



# **RK-COATER LIIMAPURISTIMEN KÄYTTÖÖNOTTO JA PÄÄLLYS- TYSTERIEN VERTAILU**

Jussi Pättiniemi

Juha Kauppinen

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2013  
Paperitekniiikan koulutusohjelma  
Paperitekniiikka  
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperitekniikan koulutusohjelma

PÄTTINIEMI, JUSSI & KAUPPINEN, JUHA: RK-coater liimapuristimen käyttöönotto ja päällystysterien vertailu

Opinnäytetyö 83 sivua, joista liitteitä 23 sivua  
Tammikuu 2013

---

Työn tarkoituksena oli löytää Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion RK-coater liimapuristimelle ajoparametrit ja näin ottaa liimapuristin käyttöön sekä tehdä siitä ohjeet opiskelijoille. Lisäksi työhön sisältyy päällystysyksikön kaavinterien vertailu, mikä tehtiin koeajoilla.

RK-coater päällystyskoneesta oli tehty jo käyttöohje, mutta siihen kuuluvasta liimapuristimesta ei ollut tehty käyttöönottoa. Kone on suunniteltu paperien päällystykseen, pintaliimaukseen, laminointiin sekä painamiseen. Pintaliimaus suoritettiin lammikkoliimapuristimella ja terien vertailu tehtiin teräpäällystysmenetelmällä, joka on ainoa RK-coaterin päällystysmenetelmä paperitekniikan laboratoriossa.

Teoriaosuudessa käsitellään paperin päällystystä, pintaliimausta, raaka-aineita sekä kaavinterien ominaisuuksia. Kokeellisessa osuudessa esitellään RK-coaterin lammikkoliimapuristimen rakenne ja koeajoilla saadut tiedot ajoparametreista. Lisäksi kokeellisessa osuudessa vertaillaan kaavinteriä.

Työ alkoi RK-coaterin koneen käytön opettelulla, jossa käytettiin jo hyväksi havaittua päällystyspastaa. Tämän jälkeen tutkittiin lammikkoliimapuristimelle ajoparametreja ja sopivaa pintaliima rakennetta. Työ oli jatkuvaa koeajojen suunnittelua, pintaliimojen valmistamista, koeajoja ja lopputulosten analysointia. Ajoparametreja hallitsi enemmän koeajojen hallittavuus kuin halutun päällystemäärän saaminen.

---

Asiasanat: paperin pintaliimaus, lammikkoliimapuristin, RK-coater, päällystysterät, paperin päällystys

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Department of Paper Technology

**JUSSI PÄTTINIEMI & JUHA KAUPPINEN:** Set-up parameters for RK-coater's size press and comparison of the coating blades

Bachelor's thesis 83 pages, appendices 23 pages  
January 2013

---

This thesis was commissioned by the paper laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The work consisted of figuring out the set-up parameters of the RK-coater size press coater and creating instructions for students to follow. In addition, the work included making a comparison of the coating unit blades, which was carried out by various test runs.

The RK-coater coating machine already had a manual, but the size press did not. The machine was designed for paper coating, sizing, laminating and printing, whereas surface sizing was done with size press. The comparison of the blades was carried out with a blade coating method, which is the only mode of operation of RK-coater in the paper laboratory.

The theoretical part deals with the paper coating, surface sizing, raw materials, and the features of the blades. The practical section explains the structure of the RK-Coater size press as well as information about the set-up parameters, which was obtained by the test runs. In addition, the practical part included the comparison of the blades.

The work began by learning to use the RK-Coater machine, and by using the already proven coating formula. After that, the size press running parameters and the surface sizing structure were examined. The work included planning and carrying out the test runs, making the adhesives used, then analyzing the final results. The dominant features of the running parameters were the overall control systems rather than the amount of adhesives to be used, and as such were the concentration of our research.

---

Key words: paper sizing, size press, RK-coater, coating blades, paper coating

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PINTALIIMAUS.....	7
2.1	Yleistä pintaliimauksesta .....	7
2.2	Pintaliimauksen periaate .....	7
2.3	Pintaliimaukseen vaikuttavat tekijät .....	8
2.4	Pintaliimauslaitteet.....	8
2.5	Pintaliiman kuivatus .....	8
2.6	Liimapuristintyyppien vertailu .....	9
2.7	Pintaliimatun paperin ominaisuudet .....	10
2.8	Pintaliimatun kartongin ominaisuudet .....	10
3	PÄÄLLYSTYS .....	12
3.1	Yleistä päällystämisestä .....	12
3.2	Päällystysprosessi .....	12
3.2.1	Sivelytelapäällystys.....	13
3.2.2	Päällystemäärän säätö .....	14
3.2.3	Terägeometria .....	15
3.3	Päällystämisen kuivatus .....	16
3.3.1	IR-kuivain .....	16
3.3.2	Ilmakuivain .....	17
3.3.3	Yhdistelmäkuivain .....	17
3.3.4	Sylinterikuivain .....	17
3.3.5	Päällystekerroksen kuivatusvaiheet .....	17
4	RAAKA-AINEET JA NIIDEN OMINAISUUDET .....	19
4.1	Pintaliimat .....	19
4.1.1	Tärkkelys.....	19
4.1.2	Karboksyylimetyyliselluloosa.....	20
4.1.3	Polyvinyylialkoholi .....	20
4.1.4	Hydrofobiset polymeerit .....	20
4.1.5	Suola.....	21
4.2	Liiman ominaisuudet .....	21
4.3	Päällystyksen raaka-aineet .....	22
4.3.1	Kaoliini.....	22
4.3.2	Talkki .....	23
4.3.3	Kalsiumkarbonaatti .....	24
4.3.4	Kipsi .....	25
4.3.5	Titaanioksidi.....	26

4.3.6	Satiininvalkoinen .....	26
4.3.7	Alumiinihydroksidi .....	26
4.3.8	Bariumsulfaatti .....	26
4.4	Päällysteen ominaisuudet.....	27
4.4.1	Viskositeetti .....	27
4.4.2	Vesiretentio .....	28
4.4.3	Kuiva-ainepitoisuus.....	28
4.4.4	Pastan pH .....	29
4.5	Pastan valmistus.....	29
5	POHJAPAPERIN OMINAISUUDET .....	31
5.1	Pohjapaperin ominaisuudet pintaliimauksessa .....	31
5.2	Pohjapaperin ominaisuudet päällystyksessä .....	31
6	RK-COATERIN RAKENNE.....	34
6.1	RK-coater.....	34
6.2	Ohjauspöytä .....	35
6.3	Ohjauskaappi .....	35
6.4	Lammikkoliimapuristin .....	38
7	LAMMIKKOLIIMAPURISTIMEN KÄYTTÖÖNOTTO .....	39
7.1	Paperiradanvienti .....	39
7.2	Aukirullaus.....	40
7.3	Lammikkoliimapuristinyksikkö.....	40
7.4	Sylinterikuivaimet.....	40
7.5	Puhalluskuivaimet.....	40
7.6	Infrakuivain.....	41
7.7	Laminaattori.....	41
7.8	Kiinnirullain.....	41
8	TULOSTEN KÄSITTELY .....	42
8.1	Pintaliimaus .....	42
8.2	Päällystysterien vertailu .....	49
9	JOHTOPÄÄTELMÄT .....	56
	LÄHTEET.....	58
	LIITTEET .....	59
	Liite 1. Pintaliimauksen ajopäiväkirjat.....	59
	Liite 2. Lammikkoliimapuristimen asennus RK-coateriin.....	66
	Liite 3. Pastaresepti .....	73
	Liite 4. Teräpäällystys ajopäiväkirjat .....	74

## 1 JOHDANTO

Työ on tarkoitettu ohjeeksi Tampereen ammattikorkeakoulun paperitekniikan opiskelijoille, jotka käyttävät RK-coaterin pintaliimapuristinta paperitekniikan laboratoriossa. Pintecon toimittama size press-yksikkö otettiin käyttöön ajamalla koeajoja ja etsimällä näin hallintasuureita koneen käyttöön. Ajoparametreihin kuuluvat myös pohjapaperi ja pintaliimauksen ja päällystyspastan raaka-aineet, joita tutkittiin. Lisäksi työssä vertailtiin päällystyskaavinteriä. Työn toteuttamiseen tarvittiin tietoa pintaliimauksesta, päällystystekniikasta ja RK-coaterista.

Opinnäytetyön päätavoite oli löytää lammikkoliimapuristimelle oikeat konesäädöt, jotta paperin pintaliimaus sujuisi hallitusti. Koeajoissa käytettiin erilaisia pintaliimoja, joiden ajohallittavuutta vertailtiin. Toisena tavoitteena olivat uusien kaavinterien käyttö, joita vertailtiin nykyiseen terään.

Työ aloitettiin helmikuussa opettelemalla RK-coaterin käyttöä, jonka jälkeen alkoi lammikkoliimapuristimen käyttöönoton työstäminen. Maaliskuun puolella välissä saapuivat uudet terät, kuitenkin lammikkoliimapuristimen käyttöönotto jatkui huhtikuun alkuun. Toukokuun lopulla saimme kaavinterien koeajot suoritettua. Aikataulujen yhteensovittaminen venytti työn suorittamista valmiiksi. Opinnäytetyön tekijöiden työt ja harrastukset vaikeuttivat aikataulujen yhteensovittamista.

## 2 PINTALIIMAUS

### 2.1 Yleistä pintaliimauksesta

Pintaliimauksen tavoitteena on parantaa paperin tai kartongin lujuusominaisuuksia, kuten pintalujuutta tai palstautumislajuutta. Pintaliimauksessa kuitujen väliset sidokset lisääntyvät vesiliukoisilla polymeereillä. Pintaliimauksessa käytettäviä kemikaaleja ovat tärkkelys, erilaiset selluloosajohdannaiset (CMC) sekä polyvinyylialkoholi (PVA). (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, 180.)

Pintaliimausta käytetään hienopapereille, päällystettäville raakapapereille ja kartongeille. Pintaliimaus suoritetaan tavallisesti paperikoneessa filmiliimapuristimessa ja kartonkikoneessa lammikkoliimapuristimessa. Koneet ovat sijoitettu kuivatusosalle niin kauas että paperi tai kartonki on riittävän kuiva kestämään liimauksen. Pintaliimaliuokseen voidaan myös sekoittaa täyteaineita, jolloin kyseessä on pigmentointi. (VTT, 2010.)

### 2.2 Pintaliimauksen periaate

Pintaliimauksessa liimaseos tuodaan rainan pintaan liimapuristimella. Liimaseoksen tehtävänä on sitoa rainan raaka-aineita. (VTT, 2010.)

Esimerkiksi tärkkelyksen liimausominaisuudet johtuvat tärkkelyksen perusrakenteesta, glukoosiyksiköiden sisältämät lukuisat OH-ryhmät kykenevät muodostamaan vetysidoksia. Vetysidokset muodostuvat tärkkelyksen ja vesimolekyylien välille. Tällöin tärkkelys lisää viskositeettiä samalla kun se sitoo vettä. (VTT, 2010.)

Pintaliimauksen jälkeen rainaa kuivatetaan. Vesi poistuu tärkkelysliuoksesta ja lujat vetysidokset muodostuvat tärkkelyksen ja väliaineiden välille. Tällöin liimana toimii tärkkelys. (VTT, 2010.)

### 2.3 Pintaliimaukseen vaikuttavat tekijät

Pintaliimaukseen vaikuttavat pintaliimauslaite ja pintaliimattavan paperin laatu. Liiman määrä, kuiva-ainepitoisuus ja laatu vaikuttavat myös pintaliimaukseen. (VTT, 2010.)

Kartonkiin siirtyvän liimamäärän määräävät käytetyn pintaliimauslaitteen konenopeus ja linjapaine. Pintaliimamäärään vaikuttavat myös pintaliiman kuiva-ainepitoisuus, määrä ja laatu sekä pintaliimattavan kartongin huokoisuus ja kosteus. Mitä huokoisempi ja karheampi pintaliimattava kartonki on, sitä enemmän liima tunkeutuu kartongin sisään. (VTT, 2010.)

### 2.4 Pintaliimauslaitteet

Pintaliimaus tehdään joko filmiliimapuristimella tai lammikkoliimapuristimella. Paperin pintaliimaus tehdään yleensä filmiliimapuristuksella. Filmiliimapuristuksessa liima aplikoidaan urasauvalla nipitelan pinnalle, josta se siirretään telojen välissä olevan nipin avulla paperiin. Liiman määrä määräytyy urasauvan profiilin ja telan pinnoitteen määrämien avoimen poikkipinnan mukaisesti. Tähän vaikuttaa eniten uraprofiilin muoto, sauvan kuormitus sekä telapinnoitteen kimmomoduuli (kovuus). Filmiliimapuristimella jälkikuivatuksen tarve on pienempi kuin lammikkoliimapuristimella. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 181.)

Lammikkoliimapuristinyksikössä kahden pyörivän telan väliin aplikoidaan liima-ainelammikko. Lammikon väliin nipin lävitse ohjataan paperirata, jossa pintaliima puristetaan rataan. Lammikkoliimauksen tärkein ominaisuus on tärkkelyksen hyvä tunkeutuma, minkä tavoitteena on sisäisen lujuuden lisääminen. Lammikkoliimapuristimella ei juuri päästä yli 1000m/min ajonopeuksiin. Menetelmää käytetään lähinnä kartongeilla. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 180–181.)

### 2.5 Pintaliiman kuivatus

Pintaliimauksessa paperi kostuu, jolloin paperi on kuivatettava uudelleen. Pintaliimauksen kuivatus voidaan aloittaa kontaktikuivauksella (sylinterit) tai kontaktittomilla mene-



telmillä. Kuivattamalla ilman kontaktia voidaan ehkäistä märän paperin aiheuttamat sylinterin likaantumisongelmat. Käytetyt kontaktittomat kuivatusmenetelmät ovat infra-puna- ja leijukuivatus. (VTT, 2010.)

Paperiradan kulkusuunta on voitava kääntää molemminpuolisessa filminsiirtopäällystyksessä. Lisäksi se on alkukuivattava kokonaan ilman kosketusta. Tähän käytetään ilmakääntölaitetta sekä leijukuivatinta tai kääntöleiju-leijukuivatin-yhdistelmää. (VTT, 2010.)

## 2.6 Liimapuristintyyppien vertailu

Filmiliimapuristimen kehityksen tavoitteina on ollut mahdollisuus säätää liimamäärää ja saada lammikkoliimapuristinta parempi ajettavuus. Paperin kosteus lammikkoliimapuristimen jälkeen on noin 40–50 %, jolloin paperin lujuus heikkenee huomattavasti ja katkoherkkyys kasvaa. (VTT, 2010.)

Filmiliimapuristimessa levitetään haluttu liimamäärä applikointilaitteilla ohueksi kalvoksi telojen pintaan josta se siirtyy paperiin. Tällöin ei synny lammikkoa, jolloin liiman määrä vähenee ja samalla myös jälkikuivatuksen tarve pienenee. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 182.)

Filmiliimapuristimella seoksen kuiva-ainepitoisuutta muuttamalla säädellään liimamäärää. Filmiliimapuristimella liiman tunkeutuminen pohjapaperiin on vähäisempää kuin lammikkoliimapuristimella. (VTT, 2010.)

Laitteiston etuja ovat hallittu applikointi suurillakin ajonopeuksilla, mahdollisuus pigmentointiin ja seoksen kuiva-ainepitoisuus voi olla korkeampi kuin lammikkoliimapuristimessa. (VTT, 2010.)

Seuraavat edut saadaan filmiliimapuristimilla verrattuna lammikkoliimapuristimiin:

- liimamäärä voidaan pitää riippumattomana nopeudesta, liiman kuiva-ainepitoisuudesta ja paperin absorptio-ominaisuuksista
- ei käytännön nopeusrajoituksia
- alhaisemmat katkomäärät

- liimapuristimen jälkeisen kuivatuksen energiantarpeen vähentyminen
- raina voidaan ajaa kosteampana liimapuristimelle, josta seuraa myös etukuiva-tusosan energiantarpeen väheneminen.
- rainan eri puolille voidaan ajaa erilaista liimaa. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 182.)

Lammikkoliimapuristimen tärkein etu verrattuna filminsiirtopuristimeen on se, että sillä voidaan parantaa enemmän paperin sisäistä lujuutta. Paksuimmilla kartonkilajeilla lammikkoliimapuristimella saadaan suurempi tärkkelyksen tunkeutuma kuin filminsiirtopuristimella. (VTT, 2010.)

## **2.7 Pintaliimatun paperin ominaisuudet**

Pintaliimauksella paperin pintalujuutta parannetaan jolloin paperin pintaa kestää kulu-tusta paremmin ja paperin pölyäminen pienenee. Pintaliimaus parantaa sisäistä lujuutta, vetolujuutta, puhkaisulujuutta ja jäykkyyttä. Paperin veden, musteen ja öljyn kesto pa-ranevat. Paperin pinnan sileyks paranee. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 180.)

Pintaliimaus alentaa paperin opasiteettia, vaaleutta ja huokoisuutta. Paperin tiheys kas-vaa pintaliimauksessa. (VTT, 2010.)

Pintaliimauksen laatuun vaikuttavat liiman määrä ja sen jakauma paksuussuunnassa. Pinnassa oleva liima parantaa erityisesti pintalujuutta ja jäykkyyttä. Paperiin tunkeutuva liima parantaa paperin sisäisiä ominaisuuksia. (VTT, 2010.)

## **2.8 Pintaliimatun kartongin ominaisuudet**

Kartongin pintaliimauksella pintalujuus, sisäinen lujuus, vetolujuus, jäykkyys ja karheus kasvavat. Pintaliimaus alentaa huokoisuutta, vaaleutta ja tiheyttä kartongissa. (VTT, 2010.)

Pintaliimauksen laatuun vaikuttavat pintaliiman määrä ja sen jakauma paksuussuunnas-sa. Pintalujuutta ja jäykkyyttä parantaa pintaan jäävä liima ja kartongin sisäisiä lujuuk-

sia parantaa kartonkiin tunkeutuva liima. Lujuuden kasvua haluttuun suuntaan voidaan lisätä vähätunkeutuvalla liimalla, jolloin pintalujuus paranee. Syväälle kartonkiin tunkeutuvalla liimalla parannetaan palstautumislujuutta ja jäykkyyttä. (VTT, 2010.)

Lammikkoliimapuristimella on ainoastaan edellytykset kartongin sisäisten lujuuksien parantamiseen. (VTT, 2010.)

### 3 PÄÄLLYSTYS

#### 3.1 Yleistä päällystämisestä

Päällystyksellä halutaan vaikuttaa paperin pinnan ominaisuuksiin siten, että yhdellä tai useammalla päällystyskerroksella täytetään paperin pinnan epätasaisuudet. Lisäksi päällystyksellä parannetaan paperin ulkonäköä ja vaikutetaan seuraaviin painettavuusominaisuuksiin:

- lisää painoväriä
- lisää absorptiota
- vähentää värin leviämistä
- lisää painojäljen terävyyttä
- vähentää pölyämistä
- lisää kiiltoa
- lisää opasiteettia
- lisää yleensä vaaleutta. (VTT, 2010.)

Paperin päällystäminen vaikuttaa myös lujuusominaisuuksiin molemminpuolisesti: pintalujuus kasvaa, mutta mekaaninen lujuus alenee. Lisäksi päällystämisellä vaikutetaan jäykkyysominaisuuksiin (alenee) ja sekä veden, rasvan tai liuottimien keston. Paperia tai kartonkia päällystetään molemmin puolin tai vain toiselta puolelta. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 184.)

#### 3.2 Päällystysprosessi

Teräpäällystys on yleisin pigmenttipäällystysmenetelmä ja useimmat teräpäällystimet eroavat toisistaan applikointitapahtumassa ja siinä tapahtuvassa penetraatiossa. Yleisimmät teräpäällystysasematyypit ovat: sivelytelalla varustettu päällystin, lyhytviipymäpäällystin sekä suutinapplikoinnilla varustettu teräpäällystin. Teräpäällystys jaetaan useampaan prosessivaiheeseen, missä kaikilla on suuri merkitys laatuun ja ajettavuuteen. Prosessivaiheet jaetaan applikointiin, pastan viipymään ennen kaavausta, ylimääräisen pastan kaavintaan päällystemäärän säätöä varten ja kuivatusprosessiin. Muita

päällystysmenetelmiä ovat: sauvapäällystys, ilmaharjapäällystys, verhopäällystys, filminsiirtopäällystys ja spraypäällystys. (Sokka, 2009, 5; VTT, 2010.)

Päällystyksessä päällystemäärä on 5...30 g/m<sup>2</sup> ja se saavutetaan 1...3 päällystykerralla. Perussääntönä voidaan pitää, että 80 % päällystetyn tuotteen ominaisuuksista riippuu pohjapaperista/-kartongista. Päällysteellä korostetaan usein pohjan ominaisuuksia eikä sinällään peitä sen vikoja. (Sokka, 2009, 6.)

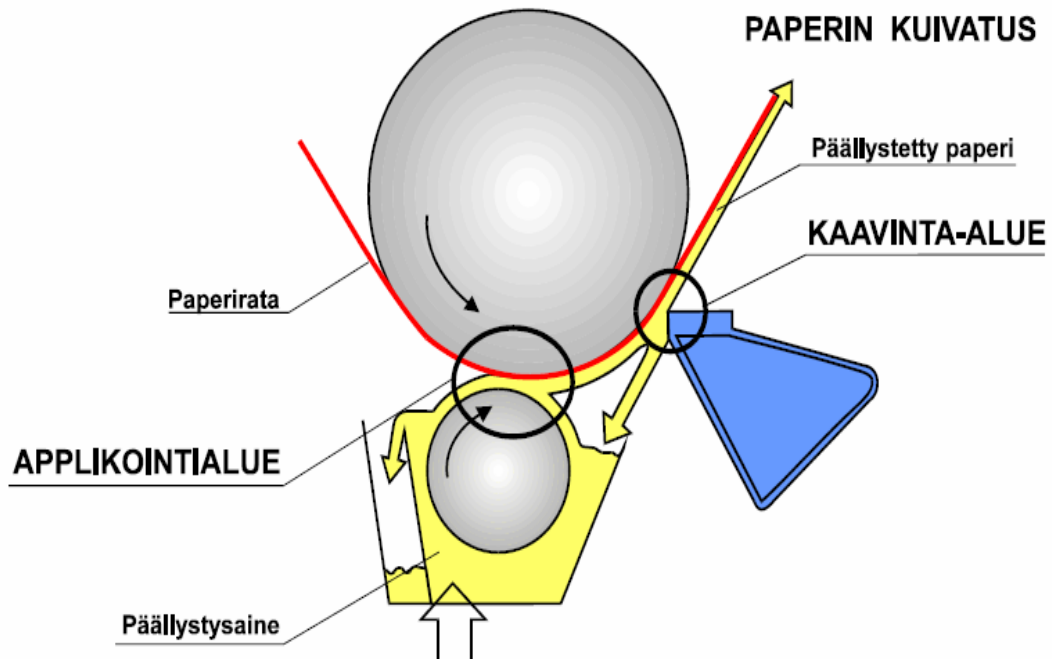
### 3.2.1 Sivelytelapäällystys

Paperilaboratoriossa käytetään sivelytelapäällystysmenetelmää, jossa päällysteseos nostetaan pasta-altaassa pyörivän applikointitelan avulla vastatelan tukeman rainan alapinnalle. Tasainen päällystystulos saadaan siten, kun sivelytelan ja rainan välisessä nipissä on paljon pastaa. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 191.)

Sivelytelan miniminopeus on hyvä olla tasolla 18 – 22 % rainan nopeudesta. Liian alhainen sivelytelan nopeus aiheuttaa sen, että radan pintaan syntyy päällystämättömiä laikkuja. Ylimääräinen pasta kaavitaan taipuisan terän avulla, jota painetaan paperia ja vastatelaa vasten ja samalla säädetään paperille haluttu päällystemäärä. Rainan pinnalle jäävän seoskerroksen paksuuteen vaikuttavat seuraavat osatekijät: telojen välisen raon suuruus, seoksen ominaisuudet, sivelytelan nopeus, sekä telojen halkaisijat että kovuuDET. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 191–196.)

Pohja kostuu voimakkaasti sivelytelapäällystimellä, koska applikointi tapahtuu paineen alaisena. Sivelytelapäällystimellä päästään hallitusti korkeisiin päällystemääriin, sillä pasta tunkeutuu lujasti pohjaan ja kuidut ehtivät turvota ennen kaavausta lisäten pohjan karheustilavuutta. Ajonopeuden ollessa liian suuri voi ilmetä tiettyjä ongelmia, kuten roiskeita, päällystefilmin halkeamista nipin jälkeen sekä vanaisuutta aiheuttavia pintajännitysaaltoja. Roiskeiden vähentämiseksi sivelytelaa on siirretty tulevan radan suuntaan, jotta roiskeet suuntautuisivat viistoon pois päin radasta. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 191–192; VTT, 2010.)

Sivelytelapäälystimen applikointilaitteeseen kuuluu seosallas ja sivelytela. Kuviossa 1 näkyy sivelytelapäälystysmenetelmä.



Kuvio 1. RK-coater päälystysmenetelmä. (Esa Saukkonen)

### 3.2.2 Päälystemäärän säätö

Päälystysprosessissa päälystemäärää säädetään siten, että muutetaan kaavinterän voimatasapainoa ja terän paperirainaan vaikuttavaa voimaa. Kuormitusta lisättäessä päälystemäärä pienenee. Kaavinterään vaikuttavia voimia on kaapimisalueella ja terän kärjen alla. Teräpäälystys jaetaan suur- ja pienkulmapäälystykseen: suurkulmapäälystyksessä kaavinterän kärkikulma on 25–40 astetta ja pienkulmapäälystyksessä kärkikulma on 0–15 astetta. (VTT, 2010.)

Päälystemäärän säätö perustuu hydrodynaamisen voiman voimakkaaseen riippuvuuteen terän kärkikulmasta. Päälystemäärän säätö tehdään siten, että muutetaan terän ja paperiradan välistä kulmaa, jolloin terän kärkialueella vaikuttava hydrodynaaminen voima muuttuu voimakkaasti vaikuttaen terän ja paperin pinnan väliseen etäisyyteen. (VTT, 2010.)

Hydrodynaamisen voiman muutos suhteessa kuormitusvoiman muutokseen on suuri. Kulman muutos tehdään joko päällystysaseman teräpalkkia kääntämällä tai muuttamalla kuormitusletkun painetta. Kulman pienentäminen lisää päällystemäärää samoin kuin kuormituspaineen kasvattaminen, koska kärkikulma pienenee. (VTT, 2010.)

### 3.2.3 Terägeometria

Terägeometrialla vaikutetaan päällysteen laatuun, koneen ajettavuuteen ja päällystemäärän säätöön. Joustava ja jännitetty terä tuo seuraavia ominaisuuksia päällystysprosessiin: tasoittaa applikoidusta päällysteseoskerroksesta, kuormituksesta tai teräpalkin suorudesta tulevia virheitä ja mahdollistaa päällystemäärän säädön ja profiilien hallinnan. Terän jäykkyyteen vaikutetaan terän pituudella, kuormituspisteen sijainnilla ja terän paksuudella. Jäykkä terä antaa muutamia hyviä ominaisuuksia, kuten helpon säädettävyyden ja parantaa tiettyjä laatuarvoja, mutta liian jäykkä terä huonontaa ajettavuutta ja osaa laatutekijöistä. Joustava terä mahdollistaa hyvän ajettavuuden, mutta aiheuttaa säädettävyyden- ja laatuongelmia. (VTT, 2010.)

Teräkulmalla vaikutetaan laatuun, ajettavuuteen ja säädettävyyteen. Pieni teräkulma parantaa usein laatua, kuten pinnan sileyttä, ja ajettavuutta, mutta voi johtaa ongelmiin päällysteen säädössä. Suurilla ajonopeuksilla käytetty pienempi teräkulma rasittaa päällysteseosta ja voi johtaa parran muodostukseen (bleeding). Pieni teräkulma vaikeuttaa päällystemäärän säätöä varsinkin pienillä päällystemäärillä. (VTT, 2010.)

Päällystyksessä kaavinterien paksuutena käytetään yleisimmin 0,381 mm tai 0,457 mm paksuisia teriä. Paksu terä voi lyhytviipymäpäällystyksessä vähentää päällysteen vanaisuutta, mutta saattaa toisaalta huonontaa normaalia poikittaisprofiilia. Paksu terä antaa suuremman päällystemäärän samalla terän kärjen viivakuormatasolla, eli samaan päällystemäärätasoon pitää paksumpaa terää kuormittaa enemmän (koska terän viiste on pidempi). Oikean terägeometrian valinta on usean muuttujan samanaikaista huomioonottamista. (VTT, 2010.)

### 3.3 Päälystämisen kuivatus

Kuivatus on tärkeä päälystyksen osaprosessi, jolla vaikutetaan merkittävästi lopputuotteen laatuun. Väärällä kuivatusstrategialla voidaan pilata tuote, vaikka paperi/kartonkipasta täyttäisivät laatuvaatimukset. Päälystetyn kartongin ja paperin kuivatus on monimutkainen prosessi, jossa täytyy tietää myös lopputuotteen laadun kannalta edullisin tapa poistaa ylimääräinen vesi. Kuivatuksen aikana tapahtuu päälystettävässä rainassa seuraavia ilmiöitä:

- kiinteän aineen ja kuitujen kutistuminen
- veden kapillaarinen virtaus
- höyrystyminen ja kondensoituminen
- kostean ilman virtaus
- kuivan ilman ja höyryn suhteellinen liike, diffuusio
- pastan osa-aineiden liike märässä päälysteessä. (VTT, 2010.)

Kuivatus aiheuttaa materiaalin kosteuspitoisuuden laskun ja tämän takia yhä suurempi osa vedestä on sitoutunut kuitujen pinnalle. Yleisimpiä kuivatuslaitteita, joita päälysteen kuivaamiseen käytetään:

- IR-kuivatus (infrapunakuivatin)
- säteilyenergia
- ensimmäinen kuivatin päälystysaseman jälkeen
- leijukuivatus
- kuumen ilman puhallus. (VTT, 2010.)

#### 3.3.1 IR-kuivain

Infrapunakuivatuksessa lämmön lähteenä toimii lämpösäteily. Säteilyn kohdatessa toisen ainekerroksen osa siitä läpäisee ainekerroksen, osa heijastuu takaisin ja osa absorboituu itse kerrokseen. Tätä absorboitunutta osaa säteilystä käytetään infrapunakuivatuksessa hyväksi. Säteilevä pinta voidaan lämmittää joko sähköllä tai kaasun palamisliekillä. (VTT, 2010.)

Sähköinfrapunakuivaimen pääosat ovat lamput ja heijastin sekä jäähdytysjärjestelmä. Kaasuinfraassa paloilma ja kaasun sekoitetaan keskenään ja seos johdetaan palotilaan,



missä ilmavirran tarkoituksena on poistaa palokaasut sekä rainasta haihtuva kosteus. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 201.)

### **3.3.2 Ilmakuivain**

Ilmakuivattimessa haihdutus saadaan aikaan siten, että rainan pintaa vasten puhalletaan kuumaa ilmaa suuttimilla. Ilmakuivaimen ominaishaihdutus riippuu koneen nopeudesta, puhallettavan ilman lämpötilasta, suutinten puhallusnopeudesta, suutintyyppistä ja kuivauslohkojen määrästä. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 201.)

### **3.3.3 Yhdistelmäkuivain**

Infra- ja leijukuivatuksen yhdistämisellä saadaan infran ja leijun etuja samassa laitteessa. Infraleiju-kuivatinta tarkoittaa yhdistelmäkuivatinta, jossa on ensin infrakuivatinta ja sitten leijuosa. Paperiteknikan laboratorion RK-coaterissa on sähköinfra ja se sisältää useamman säteilijärivin. Mekaanisesti infra- ja leijuosa voivat olla fyysisesti kiinni toisissaan tai hyvin lähellä toisiaan erillisillä siirto- ja kannatinlaitteilla, siksi infraosa joissakin tapauksissa voidaan kytkeä kokonaan pois ja käyttää vain leijuosaa. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 202–203.)

### **3.3.4 Sylinterikuivain**

Infra- ja leijukuivatuksen jälkeen käytetään yleensä kontaktikuivatusta, joka tapahtuu sylinteriryhmällä, minkä tehtävään kuuluu kuivatuksen ohella vetää rainaa ja saada aikaan tarvittava kireys. Päälystyksen jälkikuivatuksessa ei enää esiinny tarttumisongelmaa. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 203.)

### **3.3.5 Päälystekerroksen kuivatusvaiheet**

Päälystekerroksen lopullinen rakenne ja siten paperi- ja painotekniset ominaisuudet alkavat muodostua, kun märkä päälystekerros siirtyy applikoinnin ja kaavinnan jälkeen

päällystyskoneen kuivatusosalle. Päällystetyn paperin kuivatusstrategialla vaikutetaan päällysteen ominaisuuksiin. Päällysteen mitattavat ominaisuudet, joihin pyritään vaikuttamaan, ovat

- mottling eli laikullisuus
- kiilto ja sileys
- pintalujuus. (VTT, 2010.)

Edellä mainituista ominaisuuksista laikullisuus on ainoa, jolle on löydetty selkeät yhteydet kuivatusstrategiaan. Kiiltoon, sileyteen ja pintalujuuteen voidaan vaikuttaa huomattavasti vähemmän. (VTT, 2010.)

Päällystetyn paperin kuivatustapahtuma voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe eli imeytysvaihe, joka ulottuu päällystysasemalta ensimmäiselle kuivaimelle. Tavallisesti ensimmäinen kuivain on infrapunakuivain, kuten paperiteknikan laboratorion RK-coaterissa. Imeytysvaiheessa pastan sisältämä vesi alkaa imeytyä pohjaan, jolloin kuidut alkavat turvota. Haihtuminen on vähäistä imeytysvaiheessa. Jos paperin lämpötila on korkea ja paperi on imukykyinen, imeytysvaiheen tulee olla mahdollisimman lyhyt, jotta saavutettaisiin laadukas lopputuote. (Malkki, 2009, 29.)

Toinen vaihe eli kuivatusvaihe, joka ulottuu kuivatuksen alusta päällysteen jähmettymisvaiheen alkuun eli ns. kriittisen vaiheen alkuun. Tässä vaiheessa veden imeytyminen pohjaan jatkuu ja rataa voidaan kuivata voimakkaasti. Kuivatusvaiheessa käytetään puhalluskuivaimia. (Malkki, 2009, 29.)

Kolmannessa vaiheessa eli kriittisessä vaiheessa päällyste jähmettyy ja saavuttaa kuiva-ainepitoisuuden, jossa sideaineet eivät enää liiku ja pigmentit alkavat muodostaa rakenverkostoa. Kuiva-ainepitoisuuden noustessa tasolle 70–77 %, märän päällysteen kiilto alenee. Puhutaan ns. ensimmäisestä kriittisestä pisteestä. Kuiva-ainepitoisuuden kasvaessa tasoon 85–90 % päällyste saavuttaa neljännen vaiheen eli jähmepisteen, jolloin vapaa vesi on haihtunut ja päällysteen lopullinen rakenne muodostunut. Kriittisessä vaiheessa pitää välttää liian voimakasta kuivatusta painojäljen laikullisuuden takia. Kriittinen vaihe tulisi ohittaa käyttämällä alhaista haihdutustehoa. Myös tässä vaiheessa käytetään puhalluskuivatusta. (Malkki, 2009, 29.)

## 4 RAAKA-AINEET JA NIIDEN OMINAISUUDET

### 4.1 Pintaliimat

Tärkkelys on eniten käytetty pintaliiman raaka-aine. Muita pintaliimoja käytetäänkin pääsääntöisesti erikoistuotteissa. Tärkkelys on edullisempi kuin muut pintaliimat, mutta muilla pintaliimoilla saadaan erilaiset pintaominaisuudet kuin tärkkelyksellä. Pintaliiman ajettavuuteen eniten vaikuttava ominaisuus on viskositeetti. (VTT, 2010.)

#### 4.1.1 Tärkkelys

Tärkkelys valmistetaan perunasta, maissista, vehnästä, riisistä jne. Periaatteessa kaikki tärkkelykset käyvät pintaliimaukseen. Yleisin lujuuden lisäykseen käytetty pintaliima on tärkkelys. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 188; VTT, 2010.)

Raakatärkkelyksellä on korkea viskositeetti, jota alennetaan konvertoimalla. Konvertoinnissa pilkotaan tärkkelysmolekyylit hapettamalla tai entsyymeillä, jotta viskositeetti alenisi ja lämpötilapysyvyys paranisi. Konvertointi tapahtuu joko tärkkelystehtaassa tai paperitehtaassa tärkkelyksen keiton yhteydessä. Konvertoidutkin tärkkelykset kuumentetaan, jotta tärkkelys gelatinoituisi. (VTT, 2010.)

Tärkkelyksen varaus on joko heikosti negatiivinen tai neutraali. Kuituihin tärkkelys sitoutuu ainoastaan vetysidosten avulla. Tämä saattaa aiheuttaa ongelmia, kun tärkkelystä joutuu hyllyn mukana paperikoneen lyhyeen kiertoon, ja myös se saattaa aiheuttaa ongelmia märänpään kemiaan ja tehtaan jätevesipäästöihin. Tärkkelyksen varaustasoa voidaan muuttaa liittämällä tärkkelysketjuun aktiivisia kationisia tai anionisia ryhmiä. (VTT, 2010.)

#### **4.1.2 Karboksyylimetyyliselluloosa**

Karboksyylimetyyliselluloosa (CMC) valmistetaan synteettisesti. CMC valmistetaan monokloorihaposta ja selluloosasta. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 188.)

CMC-laatujen välille saadaan aikaan eroja mm. viskositeettiin ja substituutioasteeseen muuttamalla reagenssien välisiä suhteita, lämpötilaa ja muita olosuhteita. CMC:n dispergointiaika lämpimään veteen on selvästi lyhyempi kuin kylmään veteen. CMC:n konsentraatiota rajoittaa rajusti kasvava viskositeetti. (VTT, 2010.)

CMC toimii sideaineena ja paksuntajana. CMC:n pääasiallinen käyttökohde on viskositeetin säätö. Pintaliimauksessa CMC vaikuttaa viskositeetin lisäksi vesiretentioon ja öljynabsorptioon. CMC:llä pinnan elastisuus paranee, jolloin hankauskestävyydenkin paranee. (VTT, 2010.)

#### **4.1.3 Polyvinyylialkoholi**

Polyvinyylialkoholi muodostaa paperin pinnalle kalvon, jolla on hyvin korkean vetolujuus, joustavuus ja öljyn pidätyskyky. Melko hyväksi muodostuu myös vesiretentio ja sitä voidaan parantaa hartsilla tai alkalistabiloidulla kolloidisella silikaatilla. Polyvinyylialkoholia käytetään joko yksin tai yhdessä tärkkelyksen kanssa. Tärkkelystä ja polyvinyylialkoholia yhdessä käytettäessä ongelmaksi saattaa muodostua leikkauspaksuneva käyttäytyminen, joka aiheuttaa ajettavuusongelmia. (VTT, 2010.)

#### **4.1.4 Hydrofobiset polymeerit**

Hydrofobisia polymeerejä voidaan lisätä tärkkelykseen painatustuloksen parantamiseksi. Nämä polymeerit voidaan jakaa filminmuodostajiin ja ei- filminmuodostajiin. (VTT, 2010.)

Styreenimaleiiniinhydridit (SMA) muodostavat yhtenäisen filmin paperin pinnalle. SMA on vesiliukoinen yhdiste. Polyuretaanit ja styreeniakrylaatti ovat vesiliukoissa

dispersiona eli hajaantuneina pieniksi palleroiksi. Näiden pisteiden väliin jää tärkkelyksen hydrofiilisten alueiden matriisi. (VTT, 2010.)

Hydrofobinen polymeeridispersio tärkkelyksen seassa nostaa filmin vedenvastustuskykyä, parantaa painovärin ankkuroitumista paperin pintaan ja vähentää musteen penetroitumista. Samalla painovärin kuivumisaika nousee. (VTT, 2010.)

#### **4.1.5 Suola**

Suolan lisääminen pintaliimaan nostaa paperin sähkönjohtokykyä. Arkkimuodossa olevien toimistopaperien liian alhainen sähkönjohtokyky lisää arkkien tarttumista sähköstaattisilla voimilla toisiinsa, joista syntyy syöttöhäiriöitä kopiokoneissa ja tulostimissa. Pintaliimaan lisättäessä noin 0,2-0,5 % suolaa paperin johtokyky nousee tasolle, jolla tarttumisongelmaa ei esiinny. Kopiokoneiden sähköisesti tapahtuma kuvankäsittely häiriintyy, jos suolaa on lisätty liikaa jolloin myös paperin sähkönjohtokyky nousee liian suurelle tasolle. (VTT, 2010.)

#### **4.2 Liiman ominaisuudet**

Kuiva-ainepitoisuus on liiman tärkein hallintasuure pintaliimauksessa. Harvoilla koneilla pintaliiman kuiva-ainepitoisuutta säädetään muuttamalla tärkkelyksen liettosakeutta, mutta monilajikoneilla kuiva-ainepitoisuuden muutokset ovat kyettävä tekemään nopeasti, esimerkiksi lisälaimentamalla pintaliimaa liimapuristimessa. Kuiva-ainepitoisuuden ja viskositeetin kasvaessa paperiin jäävä tärkkelysmäärä kasvaa. Ylärajan kuiva-ainepitoisuudella asettaa kasvaneen viskositeetin aiheuttamat ajettavuusongelmat tai tärkkelyskokkareiden muodostuminen pintaliimauksen jälkeisille koneenosille. (VTT, 2010.)

Tärkeä hallintasuure on myös tärkkelystyyppi erityisesti viskositeetin kannalta. Sopiva viskositeetti alue valitaan kullekin koneelle sen mukaan. Nopeilla koneilla viskositeetin tulee olla alhainen. Iso lammikkoliimapuristin mahdollistaa suuremman viskositeetin. Liiman lämpötila vaikuttaa liimaustulokseen, mutta sitä ei voi käyttää pintaliimauksen

hallintasuurena. Tärkkelyksen keitto määrää käyttölämpötilan melko korkeaksi 50–70° C. Alhaisissa lämpötiloissa 20–40° C tärkkelys ei saa hyytyä jähmeäksi, jolloin esim. katkojen aikana putket tukkeutuvat. (VTT, 2010.)

### 4.3 Päälystysten raaka-aineet

Pasta on pigmenttipäälysteseos, joka koostuu sekä kiinteistä että nestemäisistä komponenteista, kuten pigmenteistä, sideaineista, lisäaineista ja vedestä. Pigmentin osuus pastan kuiva-aineesta on 75...90 % ja sideaineiden osuus 5...20 %. Sideaineen osuus pastassa määräytyy jälkikäsitteilyn, painomenetelmän ja loppukäytön asettamien vaatimusten perusteella. Päälystysmenetelmä, koneen nopeus ja päälystettävän pohjan ominaisuudet ovat prosesseja, jotka asettavat vaatimuksia sideaineen ja etenkin lisäaineiden valinnalle ja annostelulle. Erilaisia lisäaineita käyttämällä voidaan parantaa pastan ominaisuuksia ja antamaan päälysteelle tiettyjä erityisominaisuuksia. Lisäaineiden osuus on yhteensä 1...5 %. Veden osuus pastassa on loppuosa eli 30...70 % riippuen pastan kuiva-ainetasosta. Pastan koostumuksen valintaan vaikuttavia tekijöitä:

- pohjapaperin/kartongin laatu
- pastan komponenttien keskinäinen yhteensopivuus
- asetettavat stabilisuusvaatimukset
- päälystysmenetelmä
- koneen nopeus
- painomenetelmän asettamat vaatimukset
- lopputuotteen käyttötarkoitus ja laatuvaatimukset
- jälkikäsitteily. (Sokka 2009, 12.)

#### 4.3.1 Kaoliini

Kaoliini on useasti käytetty päälystyspigmentti. Kaoliinin ISO-vaaleus on 78–87 % luokkaa. Kaoliinia voidaan käyttää pelkästään tai erilaisten lisäpigmenttien kanssa. Kaoliinia saa eri puolilta maailmaa ja sen valmistus on helppoa, joten sitä saa kohtuulliseen hintaan. Englanti, Brasilia ja Yhdysvallat ovat suomen kannalta tärkeimpiä kaoliini tuottajamaita. Kaoliini laadut vaihtelevat maittain. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 39.)

Kaoliini valmistetaan erottamalla puhdistetusta raakakaoliinista hienoin hiukkasjäte päällystyskaoliiniksi. Tavallisesti päällystyskaoliinista 75 % on alle kahden mikrometrin kokoisia hiukkasia, hienommissa laaduissa saattaa olla alle kahden mikrometrin kokoisia hiukkasia jopa 99 %.(VTT, 2010.)

Kaoliini on suhteellisen helppo liettää veteen 62–72 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Päällystyskaoliinia käytettäessä se nostaa puupitoisten paperien valkoisuutta, mutta valkaisuun sellupapereihin sillä ei ole merkittävää vaikutusta. Kaoliinin pieni hiukkaskoko ja levymäinen hiukkasmuoto antavat hyvän peittokyvyn sekä superkalanteroidessa korkean kiillon ja hyvän sileyden. (VTT, 2010.)

Suomessa käytetään englantilaista kaoliinia lähinnä puupitoisten paperien päällystämiseen ja hienojakoisia amerikkalaisia tai brasilialaisia kaoliineja käytetään seospigmentteihin, joita käytetään korkealaatuisiin taidepainopapereihin ja kartongin päällystämiseen. (VTT, 2010.)

Kalsinoimalla eli kaoliinin lämpökäsittelyllä saadaan muodostettua kestäviä partikkeli-kasaumia. Kaoliinikasaumat sirottavat voimakkaasti valoa ja niitä käytetään lisäpigmenttinä päällystyksessä sekä täyteaineena. (VTT, 2010.)

### **4.3.2 Talkki**

Talkki muistuttaa kaoliinia fysikaalisilta ominaisuuksiltaan. Se on kuitenkin vettä hylkivää. Talkki on jauhattava ns. mikrotalkiksi, jotta se olisi sopivaa päällystyssovellutuksiin. Yleensä Talkki on kaoliinia hiukkasmuodoltaan levymäisempi ja karkeampi. Talkki on kaoliinia pehmeämpi mineraali. (VTT, 2010)

Talkin lietto veteen on vaikeaa, koska se hylkii vettä. Dispergoinnissa talkkihiukkasten pinta muutetaan hydrofiiliseksi erityisen kostutuskemikaalin avulla. Kemikaalit ovat erilaisia pinta-aktiivisia aineita. Dispergioainetta tarvitaan kostutuskemikaalin lisäksi. Talkki lietetään 61–65 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. (VTT, 2010)

Päällystysseoksessa talkki voi olla pääpigmenti. Pääasiallisesti Talkkia käytetään syväpainopapereiden valmistuksessa. Kaoliinin verrattuna painoväriin absorptio pienenee. Talkkipäällysteellä on hyvä vedenkestävyys. (VTT, 2010)

Talkkia käytetään mieluiten päällystettyjen offset-paperien pohjapaperissa täyteaineena, jolloin päällysteseos antaa riittävän pintalujuuden paperille. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 39.)

### 4.3.3 Kalsiumkarbonaatti

Päällystyksessä käytetty kalsiumkarbonaatti  $\text{CaCO}_3$  voi olla saostettua tai jauhettua. Ero näissä on lähinnä hiukkaskoossa ja -muodossa. Kaoliiniin verrattuna jauhetut karbonaattituotteet ovat muodoltaan pyöreämpiä. Saostettujen karbonaattien koko on selvästi pienempi ja hiukkasten muoto on saavamaisempi tai neulasmaisempi kuin jauhetujen. Kalsiumkarbonaatin ISO-vaaleus on 90–95 %.(VTT, 2010.)

Karbonaatin etuja ovat se että paperi ei menetä lujuuttaan eikä vaaleuttaan. Lisäksi karbonaatti lisää paperin kitkaa, joka on usein tarpeellista jatkokäsittelyssä. Karbonaatti lisää myös pinnan mikrohuokoisuutta, joka on eduksi mustesuihkutulostuksessa ja cold set -offset painatuksessa. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2003, s. 39.)

Kalsiumkarbonaatti on helppo liettää veteen. Hienojakoisempia saostettuja tuotteita lukuun ottamatta samassa kuiva-ainepitoisuudessa oleva karbonaattilietteellä on alempi viskositeetti kuin kaoliinilietteellä. Kalsiumkarbonaatin kanssa tarvitaan kuitenkin enemmän dispergointiainetta kuin kaoliinin kanssa. Kalsiumkarbonaatti verrattuna kaoliiniin parantaa päällysteen vaaleutta sekä lisää päällystekerroksen huokoisuutta ja painoväriin absorptiota. Hiukkaskoosta riippuu vaikutus paperin kiiltoon. Karkeat laadut aiheuttavat alhaisen kiillon, mutta hienojakoisten laatujenkin vaikutus kiiltoon on vähäinen. Karkeat karbonaatit parantavat paperin pintalujuutta kaoliiniin verrattuna samalla sidepitoisuudella. (VTT, 2010.)

Mattapaperien valmistuksessa karbonaatilla saadaan kiiltoa alennettua. Blistering-ilmiötä offsetpapereilla voidaan pienentää ja väriabsorptiota parantaa karbonaattilisäyk-



sellä. Vaaleus lisääntyy ja pintapäällysteen tarttuminen parantuu kun karbonaattia käytetään esipäälllystyksessä. (VTT, 2010.)

Usein päälllystypastoissa käytetään seosta, jossa on kalsiumkarbonaattia ja kaoliinia. Käyttömäärät vaihtelevat riippuen sovellutuksesta. Kartongeissa ja kiiltävissä papereissa kokonaispigmenttimäärästä voi olla 0-80 % ja esipäälllystyksessä 100 % karbonaattia. Suomessa valmistetaan kalsiumkarbonaattia jauhattuna ja saostettuna. (VTT, 2010.)

#### 4.3.4 Kipsi

Kipsi eli kalsiumsulfaatti ( $\text{CaSO}_4$ ) voi esiintyä kolmessa eri kidevesimuodossa, joilla kaikilla on erilaiset fysikaaliset ominaisuudet. (VTT, 2010.)

Kipsiä esiintyy luonnossa kerrostumina. Huomattavia kipsintuottajia Euroopassa ovat Englanti, Espanja, Ranska ja Saksa. Kipsiä syntyy myös sivutuotteena fosfokipsin, savukaasukipsin ja titanokipsin valmistuksessa. Useita muitakin kipsilähteitä löytyy. Sivutuotekipsin heikkoutena on, että ne useimmiten sisältävät epäpuhtauksia ja niiden hyötykäyttö on vaikeaa. Vain muutamassa paikassa maailmalla syntyy pigmenttiraaka-aineeksi soveltuvaa fosfokipsiä ilman erillistä puhdistusprosessia. (VTT, 2010.)

Kipsin vaaleus taso on jauhetun karbonaatin tasolla. Kipsin kanssa käytetty optinen kirkaste sopii hyvin, koska kipsi ei itse absorboi UV-valoa. (VTT, 2010.)

Kipsin värisävy on puhdas ja sen kuluttavuus on pieni, mikä näkyy esim. terien vaihtovälissä. Kipsin tiheys on pienempi kuin esim. kaoliinin, joka mahdollistaa paksumman pigmenttikerroksen. Paperiominaisuuksien kannalta tämä on edullista, mutta samalla se johtaa myös alhaisempaan teräpaineeseen. (VTT, 2010.)

Kipsikäytön yleistymiselle suurin hidaste on ollut kipsin liukeneminen veteen ja siitä syntyvä pelko kalsiumin tuomista ongelmista paperikoneella. Kipsin liukenemiseen ei vaikuta suuresti lämpötilan ja pH:n vaihtelut. (VTT, 2010.)

### **4.3.5 Titaanioksidi**

Tärkein lisäpigmentti on titaanidioksidi. Kaoliinin verrattuna titaanidioksidilla on hieno hiukkaskoko, ainutlaatuisen suuri valontaitekerroin ja suuri tiheys. Paperiteollisuudessa käytetyt titaanidioksidin laadut ovat anataasia ja rutiilia. Laadut eroavat jonkin verran hiukkasmuodon, taitekertoimen ja hinnan suhteen. Rutiili on laadultaan parempaa ja hinnaltaan kalliimpaa. (VTT, 2010.)

### **4.3.6 Satiinivalkoinen**

Saostamalla sammutettua kalkkia alumiinisulfaattiliuoksessa valmistetaan satiinivalkoista. Saostus tavasta riippuen syntyy neulasmaisia tai levymäisiä hiukkasia, joiden hiukkaskoko on varsin pieni. Satiinivalkoinen voidaan valmistaa 30–35 %:n kuiva-ainepitoisuuteen ja se lisätään lietteenä päällystysseokseen. (VTT, 2010.)

Satiinivalkoista käytetään lisäpigmenttinä, jonka osuus harvoin ylittää 30-35 %. Satiinivalkoinen antaa paperille hyvän kiillon. Se nostaa myös paperin vaaleutta ja opasiteettia. Satiinivalkoiselle on saatu kaseiinisideaineen kanssa hyvä päällysteen vedenkestävyys. Huonoa tuotteen käytössä on suuri sideaineen tarve ja sen päällystysseoksen viskositeettia nostava vaikutus. (VTT, 2010.)

### **4.3.7 Alumiinihydroksidi**

Alumiinihydroksidia käytetään lisäpigmenttinä päällystysseoksissa parantamaan päällysteen optisia ominaisuuksia ja lisäämään painovärin absorptiota. Käyttömäärä on noin 10–20 % kokonaispigmenttimäärästä. (VTT, 2010.)

### **4.3.8 Bariumsulfaatti**

Bariumsulfaatti antaa päällysteelle hyvän vaaleuden ja peittokyvyn sekä himmeän pinnan. Bariumsulfaattia käytetään pääasiassa valokuvauspaperien päällystyksessä. (VTT, 2010.)

## 4.4 Päällysteen ominaisuudet

Pastan reologialla tarkoitetaan pastan ominaisuuksia ja käyttäytymistä, kun niihin kohdistuu leikkausvoimia päällystysprosessin eri vaiheissa. Tärkeimmät päällystyspastan ominaisuudet ovat viskositeetti ja vesiretentio eli vedenpidätyskyky. Reologia ja vesiretentio yhdessä vaikuttavat esim. pastan käyttäytymiseen konekierrossa, pastan ajettavuuteen, päällystemäärän hallintaan ja päällysteen rakenteeseen. Reologiaan vaikuttavat:

- hiukkasten koko ja muoto
- hiukkasten pakkautumiskyky ja kokojakauma
- hiukkasten keskinäinen vuorovaikutus
- liukoisten polymeerien määrä ja laatu. (Sokka 2009, 45–49.)

Päällystepastaa tehdessä, että päällystekoneessa kiertävästä pastasta mitataan seuraavat pastaominaisuudet:

- viskositeetti
- lämpötila
- pH
- kuiva-ainepitoisuus eli KAP
- vesiretentio. (Sokka 2009, 55.)

### 4.4.1 Viskositeetti

Päällystyskoneen ajettavuuden kannalta on tärkeää, että hallitaan päällystyspastan virtausominaisuudet (reologia). Päällystyspastan viskositeetti jaetaan kahteen osaan: hydrodynaamiseen ja strukturaaliseen viskositeettiin. Hydrodynaaminen viskositeetti on pigmentin ominaisuus ja strukturaalinen viskositeetti välifaasin ominaisuus. Viskositeettiin vaikuttavat pigmentit, sideaineet, viskositeetin säätöaineet, kuiva-ainepitoisuus, lämpötila ja pH. Viskosimetrillä mitataan päällystepastan viskositeetti. Päällystyspasta on newtoniaalinen, kun sen viskositeetti pysyy vakiona leikkausnopeuden funktiona ja jos pastan viskositeetti laskee leikkausnopeuden kasvaessa, neste on rakenneviskoottinen tai pseudoplastinen. Dilatanttisessa pastassa viskositeetti kasvaa leikkausnopeuden kasvaessa. (Sokka 2009, 45–49.)

#### 4.4.2 Vesiretentio

Vesiretentio kuvaa pastan vedenpidätyskykyä, kun seos on päällystysprosessin aikana kosketuksissa pohjapaperin ja -kartongin kanssa. Vesi poistuu pastasta sitä helpommin, mitä pienempi pastan vesiretentio on. Alhainen vesiretentio voi aiheuttaa pastan liiallisen kuiva-ainepitoisuuden nousun sekä epäedullisen sideainejakauman. Kuiva-aineen noustessa pastan ajettavuus heikentyy, vaikeuttaa päällystemäärän säätöä ja heikentää päällystepinnan rakennetta. (Sokka 2009, 52.)

Liian alhainen vesiretentio heikentää pastan ominaisuuksia ja koostumusta. Sideainevaelluksen myötä päällystepinnan pölyämisherkkyys lisääntyy. Korkea vesiretentio voi huonontaa päällysteen sitoutumista pohjakartonkiin ja vaikeuttaa kuivatusta. Vesirentioon vaikuttavia muuttujia:

- lämpötila
- pigmentit
- sideaineet
- vesirention säätöaineet
- pohjan ominaisuudet. (Sokka 2009, 52.)

Vesirentioon vaikutetaan myös pastan kuiva-ainetasolla. Vesirentio usein mitataan Gredakin staattisella vesirentiomittarilla. (Sokka 2009, 53.)

#### 4.4.3 Kuiva-ainepitoisuus

Pastan kuiva-ainepitoisuudella vaikutetaan lopputuotteen ominaisuuksiin. Korkealla kuiva-ainetasolla saadaan seuraavia ominaisuuksia:

- parempi sileys
- korkeampi kiilto
- parempi peittokyky
- vähemmän laikullisuutta
- vähemmän kuivatusenergiaa ja pienempi sideainetarve. (Sokka 2009, 54.)

Liian korkea kuiva-aine vaikeuttaa ajettavuutta, viirutusherakkyys lisääntyy ja parranmuodostus kasvaa. Liian alhainen kuiva-ainepitoisuus vaikeuttaa profiilinhallintaa, kun

teräpaine jää liian alhaiseksi. Roiskimisriski kasvaa myös kuiva-aineen ollessa liian alhainen. Alhainen kuiva-aine tela-applikointi-päällystyksessä aikaansaa liian vähäiset päällystemäärät. (Sokka 2009, 54.)

#### **4.4.4 Pastan pH**

Pastan pH kuvaa pastan vetyionikonsentraatiota. Päällystepastan pH vaikuttaa stabiilisuuteen, ajettavuuteen ja virtausominaisuuksiin. pH-taso pastalla on yleensä 8...8,5, mutta muutamat lisäaineet ja alkaali paisuvat lateksit vaativat toimiakseen korkeamman pH-arvon (9...10). Liian alhainen taso voi aikaansaada vanaisuutta ja viirutusta. (Sokka 2009, 55.)

#### **4.5 Pastan valmistus**

Pastan suunnittelussa on otettava huomioon painomenetelmän asettamat vaatimukset, paperin ominaisuuksien vaikutus painatukseen, pastan vaikutus paperin ominaisuuksiin ja taloudelliset tekijät. Pastan valmistus aloitetaan lisäämällä pastamixeriin ensin pigmentit (pääpigmentti + lisäpigmentti) joko lietteenä tai kuiva pigmenttijauhe dispergoidaan lietemuodossa olevan toisen pigmentin joukkoon. Seuraavaksi lisätään liukoiset sideaineet ja näiden jälkeen lateksit. Lateksien jälkeen ovat vuorossa lisäaineet, lisävesi ja pH:n säätökemikaali. Osa vedestä on hyvä lisätä jo ensimmäiseksi ennen pigmenttien lisäämistä. Mahdollisesti lisäaineena tarvittava vaahdonestoaine lisätään pigmenttien dispergoinnin yhteydessä. Em. järjestys on ns. normaali lisäysjärjestys. Joissakin tapauksissa tietyt kemikaalit tai pigmentit (esim. kipsi) muuttavat em. lisäysjärjestyksen. Päällystepastan tekemiseen on muutama vaihtoehto: panos- ja jatkuvatoiminen pastanvalmistus. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, 2005, 190.; VTT, 2009.; Sokka, 2009, 59.)

### Aineiden lisäämisjärjestys pastan teossa

1. Vesi + dispergointiaine
2. Pääpigmentit
3. Apupigmentit
4. Kuumat sideaineet
5. Lateksi
6. Apuaineet
7. KAP säätö (TAMK, Paperilaboratorion työohje, 2010.)

## 5 POHJAPAPERIN OMINAISUUDET

### 5.1 Pohjapaperin ominaisuudet pintaliimauksessa

Paperin kosteuden ollessa 5-6 % saavutetaan optimaalinen liiman imeytyminen paperiin. Yleensä kostempaan paperiin imeytyy vähemmän liimaa. Paperi ajetaan ylikuivana (2-3 %) liimapuristimeen, jos paperilla on huono poikkisuuntainen kosteusprofiili. Tasaisen laadun saavuttamiseksi on välttämätöntä hallita kosteustaso ja vaihtelut koneen pituus- ja poikkisuunnassa. Paperilaji joka sisältää mekaanista massaa ajetaan yleensä liimapuristimeen tavallista kostempana (7-10 %). (VTT, 2010.)

Paperin karheus ja huokoisuus vaikuttavat paperiin jäävään liimamäärään. Karheutta ja huokoisuutta ei voida kuitenkaan käyttää liimauksen hallintasuureina, sillä muut laatuvaatimukset määräävät karheus- ja huokoisuustason. Pintavärjäyksen toispuolisuus voi aiheutua karheuden ja huokoisuuden aiheuttamissa imeytymiseroissa. (VTT, 2010.)

### 5.2 Pohjapaperin ominaisuudet päällystyksessä

Pohjapaperin pohja vaikuttaa suoraan opasiteettiin ja vaaleuteen sekä veto- ja repäisyjuuteen lopputuotteessa. Päällystysvaiheessa pohjapaperi vaikuttaa päällystetyn paperin kiiltoon, sileyteen, absorptioon ja kokoonpuristuvuuteen. Kalanteroidessa pohja vaikuttaa myös lopputuotteen kiiltoon ja painojäljen tasaisuuteen. (Sokka, 2009, 6.)

Pohjapaperin alhaisilla neliömassoilla on erittäin suuri merkitys painopinnan muodostumiseen. Pohjapaperin osuus alhaisilla neliömassoilla on noin 70–80 % painosta. Havukuitusellua lisätään lujuusvaatimusten takia, jonka vuoksi paperin kuituverkko muuttuu harvemmaksi ja suurihuokoisemmaksi. Pohjarainan huokos-koko ja huokoisuuden hajonta kasvaa, jos kyseessä olevia koloja pystytään täyttämään riittävästi hieno- ja täyteaineilla. (Sokka, 2009, 6.)

Alhaisilla päällystemäärillä huono kokoonpuristuvuus heikentää päällystysterän alla olevan pohjapaperin peittokykyä. Päällystyspasta ei kykene täyttämään pohjan karheustilavuutta ja siksi päällysteen peittokyky jää alhaiseksi. (Sokka, 2009, 7.)

Pohjapaperin absorptiokyky vaikuttaa päällystysprosessissa päällystemäärään, päällystemäärän jakaumaan, sen rakenteeseen ja lopputuotteen ominaisuuksiin. Tasainen täyte- ja hienoainejakauma pohjapaperin pinnalla aikaansaavat hitaan absorptiionopeuden. Päällystekerrokseen syntyy huokoisuusvaihtelua päällystepastan asettuessa liian nopeasti. Etenkin korkeilla päällystemäärillä tämä aikaansaa takaisinsiirtymälaikeisuutta. (Sokka, 2009, 9.)

Pastan vesifaasin absorptio alkaa välittömästi pohjapaperin pastan tullessa kosketuksiin toistensa kanssa ja se jatkuu edelleen aina kuivatukseen loppuun. pohjapaperin vedenabsorptiokyvyn ollessa sopiva, rainaan sitoutuu päällystettä pastan sideaineiden avulla. Tällöin pohjapaperin pinnalle jää suurin osa päällysteestä eikä sitä joudu liikaa pohjapaperiin. (Sokka, 2009, 9.)

Liian suuri absorptio saattaa johtaa liian suuriin päällystemääriin johtuen pastan liiallisesta imeytymisestä pohjapaperiin ennen kuivatusta. Epätasainen absorptio pohjapaperissa aiheuttaa päällysteen sideaineiden epätasaisen jakautumisen ja siitä johtuen painojäljestä tulee helposti laikukas. (Sokka, 2009, 9.)

Paperin z-suunnassa materiaali-jakaumat vaikuttavat paperin toispuoleisuuteen ja palstautumislujuteen. (Sokka, 2009, 7.)

Pohjapaperin huokoisuuteen ja karheuteen vaikutetaan raaka-aineilla, jauhatuksella, vedenpoistolla, märkäpuristuksella ja kalanteroinnilla. Pintaliimaus voidaan tasoittaa absorptioeroja ja näin vähentää laikullisuutta. (Sokka, 2009, 7.)

Huokosten tortuositeetti (huokosen todellisen pituuden suhde sen projisoituun pituuteen), kokojakauma, divergoituvuus (laajenevat huokokset) ja konvergoituvuus (suppevat huokokset) vaikuttavat nesteiden imeytymiseen. Pohjapaperin huokosten ollessa suurempia kuin pastan hiukkaskoko, täytyy peittokyvyn saavuttamiseksi estää pohjan huokosiin tunkeutuvat pastan komponentit. (Sokka, 2009, 7.)

Pohjapaperin huokosten halkaisijan ollessa suuri verrattuna partikkelin halkaisijaan, partikkelit pääsevät vapaasti huokoseen ja pohjapaperin sisään. Huokosten halkaisijan ollessa pieni partikkelit muodostavat niin sanotun ”sillan” huokosten päälle. Tämä johtuu partikkelien välisestä kitkasta ja leikkausvirtojen profiilista. (Sokka, 2009, 8.)



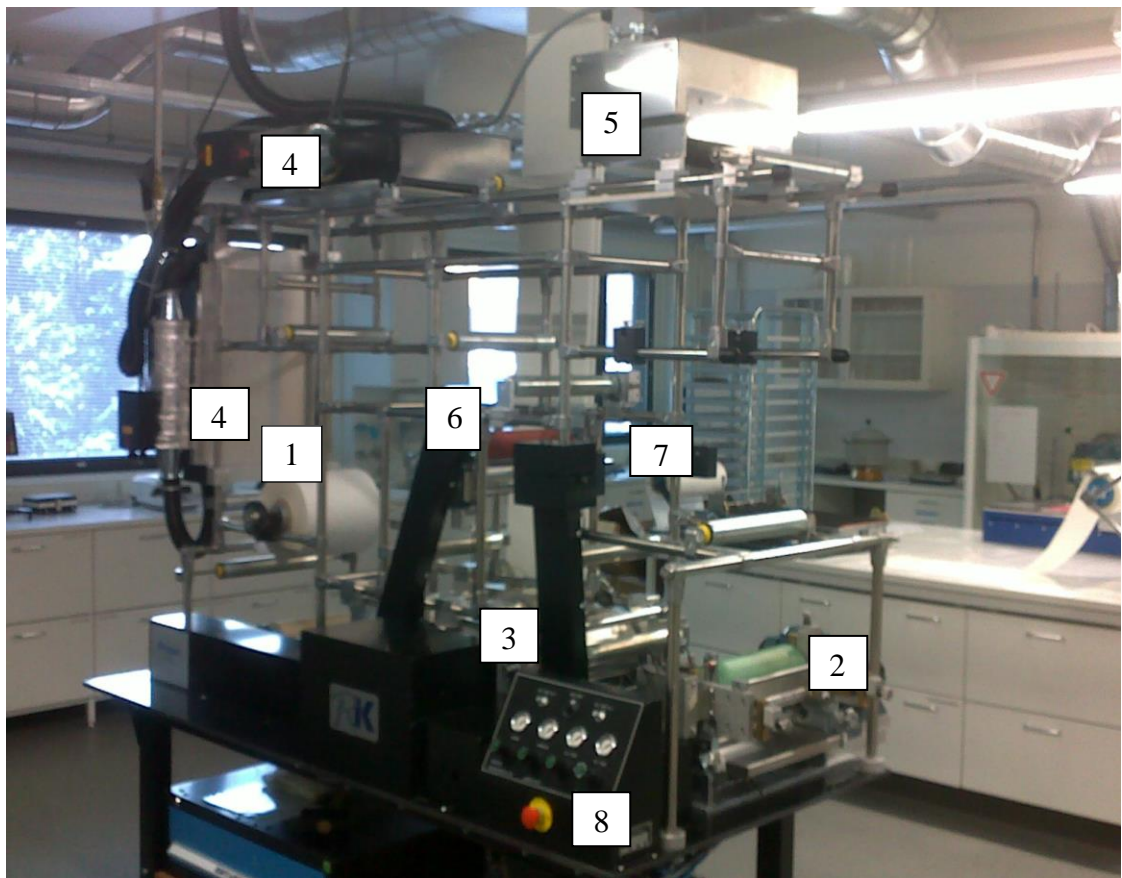
Siltamuodostelma estää pienempien partikkeleiden pääsyn huokoseen. Silta muodostuu partikkelista jos huokosen halkaisija on vähemmän kuin 2-3 kertaa partikkelin halkaisija. Partikkeli on muodoltaan pallomainen. Siltamuodostelmalla voidaan selittää, miksi korkean kuiva-aineen omaava pasta pysyy paperin pinnalla paremmin ja omaa myös paremman peittokyvyn. Myös painettu ja painamaton kiilto sekä sileys paranevat. (Sokka, 2009, 8.)

Paperin huokoskoon on oltava pieni, pastan kuiva-ainepitoisuuden suuri, jotta pastan partikkelit eivät imeytyisi pohjapaperiin. Paperin huokoskoon pienentyminen hidastaa nesteen tunkeutumista. Huokoskootta voidaan pienentää massan jauhatustason nostolla, lisäksi kalanterointi voi pienentää huokoskokoa. (Sokka, 2009, 8.)

## 6 RK-COATERIN RAKENNE

### 6.1 RK-coater

Tampereen ammattikorkeakoulun paperitekniikan laboratorion RK-coater koostuu monesta osasta, jotka esitetään kuvassa 1. RK-coaterilla voidaan päällystää, pintaliimata, painaa tai laminoida paperia.



KUVA 1. RK-coater

1. aukirullain
2. pintaliimaus/päällystysyksikkö
3. sylinterikuivatin
4. puhalluskuivatin
5. infrapunakuivatin
6. laminaattori
7. kiinnirullain
8. ohjauspöytä

## 6.2 Ohjauspöytä

Koneen nopeutta säädetään painikkeella (Main Drive), kiinnirullauksen painetta (Rewind), teräpainetta (päällystys) ja nippipainetta (pintaliimaus) (No. 1 Head) sekä laminaattorin painetta (Laminator) ja laminaattorin lisäpainetta (No. 2 Head). Kaikissa näissä on omat säätimet sekä mittauksen näyttö. Punaisella hätäseis painikkeella koneesta voidaan sammuttaa virta vaaratilanteessa. Kuvassa 2 esitetään RK-coaterin ohjauspöytä. (Pinteco, 2010.)



KUVA 2. RK-coaterin ohjauspöytä

## 6.3 Ohjauskaappi

Kuivatusosia (IR-lamppuja, päällepuhallus, sylinterikuivatus) säädetään ohjauskaapin kytkimistä. Infrapunalamppuja on viisi kappaletta ja niiden teho on 1,5 kW. IR-lampuissa ei ole lämpötilan säätöä, joten niitä pidetään tarvittaessa päällä. IR-lamput on kytketty paperirainan nopeuden mittaukseen niin, että ne sammuvat heti nopeuden mittauksen mennessä nolliin. Jos paperiraina katkeaa, lamput sammuvat turvallisuussyistä,

eivätkä ne syty, ennen kuin paperi kulkee koneessa. Päälepuhalluksia on kaksi yksikköä ja näiden puhallettavan ilman lämpötilaa säädetään ohjauskaapista. (Pinteco, 2010.)

Ohjauskaappi sisältää myös sähkölämmitteisten sylinterikuivaimien säädön. sylinterikuivaimia on kaksi yksikköä ja näissä on lämpötilan säätö. Vakio lämpötila on 60° C. Opinnäytetyötä tehdessä telakuivaimia käytettiin pintaliimauksen kuivatuksessa, kun taas päällystyksessä niitä ei käytetty. (Pinteco, 2011.)

Ohjauskaapista kytketään koneen molempiin moottoreihin sähkö. Päämoottorille on oma päälle/pois-kytkinpari, jonka vieressä on rainan nopeuden mittauksen näyttö. Toinen kytkinpari on pastan applikointitelaa pyörittävälle moottorille ja tämän kytkimen vieressä on applikointitelan nopeuden mittauksen näyttö. Applikointitelan nopeuden säätö on Sunday Drive- ja Speed Ratio -kytkimillä. Kuvassa 3 esitetään ohjauskaappi. (Pinteco, 2011.)

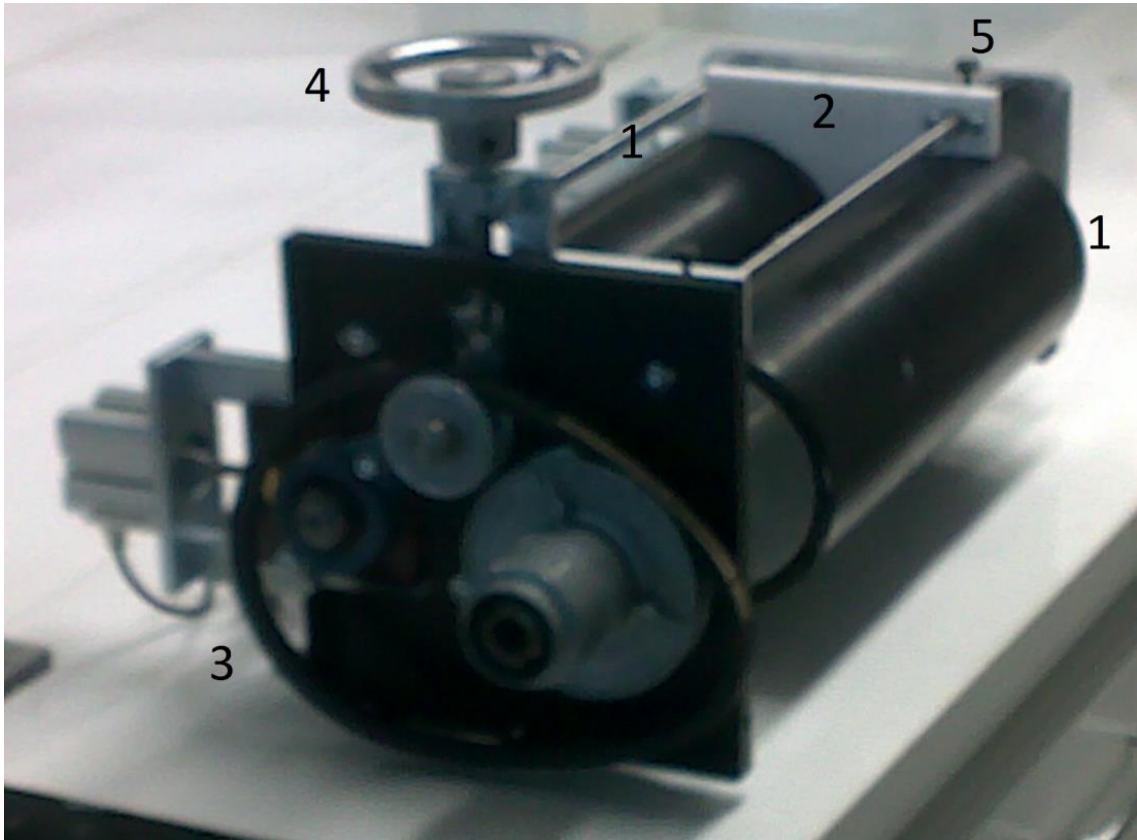


KUVA 3. Ohjauskaappi

1. päämoottorin käyttö ja rainanopeuden näyttö.
2. applikointitilan käyttö, nopeussuhteen säätö ja nopeuden näyttö.
3. puhalluskuivattimien käytöt, säädöt ja lämpötilan näytöt.
4. IR-kuivattimien On/Off kytkimet.
5. sylinterikuivattimien käytöt, säädöt ja lämpötilan näytöt.
6. päävirta painike
7. hätäseis painike

#### 6.4 Lammikkoliimapuristin

Lammikkoliimapuristin koostuu kahdesta kumipäällysteisestä telasta, liimakaukalon seinästä, jotka pitävät telojen kanssa liimalammikon telojen välissä. Lisäksi pintaliimausyksikkö koostuu hihnasta, jolla vaikutetaan telojen eriaikaiseen pyörimistähtiin. Hihnalle on vielä oma kiristinosa. Kuvassa 4 esitetään lammikkoliimapuristin.



KUVA 4. Lammikkoliimapuristinyksikkö

1. kumitelat (kova)
2. liimakaukalon seinämä
3. vetohihna
4. hihnan kiristin
5. liimakaukaloseinämän kiristin

## 7 LAMMIKKOLIIMAPURISTIMEN KÄYTTÖNOTTO

Tässä luvussa esitetään paperirainan vienti lammikkoliimapuristinta käytettäessä. Lisäksi esitetään hyväksi todettuja RK-coaterin säätöjä. Ajoparametreja muutettiin ajamalla RK-coaterilla pintaliimausajoja. Tällä tavoin tutkittiin ajoparametreja ja löydettiin sopivia säätöjä hallittuun ajotapahtumaan RK-coaterilla. Ajotapahtumat esitetään ajopäiväkirjassa (liite 1.).

### 7.1 Paperiradanvienti

Kuvassa 5 esitetään pintaliimattavan paperinrainan vienti. Seuraavissa alaluvuissa esitetään RK-coaterin osat siinä järjestyksessä kuin rainan vienti tapahtuu.



KUVA 5. Paperirainan vienti pintaliimauksessa

## 7.2 Aukirullaus

Pintaliimattava paperirulla asetetaan aukirullaustelaan. Aukirullaustelasta paperiraina viedään koneen läpi kiinnirullaukseen. Aukirullaintelassa on mekaaninen jarru, jolla säädetään rainan kireyttä. Jarrun säätö tapahtuu joko kiristämällä tai löysäämällä ruuvia, joka sijaitsee aukirullaustelan päässä.

## 7.3 Lammikkoliimapuristinyksikkö

Paperiraina tulee ylhäältä alas lammikkoliimapuristimen nipin välistä ohjaintelalle, josta paperiraina viedään sylinterikuivatukseen. Lammikkoliimanpuristimen nippipaineina käytettiin 1-3 bar. Nippipaineen säätö tapahtuu ohjainpöydästä pyörittämällä No. 1 Head-painiketta. Nipin telat pyörivät paperiradan avustamana. Lammikkoliimapuristimen teloille on oma käyttö, joka ohitettiin poistamalla teloja pyörittävä hihna. Hihna aiheutti rainan siirtymistä poikkisuuntaisesti ohjauspöydästä katsottuna pois päin ja tämä johti ratakatkoihin. Lammikkoliimapuristimen asennusohjeet löytyvät liitteestä 2.

## 7.4 Sylinterikuivaimet

Sylinterikuivatukseen kuuluu neljä sylinteriä, joiden lämpötilaa säädetään ohjainkaapista. Paperiraina ohjataan ensimmäisen sylinterin yli ja seuraavan ali jne. Koeajojen lämpötilana oli 60° C.

## 7.5 Puhalluskuivaimet

Puhalluskuivattimet koostuvat kahdesta yksiköstä, joiden läpi paperiraina viedään infra-kuivatukseen. Puhalluskuivattimien lämpötilana käytettiin 90° C ja niiden säätö tapahtuu ohjauskaapista.



## **7.6 Infrakuivain**

Paperiraina viedään infrakuivaimen läpi, missä on 5 infrakuivain lamppua. Koeajojen aikana käytettiin useasti vain kahta lamppua. Ajonopeuden kasvaessa kannattaa lamppujen määrä myös lisätä. Infrakuivain lamppujen On/Off-kytkimet löytyvät ohjauskaapista.

## **7.7 Laminaattori**

Infrakuivaimen jälkeen paperiraina ohjataan muutaman telan kautta telalle joka mittaa rainan nopeuden. Paperirainan nopeutta säädetään ohjauspöydästä ajovaihteella ja kiinnirullauksen painevaihtelu voi myös vaikuttaa ajonopeuteen. Sitten paperiraina viedään laminaattorin alla olevan telan kautta kiinnirullaukseen. Laminaattoria ei käytetty koeajojen aikana. Laminaattorin säätö tapahtuu ohjauspöydästä.

## **7.8 Kiinnirullain**

Kiinnirullauksessa paperi rullataan hylsyn ympärille. Kiinnirullauksen painetta säädetään ohjauspöydästä, joka vaikuttaa rainan kireyteen ja joissakin tapauksissa myös ajonopeuteen. Koeajojen aikana kiinnirullauksen paine sijoittui 2-3 bar välille.

## 8 TULOSTEN KÄSITTELY

### 8.1 Pintaliimaus

Pintaliimana käytettiin tärkkelystä (Raisamyl), CMC:tä (Finnfix 5) ja niistä tehtyjä sekoituksia. Liima valmistettiin keittämällä kattilassa vettä, jonka jälkeen lisättiin pintaliima-aineita sekoittaen hitaasti kattilaan. Pintaliima-aineiden liukenemisen jälkeen pintaliimasta otettiin näyte joka testattiin ja tarpeen vaatiessa lisättiin vettä, jotta saataisiin haluttu viskositeetti. Keittämisen jälkeen odotettiin että lämpötila laskisi 50-60° C:een, jonka jälkeen testattiin pintaliiman viskositeetti (Brookfield. spindel 4), vesiretentio (Tappi Standard Method) ja kuiva-ainepitoisuus (HB43-S, Mettler Toledo).

Pintaliimoja tehtiin useita erilaisia ja koeajettiin lammikkoliimapuristimella. Useiden koeajojen jälkeen löydettiin sopivat liiman ominaisuudet ja ajoparametrit millä ajotahtuma oli hallittavissa.

Huomattiin että CMC:n ja veden sekoitus toimi vain kun kuiva-ainepitoisuus oli 7-9 % . Tärkkelyksen ja veden muodostama pintaliima toimi kun laskettiin pintaliiman lämpötilaa 30-40° C:een ja kuiva-ainepitoisuus oli 17–20 % . Tärkkelyksen, CMC:n ja veden muodostama pintaliima huomattiin toimivan parhaiten lammikkoliimapuristimessa.

Pohjapapereiden neliömassa olivat 44 g/m<sup>2</sup> (ajot 1-3) ja 56 g/m<sup>2</sup> (ajot 4-15). Liiman määräksi tavoiteltiin 2 g/m<sup>2</sup> molemmin puolin.

Ajosten 1-3 pintaliimana käytettiin Finnfixin CMC 5:sta (130 g), Raisamylin tärkkelystä (210 g) ja veden sekoitusta. Pintaliiman viskositeetti oli 510 mPas, vesiretentio 45 g/m<sup>2</sup>, kuiva-ainepitoisuus 14,7 % ja lämpötila 50-60° C. Ajoparametrit esitetään liitteessä 1, ainoat erot ajoparametrien välillä olivat nippipaineissa. Pohjapaperin neliömassa oli 44 g/m<sup>2</sup>. Pintaliimatun paperin pintaliimamäärä esitetään taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Pintaliimatun (CMC+Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)

<b>Pintaliimatun (CMC+Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Näyte</b>	<b>Ajo 2</b>	<b>Ajo 3</b>
1	7,07	5,55
2	5,88	5,67
3	6,99	4,01
4	6,12	5,06
5	6,20	4,97
6	6,01	4,36
7	6,27	6,21
8	6,35	5,25
<b>keskiarvo</b>	<b>6,5</b>	<b>5,1</b>

Ensimmäisessä koeajossa nippipaine oli 1 bar, mikä johti siihen että pohjapaperin pintaan siirtyi liian paljon pintaliimaa, minkä takia kiinnirullauksessa paperikerrokset liimautuivat toisiinsa kiinni. Toisessa ja kolmannessa koeajossa nippipainetta korotettiin, aluksi nippipaine oli 2 bar ja lopuksi 3 bar. Kolmannen koeajon pintaliiman kertymä pohjapaperiin oli pienempi kuin koeajo kahdessa, koska nippipaine oli suurempi. Nippipainetta korotettaessa liima pyrkii tunkeutumaan pohjapaperiin ja liiman määrä paperin pinnassa pienenee. Pintaliiman määräksi saatiin ajo kahdessa noin 3 g/m<sup>2</sup> puoli ja kolmannessa koeajossa noin 2,5 g/m<sup>2</sup> puoli.

Ajojen 4 ja 5 pintaliimana käytettiin Finnfixin CMC 5:sta (130 g), Raisamylin tärkkelystä (210 g) ja veden sekoitusta. Pintaliiman viskositeetti oli 510 mPas, vesiretentio 45 g/m<sup>2</sup>, kuiva-ainepitoisuus 14,7 % ja lämpötila 50-60° C. Ajoparametrit esitetään liitteessä 1. Ainoat erot ajoparametrien välillä olivat nippipaineissa. Ajot 4 ja 5 eroavat ajoista 1-3 siten että ajonopeutta nostettiin ja kuivatusta tehostettiin ajoihin 4 ja 5. Pohjapaperin neliömassa oli 56 g/m<sup>2</sup>. Taulukossa 2 esitetään pintaliimatun paperin pintaliimamäärä.

TAULUKKO 2. Pintaliimatun (CMC+Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)

<b>Pintaliimatun (CMC+Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>näyte</b>	<b>Ajo 4</b>	<b>Ajo 5</b>
1	6,19	6,74
2	6,27	7,43
3	6,35	7,09
4	6,79	7,03
5	7,58	6,61
6	7,48	7,91
7	7,55	6,62
8	6,70	6,66
<b>keskiarvo</b>	<b>6,9</b>	<b>7,0</b>

Ajo 4:ssä nippipaine oli 3 bar ja ajo 3:ssa 2 bar. Nippipaineen vaihtelu ei tuonut merkittävää eroa neliömassoihin, kun taas pohjapaperin vaihtaminen neliömassaltaan painavampaan aiheutti sen että ajotapahtuma oli hallitumpi suuremmilla ajonopeuksilla. Ajojen 4 ja 5 pintaliiman määrä on suurempi kuin ajojen 2 ja 3, koska ajonopeus on suurempi ja kuivatusaika on lyhyempi. Pintaliiman määräksi saatiin ajo neljään ja viiteen noin 3,5 g/m<sup>2</sup> puoli.

Ajojen 6 ja 7 pintaliimana käytettiin Finnfixin CMC 5:sta ja veden sekoitusta. Pintaliiman viskositeetti oli 710 mPas, vesiretentio 38 g/m<sup>2</sup>, kuiva-ainepitoisuus 7,5 % ja lämpötila 50-60° C . Ajojen 6 ja 7 ajoparametrien ainoa ero oli nippipaine, jonka arvo oli ajo 6:ssa 2 bar ja ajo 7:ssä 3 bar. Ajojen 6 ja 7 muut ajoparametrit esitetään liitteessä 1. Pintaliimatun paperin pintaliimamäärä esitetään taulukossa 3. Pohjapaperin neliömassa oli 56 g/m<sup>2</sup>.

TAULUKKO 3. Pintaliimatun (CMC) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)

<b>Pintaliimatun(CMC) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Näyte</b>	<b>Ajo 6</b>	<b>Ajo 7</b>
1	3,09	3,21
2	3,93	4,11
3	3,65	4,18
4	3,40	4,45
5	3,94	3,51
6	3,82	3,67
7	3,77	3,76
8	3,94	3,99
<b>Keskiarvo</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>

Ajo 7:n neliömassa on suurempi, mutta nippipaineiden 2 ja 3 bar aiheuttamat neliömassa vaihtelut ovat käytännössä merkityksettömiä. Ajojen 6 ja 7 ajotapahtuma toimi hyvin. Pintaliiman määräksi saatiin alle 2 g/m<sup>2</sup> puoli ajossa 6 ja 7.

Ajojen 8 ja 9 pintaliimana käytettiin Finnfixin CMC 5:sta (130 g), Raisamylin tärkkelystä (210 g) ja veden sekoitusta. Pintaliiman viskositeetti oli 760 mPas, vesiretentio 53 g/m<sup>2</sup>, kuiva-ainepitoisuus 14,8 % ja lämpötila 50-60° C. Ajo 10:nen pintaliimaan lisättiin hieman vettä, jolloin sen viskositeetti oli 710 mPas, vesirention 47 g/m<sup>2</sup> ja kuiva-ainepitoisuuden 14,1 %. Ajoparametrit esitetään liitteessä 1. Pintaliimatun paperin pintaliimamäärä esitetään taulukossa 4. Pohjapaperin neliömassa oli 56 g/m<sup>2</sup>.

TAULUKKO 4. Pintaliimatun (CMC+Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)

<b>Pintaliimatun(CMC+Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä (g/m<sup>2</sup>)</b>			
<b>Näyte</b>	<b>Ajo 8</b>	<b>Ajo 9</b>	<b>ajo 10</b>
1	6,21	5,09	5,30
2	6,75	6,01	5,68
3	5,56	5,96	6,22
4	5,84	5,99	5,74
5	6,47	6,26	6,26
6	6,82	5,51	5,96
7	5,66	5,70	5,91
8	6,15	5,48	6,15
<b>Keskiarvo</b>	<b>6,2</b>	<b>5,8</b>	<b>5,9</b>

Nippipaineiden vaihtelut eivät tuoneet suurta muutosta pintaliimatun paperin neliömassoihin. Pintaliiman kuiva-ainepitoisuuden laskiessa kuivatuksen tarve kasvaa. Ajot 11 ja 12 eivät kuivuneet tarpeeksi ennen kiinnirullausta, vaan se johti siihen että paperikerrokset kiinnirullauksessa liimautuivat yhteen. Ajojen 8-10 ajotapahtumat toimivat hyvin ja olivat hallittavissa. Ajoissa 11 ja 12 ajonopeudet olivat liian suuret kuivatustehoon nähden. Ajojen 8-10 pintaliiman määräksi saatiin noin 3 g/m<sup>2</sup> puoli.

Ajojen 13, 14 ja 15 pintaliimana käytettiin tärkkelyksen (raisamyl) ja veden sekoitusta. Pintaliiman viskositeetti oli 63 mPas, vesiretentio  $66 \text{ g/m}^2$ , kuiva-ainepitoisuus 18,7 % ja lämpötila  $30\text{-}40^\circ \text{C}$ . Ajojen 13, 14 ja 15 ajoparametrit esitetään liitteessä 1. Ajot eroavat vain nippipaineen suhteen. Pohjapaperin neliömassa oli  $56 \text{ g/m}^2$ . Taulukossa 5 esitetään tärkkelyksellä pintaliimatun paperin pintaliimamäärä.

TAULUKKO 5. Pintaliimatun (Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä ( $\text{g/m}^2$ )

<b>Pintaliimatun(Tärkkelys) paperin pintaliimamäärä (<math>\text{g/m}^2</math>)</b>			
<b>Näyte</b>	<b>Ajo 13</b>	<b>Ajo 14</b>	<b>ajo 15</b>
1	4,24	3,58	3,58
2	4,08	3,01	3,73
3	4,88	4,18	3,41
4	4,36	3,86	3,28
5	4,53	3,92	4,01
6	4,02	3,54	3,57
7	4,20	3,43	4,27
8	4,83	3,58	3,78
<b>Keskiarvo</b>	<b>4,39</b>	<b>3,63</b>	<b>3,70</b>

Nippipaineiden muutokset eivät tuoneet suurta eroa pintaliima määrän suhteen ajojen 14 ja 15 välillä. Ajo 13:ssa nippipaine oli 1 bar ja siinä pintaliima jäi enemmän pohjapaperin pintaan kuin ajoissa 14 ja 15, joihin pintaliima siirtyi tiiviimmin. Pelkällä tärkkelyksellä ajaessa lämpötilan täytyy olla alhaisempi, jotta liiman viskositeetti nousisi. Tärkkelystä pelkästään käytettäessä pintaliimana sitä sotkeutuu useisiin koneen osiin. Pintaliiman määräksi ajo 13:een saatiin yli  $2 \text{ g/m}^2$  puoli ja ajojen 14 ja 15 pintaliiman määräksi saatiin alle  $2 \text{ g/m}^2$  puoli.

Alla olevassa kuvassa 6 on tärkkelyksellä pintaliimattu paperi. RK-coaterin lammikko-liimapuristinta käytettäessä rypyttäminen on ongelma ja eikä sitä pystytä kokonaan poistamaan.



KUVA 6. Tärkkelyksellä pintaliimattu paperi (40x30)

Yllä olevan kuvan yläosassa näkyy vekki, joka syntyy konesuuntaisesti. Sama kuvio toistuu jatkuvana.



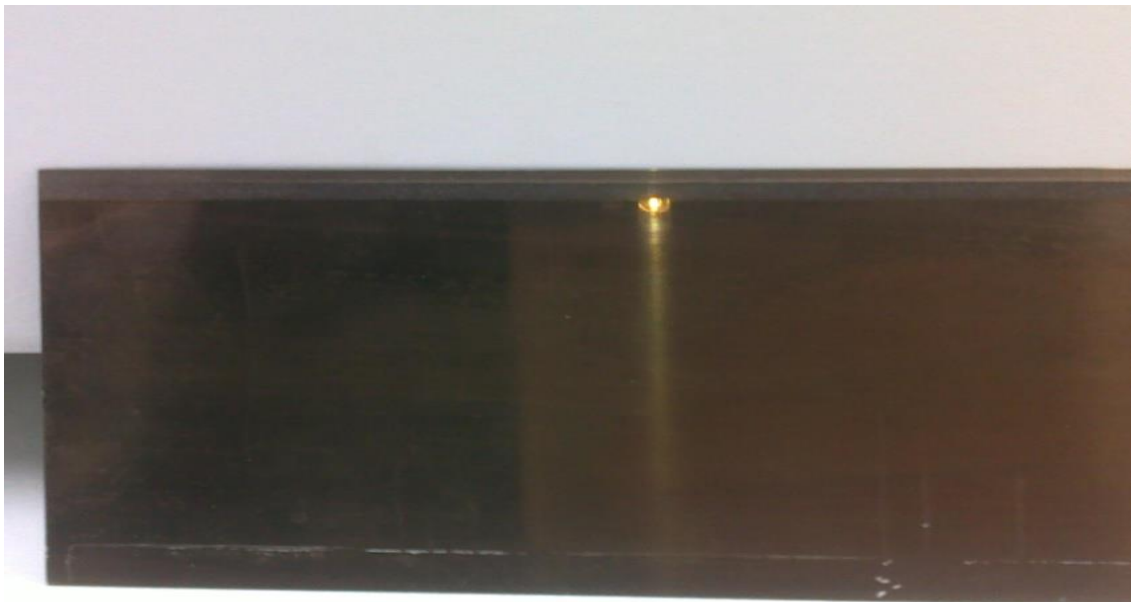
## 8.2 Päälystysterien vertailu

Päälystysyksikön kaavinterien vertailu tehtiin viidellä eri terällä. Päälystysterien vertailussa käytettiin Vuorelan ja Muikun opinnäytetyössä hyväksi todettuja ajoparametreja ja päälysteajoissa käytettiin ainoastaan yhtä pastareseptiä. Alla olevassa taulukossa 6 esitetään kaavinterien mitat. (Vuorela, Muikku, 2011.)

TAULUKKO 6. Kaavinterien mitat

<b>Kaavinterä</b>	<b>pituus (mm)</b>	<b>paksuus (mm)</b>	<b>viisteen pituus (mm)</b>	<b>viisteen paksuus (mm)</b>
<b>nyk. terä</b>	40	0,14	1,50	0,070
<b>varaterä</b>	50	0,20	-	-
<b>terä 1</b>	50	0,15	1,50	0,075
<b>terä 2</b>	50	0,15	2,25	0,065
<b>terä 3</b>	50	0,15	1,50	0,075

Terien 1-3 tiedot perustuvat valmistajan (CPG) ilmoittamiin tietoihin. Nykyisen terän ja varaterän mitat mitattiin koulun paperitekniiikan laboratoriossa. Alla olevassa kuvassa esitetään terä 3.



KUVA 7. Terä 3

Pastareseptin pääpigmenttinä käytettiin Imeryksen Supragloss 95 kaoliinia ja apupigmenttinä Omyan Hydrocarb 90 F kalsiumkarbonaattia. Pastan sideaineina toimivat Latexian Rhodopas SB-lateksi ja CMC (finfix 30). Kemiran Fennodispo A 41 dispergointi-ainetta käytettiin apuaineena. Opinnäytetyössä käytetty pastaresepti esitetään liitteessä 3.

Pastanvalmistuksen jälkeen mitattiin viskositeetti, vesiretentio ja kuiva-ainepitoisuus. Viskositeetti oli 1860 mPas. Kuiva-ainepitoisuus oli 60 % ja vesiretentio 53 g/m<sup>2</sup>.

Koeajoissa käytettiin viittä eri päällystysterää (nykyinen ja neljä uutta), joita vertailtiin käyttämällä RK-coaterissa samoja ajoparametreja ja yhtä pastareseptiä. Ajojen jälkeen mitattiin näytteistä neliömassat, optiset ominaisuudet, kiilto, sileys, paksuus ja vesiabsorptio. Ajoparametrit esitetään liitteessä 4. Ajoparametreissa vaihdeltiin nippipainetta, joka vaikuttaa teräkulmaan, lisäksi terän asentoa ja kuivatuksessa infrakuivainten määrää muuteltiin.

Alla olevassa taulukossa 7 esitetään päällystetyn pohjapaperin neliömassat. Päällystemääräksi tavoiteltiin arvoja, jotka eivät nousisi yli 15 g/m<sup>2</sup>. Pohjapaperin neliömassa on noin 60 g/m<sup>2</sup>. Ajoissa 1-3 terän etäisyydeksi vastatelasta asetettiin 9 mm ja ajoissa 4-6 8,7 mm. Teräpainetta muuttaessa mitattiin teräkulma. Teräkulmien arvoiksi saatiin 29,8-14 astetta.

TAULUKKO 7. Päällystetyn pohjapaperin päällystemäärä

Päällystemäärä (g/m <sup>2</sup> )					
Ajo	nyk. terä	varaterä	terä 1	terä 2	terä 3
1	10,5	22,4	13,4	10,4	11,9
2	11,1	14,8	-	10,9	12,2
3	11,3	43,0	-	18,3	29,3
4	-	31,3	43,7	11,6	24,9
5	43,7	25,3	38,3	28,7	22,9
6	47,3	25,7	43,3	50,6	27,1

Taulukon 7 arvot monessa sarakkeessa nousevat yli tavoitellun arvon (15 g/m<sup>2</sup>). Terän etäisyyden ollessa 8,7 mm, on se liian lähellä vastatelaa, jolloin painetta lisättäessä kaa-

vinterä taipuu yli ja terän viiste ei tule käyttöön. Sama ongelma toistuu myös varaterälä ja terä 3:lla, kun terän etäisyys on 9 mm. Terä 2:ta voi myös käyttää terän etäisyyden ollessa 8,7 mm, mutta teräpaineen tulee olla alle 2 bar. Nykyisen terän ajo 4 ja terän yksi ajojen 2 ja 3 neliömassoja ei esitetä taulukossa, koska ne olivat visuaalisesti tarkastettuina jo todella huonolaatuisia ja ne hylättiin. Kuvassa 8 esitetään ajo kahden ajoparametreilla tehty päällystystapahtuma, jossa käytettiin terää 1.



KUVA 8. Hylätty näyte(terä 1, ajo 2)

Kuvassa 8 oleva näyte hylättiin, koska se on käyrästynyt poikkisuuntaisesti (kuvassa 8 vaakataso). Tämä johtuu liian suuresta päällystemäärästä. Lisäksi näytteen päällystepinta hilseilee.

Kuvassa 9 esitetään näyte, joka sisältää noin  $11 \text{ g/m}^2$  päällystettä. Näytteessä käytettiin ajo 2:n ajoparametreja ja teränä toimi terä 2.



KUVA 9. Onnistunut näyte

Yllä olevan kuvan näytteessä ei ole poikkisuuntaista käyristämistä, eikä päällyste hilseile ja viiruja ei esiinny päällysteen pinnassa.

Taulukossa 8 esitetään päällystetyn paperin paksuus. Pohjapaperin paksuus oli 73,02 µm.

TAULUKKO 8. Päällystetyn paperin paksuus

<b>Paksuus (µm)</b>					
<b>Ajo</b>	<b>nyk. terä</b>	<b>varaterä</b>	<b>terä 1</b>	<b>terä 2</b>	<b>terä 3</b>
<b>1</b>	77,74	87,82	80,4	77,43	75,88
<b>2</b>	78,14	81,55	-	77,93	78,23
<b>3</b>	78,01	102,48	-	83	91,366
<b>4</b>	-	93,51	102,4	78,53	88,083
<b>5</b>	102,8	90,74	98,7	96,81	86,53
<b>6</b>	107,22	90,7	101,8	106,9	89,53

Päällystemäärän kasvaessa myös paksuus kasvaa. Päällystetyn paperin paksuuteen voidaan vaikuttaa kalanteroinnilla. Kalanterointi aiheuttaa päällysteen tiivistymisen eli paksuus pienenee.

Taulukossa 9 esitetään päällystetyn paperin opasiteetti. Opasiteetti tarkoittaa läpinäky-mättömyyttä, joka esitetään prosentuaalisesti. Pohjapaperin opasiteetti oli 69,6 %.

TAULUKKO 9. Päällystetyn paperin opasiteetti

<b>Opasiteetti (%)</b>					
<b>Ajo</b>	<b>nyk. terä</b>	<b>varaterä</b>	<b>terä 1</b>	<b>terä 2</b>	<b>terä 3</b>
<b>1</b>	82,14	90,24	84,14	82,58	83,13
<b>2</b>	83,43	85,54		82,86	82,84
<b>3</b>	81,86	93,9		86,98	89,6
<b>4</b>		91,96	93,49	82,42	88,36
<b>5</b>	93,84	90,38	92,24	85,56	87,55
<b>6</b>	95,09	90,43	93,2	94,84	89,5

Päällystetyn paperin opasiteetti kasvaa päällystemäärän kasvaessa eli valoa pääsee vähemmän paperin läpi.

Taulukossa 10 esitetään päällystetyn paperin kiilto. Paperin kiilto on sen kyky heijastaa tuleva valo samassa kulmassa, jossa se osuu paperiin. Mittauskulmana oli  $75^\circ$  paperin pintaan nähden. Pohjapaperin kiilto oli  $8,7^\circ$ .

TAULUKKO 10. Päällystetyn paperin kiilto

Kiilto ( $75^\circ$ )										
	nyk. terä		varaterä		terä 1		terä 2		terä 3	
Ajo	ks.	ps.	ks.	ps.	ks.	ps.	ks.	ps.	ks.	ps.
1	22,9	21,6	25,1	21	17,7	15,7	19,2	17,2	22,2	21,7
2	24	22,1	23,8	21,3	-	-	21,2	19	20,3	19,8
3	21,9	21,7	30,7	31	-	-	23,5	19,8	22,4	22,4
4	-	-	31,3	27,6	25,1	23,3	20,8	18,9	21,7	19,6
5	30,4	23,5	28,5	23,8	23,2	23,3	21	18	21,4	18,7
6	28,7	24,8	25,7	23,6	24,6	22,2	26,2	23	23,2	21

Taulukon 10 arvoissa konesuunnan tuloksen arvot ovat suuremmat kuin poikkisuunnan tulokset. Tämä johtuu konesuuntaisesta päällystystapahtumasta. Korkeimmat kiillon arvot saatiin niille, joilla oli myös suurimmat päällystemäärät. Päällystäminen selkeästi parantaa kiilto ominaisuuksia ja kalanteroimalla ne saadaan vielä suuremmiksi.

Taulukossa 11 esitetään päällystetyn paperin vesiabsorptio ominaisuudet, jolla mitataan kykyä imeä vettä. Mittauksessa käytettiin Cobb-menetelmää. Vesi oli 30 sekuntia kontaktissa paperin kanssa. Pohjapaperin vesiabsorptio oli  $19,79 \text{ g/m}^2$ .

TAULUKKO 11. Päällystetyn paperin vesiabsorptio ominaisuudet (Cobb)

Vesiabsorptio ( $\text{g/m}^2$ )					
Ajo	varaterä	nyk. terä	terä 1	terä 2	terä 3
1	30,47	23,47	22,35	20,67	21,17
2	24,36	23,7	-	22,54	24,63
3	34,56	23,96	-	24,46	36,3
4	31,07	-	38,72	21,66	26,81
5	30,33	34,31	28,97	23,66	29,27
6	31,56	35,91	34,15	36,74	31,13

Taulukkoa 11 katsoessa voidaan todeta, että päällystemäärän kasvaessa myös vesiabsorptio kasvaa.

Taulukossa 12 esitetään päällystetyn paperin sileys. Pohjapaperin sileys oli 5,37.

TAULUKKO 12. Päällystetyn paperin sileys

<b>Sileys PPS 10 (µm)</b>					
<b>Ajo</b>	<b>varaterä</b>	<b>nyk. terä</b>	<b>terä 1</b>	<b>terä 2</b>	<b>terä 3</b>
<b>1</b>	2,90	2,72	3,03	3,06	2,87
<b>2</b>	2,57	2,65	-	2,94	2,84
<b>3</b>	2,99	2,72	-	3,18	3,03
<b>4</b>	2,97	-	3,32	2,89	3,22
<b>5</b>	4,41	2,80	3,41	3,12	3,24
<b>6</b>	4,26	2,85	3,32	3,42	3,16

Taulukon 12 arvoista huomaa sen, että päällystämällä saadaan parannettua sileyttä ja päällystemäärän kasvaessa se ei välttämättä paranna sileyttä.

## 9 JOHTOPÄÄTELMÄT

Työ onnistui kokeellisesti pintaliimauksen käyttöönoton osalta. Päällystysterin saapuminen kesti liian pitkään ja niitä olisi voinut testata enemmän. RK-coaterin käytön opettelu oli yllättävän helppoa. Työ opetti paljon pintaliimauksesta.

Pintaliimoja käytettäessä päästiin haluttuun liima määrään ( $2-3 \text{ g/m}^2$  /puoli). Hallittavin ajotapahtuma RK-coaterilla saatiin CMC:n ja tärkkelyksen muodostamalla pintaliimalla. Pelkästään tärkkelystä käytettäessä pintaliimana sitä valuu lammikkoliimapuristimen nipin reunoilta ja näin pintaliimaa kuluu huomattava määrä. Tämä johtuu pintaliiman alhaisesta viskositeetistä. Hallittavan ajotapahtuman saa myös pelkällä CMC:llä, mutta CMC:n käyttö on kalliimpaa kuin tärkkelyksen, joten tärkkelyksen käyttö CMC:n kanssa on suotavaa.

Pintaliiman viskositeetin tulisi olla lähellä 500–1000 mPas. Tärkkelyksen viskositeettia voidaan parantaa alentamalla sen käyttö lämpötilaa tai vaihtoehtoisesti lisäämällä siihen paksuntajaa (CMC). Liian korkea viskositeetti aiheuttaa sen, etteivät nipin telat pyöri kunnolla, jolloin paperiradan kireyttä kiinnirullauksessa joudutaan lisäämään. Tämä aiheuttaa paperiradan viennille ongelmia, kuten paperiradan katkeamisen.

Vesiretentio pintaliimassa tulisi olla  $30-60 \text{ g/m}^2$ . Liian alhainen vesiretentio aiheuttaa, sen ettei liimaa tunkeudu paperiin riittävästi. Liian korkea taas aiheuttaa sen että paperirata kastuu liikaa, jolloin paperirata katkeaa.

Lammikkoliimapuristimen nippipaineen tulisi olla 1-3 bar. Tätä suurempi nippipaine aiheuttaa paperiradan katkeamisen. Nippipaineella ei saada merkittäviä eroja pintaliiman määrään pohjapaperissa. Tämä johtuu lammikkoliimapuristimen telojen kovuudesta, jotka eivät anna minkäänlaista joustoa liimaustapahtumassa. Monien ajojen jälkeen havaittiin että lammikkoliimapuristimessa teloja pyörittävä hihna täytyy poistaa ja näin saadaan hallittavampi ajotapahtuma. Hihnaa käytettäessä nippipaine ei ole tasainen, joka johtaa siihen että paperirata liikkuu poikkisuunnassa. Paperin neliömassan kasvaessa ajotapahtuman hallittavuus paranee.



RK-coaterin ajovauhdin pitäisi olla 7-15 m/min välillä. Nippipaineen tai pintaliiman viskositeetin noustessa joudutaan nostamaan ajovaihdetta tai kiinnirullauksen painetta, jotta sama ajonopeus säilyisi. Koeajojen kiinnirullauksen paineena oli 2-3 bar. 15 m/min suuremmilla ajonopeuksilla paperirata ei ehdi kuivumaan riittävästi, mikä näkyy kiinnirullauksessa paperin yhteen liimautumisessa. Kuivatuskapasiteetti ei ole riittävä suurille ajonopeuksille. Käytetyille ajonopeuksille kahden infrakuivaimen käyttö on riittävää. Useamman infrakuivaimen käyttö aiheuttaa paperiradan toispuoleisen kuivumisen, mikä näkyy paperin poikkisuuntaisena käyristymisenä. Tela- ja puhalluskuivatuksen käyttö on suositeltavaa.

RK-coaterilla ei saada ihanteellista lopputulosta, koska paperin pinnalle syntyy ryppyä, josta ei pääse eroon koneen hallintasuureilla. Ryppyä syntyy heti lammikkoliimayksikön jälkeen ja tästä voitaisiin päästä eroon levitystelalla, joka sijaitsisi heti liimayksikön jälkeen.

Päällysterien vertailussa käytettiin jo hyväksi todettuja ajoparametreja. Ajoissa käytettiin ainoastaan yhtä pastareseptiä. Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että jo käytössä oleva terä on käyttökelpoinen verrattuna muihin teriin. Nykyisellä terällä päästään haluttuun päällystemäärään ( $<15 \text{ g/m}^2$ ), kun terän etäisyys oli 9 mm. Samoin myös terillä 2 ja 3, kunhan teräpaine on pienempi kuin 4 bar. Terä yhdellä teräpaineen täytyy olla alle 2 bar.

Terän etäisyyden ollessa 8,7 mm, on se liian lähellä vastatela, jolloin painetta lisättäessä kaavinterä taipuu yli ja terän viiste ei tule käyttöön. Sama ongelma toistuu myös varaterällä ja terä 3:lla, kun terän etäisyys on 9 mm. Terä 2:ta voi myös käyttää terän etäisyyden ollessa 8,7 mm, mutta teräpaineen tulee olla alle 2 bar.

Teräpäällystyksellä saadaan parannettua kiiltoa, sileyttä ja optisia ominaisuuksia. Päällystys lisää myös vesiabsorptiota.

Työn laajuuden takia työ keskittyi pintaliimauksessa enemmän koneen hallintasuureisiin kuin raaka-aineisiin ja pohjapaperiin. Suosittelemme että jatkossa joku voisi tehdä työn jossa vertailtaisiin enemmän raaka-aine eroavaisuuksia ja pohjapaperin merkitystä lopputuotteen ominaisuuksiin.

## LÄHTEET

1. Häggblom-Ahnger Ulla, Komulainen Pekka, Kemiallinen metsäteollisuus II- Paperin ja kartongin valmistus Gummerus 2005, s. 39-203.
2. Malkki, I. 2009. Off-line päällystyskoneen osat ja toiminta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kemiantekniikan osasto. Paperitekniikan laboratorio. Kandityö ja seminaari, s. 29.
3. Sokka, T. 2009. Päällystyksen kemiaa. Stora Enso, consumer boards. s. 6-59
4. Saukkonen, E. 2008. Paperin ja kartongin pigmenttipäällystysmenetelmät, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kemiantekniikan osasto. Paperitekniikan laboratorio, kandityö, s. 18.
5. Pinteco Oy. 2010. Roko Käyttöohjeita. Vantaa
6. Pinteco Oy. 2011. Rotary Koater. Asennus ja käyttöohjeita. Vantaa.
7. TAMK, Paperilaboratorion työohje, 2010.
8. Muikku Matti, Vuorela Olli, 2011. Pilot-koneen päällystysajoparametrit. Tampereen ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö.
9. VTT / Proledge Oy 2010. KnowPap Versio 12.0 (12/2010). [online][viitattu 4.4.2012]. Saatavissa file:\\book\knowpap\knowpap\_FL.htm.

## LIITTEET

Liite 1. Pintaliimauksen ajopäiväkirjat

### Mittauspöytäkirja 21.3.2012

#### **Pintaliimaus lammikkoliimayksiköllä**

Pohjapaperi: 44,1 g/m<sup>2</sup>

Pintaliima: CMC(130g)+Tärkkelys(210g)+vesi

KAP: 14,7 %

Vesiretentio: 45 g/m<sup>2</sup>

Viskositeetti : 510 mPas

#### AJO 1

Rainan kiinnirullaus 2 bar

Ajovaihde 3

2 Infrapunakuivainta

Puhallusyksikkökuivain 90 c

Telakuivaimet 60 c

Ajonopeus 10,9 m/min

Nippipaine 1 bar

#### AJO 2

Rainan kiinnirullaus 2 bar

Ajovaihde 3

2 Infrapunakuivainta

Puhallusyksikkökuivain 90 astetta

Telakuivaimet 60 astetta

Ajonopeus 10,9 m/min

Nippipaine 2 bar

## AJO 3

Rainan kiinnirullaus 2 bar

Ajovaihde 3

2 Infrapunakuivainta

Puhallusyksikkökuivain 90 astetta

Telakuivaimet 60 astetta

Ajonopeus 10,9 m/min

Nippipaine 3 bar

Pohjapaperi: 56,25 g/m<sup>2</sup>

Pintaliima: CMC (130g)+ Tärkkelys (210g)+ vesi

KAP: 14,7 %

Vesiretentio: 45 g/m<sup>2</sup>

Viskositeetti : 510 mPas

## AJO 4

Rainan kiinnirullaus 2 bar

Ajovaihde 5

5 Infrapunakuivainta

Puhallusyksikkökuivain 90 astetta

Telakuivaimet 60 astetta

Ajonopeus 20 m/min

Nippipaine 3 bar

## AJO 5

Rainan kiinnirullaus 2 bar

Ajovaihde 5

5 Infrapunakuivainta

Puhallusyksikkökuivain 90 astetta

Telakuivaimet 60 astetta

Ajonopeus 20 m/min

Nippipaine 2 bar

**Ajopöytäkirja 24.3.2012****Pintaliimaus lammikkoliimapuristimella**

Pohjapaperi: 56,25 g/m<sup>2</sup>

Pintaliima: CMC+vesi

Viskositeetti: 710 mPas

Vesiretentio: 38 g/m<sup>2</sup>

KAP: 7,5 %

Lämpötila: 50-60° C

**AJO 6**

Nippipaine: 2 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 2-3

Ajonopeus: 14 m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

**AJO 7**

Nippipaine: 3 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 2-3

Ajonopeus: 14 m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

Pintaliima: CMC(130g)+Tärkkelys(210g)+vesi

Viskositeetti: 760 mPas

Vesirentio: 53 g/m<sup>2</sup>

KAP: 14,8 %

Lämpötila: 50-60° C

#### AJO 8

Nippipaine: 2 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 2-3

Ajonopeus: 10-12 m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

#### AJO 9

Nippipaine: 3 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 4-5

Ajonopeus: 10-12 m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

Pintaliima: CMC(130g)+Tärkkelys(210g)+vesi

Viskositeetti: 710 mPas

Vesiretentio: 47 g/m<sup>2</sup>

KAP: 14,1 %

Lämpötila: 50-60° C

AJO 10

Nippipaine: 1 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 3-4

Ajonopeus: 9-11m/min

Infrakuivain: 5 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

AJO 11

Nippipaine: 2 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 4- 5

Ajonopeus: 17-21m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

AJO 12

Nippipaine: 3 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 4-5

Ajonopeus: 15-19m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

Pintaliima: Tärkkelys+vesi

Viskositeetti: 63 mPas

Vesiretentio: 66 g/m<sup>2</sup>

KAP: 18,7 %

Lämpötila: 30-40° C

AJO 13

Nippipaine: 1 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 2-3

Ajonopeus: 9-11m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C

AJO 14

Nippipaine: 2 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 2-3

Ajonopeus: 9-11m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

Puhalluskuivatus: 90° C



AJO 15

Nippipaine: 3 bar

Rainan kireys: 2-3

Ajovaihde: 2-3

Ajonopeus: 9-11m/min

Infrakuivain: 2 käytössä

Telakuivatus: 60° C

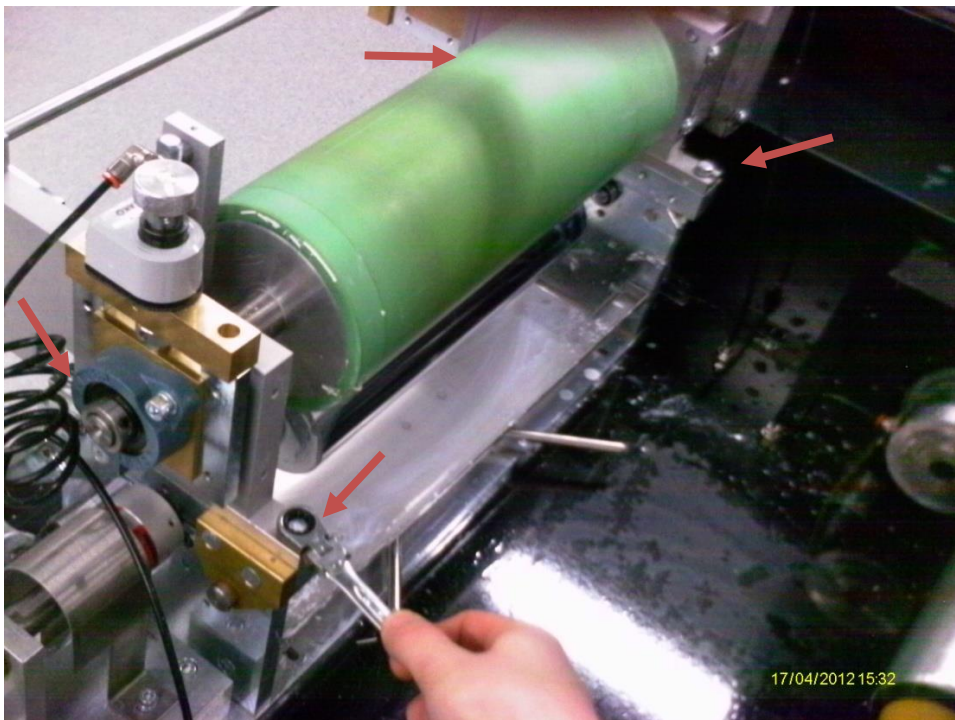
Puhalluskuivatus: 90° C

Liite 2. Lammikkoliimapuristimen asennus RK-coateriin

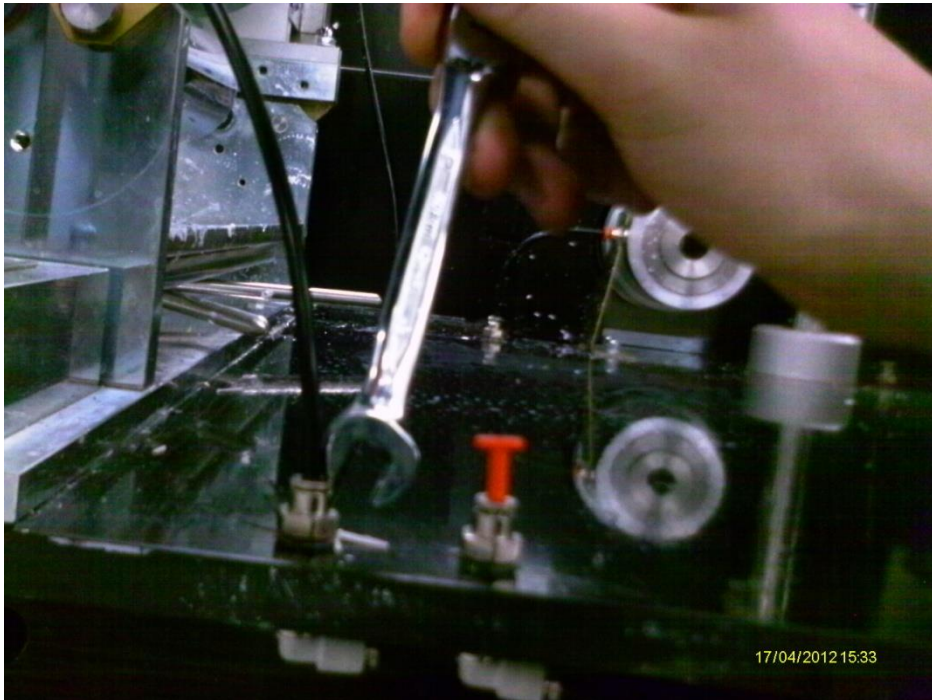
1. Avaa kaksi kääntruuvia ensimmäiseksi.



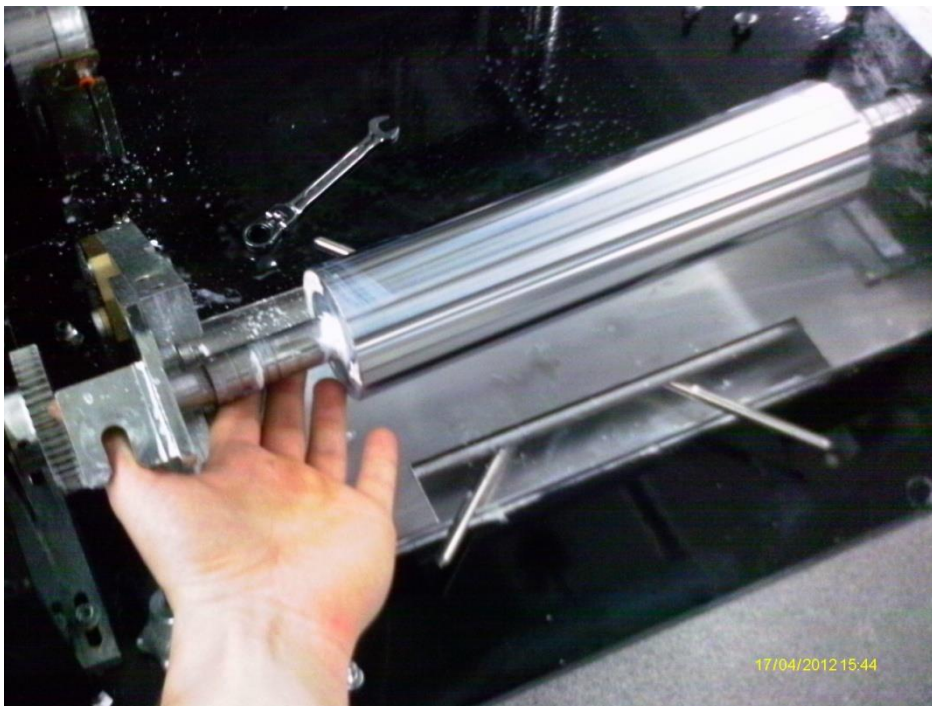
2. Avaa teräpäällystysaseman päistä 4 ruuvia jakoavaimella.



3. Irrota paineilmaletkut painamalla jakoavaimella pikaliitintä alaspäin ja vetämällä paineilmaletkua ylöspäin.



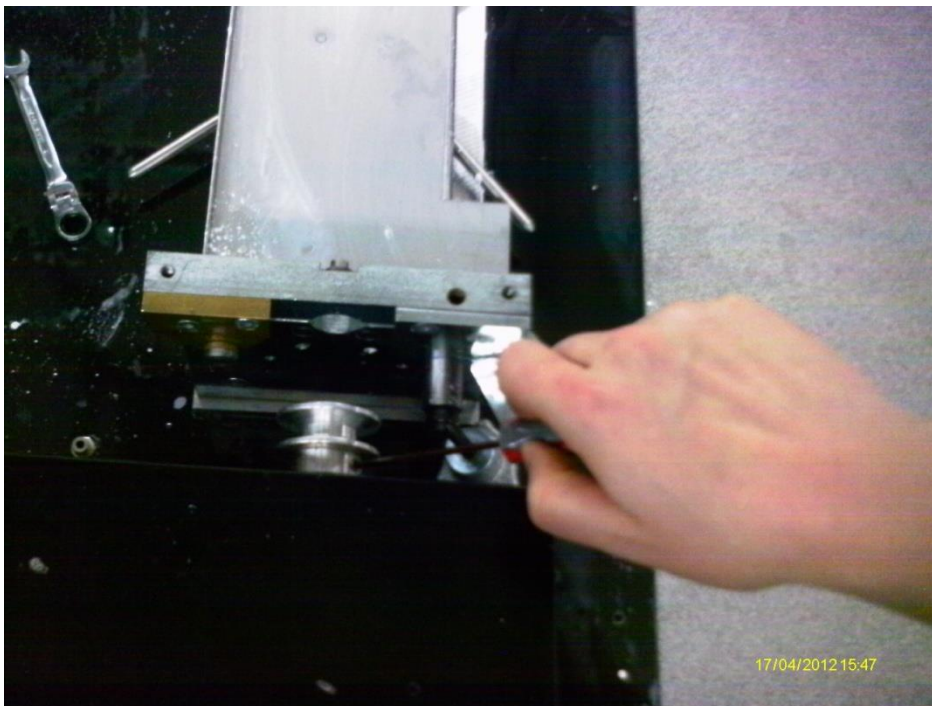
4. Nosta teräpäällystysasema pois, jonka jälkeen poistat pastakaukalon ja pastan nostotelan.



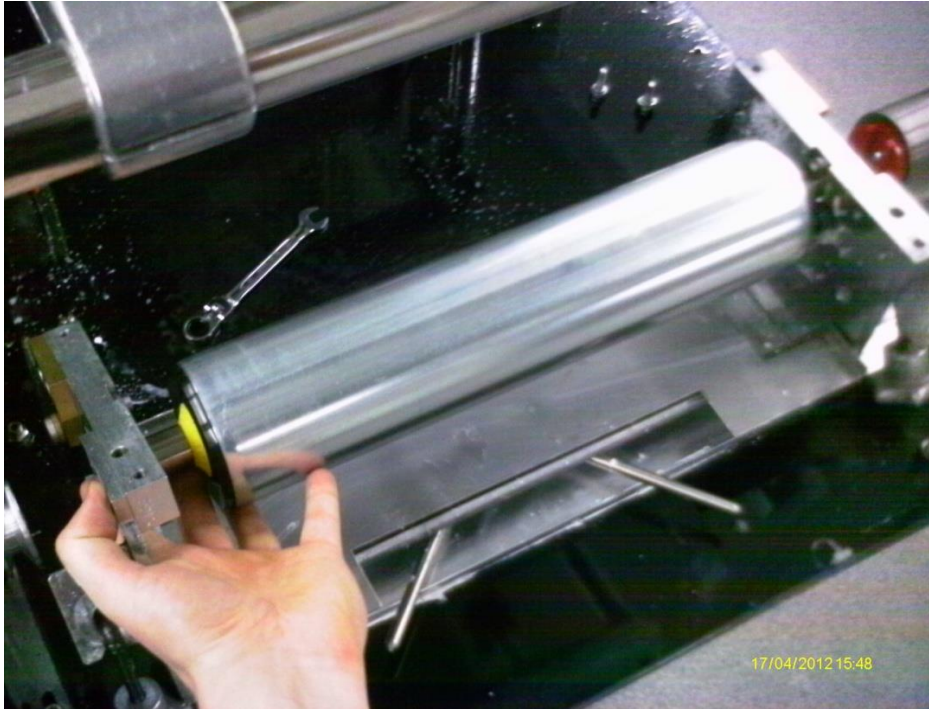
5. Irrota kuusiokoloavaimella hammaspyörä.



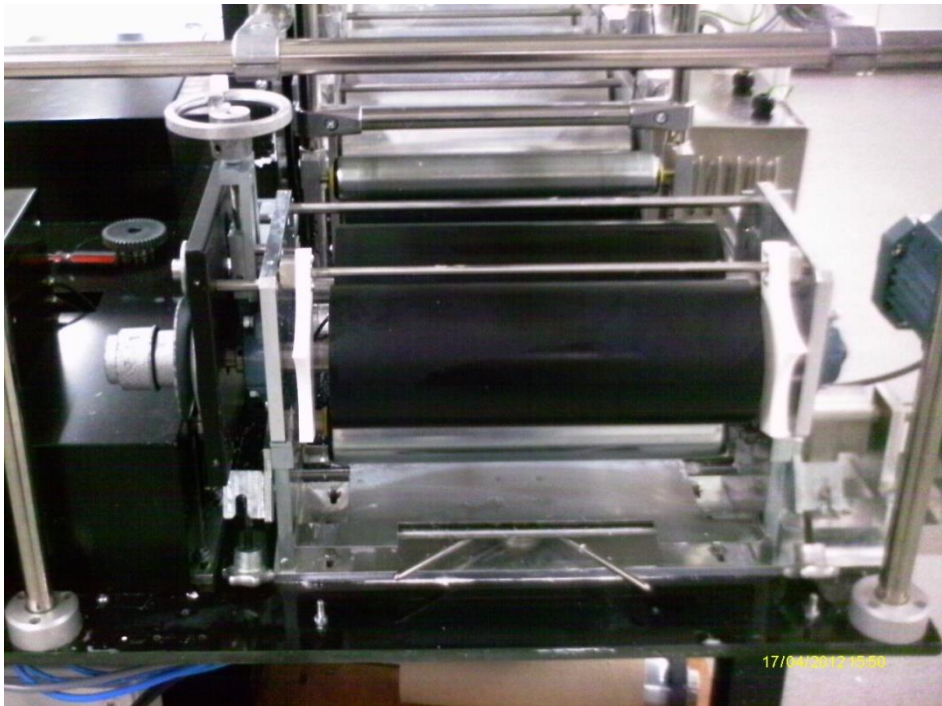
6. Asenna kuusiokoloavaimella hihnapyörä.



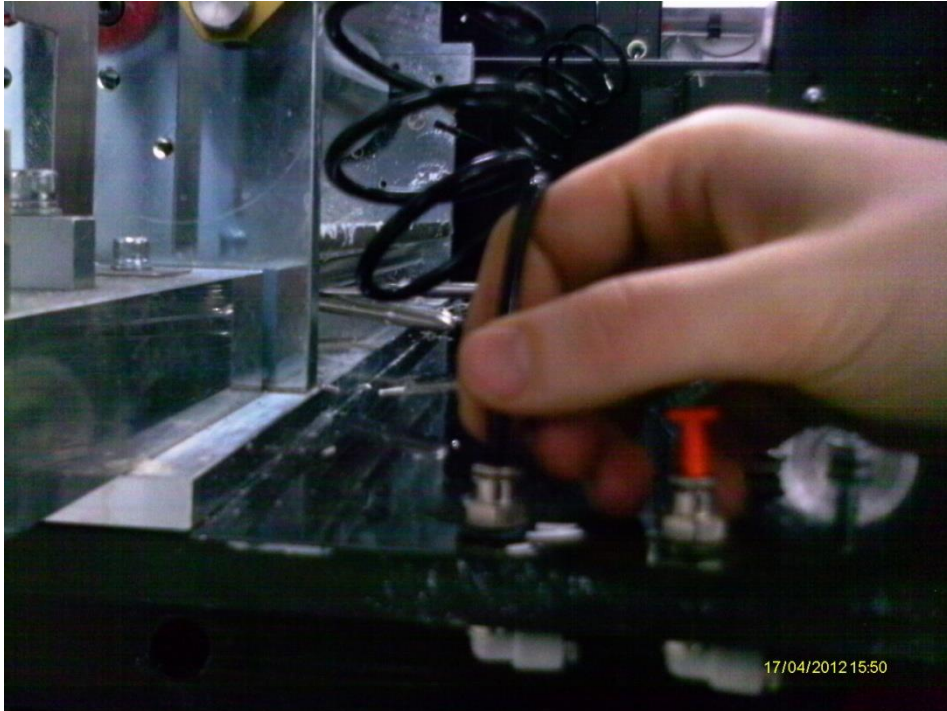
7. Asenna SizePress aseman alatela paikoilleen.



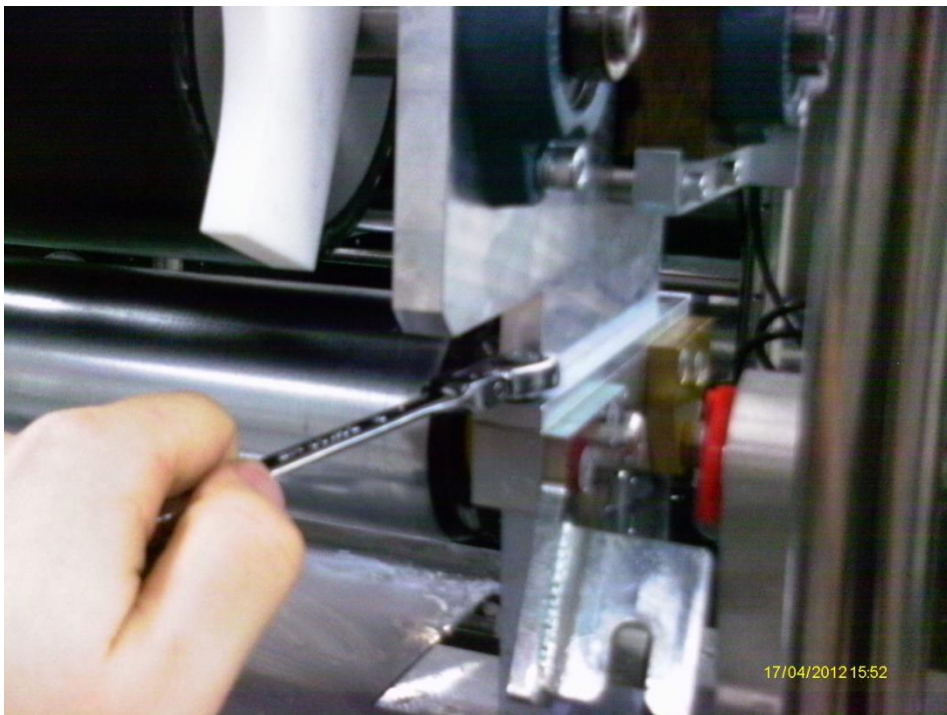
8. Aseta SizePress paikoilleen.



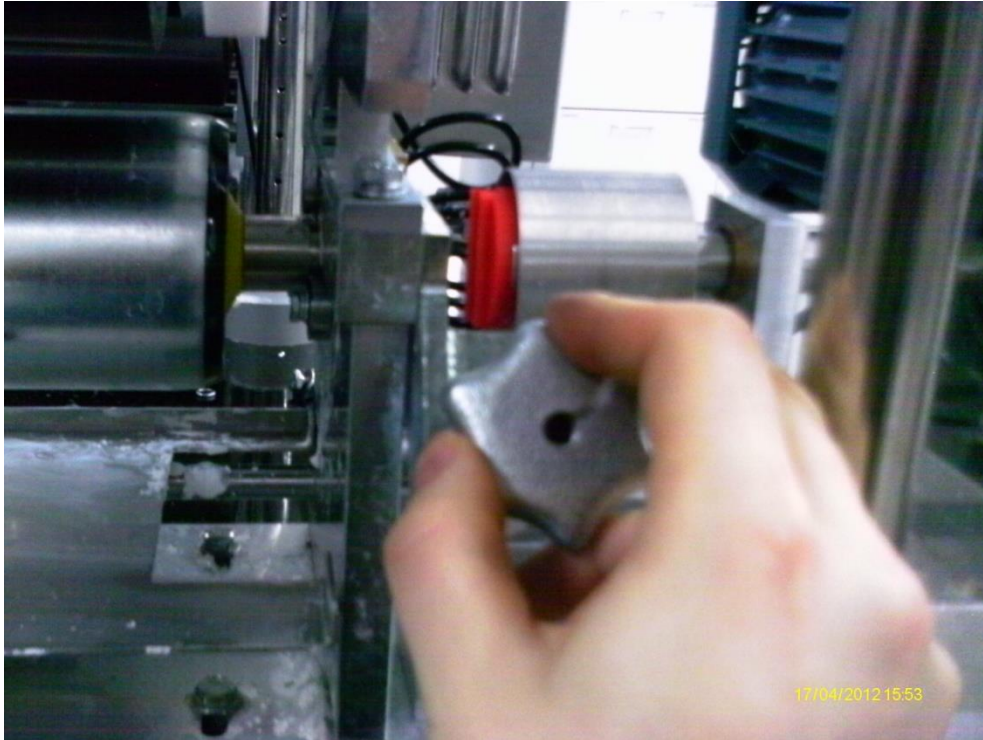
9. Kiinnitä paineilmaletkut painamalla ne pikaliittimeen.



10. Kiinnitä 4 ruuvia paikoilleen.



11. Kiinnitä molemmat kääntöruuvit.



12. Paina sähkökaapista kuvan osoittama kytkin alas.



## Radanvienti





## Liite 3. Pastaresepti

<b>Pastareseptin laskeminen</b>		<b>Nimi:</b>		
<b>lähtötiedot</b>		<b>Resepti</b>	<b>Kuivana, g</b>	<b>Vettä, g</b>
Määrä / g		6000		2220
Pastan KAP /%		63	3780	
<b>Pigmentit (yht 100 osaa)</b>	<b>Tuotenimi</b>	<b>Osa</b>	<b>KAP %</b>	<b>koko määrä, g</b>
Kaoliini	Supragloss 95	70,0	62,0	4007,3
Kalsiumkarbonaatti	Hydrocarp 90 F	30,0	75,0	1419,7
Talkki		0,0	1,0	0,0
Kipsi		0,0	1,0	0,0
Titaanidioksidi		0,0	1,0	0,0
Kalsinoitu kaoliini		0,0	1,0	0,0
Alumiinihydraatti		0,0	1,0	0,0
Saostettu kaoliini		0,0	1,0	0,0
Satiinin valkoinen		0,0	1,0	0,0
Natriumaluminiumsilikaatti		0,0	1,0	0,0
Muovipigmentti		0,0	1,0	0,0
100,0 osaa				
<b>Sideaineet (5-12osaa)</b>	<b>Tuotenimi</b>	<b>Osa</b>	<b>KAP %</b>	
Sb-lateksi	Rhodopas	5,0	56,0	316,9
Styreeni-butadieeni		0,0	1,0	0,0
Cmc (ei yli 1,0 osaa)	finfix 30	1,0	98,0	36,2
Tärkkelys		0,0	1,0	0,0
6,0 osaa				
<b>Apuaineet (0-3osaa)</b>	<b>Tuotenimi</b>	<b>Osa</b>	<b>KAP %</b>	
Dispergointiaine	Fennodispo A 41	0,50	40,0	44,4
Kovetin		0,00	1,0	0,0
Kalsiumstearaatti		0,00	1,0	0,0
Vaahdonesto		0,00	1,0	0,0

Liite 4. Teräpäällystys ajopäiväkirjat

### **Ajopäiväkirja 21.5.2012**

Pastaresepti

KAP=60 %, Viskositeetti 1860 mPas, Vesiretentio= 53 g/m<sup>2</sup>

Kaavinterä (nykyinen)

#### AJO 1

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (27,4°)

Teräpaine 2

#### AJO 2

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (21,3°)

Teräpaine 4

#### AJO 3

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (18,5°)

Teräpaine 5

## AJO 4

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8-14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (23,2°)

Teräpaine 2

## AJO 5

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (18,7°)

Teräpaine 4

## AJO 6

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (15,9°)

Teräpaine 5

Pastaresepti

KAP=60 %, Viskositeetti 1860 mPas, Vesiretentio= 53 g/m<sup>2</sup>

Kaavinterä (uusi)

AJO 7

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (29,8°)

Teräpaine 2

AJO 8

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (28,1°)

Teräpaine 4

AJO 9

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (23,4°)

Teräpaine 5

## AJO 10

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (24,2°)

Teräpaine 2

## AJO 11

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (21,9°)

Teräpaine 4

## AJO 12

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (20,8°)

Teräpaine 5

**Ajopäiväkirja 23.5.2012**

Pastaresepti

KAP=59 %, Viskositeetti 1050 mPas, Vesiretentio=70 g/m<sup>2</sup>

Kaavinterä (1)

AJO 1

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (26,5°)

Teräpaine 2

AJO 2

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (19,8°)

Teräpaine 4

AJO 3

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (16,8°)

Teräpaine 5

## AJO 4

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (22,8°)

Teräpaine 2

## AJO 5

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (16,6°)

Teräpaine 4

## AJO 6

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (14°)

Teräpaine 5

Pastaresepti

KAP=59 %, Viskositeetti 1050 mPas, Vesiretentio=70 g/m<sup>2</sup>

Kaavinterä (2)

AJO 7

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (27,4°)

Teräpaine 2

AJO 8

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (22,3°)

Teräpaine 4

AJO 9

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (18,7°)

Teräpaine 5



## AJO 10

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (25,4°)

Teräpaine 2

## AJO 11

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (19,3°)

Teräpaine 4

## AJO 12

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (16,4°)

Teräpaine 5

Pastaresepti

KAP=59 %, Viskositeetti 1050 mPas, Vesiretentio=70 g/m<sup>2</sup>

Kaavinterä (3)

AJO 13

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (23,7°)

Teräpaine 2

AJO 14

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (21,2°)

Teräpaine 4

AJO 15

Telarako 200 µm

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

3 Infraa

Teräasento 9000 (18,4°)

Teräpaine 5

## AJO 16

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (25,5°)

Teräpaine 2

## AJO 17

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (18,9°)

Teräpaine 4

## AJO 18

Telarako 200  $\mu\text{m}$

Kiinnirullaus 2-3 bar

Ajovaihde 4 (12,8–14,6 m/min)

5 Infraa

Teräasento 8700 (15,6°)

Teräpaine 5

