



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PÄÄLLYSTYKSEN KUIVATUKSEN OPTI- MOINTI

Miia Karppanen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2018
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

KARPPANEN, MIIA:
Päällystyksen kuivatuksen optimointi

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Joulukuu 2018

Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia erään kartonkitehtaan päällystysosan kuivatuksen optimointia mottlingin ja IGT-pintalujuuden kannalta. Vuonna 2017 kartonkitehtaalle investoitiin pintapäällystysasemalle tehokas infrakuivain, jonka optimaalisia ajo-olosuhteita ei ollut testattu vielä koeajoin. Kirjallisen osuuden ja operaattoreiden kokemusten perusteella tässä työssä tehtiin tutkimus päällysteen kuivatusparametreista sekä niiden vaikutuksia lopputuotteen laatuun. Koeajoja suoritettiin yhteensä neljä ja koepisteitä tuli 18 kappaletta. Koepisteistä mitattiin laboratoriossa IGT-pintalujuudet, minkä jälkeen koepisteiden arkit lähetettiin painettavaksi Hämeenlinnan Offset-Kolmio Paino Oy:lle. Painetut arkit arvioitiin visuaalisesti kvantitatiivista tutkimusmenetelmää hyödyntäen laboratoriohenkilökunnan avustuksella.

Infralla tehdyissä koeajoissa huomattiin tehokkaan kuivatuksen ja kahden ylimmän poltinrivistön käytön parantavan IGT-pintalujuutta. Koeajo tehtiin nopealla koneen nopeudella, joten kyseinen tulos ei ole pätevä hitaammilla nopeuksilla, jolloin tehokas päällysteen kuivaaminen voi aiheuttaa jähmepisteen saavuttamisen liian varhain. Suurteholeijuilla lämpötilan laskeminen paransi IGT-pintalujuutta. Matalammalla lämmöllä pinta jää huokoisemmaksi, jolloin seuraava kerros tarttuu paremmin kiinni ja lujuus paranee. Painetuissa arkeissa ei ilmennyt missään koepisteessä mottlingia. Niiden painojälki oli hyvää ja niin tasalaatuista, ettei niitä saatu paremmuusjärjestykseen visuaalisissa arvioinneissa.

Suurteholeijuilla on totuttu pitämään turhan korkeita lämpötiloja, joten operaattoreita tulisi tiedottaa ja asianmukaisesti ohjeistaa tämän suhteen. Matalammat lämmöt suurteholeijuilla parantavat IGT-pintalujuuden lisäksi energiatehokkuutta. Koeajojen perusteella todettiin, että kuivatuskapasiteettia on reilusti ja sen ajomahdollisuudet ovat laajat ilman vaikutuksia ajettavuuteen tai painojälkeen. Kuivatuskapasiteetin riittävyys mahdollistaisi tulevaisuudessa esimerkiksi koneen nopeuden nostoa tai päällysteen kuiva-ainepitoisuuden nostoa. Tutkimus jättää avoimeksi jatkotutkimusta varten kysymyksen suurteholeijujen puhallusnopeuksien muutoksien vaikutuksista sekä infra 8:n lämpötilojen muutoksien vaikutuksista kahdella ylimmällä poltinrivistöllä.

Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta versiosta.

Asiasanat: päällystys, kuivatus, mottling, IGT-pintalujuus

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct and Process Engineering
Bioproduct Engineering

KARPPANEN, MIIA:
Optimising the Drying of Coating

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 4 pages
December 2018

The purpose of this thesis was to search the optimization for mottling and IGT picking strength of the coating station in certain Board Mill. In 2017, board mill invested in a surface coating head with an efficient infrared dryer that had not been tested before for optimum driving conditions. This thesis compares the drying parameters of the coating and their effects on the quality of the final product, test runs were based on the written contribution and the operator's experience. This research includes four test runs which included 18 test points. IGT picking strengths were measured in a laboratory out of the test points. After which the sheets including the test points were sent to be printed at Hämeenlinna Offset-Kolmio Paino Oy. The printed sheets were visually evaluated using a quantitative research method with the help of laboratory personnel.

The test runs at the infra dryer revealed that the IGT picking strength can be improved by efficient drying and the use of the two top burner bars. The test run was completed the high velocity on the board machine which means the results are not valid on slower speed due to the possibility that the effective drying of the coating can cause the reach of solidification point too early. IGT picking strength improved by lowering the temperature of the high efficiency air-float web-dryer. With lower heat the surface will be more porous so the next coating layer will stick better, and the strength will improve. Printed sheets did not show any mottling in any test points. The print quality was so high and homogeneous that test points could not be ranked during the visual evaluations.

The high efficiency air-float web-dryer has been used to keep unnecessary high temperatures, which is a topic the operators should be informed and properly instructed about. Lower temperatures with high efficiency air-float web-dryer improved IGT picking strength on top of which it is also more energy-efficient. Based on the test runs it was found that the drying capacity is ample and its driving possibilities are wide without affecting the runnability or the print quality negatively. This would allow, for example, to increase the board machine velocity in the future or increase the solids content of the coating. In the future, it is worth to find out the effects of the changes in the high efficiency air-float web-dryers blowing speeds and the effects of changes in the temperatures of infra 8 on the two top burning bars.

Confidential material has been removed from the published version.

Key words: coating, drying, mottling, IGT picking strength

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KARTONKIKONE 1	7
3	POHJAKARTONKI JA PÄÄLLYSTYSPASTAT	9
	3.1 Pohjakartonki	9
	3.2 Päällystypastat	9
	3.2.1 Pigmentit	10
	3.2.2 Sideaineet	11
	3.2.3 Lisäaineet	12
4	PÄÄLLYSTYKSEN KUIVATUSTEORIAM	13
	4.1 Perinteinen kuivatusteoria	13
	4.2 Uusi kuivatusteoria.....	15
5	PÄÄLLYSTYSOSAN KUIVATUKSEN VAIKUTUS LAATUUN	17
	5.1 Mottling	17
	5.2 IGT-pintalujuus.....	19
	5.3 Kiilto ja karheus	19
6	PÄÄLLYSTYSOSAN KUIVATUS	21
	6.1 Leijukuivaimet	21
	6.2 Infrapunakuivaimet	21
	6.3 Sylinterikuivaimet	22
	6.4 Pohjakartongin kosteuden säätö.....	22
7	TYÖN TOTEUTUS	24
	7.1 Koeajosuunnitelma.....	24
	7.2 Työn tulokset	26
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	33
	LÄHTEET	36
	LIITTEET.....	38
	Liite 1. Arviointilomake 1	38
	Liite 2. Arviointilomake 2	39
	Liite 3. Arviointilomake 3	40
	Liite 4. Yleinen painojäljen arviointi	41

ERITYISSANASTO

CMC	Karboksimetyyliselluloosa
CTMP	Kemikuumahierre
LWC	Light weight coated, puupitoinen kevyesti päällystetty aika- kauslehtipaperi
SA-LATEKSI	Styreeniakryylilateksi
SB-LATEKSI	Styreenibutadieenilateksi
WF	Wood free, puuvapaa sellupitoinen paperi

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi päällystettyä taivekartonkia valmistava kartonkitehdas. Kartonkitehtaan päällystysosa on muuttunut vuosien saatossa niin päällystysasemien määrän kuin kuivatuslaitteiston osalta, eikä nykyiselle päällystysosalle ole tehty kokeellista tutkimusta kuivatuksen optimaalisista ajo-olosuhteista. Tämä työ tutkii päällysteen kuivatuksen vaikutusta laikullisuuteen eli mottlingiin sekä IGT-pintalujuuteen. Tämän lisäksi luodaan konerullapohjainen laatupäiväkirja kuivatusominaisuuksista. Kyseistä laatupäiväkirjaa hyödynnetään kuivatusta koskevissa koe-ajoissa.

Työn kirjallisuusosassa käydään läpi kartongin ja päällysteen raaka-aineet ja niiden ominaisuudet laatuun. Tämän lisäksi keskitytään perinteiseen ja uuteen kuivatusteoriaan sekä päällysteen kuivatuksen vaikutuksiin lopputuotteen laatuun. Kirjallisuusosiossa keskitytään erityisesti mottlingiin ja IGT-pintalujuuteen, mutta sivutaan myös muita taivekartongille oleellisia ominaisuuksia kuten kiiltoa ja karheutta. Lisäksi käsitellään kartonkikoneen 1 kuivatuslaitteisto. Teorian ja operaattoreiden kokemusten perusteella luodaan perusta kokeelliselle osiolle.

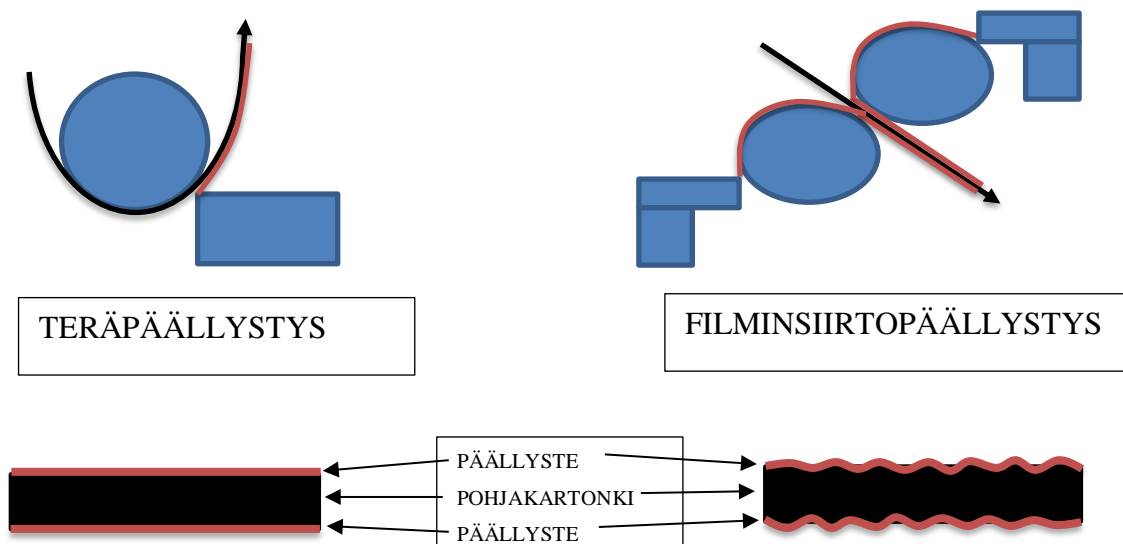
Kokeellisessa osiossa on tarkoitus selvittää optimaalisimmat ajo-olosuhteet mottlingin ja IGT-pintalujuuden kannalta muuttamalla päällysteen kuivatuksia. Kaikki koeajot suoritetaan samalla kartonkikoneella 1 kolme kertaa pintapäällystetyllä kartonkilaadulla. Työssä suoritetaan neljä koeajoa, joissa jokaisessa muutetaan eri kuivainta tai sen ominaisuutta. Koepisteitä tulee yhteensä 18 kappaletta ja niistä mitataan kartonkitehtaan omassa laboratorioissa IGT-pintalujuudet, jonka jälkeen kaikki koepisteet lähetetään ulkopuoliselle yritykselle painettavaksi. Laboratoriomittausten ja painatusjäljen perusteella pyritään selvittämään optimaalisimmat kuivatusparametrit. Opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä on siis selvittää mitkä ovat parhaat päällysteen kuivatuksen ajo-olosuhteet kartonkikone 1:llä mottlingin ja IGT-pintalujuuden kannalta. Tästä työstä on opinnäytetyöaiheen laajuuden vuoksi rajattu ulkopuolelle muun muassa päällysteen raaka-aine muutokset sekä päällystemäärien muutokset.

2 KARTONKIKONE 1

Vuonna 1994 käytössä ollut kartonkikone 1 modernisoitiin nykyiseen muotoonsa. Ensin uusittiin märkää ja 1996 valmistui uusi kuivapää. Kone koostuu kolmesta tasoviirasta, joista runkokerroksella on myös hybridiformeri. Puristinosalla on kolme puristinta, joista keskimmäinen on bulkille hellävaraisempi kenkäpuristin. Sen jälkeenkonelinjalla tulee alkukuivatusryhmä, jenkki, jota käytetään kuivaimena, 5-9 jälkikuivatusryhmät jaoteltuina filminsiirtoliimapuristimen, esikalanterin, päällystysasemien 1-4 ja konekalanterin väleihin. Konelinjan lopussa sijaitsee pope-rullain. Koneen rataleveys on noin 3 400 millimetriä ja ajonopeus maksimissaan 660 m/min.

Kartonkikone 1:llä on neljä päällystysasemaa, joista päällystysasema 2 on taustapäällystystä varten ja loput kolme asemaa ovat pintapuolen päällystykseen. Päällystysasemat ovat kaikki perinteisiä sivelytelapääällystysasemia. Kartonkirata kulkeutuu vastatelan ja sivelytelan nipistä, jossa pasta siirretään kartongin pintaan. Vastatelan tarkoitus on tukea rataa applikoinnin ja päällystemäärän säädön aikana. Päällystysasemalla 3 on vastatelalla harjapesuri ja muilla asemilla vesikaavarit, jotka putsaavat vastatelan pintaa. Asemaan kuuluu lisäksi pastakaukalo, jossa sivelytela pyörii. Ensin päällyste applikoidaan sivelytelalla pohjakartongin pinnalle ja sen jälkeen kaavitaan terällä tasainen päällystekerros. Jos pohjakartongissa on epätasaisuutta, tulee joihinkin kohtiin enemmän päällystettä ja joihinkin voi tulla vain ohut kerros. Tämä johtuu siitä, että terällä kaavitaan tasainen pinta, joten päällystekerroksen paksuus vaihtelee pohjaradan pinnantasaisuuden mukaan.

Teräpäällystykselle vaihtoehtoinen tapa on filminsiirtopäällystys. Filminsiirtopäällystyksessä tulee tasainen päällystekerros, mutta pinta jää muotoilemaan pohjaradan epätasaisuuksia. Kuviossa 1 on havainnollistettu päällystekerroksen muodostumista.



KUVIO 1. Terä- ja filminsiirtopäällistyksen päällysteen jakautuminen pohjaradalle (Knowpap. a, muokattu)

Kuvio 1 havainnollistaa kuinka filminsiirtopäällistyksellä päällystettä tulee tasainen määrä, mutta pinta jää epätasaiseksi. Sen sijaan teräpäällistyksellä kuperiin kohtiin muodostuu ohuempi kerros päällystettä ja koveriin kohtiin paksumpi. Kartonkikone 1:llä on käytössä lajista riippuen kahdesta kolmeen pintapuolen päällystysasemaa, jolloin hyvin ohuita päällystekohdita ei useammilla asemilla jää.

Päällystysasemalla 1 päällyste kuivataan suurteholeijukuivaimella. Päällystysasemalla 2 päällysteen kuivatus tapahtuu ensin kaasukäyttöisellä neljän polttimeen infrakuivaimella ja sen jälkeen leijukuivaimella. Tämän jälkeen rata kulkeutuu 8-kuivatusryhmälle, jossa on kaksi kuivatussylinteriä. Päällystysasemalla 3 on yksi suurteholeijukuivain. Päällystysasemalla 4 on ensin kaasukäyttöinen infrakuivain, jossa on neljä pareittain toimivaa poltinriviä. Valittavissa on kaksi alinta, kaksi ylintä tai kaikki poltinrivit käyttöön samanaikaisesti. Kaasuinfran jälkeen tulee leijukuivain, jonka jälkeen rata kulkee 9-kuivatusryhmälle, jossa on neljä kuivatussylinteriä. Kuivaimista kerrotaan lisää kappaleessa kuusi.

3 POHJAKARTONKI JA PÄÄLLYSTYSPASTAT

3.1 Pohjakartonki

Pohjakartonki koostuu kolmesta kerroksesta: rungosta, pinnasta ja selästä. Runkokerrokseen tulee perälaatikolta kartonkimassaa litroina noin puolet enemmän kuin pinnalle tai selälle, eli runko on kaikista paksuin kerros kartongissa. Runko koostuu noin 70 % CTMP-massasta sekä 30 % hylystä. Lajista riippuen ajetaan kahta eri vaaleusasteen omaavaa CTMP:tä. Lisäksi runkokerrokseen lisätään massatärkkelystä, alunaa, ASA-liimaa, retentioainetta, NaHCO_3 eli natriumbikarbonaattia sekä EDTA:ta eli etyleeni-diamiinitetraetikkahappoa. Massatärkkelys lisää kartongin lujuusominaisuuksia ja ASA-liimaa käytetään massaliimana taivekartongilla parantamaan lopputuotteen hydrofobisuutta eli veden hylkivyyttä. (Knowpap. b.) Retentioaineita käytetään hieno- ja täyteainesten kiinnittämisessä rataan, jotta ne eivät suotaudu viiraosalla pienen partikkelikokonsa vuoksi. Alunan käyttö neutraalissa prosessissa parantaa vedenpoistoa ja retentiota (Knowpap. c). EDTA sen sijaan passivoi puuperäisiä metallijäämiä muodostamalla kompleksiyhdisteen metallien kanssa ja NaHCO_3 puskuroi pH-arvon tarpeeksi korkealle, jotta pH pysyy samana vaikka hyllyn mukana ei tulisi tarpeeksi karbonaattia.

Kartongin selkä- ja pintakerros ovat noin 70-85 % valkaistua koivusellua ja 15-30 % valkaistua mäntysellua. Mäntysellulla saadaan parempia lujuusominaisuuksia ja koivusellulla parempi formaatio, tasaisempi pinta sekä pienempi huokoskoko. Selälle ja pinnalle tulee myös ASA-liimaa, alunaa, massatärkkelystä, retentioainetta sekä täyteainetta, joka täydentää kuitujen välisiä huokosia eli parantaa esimerkiksi opasiteettia, vaaleutta ja päällysteen imeytymistä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 27-42.)

3.2 Päällystyspastat

Päällystepastat muodostuvat pigmenttien, sideaineiden ja lisäaineiden vesiseoksesta (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 186). Pastojen reseptit riippuvat ajettavasta lajista sekä siitä, ovatko ne esi-, väli- vai pintapastoja. Parempaa sileyttä haluttaessa ajetaan kolmella pinnanpuolen päällystysasemalla, jolloin mukaan tulee välipasta, muutoin ajetaan esi- sekä pintapastalla.

3.2.1 Pigmentit

Pigmenttien osuus on huomattavasti suurin päällysteen kuiva-ainepitoisuudesta, yleensä 75-95 %. Suurin osa käytetystä pigmentistä kartonkikone 1:llä on karbonaattia, mutta pintapastaan tulee myös kaoliinia.

Kaoliini on levymäinen partikkeli, joka asettuu kartongin pinnan suuntaisesti ja tuo enemmän sileyttä pinnalle. Kalanteroinnin yhteydessä sillä saadaan korkea kiilto, koska kaoliini heijastaa hyvin valoa. Tästä syystä kaoliini on laajasti käytetty pigmentti pintapastassa. Kaoliini ei juuri vaikuta vaaleuteen, kun pohjakartonki muodostuu valkaistusta sel-lusta. Kalsiumkarbonaattia käytetään ainoana pigmenttinä esi- ja välipastoissa. Saostettu karbonaatti on partikkelimuodoltaan sauvamainen tai neulasmainen partikkeli. Kalsiumkarbonaatilla saadaan korkeampaa vaaleutta, sekä se lisää painoväriin absorptiota sekä päällystekerroksen huokoisuutta. Kalsiumkarbonaatin vaikutus kiiltoon on partikkeli-koosta riippuvainen, hienojakoisten vaikutus kiiltoon on vähäinen. Esipäällysteessä kal-siumkarbonaatilla saadaan myös pintapäällyste tarttumaan paremmin huokoisuutensa ta-kia. (Knowpap. d.) Kartonkikone 1:llä käytetään kaikissa pastoissa karbonaattipigmenttiä ja sitä löytyy eri kokoisina partikkeleina, jolloin pintapastaan saadaan pienempää partik-kelikokoa kuin esipastaan. Pintapastan vaikutukset jäävät selvemmin näkyviin lopputuo-teessa, joten siinä on lähes poikkeuksetta parempia pintaominaisuuksia tuovia pigment-tejä kuin esipastoissa.

Kaoliini ja saostettu karbonaatti ovat pintapastassa tärkeitä, jotta laserkoodattavuus ja inkjetkoodattavuus onnistuu. Laserkoodauksessa kartongin merkkkaus tapahtuu yleisesti karbonaation eli lämpökemiallisen reaktion avulla, joka rikkoo hiiliyhdisteitä ja täten va-pauttaa kaasua (KILT Industrial Laser Systems). Jotta reaktio tapahtuisi pintapastassa, täytyy kaoliinia olla sopiva määrä. Sen sijaan inkjetkoodauksessa merkintä tapahtuu mustesuihkun avulla, joten pintapastan tulee olla riittävän huokoista musteen tasaisen imeytymisen kannalta. Saostettu karbonaatti ja kaoliini tekevät pinnasta riittävän huokoi-sen, mutta laaja partikkelikokojakauma tekee pinnasta liian tiiviin.

Levymäinen pigmentti kasvattaa kartongin sileyttä, kiiltoa, viskositeettiä sekä sideaineen tarvetta. Sen sijaan sen huokoisuus alenee. Mitä pienempi partikkelikoko on, sitä enem-män kasvaa kiilto, painoväriin absorptio, sileys, viskositeetti sekä sideaineen tarve. (Knowpap. d.)

3.2.2 Sideaineet

Sideaineilla sidotaan pigmenttihiukkaset toisiinsa sekä kartonkirataan. Sideaineen osuus päällystepastassa on 5-25 % (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 188). Kartonkikone 1:llä käytetään sideaineina pastatärkkelystä ja latekseja. Pastatärkkelystä ja lateksia käytetään esi- sekä välipastoissa. Pintapastoissa käytetään lateksia ja lisäksi CMC-liuosta eli karboksyylimetyyliselluloosaa.

Tärkkelyksen sitoutumiskyky on heikompi kuin latekseilla. Sitoutumiskyvyn ja hinnan suhde on kuitenkin tärkkelyksellä kustannustehokas, jonka vuoksi sitä käytetään yleisesti. Tärkkelyksen määrän ollessa suuri, päällysteen optiset ominaisuudet heikentyvät ja päällysteen pinta tiivistyy, sillä pigmenttien määrä vähenee. Tärkkelystä ei lähtökohtaisesti käytetä yksin sideaineena, vaan lateksin kanssa. Tärkkelys, joka on luonteeltaan hydrofiilinen, nostaa voimakkaasti viskositeettia ja antaa korkean vedenpidätyskyvyn päällysteseokselle. Vedenkestävyys on kuitenkin heikkoa. Kuivatusvaiheessa tärkkelys voi aiheuttaa mottlingia eli laikullisuutta, sillä vesiliukoisuutensa myötä se voi ajautua veden mukana pinnalle.

CMC-liuksella on luja sidosvoima, mutta sen merkitys sideaineena on pieni, jos käytettävä määrä on vähäinen. Tällöin CMC:tä halutaan hyödyntää enemmänkin lisäaineena eli nostamaan päällystepastan viskositeettiä, säätämään vesiretentiota sekä toimimaan dispergointiaineena.

Latekseilla on korkea sidosvoima, alhainen viskositeetti ja ne parantavat paperin märkälujuutta. SB-lateksit eli styreenibutadieenilateksi tekee päällysteestä melko tiiviin, minkä vuoksi se heikentää painoväriin absorptiota. Sillä on lisäksi huono valonkesto, minkä takia päällystetty kartonki alkaa kellastumaan herkemmin. SA-lateksi eli styreeniakryylilateksi kestää paremmin valoa ja sillä saadaan korkea kiilto kalanteroitaessa. Sillä saadaan myös huokoisempi päällyste kuin SB-lateksilla, mikä lisää painoväriabsorptiota. (Knowpap. e.) Tästä syystä SB-lateksia käytetään esi- ja välipastoissa ja SA-lateksia pintapastoissa. Toisaalta SB-lateksien styreeni aiheuttaa kuivatuksessa filmin muodostumista, mikä estää sideaineiden vaeltamista. Kuitenkin haitallisen voimakasta filminmuodostusta voidaan hallita käyttämällä tärkkelystä SB-lateksin kanssa suhteessa 50/50. Tällöin saadaan myös

kiiltoa paranemaan, mutta tärkkelyksen osuutta kasvattaessa yli puoleen alkaa kiilto huononemaan deformaation takia. (Knowpap. g).

3.2.3 Lisäaineet

Päällystepastoihin lisätään usein lisäaineita tuomaan erityisominaisuuksia tai parantamaan päällysteen käyttöominaisuuksia. Kartonkikone 1:llä käytetään kaikissa pastoissa lipeää sopivan pH:n saamiseksi, dispergointiainetta estämään pigmenttien saostumista sekä vaahdonestoainetta estämään liiallista ilmapitoisuuden nousua ja vaahtoamista. Lisäksi esi- ja välipastoissa käytetään synteettistä paksuntajaa.

Lisäksi lähes kaikissa pastoissa käytetään optista kirkastetta. Optinen kirkaste heijastaa niihin osuvan UV-säteilyn näkyväksi valoksi, mikä saa lopputuotteen näyttämään vaaleammalta. Tästä johtuen optisen kirkasteen määrä kasvaa pintapastaan siirryttäessä. Optinen kirkaste vaatii aina kantoaineen. Kantoaineina voidaan käyttää tärkkelystä, CMC:tä tai PVA:ta.

4 PÄÄLLYSTYKSEN KUIVATUSTEORIAT

Päällysteen kuivatuksesta on olemassa erilaisia teorioita. Käytännössä sekä pohjaradan että päällysteen ominaisuudet kuitenkin vaikuttavat kuivatukseen. Pohjaradan ominaisuudet määrittelevät nopeuden, jolla vettä absorboituu päällysteestä pohjarainaan. Myös formaatio vaikuttaa kriittisen vaiheen pituuteen, koska tasaisen formaation omaava kartonki saavuttaa joka kohdassa jähmepisteen lähes samanaikaisesti. Päällystepastan ominaisuudet vaikuttavat sen sijaan siihen, missä kuiva-ainepitoisuudessa jähmettyminen tapahtuu. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 200.)

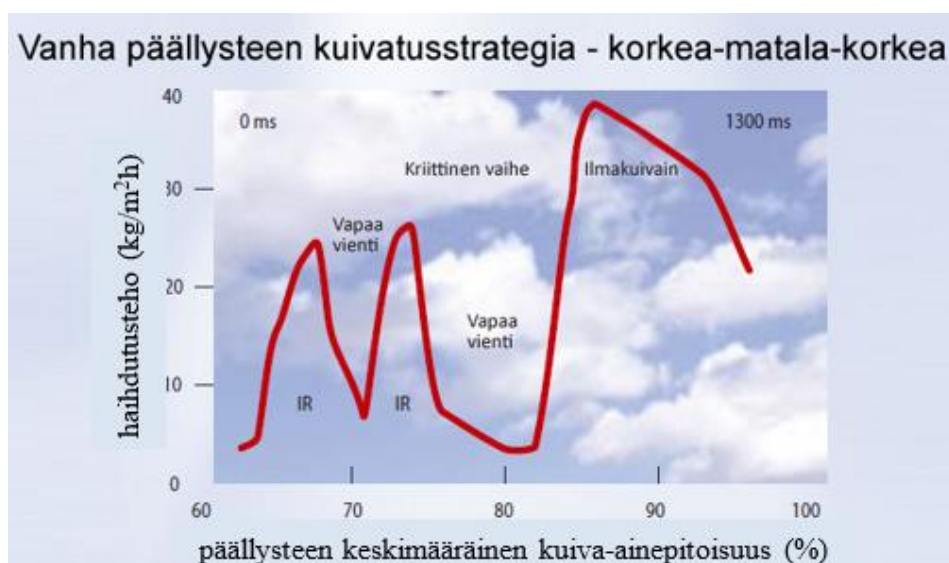
4.1 Perinteinen kuivatusteoria

Päällysteen kuivatuksen tarkoituksena on poistaa ylimääräinen vesi. Kuivatus tapahtuu tavanomaisesti jokaisen päällystysaseman jälkeen omilla kuivatusyksiköillä. Päällysteen kuivaaminen voidaan jakaa kolmeen tai neljään osaan, riippuen tulkinnasta. Ensimmäisenä on vaihe päällystysasemalta ensimmäiselle kuivaimelle, joka jätetään joidenkin teorioosuuksien mukaan laskematta, sillä prosessiin ei tuoda lämpöä. Tässä vaiheessa pohjapaperiin imeytyy vettä päällysteestä ja kuidut turpoavat eikä haihtumista tapahdu vielä. Tämän vaiheen tulisi olla mahdollisimman lyhyt. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 200.)

Seuraavat kolme vaihetta ovat radan lämpötilan nosto kuivauslämpötilaan, varsinainen kuivatus ja jälkikypsytytys. Päällystetyn kartongin lämpötila nostetaan kuivatuksen kannalta optimaaliselle tasolle, eli noin sataan Celsius-asteeseen, koska päällyste on vesipohjainen. (Karhuketo, Seppälä, Törn & Viluksela 2004, 44.) Tämä tarkoittaa käytännössä voimakasta lämmitystä kunnes päällysteen jähmettymisprosessi alkaa. Alkukuivatuksen aikana nestefaasi on liikkuva, joten vesiliukoiset sideaineet ja paksuntajat liikkuvat vapaasti. Haihdutusteho kasvaa lähes lineaarisesti tässä vaiheessa. Tehokas kuivatus vaikuttaa positiivisesti valmiin kartongin laatuun. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 200.) Tämän vaiheen vaikutuksista laatuun on joidenkin teorioiden mukaan kiistelty. Nykyisin sen on kuitenkin yleisesti todettu vaikuttavan myönteisesti päällysteen laatuominaisuuksiin. Rainan ja päällystekerroksen kuumentaminen voi merkittävästi lisätä vedenpoiston nopeutta ennen jähmettymistä. (Heikkilä & Rajala 2009, 578-579.)

Varsinainen kuivatusvaihe eli kolmas vaihe on aloitettava varovaisemmin alhaisemmalla haihdutusteholla, jottei päällystystä rikota voimakkaalla puhalluksella, vaikeuteta kuivastusta sulkemalla pintaa tai aiheuteta painojäljen laikullisuutta. Tässä kohtaa kapillaarikuljetus pohjapaperiin hidastuu ja veden virtaus kääntyy päällysteen pintaa kohden. Sideaineet vaeltavat kohti päällysteen pintaa, kunnes päällysteessä ei ole jäljellä vapaata vettä, eli pigmenttihiukkasten välillä olevat tilat eivät ovat veden täyttämiä. Kuivatusvaiheessa haihdutetaan vettä päällysteen pinnalta, jolloin uutta vettä puskee syvemmältä päällysteestä kohti pintaa. Tästä syystä päällyste tiivistyy sekä syntyy eritasoisia sidoksia molekyylien välille. Välillä voi tapahtua myös haitallista migraatiota, eli ainesosien vaeltamista. (Karhuketo ym. 2004, 44.) Kuivatusvaihe sisältää päällystekerroksen kuivatuksen jähmepistealueella.

Jähmepiste saavutetaan, kun kuiva-ainepitoisuus nousee optimitasolle, jolloin sideaineiden vaeltaminen loppuu. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 200.) Tämän jälkeen kapillaarista veden kulkeutumista päällysteen pinnalle ei enää tapahdu (Heikkilä & Rajala 2009, 559). Jos päällysteessä ei olisi vaeltavia vesiliukoisia sideaineita, ei kriittisen kuivatusvaiheen haihdutusnopeuden tarvitsisi olla niin tarkka, koska laikullisuutta ei juurikaan tästä syystä esiintyisi (Knowpap. f). Päällysteen lopullinen rakenne muodostuu jähmettymisvaiheessa, jonka vuoksi se on kriittisin vaihe. Liian nopean veden poiston raihasta koetaan huonontavan lopputuotteen laatua, esimerkiksi aiemmin mainitulla päällysteen rikkoutumisella. Sen vuoksi perinteisen kuivatusstrategian mukaan suositetaan miedompaa kuivatusta kriittisessä vaiheessa. Kuvassa 1 esimerkki perinteisestä kuivatusstrategiasta. (Knowpap. f.)



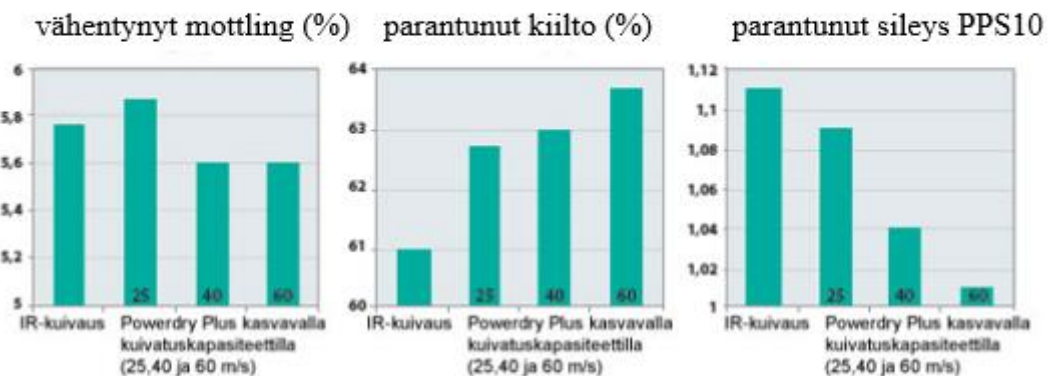
KUVA 1. Perinteinen kuivatusstrategia (Knowpap. f, muokattu)

Kuva 1 havainnollistaa perinteistä kuivatusstrategiaa. Ensin lämmitetään rata sopivaan haihdutuslämpötilaan, jolloin haihdutusteho on korkealla. Seuraavalla kuivaimella (IR) alkaa kriittinen vaihe, jolloin haihdutusteho laskee, kun pyritään pitämään kuivatustehoa matalana. Viimeinen eli neljäs vaihe on jälkikypsytyks, joka tapahtuu riittävän korkeassa lämpötilassa, jolloin haihdutusteho jälleen nousee, kuten kuvasta 1 huomataan. Tällöin päällystekerros on jähmettynyt kokonaan ja jäljellä on enää tarvittavan loppukosteuden säätäminen (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 200). Tosin se ei ole kaikille päällysteille tarpeellinen, jos loppukosteus on ollut sopiva kuivatusvaiheen jälkeen (Karhuketo ym. 2004, 44). Kuivatus ei vaikuta tässä vaiheessa enää merkittävästi laatuun.

4.2 Uusi kuivatusteoria

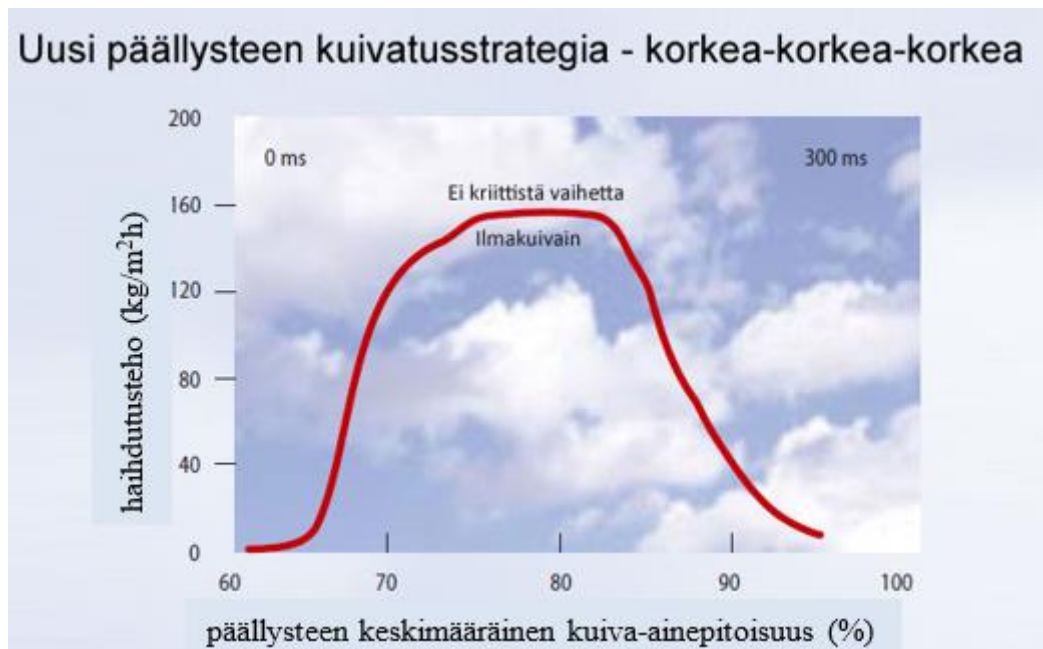
Uusi kuivatusteoria syntyi ryhdyttäessä tutkimaan päällystyksen laatuvaikutuksia sekä si-deainejakaumia, kun kuivatus tapahtuisi yksirivisellä korkeatehoisella ilmakeivaimella ilman vapaita vientejä ja haihdutustehon laskua. Pilot-koe tehtiin LWC:lle, WF:lle sekä kartongille. (Valmet 2012.) Pilot-kokeessa oli mukana myös kaksi kertaa pintapäällystetty kartonki, jonka neliömassa on 190-215 g/m². Tämä laatu sopisi verrattavaksi kartonkitehtaalla X ajettavaan kahdesti pintapäällystettyyn lajiin A. Tulokset pilot-ajoista on esitetty kuviossa 2.

Tyypillisiä PowerDry Plus leijukuivatuksen laatuvaikutuksia verrattuna IR-kuivatukseen



Kuvio 2. Pilot-kokeen tulokset (Knowpap. f, muokattu)

Kuviossa 2 on esitetty positiiviset tulokset mottlingin vähenemisestä, kiillon ja sileyden paranemisesta. Ensimmäisessä pylväässä on vertailuarvona kaasuinfrakuivain, seuraavat pylväät kuvaavat vastaavia arvoja, kun ilmakuivaimen kuivauskapasiteettia on nostettu ensin 25 m/s, sitten 40 m/s ja lopuksi 60 m/s. Sileys ja kiilto paranevat kuivauskapasiteettia lisättäessä. Mottling lisääntyi ilmakuivaimen 25 m/s kohdalla verrattuna vertailukohtana olevaan IR-kuivaimeen. Mottling kuitenkin laski huomattavasti kun kuivauskapasiteettia nostettiin 40 m/s ja 60 m/s säilyi samana kuin 40 m/s kohdalla. Sen sijaan kiilto ja sileys paranevat vielä 60 m/s kohdallakin. Uusien tutkimusten mukaan avoimet viennit ja haihdutustehon muutokset saattavatkin olla syynä lopputuotteen laikullisuuteen sekä huonompiin sileyden ja kiillon arvoihin. (Knowpap. f.) Kuvassa 2 on esitetty uuden kuivatusteorian strategia.



KUVA 2. Uusi kuivatusstrategia (Knowpap. f, muokattu)

Kuvasta 2 huomataan, että käytössä on vain yksi ilmakuivain ja haihdutusteho on huomattavasti korkeammalla kuin perinteisellä kuivatusstrategialla. Jotta uuden kuivatusteorian mukainen kuivatus onnistuu, täytyy kuivatus aloittaa hyvin pian päällysteen applikoinnin jälkeen ja pinnan huokosjakauman tulee olla todella yhtenäinen, jotta jähmettyminen tapahtuu samanaikaisesti joka kohdassa (Heikkilä & Rajala 2009, 580-581).

5 PÄÄLLYSTYSOSAN KUIVATUKSEN VAIKUTUS LAATUUN

Kuivatusvaiheessa voidaan vaikuttaa päällystetyn kartongin ominaisuuksiin ja laatuun ratkaisevasti. Kuivatuksella vaikutetaan lähinnä sideainejakaumaan, joka vaikuttaa päällysteen moniin ominaisuuksiin, kuten pintalujuuteen, tiiveyteen sekä painovärin absorptioon. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 200.)

5.1 Mottling

Epätasaista musteen imeytymistä offsetpainatuksessa kutsutaan mottlingiksi. Mottling on densiteetin, eli painojäljen tummuuden vaihtelua, joka on suurempaa kuin 0,5 mm. Päällystetyillä kartongeilla on kolmea erilaista mottlingia. Niitä ovat takaisinsiirtymämottling, kiiltomottling ja märkähylykivyysemottling. (Heikkilä & Rajala 2009, 577.)

Takaisinsiirtymämottling eli takaisinsiirtymälaikullisuus johtuu päällysteen huokosrakenteen epätasaisuudesta. Päällystekerros absorboi epätasaisesti liuotinta painomusteesta. Jos edellinen värikerros ei ole asettunut vielä kokonaan, seuraavakin mustekerros asettuu keskeneräisesti ja muste kulkeutuu epätasaisesti sylinterillä. Halkeamislinja noudattaa jo asettuneen värikerroksen profiilia, eli takaisinsiirtymälaikullisuutta esiintyy vain useammalla värillä painettaessa. (Heikkilä & Rajala 2009, 577.) Eli kun ensimmäinen kerros ei ole täysin asettunut, seuraavan painoyksikön kumi halkaisee värit epätasaisesti kumikankaan ja kartongin kesken (Solismaa, Sipilä & Hyvärinen 2002). Tämä havaitaan kartongissa painojäljen laikullisuutena. Tähän voi olla syynä huono formaatio, tiheysvaihtelut tai sideaineen vaellus.

Kiiltomottling on yksiväripainatuksessa syntyvää laikullisuutta. Tärkeimpänä tekijänä on kartongin optisten ominaisuuksien epätasaisuus, kuten pohjaradan ja päällysteen värisävyn tai kiillon ero taikka epätasainen päällyste. Lisäksi kartongin pinnan profiilin vaihtelu, kuten karheus ja formaatio vaikuttavat värin ja kartongin kontaktin muodostuksessa sekä pisteen kasvussa. Kuivauksella on vain vähäinen vaikutus kiiltomottlingiin (Heikkilä & Rajala 2009, 578).

Märkähylkivyyksilaikullisuus eli vesimarkkeeraus johtuu siitä, että kartonki ei absorboi ensimmäisen painatusyksikön kostutusvettä riittävästi. Tästä syystä pinnalle jää märkä kerros, joka estää seuraavan painoväriin tarttumisen. Syynä voi olla liian sileä tai paikallisesti liian tiivis päällystekerros. (Heikkilä & Rajala 2009, 577)

Päällysteen kuivatusvaiheessa kriittisin osuus mottlingin kannalta on varsinaisen kuivatuksen osuus. Erityisesti liian tehokkaan kuivatuksen väitetään aiheuttavan sideaineiden migraatiota, joka aiheuttaa takaisinsiirtymälaikeutta. Epätasainen sideainejakauma aiheuttaa epätasaisia pinnan ominaisuuksia ja sen myötä epätasaista painoväriin absorptiota. Myös päällysteen jähmettyminen eri kohdissa kuivatusta vaikuttaa mottlingiin. Osa päällysteestä jähmettyy nopeasti, heti terän jälkeen ja osa vasta aivan kuivatusosan lopussa. Aikaisemmin jähmettynyt päällyste saa huokoisemman rakenteen, mikä vaikuttaa pinnan painoväriin imukykyyn. Mikäli kuivatustehot ovat liian korkeat, pinnan suuntaiset huokoisuuserot kasvavat tarpeeksi korkeiksi ja ne näkyvät laikullisuutena. Päällystekerroksen huokoisuuteen vaikuttavat lisäksi päällysteen raaka-aineet, joten mottlingiin pysytään vaikuttamaan jo pastareseptin suunnittelussa, esimerkiksi pigmenttien ja sideaineiden valinnoilla. (Heikkilä & Rajala 2009, 578-580.)

Sideaineiden vaellus aiheuttaa myös huokosrakenteen muuttumista. Siihen asti kun päällysteessä on vapaana olevaa vettä, pääsevät sideaineet liikkumaan kohti pintaa. Samalla ne tukkivat osan huokosista, mikä ilmenee painojäljen laikullisuutena. Alkukuivatuksen kohdalla tämä on kuitenkin vielä harmitonta, sillä määrässä päällysteessä sideaineet liikkuvat vapaasti, eikä epätasaista jakaumaa pinnan suunnassa tapahdu. Tärkkelystä sekä muita vesiliukoisia sideaineita tulisi käyttää mahdollisimman vähän migraation estämiseksi. Tärkkelys vaeltaa herkästi päällysteen pinnalle, sekä päällysteen ja kartongin väliselle rajapinnalle. Tällöin pintakerroksen nestefaasissa on korkeampi tärkkelyspitoisuus ja sen myötä vähemmän pigmenttipartikkeleita. (Ranger 1994, 40-46.) Tärkkelys muodostaa tiiviimmän pinnan päällysteelle, mikä aiheuttaa epätasaista painoväriabsorptiota eli mottlingia (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 188). Tärkkelys- ja lateksipitoisissa pastoissa onkin eroa mottlingin suhteen, sillä tärkkelys vaeltaa huomattavasti enemmän kuin lateksi (Heikkilä & Rajala 2009, 580).

Päällysteen haihtumisesta aiheutuva epätasainen kutistuminen päällystekerroksen tasosuunnassa vaikuttaisi kuitenkin selittävän mottlingin vielä sideainevaellusta paremmin (Heikkilä & Rajala 2009, 583). Tällöin osa päällysteestä jää huokoisemmaksi ja

joistain kohdista tulee erittäin tiiviitä. Tämä näkyy selkeämmin laikullisuutena, sillä alueet ovat suurempia kuin sideaineenvaelluksesta aiheutuvat huokoisuuserot.

Laikullisuuden takana on siten useimmiten päällysteen pinnan epätasainen huokosjakauma tai pintaenergia. Pohjapaperissa voi olla formaatioeroja, jotka aiheuttavat päällystemäärän vaihteluita sekä imukykyeroja. Toisekseen päällystepastan sideaineet ja pigmentit ratkaisevat, kuinka herkkää pasta on laikullisuudelle. Pigmenttien koko- ja muotojakauma sekä paksuntajien kanssa syntyvät reaktiot ja lateksin käyttäytyminen kuivatuksessa määräävät myös pastan herkkyyden kuivatukselle. (Knowpap. f.)

5.2 IGT-pintalujuus

Painettavat tuotteet vaativat kartongin pintakerrokselta tarpeellisia lujuusominaisuuksia, painotavasta riippuen. Offsetpainatuksen tahmea painoväri altistaa pinnan rasitukselle, jonka vuoksi yksittäisiä kuituja tai koko pintakerros saattaa irtaantua. Paperin pinnasta irtoava materiaali jää kiinni painotelaan, jolloin painoväri ei siirry tasaisesti. Mitä tahmeampaa painoväri on, sitä suurempaa pintalujuutta vaaditaan. (Knowpap. g.)

Kartongin päällysteen irtoaminen johtuu siitä, että yksittäinen tai jopa useampi päällystekerros on kiinnittynyt huonosti pohjarataan. Tähän voi olla syynä esimerkiksi vähäinen sideaineen määrä tai liika pohjaradan ja päällystekerroksen välissä. Pintalujuutta voidaan parantaa kuivatusten lisäksi pintaliimalla. (Knowpap. g.)

Kuivatus vaikuttaa IGT-pintalujuuteen lähinnä sideainevaelluksen takia. Sideainevaelluksen myötä voi syntyä sideaineköyhiä alueita, jotka heikentävät lujuutta. Myös liian tiiviit päällystekerrokset heikentävät seuraavan päällystekerroksen tarttumista, mikä tarkoittaa sitä, että seuraavat päällystekerrokset irtoavat helpommin.

5.3 Kiilto ja karheus

Kiilto kuvaa kartongin kykyä heijastaa suunnattu valonsäde siten, että tulevan ja heijastuneen valonsäteen pinnan normaalin kanssa muodostetut kulmat ovat yhtä suuret. Jos pinta on karhea, heijastuu valo satunnaisesti jolloin muodostuu matala kiilto. Korkea kiilto antaa painatuksessa kuvalle kiillon, joka puolestaan syventää värivaikutelmaa. Kiilto vaikuttaa myös painojäljen tummuusarvoon eli densiteettiin. (Knowpap. g.)

Jos kartongin pinta on liian imukykyinen, ei pinnasta tule kiiltävää, sillä painoväri imeytyy kartongin sisälle. Näin ollen pinta ei saa tulla liian huokoiseksi kuivatuksessa. Jos pastassa käytetään sellaista sideainetta, joka tekee filmin jo päällysteen kuivatuksessa, aiheuttaa sen kutistuminen pinnan karheutta ja siten heikentää kiiltoa. Toisaalta filmin muodostuminen estää sideaineiden vaellusta ja siten voi lisätä kiiltoa. Kiillon kannalta olisikin paras, jos sideaine ei pehmenisi voimakkaasti kuivatuksessa vaan vasta kiillotuksessa. Jotta tällainen tilanne olisi mahdollista, pitäisi rainan pintalämpötilan olla huomattavasti suurempi kiillotuksessa kuin kuivatuksessa. (Knowpap. g.)

6 PÄÄLLYSTYSOSAN KUIVATUS

6.1 Leijukuivaimet

Kartonkikone 1:llä jokaisella päällystysasemalla on leijukuivain. Asemilla 2 ja 4 on kuitenkin ennen leijua lisänä infrakuivain. Asemilla 1 ja 3 on suuritehoiset OptiDry leijukuivaimet. Leijukuivain ei kosketa rataa, vaan rata kulkeutuu läheltä leijua ja on tuettuna toiselta puolelta johtoteloilla. Ilmapuhallus stabiloi rataa, jonka vuoksi puhalluksen tulee tapahtua tasaisesti, jottei rata ota esimerkiksi etureunasta kiinni leijuun.

Leijukuivaimilla haihdutus tapahtuu puhaltamalla kuumaa ilmaa radan pintaan leijun suuttimista. Ilman lämmitys tapahtuu kaasulla ja suurin osa puhalletusta ilmasta kierrätetään takaisin. Puhallusilma kostuu haihdutuksen takia ja siitä poistetaan haihdutusta vastaanava määrä vettä. Tästä syntyy poistoilma. Poistoilma korvataan palamisilmalla ja konealin ilmalla. Leijujen ominaishaihdutukset riippuvat koneen nopeudesta, suuttimen mallista, suuttimen puhallusnopeuksista, puhallettavan ilman lämpötilasta sekä kuivatuslohkojen määristä. Suuttimilla on suuri merkitys leijun toiminnassa. (Häggbloom-Ahnger & Komulainen 2003, 201.) Kartonkikoneella 1 on käytössä ylipainesuuttimet, joiden toiminta perustuu puhalluksen aikaansaamaan staattiseen ylipaineeseen suuttimien ja radan välillä.

6.2 Infrapunakuivaimet

Päällystysasemilla 2 ja 4 on infrapunakuivaimet, eli infrat. Infrat sijaitsevat ennen leijukuivaimia ja ne nostavat päällysteen lämpötilan nopeasti haihdutusalueelle. Kuivatus tapahtuu lämpösäteilyn avulla, jossa säteilyn kohdatessa rainan, osa siitä menee läpi rainasta, osa heijastuu takaisin pinnasta ja osa absorboituu rainan sisälle muuttuen lämmöksi. Infrat koostuvat useasta yksittäisestä säteilyelementistä. (Häggbloom-Ahnger & Komulainen 2003, 201.) Asemalla 2 on polttoaineena kaasua käyttävä neljän polttimen infrapunakuivain. Myös asemalla 4 on neljä poltinta, jotka kuitenkin toimivat pareittain eli kaksi ylintä tai alinta ovat molemmat päällä tai pois päältä. Myös kaikkia on mahdollista pitää päällä samaan aikaan. Polttimien käytöllä voidaan kuivatustehoa säätää tarpeen mukaan.

Kaasuinfroissa kaasun ja paloilman seos johdetaan palotilaan. Liekillä lämmitetään säteilevä pinta, joka lähettää primäärisäteilyä kartonkirataan. Myös liekistä itsestään emittoituu säteilyä jonkin verran. Kaasuinfrojen pintalämpötila on mahdollista saada jopa 1200 Celsius-asteeseen, jolloin saatava lämpöteho on 80-90 kW/m². Kaasuinfraan reunoilla on yhdensuuntainen puhallus, jonka ilmavirta poistaa sekä palokaasut että rainasta haihtuvan kosteuden. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 202.)

6.3 Sylinterikuivaimet

Sylinterikuivaimet sijoittuvat parillisten päällystysasemien jälkeen. Päällystysasemien 1 ja 2 jälkeen tulee 8- kuivatusryhmä, jossa on kaksi sylinterikuivainta. Päällystysasemien 3 ja 4 jälkeen puolestaan on 9- kuivatusryhmä, jossa on neljä sylinterikuivainta. Sylinterit lämmitetään höyryllä ja niillä on mahdotonta kuivata märkää päällystettä, jonka vuoksi ne sijaitsevatkin vasta jähmealueen jälkeen. Sylintereiden kuivatusvaikutus jää infojen ja leijujen jälkeen pieneksi. Niillä tasoitetaan kosteutta z-suunnassa eli kohtisuoraa ulospäin kartongista sekä parannetaan ajettavuutta, hallitaan kireyttä ja vaikutetaan käyryyteen. Off-machine-koneissa sylinterikuivaimet onkin korvattu usein pelkillä vetoteloilla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 203.)

6.4 Pohjakartongin kosteuden säätö

Pohjakartonki kuivataan monisylinterikuivatuksella, jolloin kosteus poistetaan rainasta höyrylämmitteisten sylinterien avulla. Höyryn lauhtuessa siitä vapautuva lämpö siirtyy sylinterin seinämän läpi kartonkiin. Rata kulkeutuu kuivatussylinterien ja kuivatusviirujen välissä, jolloin rainan lämpötila nousee ja vesi haihtuu kuivatusviiran läpi huuvaan. Ensimmäisiä kuivatussylinteriä ajetaan alhaisella höyrynpaineella, jotta kostea rata ei pala niihin kiinni. Kuivatusosan edetessä sylintereiden lämpötilat kasvavat. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 163.)

Kartonkiradan kuivatuksen tehokkuuteen vaikuttaa koneen geometria ja nopeus, radan ja viirujen peittokulmat, kuiva-ainepitoisuus, massalaatu ja neliömassa, kuivatusryhmien höyrynpaineet ja sylintereiden lämmönsiirtokertoimet, viirujen ominaisuudet ja kireydet sekä ilmakeuhkus ja lämpötila huurossa (Knowpap. h). Kartonkikoneella 1 kuiva-ainepitoisuus on ennen kuivatusosaa noin 50 %. Kuuden kuivatusryhmän jälkeen, ennen liima-

puristinta, kosteus on enää 6-8 % ja loppukosteus popella on noin 8 %. Alkukuivatusryhmän jälkeistä kosteutta säädetään yleisesti muuttamalla höyrynpaineita sylintereillä. Pohjaradan kuivatusryhmät jakautuvat siten, että kuivatusryhmät 1-4 ovat alkukuivatusryhmät, joka sisältävät yhteensä 38 kuivatussylinteriä ja kuivatusryhmillä 5 ja 6 on yhteensä 20 kuivatussylinteriä. Näiden kuivatusryhmien jälkeen sijaitsevat kuivatusryhmät 7-9 ovat liimapuristinta ja päällystysosia varten.

Kosteus vaikuttaa myös kartongin käyryyteen, sillä kartonki käyristyy kohti kuivempaa pintaa. Taivekartongin halutaan käyristyvän kohti selkää. Tähän vaikutetaan yleensä selänpuolen höyryryhmillä, siten että kuivatusta lisätään jos kartonki käyristyy liikaa ja kuivatustehoa vähennetään jos kartonki käyristyy liian vähän. Selänpuolen höyryryhmä todellisuudessa kuivaa enemmän pintapuolta, sillä kosteus ei pääse poistumaan sylinteriä vasten, vaan kosteus poistuu kuivatusviiran puolelta eli pinnanpuolelta. Tästä syystä suurempi kuivatusteho selänpuolen höyryryhmillä todellisuudessa tekee selänpuolesta kosteamman kuin pintapuolesta. Loppukäyryyttä säädetään 7 ja 8 höyryryhmillä. Lajeilla A ja B, joilla ei ole taustapäällystettä, käytetään lisäksi kostutinlaitetta, joka suihkuttaa vettä selän puolelle. Kartonki käyristyy viimeiseksi kostutetulle puolelle, koska kosteuden siirtymässä kartongin kosteammalta puolelta kohti kuivempaa puolta, kosteampi puoli kutistuu kuivumisen vaikutuksesta ja kuivempi alkaa turvota kosteudesta. Lajilla C sitä ei pidetä päällä, sillä selkäpuoli päällystetään. Ilman kostutinlaitetta ei olisi mahdollista saada tarpeeksi alhaisia höyryjä selänpuolelle, eli käyryys jäisi vähäiseksi.

7 TYÖN TOTEUTUS

7.1 Koeajosuunnitelma

Koeajojen suunnittelu perustui teoriaan sekä päällystysosalla työskentelevien operaattoreiden kokemuksiin konsultoimalla kaikilta tehtaan vuoroilta eri operaattoreiden näkemyksiä. Lisäksi suurteholeijujen laitetoimittajaan otettiin yhteyttä leijujen puhallusilman säätömahdollisuuksiin liittyen.

Uuteen kuivatusteoriaan perustuvassa tutkimuksessa Valmet oli todennut mottlingin parantuneen pienemmällä puhallusilman määrällä, mutta kyseistä koeajoa ei ole operaattoreiden mukaan mahdollista suorittaa kartonkikoneella 1, koska puhallusilmaa vähentäessä rata ottaa kiinni leijuun. Valmetin koeajo oli tehty yksipuolisella leijulla, mutta kyseisen leijun kaltevuudesta ei ole tietoa. Laitetoimittajan mukaan kartonkikoneen 1 suurteholeijuilla puhallusilman säätövaraa pitäisi olla, kunhan ilmatasapaino pysyy samana. Tämä tarkoittaa poistopuhalluksen vähentymistä samassa suhteessa, kuin puhallusnopeus pienenee. Poistopuhalluksessa tapahtuvan muutoksen tulisi tapahtua joillain leijuilla automaattisesti, jos puhallusnopeutta laskee hitaasti. Jos poistopuhallus ei muutu automaattisesti, niin operaattorin tulisi tehdä säätö käsin. Laitetoimittajalle on esitetty tarkentava pyyntö selvittää, kuinka kartonkikoneelle 1 toimitettujen leijujen poistopuhalluksen tulisi toimia.

Mottlingin parantamiseksi koeajossa kokeillaan säätää 4. aseman infra 8:n lämpöjä. Liian tehokas kuivaus kuivatuksen alkuvaiheella aiheuttaa laikullisuutta, jonka vuoksi koeajoon on valittu pintapäällysteen infra. Jos kuivatus on liian tehokas ja jähmepiste saavutetaan jo tässä vaiheessa, voi pinnasta tulla liian tiivis tai voi syntyä haitallista migraatiota. Pintapäällyste vaikuttaa eniten pinnan painatusominaisuuksiin ja infra 8 on tehokkaampi, kuin sen jälkeen oleva leiju 4. Infra 8:n tehoalue on 2 alimmalla poltinrivistöllä 8-17 mbar. Taulukossa 1 on näillä arvoilla laadittu koeajosuunnitelma. Aloitetaan ensin matalasta tehosta, siirrytään korkeampaan ja palataan vielä kerran matalaan. Tällä todetaan onnistutaanko saamaan samankaltaisia tuloksia koepisteessä 1 ja 5, kun tehot ovat samat, eli tutkitaan onnistuuko koeajon toistettavuus.

TAULUKKO 1. Koeajosuunnitelma 1. Infra 8:n tehon säätö

Koeajo 1	Infra 8 teho
Koepiste 1	9 mbar
Koepiste 2	12 mbar
Koepiste 3	16 mbar
Koepiste 4	12 mbar
Koepiste 5	9 mbar

Lisäksi kokeillaan ajaa infra 8:lla kahden alimman poltinrivistön sijaan kahdella ylimmällä, jolloin päällysteestä ehtii imeytyä rataan enemmän vettä ja haihdutus alkaa myöhemmin. Yleensä tämän vaiheen halutaan olevan mahdollisimman lyhyt, mutta infra 8 on niin tehokas, ettei toivottavaa sideainevaellusta välttämättä ehdi tapahtua tarpeeksi. Tällöin päällyste ei tarttuisi tarpeeksi pohjarataan ja saattaisi irrota helpommin. Taulukko 2 kuvaa laadittua koeajosuunnitelmaa poltinrivistöistä.

TAULUKKO 2. Koeajosuunnitelma 2. Infra 8:n poltinrivistöt

Koeajo 2	Infra 8 poltinrivistöt
Koepiste 1	2 alinta poltinrivistöä
Koepiste 2	2 ylintä poltinrivistöä
Koepiste 3	2 alinta poltinrivistöä

IGT-pintalujuuden parantamiseksi koeajetaan asemien 1 ja 3 suurteholeijujen lämpötilan säätö. Operaattorit laskevat kyseisten leijujen lämpötiloja parantaakseen IGT-pintalujuuden arvoa. Jos päällystekerros kuivataan liian tehokkaasti, tulee pinnasta liian tiivis, jolloin seuraava päällystekerros ei tartu hyvin eli pintalujuus heikkenee. Aseman 1 leijun säätöalue on todettu operaattoreiden toimesta olevan 300-428 °C ja aseman 3 leijun 300-415 °C riippuen koneen nopeudesta. Asemalla 3 ajetaan vähemmän päällystettä kuin asemalla 1, jonka vuoksi siinä voidaan pitää hieman pienempiä lämpötiloja kuin asemalla 1. Taulukossa 3 on aseman 1 leiju 5:n koeajosuunnitelma ja taulukossa 4 on aseman 3 leiju 6:n koeajosuunnitelma.

TAULUKKO 3. Koeajosuunnitelma 3. Leiju 5:n lämpötilan säätö

Koeajo 3	Leiju 5 lämpötila
Koepiste 1	310 °C
Koepiste 2	360 °C
Koepiste 3	425 °C
Koepiste 4	360 °C
Koepiste 5	310 °C

TAULUKKO 4. Koeajosuunnitelma 4. Leiju 6:n lämpötilan säätö

Koeajo 4	Leiju 6 lämpötila
Koepiste 1	305 °C
Koepiste 2	350 °C
Koepiste 3	410 °C
Koepiste 4	350 °C
Koepiste 5	305 °C

7.2 Työn tulokset

Koeajot suoritettiin kahtena peräkkäisenä päivänä. Koeajoissa otettiin joka toisesta tampuurista näyte, jolloin muutos ehti tasaantua lähes tunnin ajan ennen koepisteen ottamista. Jokaisen tehdyn muutoksen jälkeen operaattori maalasi poikkiratanauhan, josta nähtiin muutoksen vaikutus painoväriin käyttäytymiseen eli testivärjäykseen. Turhan tehokas kuivatus tekee pinnasta liian tiiviin ja tällöin painoväri jää enemmän pintaan ja näkyy tummempana. Sen sijaan liian matalat lämmöt jättävät päällysteestä huokoisemman ja painoväri absorboituu syvemmälle, mikä näkyy vaaleampana testivärjäyksessä. Eli jos testivärjäys olisi liian tumma olisi lämpöjä liikaa ja jos liian vaalea niin lämpöjä olisi liian vähän.

Koepisteistä mitattiin laboratorioissa IGT-pintalujuus ja tehtiin arkkeja, jotka painatettiin painojäljen tutkimista varten Hämeenlinnan Offset-Kolmio Paino Oy:lla arkkioffsetkoineella. Painetut koepisteet ovat esillä kuvassa 3. Arkeista tehtiin visuaaliset arvioinnit mottlingin näkökulmasta päivälaboratoriossa työskentelevien laboranttien johdosta.

Opinnäytetyön ohessa tehtiin myös päällystysasemia ja kuivatusta koskeva konerulla-pohjainen laatupäiväkirja tietojärjestelmään, jota hyödynnettiin koeajoja tulkitessa. Koeajoja tehtiin yhteensä neljä kappaletta ja ne ovat koottuna taulukkoon 5.

TAULUKKO 5. Koeajot

Koeajo	Koeajon tarkoitus	Muuttuja	Koepisteiden määrä
1	Mottling	Infra 8 teho	5
2	Mottling	Infra 8 poltinrivistöt	3
3	IGT-pintalujuus	Leiju 5 lämpötila	5
4	IGT-pintalujuus	Leiju 6 lämpötila	5



KUVA 3. Painetut koeajot koepisteittäin ja grammapainoittain

Kuvassa 3 olevat painetut koeajojen arkit ovat lajiteltu grammapainoittain kolmelle eri lavalle. Koeajot 1 ja 2 suoritettiin 270 g/m^2 kolme kertaa pintapäällystetyllä lajilla C samana päivänä. Molempien koeajojen aikana prosessin olosuhteet pysyivät tasaisina ja ainoat muutokset tapahtuivat koeajosuunnitelman mukaisesti infra 8:lla. Taulukossa 6 on esitetty koeajon 1 vaikutus IGT-pintalujuuteen ja taulukossa 7 on koeajon 2 vaikutus IGT-pintalujuuteen. Koneen nopeus oli 576-603 m/min koeajojen aikana. Nopeus kasvoi koeajon 1 aikana 17 m/min ja koeajon 2 aikana 10 m/min. Nopeuden kasvu on sen verran pientä suhteessa nopeuteen, ettei sen tulisi juuri vaikuttaa koeajojen tuloksiin.

TAULUKKO 6. Koeajo 1:n infra 8:n tehon säädön vaikutukset IGT-pintalujuuteen

Koeajo 1	Infra 8 tehon säätö	IGT-pintalujuus
Koepiste 1	9 mbar	1,09 m/s
Koepiste 2	12 mbar	1,09 m/s
Koepiste 3	16 mbar	1,18 m/s
Koepiste 4	12 mbar	1,09 m/s
Koepiste 5	9 mbar	1,09 m/s

TAULUKKO 7. Koeajo 2:n infra 8:n poltinrivistöjen vaihdon vaikutukset IGT-pintalujuuteen

Koeajo 2	Infra 8:n poltinrivistöt	IGT-pintalujuus
Koepiste 1	kaksi alinta poltinrivistöä	1,09 m/s
Koepiste 2	kaksi ylintä poltinrivistöä	1,18 m/s
Koepiste 3	kaksi alinta poltinrivistöä	1,09 m/s

Taulukosta 6 nähdään koepisteen 3 vaikuttavan myönteisesti IGT-pintalujuuteen. Infra 8 on pintapäälystekerroksen kuivain, joten tästä syystä pinnan ei tarvitse jäädä huokoisemmaksi seuraavan kerroksen tarttuvuuden takia. Tämän vuoksi tehokas kuivatus on IGT- pintalujuuden kannalta jopa parempi, koska sideainevaellusta ei pääse tapahtumaan haitallisen paljoa. Tehokkaampi kuivatus infralla saattaa myös sen vuoksi parantaa pintalujuutta, että jähmepisteen vaatima lämpötila on lähempänä tarvittavaa radan edetessä leijukuivaimelle. Tällöin saavutetaan jähmepiste nopeammin ja leijukuivaimelakeen ei tapahdu haitallista migraatiota.

Myös poltinrivistöjen vaihto kahteen ylimpään paransi IGT-pintalujuutta, mikä näkyy taulukossa 7. Tämä voi selittyä sillä että kahdella alimmalla poltinrivistöllä kuivatus alkaa hieman aiemmin kuin kahdella ylimmällä, ja sen vuoksi päällysteen ja pohjaradan välistä sideainevaellusta ei tästä syystä ehtisi tapahtua tarvittavaa määrää. Koeajon 2 koepiste 2 oli myös ainoa koepiste kaikissa koeajoissa, missä nähtiin vaikutusta operaattorin tekemään testivärjäykseen. Testivärjäys oli ollut koeajojen aikana hieman tummaa, mutta koeajon 2 koepisteessä 2 värjäyksen jälki vaaleni hieman eli väristä tuli parempi. Tämä voi johtua kuivatuksen alkamisesta hieman myöhempään kuin kahdella alimmalla, eli sideainevaellusta ehtisi tapahtua hieman enemmän, jolloin pinnasta tulee hieman huokoisempi, eli painoväri absorboituu paremmin. Koeajon 2 aikana tehon säätö

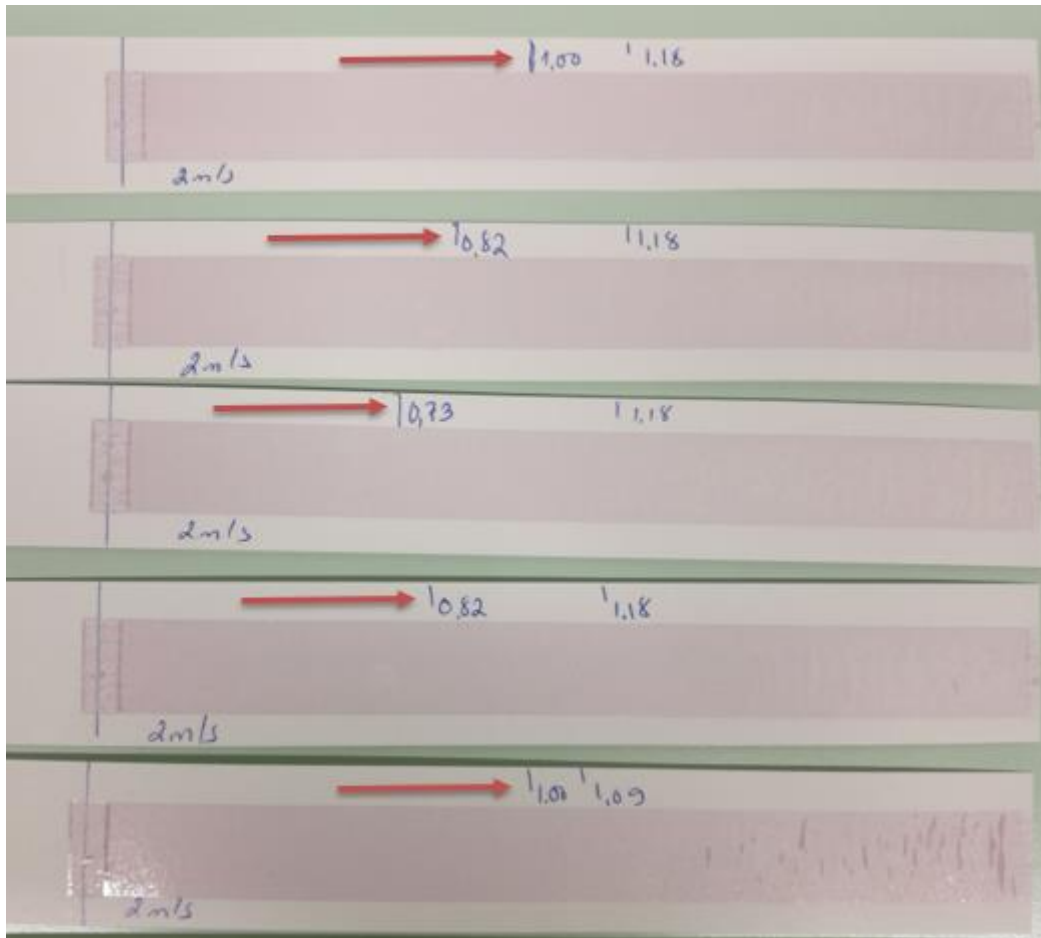
oli molemmilla poltinriveillä 12 mbar. Koeajoissa ei kokeiltu kahdella ylimmällä rivistöllä tehtyjä tehon muutoksia, joista olisi saatu lisää informaatiota.

Koeajo 3 suoritettiin 305 g/m² lajilla C ja olosuhteet pysyivät tasaisina läpi koeajon. Koneen nopeus pysyi 515-520 m/min nopeudella, eli merkittäviä nopeusmuutoksia ei tapahtunut. Taulukossa 6 esitetään koeajon 3 tulokset.

TAULUKKO 6. Koeajo 3:n leiju 5:n lämpötilan säädön vaikutukset IGT-pintalujuuteen

Koeajo 3	Leiju 5 lämpötila	IGT-pintalujuus
Koepiste 1	310 °C	1,0 m/s
Koepiste 2	360 °C	0,82 m/s
Koepiste 3	424 °C	0,73 m/s
Koepiste 4	360 °C	0,82 m/s
Koepiste 5	310 °C	1,0 m/s

Taulukosta 6 huomataan tulosten käyttäytyvän odotetulla tavalla. IGT-pintalujuus parani matalammilla lämpötiloilla ja huononi korkeammilla. Tulosten toistettavuus on myös hyvä. Koepisteiden 1 ja 5 sekä 2 ja 4 samoilla lämpötiloilla tuli samanlaiset arvot IGT-pintalujuudelle. Kuvassa 4 on näkyvillä koeajon 3 IGT-pintalujuuden mittausliuskat.



KUVA 4. IGT-pintalujuuden mittausliuskoja

Kuvassa 4 on alhaalta ylöspäin koeajon 3 koepisteet järjestyksessä ykkösestä viidenteen. Kuvassa 4 punaiset nuolet näyttävät kohtaa, jossa kartongin pinta on alkanut irtoamaan. Erillisestä taulukosta luetaan IGT-pintalujuuden arvo kyseisen viivan kohdalle. Taulukossa on arvot 0,09 m/s välein pienellä alueella. Tämän vuoksi esimerkiksi arvot 0,82 m/s ovat hieman eri kohdilla, mutta taulukosta luettuna ne saavat saman arvon.

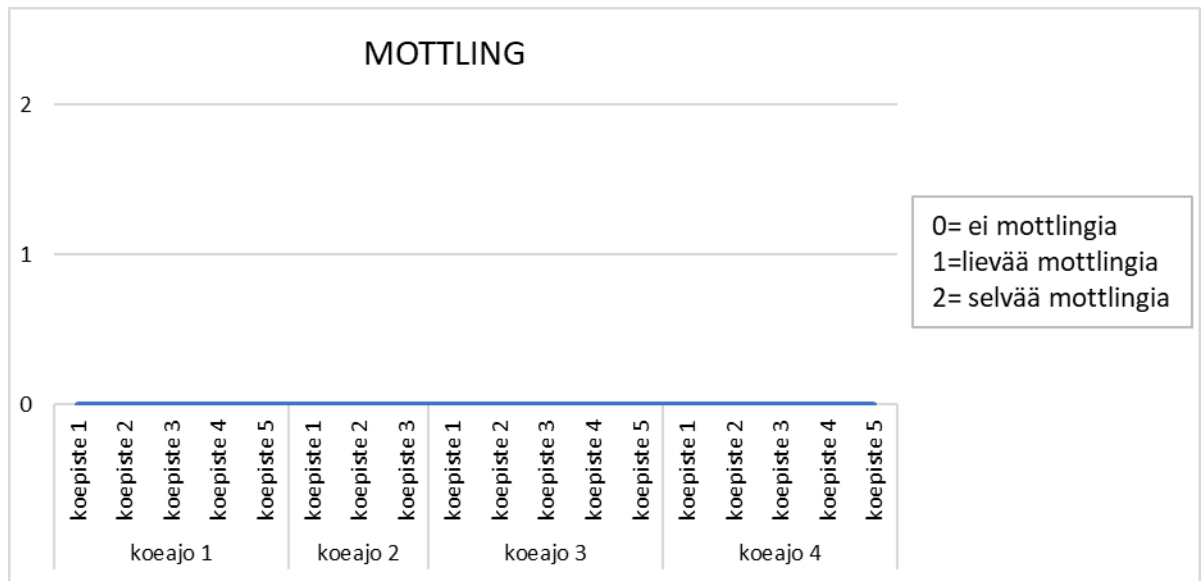
Koeajo 4 tehtiin koeajon 3 kanssa samana päivänä, jotta tulokset vastaisivat mahdollisimman lähellä toisiaan leijujen vertailussa. Koeajo 4 suoritettiin 290 g/m² lajilla C, eli 15 g/m² kevyemmällä kartongilla kuin koeajo 3. Taulukossa 7 esitetään koeajon 4 tulokset.

TAULUKKO 7. Koeajo 4:n leiju 6:n lämpötilan säädön vaikutukset IGT-pintalujuuteen

Koeajo 4	Leiju 6 lämpötila	IGT-pintalujuus
Koepiste 1	305 °C	1,09 m/s
Koepiste 2	350 °C	1,00 m/s
Koepiste 3	410 °C	0,91 m/s
Koepiste 4	350 °C	0,82 m/s
Koepiste 5	305 °C	0,82 m/s

Koeajo 4 alkoi samalla tavalla kuin koeajo 3, eli odotetusti IGT-pintalujuus huononi mitä enemmän leijun lämpötilaa nostettiin. Taulukosta 7 kuitenkin nähdään koepisteiden 4 ja 5 kohdilla poikkeama. Tässä lämpöjen lasku ei parantanut IGT-pintalujuutta, vaan se laski 0,82 m/s:ssa. Samassa kohtaa huomattiin myös muiden lujuuksien heikentyneen ja selvisi että koepisteen 4 aikana rungon perälaatikon huulta oltiin säädetty hieman isommalle neliömassaprofiilin säätämisen vuoksi. Tämän seurauksena vettä tulee enemmän viiraosalle ja kun vettä suodattuu enemmän pois se samalla vie mukanaan rentioainetta ja hienoainetta, jonka seurauksena lujuudet ovat saattaneet huonontua. Tämä voisi selittää myös koeajon 4 koepisteiden 4 ja 5 poikkeamat.

Painojäljen tutkimiseen luotiin lomake, jonka päivälaborantit täyttivät. Kyseiset lomakkeet näkyvät liitteissä 1, 2 ja 3. Koepisteet oli tarkoitus laittaa järjestykseen koeajoittain sekä verrata vielä koeajoa 1 ja 2 keskenään. Painojälki oli kuitenkin niin tasalaatuista, että vain yksi laboranteista pystyi laittamaan niitä järjestykseen ja hänkin kommentoi koepisteiden olevan tasaisia (liite 1). Muut laborantit eivät laittaneet niitä mihinkään järjestykseen, koska kokivat ettei eroja ollut (liitteet 2-3). Vain yhden paremmuusjärjestyksen perusteella tulos olisi epäluotettava, joten voidaan todeta että useamman henkilön mielipide on oikea ja eroavuutta painojälkien välillä ei ole. Koepisteistä tehtiin myös yleinen arviointi mottlingista (liite 4), jonka tuloksista on tehty kuvio 3.



KUVIO 3. Mottlingin arvioinnin tulokset

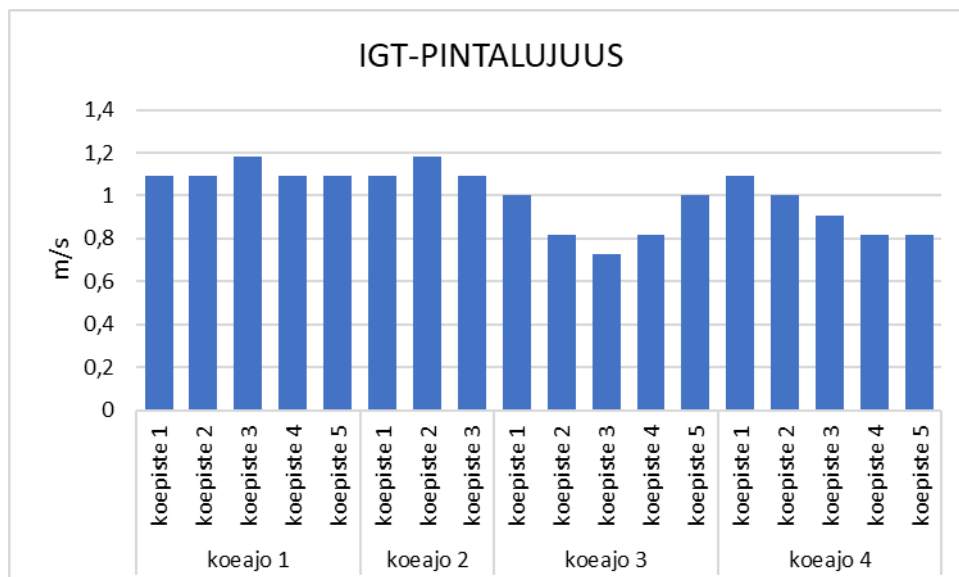
Kuviosta 3 nähdään kaikkien koepisteiden saaneen saman arvion eli ei mottlingia. Yleinen kommentointi oli laboranteilta että painojälki oli hyvää, mutta pinta oli hieman epätasainen. Tämä johtuu kuitenkin pohjaradan epätasaisuudesta eikä päällysteestä. Tämä tulos mahdollistaa kuivaimien laajemman käytön vaikuttamatta painojälkeen ainakin kyseisellä lajilla. Arviointeja ei suoritettu laboranttien lisäksi muilla, koska he tekevät painojäljen arviointia lähes päivittäin. Koska he eivät nähneet eroa koepisteiden välillä, niin luotettavan tuloksen saamiseksi rajattiin arviointi vain heihin. Jos eroavaisuuksia olisi ollut, niin arviointiin oltaisiin otettu enemmän henkilöitä laajemman testauksen saamiseksi.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön aikana tutkittiin päällysteen kuivatuksen vaikutuksia IGT-pintalujuuteen sekä painojäljen laikullisuuteen eli mottlingiin. Koeajoissa tehdyt huomiot eivät välttämättä ole päteviä eri koneen nopeuksilla, päällystemäärillä tai kartonkilajeilla tehtyihin ajoihin. Esimerkiksi koneen nopeuden muuttuessa kuivatuksen kesto muuttuu, jolloin vaikutus on erilainen.

Työn aikana tehdyn konerullapohjaisen laaturaportin ”kartonkikone 1 päällystysasemat ja kuivatus” olemassa olosta kannattaisi informoida työntekijöitä, sillä päällystäjät näkisivät suoraan siitä sellaisia arvoja, joita ei yleisesti käytetyssä laaturaportissa ole. Tämän vuoksi tietojen saanti helpottuisi, kun ei tarvitsisi käyttää kahta eri tietojärjestelmää esimerkiksi vanhojen ajotietojen etsimisessä.

Koeajojen aikana IGT-pintalujuus muuttui jokaisessa koeajossa vähintään yhden muutoksen kohdalla lähtötilannetta paremmaksi, eli jokaisesta koeajosta pystyttiin tekemään johtopäätöksiä. IGT-pintalujuuksien mittaukset ovat kaikki koottuna kuvioon 4.



KUVIO 4. IGT-pintalujuuden tulokset kaikissa koepisteissä

Kuviossa 4 nähdään koeajojen 3 ja 4 tekevän suurimmat vaihtelut IGT-pintalujuuteen. Kyseiset koeajot ovat leiju 5:lla ja leiju 6:lla tehdyt koeajot. Koeajo 3 eli leiju 5:lla tehty

koeajo osoittaa IGT-pintalujuuden paranevan mitä alhaisempi lämpötila leijulla on. Koeajo 4 eli leiju 6:lla tehty koeajo alkoi ensimmäisien kolmen koepisteen kohdalla samalla kaavalla, eli lämpötilan nosto huononsi IGT-pintalujuutta. Kuitenkin koeajon 4 koepisteet 4 ja 5 rikkoivat toistettavuuden, mutta syynä tähän oli perälaatikon huulen nosto, joka aiheutti lujuuksien alenemisen. Koeajojen perusteella lämpötilojen lasku leijukuivaimilla 5 ja 6 parantaa IGT-pintalujuuden arvoa tekemällä pinnasta huokoisemman hellävaraisemmalla kuivatuksella. Seuraava päällystekerros tarttuu paremmin kiinni, kun pinta jää huokoisemmaksi mikä puolestaan parantaa lujutta.

Koeajossa 1 sen sijaan tehokkaampi kuivatus infra 8:lla nosti IGT-pintalujuutta. Infra 8:n jälkeen tulee vielä leijukuivain, jolla varsinaisen kuivatuksen vaihe tapahtuu. Jos radan lämpötila on nostettu infralla hyvin lähelle varsinaisen kuivatuksen alkua, saavutetaan leijulla nopeasti jähmepiste, jolloin haitallista sideainevaellusta ei pääse tapahtumaan eikä sideaineköyhiä alueita synny. Koeajossa 2 todettiin kahden ylimmän poltinrivistön käytön olevan IGT-pintalujuuden kannalta parempi. Tämä voi selittyä sillä, että päällystekerros ja pohjakartonki tarttuisivat paremmin kiinni toisiinsa, kun rataa tuotaisiin lämpöä hieman myöhemmin. Infra 8:n käyttäytymistä IGT-pintalujuuteen voisi tulevaisuudessa tutkia enemmänkin ajamalla koeajo kahdella ylimmällä poltinrivistöllä lämpötilaa muuttellen. Tämän avulla saataisiin kokonaisvaltaisempaa tietoa siitä, mikä olisi optimi ajotapa IGT-pintalujuudelle infra 8:lla. Näiden koeajojen perusteella kyseisellä ajonopeudella se olisi tehokas kuivatus kahdella ylimmällä rivistöllä. Tällöin päällyste ehtisi tarttua pohjarataan paremmin, mutta radan lämpötila olisi lähempänä jähmepistealuetta ennen varsinaisen kuivatuksen alkua. Tulee kuitenkin muistaa, että hitaammilla ajonopeuksilla tehokas kuivatus voi olla liikaa ja sen myötä IGT-pintalujuus heikkenee.

Mottlingin kannalta koeajot olivat yllättävät. Koepisteiden välillä ei ollut eroavaisuuksia, vaikka lämpötilojen muutokset kuivaimilla olivat suuria. Edes infra 8 poltinrivistöjen muutos ei ollut huomattavissa painojäljessä, vaikka se oli ainoa koepiste, jossa operattorin tekemä testivärjäys erosi muista. Siinä testivärjäys näytti paremmalta eli hieman vaaleammalta kuin muut testivärjäykset, jotka olivat hieman tummia. Testivärjäys on ainoa testi kartonkikoneella, mikä antaa suuntaa tulevasta painojäljestä. Testivärjäyksessä käytettävän värin soveltuvuutta painojäljen vertaamiseen voisi olla syytä tutkia, sillä painojäljissä ei ollut eroavaisuutta vaikka testivärjäyksessä eron huomasi.

Painojälki oli kaikissa koepisteissä hyvä eikä mottlingia ollut lainkaan. Tämä tarkoittaa että kuivaimien ajoikkuna on hyvin laaja, eli kuivaimien lämpötiloja voidaan muuttaa laajalla skaalalla vaikuttamatta negatiivisesti painojälkeen. Tämä antaa sen myötä lisää mahdollisuuksia, kuten päällystemäärän kuiva-ainepitoisuuden nosto. Kuiva-ainepitoisuuden nosto mahdollistaa muun muassa suurempia päällystemääriä. Päällysteen kuivatuskapasiteetti ei myöskään ole este koneen nopeuden nostamiselle, jos sellaista tulevaisuudessa halutaan tehdä.

Lisäksi Valmetin tekemässä suurteholeijujen puhallusnopeuden koeajoissa muutokset olivat olleet myönteisiä, mutta näissä koeajoissa ei tutkittu puhallusnopeuksia. Tämä tutkielma jättää avoimeksi kysymyksen suurteholeijujen puhallusnopeuksien muutoksista. Ensin tulee saada selville säädön toiminta eli tapahtuuko poistopuhalluksen muutos automaattisesti muuttaessa puhallusnopeutta.

Koeajoissa havaittiin siis selkeä IGT-pintalujuuden parantaminen suurteholeijujen lämpötiloja laskiessa, infra 8:n tehoa lisätessä ja poltinrivistöä vaihdettaessa kahteen ylimpään. Infralla tehdyissä koeajoissa koneen nopeus oli suuri, mutta pienemmillä nopeuksilla tehon nostot voivat olla haitallisia, jos varsinaisen kuivatuksen vaihe alkaa liian aikaisin. Leijujen 5 ja 6 lämpötilojen lasku sen sijaan voi olla hyödyllistä IGT-pintalujuuden kannalta siihen pisteeseen asti, että lämpötilaa ei laske niin paljoa ettei päällyste ehtisi jähmettyä. Jos päällyste menisi märkänä kuivaimelta eteenpäin, niin radanjohtotelat ja kuivatussylinterit sotkeentuisivat märästä päällysteestä ja alkaisivat todennäköisesti jättämään jälkeä kartonkiin.

Operaattoreita tulisi ohjeistaa kiinnittämään huomiota leijujen 5 ja 6 lämpötiloihin, sillä opinnäytetyön aikana havaittiin niissä olevan usein turhan korkeat lämpötilat. Taustalla tähän voi olla pelko päällysteen märkänä menosta, mikä teettäisi ylimääräistä ja turhaa työtä. Lämpöjä pidetään usein kuitenkin reilusti yli tarpeellisen rajan. Matalammat lämpötilat leijuilla olisivat IGT-pintalujuuden parantamisen lisäksi kustannustehokkaammat.

LÄHTEET

Heikkilä, P. & Rajala, P. 2009. Drying of paper coatings and drying equipment. Teoksessa Paltakari J. (toim.) Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Jyväskylä: Gummerus Oy, 558 – 586.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Kemiallinen metsäteollisuus: 2, Paperin ja kartongin valmistus. 3-1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Karhuketo, H., Seppälä, J., Törn, T & Viluksela P. 2004. Kemiallinen metsäteollisuus: 3, Paperin ja kartongin jalostus. 2. painos.

KILT Industrial Laser Systems. Lasermerkkaus eli lasermerkintä. Luettu 17.10.2018. <https://kilt.fi/sovelluskohteet/lasermerkkaus/>

Knowpap. a. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Päälystysasemat. Luettu 4.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paper_technology/5_coating/12_coating_heads/frame.htm?zoom_highlightsub=ter%E4p%E4%E4llystys Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap. b. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Massaliimat. Luettu 5.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/raw_materials/4_fillers/9_internal_sizes/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap. c. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Prosessikemikaalit. Luettu 5.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/raw_materials/4_fillers/13_other_chemicals/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap. d. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Pigmentit. Luettu 6.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/raw_materials/6_coating_chemicals/1_coating_pigments/12_pigments/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap. e. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Sideaineet – yleistä. Luettu 6.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/raw_materials/6_coating_chemicals/2_adhesives/0_common/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap. f. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Päälysteen kuivatus. Luettu 8.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paper_technology/5_coating/8_drying/frame.htm?zoom_highlightsub=kuivatuksen+ongelmat Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap. g. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Kiilto. Luettu 9.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/3_optical_properties/4_gloss/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap. h. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Sylinterikuivatus. Luettu 13.9.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paperboard_technology/9_drying_section/4_multicylinder_drying/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Ranger, A. 1994. Binder migration during drying of pigment coatings. Paper Technology 35 (10), 40-46.

Solismaa, P., Sipilä, M. & Hyvärinen, L. 2002. Menetelmä ja laboratoriomittari painopaperin laikullisuuden (mottling) määrittämiseksi. <https://patents.google.com/patent/FI115559B/fi>

Valmet. 2012. Flotation Drying of Coated Grades. https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/drying-and-air-systems/wpd_flotationdrying.pdf

LIITTEET

Liite 1. Arviointilomake 1

Työtilaus L180294

1. paras painojälki
.
.
5. huonoin painojälki

	1.	2.	3.	4.	5.
A	A1	A5	A3	A2	A4
Kommentti	Tasaista				
B	B3	B1	B2		
Kommentti	Tasaista				
C	C5	C4	C2	C1	C3
Kommentti	Tasaista				
D	D5	D2	D3	D4	D1
Kommentti	Tasaista				
A JA B					
Kommentti	ei eroavaisuuksia Tasaista				

Liite 2. Arviointilomake 2

Työtilaus L180294

1. paras painojälki
.
.
5. huonoin painojälki

	1.	2.	3.	4.	5.
A					
Kommentti	EI NOLLETA, SAMANTASOISIA PAINOJÄLJILTÄÄN (HYVÄ)				
B					
Kommentti	EI NOLLETA, SAMANTASOISIA PAINOJÄLJILTÄÄN (HYVÄ)				
C					
Kommentti	EI NOLLETA, SAMANTASOISIA PAINOJÄLJILTÄÄN (HYVÄ)				
D					
Kommentti	EI NOLLETA, SAMANTASOISIA PAINOJÄLJILTÄÄN (HYVÄ)				
A JA B					
Kommentti	EI NOLLETA, MISSÄ HIEMAN TUMMEMPI PAINOJÄLKI				

Liite 3. Arviointilomake 3

Työtilaus L180294

1. paras painojälki

.

.

.

5. huonoin painojälki

	1.	2.	3.	4.	5.
A					
Kommentti	Ei motletta, tasainen painojälki				
B					
Kommentti	Ei motletta, tasainen painojälki				
C					
Kommentti	Ei motletta, tasainen painojälki pi monnui'snutta				
D					
Kommentti	Ei motletta, tasainen painojälki pi monnui'snutta				
A JA B					
Kommentti	Ei eroa näytteiden välillä				

Paremmuus järjestykseen
ei eroja!

Liite 4. Yleinen painojäljen arviointi

KA1 KP1	Hieman monttuista	MOT 0	ei Del.
KA1 KP2	MOT 0 Del. 0	Pinta hieman monttuinen	
KA1 KP3	MOT 0 Del 0	Pi hieman monttuinen	
KA1 KP4	Del 0 MOT 0	Pi monttuinen	
KA1 KP5	Del. 0 MOT 0	Pi monttuinen	
KA2 KP1	Del 0 MOT 0	Pi monttuinen	
KA2 KP2	MOT 0 Del 0	Pi monttuinen	
KA2 KP3	Del 0 MOT 0	Pi epätas.	
KA3 KP1	Del 0 MOT 0	Pi epätas. hieman	
KA3 KP2	MOT 0 Del 0	Pi monttuinen	
KA3 KP3	Del 0 MOT 0	Pi epätas.	
KA3 KP4	MOT 0 Del 0	Pi hieman epätas.	
KA3 KP5	MOT 0 Del 0	Pi hieman monttuinen	
KA4 KP1	Del 0 MOT 0	Pi epätas.	
KA4 KP2	MOT 0 Del 0	Pi monttuinen	
KA4 KP3	Del 0 MOT 0	Pi monttuinen	
KA 4 KP4	Del 0 MOT 0	Pi monttuinen	
KA 4 KP5	Pi epätas. - monttuinen	Del 0 MOT 0	