös tärkkelysannostuksen pienentämisestä tulisi tehdä asiakaspalautteen pohjalta ja muiden pintalujuutta mittaavien laboratoriomittausten pohjalta.

15 JOHTOPÄÄTÖKSET

IGT- pintalujuusmenetelmän havaittiin olevan hyvä menetelmä paperin pintalujuuden selvittämisessä. Työn mittauksien ohessa havaittiin, että menetelmän hajonta on suuri. Tämä johtuu siitä, että menetelmää ei ole käytetty ennen tämän diplomityön mittauksien mittaamista. Tämän vuoksi mittauksien tekemistä tulisi harjoittaa, jottei mittausmenetelmän hajonta vaikuttaisi tulosten arviointiin.

Rauma-menetelmä kertoo hyvin paperin pintalujuudesta ja painettavuudesta, mutta tuloksiin vaikuttavat laborantin tarkkaavaisuus ja painoväri määrä painokiekolla. Tämän vuoksi todellisesta pintalujuudesta ei tällaisenaan saada tietää kovin tarkasti, koska menetelmää mitattaessa ei tiedetä, paljonko painoväriä on painokiekolla. Rauma-menetelmällä nähdään myös se, millä painatusyksiköllä paperin pinta alkaa rikkoontua. Tällä menetelmällä ei nähdä paperinäytteiden välisiä pintalujuuseroja muuten kuin katsomalla paperin pinnasta visuaalisesti, miten paperin pinta on pölynnyt.

ISIT- menetelmä ei sovellu paperin pintalujuuden tarkasteluun. ISIT passes-to-pick/fail -menetelmää voitaisiin käyttää paperin pintalujuuden tarkastelussa, koska menetelmä kertoo nopeasti paperin pintalujuuden tasosta karkeasti ja sen kestosta painatuskertojen lisääntyessä. ISIT:n passes-to-pick/fail -menetelmä olisi todella hyvä tapa katsoa paperin pintalujuuden taso, kun asiakkaalta saadaan tietoa paperin pinnan heikkoudesta tai jos painokoneella ilmenee katkoja.

Alkutason määrittämisessä ei havaittu paperin lujuusominaisuuksien suhteen merkittäviä poikkeavuuksia paperikoneen poikkisuunnassa. Poikkisuuntaisen vetolujuuden suhteen havaittiin, että referenssillä 1 saavutettiin parhaimmat poikkisuuntaiset vetolujuudet. Samanaikaisesti poikkisuuntaisen vetolujuuden hajonta oli myös suurinta paperikoneen poikkisuunnassa, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin vanhoihin annostelupaikkoihin. Kun täyteainetta ja/tai tärkkelystä annosteltiin TrumpJet:lla (referenssit 3 ja 4) paperikoneen lyhyeen kiertoon, poikkisuuntaisen vetolujuus pieneni ja poikkisuuntaisen

vetolujuushajonta pieneni paperikoneen poikkisuunnassa muihin referensseihin nähden.

Huokoisuuden suhteen havaittiin paperiradan poikkisuuntaista vaihtelua, jossa paperi oli tiiveintä paperikoneen reunoilla eli paperikoneen hoitopuolelta tarkasteltuna 0 metrin ja 8 metrin kohdalla. Referenssin 1 huokoisuusprofiili oli tasaisin paperikoneen poikkisuunnassa, kun tärkkelystä ja täyteainetta annosteltiin vanhoista annostelupaikoistaan. Samanaikaisesti referenssillä 1, tärkkelystä annostellaan konemassan joukkoon ja täyteainetta pyörrepuhdistimen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle, oli myös suurin huokoisuus muihin referensseihin nähden. TrumpJet:n paremmalla sekoituksella ei voitu osoittaa sitä, että saataisiin tiiviimpää paperia luotettavasti paperikoneen poikkisuunnassa.

Paperin tärkkelyspitoisuuden suhteen suurimmat tärkkelyspitoisuudet saavutettiin, kun tärkkelystä annosteltiin konemassan joukkoon eli vanhaan annostelupaikkaan. Kun tärkkelystä annosteltiin perälaatikon syöttöpumpun imuun, tärkkelyspitoisuus paperissa laski noin 20 %. Tärkkelyksen paremmalla sekoituksella ei välttämättä saada parempaa tärkkelysprofiilia paperiin.

Paperin pintalujuuden suhteen havaittiin, että mitä huokoisempi paperi on, sitä hitaammin painoväri asettuu paperin pinnalle. Pintalujuustarkastelussa havaittiin, että paperin huokosrakenne muuttuu paperikoneen poikkisuuntaisesti tarkasteltuna. Tätä todensivat erityisesti vesiadsorptiomittauksien tulokset, jotka korreloivat hyvin muiden pintalujuusmittauksien kanssa. ISIT:n passes-to-pick/fail- menetelmässä havaittiin, että annosteltaessa täyteainetta TrumpJet:lla yksinään paperikoneen lyhyeen kiertoon, paperin pinnasta tuli heikointa muihin referensseihin nähden.

Liuenneen tärkkelyksen määrä on normaalisti noin 40 mg/l, kun tärkkelystä on ajettu korkeintaan muutama päivä. Tämän jälkeen tärkkelyksen määrä alkaa kumuloitua paperikoneen lyhyeen ja pitkään kiertoon nostoen täten viiraveden liuenneen tärkkelyksen määrää. Kumuloitunut liuennut tärkkelyspitoisuus pienentyy tärkkelysannostelun päättymisen jälkeen ajanfunktiona. Liuenneen

tärkkelyksen määrään vaikuttaa myös kuinka paljon tärkkelyspitoista paperia on pulperoitu.

Ensimmäisessä koeajossa paperin lujuusominaisuudet eivät merkittävästi eronneet toisistaan. Z- suuntaisen lujuuden havaittiin heikkenevän hieman annostelutavan muuttamisesta johtuen. Paperikoneen pitkäkierto on voinut vaikuttaa tuloksiin positiivisesti annostelutavasta 8 lähtien, muttei merkitsevästi johtuen siitä, etteivät veto-, venymä tai repäisyjuisuus muuttuneet merkitsevästi annostelutapojen välillä.

Paperin tärkkelyspitoisuus laski annostelutapojen välillä siten, että suurin pitoisuus (1,11 %) saavutettiin annosteltaessa tärkkelystä konemassan joukkoon perinteisesti. Kun tärkkelystä annosteltiin lähempänä perälaatikon syöttöpumppua, tärkkelyspitoisuus paperissa laski hieman paperikoneen poikkisuunnassa. Paperin tärkkelyspitoisuus vaihteli kaikkein eniten koko koeajon aikana, kun tärkkelystä annosteltiin TrumpJet-laitteistolla paperikoneen lyhyeen kiertoon. Paperin tärkkelyspitoisuus laski 0,88 %:n tasolle, kun tärkkelyksen lisäksi annosteltiin täyteainetta lähempänä perälaatikon syöttöpumppua.

Annostelutavoilla 4, 5 ja 6 saavutettiin pienimmät liuenneen tärkkelyksen pitoisuusarvot viiraveteen, mikä tarkoittaisi tärkkelyksen vaikuttaneen paperin lujuusarvoihin ja mahdollisesti myös tärkkelysretentioon. Suurin arvo liuenneen tärkkelyksen pitoisuudeksi saatiin viiraveteen, kun tärkkelystä annosteltiin TrumpJet:lla paperikoneen lyhyeen kiertoon.

Muiden pintalujuutta mittaavien laitteistojen avulla havaittiin, että paperin pinnan huokosrakenne muuttuu eri annostelutavoilla paperin ylä- ja alapuolen kesken. Syitä ovat huokosten tyypin, huokostilavuuden, -koon ja huokosten määrän muuttuminen paperin puolten kesken. Vesiadsorptiotulokset tukevat huokosrakenteen muuttumista paperiradan poikkisuuntaisesti, kun adsorpoitava vesimäärä, vesiadsorption alkamisajankohta ja vesiadsorptio nopeus muuttuivat erilaisiksi paperin molemmilla puolilla. Muilla mittausmenetelmillä voitiin tehdä samankaltainen johtopäätös.

KCL:ssä koepainatetuista koeajon 1 koepainorullista parhaaksi annostelutavaksi osoittautui annostelutapa 4, jossa saavutettiin 0-1 piling-taso. Tätä tulosta voidaan pitää uskottavana, koska annostelutavalle 4 saavutettiin myös parhaat IGT-pintalujuuden arvot paperikoneen poikkisuuntaisesti tarkasteltuna. Muutoin paperin pintalujuus ei merkittävästi muuttunut tai heikentynyt, koska rullien piling-tasoksi saavutettiin 1-2. Syynä annostelutavan 6 heikompaan piling-tasoon verrattuna annostelutapaan 4 on se, että paperin pinta on todennäköisesti muuttunut liian tiiviiksi, minkä seurauksena painoväri on alkanut kerryttämään painokumille. Tätä annostelutavan 6 huonompaa kirkkaiden teippi- tuloksia todentaa IGT-pintalujuus mittaukset. Annostelutavalle 6 saavutettiin annostelutapaa 4 nähden pienemmät IGT-pintalujuus arvot, mikä tarkoittaisi sitä, ettei paremman pintalujuuden saavuttamiseksi tarvita välttämättä paremman sekoituksen antavaa TrumpJet- laitteistoa.

KCL:ssä koepainetun koeajon 2 rullan perusteella ei voitu tehdä lopullisia johtopäätöksiä siitä, onko paperin pintalujuus liian heikkoa lähetettäväksi asiakkaalle. Lopullinen päätös tarkkelysannostuksen pienentämiselle tulee tehdä asiakaspalautteen ja pintalujuutta kuvaavien laboratoriomittausten perusteella, koska paperin aiheuttamat kertymät eivät olleet merkittävästi suurempia kuin koeajon annostelutavan 6 aiheuttamat kertymät.

Ahmatti-viansietokokeissa havaittiin, että rullan sisäinen vetolujuushajonta pienentyi, kun tarkkelystä ja täyteainetta annosteltiin TrumpJet-laitteistolla paremman sekoituksen avulla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle menettämättä lujuusarvoissa merkittävästi. Tämä on merkitsevä tulos tällaisenaan, koska paperirulla on tasalaatuisempaa rullakohtaisesti, eivätkä lujuusarvot täten heittele. Tämän merkittävyys näkyy Weibull-käyrien ”heikkojen häntien” merkityksessä painokoneella, koska ”heikot hännät” ovat erittäin herkkiä katkeilemaan ja aiheuttamaan ongelmia painokoneella.

Annostelutavan 4 suhteen Ahmatti-viansietokokeissa havaittiin myös toinen merkittävä tulos. Annostelutavalla 4 lujuusarvojen ei havaittu muuttuvan

merkittävästi eivätkä lujuushajonnat muuttuneet merkittävästi verrattuna alkureferenssi annostelutapaan 1. Annostelutavalla 4 saavutettiin parempi Weibull- vetolujuusarvo kuin alkureferenssi annostelutavalla 1. Tämä tarkoittaisi sitä, että tärkkelystä on mahdollista annostella perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle menettämättä merkittävästi paperin lujuusarvoissa. Lisäksi tärkkelystä on mahdollista annostella paperikoneen perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle ilman paremman sekoituksen tekevää TrumpJet-laitteistoa.

Koeajossa 3 ei saatu täysin luotettavaa kuvaa siitä, miten täyteaineen annostelupaikka vaikuttaisi täyteainepitoisuuksiin eri kohdissa pyörrepuhdistinlaitosta. Saatujen tuloksien perusteella täyteainepitoisuus oli 5.vaiheen rejekteissä pienintä ja täyteainepitoisuudet 1.vaiheen akseptissa suurimmat, kun täyteainetta annosteltiin pyörrepuhdistuksen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle. Tuloksien olisi pitänyt olla käytännössä siten, että täyteainepitoisuuden olisi pitänyt olla pienempi 5.vaiheen rejektissä ja suurempi 1.vaiheen akseptissa annostelemalla täyteainetta TrumpJet:lla perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle kuin annostelemalla täyteainetta pyörrepuhdistimen 1.vaiheen syöttöpumpun imupuolelle. Tämä vaatisi lisätutkimuksia tarkemman täyteainepitoisuuden saamiseksi eri kohdissa pyörrepuhdistinlaitosta.

16 SUOSITUKSET

Saatujen tulosten perusteella, suosittelisin jatkotoimenpiteiksi Jämsänkosken tehtaalla kuusi eri toimenpidettä. Ensin käsittelen SC-paperin pintalajuuden mittausten menetelmien kehitykseen, paperin huokoisuusrakenteeseen, kemikaalien annostelutapoihin ja annosteluun sekä lujuushajontojen todentamiseen liittyvät asiat ja pyörrepuhdistimeen liittyvät asiat.

SC-paperin pintalajuuden mittaamiseksi suosittelisin kehittämään IGT-pintalajuuden mittaamisen tarkkuutta ja parantamaan IGT-pintalajuuden hajontaa pienemmäksi. Tämä menetelmä osoittautui korreloivan parhaiten KCL-koepainatuksen kirkkaiden teippituloksien kanssa. IGT-pintalajuusarvojen hajontojen pienentämisen tärkein elementti on laboranttien koulutus ja heidän mittauskokemuksen parantaminen, jottei mittaushajonta vaikuttaisi tulosten arviointiin.

IGT-pintalajuusliuskojen arviointia varten olisi hyvä, jos laborantti koulutettaisiin erottamaan paperin pikkausjäljistä, missä kohtaa ilmenee paperin pintalajuuden mitta ja missä kohtaa ilmenee paperin palstautumislujuuden mitta. Laboranttien kokemuksen kartuttamiseksi olisi hyvä, jos kouluttaminen suoritettaisiin siten, että vain tietyt laborantit tekisivät mittauksia. Tällä tavoin voitaisiin pienentää suorittajaan liittyvää hajontaa.

IGT-pintalajuuden rinnalle suosittelisin ISIT:n passes-to-pick/fail- menetelmän käyttöönottoa, koska menetelmällä saadaan varsin nopeasti karkea kuva SC-paperin pintalajuudesta. Tällöin nähtäisiin nopeasti, onko painokoneella ilmennyt ongelma paperin pintalajuuteen vai painatustapahtumaan liittyvä ongelma.

Aiemmin käytössä ollut Rauma- menetelmän luotettavuutta voitaisiin parantaa siten, että merkittäisiin ylös paperin värin kulutus ja painetun paperin painovärin densiteetti. Tällä tavoin olisi helpompi tulkita Rauma- menetelmän painatustuloksia, kun nähtäisiin, paljonko väriä on kulunut, mikä on densiteetti ja painatusnäytteestä nähtäisiin painatuskerta sekä miten paljon paperi pikkaa. Tätä

varten painoväriin levitykseen käytettävää IGT-laitteisto tulisi pestä huolella jokaisen painatusnäytteen välissä, koska painokiekolle kertyy eri määrä painoväriä, joka voi aiheuttaa paperin kertymien lisääntymisen. Tällä tavoin saataisiin Rauma- menetelmästä entistä parempi paperin pintalujuuden mittaamenetelmän, kun menetelmä oikeasti kuvaisi sitä, mihin se on alun perin tarkoitettu.

Kuten kokeellisessa osiossa havaitsin, paperin huokosrakenne muuttui paperin ylä- ja alapuolen välillä paperikoneen poikkisuunnassa. Tämä aiheutti suurimmat erot paperien välillä diplomityöni kokeellisessa osiossa. Tästä johtuen suosittelisin selvittämään paperin tarkemman huokosrakenteen huokostyyppin, huokosten määrän, huokoskokojen ja –tilavuuksien suhteen. Tällä tavoin voitaisiin ymmärtää paremmin, miten paperin pintarakenne vaikuttaa paperin pintalujuuteen ja painatukseen esimerkiksi vesiadsorption ja ISIT-menetelmä tuloksien kanssa. Tätä voitaisiin tutkia lisää käyttämällä GTO:n Heidelberg –painokonetta, joka antaisi hieman tarkemman kuvan paperin pintalujuudesta ja painettavuudesta.

Kemikaalien annostelutapoihin liittyen suosittelisin todentamaan uudemman kerran koeajossa 1 havaitun paperin pintalujuuden keston siten, että rullat ajettaisiin tuotantopainokoneella. Tärkeimmät annostelutavat olisivat mielestäni koeajon annostelutavat 4, 5 ja 6. Jos painettavuus ja ajettavuus parantuisivat tai pysyisivät samalla tasolla kuin täyteaineen ja tärkkelyksen annostelulla vanhaan annostelutapaan nähden, olisi järkevää muuttaa täyteaineen ja tärkkelyksen annostelua pysyvästi. Annostelutavassa 4 tärkkelystä ja täyteainetta annosteltaisiin perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta perinteisesti. Annostelutavassa 6 täyteaine ja tärkkelys annosteltaisiin perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta TrumpJet-laitteistolla. Annostelutavassa 5 tärkkelys annosteltaisiin perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta perinteisesti ja täyteaine perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta TrumpJet-laitteistolle.

Samoihin annostelutapoihin liittyen olisi hyvä todentaa Ahmatti- kokeilla, pysyvätkö havaitut vetolujuushajonnat samalla tasolla paperikoneen

poikkisuunnassa kuin koeajossa 1 havaitut vetolujuushajonnat. Tämä olisi merkittävä tulos, kun vetolujuudet eivät muuttuisi rullien sisällä. Tämän todentamisen perusteella voitaisiin tehdä päätös siitä, että annostellaanko täyteainetta ja tärkkelystä TrumpJet-laitteiston avulla, joka mahdollistaisi vetolujuushajonnan pienentämisen. Toinen vaihtoehto olisi annostella täyteainetta ja tärkkelystä perinteisesti perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta menettämättä paperin lujuusominaisuuksissa, paperin tärkkelyspitoisuuden ja lujuushajontojen pysyessä samalla tasolla kuin ennenkin.

Tärkkelysannostuksen pienentämiseen liittyen suosittelisin teettämään pintalujuusominaisuuksia todentavat laboratoriomittaukset sekä lähettämään pienemmän tärkkelysannostuksen omaavan rullan asiakkaalle. Nämä yhdessä kertoisivat heikentykö paperin pintalujuus merkittävästi todellisuudessa suuremman annostuksen tärkkelyspapereista. Mikäli paperin pintalujuus ei merkittävästi heikentyisi, voisi näiden tulosten perusteella päättää tärkkelyksen annostuksen pienentämisestä pysyvästi. Tässä yhteydessä olisi myös mielenkiintoista nähdä, miten täyteaineen ja tärkkelyksen annostelu perälaatikon syöttöpumpun imupuolelta perinteisellä tavalla vaikuttaisi painokoneella, kun tärkkelystä annosteltaisiin vähemmän.

Lisäksi suosittelisin selvittämään pyörrepuhdistimen paremman toiminnan vuoksi, miten täyteainepitoisuus ja sakeus muuttuvat todellisuudessa, kun täyteainetta annostellaan pyörrepuhdistuksen 1.vaiheen syöttöön ja perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle TrumpJet- laitteistolla tai perinteisesti. Tällöin voitaisiin tehdä laajempi tutkimus, jossa voitaisiin selvittää, miten aine X annostelun muutos vaikuttaa täyteainepitoisuuteen eri kohdissa pyörrepuhdistinta sekä, miten tärkkelysannostus ja annostelutapa (konemassan joukkoon ja perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle) vaikuttaisivat täyteainepitoisuuteen eri kohdissa pyörrepuhdistinta. Näiden tulosten perusteella voitaisiin nähdä paremmin toimiiko pyörrepuhdistin oikein ja, mitä tulisi tehdä, ettei täyteainetta kulkeutuisi yhtä paljon pyörrepuhdistimen 5.vaiheen rejektin mukana ulos prosessista.

Edellä mainitut asiat ovat toteuttamiskelpoisia, joista tärkeimmät ovat seuraavat. SC- paperin pintalujuuden mittaamista varten olisi syytä keskittyä IGT-pintalujuuden mittaushajonnan pienentämiseen ja ottamaan tähän rinnalle ISIT:n passes-to-pick/fail -menetelmä. Tällöin saadaan tarvittaessa hyvä kuva SC-paperin pintalujuuden tasosta, jos tarvitsee selvittää kuinka hyvä on pintalujuus. Lisäksi voidaan tarkistaa kyseisen paperirullan pintalujuus, jos saadaan huonoa asiakaspalautetta.

Täyteaineen ja tärkkelyksen annostelupaikan siirtämisen vaikutukset olisi hyvä todentaa todellisella painokoneella annostelutapojen 4, 5 ja 6 suhteen uudelleen. Tähän liittyen samoihin annostelutapoihin liittyen olisi hyvä teettää Ahmatilla viansietokyky testit, jotta nähdään muuttuuko paperirullan sisäinen vetolujuushajonta paperiradan poikkisuunnassa. Tärkkelyspitoisuuden pienentämisen suhteen kannattaa ottaa selvälle, miten tärkkelyspitoisuuden pienentäminen vaikuttaa laboratoriotuloksiin, ja nähdäänkö laboratorionäytteissä tarkempaa kuvaa tai heikentykö paperin pintalujuus liikaa annostellessa tärkkelystä 8 kg/t. Pyörrepuhdistimen toimintaa olisi syytä selvittää tarkemmin, että saadaan täysi varmuus pyörrepuhdistimen hallittavuudesta ja täyteaineen rejektoitumisesta 5.vaiheen rejektissä.

17 LÄHTEET

- 1 Stål, M., The Influence of Starch Addition Strategy on the Surface Strength and Printability of SC Offset Paper, Väitöskirja, Åbo Akademi University, Faculty of Technology, Laboratory of Paper Coating and Converting, 2006, Åbo. 139 s.
- 2 Turkki, J., SC-paperirullien vanaisuuden syntymekanismien selvittäminen, Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Kemiantelekniiikan osasto, Paperitekniiikan laboratorio, 2005, Anjalankoski, 102 s.
- 3 KnowPap 14.0, Paperitekniiikan ja tehtaalan automaation oppimisympäristö, 2012, Saatavissa: <http://www.knowpap.com/suomi>, [UPM-Kymmene Oyj:n Intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], [Viitattu:23.1.2013]
- 4 Evans, B., Wright, R., Haskins, W., J., Laakso, A.-P., Filling SC Paper with PCC; A Holistic Approach, PIRA Conference, Fillers and Pigments for Papermakers, 2005, 9-10.11.2005, Atlanta, Georgia, USA
- 5 Kipphan, H., Printing Technologies, Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods, Kipphan, H., (Ed.), Springer, Heidelberg, 2001, New York, 1207 p.
- 6 Kipphan, H., Rech, H., Ritz, A., Ipsen, H., Thomas, H., Printing Technologies with Permanent Printing Master, Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods, Kipphan, H., (Ed.), Springer, Heidelberg, ISBN: 3-540-67326-1, 2001, New York, 1207 p.
- 7 Karhuketo, H., Seppälä, M., J., Törn, T., Viluksela, P., Paperin ja kartongin jalostus, Kemiallinen metsäteollisuus 3, 2.uudistettu painos, Opetushallitus, Seppälä, M., J., Törn, T., (Toimittajat), ISBN: 952-13-1999-2, 2004, 225 s.

-
- 8 Hakkila, O., Monivärioffsetpainatuksen simulointi Prüfbau-laboratoriopainokoneella, KCL seloste 2076, Oy Keskuslaboratorio - Centrallaboratorium Ab, 1993, Otaniemi, Espoo, 111 s.
 - 9 UPM- Kymmene Oyj, sisäinen raportti, 2008
 - 10 Koivumäki, K., Passoja, S., Kangas, H., Offset printing, KCL printing school, Keskuslaboratorio Oy, 9.-11.8.2007, Espoo
 - 11 Sudarno, A., Gujjari, C., Rand, S., Janko, P., Batcelor, W., Banham, P., Comparison of size distributions of lint particles from different printing operations, Appita Journal - Peer Reviewed, September 2006, Vol 59 5(2006)385-390
 - 12 Gujjari, C, Batchelor, W., Sudarno, A., Banham, P., The relationship between tack and linting in offset printing of newsprint grades, Peer - reviewed, Tappi Journal, August 2009, s.4-9
 - 13 Song, H., Ankerfors, M., Hoc, M., Lindström, T., Reduction of the linting and dusting propensity of newspaper using starch and microfibrillated cellulose, Nordic Pulp and Paper Research Journal, Vol 25 4(2010)495-504
 - 14 Leppänen, T., Suullinen tiedonanto. UPM Research Center, Lappeenranta, 2012
 - 15 Drobchenko, A., Automated picking assessment using machine vision, Master's Thesis, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta 2004
 - 16 Oittinen, P., Saarelma, H., Paper in printing, Papermaking Science and Technology, Book 13, Fapet Oy. 1998, Jyväskylä, Gummerus Oy. 295 s.

-
- 17 Lovelance, R., W., Thom, K., Paper and Print Technology, Encyclopedia of materials: Science and Technology, 2nd edition, ISBN:0-08-043152-6, 2002, s.1-7
 - 18 Zhao, B., Pelton, R., Using peel as a measure of paper surface strength, Tappi, Vol 3 7(2004)3-7
 - 19 Bergh, N.-O., Starches, Surface Application of Paper Chemicals, Brander, J., Thorn, I., (Ed.), Blackie Academic and Professional, imprint Chapman and Hall, 1997, London, UK
 - 20 Rönkkä, T., Gradienttikalanteroinnin vaikutus SC- syväpainopaperin ominaisuuksiin, Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto, Jämsänkoski, 2001
 - 21 Löytty, H., Kokoonpuristuva huokoinen paperi, Kirjallisuuskatsaus, Paper Science Centre, KCL-tiedote 117, Oy Keskuslaboratorio – Centrallaboratorium Ab, 31.8.1998, Espoo
 - 22 Gu, W., Bousfield, D.,W., Tripp, C.,P., The role of surface hydrophobicity in offset ink setting, Nordic Pulp and Paper Research Journal, Vol 22 1(2007)57-60
 - 23 Xiang, Y., Bousfield, D.,W., Influence of coating structure on ink tack dynamics, Journal of Pulp and Paper Science, Vol 26 6(2000)221-227
 - 24 Xiang, Y., Bousfield, D.,W., Hayes, P.,C., Kettle, J., A model to predict ink-setting rates based on pore-size distributions, Journal of Pulp and Paper Science, Vol 30 5(2004)117-120

-
- 25 Dahlvik, P., Bluvol, G., Kagerer, K.-H., Arnold, M., Varney, D., Influence of topcoat pigment particle size distribution on tail-edge pick resistance in sheet-fed offset printing, Peer – reviewed, Tappi Journal, Vol 11 6(2012)51-58
 - 26 Aaltonen, P., Kuituraaka-aineen ja paperin testausmenetelmiä, Otatiedon julkaisu num.492, Vaasa, 1986, 98 p.
 - 27 Paperin palstautumislujuus, Laboratorio käyttöohje, UPM Jokilaakson laboratorio Handbook, Laatija: Jantunen, T., Saatavissa: UPM Jokilaakson Intranet, Viitattu: 1.3.2013
 - 28 Suontausta, O., End-use properties of printing papers, Pulp and Paper Testing, Papermaking Science and Technology, Book 17, Levlin, J.-E., Söderhjelm, L., (Ed.), Gummerus Printing, Jyväskylä 1999, s. 183-215
 - 29 Kajanto, I., Structural mechanics of paper and board, Papermaking Science and Technology, Book 16, Totally updated, Niskanen, K., (Ed.), Paperi ja Puu Oy. 2008, Jyväskylä, Gummerus Oy. 360 s.
 - 30 Paperin IGT-pintalujuus, Laboratorio käyttöohje, UPM Jokilaakson laboratorio Handbook, Laatija: Vaheri, H., Saatavissa: UPM Jokilaakson Intranet, Viitattu: 11.2.2013
 - 31 Rand, S.,F., Linting of filler in the offset printing process, Minor Thesis, Monash University, Australian Pulp and Paper Institute, Department of Chemical Engineering, 2004, Clayton, Victoria, Australia
 - 32 Leppänen, T., Measurements, tests and analysis in UPM RC connected to PRINTING processes, julkaisematon materiaali, UPM Research Center, Lappeenranta

-
- 33 Set off- määrittäminen (painoväriin asettumisnopeuden määrittäminen) IGT –laitteella, Laboratorio käyttöohje, UPM Jokilaakson laboratorio Handbook, Laatiija: Jantunen, T., Saatavissa: UPM Jokilaakson Intranet, Viitattu: 19.2.2013
- 34 IGT Pintalujuus, ISO/IEC 17025\5.04 Test and calibration methods and method validation, ISO-Standardi, UPM R&D HANDBOOK, UPM RC LotusNotes-tietokanta, UPM RC, [saatavissa: UPM:n intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], revision 2 / 03.03.2011
- 35 Gratton, M.F., Frigon, P., Predicting lint propensity of paper at the mill: a test that works, Pulp & Paper Canada, 109:1 (2008)34-42
- 36 Rautkoski, H., Reinius, H., Sneek, A., Kiuru, J., Pajula, E., Dusting and Linting – effect of materials and a new method, KCL Science and Consulting, External Reports, Work no 0-522504, 2006
- 37 Paperin Rauma-testi, Laboratorio käyttöohje, UPM Jokilaakson laboratorio Handbook, Laatiija: Vaheri, H., Saatavissa: UPM Jokilaakson Intranet, Viitattu: 11.2.2013
- 38 Prüfbau - Wet pick, märkäpintalujuus painatus, ISO/IEC 17025\5.04 Test and calibration methods and method validation, ISO-Standardi, UPM R&D HANDBOOK, UPM RC LotusNotes-tietokanta, UPM RC, [saatavissa: UPM:n intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], revision 7/08.12.2012
- 39 Prüfbau - Vessel pick testi, ISO/IEC 17025\5.04 Test and calibration methods and method validation, ISO- standardi, UPM R&D HANDBOOK, UPM RC LotusNotes-tietokanta, UPM RC, [saatavissa: UPM:n intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], revision 5 / 08.11.2012

-
- 40 Prüfbau - Värintarve ja kiiltopainatus, ISO/IEC 17025\5.04 Test and calibration methods and method validation, ISO- standardi, UPM R&D HANDBOOK, UPM RC LotusNotes-tietokanta, UPM RC, [saatavissa: UPM:n intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], revision 3 / 22.09.2010
- 41 Prüfbau, Set-off- ja läpipainatus, ISO/IEC 17025\5.04 Test and calibration methods and method validation, ISO- standardi, UPM R&D HANDBOOK, UPM RC LotusNotes-tietokanta, UPM RC, [saatavissa: UPM:n intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], revision 7 / 08.11.2012
- 42 Purontaus, J., Printability Testing on Laboratory Scale, Quality improvement and management in the pulp and paper industry, Scandinavian paper symposium, Conference Proceedings, TCM, 9.-10.9.2003, 2003, Stockholm, Sweden
- 43 ISIT - Painovärin asettuminen paperille, ISO/IEC 17025\5.04 Test and calibration methods and method validation, ISO- standardi, UPM R&D HANDBOOK, UPM RC LotusNotes-tietokanta, UPM RC, [saatavissa: UPM:n intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], revision 10 / 08.11.2012
- 44 ISIT dry passes-to-pick/fail testi, ISO/IEC 17025\5.04 Test and calibration methods and method validation, ISO-standardi, UPM R&D HANDBOOK, UPM RC LotusNotes-tietokanta, UPM RC,, [saatavissa: UPM:n intranetissä, vaatii kirjautumisen ja salasanan], revision 5 / 08.11.2012
- 45 Häggblom-Ahnger, U., Komulainen, P., Paperin ja kartongin valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus 2. Opetushallitus. 5.painos. 2006, Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy. 279 s.

-
- 46 Käki, P., Leppänen, P., Oksanen, N., Stock and water systems of the paper machine, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End. Papermaking Science and Technology. Book 8, Paulapuro, H. (Ed.), Paperi ja Puu Oy. 2nd Edition (Totally updated). 2008, Jyväskylä, Gummerus Oy. 516 s.
- 47 Cutts, P., Retention and drainage, Applications of Wet-End Paper Chemistry, Chapter 3, 2nd Edition, Thorn I., Au, C.O. (Ed.), Springer, 2009, UK, London, 226s.
- 48 Finnilä, K., DI, UPM- Kymmene Oyj, PK 5 Jämsänkoski, suullinen tiedonanto, 2013
- 49 Matula, J., Matula, J., Mäkinen, J., Uusi tärkkelyksen ja täyteaineen yhteisannostelu lyhyeen kiertoon tuo merkittäviä kustannussäästöjä, Paperitehdaspäivät 2010, WETEND Technologies Oy, 18.-19.8.2010, 2010, Savonlinna
- 50 Matula, J., Simultaneous TrumpJet Flash mixing of starch and filler cuts costs and saves environment, PaperCon 2010, Atlanta, GA, USA, 2-5 May 2010
- 51 Matula, J., Kun innostuu, niin onnistuu – Innovaatiot ja yhteistyö antavat parhaat ja nopeimmat tulokset myös paperitehtaassa, Paperitehdaspäivät 2012, WETEND Technologies Oy, 22.-23.8.2012, 2012, Savonlinna
- 52 Sanio, J., Tärkkelyksen annostelu lyhyeen kiertoon, opinnäytetyö, Saimaan ammattikorkeakoulu, Tekniikka, Paperitekniikka, Imatra, 2009
- 53 Paananen, P., Kallio, E., Käyhkö, J., Paperikemikaalien syöttötutkimukset FiberLaboratoryssa, Paperitehdaspäivät 2012, FiberLaboratory/Mikkelin ammattikorkeakoulu, 22.-23.8.2012, 2012, Savonlinna

-
- 54 Paananen, P., Paperikemikaalien syöttö: Täyteaineiden ja liimauskemikaalien syötön optimointi, MIX II, Loppuraportti, FiberLaboratory - Kuitulaboratorio, Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkimusyksikkö, Savonlinna, 2008, 51 s.
- 55 Norell, M., Johansson, K., Persson, M., Retention and drainage, Papermaking Chemistry, Papermaking Science and Technology. Book 4, Neimo, L. (Ed.), Fapet Oy. 1999, Jyväskylä, Gummerus Printing. 329 s.
- 56 Saharinen, E., Hietanen, S., Retentio ja siihen vaikuttavat tekijät, Paperikoneen märänpään mittausanalytiikan ja retention säädön kehittäminen, Rantala, T. (Toimittanut), Raina-energiataloudellinen paperin valmistus, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab, Loppuraportti, nro 4, 1991
- 57 Maurer, H.,W., Use of Starch in the Papermaking Furnish, Starch in Paper Industry, Starch: Chemistry and Technology, 3rd Edition, ISBN: 978-0-12-746275-2, 2009, Highland Maryland 20777
- 58 Van de Steeg H., G., M., de Keizer, A., Cohen Stuart, M., A., Bijsterbosch, B., H., Adsorption of cationic starches on microcrystalline cellulose, Nordic Pulp and Paper Research Journal, vol.8, no.1, April 1993, p. 34-40
- 59 Valkealaakso, T., Tärkkelyksen vaikutus märkäosan toimintaan, Chemigate Oy, Julkaisematon materiaali, 18.10.2012
- 60 de Clerck, P., Starch in the Wet-End, Applications of Wet-End Paper Chemistry, Chapter 9, 2nd Edition, Thorn I., Au, C.O. (Ed.), Springer, 2009, UK, London, 226s.

-
- 61 Sten, M., Johdatus paperikemiaan, Manner, H., Riepponen, M. (toimittaneet), 2.korjattu painos, ISBN 951-764-252-0, 1998, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Lappeenranta
- 62 Wielema, T., The paper performance – approach to increase the level of fillers and pigments in the final paper, Scientific and Technical Advances in Fillers and Pigments for Papermakers, Pira Conference, 20-21.3.2003, Barcelona, Spain
- 63 Pakinkis, F.G., Retention, drainage and strength by use of wet-end starches, The Chemistry of Neutral Papermaking, Paper and Board Division Conference, Pira International, 30.-31.1.1990, UK
- 64 Greif, D.,S., Gasper, L., A., Cationic starch as a wet-end additive, Dry Strength Additives, TAPPI Press, s.59.
- 65 Lipponen, A., Paperin valmistus. Suomen Paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja III. Osa 1., Toimittanut Arjas, A., Suomen Paperi-insinöörien yhdistys r.y. 2. täysin uudistettu painos. 1983, Turku. Oy Turun Sanomat. 724 s.
- 66 Eklund, D., Lindström, T., Paper Chemistry: an Introduction, DT Paper Science Publications, 1991, Grankulla, Finland, 305 s.
- 67 Ketola, H., Andersson, T., Dry-strength additives, Papermaking Chemistry, Papermaking Science and Technology. Book 4, Neimo, L. (Ed.), Fapet Oy. 1999, Jyväskylä, Gummerus Printing. 329 s.
- 68 Gaiolas, M., Silva, S., Costa, A., Naceur Belgacem, M., Influence of the combined use of cationic starch and cationic polyacrylamide on the quality of printing paper, Peer – Reviewed Wet- end additives, Tappi Journal, Vol 5 6(2006)3-8

-
- 69 Sang, Y., Englezos, P., Flocculation of precipitated calcium carbonate (PCC) by cationic tapioca starch with different charge densities. I: Experimental, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 414(2012)512-519
- 70 Kloow, G., Carboxy methyl cellulose, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Papermaking Science and Technology, Book 11. Lehtinen, E. (Ed.). Fapet Oy, Jyväskylä, Gummerus Printing. Finland. 810 s.
- 71 Duker, E., Lindström, T., On the mechanisms behind the ability of CMC to enhance paper strength, Nordic Pulp and Paper Research Journal, Vol 23 1(2008)57-64
- 72 Shen, J., Song, Z., Qian, X., Yang, F., Carboxymethyl cellulose/alum modified precipitated calcium carbonate fillers: Preparation and their use in papermaking, Carbohydrate Polymers 81(2010)545-553
- 73 Aspler, J., Printability of filled papers, Scientific & Technical Advances in Fillers & Pigments for Papermakers, Pira-international Conference, Paperican, Barcelona, Spain, 2003
- 74 Krogerus B., Fillers and pigments, Papermaking Chemistry, Papermaking science and Technology, Book 4, Neimo, L., (Ed.), Fapet Oy. 1999, Jyväskylä
- 75 Drage, G., Tamms, O., Kaolin, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Papermaking Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, 2000, Jyväskylä, Gummerus Printing. Finland. 810 s.
- 76 Sokka, T., BJ60A0251 Paperin jalostus ja käyttö, Pintaliimaus ja pigmentointi, Luentomateriaali, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2008, Lappeenranta

-
- 77 Kourimsky, J., in Minerals and Rocks, Wingston, Leicester, 1994, s.126-135.
- 78 Tottrup, P., B., Enhancing the value of office papers with PCC, The 4th Pira Conference on Scientific & Technical Advances in Fillers & Pigments for Papermakers, 20-21 May, 2003, Barcelona, Spain
- 79 Huggenberger, L., Arnold, M., Köster, H.-H., 2000. Ground calcium carbonate, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Papermaking Science and Technology, Book 11. Lehtinen, E. (Ed.). Fapet Oy, Jyväskylä, Gummerus Printing. Finland. 810 s.
- 80 McLain, I., Ingle, D., Fillers, Applications of Wet-End Paper Chemistry, Chapter 6, 2nd Edition, Thorn I., Au, C.O. (Ed.), Springer, 2009, UK, London, 226s.
- 81 Gerli, A., Eigenbrood, L.,C., Nurmi, S., Relationship of surface strength and bulk strength properties in uncoated woodfree paper, Peer – Reviewed, Tappi Journal, February 2011, s.17-24
- 82 FlintGroup, Premoking 4000- painoväarin tekniset tiedot, http://www.monochrom.gr/UserFiles/Premoking4000_E.pdf, versio 2009 [viitattu: 05.06.2013]
- 83 Wathen, R., Niskanen, K., Strength Distributions of Running Paper Webs, Journal of Pulp and Paper Science, Vol. 23, 3. July/August/September 2006, p.137-144

LIITTEET

LIITE 1	ALKUTASON MÄÄRITYS
LIITE 2	KOEAJO 1
LIITE 3	KCL HSWO- KOEPAINATUKSET

LIITE 1 ALKUTASON MÄÄRITYS

Taulukko I Alkutason määrityksien lujuusominaisuudet, tärkkelyspitoisuus paperissa ja paperin täyteainepitoisuus.

Näyte	Näyteenotto kohta paperinkoneen hoitopuolelta, m	Täyteainepitoisuus, %	Huokoisuus ml/min	Tärkei paperissa %	Z-lujuus, kPa	Vetolujuus, kN/m		Venymä, %		Repäisylujuus, mN	
						Kone-suunta	Poikki-suunta	Kone-suunta	Poikki-suunta	Kone-suunta	Poikki-suunta
Referenssi 1	0	29,85	20	0,93	640,17	2,73	0,78	1,24	2,24	138	205
	1,5	30,99	19	0,94	629,03	2,72	0,86	1,19	1,86	134	200
	3	30,48	20	0,89	633,89	2,72	0,89	1,13	1,86	132	199
	4,5	31,88	20	0,98	619,96	2,79	0,93	1,11	1,76	136	201
	6	30,80	19	0,84	617,80	2,75	0,91	1,2	1,99	139	199
	8	31,34	20	0,94	622,05	2,67	0,8	1,18	2,24	138	201
	0	31,16	18	0,99	666,16	2,73	0,76	1,21	2,02	119	183
	1,5	30,89	19	0,98	665,65	2,68	0,82	1,12	1,75	117	178
Referenssi 2	3	28,58	19	0,99	688,87	2,68	0,85	1,14	1,66	120	178
	4,5	29,83	21	0,97	630,85	2,65	0,87	1,1	1,68	116	180
	6	30,35	21	1,01	643,24	2,59	0,85	1,07	1,74	120	178
	8	29,57	17	0,95	630,93	2,61	0,77	1,12	2,14	127	184
	0	32,54	19	0,96	628,9	2,5	0,75	1,23	2,17	117	176
	1,5	29,48	20	0,92	625,73	2,45	0,75	1,18	2,08	115	175
	3	29,64	20	0,99	635,86	2,4	0,79	1,12	1,76	115	176
	4,5	32,96	21	1	641,72	2,43	0,8	1,16	1,96	116	175
Referenssi 3	6	32,56	22	1,05	631,8	2,49	0,8	1,13	1,96	117	178
	8	33,78	21	0,91	632,43	2,37	0,69	1,18	2,07	120	182
	0	32,82	16	0,9	620,19	2,46	0,74	1,17	2,13	124	183
	1,5	31,84	19	0,88	628,2	2,42	0,76	1,13	1,93	120	179
	3	32,90	19	0,83	637,24	2,51	0,82	1,2	1,99	114	178
	4,5	31,99	20	0,84	628,38	2,54	0,84	1,21	1,98	117	177
	6	33,38	21	0,84	631,55	2,28	0,8	1,07	2,08	118	174
	8	29,22	18	0,86	656,3	2,32	0,73	1,11	2,36	115	172

Taulukko II Alkutason määrittysten hajonta-arvot paperin ominaisuuksista.

Näyte	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	Huokoisuus ml/min	Z-lujuus, kPa	Vetolujuus, kN/m		Vernymä, %		Repäisyjujuus, mN	
				Kone-suunta	Poikki-suunta	Kone-suunta	Poikki-suunta	Kone-suunta	Poikki-suunta
Referenssi 1	0	0,8404	39,498	0,0656	0,0275	0,069	0,315	2,2	5,97
	1,5	0,6356	8,869	0,1028	0,0321	0,0849	0,1929	5,56	5,43
	3	0,3136	13,692	0,1257	0,0288	0,0978	0,2154	8,22	2,94
	4,5	0,7115	16,429	0,1047	0,0276	0,0969	0,1937	5,2	5,02
	6	0,427	7,599	0,0674	0,0241	0,0641	0,155	7,82	3,23
	8	0,404	18,724	0,1473	0,0142	0,1135	0,1417	3,89	3,73
Referenssi 2	0	0,6302	25,98	0,1246	0,0294	0,0979	0,2657	4,52	4,14
	1,5	0,6671	33,52	0,1608	0,0305	0,1087	0,1981	5,54	4,57
	3	0,672	16,6	0,0726	0,0269	0,0654	0,1711	5,94	6,01
	4,5	0,585	14,2	0,1423	0,032	0,1124	0,1972	3,17	4,47
	6	0,6995	29,1	0,1188	0,0342	0,0848	0,2199	6,21	6,61
	8	0,4362	7,97	0,1109	0,0233	0,1216	0,2289	7,16	3,86
Referenssi 3	0	0,3978	15,14	0,1092	0,033	0,0952	0,3209	8,56	7,47
	1,5	0,3373	10,18	0,0645	0,0251	0,0878	0,2507	4,54	4,48
	3	0,866	9,92	0,0929	0,0299	0,0788	0,2765	6,96	7,12
	4,5	0,925	9,76	0,0827	0,0179	0,0814	0,161	4,99	3,53
	6	0,4485	10,63	0,1224	0,0205	0,1162	0,1606	6,39	4,03
	8	0,6546	10,2	0,0742	0,0275	0,0828	0,3084	3,89	5,96
Referenssi 4	0	0,4452	13,84	0,1223	0,0133	0,1245	0,1627	8,26	4,18
	1,5	0,3498	7,53	0,1424	0,025	0,1499	0,2286	5,98	3,81
	3	0,7691	21,57	0,0812	0,0161	0,0778	0,1851	4,15	6,35
	4,5	0,6183	14,91	0,0897	0,0171	0,0883	0,1245	4,46	3,56
	6	0,5082	14,26	0,2418	0,0271	0,1816	0,2516	5,28	4,32
	8	0,8954	9,71	0,2057	0,0197	0,141	0,2226	3,9	5,12

IGT-pintalujuus ja Rauma- menetelmä tulokset

Taulukko III IGT-pintalujuus tulokset, kun IGT:n nopeutena käytettiin 1,0 m/s.

Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	IGT-pintalujuus, m/s							
	Referenssi 1		Referenssi 2		Referenssi 3		Referenssi 4	
	yp	ap	yp	ap	yp	ap	yp	ap
0	0,38	0,32	0,45	0,5	0,39	0,38	0,46	0,51
1,5	0,32	0,38	0,45	0,45	0,33	0,4	0,43	0,47
3	0,3	0,37	0,48	0,43	0,35	0,39	0,43	0,39
4,5	0,34	0,39	0,44	0,39	0,37	0,37	0,4	0,33
6	0,41	0,39	0,45	0,35	0,4	0,4	0,42	0,39
8	0,45	0,48	0,43	0,4	0,41	0,37	0,48	0,48

Taulukko IV IGT-pintalujuus mittaustuloksien hajonnat, kun IGT:n nopeutena käytettiin 1,0 m/s.

Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	IGT-pintalujuus hajonnat							
	Referenssi 1		Referenssi 2		Referenssi 3		Referenssi 4	
	yp	ap	yp	ap	yp	ap	yp	ap
0	0,04	0,02	0,02	0,04	0	0,02	0,02	0,04
1,5	0,02	0,02	0	0,01	0,01	0,01	0	0,05
3	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02	0,1	0	0,06
4,5	0,04	0,03	0	0,02	0,01	0,02	0,06	0,01
6	0,02	0,02	0,01	0,11	0,02	0,02	0,01	0,06
8	0,04	0,06	0,01	0,01	0,06	0	0	0,01

Taulukko V Rauma-menetelmä tulokset

Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	Rauma-menetelmä							
	Referenssi 1		Referenssi 2		Referenssi 3		Referenssi 4	
	yp	ap	yp	ap	yp	ap	yp	ap
0	4	4	3	3	3	3	3	2
1,5	4	3	3	3	3	2	2	2
3	4	3	3	2	2	2	2	2
4,5	4	4	3	2	2	2	2	2
6	4	4	3	3	3	2	2	2
8	4	4	4	4	2	2	3	2

Taulukko VI Prüfbauelemente der Bauteileigenschaften.

Näyte	Yläpuoli						Alapuoli					
	Näytteenotto- kohde a paperikoneen hoitopuolelta, m	Värintarve, g/m ²	Läpikäyttö, D	Läpikäyttö, D	Läpikäyttö, D	Set-off D	Värintarve, g/m ²	Läpikäyttö, D	Läpikäyttö, D	Läpikäyttö, D	Set-off D	
Referenssi 1	0	1,00	0,04	0,02	0,02	0,45	0,95	0,05	0,02	0,03	0,40	
	1,5	0,97	0,05	0,03	0,03	0,44	0,93	0,05	0,03	0,02	0,42	
	3	0,98	0,04	0,03	0,02	0,46	0,92	0,05	0,03	0,02	0,44	
	4,5	1,01	0,05	0,03	0,02	0,42	0,93	0,05	0,03	0,02	0,44	
	6	0,99	0,05	0,04	0,01	0,46	0,94	0,05	0,03	0,02	0,41	
	8	1,02	0,05	0,03	0,02	0,44	0,89	0,05	0,03	0,02	0,46	
Referenssi 2	0	0,85	0,05	0,03	0,02	0,40	0,97	0,06	0,04	0,02	0,44	
	1,5	0,90	0,06	0,04	0,02	0,42	0,99	0,07	0,03	0,03	0,47	
	3	0,95	0,07	0,03	0,04	0,44	1,01	0,07	0,04	0,03	0,45	
	4,5	0,95	0,05	0,04	0,02	0,42	0,99	0,06	0,04	0,02	0,44	
	6	0,92	0,06	0,04	0,02	0,43	0,93	0,06	0,04	0,03	0,45	
	8	0,89	0,07	0,04	0,03	0,45	0,92	0,07	0,04	0,03	0,46	
Referenssi 3	0	0,87	0,05	0,03	0,02	0,42	0,95	0,05	0,04	0,02	0,46	
	1,5	0,90	0,07	0,03	0,03	0,44	0,95	0,05	0,04	0,01	0,44	
	3	0,90	0,06	0,04	0,03	0,41	0,94	0,05	0,03	0,02	0,44	
	4,5	0,90	0,06	0,04	0,02	0,43	0,97	0,07	0,04	0,03	0,46	
	6	0,88	0,06	0,04	0,02	0,40	0,97	0,05	0,04	0,02	0,45	
	8	0,88	0,06	0,03	0,03	0,42	1,09	0,06	0,04	0,02	0,51	
Referenssi 4	0	0,87	0,06	0,04	0,02	0,40	0,99	0,05	0,04	0,01	0,44	
	1,5	0,93	0,04	0,02	0,02	0,41	0,92	0,04	0,02	0,01	0,43	
	3	0,78	0,06	0,04	0,02	0,40	0,78	0,06	0,04	0,02	0,40	
	4,5	0,85	0,07	0,05	0,02	0,40	0,93	0,05	0,03	0,02	0,43	
	6	0,85	0,06	0,04	0,02	0,39	1,00	0,05	0,03	0,01	0,43	
	8	0,90	0,06	0,04	0,02	0,42	0,92	0,06	0,04	0,02	0,44	

Taulukko VII ISIT-menetelmä tulokset alkutason määrittäyksessä.

Näyte	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	Topside						Wireside					
		Time for max Tack s	Max tack: drop half-time s	Density g/m ²	Transferred ink amount g/m ²	Ink on distributor ml	Time for max Tack s	Max tack: drop half-time s	Density g/m ²	Transferred ink amount g/m ²	Ink on distributor ml		
Referenssi 1	0	76,55	5,26	1,29	1,61	0,11	65,25	5,62	1,46	1,60	0,11		
	1,5	144,02	4,74	1,16	1,46	0,11	76,57	5,45	1,28	1,53	0,11		
	3	65,21	5,11	1,23	1,59	0,11	82,22	4,92	1,35	1,53	0,11		
	4,5	70,88	4,91	1,15	1,54	0,11	65,23	5,33	1,42	1,57	0,11		
	6	65,19	4,81	1,28	1,55	0,11	65,19	4,86	1,43	1,52	0,11		
	8	82,22	5,07	1,34	1,57	0,11	44,62	5,21	1,45	1,58	0,11		
	0	44,61	5,03	1,42	1,50	0,11	70,88	5,12	1,39	1,58	0,11		
	1,5	82,23	5,12	1,41	1,52	0,11	82,24	5,20	1,38	1,56	0,11		
Referenssi 2	3	65,24	5,43	1,45	1,54	0,11	82,24	5,06	1,37	1,53	0,11		
	4,5	65,22	5,19	1,41	1,52	0,11	82,28	5,25	1,32	1,62	0,11		
	6	65,23	5,39	1,39	1,60	0,11	144,02	5,12	1,34	1,62	0,11		
	8	82,22	5,18	1,37	1,52	0,11	65,22	5,07	1,33	1,60	0,11		
	0	65,19	4,86	1,34	1,52	0,11	65,22	5,26	1,30	1,54	0,11		
	1,5	44,61	5,08	1,39	1,53	0,11	70,91	4,95	1,31	1,57	0,11		
	3	123,45	5,09	1,34	1,52	0,11	102,82	5,03	1,31	1,58	0,11		
	4,5	70,89	5,19	1,32	1,54	0,11	70,88	4,98	1,29	1,60	0,11		
Referenssi 3	6	70,89	4,88	1,39	1,54	0,11	82,26	4,83	1,24	1,55	0,11		
	8	44,61	5,11	1,29	1,49	0,11	65,22	5,13	1,27	1,56	0,11		
	0	65,20	5,10	1,34	1,50	0,11	76,55	5,17	1,29	1,50	0,11		
	1,5	70,94	5,56	1,42	1,60	0,12	76,57	5,28	1,39	1,60	0,12		
	3	44,61	5,18	1,36	1,51	0,11	65,22	5,15	1,28	1,52	0,11		
	4,5	102,81	5,00	1,35	1,50	0,11	76,57	5,30	1,27	1,57	0,11		
	6	65,22	5,28	1,31	1,52	0,11	44,62	5,06	1,26	1,55	0,11		
	8	65,24	5,25	1,35	1,52	0,11	102,81	5,37	1,34	1,55	0,11		
Referenssi 4	0	76,55	5,26	1,29	1,61	0,11	65,25	5,62	1,46	1,60	0,11		
	1,5	144,02	4,74	1,16	1,46	0,11	76,57	5,45	1,28	1,53	0,11		
	3	65,21	5,11	1,23	1,59	0,11	82,22	4,92	1,35	1,53	0,11		
	4,5	70,88	4,91	1,15	1,54	0,11	65,23	5,33	1,42	1,57	0,11		
	6	65,19	4,81	1,28	1,55	0,11	65,19	4,86	1,43	1,52	0,11		
	8	82,22	5,07	1,34	1,57	0,11	44,62	5,21	1,45	1,58	0,11		
	0	44,61	5,03	1,42	1,50	0,11	70,88	5,12	1,39	1,58	0,11		
	1,5	82,23	5,12	1,41	1,52	0,11	82,24	5,20	1,38	1,56	0,11		

Taulukko VIII ISIT- passes-to-pick/fail tulokset

Näyte	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	ISIT passes to					
		pick			fail		
		yp	ap	ka	yp	ap	ka
Referenssi 1	0	6	7	6,5	11	11	11
	1,5	6	6	6	11	11	11
	3	5	6	5,5	11	11	11
	4,5	6	6	6	11	11	11
	6	7	6	6,5	11	11	11
	8	6	6	6	11	11	11
Referenssi 2	0	6	6	6	10	11	10,5
	1,5	6	6	6	10	11	10,5
	3	6	6	6	10	11	10,5
	4,5	6	6	6	11	10	10,5
	6	6	6	6	10	11	10,5
	8	6	6	6	11	11	11
Referenssi 3	0	5	6	5,5	11	9	10
	1,5	6	6	6	9	8	8,5
	3	5	5	5	9	9	9
	4,5	5	5	5	11	9	10
	6	6	6	6	10	8	9
	8	6	5	5,5	10	9	9,5
Referenssi 4	0	6	6	6	11	9	10
	1,5	6	6	6	11	9	10
	3	5	6	5,5	9	10	9,5
	4,5	6	6	6	9	10	9,5
	6	6	6	6	10	10	10
	8	6	6	6	10	8	9

Taulukko IX Emco S vesiadSORptio mittaukset alkutason määrittäksessä

Näyte	Näytteen ottokohita paperikoneen hoitopuolelta, m		S-arvo, %/s		tS-arvo, s		tV-arvo, s		S-arvon ka., %/s	tS-arvon ka., s	tV-arvon ka., s
	yp	ap	yp	ap	yp	ap	yp	ap			
Referenssi 1	0	294	235	0,16	0,26	2,1	3,0	264,5	0,21	2,55	
	1,5	289	217	0,17	0,24	2,4	2,7	253	0,205	2,55	
	3	288	211	0,17	0,23	2,5	2,7	249,5	0,2	2,6	
	4,5	294	216	0,16	0,25	2,2	3,0	255	0,205	2,6	
	6	276	216	0,18	0,24	2,9	2,3	246	0,21	2,6	
Referenssi 2	8	305	230	0,16	0,21	2,3	2,4	267,5	0,185	2,35	
	0	223	274	0,21	0,16	2,9	2,4	248,5	0,185	2,65	
	1,5	213	227	0,19	0,17	2,9	2,5	220	0,18	2,7	
	3	214	213	0,21	0,16	3,0	2,7	213,5	0,185	2,85	
	4,5	227	256	0,21	0,16	3,0	2,3	241,5	0,185	2,65	
Referenssi 3	6	236	259	0,2	0,17	2,6	2,3	247,5	0,185	2,45	
	8	211	231	0,23	0,17	2,6	2,4	221	0,2	2,5	
	0	200	232	0,27	0,21	2,6	2,2	216	0,24	2,4	
	1,5	191	217	0,28	0,23	2,6	2,4	204	0,255	2,5	
	3	192	224	0,27	0,21	2,2	2,9	208	0,24	2,55	
Referenssi 4	4,5	194	236	0,28	0,2	2,6	2,1	215	0,24	2,35	
	6	199	229	0,26	0,21	2,8	2,3	214	0,235	2,55	
	8	195	223	0,3	0,2	2,9	2,3	209	0,25	2,6	
	0	185	208	0,28	0,24	2,7	2,3	196,5	0,26	2,5	
	1,5	187	221	0,29	0,23	2,6	2,5	204	0,26	2,55	
Referenssi 4	3	194	208	0,29	0,24	2,6	2,4	201	0,265	2,5	
	4,5	185	216	0,29	0,24	2,6	2,4	200,5	0,265	2,5	
	6	201	223	0,28	0,23	2,5	2,2	212	0,255	2,35	
	8	183	204	0,32	0,25	2,9	2,4	193,5	0,285	2,65	

LIITE 2 KOEAJO 1

Yksisuuntaisen varianssi analyysin tulokset

Yksisuuntaisen varianssianalyysin, 5 %:n merkittävyydellä, tuloksien

perusteella voidaan todeta:

- Tärkkelyksen annostelupaikka vaikuttaa valkoisten täplien muodostumiseen paperiradalle, mutta täyteaineen annostelupaikka ei vaikuta.
- Kun tärkkelyksen annostelupaikkaa siirretään vanhasta annostelupaikasta, eli annostelu konemassan joukkoon, uuteen paikkaan perinteisesti muodostuu paljon enemmän valkoisia täpliä suhteessa TrumpJet:lla annosteltaessa tai annosteltaessa vanhassa paikassa.
- Valkoisten täplien määrä on kutakuinkin sama riippumatta, annostellaanko tärkkiä TrumpJet:lla vai annostellaan konemassan joukkoon.
- Tärkkelyksen eikä täyteaineen annostelupaikkojen muutoksella ole vaikutusta pienten reikien muodostumiseen paperiradalla.
- Täyteaineen annostelupaikalla vaikuttaa isojen reikien muodostumiseen paperiradalla, mutta tärkkelyksen annostelupaikalla ei ole vaikutusta. Isoja reikiä muodostui 8 kappaletta koko koeajon aikana, mistä 6 kappaletta muodostui annosteltaessa täyteainetta TrumpJet:lla. Muut isot reiät muodostui siten, että yksi tuli annosteltaessa täyteainetta peränpumpun imupuolelle ja yksi annosteltaessa täyteainetta viirakaivon jälkeen.

Näiden pohjalta voidaan sanoa ns.nyrkkisäännöksi:

- Kun tärkkelystä annostellaan uudessa paikassa perinteisesti peränpumpun imuun, kasvaa myös valkoisten täplien määrä paperiradalla, mutta täyteaineen annostelupaikalla tähän ei ole vaikutusta tai annostellaanko tärkkiä TrumpJet:lla peränpumpun imuun vai perinteisesti konemassan joukkoon.
- Reikien suhteen vain täyteaineen annostelupaikalla on vaikutusta isojen reikien muodostumiseen. Muutoin täyteaineen ja tärkkelyksen annostelupaikoilla ei ole vaikutusta reikien muodostumiseen paperiradalla.
- Isoja reikiä muodostuu paperiradalle, kun täyteainetta annostellaan TrumpJet:lla. Isoja reikiä muodostui paperiradalle noin 75 % kaikista isoista rei'istä koeajon aikana, kun täyteainetta annosteltiin TrumpJet:lla.

Taulukko I Koeajon 1 lujuusominaisuudet, tärkkelyspitoisuus paperissa ja paperin täyteainepitoisuus.

Annostelu tapa	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	Täyteaine- pitoisuus, %	Huokoisuus, ml/min	Tärkkelyspitoisuus paperissa, %	Z-lujuus, kPa	Vetolujuus, kN/m		Venymä, %		Repäisyjujuus, mN	
						Kone- suunta	Poikki- suunta	Kone- suunta	Poikki- suunta	Kone- suunta	Poikki- suunta
1	3	32,22	17	1,07	671,50	2,63	0,86	1,16	1,72	119	185
	6	32,56	17	1,11	693,71	2,65	0,85	1,15	1,56	122	185
2	3	32,23	19	1,07	648,80	2,69	0,87	1,14	1,65	122	181
	6	31,84	19	1,03	644,90	2,76	0,87	1,17	1,85	121	183
3	3	31,26	18	1,03	626,40	2,68	0,87	1,12	1,66	121	181
	6	30,99	18	1,06	662,06	2,77	0,86	1,17	1,68	120	183
4	3	31,49	19	0,86	633,90	2,7	0,88	1,09	1,68	124	190
	6	31,36	19	0,88	626,50	2,69	0,87	1,14	1,81	121	186
5	3	31,19	18	0,95	666,70	2,8	0,88	1,15	1,75	123	189
	6	31,86	18	0,8	645,39	2,76	0,91	1,11	1,89	123	187
6	3	31,56	19	0,83	632,36	2,72	0,84	1,13	1,69	122	188
	6	30,94	19	0,87	663,69	2,72	0,88	1,16	1,78	118	187
7	3	32,62	18	0,98	615,08	2,68	0,85	1,16	1,82	120	184
	6	33,1	18	0,96	604,63	2,58	0,85	1,19	1,73	125	182
8	3	31,79	18	0,86	614,57	2,63	0,87	1,09	1,76	116	186
	6	30,99	18	0,85	627,13	2,65	0,85	1,1	1,84	124	1286
9	3	33,01	19	0,97	647,20	2,68	0,83	1,12	1,68	120	187
	6	31,67	19	0,96	629,62	2,65	0,87	1,09	1,88	121	182
10	3	32,09	17	0,81	607,33	2,67	0,84	1,12	1,8	117	179
	6	33,16	17	0,74	646,46	2,64	0,85	1,13	1,78	120	183

Taulukko II Koeajon I hajonta-arvot paperin ominaisuuksista.

Annostelu tapa	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	Huokoisuus, ml/min	Tärkkipitoisuus paperissa, %	Z-lujuus, kPa	Vetolujuus, kN/m		Venymä, %		Repäisyjujuus, mN	Konesuunta	Poikki- suunta
					Konesuunta	Poikkisuunta	Kone- suunta	Poikki- suunta			
1	3	0,3479	1,07	11,18	0,0806	0,0323	0,0788	0,2026	7,04		5,7
	6	0,336	1,11	20,05	0,0998	0,0365	0,0942	0,2104	4,58		6,83
2	3	0,3653	1,07	12,88	0,1006	0,0345	0,0875	0,2209	5,08		3,1
	6	0,39	1,03	8,39	0,1292	0,0272	0,113	0,1805	3,67		4,06
3	3	0,4926	1,03	19	0,1843	0,0226	0,1018	0,1339	5,72		2,95
	6	0,6903	1,06	18,4	0,121	0,0239	0,1175	0,1668	2,88		3,82
4	3	0,2791	0,86	10,71	0,1241	0,0217	0,112	0,1986	5,55		4,57
	6	0,4714	0,88	15,08	0,1057	0,0279	0,0988	0,1837	2,95		6,28
5	3	0,4237	0,95	21,77	0,1059	0,0299	0,0942	0,2014	4,76		2,76
	6	0,5087	0,8	19,1	0,0947	0,0289	0,0629	0,2138	3,91		6,05
6	3	0,3831	0,83	8,86	0,0978	0,0363	0,0566	0,2082	5,01		6,86
	6	0,3929	0,87	11,57	0,1325	0,0405	0,1016	0,2955	6,13		3,2
7	3	0,3057	0,98	16,86	0,0756	0,0232	0,0757	0,1437	4,56		6,22
	6	0,1944	0,96	12,84	0,1205	0,033	0,1051	0,2223	5,72		5,52
8	3	0,4596	0,86	11,62	0,0923	0,0314	0,0764	0,2172	5,06		4,22
	6	0,4478	0,85	9,57	0,0954	0,0253	0,0866	0,1674	7		4,26
9	3	0,4533	0,97	11,08	0,1177	0,0281	0,107	0,2301	3,02		5,85
	6	0,46	0,96	8,53	0,1254	0,0241	0,1063	0,1648	4,1		3,39
10	3	0,2221	0,81	10,3	0,0989	0,0437	0,0782	0,2516	5,16		6,04
	6	0,5477	0,74	14,31	0,0905	0,0286	0,0666	0,2233	4,62		6,94

Taulukko III Viiravesi näytteiden mittaustulokset koeajon 1 aikana.

Annostelutapa	Sameus, NTU	Varaus, mek/ml	COD, mg/l	Tärbkelyspitoisuus viiravedessä, mg/l
1	14	-0,134	1332	44,93
2	17	-0,135	1352	53,28
3	16	-0,149	1366	36,7
4	17	-0,089	1331	31,58
5	18	-0,163	1348	26,9
6	20	-0,117	1311	26,98
7	24	-0,131	1305	37,8
8	20	-0,128	1311	40,53
9	17	-0,128	1280	37,13
10	16	-0,175	1357	36,9

Taulukko IV IGT-pintalujuus tulokset, kun IGT:n nopeutena käytettiin 1,0 m/s.

Annostelutapa	IGT-pintalujuus, m/s			
	3,0 m		6,0 m	
	yp	ap	yp	ap
1	0,56	0,58	0,56	0,63
2	0,46	0,53	0,54	0,53
3	0,51	0,53	0,53	0,54
4	0,6	0,49	0,58	0,44
5	0,59	0,57	0,58	0,51
6	0,48	0,56	0,55	0,54
7	0,55	0,49	0,49	0,46
8	0,48	0,5	0,5	0,56
9	0,61	0,59	0,57	0,51
10	0,51	0,51	0,54	0,56

Taulukko V IGT-pintalujuus mittauksien hajonnat, kun IGT:n nopeutena käytettiin 1,0 m/s.

Annostelutapa	IGT-pintalujuus, m/s			
	3,0 m		6,0 m	
	yp	ap	yp	ap
1	0,08	0,02	0,01	0,01
2	0,01	0,01	0,03	0,09
3	0,02	0,1	0,02	0,1
4	0,01	0,03	0,02	0,06
5	0,09	0,03	0,05	0,02
6	0,02	0	0,01	0,03
7	0,02	0,05	0,05	0,01
8	0,01	0,05	0	0,02
9	0,04	0,01	0,01	0,01
10	0,04	0,04	0	0,04

Taulukko VI Rauma-menetelmä tulokset

Annostelutapa	Rauma- menetelmä			
	3,0 m		6,0 m	
	yp	ap	yp	ap
1	3	3	4	4
2	3	2	3	4
3	3	2	3	4
4	3	3	2	3
5	3	3	4	3
6	2	2	3	3
7	2	2	3	2
8	2	2	3	3
9	3	2	3	3
10	2	2	2	2

Taulukko VII Ahmatti-koetulokset

Annostelu tapa	Weibull		COV		p-tile 10-veto	ptile 10 veto<vetoka
	veto	venymä	veto	venymä		
1	31,1	13,8	3,89	8,08	2,09	-4,8
2	27,5	11,6	4,72	9,78	2,03	-6
3	30,1	13,2	4,02	8,71	2	-5
4	31,5	13,6	4,1	8,85	1,99	-5,1
5	35,3	14,1	3,46	8,1	2,06	-4
6	29,8	14,1	3,77	7,77	2,07	-5,2
7	30,5	14	3,83	7,89	2	-5,2
8	24,9	12,2	5,63	9,91	1,93	-8
9	31,8	13,7	3,59	8,24	2,09	-4,9
10	31,2	14,6	4,3	8,49	2,08	-4,9

Taulukko VIII Koeajon 1 annostelupaikat ja – tavat.

Annostelu tapa	Tärkkelyksen annostelu		Täyteaineen annostelu	
	menetelmä	paikka	menetelmä	paikka
1	vanha	perinteinen	vanha	perinteinen
2	uusi	TrumpJet	vanha	perinteinen
3	uusi	perinteinen	vanha	perinteinen
4	uusi	perinteinen	uusi	perinteinen
5	uusi	perinteinen	uusi	TrumpJet
6	uusi	TrumpJet	uusi	TrumpJet
7	uusi	TrumpJet	uusi	perinteinen
8	vanha	perinteinen	uusi	perinteinen
9	vanha	perinteinen	uusi	TrumpJet
10	vanha	perinteinen	vanha	perinteinen

Taulukko IX Koeajon 1 Prüfau-tulokset.

Annostelutapa	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	Yläpinta				Alapinta					
		Väntärye, g/m ²	Läppäpääntäys, D	Läpikuultö, D	Läpilyönti, D	Sst-off D	Väntärye, g/m ²	Läppäpääntäys, D	Läpikuultö, D	Läpilyönti, D	Sst-off, D
1	3	0,98	0,05	0,03	0,02	0,39	0,93	0,05	0,04	0,01	0,46
	6	0,99	0,04	0,03	0,02	0,46	0,94	0,04	0,02	0,02	0,45
2	3	0,90	0,06	0,04	0,02	0,45	0,83	0,04	0,02	0,02	0,48
	6	0,95	0,04	0,03	0,01	0,44	0,90	0,05	0,03	0,02	0,47
3	3	0,90	0,06	0,05	0,01	0,39	0,91	0,06	0,05	0,01	0,45
	6	0,81	0,05	0,05	0,01	0,45	0,96	0,05	0,04	0,01	0,45
4	3	0,94	0,05	0,04	0,01	0,46	0,92	0,05	0,03	0,02	0,44
	6	0,95	0,03	0,02	0,01	0,44	0,95	0,03	0,02	0,01	0,44
5	3	0,86	0,05	0,04	0,01	0,47	0,86	0,05	0,03	0,02	0,41
	6	0,91	0,05	0,04	0,01	0,48	0,84	0,05	0,03	0,02	0,46
6	3	0,86	0,06	0,04	0,02	0,42	0,95	0,04	0,02	0,01	0,49
	6	0,91	0,05	0,03	0,02	0,42	0,93	0,05	0,03	0,02	0,43
7	3	0,86	0,06	0,04	0,02	0,44	0,97	0,06	0,04	0,02	0,46
	6	0,87	0,05	0,04	0,02	0,44	0,88	0,06	0,04	0,02	0,43
8	3	1,01	0,05	0,04	0,02	0,46	0,98	0,06	0,04	0,02	0,45
	6	0,91	0,06	0,04	0,02	0,45	0,94	0,06	0,04	0,02	0,44
9	3	0,93	0,06	0,04	0,02	0,45	0,94	0,06	0,04	0,02	0,43
	6	0,91	0,05	0,04	0,01	0,46	0,82	0,05	0,04	0,02	0,42
10	3	0,88	0,06	0,04	0,02	0,43	0,90	0,05	0,04	0,01	0,45
	6	0,93	0,06	0,04	0,02	0,45	1,05	0,06	0,04	0,02	0,48

Taulukko X Koeajon 1 ISIT-menetelmä tulokset

Näyte	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	Top side						Wire side					
		Time for max Tack	Max tack	Max tack drop half-time	Density	Transferred ink amount	Ink on distributor	Time for max Tack	Max tack	Max tack drop half-time	Density	Transferred ink amount	Ink on distributor
		s	N	s		g/m ²	ml	s	N	s		g/m ²	ml
1	3	76,61	5,32	472,22	1,40	1,60	0,12	65,25	5,41	661,33	1,37	1,62	0,12
	6	70,88	5,33	589,68	1,33	1,55	0,11	102,84	5,47	642,74	1,32	1,54	0,11
2	3	102,83	5,24	565,80	1,34	1,57	0,11	65,24	5,65	730,71	1,36	1,60	0,11
	6	70,97	5,28	558,29	1,34	1,54	0,11	76,56	5,47	640,00	1,30	1,56	0,11
3	3	24,00	5,17	536,26	1,27	1,56	0,11	144,03	5,09	671,47	1,28	1,57	0,11
	6	82,22	5,33	495,19	1,33	1,54	0,11	65,23	5,32	640,00	1,31	1,55	0,11
4	3	76,55	4,96	613,33	1,30	1,54	0,11	44,62	5,32	541,09	1,31	1,50	0,11
	6	102,83	5,37	590,79	1,30	1,52	0,11	70,90	5,21	586,82	1,25	1,54	0,11
5	3	102,84	5,38	640,00	1,33	1,56	0,11	82,28	5,64	554,60	1,32	1,54	0,11
	6	102,88	5,60	640,00	1,31	1,57	0,11	102,84	5,45	454,77	1,31	1,51	0,11
6	3	65,21	5,05	566,12	1,27	1,54	0,11	82,25	5,30	755,00	1,31	1,55	0,11
	6	70,90	5,37	598,65	1,33	1,54	0,11	144,07	5,53	685,24	1,30	1,53	0,11
7	3	70,89	5,34	508,03	1,29	1,52	0,11	65,21	5,22	658,97	1,27	1,55	0,11
	6	65,22	5,30	542,27	1,30	1,52	0,11	82,25	5,33	617,19	1,30	1,59	0,11
8	3	65,22	5,26	471,03	1,30	1,52	0,11	82,23	5,28	657,82	1,24	1,54	0,11
	6	82,26	5,74	573,92	1,30	1,56	0,11	82,25	5,50	793,47	1,27	1,51	0,11
9	3	102,85	5,43	640,00	1,31	1,59	0,11	102,87	5,65	625,73	1,35	1,56	0,11
	6	102,83	5,24	673,53	1,26	1,54	0,11	65,26	5,57	448,19	1,32	1,54	0,11
10	3	123,44	5,27	510,79	1,28	1,52	0,11	76,55	5,21	724,27	1,33	1,54	0,11
	6	44,61	5,28	560,79	1,32	1,55	0,11	123,43	5,34	638,47	1,26	1,54	0,11

Taulukko XI ISIT passes-to- pick/fail- tulokset

Näyte	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	ISIT passes to					
		pick			fail		
		yp	ap	ka	yp	ap	ka
1	3	6	6	6	11	10	10,5
	6	6	6	6	10	11	10,5
2	3	7	7	7	11	11	11
	6	7	7	7	10	11	10,5
3	3	6	6	6	9	11	10
	6	6	6	6	10	11	10,5
4	3	6	6	6	11	10	10,5
	6	6	6	6	10	11	10,5
5	3	7	6	6,5	11	9	10
	6	6	6	6	11	10	10,5
6	3	5	7	6	11	11	11
	6	6	7	6,5	9	11	10
7	3	6	6	6	10	10	10
	6	6	6	6	10	10	10
8	3	6	7	6,5	10	11	10,5
	6	6	6	6	10	10	10
9	3	6	6	6	11	9	10
	6	6	6	6	11	9	10
10	3	5	7	6	10	11	10,5
	6	6	6	6	10	10	10

Taulukko XII Koeajon 1 Emco S vesiadSORPTIO - tulokset

Koe pisteet	Näytteenotto kohta paperikoneen hoitopuolelta, m	S-arvo, %/r/s		tS-arvo, s		tV-arvo, s		S-arvon ka., %/r/s	tS-arvon ka., s	tV-arvon ka., s
		yp	ap	yp	ap	yp	ap			
1	3	274	230	0,21	0,2	2,6	2,4	252	0,205	2,5
	6	235	225	0,2	0,2	2,9	2,3	230	0,2	2,6
2	3	254	260	0,19	0,19	2,9	2,5	257	0,19	2,7
	6	280	248	0,22	0,21	2,8	2,5	264	0,215	2,65
3	3	255	272	0,2	0,19	2,5	2,5	263,5	0,195	2,5
	6	228	233	0,21	0,18	2,9	2,7	230,5	0,195	2,8
4	3	270	266	0,2	0,21	2,8	2,9	268	0,205	2,85
	6	267	288	0,21	0,19	3,0	2,5	277,5	0,2	2,75
5	3	215	226	0,2	0,21	2,9	3,1	220,5	0,205	3
	6	271	247	0,21	0,22	2,5	3,1	259	0,215	2,8
6	3	253	266	0,2	0,2	2,9	2,4	259,5	0,2	2,65
	6	248	232	0,2	0,21	3,0	2,9	240	0,205	2,95
7	3	280	313	0,21	0,17	3,0	2,3	296,5	0,19	2,65
	6	278	298	0,2	0,18	2,7	2,4	288	0,19	2,55
8	3	271	275	0,29	0,2	2,6	2,5	273	0,245	2,55
	6	270	278	0,2	0,18	2,9	2,5	274	0,19	2,7
9	3	286	261	0,14	0,21	2,9	3,3	273,5	0,175	3,1
	6	286	266	0,16	0,19	2,7	2,9	276	0,175	2,8
10	3	267	284	0,19	0,18	2,7	2,4	275,5	0,185	2,55
	6	236	250	0,22	0,19	2,9	2,5	243	0,205	2,7

LIITE 3 KCL

KCL HSWO painatuskone ja painatusolosuhteet

Painokoneyyppi Albert Frankenthal A 101 S

Painatusnopeus 6,17 m/s
50 000 cps/h

Painolevy Kodak Eletra XD

Kumitelat Day Durazone 5000

Painatusolosuhteet: Lämpötila 25 °C,
Suhteellinen kosteusprosentti 57 %

Kuivatusyksikkö MEG Sigma, pituus 8m ja 4 lohkoa.

Kuivatuslämpötilat:	1.lohko	146 °C
	2.lohko	139 °C
	3.lohko	133 °C
	4.lohko	135 °C

Radan lämpötilan kuivatuksen jälkeen oli 135 °C.

Painoväriä käytettiin SC-painoväri premoking 4000

Kostutusvesi Printcom H510 X.

Kostutusveden olosuhteet	lämpötila	9,4 °C,
	pH	5,4
	johtokyky 4	57 µS/m
	paperin loppu kosteusprosentti	3,5 %
	lisäaineita	3,0 %
	isopropanolia	4,0 %

Painoväriin densiteetit:	1. yksikkö	Black 1,5
	2. yksikkö	Cyan 1,3
	3.yksikkö	Magenta 1,1
	4.yksikkö	Yellow 1,0

Pölyteippitulokset

Taulukko I Koeajon 1 koepainatukset

Annostelutapa	1.yksikön yläpuolen vesipinta	1.yksikön yläpuolen 50 %:n rasterialue	1.yksikön alapuolen vesipinta	1.yksikön alapuolen 50%:n rasteripinta
1	17,2	6,6	7,0	4,6
2	15,8	6,1	6,0	7,5
4	19,5	7,8	6,5	4,6
6	14,7	6,5	5,4	5,8

Taulukko II Koeajon 2 koepainatus

Annostelutapa	1.yksikön yläpuolen vesipinta	1.yksikön yläpuolen 50 %:n rasterialue	1.yksikön alapuolen vesipinta	1.yksikön alapuolen 50%:n rasteripinta
8 kg/t täikkelys annostus	5,0	5,5	2,5	3,5

KCL koepainatusten kirkkaat teipit

Koeajosta 1

Rulla 1 annostelutapa 1

Rulla 2 annostelutapa 8

Rulla 3 annostelutapa 4

Rulla 4 annostelutapa 6



Kuva 1 Rullan 1 kirkkaat teipit KCL HSWO- koepainokoneen 4.painoyksikön yläpuolelta. Yläpuolella metsämaisema, rasteritaso 30 %, vasemmalla kolmioalue ja alhaalla oikealla rasterialue 50 % kukkakuvio.

Rullan yksi piling-taso 1-2. Kertymien määrä kukka- ja metsämaisema-alueella normaalit SC-paperien suhteen, kun tärkkelyksen ja täyteaineen annostelupaikat olivat vanhat perinteiset. Tärkkelys annosteltiin konemassapumpun imupuolelle perinteisesti ja täyteaine sekoitusmassapumpun (pyörrepuhdistinlaitoksen 1.vaiheen syöttöpumpun) imupuolelle perinteisesti.



Kuva 2 Rullan kaksi kirkkaat teipit KCL HSWO- koepainokoneen 4.painoyksikön yläpuolelta. Yläpuolella metsämaisema, rasteritaso 30 %, vasemmalla kolmioalue ja alhaalla oikealla rasterialue 50 % kukkakuvio.

Rullan kaksi piling-taso 1-2. Kertymien määrä kukka- ja metsämaisema-alueella normaalit SC-paperien suhteen. Tärkkelys annosteltiin konemassapumpun imupuolelle perinteisesti ja täyteaine perälaatikon syöttöpumpun imupuolelle perinteisesti.



Kuva 3 Rullan kolme kirkaat teipit KCL HSWO- koepainokoneen 4.painoyksikön yläpuolelta. Yläpuolella metsämaisema, rasteritaso 30 %, vasemmalla kolmioalue ja alhaalla oikealla rasterialue 50 % kukkakuvio.

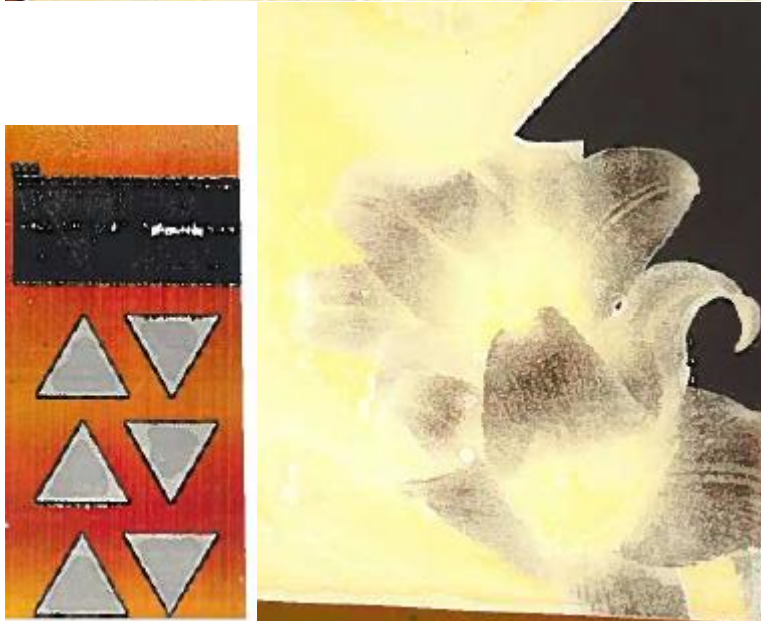
Rullan kolme piling-taso 0-1. Kertymien määrä kukka- ja metsämaisema-alueella olivat lähes täysin puhtaat ja normaalia pienemmät kertymät SC-paperien suhteen. Tärkkelys ja täyteaine annosteltiin perälaatikon imupuolelle perinteisesti.



Kuva 4 Rullan neljä kirkkaat teipit KCL HSWO- koepainokoneen 4.painoyksikön yläpuolelta. Yläpuolella metsämaisema, rasteritaso 30 %, vasemmalla kolmioalue ja alhaalla oikealla rasterialue 50 % kukkakuvio.

Rullan neljä piling-taso 1-2. Kertymien määrä kukka- ja metsämaisema-alueella oli normaali määrä kertymiä SC-paperien suhteen. Tärkkelys ja täyteaine annosteltiin perälaatikon imupuolelle TrumpJet-laitteiston avulla. Syynä voidaan pitää, että paperin pintarakenne on muuttunut hiukan liian sulkeutuneeksi, jolloin paperi aiheuttaa kertymiä samalla tavalla kuin pintarakenne olisi hiukan liian avoin.

Koeajosta 2 koepainettu koepainatustulokset, kun tärkkelystä annosteltu normaalia vähemmän eli 8 kg/t.



Kuva 5 Koepainatun rullan kirkaat teipit KCL HSWO- koepainokoneen 4.painoyksikön yläpuolelta koeajosta 2. Yläpuolella metsämaisema, rasteritaso 30 %, vasemmalla kolmioalue alhaalla oikealla rasterialue 50 % kukkakuvio.

Koeajon kaksi koepainatun rullan piling-taso 2-3. Kertymien määrä kukka- ja metsämaisema-alueella oli normaalia suuremmat kertymät SC-paperien suhteen. Lisäksi kolmioalueelle on muodostunut kertymiä. Tärkkelys ja täyteaine annosteltiin perälaatikon imupuolelle TrumpJet-laitteiston avulla, jolloin tärkkelystä annosteltiin 8 kg/t. Syynä voidaan pitää, että paperin pintalujuus on heikentynyt tärkkelys annostuksen pienentämisen johdosta. Paperin pintalujuus on todennäköisesti riittävän hyvää, jotta paperia voitaisiin lähettää asiakkaalle.