

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikan koulutusala Imatra
Prosessitekniikan koulutusohjelma

Jere Melto

Pohjapaperin vaikutus päällystyspastan vesirententioon

Opinnäytetyö 2013

Tiivistelmä

Jere Melto

Pohjapaperin vaikutus päällystyspastan vesiretentioon, 28 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikan koulutusala, Imatra

Prosessitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö, 2013

Ohjaaja: yliopettaja, TkT Pasi Rajala, Saimaan ammattikorkeakoulu

Työn tarkoituksena oli tutkia erilaisten pohjapaperien vaikutusta pohjapaperin vesiretentioon käyttäen ACA:n dynaamista vesiretentiomittaria.

Päällystyspastana käytettiin Century-kaoliinista valmistettua kaoliinilietettä. Pohjapapereina olivat UPM-Kymmene kopio- ja offset-paperi, Stora Enson digipainopaperi ja Mondin digipainopaperi.

Työn mittaukset suoritettiin Saimaan ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa. Vesiretentio mitattiin vakio- ja kolmella eri mittaussajalla. Lisäksi kaoliinilietteestä mitattiin Brookfield 100-viskositeetti, pH, lämpötila, johtokyky, kuiva-ainepitoisuus sekä pintajännitys. Käytetyistä papereista mitattiin Bendtsen-karheus, ilmanläpäisevyys sekä Cobb-arvo vedellä ja öljyllä.

Mittausten tuloksista huomataan, että vesiretentio kasvaa ajan kasvuun mukaan. Lisäksi veden virtaaminen paperiin riippuu pienistä, lähellä pintaa olevista kapillaareista.

Asiasanat: vesiretentio, pohjapaperi, päällystyspasta

Abstract

Jere Melto

Base Paper's Influence on Water retention in Coating, 28 pages, 1 appendix

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Imatra

Degree Programme in Process Engineering

Bachelor's thesis 2013

Instructor: Dr Pasi Rajala, Principal Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

The aim of this project was to study dynamic water retention of the coating colour and how different kind of base papers influence on it. Water retention was measured by ACA's dynamic water retention analyzer.

The measurements were made in paper laboratory of Saimaa University of Applied Sciences. Coating colour was made from Century-kaoline and four different base papers were used. Water retention in three different measuring times, Brookfield100 viscosity, pH, temperature, dry solids content and surface tension were measured from kaolin slurry. Bendtsen roughness, air permeability, Cobb tests with water and oil were measured from the base papers.

The results of measurements show that when time passes, dewatering from coating colour rises. Also dewatering depends on small capillaries that are situated near paper surface.

Keywords: Water Retention, Coating Colour, Base Paper

Sisältö

1 Johdanto	5
2 Paperin päällystys, päällystysmenetelmät.....	5
2.1 Teräpäällystys	7
2.2 Filminsiirtopäällystys.....	8
3 Pohjapaperi.....	9
4 Vesiretentio	10
4.1 Vesirentention mekanismi ja vesirententioon vaikuttavat tekijät	12
4.2 Veden kulkeutuminen paperissa	13
5 Vesirentention mittaaminen.....	14
6 Kaoliini	19
6.1 Kaoliinin ominaisuudet.....	19
7 Työn suorittaminen	20
8 Mittaustulokset	21
8.1 Vesirententiomittaus	21
8.2 Bendtsen-karheusmittaus.....	23
8.3 Cobb mittaukset	23
8.4. Ilmanläpäisevyysmittaus.....	25
9 Johtopäätökset.....	25
Kuvat.....	27
Kuviot.....	27
Taulukot	27
Lähteet.....	28
Liitteet	
Liite 1 Mittaustulokset	

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on mitata eri pohjapapereiden vaikutusta vesirentioon, käyttäen Saimaan ammattikorkeakoulun ACA:n dynaamista vesirentiomittaria (PDWR-mittari). Työn valvojana toimii Pasi Rajala Saimaan ammattikorkeakoulusta.

Dynaaminen vesirentiomittari on suunniteltu simuloimaan päällystysaseman eri prosesseja jotka vaikuttavat päällystyspastan vesirentioon.

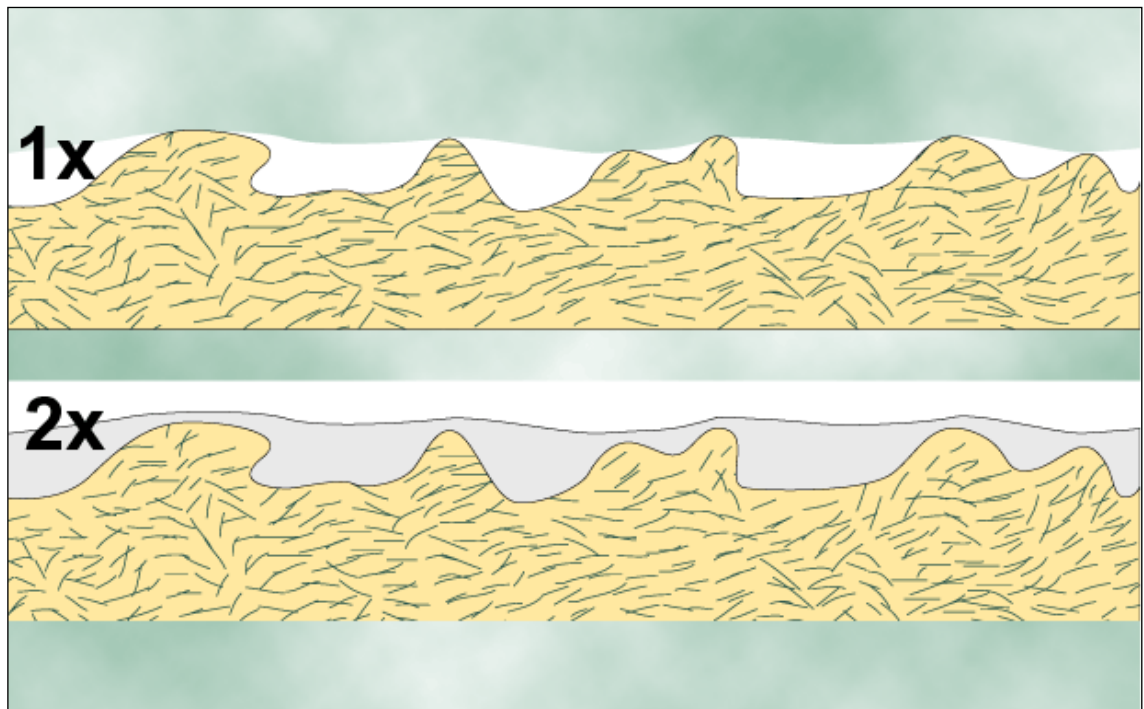
Tässä työssä käytettiin neljää (4) eri pohjapaperia ja Century-kaoliinia. Mittaukset suoritettiin pastan ja paperin kontaktiaikaa muutamalla vakiopaineessa, joka oli yksi baria.

2 Paperin päällystys, päällystysmenetelmät

Paperin ja kartongin päällystyksellä tarkoitetaan niiden pinnoittamista käyttökohdeesta riippuen erilaisilla pinnoitteilla. Näitä pinnoitteita ovat pigmentit, sideaineet, vahat, muovit sekä niiden yhdistelmät. Pigmenttipäällysteen pääosana on paperin tai kartongin pintaan laitettava pigmenttikerros.

Päällyste levitetään usein vesiseoksena rainan pintaan tasaisesti, minkä jälkeen ylimääräinen vesi haihdutetaan päällysteen kuivatukseen suunnitelluilla laitteilla. Liuotinpohjaisia pastoja voidaan myös käyttää, ja ne soveltuvat erityisesti erikoispapereille.

Päällystyksessä on yleensä tarkoituksena täyttää paperin tai kartongin pinnan epätasaisuudet yhdellä tai usealla päällystekerroksella (Kuva 1). Paperin päällystys vaikuttaa ensisijaisesti paperin painettavuusominaisuuksiin ja ulkonäköön. Kartongin muovipäällysteellä on lisäksi muita toiminnallisia ominaisuuksia.



Kuva 1. Yhteen ja kahteen kertaan päällystetty paperi

Päällystyksellä voidaan usein vaikuttaa paperin jäykkyyteen sekä veden, raasan tai liuottimen keston. Paperi ja kartonki voidaan päällystää joko molemmilta puolilta tai vain toiselta puolelta loppukäytöstä riippuen, ja päällystys voidaan suorittaa useampaan kertaan, jos se parantaa lopputuotteen painatuslaatua. Päällystys tapahtuu joko paperikoneen yhteydessä (on-machine) tai erillisenä yksikkönä (off-machine). Myös päällysteet voivat olla joko identtiset tai erilaiset molemminpuolisessa päällystyksessä.

Päällystettyjä paperilajeja käytetään lähinnä tuotteissa, jotka painetaan. Näitä ovat esimerkiksi aikakauslehdet, kirjat, esitteet, luettelot, etiketit pakkaukset ja julisteet. (Hägglom-Ahgner & Komulainen 2004, 186.)

Päällystysmenetelmät

Päällystysmenetelmät voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen:

1. Päällysteen lisäys paperiin
2. Lisäyksen ja annostelun välinen viipymisaika
3. Annostelu terällä, sauvalla tai harjalla. (Lehtinen 2000, 418.)

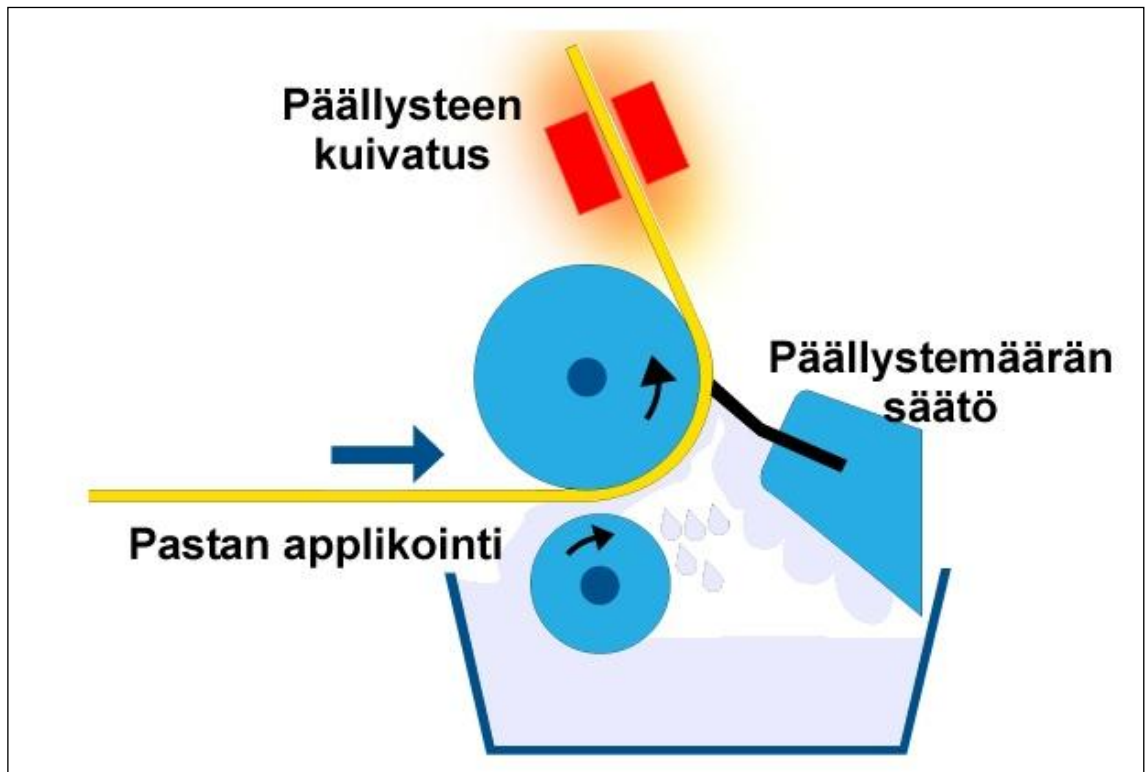
Eri päällystyslaitteiden erot ovat useimmin vain siinä, miten pasta lisätään pohjapaperin pinnalle ja applikointitapahtuman yhteydessä tapahtuvassa penetraatiossa. Penetraatio tarkoittaa päällystepastan, erityisesti pastassa olevien sideaineiden ja veden tunkeutumista pohjapaperiin. (Hägglom–Ahgner & Komulainen 2005, 191.)

Yleisin päällystysmenetelmä on teräpäällystys eri muodoissaan. Teräpäällystykseen lisäksi voidaan käyttää myös sauvapäällystimiä, filminsiirtopäällystimiä tai ilmaharjapäällystimiä.

2.1 Teräpäällystys

Teräpäällystys on tärkein pigmenttipäällystysmenetelmä paperiteollisuudessa. Nimi päällystysmenetelmälle tulee päällystemäärän säätöön käytettävästä terästä, jota kutsutaan annosteluteräksi. Suurimmat erot eri teräpäällystysasemien välillä ovat niiden applikointi- ja penetraatiotapahtumissa. (Hägglom–Ahgner & Komulainen 2005, 191.)

Teräpäällystyksellä pyritään saamaan paperin tai kartongin pinnalle tasinen ja sileä päällystekerros. Päällystysaseman valinnalla voidaan vaikuttaa mm. seuraaviin laatutekijöihin: kone- ja poikkisuuntainen profiili, juovukkuus, viirut, sileys ja tasaisuus.



Kuva 2. Sivelytelapäällystimen periaate (Hägglom–Ahgner & Komulainen 2005, 192.)

Päällystysasema, jossa vastatelan alla on sivelytela ja seosallas sekä kaavinterrä sijoitettuna 0,5 - 0,7 m sivelytelan jälkeen, on teräpäällistyksen perusmalli (Kuva 2). Perusratkaisuna terän kuormitukseen on kaavinterrän takana oleva kiinteä terän tulilista, jolla kontrolloidaan sekä suur- että pienkulmateräpäällistystä.

Teräpäällistyksessä päällstepasta applikoidaan pohjapaperin päälle, ja lisätty pasta annostellaan terällä. Alussa lisätty pastamäärä on korkeampi kuin pastan määrä lopussa, ja suurin osa päällstepastasta palaa takaisin pastakiertoon. Kuivatusosalla pastassa oleva ylimääräinen vesi haihtuu päällstekerroksesta pois tai imeytyy pohjapaperiin. (Mäkinen 2000.)

2.2 Filminsiirtopäällistys

Filminsiirtopäällistys on kaksivaiheinen prosessi, jossa päällstekerros muodostetaan ensin applikointitelalle, ja sen jälkeen se siirretään kahden telan painestetussa nipissä paperin pinnalle. Paperi voidaan myös päällstää molemmil-

ta puolilta, jolloin päällystekerros applikoidaan molemmille teloille yhtä aikaa, tai kaksi päällystysasemaa sijoitetaan peräkkäin. Paineistettu nippi määrää lopullisen pastamäärän paperissa. Päällystefilmi halkeaa, kun raina poistuu nipistä, jolloin osa päällysteestä jää applikointitelalle, ja suurin osa siirtyy paperirainan pinnalle. Filminsiirtopäällystin koostuu yhdestä tai kahdesta telasta ja pastan applikointipalkista riippuen siitä, päällystetäänkö paperi vain yhdeltä vai molemmilta puolilta.

Pasta voidaan applikoida telan pinnalle terän, urasauvan tai sileän sauvan avulla. Pastan applikointi tapahtuu lyhytviipymäperiaatteella, ja siinä käytetään patoterää tai sauvaa. Hyvän ja tasaisen päällystykseen varmistamiseksi applikointitelalle muodostettavan kerroksen on oltava sileä, ilmaton ja juovaton. Sumuaminen on filminsiirtopäällystyksessä suuri ongelma. Pastan jähmettyminen nopeutuu, kun pastan vesiretenttiota huononnetaan. Vesiretention huonontaminen voi tosin johtaa joidenkin laatuvaatimusten, kuten kiillon, huononemiseen. Filminsiirtopäällystimen jälkeen joudutaan käyttämään kosketuksetonta kuivainta, jotta päällyste saadaan riittävän kuivaksi sylinterikuivausta varten.

3 Pohjapaperi

Pohjapaperi tai –kartonki on päällystetyn paperin runko. Pohjapaperin laatu vaikuttaa merkittävästi päällystysprosessin onnistumiseen. Pohjapaperin huono formaatio ja huonot lujuusominaisuudet aiheuttavat ongelmia päällystysyksiköillä. Pohjapaperissa ei myöskään saa olla reikiä, rynkkyjä tai tikkuja, koska ne huonontavat paperin ajettavuutta. Pohjapaperi muodostaa lopputuotteen rungon. Päällystyksellä ei voida poistaa pohjapaperissa olevia vikoja, vaan useimmiten viat korostuvat päällystettäessä. Hyvä pohjapaperi on siis tärkeä perusedellytys onnistuneeseen paallustituloksen kannalta.

Pohjapaperin vaatimukset määräytyvät käytetystä päällystysmenetelmästä, päällystyspastan koostumuksesta ja tuotteen loppukäyttötarkoituksesta. Tästä syystä lujuusominaisuuksien on oltava riittävän hyviä. Pohjapaperin nelömassan, paksuuden, kosteuden ja sileyden vaihtelut sekä epätasainen formaatio johtavat lopputuotteen laadun epätasaisuuteen. Päällyste on saatava kiinnitty-

mään pohjapaperiin ilman liian suuria sideainemääriä. Pohjapaperilta vaaditaan siis sellaista pinnan rakennetta, joka mahdollistaa pastan kiinnittymisen mutta ei ime liikaa sideainetta itse pastasta. (Arjas 1983.)

Pohjapaperi voi olla joko puupitoista tai puuvapaata massaa, ja sen neliöpaino voi vaihdella laajalti. Täyteainepitoisuus voi vaihdella paperilajista sekä neliöpainosta riippuen 5 - 25%, ja sen käyttöä rajoittavat ajettavuus sekä tuotteen pintalujuusvaatimukset. Pohjapaperin vaaleus ja opasiteetti tulisi olla mahdollisimman lähellä haluttua lopputuotteen vaaleutta, koska päällysteen tarkoituksena ei ole muuttaa kyseisiä arvoja merkittävästi. Paperin sileyks, huokoisuus ja imukyky vaikuttavat päällystyksessä päällystekerroksen peittävyteen, päällystemäärään sekä päällysteen tarttumiseen ja sideaineiden vaellukseen. (Lehtinen 2000.)

Päällystykseseen vaikuttavia muita tekijöitä ovat karheus, huokoisuus ja vesiabsorptio. Nämä ominaisuudet vaikuttavat päällystyspastan penetroitumiseen pohjapaperiin. Samalla ne vaikuttavat myös päällystemääriin. Pohjapaperin karheuden kasvaessa sen kontaktipinta-ala kasvaa, ja samalla päällystemäärä kasvaa. Huokoisuuden kasvu johtaa pastan penetraation kasvuun, jolloin myös pastan määrä paperissa kasvaa. Myös kasvava vesiabsorptio nostaa päällystemäärää pohjapaperissa.

Pohjapaperin vesiabsorptioon voidaan vaikuttaa hydrofobiliimuksella. Tällöin pohjapaperiin ei penetroidu yhtä paljon vettä.

4 Vesiretentio

Päällystyspastan vesiretentio tarkoittaa pastan kykyä pidättää vettä tai neste-faasia itsessään päällystyksen aikana, kun pasta on kosketuksissa pohjapaperin pinnan kanssa. Hyvä vesiretentio tarkoittaa sitä, että pasta pidättää itsessään vettä hyvin, eli pastan kuiva-ainepitoisuus päällystyksen aikana on melko vakio. Jos vettä poistuu liikaa pastasta päällystyksen aikana, on vesiretentio huono. Joissakin päällystystapahtumissa huono vesiretentio voi olla hyväkin asia. Usein kuitenkin huono vesiretentio johtaa pohjapaperin vettymiseen, ja

päällystehiukkasia penetroituu pohjaradan sisään. Huono vesirentio voi myös johtaa ajettavuusongelmiin ja epätasaiseen päällystystulokseen. Vesirention yksikkö on $g (H_2O) /m^2$.

Päällysteen kiinnittyminen pohjapaperiin edellyttää, että tietty määrä sideaineita ja vettä imeytyy hallitusti pohjapaperin huokosiin. Veden imeytyminen pohjara-taan päällystystapahtuman aikana johtuu suurelta osin ulkoisen paineen aiheut-tamasta penetraatiosta. Painepentraatiossa vettä ja sideaineita imeytyy pastas-ta pohjapaperiin. Päällystyksen aikana tapahtuu myös jonkin verran kapillaari-petraatiosta johtuvaa imeytymistä. Ilman ulkoista painetta tapahtuvan kapil-laaripetraation vaikutus lopputulokseen päällystyksessä on kuitenkin melko pieni, koska kapillaaripetraatio vaatii huomattavasti pidemmän vaikutusajan kuin painepetraatio.

Veden imeytymisen pohjapaperiin on oltava hallittu tapahtuma, jotta ajettavuus ja laatu säilytetään halutulla tasolla. Vesirention ollessa liian alhainen tai liian korkea ongelmia saattaa esiintyä. Yleisimpiä ongelmia alhaisesta vesirentios-ta johtuen ovat

- Annosteluterää ennen tapahtuva nopea märkäpäällysteen kuiva-aine-pitoisuuden nousu nostaa viskositeettiä terän alla ja siten pastan reologiaa, josta johtuu ajettavuuden huononeminen ja päällystemäärän säädön hankaloituminen. Ongelmat korostuvat ajan kuluessa.
- Veden mukana penetroituvat sideaineet rikastuvat osittain pohjapaperin pinnalle. Rikastumisesta johtuen pohjapaperin pinnalle syntyy sideainei-den maksimikohta ja viereen minimikohta. Päällystekerroksen lujuus voi tässä kohdassa alittaa minimivaatimukset ja palstautua.
- Konekierrossa pastan koostumus voi muuttua vähitellen, jolloin myös ominaisuudet muuttuvat. Samoin voi muuttua myös pastan reologiset ominaisuudet.
- Päällystysasemalta kierrätetyn pastan kiintoainemäärä voi nousta 5 %:lla tai jopa suuremmalla määrällä muutamien tuntien kuluessa, jos liian pal-jon vettä vapautuu.

- Kun kiintoainemäärä pastassa nousee, vaikeutuu tasaisen päällystyksen onnistuminen. Teräpaineen on usein noustava, jotta pytyttäisiin pitämään yllä tasainen päällysteen määrä.
- Korkea nesteen penetraatio pohjapaperiin heikentää paperin sisäisiä sidoksia, joka aiheuttaa paperin repeämisherkkyden.

Liian korkeasta vesiretentiosta johtuvia ongelmia ovat

- Jos neste ei penetroidu pohjapaperiin tarpeeksi, ei päällystekerros sitoudu kunnolla, ja päällyste voi irrota pohjapaperista.
- Prosessi voi vaatia tietyn nesteen imeytymisen pohjapaperiin ja siten viskositeetin nousun oikean päällystemäärän saavuttamiseksi.
- Päällysteen kuivatus hankaloituu vesiretention kasvaessa. (Lehtinen 2000, 223.)

Yleisesti ei ole olemassa yhtä ainutta ja oikeaa vesiretention suuruutta, vaan sen suuruus on riippuvainen monista pohjapaperin ominaisuuksista ja tavoitelluista suureista valmiissa tuotteessa. Isolta osin vesiretention suuruus voi olla jopa konekohtainen suure, eli se ei ole koskaan vakio. (Ahtikari ym. 2006.)

4.1 Vesiretention mekanismi ja vesiretention vaikuttavat tekijät

Pastan vesiretention on riippuvainen monesta eri tekijästä. Pohjapaperin ominaisuudet, kuten huokoisuus ja pintakemia vaikuttavat paperiin imeytyvän veden määrään. Myös päällystysaseman olosuhteet, kuten aseman tyyppi, ajonopeus, viipymäaika ja applikointipaine, vaikuttavat vesiretention. Pastan komponenteista ainakin pigmentit ja sideaineet vaikuttavat vesiretention. Tärkeä merkitys on myös pastan ja pohjapaperin lämpötiloilla. (Pitkänen & Rutanen 2001.)

Kun päällystyspasta applikoidaan pohjapaperin pintaan, pastan sisältämä nestefaasi alkaa penetroitumaan pohjapaperiin, ja tämän seurauksena pohjapaperin ja päällystekerroksen rajapintaan muodostuu immobilisoitunut suodoskakerros. Immobilisoituneen kerroksen kuiva-ainepitoisuus nousee, ja suodoskaku tiivistyy, koska pastan nestefaasi on penetroitunut pohjapaperiin. Tästä joh-

tuen immobilisoitunut kerros aiheuttaa painehäviön veden tunkeutuessa tiiviin suodoskakun läpi pohjapaperiin.

Pastan vedenpoiston nopeuteen vaikuttavat ajavien voimien summa ja immobilisoidussa kerroksessa tapahtuva painehäviö. Vedenpoiston ajavina voimina toimivat pohjapaperin absorptiokyky ja ulkoinen paine. Painehäviö mobilisoidussa kerroksessa on riippuvainen pastan nestefaasin viskositeetista ja suodoskakun läpäisevyydestä.

Nestefaasin viskositeetti on pääasiassa riippuvainen päällystyspastassa käytettävistä sideaineista ja niiden määrästä. Koska sideaineet valitaan usein päällystetyn lopputuotteen laadun näkökulmasta, vesiretention säätämiseen käytetään usein viskositeettia lisääviä aineita. Tällaisena paksuntajana voidaan käyttää esimerkiksi karboksyyylimetyyliselluloosaa (CMC). Käytännössä vesiretention kasvattamista paksuntajien avulla rajoittaa pastan viskositeetin liiallinen kasvu. Tehdasolosuhteissa paksuntajien vaikutus voidaan usein optimoida valitsemalla systeemi, jossa päällystyspastan ja pastan nestefaasin viskositeettien suhde on mahdollisimman alhainen. (Pitkänen & Rutanen 2001; Häggblom-Ahlgner & Komulainen 2003.)

Suodoskakun läpäisevyyteen vaikuttavat pastassa käytettävät pigmentit ja niiden pakkautumistiheys suodoskakun muodostuessa. Levymäisistä pigmenteistä ja pienen hiukkaskoon partikkeleista muodostuu tiheämpi suodoskakku kuin pallomaisista pigmenteistä ja suuren hiukkaskoon partikkeleista.

4.2 Veden kulkeutuminen paperissa

Ehtona veden kulkeutumiselle huokoisessa materiaalissa on ajava potentiaali. Joitain yleisiä esimerkkejä veden kulkeutumisen ajavista potentiaaleista ovat kapillaaripaine, ulkoinen paine, höyryn paine, väkevyysgradientti ja lämpötilagradientti. Useat ajavat potentiaalit voivat olla läsnä ja vaikuttamassa samaan aikaan, ja tämä tekee kulkeutumismekanismista monimutkaisen.

Useissa teollisuuden päällystysprosesseissa nestefaasin liikkumista ajava voima on paperin absorptiopotentiaalin ja ulkoisen paineen summa. Veden penet-

raatiomäärä kasvaa nopeasti, kun nostetaan ulkoista painetta. Myös lämpötila vaikuttaa huomattavasti veden kulkeutumismäärään erityisesti silloin, kun ulkoista painetta ei ole mukana. Lämpötilan vaikutus johtuu pääosin useista molekyylien kuljetusprosesseista (diffuudio) huokossysteemissä ja kuitujen sisällä. Ulkoisen paineen noustessa diffuusion rooli heikkenee, ja lämpötilavaikutus riippuu suurelta osin viskositeetin muutoksista. (Lehtinen 2000, 679.)

Paperinvalmistusprosesseissa käytetään useita eri keinoja säätämään pohjapaperin absorptiomäärää. Absorptiomäärä ilman ulkoista painetta määritellään pääosin pintakemikaaliominaisuuksilla. Pohjapaperin absorptiomäärä säädelään erilaisilla hydrofobisilla käsittelyillä, kuitumateriaalin hydrofiilisyydellä sekä täyteainelajeilla. Toisaalta korkean ulkoisen paineen alla tapahtuva vesipenetraatio, kuten terän alla, on pääosin riippuvainen pohjapaperin rakenteesta. Korkea kuidun jalostus ja täyteaineen suuri määrä, kuten myös kalanterointi ja muut pintakäsittelyt, jotka sulkevat pintaa, ovat tehokkaita keinoja vähentämään painepenetraatiota. (Lehtinen 2000, 679.)

5 Vesiretention mittaaminen

Vesiretentio on yksi päällystystapahtuman merkittävimmistä suureista. Sen mittaamisella pyritään ennustamaan pastan käyttäytymistä päällystystilanteessa. Vesiretention mittaamenetelmät voidaan jakaa staattisiin ja dynaamisiin menetelmiin sekä suoriin ja epäsuoriin menetelmiin. Dynaamisissa menetelmissä pasta on liikkeessä mittauksen aikana. Staattisissa mittauksissa pasta ei liiku, eikä pastaan kohdistu leikkausvoimia mittauksen aikana. Suorissa staattisissa mittauksissa määritetään päällystyspastasta pohjapaperiin penetroituneen nestefaasin määrä yleensä gravimetrisesti. Suorat staattiset menetelmät perustuvat päällystyspastan suodattamiseen ulkoisen paineen vaikutuksen alaisena. Epäsuorat staattiset menetelmät mittaavat muita ominaisuuksia, joista heijastuu pohjapaperiin penetroituneen nestefaasin määrä. Epäsuorissa staattisissa mittauksissa mitattavia suureita ovat esimerkiksi sähkönjohtokyky, ultraäänen läpäisy, pinnan kiilto ja pastan viskositeetti. Dynaamiset epäsuorat menetelmät parustuvat useimmiten pastan kuiva-ainepitoisuuden nousun mittaamiseen tai

erityyppisiin raaputuskokeisiin laboratorio- tai pilot-päälystyskoneilla ajettavien koeajojen aikana. Suorissa dynaamisissa mittauksissa määritetään leikkausvoimien vallitessa, virtaavissa olosuhteissa, pohjapaperiin tunkeutuvan nestefaasin määrä gravimetrisesti. (Ahtikari ym. 2006.)

Epäsuoria staattisia menetelmiä vesiretention mittaamiseksi on useita. Yksi tunnetuimmista menetelmistä on S.D. Warren menetelmä. Tämä menetelmä perustuu päälystepastan kanssa kosketuksissa olevan pohjapaperin sähkönjohtokyvyn mittaamiseen. Sähkönjohtokyky nousee nestefaasin siirtyessä pohjapaperiin.

Hyvin yleisesti käytössä oleva suora staattinen menetelmä vesiretention mittaamiseen on Åbo Akademin kehittämä ÅA-GWR-laite. Tässä menetelmässä pastan nestefaasi siirtyy kalvon läpi imukartonkiin tai pohjapaperiin, ja nestefaasin määrä saadaan punnitsemalla imukartonki.

Dynaamisen vesiretention määrittämiseen epäsuorasti on kehitetty useita menetelmiä. Yksi tällainen on vesiretention mittaaminen ulträäntä käyttämällä. Kun nestefaasi penetroituu pohjapaperiin, se syrjäyttää pohjapaperin sisältämää ilmaa. Koska ultraääni kulkee eri tavalla ilmaa sisältävässä pohjapaperissa kuin nestefaasin kastelemassa märässä paperissa, ultraäänisignaali muuttuu, kun pastan nestefaasi tunkeutuu pohjapaperiin. Signaalin voimakkuuden muutoksesta voidaan määrittää pohjapaperiin penetroituneen nesteen määrä. (Pitkänen & Rutanen 2001.)

Epäsuoraan dynaamisen vesiretention mittaamiseen voidaan käyttää myös menetelmää, jossa märkä päälystekerros raaputetaan pois pohjapaperin pinnasta heti kaavausterän jälkeen. Immobilisoituneen kerroksen tiheydestä voidaan päätellä pastasta pohjapaperiin imeytyneen nestefaasin määrä. Täten menetelmällä voidaan määrittää pastan vesiretention leikkausvoimien alaisena.

PDWR-mittari

Kannettavan vesiretentiomittarin tarkoitus on simuloida paineita ja aikavälejä päälystyskoneella applikoinnin aikana ja terän alaisena. Dynaamisen vesiretentiomodulin avulla on mahdollista tutkia pohjapapereiden ja päälystemateriaali-

en vesirentio-ominaisuuksia. ACA:n kehittelemällä PDWR-laitteella (Portable Dynamic Water Retention) (Kuva 3) voidaan mitata vesirentiota.



Kuva 3. PDWR-vesirentiomittari

Ennen mittausta virta, vesi ja ilma kyketään päälle. Säädetään haluttu paine (0,5 - 2,0 bar) sekä aika millisekunneina. Mittaus suoritetaan seuraavasti:

1. Siivilöity näyte kaadetaan laitteen näytesylinteriin siellä olevaan merkkiin asti. Näytesylinterin ja mittapään kannet suljetaan. (Kuvat 4 ja 5)
2. Mittaus suoritetaan ilman paperia ja filteriä, jotta koneen kanavat täyttyvät pastalla.
3. Siivilöityä näytettä kaadetaan merkkiin asti, ja mittapää ja mittapään kansi suljetaan.
4. Mitattava paperi punnitaan mahdollisimman tarkalla vaa'alla.
5. Filteri asetetaan mittauspähän ja sen päälle asetetaan mitattava paperi. (Kuvat 4 ja 5.)
6. Varsinainen mittaus suoritetaan.

7. Mittapään kansi avataan, ja mitattava paperi punnitaan ja kirjataan paperiin imeytyneen vesimäärän paino ylös.



Kuva 4. PDWR-laitteen mittasylinteri ja mittapää kiinni



Kuva 5. PDWR-laitteen mittasylinteri ja mittapää auki

Teräksiseen mittasylinteriin kaadettava pastamäärä on 350 ml. Tyypillisiä mitta-
usaikoja ovat 3000, 6000 ja 9000 millisekuntia, näin saadaan vertailtua ajan
vaikutusta veden imeytymiseen. Normaalisti paineena käytetään 1 bar:n painet-
ta. Filtrinä laitteessa käytetään milliporen, ISOPORE-membraanifiltteriä, jonka
huokoskoko on 0,4 μm ja halkaisija 47 mm. Mittauspaperin tulee olla mahdolli-
simman hyvä- ja tasalaatuista paperia. Mittausten jälkeen ja tarvittaessa mitta-
usten välillä laitteisto huuhdellaan ja pestään vedellä.

PDWR-mittari on helppokäyttöinen ja nopea, koko mittaustapahtuma vie yh-
teensä aikaa noin kolme minuuttia. Sen dynaaminen faasi simuloi päällystysko-
neen olosuhteita, jolloin mittaustulokset ovat mahdollisimman lähellä realistisia
tuloksia. (PDWR-mittarin käyttöohje.)

6 Kaoliini

Kaoliinia käytetään pigmenttinä päällystyspastoissa. Kaoliini on yksi yleisimmistä esiintyvistä materiaaleista. Tärkeimmät käytössä olevat kaoliiniesiintymät sijaitsevat Yhdysvalloissa Georgian osavaltiossa, Lounais-Englannissa ja Brasiliassa.

Kaoliiniesiintymä jaetaan kahteen eri luokkaan, primäärisiin ja sekundäärisiin. Primäärikaoliini on muodostunut graniittikiven pinnalle sen muokkautuessa. Sekundäärikaoliini taas on kulkeutunut veden mukana ja laskeutunut segmentiksi. Sekundäärikaoliinissa on usein rautaa sisältävää anastaasia, joka aiheuttaa sille keltaisen sävyn. (Lehtinen 2000, 70.)

6.1 Kaoliinin ominaisuudet

Tärkeitä ominaisuuksia pigmentille päällystettäessä ovat partikkelin muoto ja koko. Muita tärkeitä ominaisuuksia ovat vaaleus, väri sekä viskositeetti. Kaliumkarbonaattia käytetään siitä saavutettavan hyvän vaaleuden takia. Kaoliinia kuitenkin käytetään yhä enenevässä määrin. Kaoliinilla parannetaan ajettavuutta, saadaan pienillä määrillä hyvä peitto, ja se parantaa paperin painatusominaisuuksia.

Kaoliini on muodoltaan levymäistä. Levymäisyys parantaa pigmentin retentio-ominaisuuksia. Levymäisellä kaoliinilla on parempi vedenpidätyskyky verrattuna kuutiomaiseen pigmenttiin, koska vesi joutuu kulkemaan pidemmän matkan kulkiessaan päällysteestä paperiin. Levymäisyydestä johtuen kaoliinin viskositeetti kasvaa sekoitettaessa.

Päällystyksessä käytetyillä kaoliineilla on pieni partikkelikokojakauma, joka alentaa viskositeettia, ja se puolestaan parantaa ajettavuutta päällystykoneella.

Pohjois-Amerikassa ja Brasiliassa tuotetun kaoliinin partikkelikoko on englantilaista kaoliinia pienempi. Hienoimmat kaoliinilaadut voivat sisältää jopa 100 % alle kahden mikrometrin kokoisia partikkeleita. Pieni partikkelikoko parantaa paperin kiiltoa.

Kaoliinin ISO-vaaleus vaihtelee välillä 80 – 92. Vaaleimpia ovat hienot, pohjois-amerikkalaiset lajit, ja vähiten vaaleita ovat puolestaan syväpainossa käytetyt englantilaiset lajit. Kaoliinin vaaleus on samaa luokkaa sellun kanssa, mutta suurempaa kuin puupitoisella paperilla. (Lehtinen 2000, 73.)

7 Työn suorittaminen

Työ suoritettiin kokonaisuudessaan Saimaan ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa. Työ aloitettiin tutustumalla PDWR-mittariin ja valitsemalla testauksissa käytettävät paperilajit. Tämän jälkeen valmistettiin mittauksissa käytettävä pasta, joka oli Centry-kaoliinia, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 65 %. Seuraavassa vaiheessa suoritettiin mitattavien paperien leikkaus mittarin mittapäähän sopiviksi kiekkoiksi. Mitattavat paperit punnittiin ja tehtiin mittaukset PDWR-mittarilla. Mittaukset tehtiin käyttämällä paineena 1 bar:n painetta ja aikana 3000, 6000 ja 9000 millisekuntia. Jokaisella ajalla tehtiin jokaiselle paperille kolme mittausta, joiden tulosten keskiarvosta laskettiin kyseiselle ajalle ja paperilajille vesiretention arvo. Mitattavia paperilajeja olivat kopiopaperi (80 gsm), digipainopaperi (100 gsm), digipainopaperi (130 gsm) ja offsetpaperi (100 gsm).

Mitattavista papereista mitattiin myös huokoisuus ja ilmanläpäisevyys sekä paperien Cobb-arvot vedellä ja öljyllä. Patstasta mitattiin lisäksi pintajännitys.

Mittauksissa käytetyt paperit haettiin paperilaboratoriosta, ja kaikki paperit otettiin avaamattomista paketeista, jotta paperi oli oikeaa paperilajia ja mahdollisimman tasalaatuista.

Lämpötila, °C	pH	Johtokyky, mV	BR100, cP	KAP %	Pintajännitys mN/m
21,0	6,59	33,0	53,4	64,5	58,93

Taulukko 1. Pastan ominaisuudet vesiretentiomittauksessa

Mittauksissa käytetty Century-kaoliini sekoitettiin veteen, johon oli lisätty dispergointiainetta, jotta kaoliini sekoittuisi kunnolla veteen ja siitä saatiin tasalaatu-

ta. Pastan valmistuksen jälkeen siitä mitattiin pH, viskositeetti, lämpötila, johtokyky, BR100-arvo, KAP ja pintajännitys (Taulukko 1), jonka jälkeen aloitettiin varsinaiset testaukset.

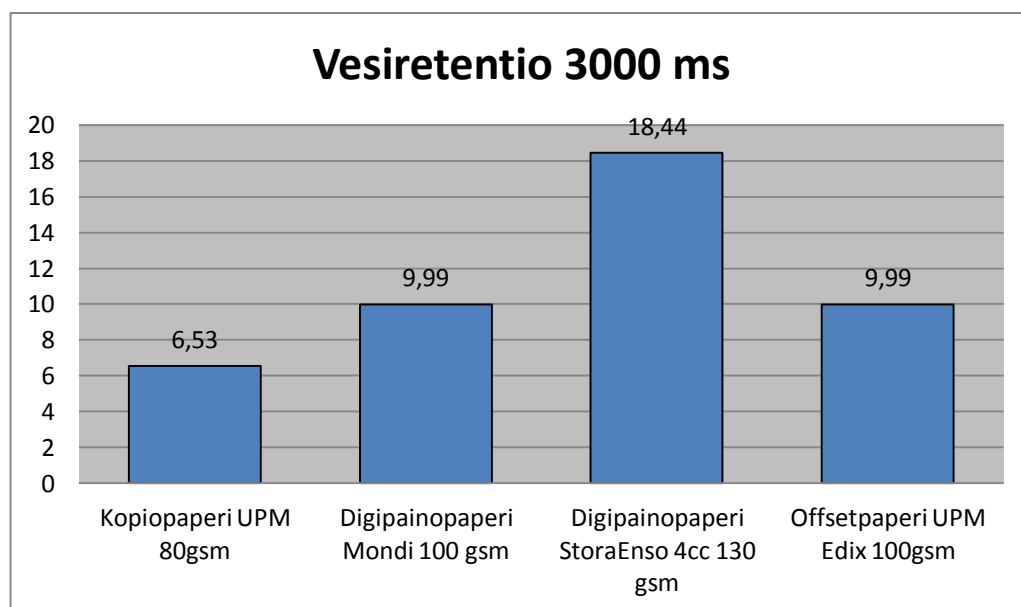
8 Mittaustulokset

Tämä työ oli puhtaasti kokeellinen, joten mittaustulokset ovat tärkeässä roolissa etenkin tässä työssä. Tässä luvussa esitellään kokeellisessa osassa saatuja tuloksia.

Vesiretention lisäksi käytetyistä papereista mitattiin paperin Bendtsen-karheus, Cobb sekä vedellä että öljyllä ja ilmanläpäisevyys.

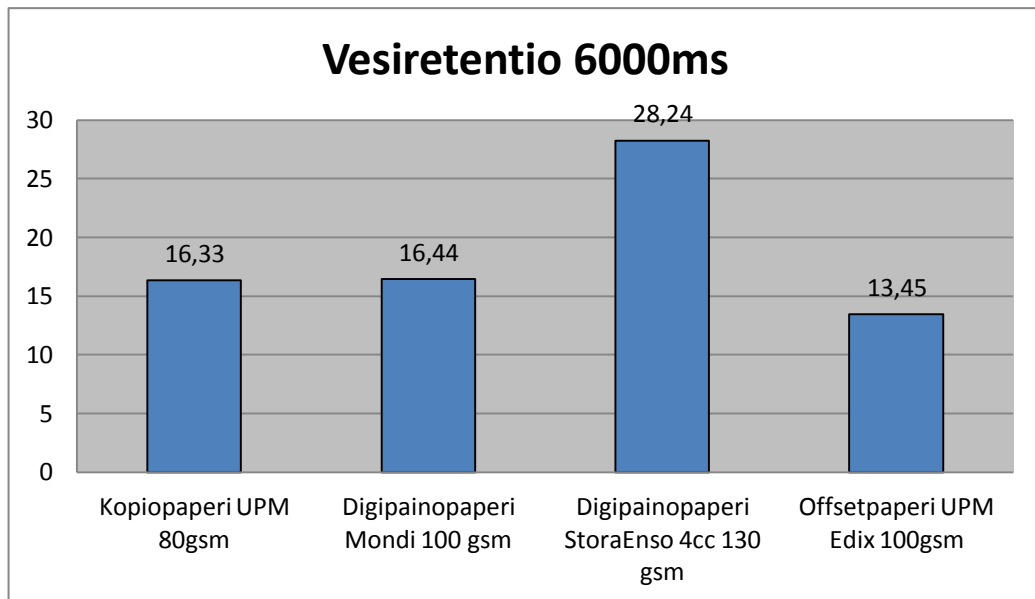
8.1 Vesiretentiomittaus

Kuviossa 1 näkyy vertailu eri pohjapapereiden vesiretentiosta 9 sekunnin mittauspisteessä.



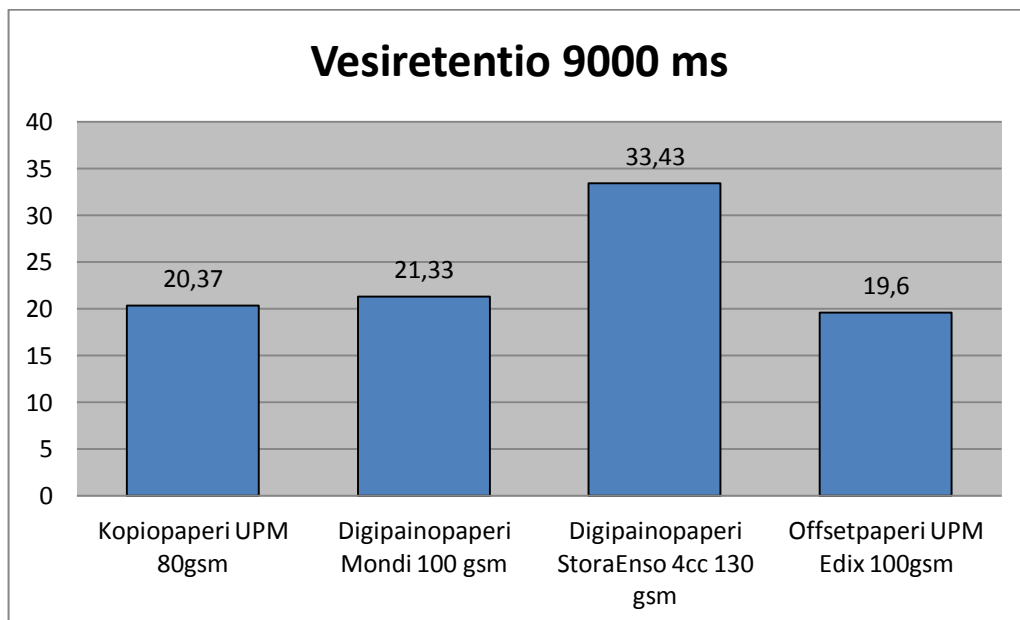
Kuvio 1. Vesiretentio eri pohjapapereilla 3 sekunnin mittausaajalla

Kuviossa 2 näkyy vertailu eri pohjapapereiden vesiretentiosta 6 sekunnin mittauspisteessä.



Kuvio 2. Vesiretentio eri pohjapapereilla 6 sekunnin mittausajalla

Kuviossa 3 näkyy vertailu eri pohjapapereiden vesiretentiosta 9 sekunnin mittausajalla.



Kuvio 3. Vesiretentio eri pohjapapereilla 9 sekunnin mittausajalla

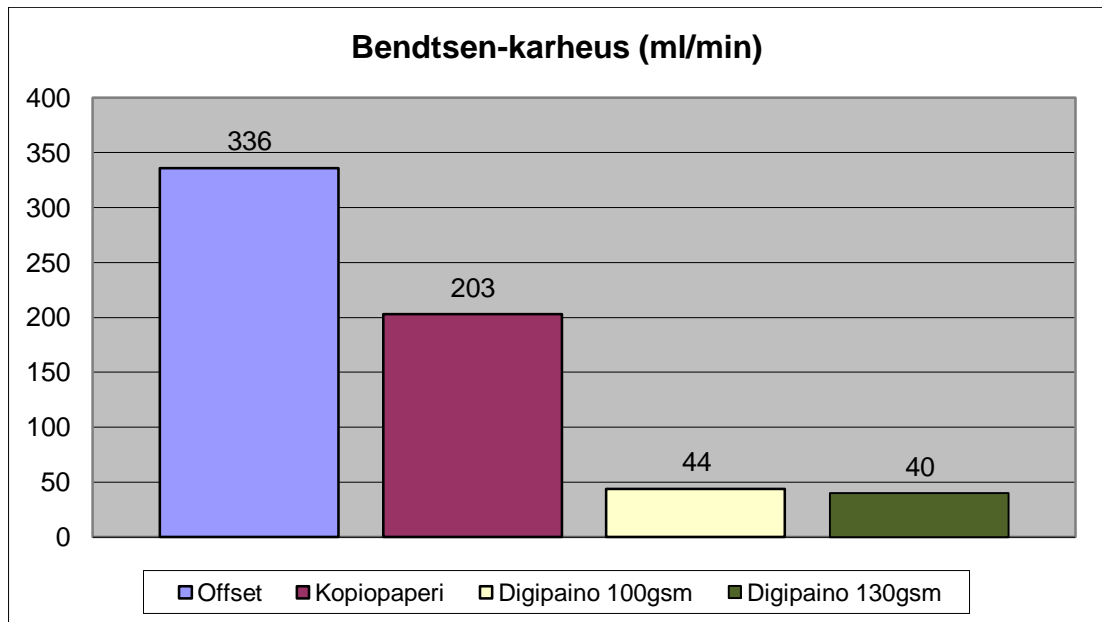
Kuvioita 1-3 tutkimalla voidaan huomata, että digipainopaperien vesiretention arvo on suurempi verrattuna kopiopaperiin ja offsetpaperiin. Etenkin

painavammalle digipainopaperille (130 gsm) saatiin muihin verrattuna todella suuri vesiretention arvo. Muilla papereilla arvot ovat huomattavasti lähempänä toisiaan.

Aikaan verrattaessa huomataan myös, että suurin vesiretention kasvu on molemmilla digipainopapereilla. Erot kopiopaperiin ja offsetpaperiin kasvoivat, kun mittausaika lisääntyi.

8.2 Bendtsen-karheusmittaus

Kuviossa 4 on esitetty pohjapaperin Bendtsen-karheus. Bendtsen-karheus kuvaa paperin pinnan tasaisuutta. Bendtsen-karheus riippuu paperin formaatiosta ja sen yksikkönä on millilitraa minuutissa.

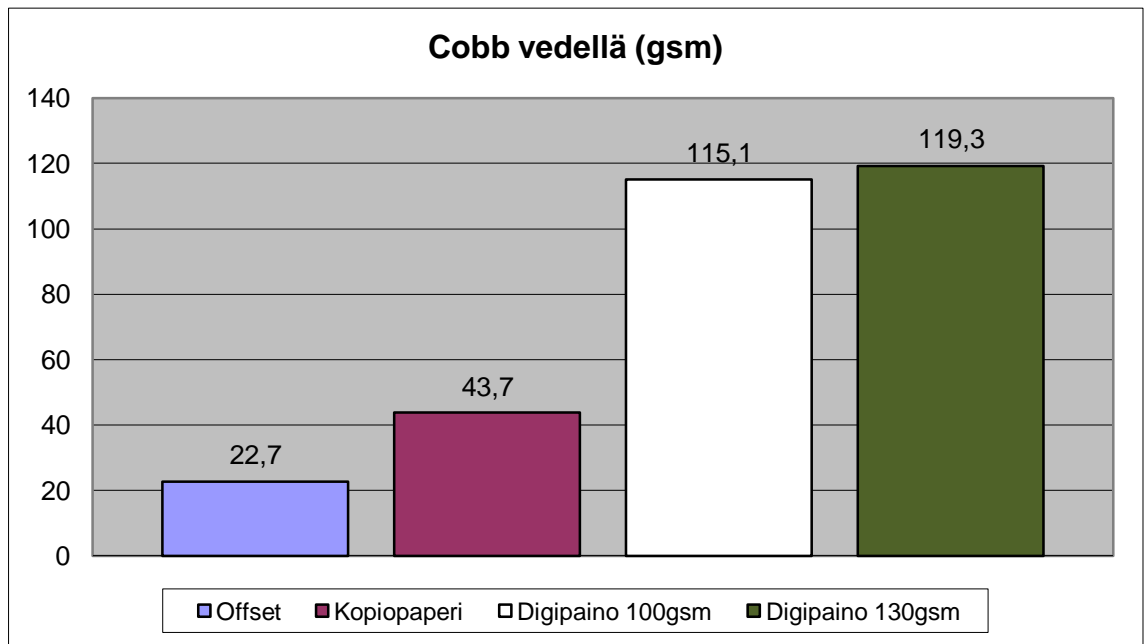


Kuvio 4. Paperien Bendtsen-karheuden vertailu

Bendtsen karheus oli huomattavasti suurinta offsetpaperilla ja pienintä digipainopapereilla.

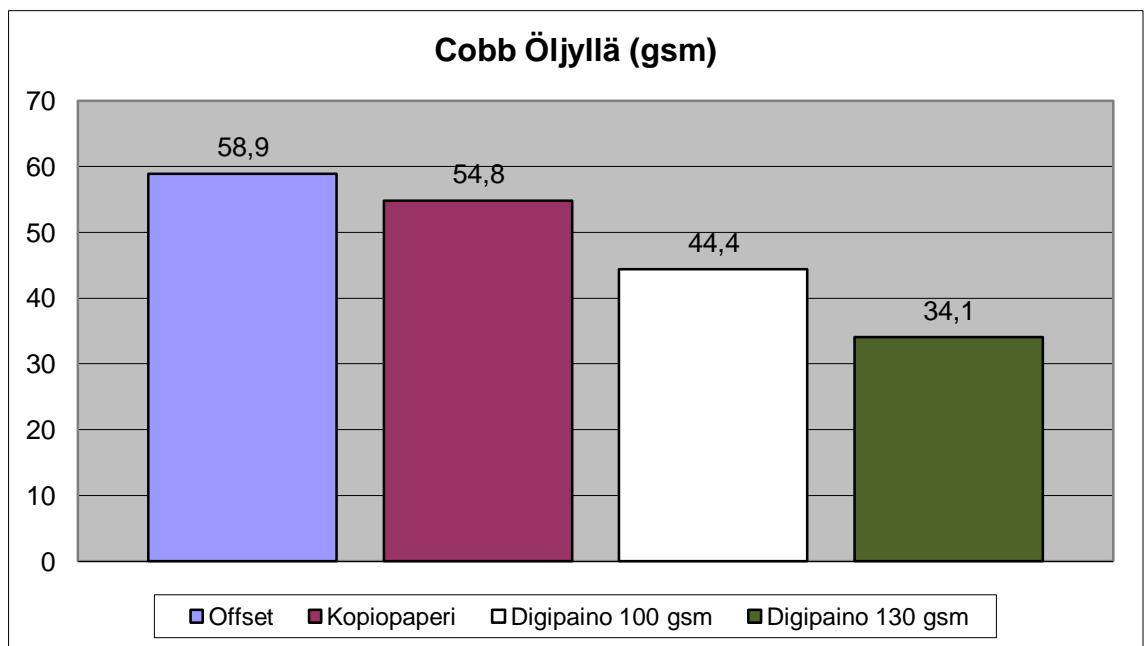
8.3 Cobb mittaukset

Cobb-testillä saadaan selville paperien absorptio-ominaisuuksia. Mittaukset suoritettiin sekä vedellä että öljyllä. Tulokset ovat nähtävillä kuvioissa 5 ja 6. Cobb-arvon yksikkö on grammaa neliometriä kohti.



Kuvio 5. Cobb-arvo vedellä mitattuna

Vedellä mitattuna offsetpaperin Cobb-arvo on selvästi pienin, kun taas digipainopapereilla se on suurin.

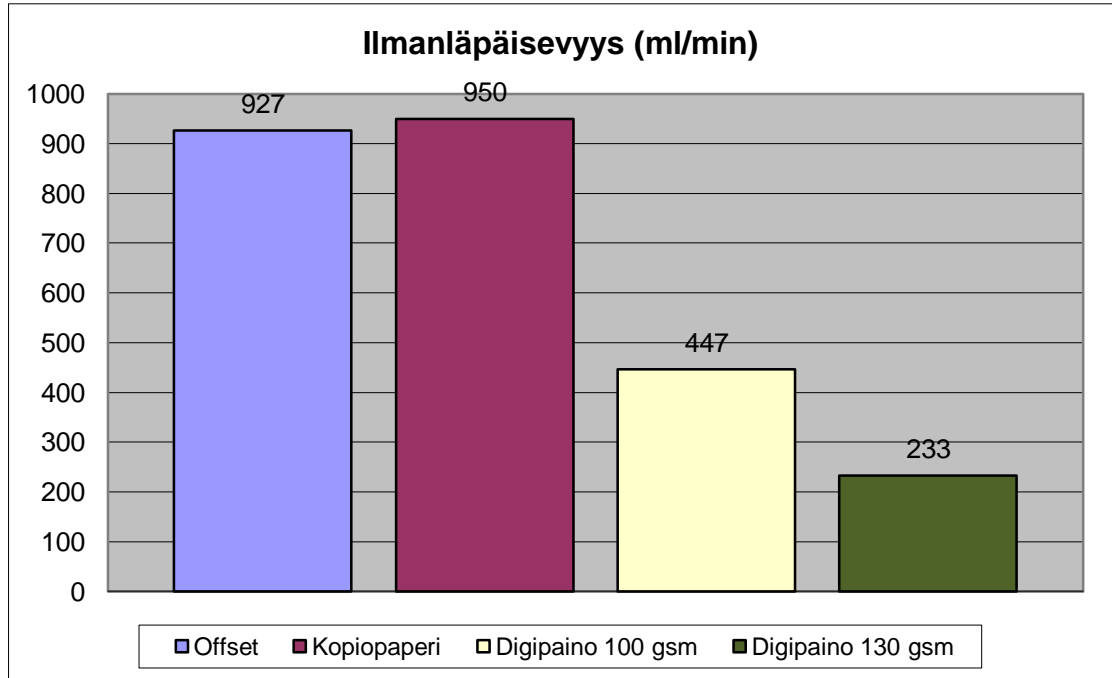


Kuvio 6. Cobb-arvo öljyllä mitattuna

Öljyllä mitattaessa suurin arvo saatiin offsetpaperilla ja pienimmät digipainopapereilla.

8.4. Ilmanläpäisevyysmittaus

Kuviossa 7 esitetään pohjapaperin ilmanläpäisevyys, jonka yksikkö on sama kuin pinnankarheusmittauksessa, eli millilitraa minuutissa.



Kuvio 7. Ilmanläpäisevyys eri paperilajeilla

Ilmanläpäisevyys oli pienintä digipainopapereilla ja suurinta kopiopaperilla ja offsetpaperilla.

9 Johtopäätökset

PDWR-mittarilla tehdyistä testeistä voidaan päätellä, että paperin ja päällystyspastan välisen kontaktiajan kasvaessa veden virtaaminen pohjapaperiin kasvaa myös.

Muita pohjapapereille tehtyjä kokeita vertailtaessa huomataan, että pohjapaperin Cobb-arvon suuruus on suoraan verrannollinen vesiretentioon, eli papereilla, joilla on suurin Cobb-arvo, on myös suurin vesiretentio. Näitä papereita olivat digipainopaperit.

Pinnan karheus kasvattaa veden virtaamista pohjapaperiin. Tämä huomataan verrattaessa Bendtsen-karheuksia, jotka olivat suurimmat offset- ja kopiopapereilla. Lisäksi näillä oli myös suurin ilmanläpäisevyys.

Eniten nesteiden liikkeeseen paperin pinnalla ja sen sisällä vaikuttaa pinnan lähellä olevat pienet kapillaarit. Sen sijaan ilmanläpäisevyysmittaus kertoo enemmän paperin läpi kulkevista suurista huokosista.

Vesiretention suuruus digipainopapereilla johtuu luultavimmin paperin painettavuusvaatimuksista. Paperilla tulee painettaessa olla riittävä ja tasainen huokoisuus. Tämä saa painomusteen imeytymään tasaisesti ja nopeasti pohjapaperiin.

Kuvat

Kuva 1. Yhteen ja kahteen kertaan päällystetty paperi, s 6

Kuva 2. Sivelytelapäällystimen periaate, s. 8

Kuva 3. PDWR-vesiretentiomittari, s. 16

Kuva 4. PDWR-laitteen mittasylinteri ja mittapää kiinni, s. 17

Kuva 5. PDWR-laitteen mittasylinteri ja mittapää auki, s. 18

Kuviot

Kuvio 1. Vesiretentio eri pohjapapereilla 3 sekunnin mittausajalla, s. 21

Kuvio 2. Vesiretentio eri pohjapapereilla 6 sekunnin mittausajalla, s. 22

Kuvio 3. Vesiretentio eri pohjapapereilla 9 sekunnin mittausajalla, s. 22

Kuvio 4. Paperien Bendtsen-karheuden vertailu, s. 23

Kuvio 5. Cobb-arvo vedellä mitattuna, s. 24

Kuvio 6. Cobb-arvo öljyllä mitattuna, s. 24

Kuvio 7. Ilmanläpäisevyys eri paperilajeilla, s. 25

Kuvio 8. 100 gsm digipainopaperin vesiretentio, s. 1 Liite 1

Kuvio 9. 100 gsm offsetpaperin vesiretentio, s. 1 Liite 1

Kuvio 10. 80 gsm kopiopaperin vesiretentio, s. 2 Liite 1

Kuvio 11. 130 gsm digipainopaperin vesiretentio, s. 2 Liite 1

Taulukot

Taulukko 1. Pastan ominaisuudet vesiretentiomittauksessa, s. 20

Taulukko 2. Century –kaoliinin ominaisuudet, s. 1 Liite 1

Lähteet

Ahtikari, A. – Lehtovuori, J. – McKenzie, K. – Piilola, T. – Rutanen A. 2006. Material Retention: A Novel Approach to Performance of Pigment Coating Colors. USA: Tappi journal

Arjas A. 1983. Paperin valmistus. OY Turun sanomat/serioffset

Häggblom-Ahgner, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus 3. tarkistettu painos. Jyväskylä: Gummerus

Lehtinen, E. 2000. Papermaking Science and Technology. Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Fapet Oy, Jyväskylä: Gummerus

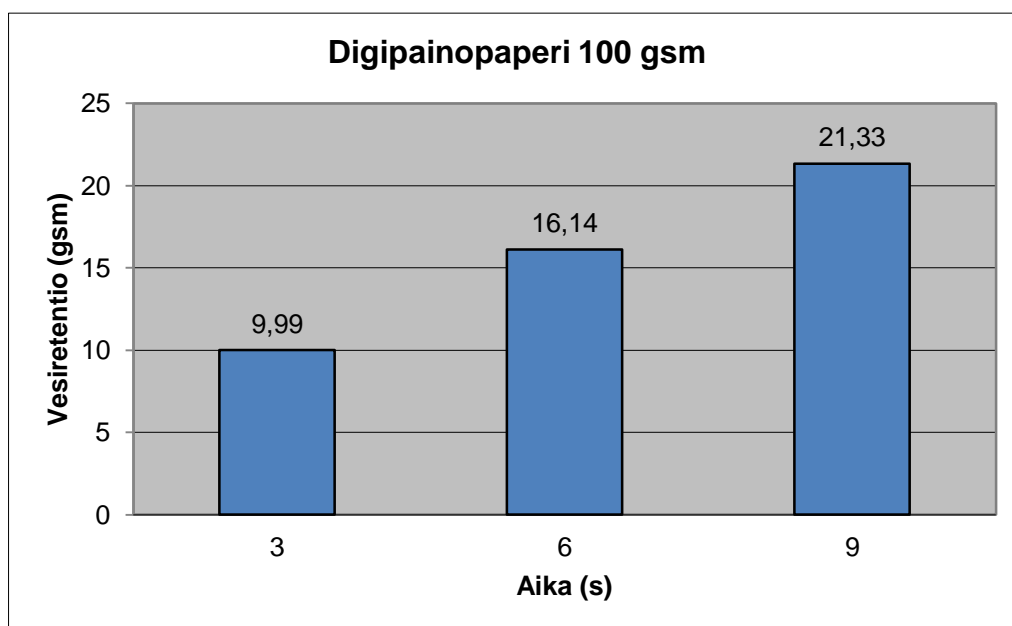
Mäkinen M. 2000. Pigment coating and surface sizing of paper, Chapter 22. Helsinki

PDWR-mittarin käyttöohje

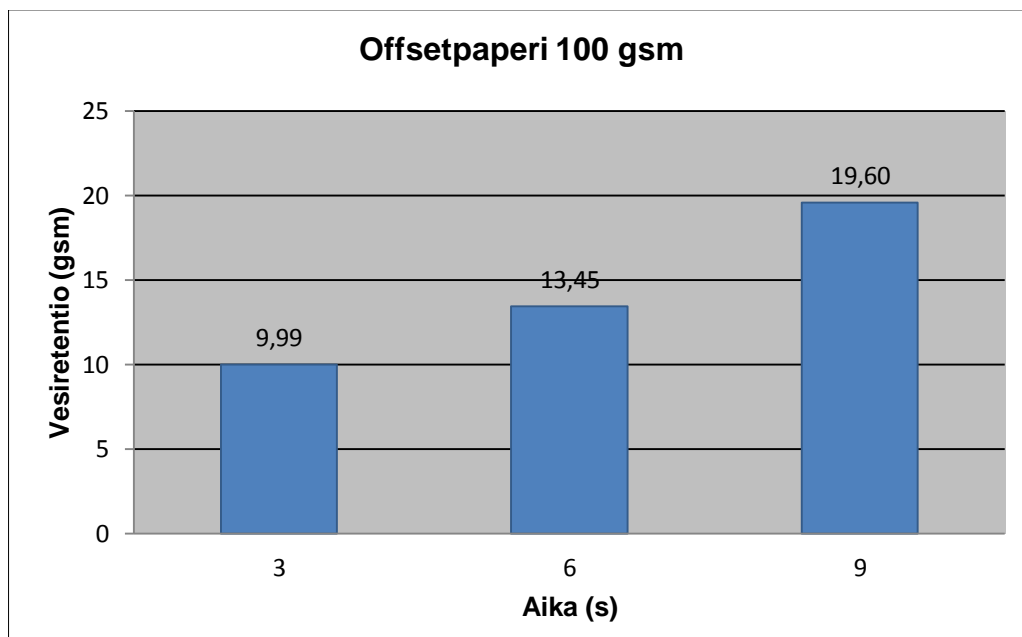
Pitkänen M. & Rutanen A. 2001. Helicoater method for dynamic water retention. Paperi ja puu – Paper & Timber, Vol 83/No.1

Lämpötila, °C	pH	Johtokyky, mV	BR100, cP	KAP %	Pintajännitys mN/m
21,0	6,59	33,0	53,4	64,5	58,93

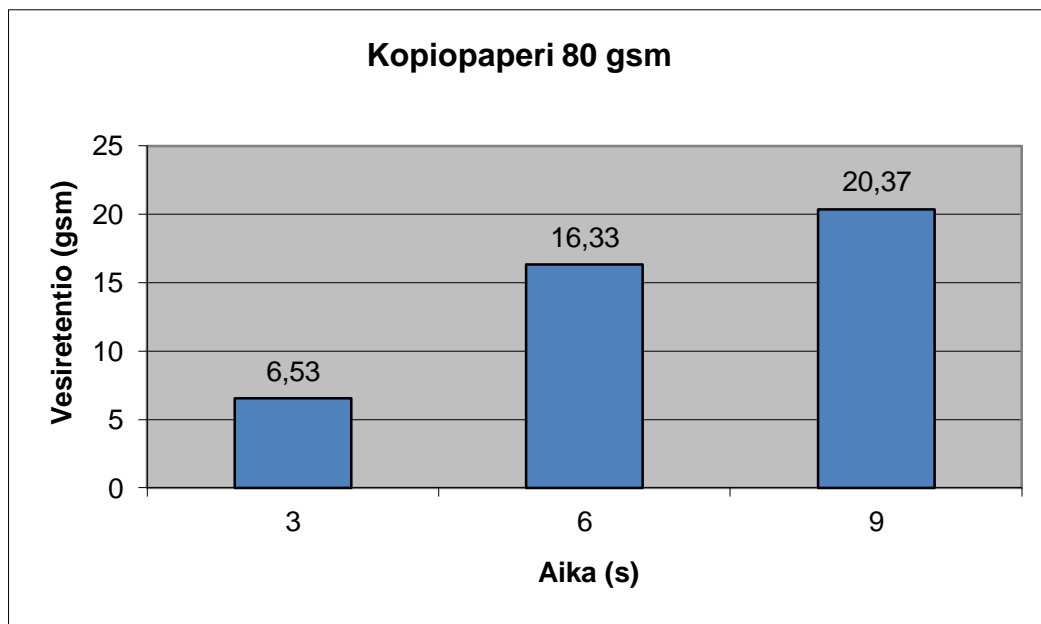
Taulukko 2. Century -kaoliinin ominaisuudet



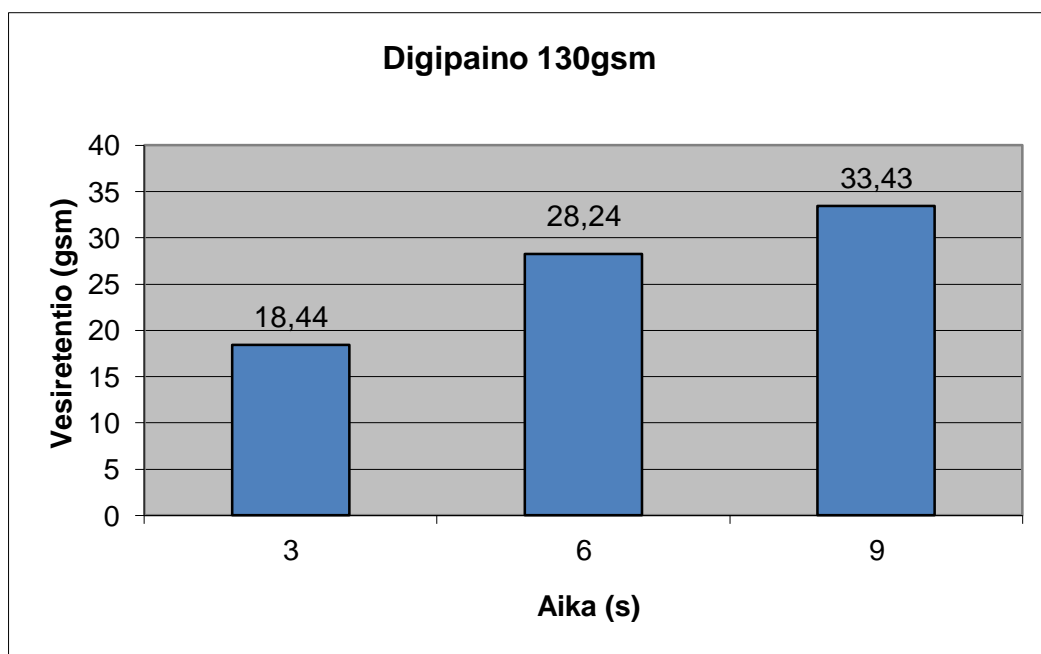
Kuvio 8. 100 gsm digipainopaperin vesiretentio



Kuvio 9. 100 gsm offsetpaperin vesiretentio



Kuvio 10. 80 gsm kopiopaperin vesiretentio



Kuvio 11. 130 gsm digipainopaperin vesiretentio