



# Barrier-päällysteet ja flekso-päällystysyksikön käyttöönotto

Jesse Laine

Leevi-Petteri Mikkola

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2023

Biotuotetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

LAINEN, JESSE & MIKKOLA, LEEVI-PETTERI:  
Barrier-päällysteet ja fleksopäällystysyksikön käyttöönotto

Opinnäytetyö 67 sivua, joista liitteitä 9 sivua  
Huhtikuu 2023

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Tampereen ammattikorkeakoululle tietoa barrier-päällystyksestä sekä tutkia fleksopäällystyskoneen toimintaa ja laatia sille käyttöohjeet. Tavoitteena oli saada fleksopäällystysyksikkö opiskelijoiden käyttöön ja osaksi opetusta. Teoriaosion oli tarkoitus luoda mahdollisimman kattava, jotta TAMK voi myöhemmin hyödyntää myös barrier-päällystämisen teoriaa esimerkiksi tulevaisuuden hankkeissa.

TAMK:n tavoitteena on olla tunnettu barrier-päällystysosaaja, minkä pohjalta opinnäytetyön aihe syntyi. Nykypäivän nousevan trendin mukaisesti paperin perinteinen muovilla päällystäminen ei ole enää sopivin vaihtoehto suojakerroksen hankkimiseen. Ympäristöystävällisempää ja kierrätettävää ratkaisua etsiessä törmää helposti dispersiopäällystykseen, jossa muovi on korvattu luonnon polymeereillä.

Opinnäytetyön alussa tutustuttiin päällystykseen ja tehtiin sauvapäällystyskokeita, jotta nähtiin, miten eri pohjapaperilaadut käyttäytyvät. Tavoitteena oli luoda ruokapakkauksiin sopivaa paperia. Sauvapäällystystä harjoiteltiin usealla eri päällystyspastalla sekä muutamalla barrier-kemikaalilla. Päällystetyistä papereista mitattiin erityisesti barrierin kannalta oleellisia suureita, joita olivat vesiabsorptio, öljyabsorptio, rasvankestävyys sekä kuumasaumautuvuus.

Työn edetessä aloitettiin fleksopäällystyskoneeseen tutustuminen. Fleksopäällystykseen sopivia paperilaatuja oli kaksi, joista paremmin käyttäytyvä valittiin loppulisiin koeajoihin. Koeajoja varten etsittiin sopivat parametrit ja parhaiten toimiva päällyste. Barrier 1 -päällystedispersio osoittautui parhaaksi saatavilla olevaksi tuotteeksi. Loppuvaiheessa kyseiselle kemikaalille etsittiin optimaalista laimennussuhdetta laimentamalla sitä eri kuiva-ainepitoisuuksiin.

Koeajojen jälkeen päällystetyille papereille suoritettiin laboratorikokeita. Saatuja tuloksia verrattiin pelkällä pohjapaperilla tehtyihin mittauksiin ja huomattiin erityisesti barrier-ominaisuuksien parantuneen merkittävästi. Tuotoksena syntyi paljon barrier-päällystykseen liittyvää materiaalia sekä ajo-ohjeet fleksopäällystyskoneelle. Lopputulosten perusteella voidaan todeta, että opinnäytetyössä saavutettiin sille asetetut tavoitteet.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Bioproduct Engineering

LAINEN, JESSE & MIKKOLA, LEEVI-PETTERI:  
Barrier Coating and Introduction of the Flexo Covering Unit

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 9 pages  
April 2023

---

The purpose of the thesis was to produce information about barrier coating for the Tampere University of Applied Sciences, as well as to study the operation of the flexo coating machine and to prepare instructions for its use. TAMK's goal is to be known for its barrier coating expertise, from which the topic of the thesis was born. When looking for a more environmentally friendly solution for coating, you will easily come across dispersion coating, where plastic has been replaced with natural polymers.

At the beginning of the thesis, a stick coating experiment was performed to see how different base paper qualities behave. The goal was to create paper that is suitable for food packaging. Flexo covering tests were performed after the stick coating phase. The coated papers were measured for parameters that were relevant for the barrier. Suitable parameters and the best performing paste were searched from the test runs.

After the test runs, laboratory tests were performed on the coated papers. The obtained results were compared to the measurements made with base paper only and it was noticed that the barrier properties in particular improved significantly. As a result there was created material related to barrier coating and operating instructions for the flexo coating machine.

---

Key words: barrier, coating, dispersion, polymer

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TEORIA .....	8
2.1	Päällystysaineet .....	8
2.1.1	Pigmentit .....	8
2.1.2	Sideaineet .....	9
2.1.3	Lisäaineet .....	10
2.2	Estokerros eli barrieri .....	10
2.2.1	Ekstruusiopäällystys .....	10
2.2.2	Dispersiopäällystys .....	10
2.2.3	Käyttökohteet .....	11
2.2.4	Barrier-ominaisuuksien määrittäminen .....	12
2.3	Sauvapäällystys .....	13
2.4	Fleksopäällystys .....	14
2.5	Teräpäällystys .....	14
3	KOKEELLINEN OSUUS .....	16
3.1	Pohjamateriaalin ominaisuuksien mittaukset .....	16
3.2	Päällysteet .....	17
3.2.1	Pastat .....	17
3.2.2	Barrier-päällystysaineet .....	19
3.3	Sauvapäällystyskokeet .....	19
3.4	Fleksopäällystyskokeet .....	20
3.5	Barrier-ominaisuuksien mittaukset .....	22
3.5.1	Vesiabsorptio .....	22
3.5.2	Öljyabsorptio .....	23
3.5.3	Rasvankestävyys .....	23
3.5.4	Vesihöyrynläpäisevyys .....	24
3.5.5	Kuumasaumautuvuus .....	25
3.6	Yleisten laatusuureiden mittaukset .....	25
3.6.1	Ilmanläpäisevyys ja pinnan sileys .....	26
3.6.2	Päällystemäärän määrittäminen .....	26
3.6.3	Paksuusmittaus .....	27
3.6.4	Pinholes -testi .....	27
4	TULOSTEN TARKASTELU .....	29
4.1	Pohjapapereiden mittaustulokset .....	29
4.2	Sauvapäällystyksen mittaustuloksia .....	30
4.3	Fleksopäällystyksen mittaustuloksia .....	38

4.4 Päälystysmenetelmien vertailua .....	43
4.5 Ajettavuus ongelmat.....	51
4.5.1 Päälystysaineen tuomat ongelmat.....	51
4.5.2 Radan ongelmat .....	54
5 POHDINTA .....	55
LÄHTEET.....	58
LIITTEET .....	59
Liite 1. Päälystyskoneen ajo-ohjeet.....	59
Liite 2. Pastareseptit 1-3 .....	65

**LYHENTEET JA TERMIT**

Barrier	Estokerros
Barrier 1	Työssä käytetty kaupallinen barrier-dispersio
Dispersio	Kahden aineen tasainen seos
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
Pasta	Päällystysaine
Kalju kohta	Kohta sivelytelassa, johon ei tartu päällystysainetta
μ	Myy-merkki, merkitsee miljoonasosaa
Flekso	Fleksopäällystys
Sauva	Sauvapäällystys

## 1 JOHDANTO

Paperien ja kartonkien päällystys on osa kuitupohjaisten tuotteiden jalostusprosessia. Barrier-päällystyksen avulla pyritään muokkaamaan tuotteen pintaa ja saamaan aikaan siinä toivottuja ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa kosteuden, veden ja rasvan kestävyys. Estokerros eli barrieri voidaan tehdä vesipohjaisella dispersiolla tai muovipäällysteellä.

Nykypäivänä paperien ja kartonkien kierrätys on yhä tehokkaampaa. Tämä aiheuttaa haasteita estokerroksen materiaalin valintaan. Muovikerros osana kuitutuotetta voi aiheuttaa hankaluuksia kierrätysprosessissa. Tämän takia uusia veden, rasvan ja kosteuden estokerroksia on jatkuvasti kehitteillä.

Työn tarkoituksena on tutkia TAMKin pastalaboratoriossa olevan pilot-koneen fleksopäällystysyksikön toimintaa ja luoda laitteelle käyttöohjeet sekä tuottaa tietoa erilaisista barrier-päällysteistä. Työn alussa ennen pilot-koneen testejä päällystettävä pohjamateriaali ja käytettävä päällyste määritellään sauvapäällystyskokeilla. Sen jälkeen pilot-koneen fleksopäällystysyksiköllä tehdään päällystyskokeita parhaiden parametrien ja laadukkaan lopputuloksen löytämiseksi. Lopputuotteiden barrier-laatusuureita tutkitaan laboratoriotestein.

Työn toinen vaihe sisältää barrier-päällysteiden vertailua. Tarkoituksena on käyttää muutamaa erilaista kaupallista barrier-päällystettä sauvapäällystyksessä ja verrata lopputuotteiden ominaisuuksia. Tutkimuksen tarve syntyi, koska TAMK haluaa olla tunnettu päällystämisestä ja tuoda uuden fleksopäällystysyksikön osaksi opetusta. Lisäksi TAMK osallistuu hankkeisiin, jossa päällystystutkimuksen tuloksista ja barrier-päällystyksen teoria tiedosta voi olla konkreettista hyötyä.

## 2 TEORIA

### 2.1 Päälystysaineet

Päälystettävä pohjatuote muodostaa rungon lopputuotteelle. Päälystyksellä pyritään parantamaan lopputuotteen ominaisuuksia. Sillä kuitenkin vain harvoin pystytään korjaamaan pohjamateriaalissa olevia vikoja. Yleisesti päälystys saattaa jopa korostaa pohjamateriaalin vikoja. Päälystyksen edellytyksenä on hyvä pohjatuotteen laatu. Päälysteen valintaan vaikuttavat lopputuotteen käyttötarkoitus, laatuvaatimukset, käytetty päälystysmenetelmä, pohjatuotteen laatu, seoksen hinta ja seoksen komponenttien keskinäinen sopivuus. (KnowPap versio 24.0, 2023)

Lopputuotteen laatuvaatimukset ja käytetty päälystysmenetelmä määräävät pitkälti pigmenttien ja sideaineiden valinnan sekä väriaineen kuiva-ainepitoisuuden. Tavoitteena on pitää kuiva-ainepitoisuus mahdollisimman korkeana. Päälystyspigmentit voivat myös vaikuttaa vaadittuun sideainepitoisuuteen. Pigmentit ja sideaineet muodostavat tärkeän osan päälystysseosten hinnasta. Seoksessa käytettävien lisäaineiden tarve tulee yleensä selväksi, kun mainitut pääkomponentit on valittu, mutta esimerkiksi kaikki päälystysseokset vaativat dispergointiainetta pigmentin liettämiseksi ja lietteen stabiloimiseksi. Muilla lisäaineilla on oma erityinen roolinsa. (KnowPap versio 24.0, 2023)

Päälystysseoksen koostumusta valmistettaessa kunkin komponentin osuus lasketaan yleensä prosentteina pigmentin kokonaismäärästä. Seosten koostumus vaihtelee päälystyssovellutuksen ja tehtaan mukaan. Ne kehitetään yleensä kullekin tehtaalta tuotetulle paperilaadulle erikseen. (KnowPap versio 24.0, 2023)

#### 2.1.1 Pigmentit

Pigmentti on pastan tärkein ainesosa, ja sen osuus päälysteen kuivamassasta on noin 80-95 %. Pigmentit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: pääpigmentit, erikoispigmentit ja lisäpigmentit. Pääpigmentit muodostavat suurimman osan pastasta.



Erikoispigmentit ovat samanlaisia kuin edellä mainitut, mutta niiden käyttömahdollisuudet ovat rajallisemmat. Pastasta vain noin 10 % on lisäpigmenttejä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006)

Pääpigmenttejä ovat kaoliini, jauhettu kalsiumkarbonaatti (GCC) ja talkki. Muita pigmenttejä ovat saostettu kalsiumkarbonaatti (PCC), muovipigmentit, alumiini trihydraatti, titaanidioksidi, kalsinoitu kaoliini ja satiinivalkoinen. Lisäpigmenteillä yritetään parantaa tiettyjä ominaisuuksia, jotka eivät ole pääpigmenteillä mahdollisia. Lisäksi niitä käytetään enemmän kartongin- kuin paperinpäällystyksessä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006)

### **2.1.2 Sideaineet**

Sideaineen päätehtävä on sitoa pigmenttihiukkaset toisiinsa ja pohjamateriaaliin. Lisäksi sideaine täyttää pinnoitteen pigmenttihiukkasten väliset ontelot ja vaikuttaa pinnoitteen virtausominaisuuksiin. Sideaineen määrä vaihtelee sideaineen ja käyttökohteen mukaan ja on yleensä 5-25 % pigmentin määrästä. Sideaineilla on merkittävä vaikutus päällystysseosten ja päällysteiden suorituskykyyn. Sideaineen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat suuri sitomiskyky, värttömyys, hyvä kalvonmuodostuskyky, veden pidätyskyky ja sekoitettavuus eri pigmenttien kanssa. (KnowPap versio 24.0, 2023)

Näitä ominaisuuksia vaatimuksia korostetaan eri tavalla erityyppisiä lopputuotteita valmistettaessa. Usein yksi sideaine ei tee kaikkea tarvittavaa tarpeeksi hyvin, joten on yleistä käyttää kahta tai useampaa sideainetta yhdessä päällystysseoksessa. Sideaineet jaetaan kahteen pääryhmään. Pääryhmät ovat liukoiset sideaineet sekä polymeeridispersiot eli lateksit. Liukoisia sideaineita ovat muun muassa tärkkelys, karboksimeetyyliselluloosa (CMC) ja polyvinyylialkoholi. Polymeeridispersioita ovat taas styreenibutadieenilateksi ja styreeniakrylaattilateksi. (KnowPap versio 24.0, 2023)

### **2.1.3 Lisäaineet**

Päällysteseokseen lisätään usein pieni määrä erilaisia lisäaineita parantamaan seoksen suorituskykyä tai antamaan sille muita erityisiä ominaisuuksia. Lisäaineita on esimerkiksi seoksen virtausominaisuuksia muuttavia aineita, vaahdonestoaineita, säilöntäaineita, voiteluaineita, kovettimia ja optisia vaalennusaineita. (KnowPap versio 24.0, 2023)

## **2.2 Estokerros eli barrieri**

Teollisuudessa erilaisten paperi- ja kartonkituotteiden suojausominaisuuksia parannetaan käsittelemällä niitä erilaisilla aineilla. Yleensä pelkkä tuotteen peruspäällystäminen ei tuo suojausominaisuuksia tuotteelle. Päällystyksen lisäksi halutaan luoda estokerros eli barrieri, joka estää ei-toivottujen aineiden siirtymistä pakattavaan tuotteeseen. Tavallisesti barrier-päällystyksellä saavutettavia ominaisuuksia ovat veden, kosteuden, liuottimien ja rasvan kestävyys sekä kaasujen läpäisemättömyys. Barrier-päällysteenä voi olla muovia tai vesipohjainen polymeeridispersio. (KnowPap versio 24.0, 2023)

### **2.2.1 Ekstruusiopäällystys**

Perinteisiä muovipäällysteitä ovat polyeteeni (PE), orientoitu polypropeeni (PP) sekä orientoitu polyesteri (PET). Polyeteeni ja polypropeeni kestävät korkeita lämpötiloja, joten ne laminoidaan tuotteen pintaan ekstruusiopäällystyksessä. Ekstruusiopäällystys on yleinen kartongeille käytetty jalostusmenetelmä. Siinä kartongin pintaan laminoidaan muovikerroksia. Ekstruusiopäällystys suoritetaan erillisellä päällystyslinjalla kartonkikoneen jälkeen. Muovipinnoite kuitenkin huonontaa tuotteen kierrätettävyyttä, vaikka itsessään kartonki on ympäristöystävällinen ratkaisu. (KnowPap versio 24.0, 2023)

### **2.2.2 Dispersiopäällystys**

Ympäristöystävällisempi vaihtoehto muovipäällysteelle on vesipohjainen dispersio. Sitä voidaan valmistaa monista polymeereistä. Dispersiopäällystystä käyte-

tään elintarviketeollisuuden pakkauksissa muun muassa pikaruoka-, ja kylmätuotepakkauksissa, kupeissa ja kertakäyttöisissä pakkausratkaisuisissa. Näissä suojausominaisuuksilta ei vaadita parasta suorituskykyä, vaan rasvan sekä kosteuden kestävyys on tärkein. (CH-Polymers N.d.)

Dispersiopäällystykseen pinnoite muodostetaan päällystämällä esikäsitelty kartonki vesipohjaisella emulsiolla, joka sisältää polymeeripartikkeleita. Pinnoite muodostuu kartongin pintaan, kun emulsion vesi haihtuu ja polymeeripartikkelit sulautuvat yhteen muodostaen pinnalle yhtenäisen polymeerikalvon. Huonona puolena dispersiopäällystyksessä on sen korkea hinta verrattuna muovipäällysteeseen. Lisäksi yksi päällystyskerros ei riitä tuomaan tarvittavia barrier ominaisuuksia tuotteille, vaan kartonki pitää päällystää dispersiolla useaan kertaan. (KnowPap versio 24.0, 2023)

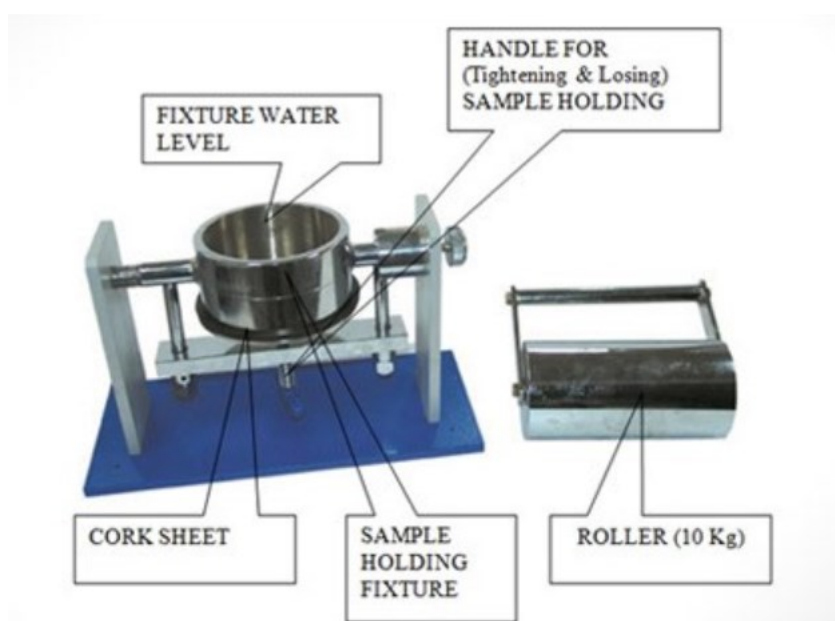
Pakkauspaperien päällystykseen käytettiin aikaisemmin paljon PVC- sekä PVdC-latekseja. Niillä aikaan saatiin hyvä tiiviys ja kuumasaumautuvuus. Kuitenkin ympäristösyistä niiden käyttö on huomattavasti vähentynyt. Niiden sisältämä kloori aiheutti hankaluuksia synnyttämällä myrkyllisiä dioksideja hävitysvaiheessa polttamalla. Akryylilateksit ovat tulleet korvaamaan edellä mainittuja latekseja. Niillä kuitenkin ei saavuteta yhtä hyviä tiiviysominaisuuksia. Tiiviyttä on pyritty parantamaan erityyppisillä vahalisäyksillä onnistuneesti. (Karhuketo & Seppälä & Törn & Viluksela 2004)

### **2.2.3 Käyttökohteet**

Barrier-päällystystä käytetään useissa erilaisissa kuitupohjaisissa tuotteissa, kuten esimerkiksi kartonkivuissa, kartonkikupeissa, kartonkipakkauksissa ja paperipakkauksissa. Barrier-päällystetyt kartongit valmistetaan yleensä 80-95-prosenttisesti uusiutuvista raaka-aineista. Kun siihen lisätään vielä kasvipohjainen päällyste, pakkaus on täysin uusiutuva. Barrier-päällystykseen suosio on kasvussa, koska muovipakkauksille pyritään löytämään samat ominaisuudet tarjoavaa, helpommin kierrätettävämpää ja ekologisempaa ratkaisua. (Stora Enso N.d.)

## 2.2.4 Barrier-ominaisuuksien määrittäminen

Barrier-päällystyksen suorituskykyä mitataan erilaisilla testeillä. Testien avulla selvitetään päällystetyn tuotteen sileys, vesihöyrynläpäisevyys, rasvankestävyys, päällystekerroksen reikien määrä ja vesi- sekä öljyabsorptio. Kosteuden läpäisykykyä mitataan vesihöyryn läpäisevyystestillä. Testi voidaan suorittaa gravimetrisesti, jolloin mitataan kosteuden lisääntymistä tai vähentymistä massan mukaan. Mittaukset tulee suorittaa vakio-olosuhteissa, jotta ympäristö ei vaikuta tuloksiin. (Mcpolymers 2021) Vedenkestävyyttä mitataan perinteisellä Cobb-testillä kuvan 1 mukaisella välineistöllä.



KUVA 1. Cobb-testissä käytettävä välineistö. (Presto Group N.d.)

Cobb-testissä mitataan kartonkiin tai paperiin imeytyvää veden määrää pinta-alaa kohden tietyssä ajassa. Mittauksen alussa mitattava tuote punnitaan. Sen jälkeen tuote laitetaan kuvan 1 sylinterin ja pinnan väliin. Vesi kaadetaan sylinterin sisään tietyksi ajaksi. Halutun ajan jälkeen vesi kaadetaan pois sylinteristä ja tuote asetetaan imupapereiden väliin kuivumaan. Sitten tuote rullataan rullaimella, jonka jälkeen se punnitaan. Tuotteen absorboima vesi määrä saadaan selville punnitusten erotuksesta. (Presto Group N.d.)

Päällystekerroksen tasaisuutta ja toimintakykyä voidaan mitata myös pinholes testillä eli neulanreikätestillä. Testin avulla määritetään päällysteessä olevien reikien määrää. Reiät päällystekerroksessa voivat haitata merkittävästi tuotteen

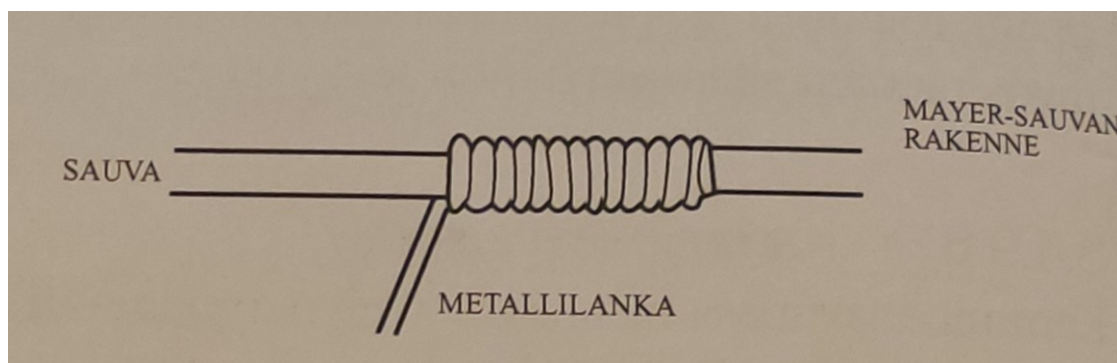
suojaavuutta. Testin alussa leikataan vähintään viisi 12 x 12 cm näytettä. Testissä näyte sivellään värjätyllä etanoliliuoksella. Liuoksen annetaan vaikuttaa 5 minuuttia, jonka jälkeen näytteen pintaa tarkastellaan reikien varalta. Reiät lasjetaan ja tulos ilmoitetaan reikiä per neliö desimetri. (SFS-EN 13676, 2001)

Öljyn- ja rasvankestävyys mitataan Kit-testillä. Testi on kehitetty pääasiallisesti fluorokemiallisilla liimausaineilla käsiteltyjen papereiden ja kartonkien rasvan ja öljyn hylkivyyttä mittaamaan. Kit-testissä paperi tai kartonki altistetaan pienelle määrälle öljyä tai rasvaa tietyksi ajaksi. (Mcpolymers 2021)

Näytteelle tiputetaan tippa rasvaa tai öljyä, jonka jälkeen käynnistetään ajanotto. Halutun ajan jälkeen tippa pyyhitään ja tuloksia tarkastellaan heti. Jos näytteeseen ei jää jälkeä, siirrytään seuraavaan Kit- liuokseen. Näyte saa lopussa Kit-arvon korkeimman arvon omaavasta liuoksesta, joka ei imeydy näytteeseen. Sitten jokaisen aineen imeytymismäärä pisteytetään. (Applied paper technology N.d.)

### 2.3 Sauvapäälylystyys

Sauvapäälylystyslaitteessa käytetään liikkuvaa Mayer-sauvaa apuna päälylystyksessä. Päälylystettä annostellaan ruiskulla sauvan tyveen, jonka jälkeen sauva laitetaan liikkumaan paperin suuntaisesti. Mayer-sauva on noin 10 mm halkaisijaltaan ja sen terästangon ympärille on kierretty ruostumatonta teräslankaa kuvan 2 mukaisesti.



KUVA 2. Mayer-sauvan rakenne. (Karhuketo & Seppälä & Törn & Viluksela 2004)

Kuvasta 2 nähdään sauvapäällästyksessä käytetty Mayer-sauva, joka on kiinnitettyä laitteeseen. Sauva pyörii hitaasti radan kulkuun nähden vastakkaiseen suuntaan. Tällöin ylimääräinen päällyste putoaa takaisin kiertoan. Sauvalla on tasoittava vaikutus, jonka avulla se sulkee mikroreiät ja poistaa muut sivelyn virheet. Päällysteen tasoittuminen edellyttää matalaa viskositeettia. (Karhuketo & Seppälä & Törn & Viluksela 2004)

Sauvapäällästyksen etuina voidaan pitää sen vähäisempää pohjapaperin kuorimitusta ja pienempää viirutusta pyörivän sauvan takia. Sauva pyrkii palauttamaan pastan mukana tulevia kiinteitä partikkeleita kiertoan, kun taas esimerkiksi teräpäällästyksessä ne jäävät helposti terän ja radan väliin aiheuttaen viirutusta. Heikkouksina sauvapäällästyksessä voidaan mainita sen hankalempi hallittavuus, kapeampi päällystemäärän säätöraja ja pastojen alhaisesta kuiva-ainepitoisuudesta johtuva pumppauksen tarpeen lisääntyminen. (Saukkonen 2008; Keränen 2010)

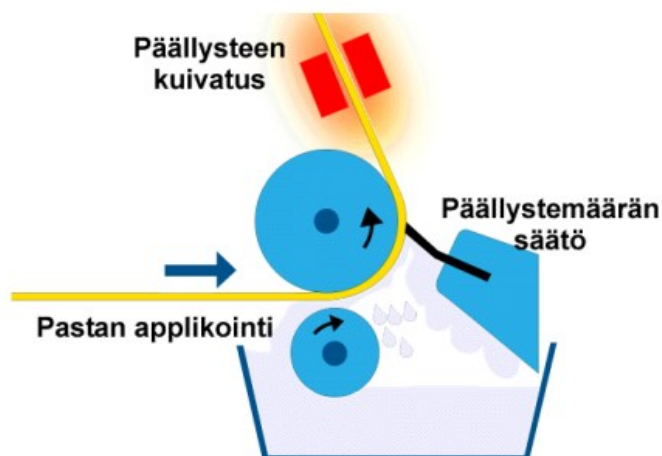
## **2.4 Fleksopäällästyks**

Fleksopäällästyslaitteessa on itsenäinen päällystysyksikkö, joka voidaan integroida päällystys- tai laminointilaitteeseen. Periaate päällystyksessä on samantyyppinen kuin fleksopainatuksessa. Kaukaloon lisätään päällysteainetta, joka siirretään päällystetelalle. Telalta päällyste siirtyy kevyesti painamalla tuotteeseen. Fleksopäällästyksen etuna on sen nopea käyttöönotto ja päällysteen vaihto. (Comexi 2020)

## **2.5 Teräpäällästyks**

Teräpäällästysmenetelmiä on useita, mutta niiden peruseriaate on sama. Ylimääräinen pasta kaavitaan terän avulla pois paperin pinnasta. Kaapimaterän asento rainaan nähden vaikuttaa suuresti lopputuotteen laatuun. Menetelmien eroavaisuudet syntyvät pastan applikoinnin eroista. Applikointimenetelminä käytetään sivelytela-applikointia, lyhytviipymäapplikointia sekä suutinapplikointia. Kaikilla näistä menetelmistä on omat heikkoutensa ja vahvuutensa. Sivelytela-applikoinnissa raina kulkee applikointitelan ja vastatelan välissä. Applikointitela

on asetettu pastakaukaloon, josta se pyöriessään nostaa pastaa paperiin alapuolelle. Telojen välinen nippipaine on melko suuri. Pastan määrään voidaan vaikuttaa nippiraon suuruudella ja sivelytelan nopeudella. Kuvassa 3 nähdään sivelytelan applikoinnin periaate. (KnowPap versio 24.0, 2023)



KUVA 3. Sivelytela-applikoinnin peruseriaate. (KnowPap versio 24.0, 2023)

Kuvasta 3 huomataan rainan menosuunta ja kaavinterän asento. Raina kulkee telojen läpi ja terä kaappii ylimääräisen aineksen takaisin pastakaukaloon. Päälysteen lisäyksen jälkeen rainaa kuivatetaan.

Suutinapplikoinnissa pasta tuodaan paperiin suoraan suuttimella, jolloin saavutetaan huomattavasti pienempi pastan pumppaustarve. Lyhytviipymäapplikoinnissa pasta pumpataan kaavinterän taakse. Lyhyen viipymä ajan takia paperin kostuminen on paljon vähäisempää muihin teräpäälystyksen applikointimenetelmiin verrattuna. Tällöin päälysteen kuivatukseen ei tarvita niin paljoa energiaa. Heikkoutena tässä menetelmässä on kuitujen turpoaminen vasta kaavinterän jälkeen, joka aiheuttaa karhentumaa ja huonontaa paperin sileyttä. (Hägglom-Agner & Komulainen 2006)

### 3 KOKEELLINEN OSUUS

#### 3.1 Pohjamateriaalin ominaisuuksien mittaukset

Pohjamateriaaleina työssä käytettiin Pohjapaperi 1:tä, jonka neliömassa oli 44 g/ m<sup>2</sup> sekä Pohjapaperi 2:ta, jonka neliömassa oli 55 g/ m<sup>2</sup>. Molemmat paperit olivat tehtaalla pintaliimattu ja niiden loppukäyttökohde on paperipakkaukset. Kyseisiä papereita käytetään jatkojalostettuna muun muassa leipä ja noutoruokapakkauksissa. Pohjapapereista mitattiin työn jatkon ja barrier-päällystyksen kannalta oleellisia laatusuureita, joita olivat sileys, karheus, huokoisuus, vesi- ja öljyabsorptio, kosteus, neliömassa sekä tiheys. Pohjapapereita säilytettiin standardin ISO 186 mukaisesti. Alla on esitetty käytettyjen mittausten menetelmien standardit ja käytetyt laitteet taulukoituna. (Taulukko 1)

TAULUKKO 1. Käytetyt mittausmenetelmät ja standardit

Suure	Standardi	Laite	Rinnakkaismittauksia
Huokoisuus	ISO 8791-4	Messner Buchel PPS-mittari	4
Karheus	ISO 8791-2	L & W Bendtsen -karheusmittari	4 yp/ap
Kosteus		L & W kosteusmittari	1
Neliömassa		Neliömassa levymuotti	4
Paksuus	ISO 534	L & W paksuusmittari	4
Sileys	ISO 8791-4	Messner Buchel PPS-mittari	4
Tiheys		Laskettu	
Vesiabsorptio	ISO 535	Cobb	4 yp/ap
Öljyabsorptio	SCAN-P37:77	Karl Schröder KD D-6949	4 yp/ap

Standardit määrittelevät mittausperiaatteen, käytetyt laitteet, näytekappaleen valmistuksen, mittausten suorituksen ja tulosten ilmoittamisen. Kaikissa mittauksissa ei ollut standardia selvillä. Useimmat käytetyistä mittalaitteista olivat L & W eli Lorentzen & Wettre:n valmistamia. Taulukossa 1 näkyy viimeisessä sarakkeessa rinnakkaismittausten lukumäärä. Yleisimmin rinnakkaisia mittauksia otettiin 4 kappaletta ylä- ja alapuolelta.

Muutamissa mittauksissa mitattiin arvoja sekä paperin ylä- että alapuolelta. Näitä mittauksia kuvaa sarakkeessa yp/ap eli yläpuoli/alapuoli. Neliömassaa varten pa-



perista leikattiin 100 mm x 100 mm näytearkki, joka punnittiin. Neliömassa laskettiin jakamalla arkin massa arkin pinta-alalla. Tiheys laskettiin arkin neliömassa jaettuna arkin paksuudella. Alla on esitetty neliömassan laskukaava.

$$p_a = \frac{M}{A} \quad (1)$$

Kaavassa  $p_a$  on neliömassa,  $m$  arkin massa ja  $A$  on pinta-ala, joka on kaikille mittauksille sama. Pinta-alana käytettiin neliömassa muotin kokoa 10 x 10 cm eli 100 cm<sup>2</sup>.

### 3.2 Päällysteet

Ennen päällystyskokeiden aloittamista työssä tehtiin niin sanottua normaalia päällystyspastaa ominaisuuksien vertailua varten. Pastan tekeminen aloitettiin kaoliinin (Capim SP) eli pastan pääpigmentin dispergoinnilla. Apuna käytettiin pastaresepti laskuria. Dispergointi toteutettiin laittamalla astiaan kaoliini jauhetta ja sopiva määrä vettä. Seosta sekoitettiin voimakkaasti noin tunnin ajan, jonka jälkeen kaoliini oli valmis käyttöön. Lisäksi alussa tehtiin myös muita peruspastan ainesosia, kuten polyvinyylialkoholi-seos sekä CMC-seos.

Pastan tekeminen aloitettiin tutustumalla pastareseptilaskuriin. Laskuriin tuli ilmoittaa haluttu määrä pastaa. Sen jälkeen ainesosat, joita halutaan käyttää sekä niiden kuiva-ainepitoisuudet.

#### 3.2.1 Pastat

Työn aikana pastoja tehtiin kolme kappaletta ja niissä jokaisessa käytettiin samaa pääpigmenttiä eli kaoliinia. Sideaineita vaihdeltiin ja viimeiseen pastaan laitettiin sekaan erästä hyvänä barrier-dispersiona tunnettua ainetta. Pastojen valmistuksessa käytettiin apuna pastareseptilaskuria. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty pastojen koostumukset ja keskeiset ominaisuudet.

TAULUKKO 2. Päälylystypastojen ominaisuudet ja koostumukset

Pastojen ominaisuudet ja koostumukset		Pasta 1	Pasta 2	Pasta 3
Tavoite				
	Kokonaismäärä (g)	1000,0	1000,0	1000,0
	kuiva-ainepitoisuus -%	62,0	52,0	59,0
Toteutuma				
	kuiva-ainepitoisuus -%	61,9	50,7	59,0
	viskositeetti (mPas)	834,0	354,0	596,0
	Lisäveden määrä (g)	20,0	19,0	10,7
Pigmentti				
	Kaoliini (g)	875,1	739,0	833,0
Sideaineet				
	DL lateksi (g)	100,0	0,0	0,0
	CMC (g)	55,8	87,0	53,0
	PVA (g)	0,0	141,0	0,0
	Barrier 1 (g)	0,0	0,0	102,1
Lisäaineet				
	Dispergointiaine (g)	1,4	1,8	2,0

Taulukosta 2 nähdään tavoitellut ja toteutuneet määrät ja pitoisuudet. Tavoiteltu kokonaismäärä oli kaikilla pastoilla 1000 grammaa. Seuraavalla rivillä on esitetty tavoiteltu kuiva-ainepitoisuusprosentti. Toteutuma kohdassa on esitetty toteutuneet kuiva-ainepitoisuusprosentit, viskositeetti millipascalina sekä käytetty lisäveden määrä grammoina. Pastoja tehtiin kerralla siis kilon verran. Taulukosta 2 huomataan kuiva-ainepitoisuuden ja viskositeetin olevan korkein ensimmäisellä pastalla ja matalin toisella pastalla. Pigmentti kohdassa näkyy käytetyn kaoliinin määrä grammoina. Pastoissa pyrittiin käyttämään eri sideaineita, jotta saataisiin aikaan erilaisia tuloksia. Ensimmäisessä pastassa käytettiin pääpigmenttinä kaoliinia, sideaineina lateksia ja CMC:tä, sekä lisäaineena dispergointiainetta.

Toisen pastan valmistuksessa käytettiin muuten samaa kaavaa, mutta lisättiin polyvinyylialkoholia (PVA). PVA:n suuri määrä aiheutti kuiva-ainepitoisuuden laskua ja viskositeetin pienentymistä, jota yritettiin paikata lisäämällä CMC:tä. Kolmannen pastaan käytettiin pigmentin lisäksi Barrier 1 -kemikaalia ja CMC:tä. Lisäksi päälylystyksessä käytettiin pelkkää Barrier 1 -kemikaalia, 45 %, 40 % ja 30 % kuiva-ainepitoisuuksiin laimennettuja Barrier 1 -kemikaalia ja Barrier 2 -kemikaalia. Barrier 1 -kemikaali tuottaa paperiin veden ja rasvankesto barrierin. Se on

valmistajan mukaan kuumasaumautuva kemikaali. Jokaisen työssä käytetyn pastan tarkempi resepti on esitetty opinnäytetyön liitteessä 2.

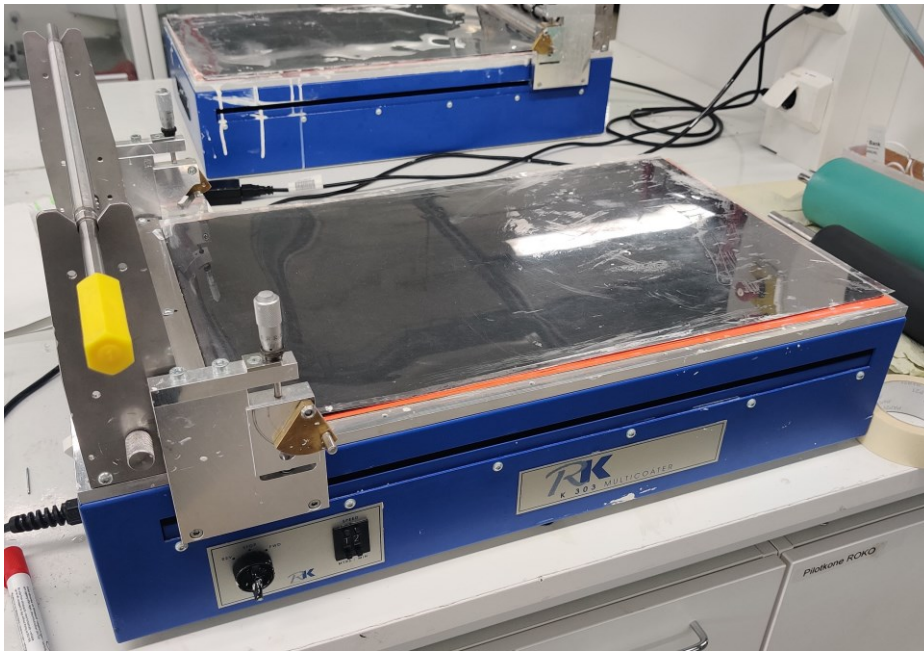
### **3.2.2 Barrier-päälystysaineet**

Työssä hyödynnettiin markkinoilla olevia TAMKin käyttöön tilattuja barrier-päälystysaineita, joita voi käyttää suoraan päälystämiseen. Sekä sauva- että fleks-päälystysajoissa kokeiltiin Barrier 2 -päälystysainetta sekä Barrier 1 -päälystysainetta, jota kokeiltiin kolmella eri kuiva-ainepitoisuudella. Barrier 1:n kuiva-ainepitoisuus oli alkuperäisenä 52 %, mutta kokeissa käytettiin myös 45 %, 40 % sekä 30 % kuiva-ainepitoisuuksien dispersioita. Laimennukset tehtiin lisäämällä vettä.

TAMKissa olevista markkinoilta löytyvistä barrier-päälystysaineista vain Barrier 1 soveltui fleksopäälystykseen. Barrier 2:lla suoritettiin vain muutamia päälystyksiä. Suurin osa kokeista tehtiin Barrier 1 -kemikaalilla ja sen laimennetuilla versioilla.

### **3.3 Sauvapäälystyskokeet**

Työn kokeellisen osuuden alussa valittiin kaksi pohjamateriaali näytettä, jotka päälystettiin sauvapäälystys tekniikalla. Tavoitteena oli valikoida sopivin pohjamateriaali sekä päälyste työn jatkoa varten. Lopputuotetta on tarkoitus voida käyttää elintarvikkeiden pakkauspaperina. Sauvapäälystyksessä käytettiin alla näkyvää RK K 303 Multicoater laitetta (Kuva 4). Päälystykseen aloittamiseksi sauva asetettiin laitteeseen ja valittiin sopiva päälystysnopeus.



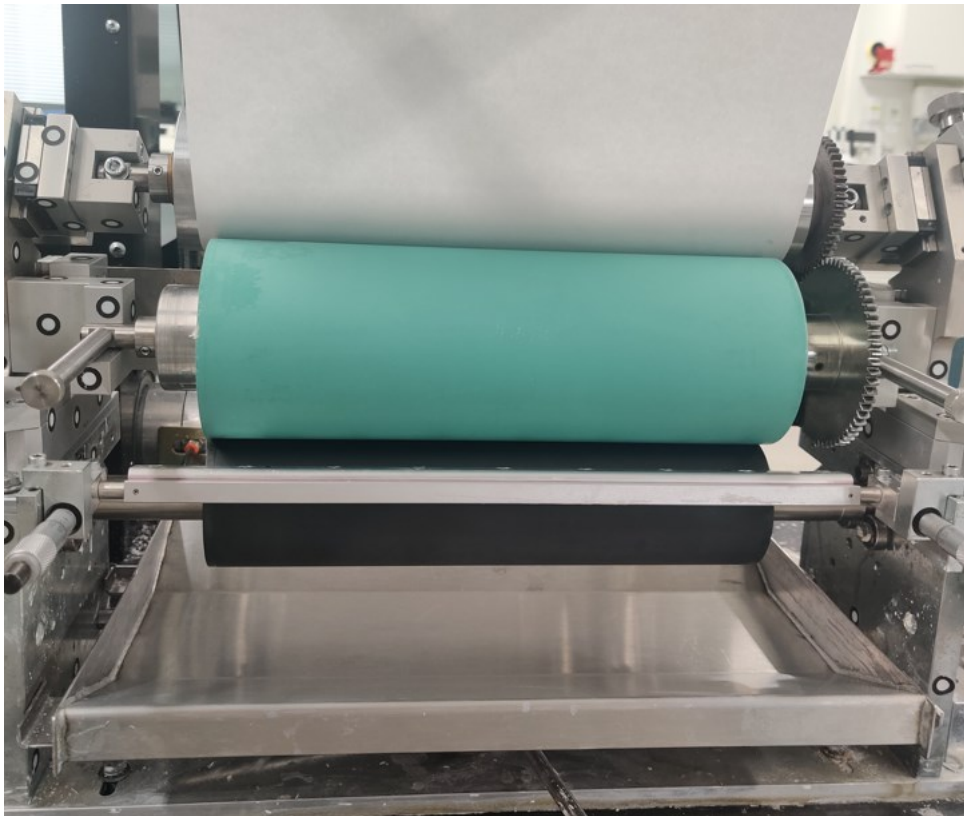
KUVA 4. Sauvapäälystyslaite

Päälystykseen alussa päälystettävä materiaali asetettiin laitteeseen päälystettävä puoli ylöspäin. Materiaalin alle laitettiin suojapaperi. Päälystettä lisättiin sauvan lähelle ruiskulla, jonka jälkeen päälystys käynnistettiin. Kun päälystys lopui, sauva irrotettiin laitteesta ja pestiin huolella.

### 3.4 Fleksopäälystyskokeet

Sauvapäälystyskokeiden jälkeen siirryttiin koeajamaan pastalaboratorion pilot-päälystyskonetta. Työn edetessä suunnitelmat ja tavoitteen hieman muuttuivat ja lopulta tarkoituksena oli laatia pilot-päälystyskoneelle käyttöohjeet sekä sopivat parametrit ajamiseen erilaisilla barrier-päälysteillä. Pilot-koneella kokeiltiin muutamaa kaupallista barrieria sekä laimennettuna, että alkuperäisenä. Kokeiden edetessä kuitenkin huomattiin, että vain yksi saatavilla olevista barrier-kemikaaleista on soveltuva fleksopäälystys käyttöön.

Koneen käyttö alkoi käynnistämällä päävirta ja tutustumalla laitteen olemassa oleviin käynnistysohjeisiin. Laitteeseen kiinnitettiin Anilox-tela sekä laattatela ja raakeliterä. Kuvassa 5 on esitetty fleksopäälystysyksikkö.



KUVA 5. Pilot-koneen fleksopäälystysyksikkö

Kuvasta 5 nähdään fleksopäälystysyksikön rakenne. Kuvassa etualalla oleva vihreä tela on polyuretaanitela eli laattatela. Laattatela ja sen yläpuolella oleva metallinen vastatela muodostavat nipin, jonka läpi paperirata kulkee. Laattatelan alapuolella on musta anilox-tela. Anilox-telan alapuolella on kaukalo, johon päälystysaine kaadetaan. Anilox-telan edessä on metallinen raakeliterä.

Seuraavaksi säädettiin paine sopivaksi, jonka jälkeen säädettiin parametrit kohdalleen niin, että rata pysyi paikoillaan ja päälystemäärä olisi sopiva. Sitten kaukaloon lisättiin päälystettä. Ohjaukskaapista ajo-ohjausnapeista käynnistettiin laite ja kuivaimet 1 ja 2. Tämän jälkeen koneen kyljessä olevasta ohjauspaneelistä alettiin säätämään ajonopeutta. Päälystyskaukalo asetettiin sopivalle korkeudelle, jotta tela osuu päälysteeseen. Kuvassa 6 on esitetty pilot-kone RK Koater. Opinnäytetyön liitteestä 1 löytyy koneen ajo-ohjeet päälystämiseen.



KUVA 6. Pilot-kone

Kuvassa 6 näkyy fleksopäällystyksessä käytetty pilot-kone. Kuvassa ylhäällä näkyy kuivaimet. Paperi on kiinnitetty aukirullauspukkiin, josta rata on viety koneen läpi. Kuvassa oikealla alhaalla näkyy fleksopäällystysyksikkö.

### 3.5 Barrier-ominaisuuksien mittaukset

Lopputuotteiden barrier-ominaisuuksia mitattiin laboratoriotestein. Testeillä mitattiin tuotteiden sileyttä, veden sekä öljyn absorptiota ja rasvankestävyyttä.

Vesihöyrynläpäisevyys testiä ei ollut mahdollista suorittaa TAMKin laboratoriossa, mutta se on kuvattuna teoreettisesti. Testit suoritettiin arkkien päällystetyltä puolelta ja niihin valittiin hyvinlaatuisimmat arkit.

#### 3.5.1 Vesiabsorptio

Papereiden vesiabsorptio mittaukset suoritettiin suurilta osin ISO 535 standardin mukaisesti. Kyseessä oli siis Cobb-arvon mittaaminen, jossa käytettiin standardista

poiketen kolmea määritystä 10 sijaan. Mittausaikana testissä käytettiin 60 sekuntia. Tuloksena saatiin paperin sisään absorboituneen veden määrä pinta-alaa kohden g/ m<sup>2</sup> yksikössä.

Testin alussa lopputuotteista leikattiin neljä 14 x 14 cm kappaletta, jotka punnittiin. Punnituksen jälkeen tuotteet asetettiin sylinterin alle ja kaadettiin sinne 100 ml vettä. Samalla aloitettiin ajan ottaminen. Kun 60 sekuntia oli kulunut, vesi kaadettiin pois ja tuote irrotettiin sylinteristä. Tuote asetettiin imupapereiden väliin kuivumaan ja ylimääräinen vesi rullattiin yhdellä edestakaisella rullauksella pois tuotteesta. Välittömästi rullauksen jälkeen tuote punnittiin. Punnituksen tulos vähennettiin alkuperäisen näytteen massasta ja kerrottiin 100 standardin mukaisesti. Lopputuloksena käytettiin neljästä rinnakkaismittauksesta saatua keskiarvoa.

### **3.5.2 Öljyabsorptio**

Öljyabsorptiota mitattiin SCAN-p37:77 standardin mukaisesti. Lopputuotteista leikattiin 14 x 14 cm näytteitä neljä kappaletta. Näytteet punnittiin, jonka jälkeen ne asetettiin öljyä täynnä olevan kupin ja kannen väliin. Kuppi käännettiin ylösalaisin ja annettiin olla 25 sekuntia. Tämän jälkeen näytteestä pyyhittiin suurimmat öljyt pois ja punnittiin. Punnituksen tulos vähennettiin alkuperäisestä massasta ja jaettiin 0,010 standardin mukaisesti. Lopputuloksena käytettiin neljän rinnakkaisen mittauksen keskiarvoa.

### **3.5.3 Rasvankestävyys**

Päällystetyn tuotteen rasvankestävyyttä mitattiin Kit-testillä. Testi tehtiin Tappi T559 standardin mukaisesti. Testissä tehtiin kaksitoista erilaista rasvaseosta, jotka sisälsivät eri määriä risiiniöljyä, n-heptaania sekä tolueenia. Rasvaseosten valmistuksen jälkeen näytteet altistettiin niille. Tolueeni ja n-heptaani tunnetaan vahvoina liuottimina, joten liuosten valmistus sekä testit suoritettiin vetokaapissa. Taulukossa 3 on esitetty seosten sisältö.

TAULUKKO 3. Kit-liuos sarja

Kit Nro	Risiiniöljy, g	Tolueeni, ml	n-heptaani, ml
1	9,69	0,0	0,0
2	8,72	0,5	0,5
3	7,75	1,0	1,0
4	6,78	1,5	1,5
5	5,81	2,0	2,0
6	4,84	2,5	2,5
7	3,87	3,0	3,0
8	2,91	3,5	3,5
9	1,93	4,0	4,0
10	0,97	4,5	4,5
11	0	5,0	5,0
12	0	4,5	5,5

Taulukossa 3 vasemmassa sarakkeessa on esitetty Kit-liuoksen numero. Ensimmäinen liuos on heikoin ja 12 vahvin. Testiä varten leikattiin (viisi 51 mm x 152 mm) paperinäytettä. Näytteille tiputettiin yksi tippa yhtä Kit-liuosta kerrallaan. Alvistus kesti 15 sekuntia per tippa. Tämän jälkeen tippa pyyhittiin pois näytteen päältä. Tuloksia tutkittiin heti tämän jälkeen. Rinnakkaisnäytteitä tehtiin jokaisella seoksella viisi kappaletta. Testiä ei läpäise, jos näytteeseen tulee pienikin tummempi jälki. Jos jälkeä ei tule, siirrytään seuraavaan liuokseen, joka tiputetaan testaamattomalle kohdalle näytettä. Testaaminen aloitettiin liuosten keskivaiheilta ja siirryttiin kohti ala- tai yläosan liuoksia.

### 3.5.4 Vesihöyrynläpäisevyys

Vesihöyrynläpäisevyydestä ei onnistuttu suorittamaan TAMKin laboratoriossa. Testi olisi suoritettu standardin ISO 2528 mukaisesti. Menetelmän avulla mitataan barrier-kerroksen vesihöyryn pidätyskykyä tietyssä olosuhteessa. Testin alussa olisi lopputuotteista leikattu 5 pyöreää ja halkaisijaltaan 95 mm näytettä. Näytteet olisi laitettu barrier-kerros ylöspäin muovisen astian pohjalle, jossa olisi ollut kalsiumkloridia.



Näytteiden keskelle olisi laitettu sylinteri, jonka jälkeen reuna olisi sinetöity tiiviiksi vahaseoksella. Vahan jähmettymisen jälkeen sylinteri olisi poistettu. Sitten näytteiden olisi annettu olla yön yli ennen mittausten aloittamista. Näytteiden massaa olisi seurattu kerran vuorokaudessa, kunnes vesihöyrynsiirtymisnopeus olisi saavuttanut vakioarvon. Tuloksena käytettäisiin painon muutosta ajan funktiona jokaiselle rinnakkain otetulle näytteelle.

### **3.5.5 Kuumasaumautuvuus**

Kuumasaumattavuus testattiin leikkaamalla päällystetystä paperista noin 3 cm leveitä liuskoja, jotka taiteltiin päällystetty puoli vastakkain. Liuska asetettiin kahden lämpölevyn väliin. Levyjen lämpötila oli noin 180°C. Minuutin välein 15 min ajan tarkastettiin, onko tapahtunut kuumasaumautumista.

Kuumasaumautuminen testataan repimällä paperia vastakkaisiin suuntiin yrittäen saada sauma pettämään. Testin mukaan sauman pitävyys jaetaan asteikoille 0-4, jossa 0 tarkoittaa, ettei saumautumista ole saavutettu, 1 että on saumautunut mutta irtoaa helposti, 2 pitää vähän paremmin kuin 1, 3 irtoaa mutta vain osittain tai vähän ja 4 ei irtoa ollenkaan.

### **3.6 Yleisten laatusuureiden mittaukset**

Barrier-ominaisuuksien lisäksi papereista tutkittiin muitakin suureita. Näitä olivat ilmanläpäisevyys yksikössä  $\mu\text{m}/\text{pas}$ , pinnan karheus/sileys mikroneina, päällystämäärä  $\text{g}/\text{m}^2$  sekä päällystekerroksen paksuus yksikössä  $\mu\text{m}$ .

Mittaukset suoritettiin TAMKin vakiokosteushuoneessa, jossa lämpötila oli +23°C ja ilmakeuhuus RH 50 %. Päällystetyillä arkeilla mittaukset tehtiin parhaiten onnistuneille näytteille paperin päällystetylle puolelle.

### 3.6.1 Ilmanläpäisevyys ja pinnan sileys

Paperin pinnan sileyttä ja ilmanläpäisevyyttä tutkittiin Messner Buchel PPS-mittarilla ISO 8791-4 standardin mukaisesti. Kuvassa 7 on esitetty sileys/ilmanläpäisevyys mittari.



KUVA 7. Pinnan ilmanläpäisevyyden sekä sileyden mittari.

Näyte asetettiin kuvan 7 laitteessa olevien kahden levyn väliin, jonka jälkeen asetettiin CP arvo ja valittiin mittattava suure ja peräkkäisten mittausten määrä. Työssä käytettiin CP arvoa 1000 molemmissa mittauksissa. Laite puristi paperin osien väliin ja määrittä halutun suureen. Peräkkäisiä mittauksia kullekin paperille suoritettiin neljä useasta kohtaa paperia ja tuloksena käytettiin näiden keskiarvoa. Laite mittasi kerrallaan vain joko ilmanläpäisevyyden tai sileyden. Kummallakin mittauksella tulee olla oma ala- ja ylälevy, jotta mittaukset onnistuvat oikein.

### 3.6.2 Päälystemäärän määrittäminen

Päälystemäärä  $g/m^2$  määritettiin punnitsemalla ja leikkaamalla kuvan 8 mukainen pyöreä näyte pinta-alaltaan  $100\text{ cm}^2$ . Pala asetettiin vaa`alle kuvan 8 mukaisesti ja odotettiin lukeman tasaantumista.



KUVA 8. Päälystetyn paperin punnitseminen

Päälystemäärä laskettiin vähentämällä päälystetyn paperin paino ja päälystämättömän paperin paino toisistaan ja kertomalla pinta-alalla. Päälystemäärän tuloksessa käytettiin neljän rinnakkaismittauksen keskiarvoa.

### 3.6.3 Paksuusmittaus

Päälystysaineen paksuus yksikössä  $\mu\text{m}$  määritettiin L & W-paksuusmittarilla. Näyte asetettiin paksuusmittarin tasojen väliin. Mittari määrittää näytteen paksuuden puristamalla paperia.

Päälystysaineen paksuus laskettiin vähentämällä päälystetyn paperin paksuus päälystämättömän paperin paksuudesta. Mittauksia tehtiin neljä jokaiselle näytteelle ja tuloksena käytettiin näiden keskiarvoa.

### 3.6.4 Pinholes -testi

Pinholes -testin avulla määritettiin, paljonko reikiä päälystyksessä on  $\text{kpl}/\text{m}^2$ . Työssä pinholes testi suoritettiin ohjaavan opettajan ohjeistuksella sekoittamalla punaista elintarvikeväriä 70 % vahvaan etanolin liuokseen. Liuosta siveltiin paperin päälystetylle pinnalle kolme raitaa leveyssuunnassa paperin koko pituudelta ja annettiin liuoksen imeytyä viiden minuutin ajan. Tämän jälkeen laskettiin kääntöpuolelta pisteiden määrä. Kuvassa 9 näkyy esimerkki suorituksesta.



KUVA 9. Pinholes -testi

Pisteet ovat kohtia, joista etanoli on päässyt paperin läpi. Punainen väri auttaa erottamaan pisteet paremmin. Pisteiden tarkastelu suoritettiin paljain silmin, mutta siinä olisi voinut myös hyödyntää mikroskooppia. Testit suoritettiin kaikille sauvapäälystetyille papereille ja muutamalle fleksopäälystetyille paperille.

## 4 TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 Pohjapapereiden mittaustulokset

Pohjapapereiden keskeisiä ominaisuuksia mitattiin, jotta saatiin vertailutuloksia päällystetyille mittaustuloksille. Papereista mitattiin niitä ominaisuuksia, joiden uskottiin olevan oleellisia ja mihin tulisi tehdä muutoksia päällystettäessä. Päällystys vaikuttaa paperin optisiin ominaisuuksiin, mutta ne jätettiin pois sillä tutkimuksen kohteena olivat barrier-ominaisuudet. Alla taulukossa 4 on esitetty pohjapapereiden mittaustuloksia.

TAULUKKO 4. Pohjapapereiden mittaustuloksia.

Pohjapaperi 1	sileys	karheus	ilmanläpäisevyys	Cobb 60	kosteus	neliomassa	tiheys	Unger 30	Kit testi	paksuus
	µm	ml/min	µm/Pas	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	g/m <sup>2</sup>		µm
1yp	1,2	90,0	1,4	33,4	94,2	55,0	890,0	31,2		61,9
2yp	1,2	90,0	1,7	32,3	94,2	55,0	890,0	22,5	ei kestänyt	61,8
3yp	1,2	90,0	1,4	31,0	94,2	55,0	890,0	28,6	1. risiäniöljy	62,0
4yp	1,2	90,0	1,5	35,3	94,2	55,0	890,0	28,4	liuosta	62,1
keskiarvo	1,2	90,0	1,5	33,0	94,2	55,0	890,0	27,4	0,0	62,0
Pohjapaperi 1										
1ap	1,1	60,0	1,1	33,5	94,2			30,6		
2ap	1,1	60,0	1,1	35,6	94,2			13,2		
3ap	1,2	60,0	1,1	30,4	94,2			31,5		
4ap	1,1	60,0	1,1	29,3	94,2			26,2		
keskiarvo	1,1	60,0	1,1	32,2	94,2			25,4	0,0	
Pohjapaperi 2										
Pohjapaperi 2	sileys	karheus	ilmanläpäisevyys	Cobb 60	kosteus	neliomassa	tiheys	Unger 30	Kit testi	paksuus
	micron	ml/min	µm/Pas	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	g/m <sup>2</sup>		µm
1yp	1,2	90,0	1,1	42,2	94,5	44,4	819,8	26,5		54,2
2yp	1,2	90,0	0,8	38,9	94,5	42,9	808,8	37,6		53,0
3yp	1,2	90,0	1,1	39,0	94,5	43,5	817,4	27,8	ei kestänyt	53,2
4yp	1,2	90,0	1,0	40,0	94,5	43,3	811,3	21,2	1.risiäniöljy	53,0
keskiarvo	1,2	90,0	1,0	40,0	94,5	43,5	814,3	30,6	0,0	53,4
Pohjapaperi 2										
1ap	1,2	51,0	1,6	45,3	94,5			28,0		
2ap	1,2	52,0	1,5	44,0	94,5			30,3		
3ap	1,2	52,0	1,7	42,0	94,5			27,1		
4ap	1,1	52,0	1,7	44,0	94,5			26,6		
keskiarvo	1,2	52,0	1,6	43,8	94,5			28,5	0,0	

Taulukossa 4 vasemmassa sarakkeessa on ilmoitettu paperilaji ja yp eli paperin yläpuoli ja ap eli alapuoli. Mittauksia tehtiin paperien molemmin puolin sekä useita rinnakkaismittauksia. Neljän rinnakkaismittauksen alapuolelle on laskettu mittauksien keskiarvo. Taulukossa vesiabsorptio on ilmoitettu Cobb 60 sarakkeessa ja öljyabsorptio Unger 30 sarakkeessa. Taulukosta nähdään, että Pohjapaperi 1:llä on hieman paremmat esto-ominaisuudet eli vesi- ja öljyabsorptio kuin Pohjapaperi 2:lla. Papereiden sileys, karheus, kosteusprosentti ja ilmanläpäisevyys ovat tasaiset.

Neliömassa on Pohjapaperi 1:llä 55 g/m<sup>2</sup>, kun taas Pohjapaperi 2:lla 44 g/m<sup>2</sup>. Neliömassan ollessa suurempi Pohjapaperi 1:llä, sen voidaan olettaakin kestävä-  
vän paremmin vettä ja öljyä päällystämättömänä. Myös tiheys ja paksuus ovat Pohjapaperi 1:llä suuremmat. Pohjapaperi 1 absorptioi vettä yläpuolelta 33 g/m<sup>2</sup>, kun taas Pohjapaperi 2 40 g/m<sup>2</sup>. Ero on iso Pohjapaperi 1:n eduksi. Myös öljyabsorptio on parempi Pohjapaperi 1:llä. Molemmista papereista meni läpi Kit-testin ensimmäinen liuos eli risiiniöljyliuos, joten niiden rasvankestokyky ilman barrier-päällystettä oli heikkoa, niin kuin saattoi olettaakin.

Papereiden ylä- ja alapuolelta otettujen mittausten tulokset eivät juurikaan eronneet toisistaan. Barrier-päällysteen tulisi siis erityisesti parantaa paperien rasvankestokykyä, vesiabsorptiota sekä muun muassa ilmanläpäisevyyttä.

#### 4.2 Sauvapäällystyksen mittaustuloksia

Sauvapäällystystä suoritettiin kolmella eri päällystyspastalla sekä lisäksi pelkällä Barrier 1 dispersiolla. Sauvana käytettiin pienintä mahdollista sauvaa eli keltaista sauvaa (Kuva 10). Pastalla numero 2 kokeiltiin myös karheampaa sauvaa eli kuvan 10 punaista sauvaa. Pienin sauva valittiin koulun suosituksista. Karheamman eli paksumman sauvan testeillä pyrittiin selvittämään sauvassa olevien urien koon vaikutusta päällystystulokseen. Sauvojen tiedot on ilmoitettu kuvassa 10.

**K sauvojen standardi arvot**

Sauvan No.	Väri koodi	Viiran halkaisija		määrän filmin kertymä	
		mm	ins	μ	ins
0	Valkoinen	0,05	0,002	4	0,00015
1	Keltainen	0,08	0,003	6	0,00025
2	Punainen	0,16	0,006	12	0,0005
3	Vihreä	0,31	0,012	24	0,0010
4	Musta	0,51	0,020	40	0,0015
5	Horn	0,64	0,025	50	0,0020
6	Orange	0,76	0,030	60	0,0025
7	Ruskea	1,00	0,040	80	0,0030
8	Sininen	1,27	0,050	100	0,0040
9	Kellanuskea	1,50	0,060	120	0,0050

KUVA 10. Päällystys sauvojen arvoja

Ensimmäisessä sauvassa metallilankojen etäisyys toisistaan on kuvan 10 mukaisesti 0,05 mm ja toisessa 0,08 mm. Niin sanottua paksumpaa sauvaa on kuvattu kirjaimella P. Taulukossa 5 on esitettyä sauvapäällystyksen tuloksia Pohjapaperi 1:llä.

TAULUKKO 5. Sauvapäällistyksen tuloksia Pohjapaperi 1:llä

Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1	Pohjapaperi 1,1
#	resepti	Cobb 60 g/m <sup>2</sup>	Sileys µm	Unger 30 g/m <sup>2</sup>	kit testi	Ilmanläpäisevyys µm/pas	Päällisteen paksuus µm	Päällistemäärä g/m <sup>2</sup>
a	1	26,9	1,0	8,4		1,4	2,6	8,4
b	1	28,1	1,0	6,6		1,0	2,7	8,0
c	1	26,5	1,0	7,5		1,4	2,6	7,9
d	1	27,6	1,0	8,2		1,2	2,9	8,0
ka	1	27,3	1,0	7,7	3,0	1,2	2,7	8,1
Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2	Pohjapaperi 1,2
a	2	22,0	1,1	10,0		1,1	3,7	8,1
b	2	24,0	1,1	9,0		1,3	2,4	8,2
c	2	16,0	1,1	7,7		1,2	2,8	8,0
d	2	22,0	1,1	8,1		1,2	2,2	7,7
ka	2	21,0	1,1	8,7	2,0	1,2	2,8	8,0
Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P	Pohjapaperi 1,2 P
a	2	24,7	1,1	9,0		0,4	4,7	4,4
b	2	24,0	1,1	6,0		0,3	4,0	6,0
c	2	23,4	1,1	10,0		0,3	3,4	5,0
d	2	24,0	1,1	7,0		0,4	4,2	5,5
ka	2	24,0	1,1	8,0	4,0	0,3	4,1	5,2
Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3	Pohjapaperi 1,3
a	3	29,3	1,1	5,0		1,6	1,3	6,5
b	3	30,5	1,1	8,7		1,2	2,3	6,6
c	3	26,1	1,1	9,0		1,3	3,9	6,7
d	3	27,4	1,1	6,9		1,3	4,1	6,4
ka	3	28,3	1,1	7,4	7,0	1,3	2,9	6,6
Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B	Pohjapaperi 1 B
a	R	25,4	1,1	6,2		0,4	0,8	3,9
b	R	25,4	1,0	4,8		0,6	1,7	3,8
c	R	26,6	1,1	6,9		0,5	2,4	3,9
d	R	26,2	1,1	6,9		0,4	1,9	2,9
ka	R	25,9	1,0	6,2	12,0	0,5	1,7	3,6

Taulukossa 5 vasemmassa sarakkeessa on esitetty rinnakkaismittausten määrä ja seuraavassa sarakkeessa pastareseptin numero. Pohjapaperi 1,1 viittaa pastaan numero 1 ja Pohjapaperi 1,2 pastaan numero 2 ja niin edelleen. Tuloksista nähdään, että vesiabsorptio oli paras pastalla 2 eli 21 g/m<sup>2</sup> ja huonoin pastalla 3 eli 28,3 g/m<sup>2</sup>. Sileys ei merkittävästi muuttunut päällystyksen aikana. Öljyabsorptio oli paras pelkällä Barrier 1 -dispersiolla ja huonoin pastalla 2. Kit-testi osoittaa, että Barrier 1 muodostaa paperin pintaan rasvaa hylkivän kerroksen. Barrier 1:llä päällystetty paperi läpäisi kaikki kit-testin liuokset, joten se on täysin rasvan kestävä. Heikoiten suoriutui peruspasta 2, joka ei kestänyt kuin kaksi heikointa liuosta.

Ilmanläpäisevyys pieneni huomattavasti Barrier 1:n ja pastan 1 välillä. Päällystettä saatiin aluksi noin 8 g/m<sup>2</sup>. Barrier 1 oli huomattavasti muita juoksevampaa ja tarttui heikommin paperiin. Sen päällystemäärä oli joukon pienin 3,6 g/m<sup>2</sup>. Pastalla 2 tehtiin testi, jossa kokeiltiin vaihtaa paksumpaan eli karheampaan sau-

vaan. Paksumpi sauva aiheutti huomattavasti enemmän viirutusta ja levitti muutenkin heikommin pastaa paperille. Tuloksetkin olivat heikommalla karkeammalla sauvalla ja päällystekerros selvästi epätasaisempi. Tämä huomataan päällystekerroksen paksuudesta ja päällystemäärästä.

Taulukossa 6 on kuvattu sauvapäällystyksen tuloksia Pohjapaperi 2:lla. Tuloksia vertaillaessa huomataan Pohjapaperi 1:n olevan sopivampaa barrier-pakkaus käyttöön.

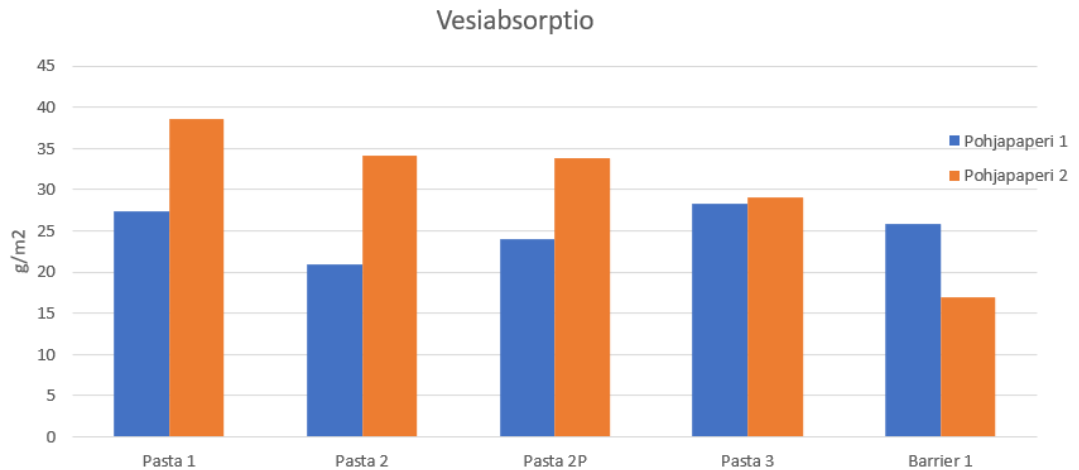
### TAULUKKO 6. Sauvapäällystyksen tuloksia Pohjapaperi 2:lla

Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1	Pohjapaperi 2,1
#	resepti	Cobb 60 g/m <sup>2</sup>	Sileys µm	Unger 30 g/m <sup>2</sup>	kit testi	Ilmanläpäisevyys µm/pas	Päällysteen paksuus µm	Päällystemäärä g/m <sup>2</sup>
a	1	34,6	1,0	7,2		1,1	4,2	2,8
b	1	39,7	1,0	7,1		1,1	4,4	2,9
c	1	35,5	1,0	7,3		1,1	5,0	3,3
d	1	44,0	1,0	15,4		1,1	4,9	2,5
ka	1	38,5	1,0	9,3	0	1,1	4,6	2,9
a	2	34,0	1,1	12,0		1,2	2,3	6,0
b	2	33,3	1,1	16,0		1,3	2,2	6,1
c	2	35,0	1,1	7,0		1,2	2,3	6,2
d	2	34,0	1,1	11,0		1,2	2,3	5,6
ka	2	34,1	1,1	11,5	3,0	1,3	2,3	6,0
a	2 P	32,0	1,0	12,0		0,4	2,3	3,2
b	2	36,0	1,0	17,0		0,4	4,0	4,2
c	2	31,0	1,0	16,0		1,0	4,4	3,3
d	2	36,0	1,0	14,0		0,3	2,0	4,0
ka	2	33,8	1,0	14,8	0,0	0,5	3,2	3,7
a	2,3	30,7	1,0	14,0		0,3	4,0	7,0
b	3	29,1	1,0	10,3		0,3	4,4	6,8
c	3	30,3	1,0	10,2		0,3	5,4	6,5
d	3	26,3	1,0	18,9		0,4	3,0	7,1
ka	3	29,1	1,0	13,4	2,0	0,3	4,2	7,0
a	R	16,1	1,0	7,6		0,3	2,9	3,6
b	R	14,8	1,0	7,6		0,3	1,6	3,3
c	R	19,4	1,0	8,4		0,4	3,1	3,4
d	R	17,1	1,0	7,8		0,4	2,7	3,6
ka	R	16,9	1,0	7,9	12,0	0,3	2,6	3,5

Taulukossa 6 on esitetty vasemmalla eri päällysteet sekä rinnakkaismittaukset kirjaimilla a-d. Jokaisen päällysteen alin rivi ilmoittaa rinnakkaismittausten keskiarvon (ka). Pohjapaperi 2:lla vesiabsorptio on selvästi paras Barrier 2:lla päällystettynä 16,9 g/m<sup>2</sup>, kun taas huonoin ensimmäisellä pastalla eli 38,5 g/m<sup>2</sup>. Sileys pysyi melkein muuttumattomana eri päällysteitä käytettäessä. Öljyabsorptio oli paras Barrier 1:llä, niin kuin myös ilmanläpäisevyys. Suurin päällystekerros saavutettiin pastalla 3. Kit-testissä parhaiten selviytyi Barrier 1:llä päällystetty paperi kestäen kaikki liuokset.

Vertaillaan seuraavaksi Pohjapaperi 1:n ja Pohjapaperi 2:n tuloksia. Otetaan ensimmäisenä vertailuun paperien vesiabsorptiot. Alla olevassa kuviossa 1 on esitetty Pohjapaperi 1:n vesiabsorptioiden arvoja sinisellä ja Pohjapaperi 2:n arvoja punaisella.

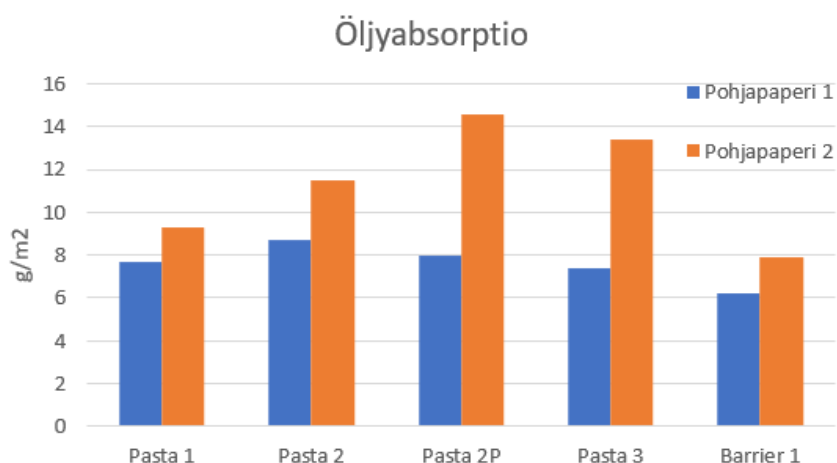




KUVIO 1. Vesiabsorptiot molemmilla papereilla eri pastoilla

Kuviosta 1 nähdään sinisellä Pohjapaperi 1:n absorboivan vähemmän vettä kaikilla muilla pastoilla paitsi pelkällä Barrier 1:llä. Barrier 1:llä päällystetty Pohjapaperi 2 ottaa yllätys voiton, kun muistetaan Pohjapaperi 1:n parempi vesiabsorptio tulos myös täysin päällysteettömänä. Tulokseen voi vaikuttaa kokeen toistettavuuden ongelmat. Muuten Pohjapaperi 1 pärjasi paremmin jokaisella pastalla. Pohjapaperi 1 paremmat tulokset voi osittain selittää sen suurempi neliömassa ja tiiviimpi rakenne. Tuloksista huomataan myös, että paksummalla sauvalla päällystettäessä Pohjapaperi 1:n vesiabsorptio on huonontunut. Paksun sauvan käytössä todettiin sen siirtävän pienemmän kerroksen päällystettä paperiin.

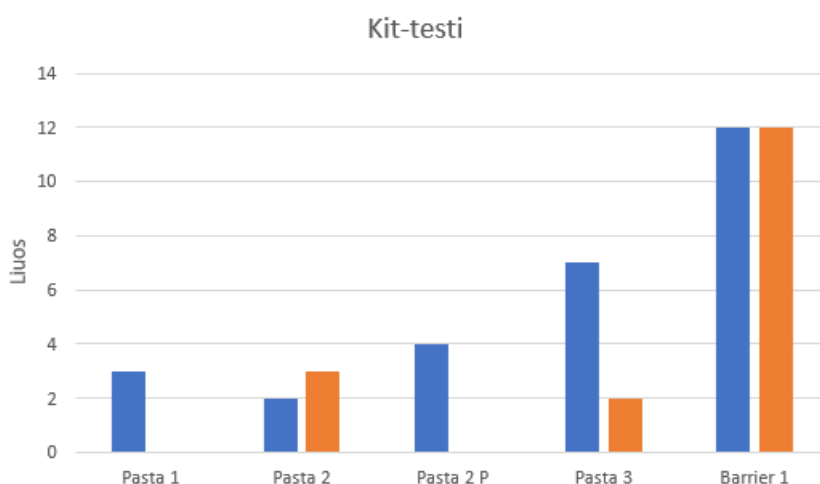
Seuraavana verrataan molempien papereiden öljyabsorptioita. Kuviossa 2 on havainnollistettu arvoja kuvaajalla.



KUVIO 2. Öljyabsorptiot vertailussa

Kuviosta 2 huomataan, että Pohjapaperi 2 imee itseensä selvästi enemmän öljyä kuin Pohjapaperi 1. Pastasta 1 lähtien Pohjapaperi 1:n öljyabsorptio paranee melkein lineaarisesti Barrier 1:een asti. Pohjapaperi 2:lla taas tulokset jakautuvat enemmän. Barrier 1:llä päällystetyt paperit suoriutuivat tästäkin testistä parhaiten. Pohjapaperi 2:lla pastalla 2 käytetty paksumpi sauva loi selvästi heikoimman suojan öljyä vastaan.

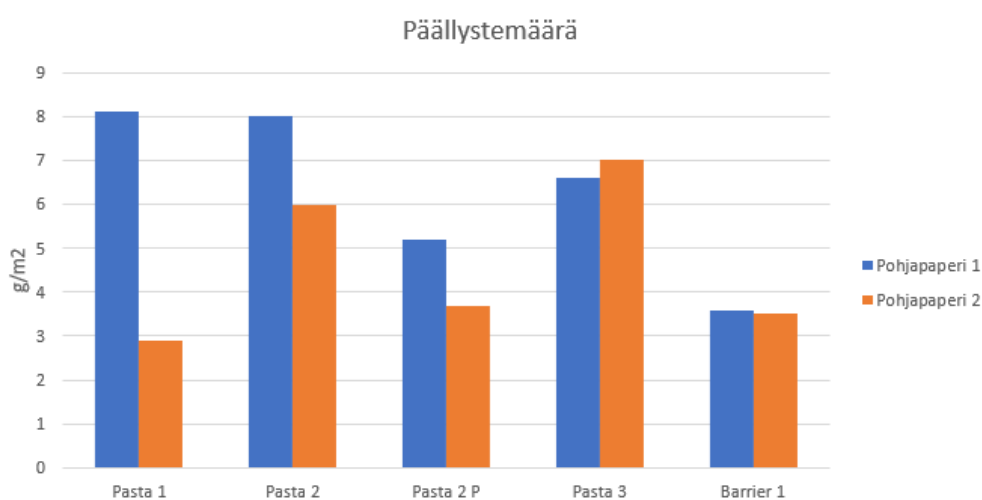
Kit-testin tuloksia verrataan kuviossa 3. Pohjapaperi 1:n arvot on esitetty sinisellä ja Tervakosken paperin arvot punaisella.



KUVIO 3. Kit-testin tuloksia

Kuviossa 3 on esitetty vasemmalla pystyakselilla liuoksen numero ja vaaka-akselilla pasta. Huomataan, että pastalla 1 ja pastalla 2 paksulla sauvalla päällystetyt Pohjapaperi 2:den 2 pastan näytteet eivät kestäneet edes ensimmäistä liuosta eli pelkkää risiiniöljyliuosta. Muutenkin molempien papereiden pastoilla 1 ja 2 päällystetyt paperit suoriutuivat heikosti tästä testistä. Pastalla 3 Pohjapaperi 1:n tulos alkoi selvästi parantua, sen kestänyt jopa 7 liuoksen. Kolmannella pastalla päällystetty Pohjapaperi 2 kesti vain 2. liuokseen asti. Molemmilla papereilla Barrier 1 -dispersiolla päällystys toi kuitenkin erinomaisen rasvasuojan, sillä molemmat paperit kestivät tällöin kaikki 12 liuosta. Nämä kaksi Barrier 1:llä päällystettyä näytettä soveltuisivat siis suojaamaan esimerkiksi rasvaista ruokaa hyvin.

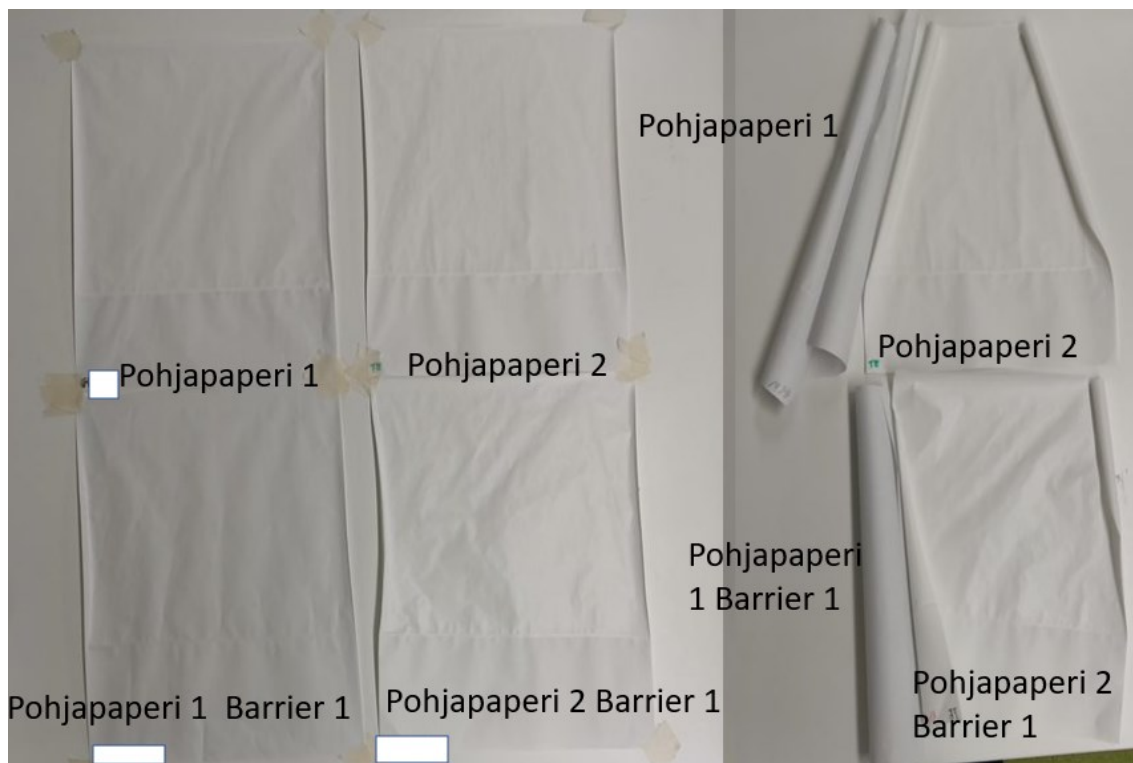
Vertaillaan lopuksi vielä saatuja päällystemääriä. Kuviossa 4 on esitetty paperien päällystemäärät yksikössä  $\text{g}/\text{m}^2$ .



KUVIO 4. Papereiden päällystemäärät

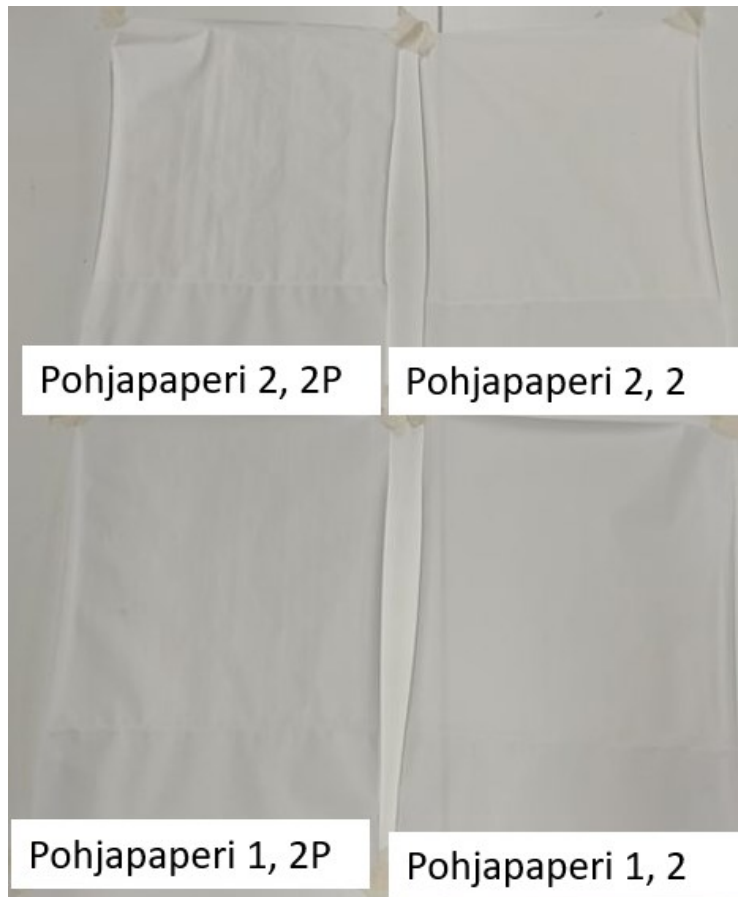
Kuviosta 4 nähdään, että päällystemäärät ovat tasaiset paperien välillä. Ensimmäisellä pastalla nähdään suurta eroa papereiden välillä. Muuten nähdään, että pastoilla 1–3 päällystemäärät olivat suuremmat kuin Barrier 1:llä. Tämä johtuu luultavasti Barrier 1:n alhaisemmasta kuiva-ainepitoisuudesta ja suuresta juoksevuudesta. Kuitenkin muihin testeihin verrattuna Barrier 1:n päällystemäärää voidaan silti pitää sopivana, koska testien tulokset ovat olleet verrattain hyviä. Normaaleilla päällystypastoilla onnistuttiin saavuttamaan paksummat kerrokset paperin pintaan.

Seuraavaksi esitetään muutamia kuvia, joista näkee papereiden käyttäytymistä päällystyksen jälkeen. Kuvasta 11 nähdään, kuinka paperit ovat rypistyneet päällystyksen seurauksena. Molemmat paperilajit on tarkoitettu konelinjalla päällystämiseen, joten sauvapäällystyksessä ne rypistyivät. Pohjapaperi 1 käyristyy selkeästi voimakkaammin kuin Pohjapaperi 2.



KUVA 11. Paperit päällystyksen jälkeen

Paksumman sauvan aiheuttamat viirut paperin pintaan on esitetty kuvassa 12. Paksummalla sauvalla päällystettyä paperia on kuvattu kirjaimella P. Paperilajin jälkeen ensimmäinen numero ilmoittaa päällysteaine reseptin ja jälkimmäinen näytteen numeron.



KUVA 12. Paksulla sauvalla päällystettäessä syntyi viiruja

Pohjapaperi 2:ssa on selkeämmin nähtävissä viiruttaminen (Kuva 12). Paperin visuaalisuus, optiset ominaisuudet, sekä pinnan tasaisuus kärsivät paksummalla sauvalla päällystämisestä.

Yhteenvetona sauvapäällystyksen tuloksista tultiin siihen johtopäätökseen, että Pohjapaperi 1 on paremmin soveltuva jatkoa ajatellen. Tämän takia ja näiden tulosten perusteella päätettiin jättää Pohjapaperi 2 pois ja keskittyä pelkän Pohjapaperi 1:n päällystämiseen pilot-koneella. Syitä tähän ratkaisuun oli Pohjapaperi 1:n parempi käsiteltävyys, suurempi paksuus ja käyttäytyminen.

### 4.3 Fleksopäällistyksen mittaustuloksia

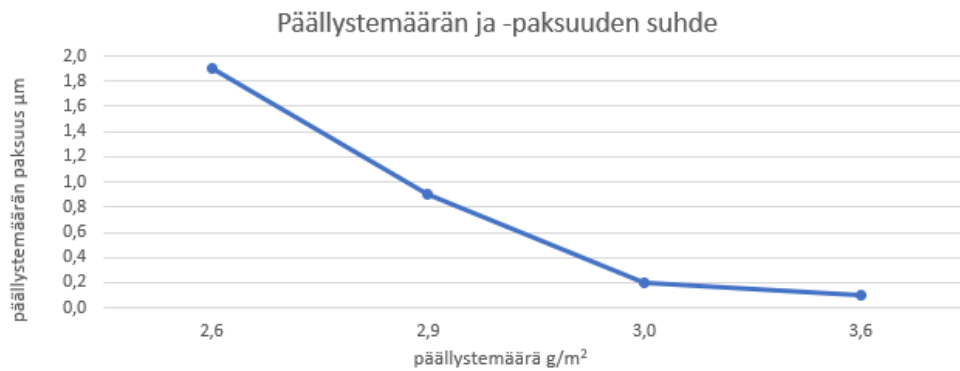
Sauvapäällistyksen jälkeen aloitettiin pilot-koneeseen tutustuminen ja oikeiden ajoparametrien etsiminen. Aluksi kokeiltiin Pohjapaperi 2:lla ajamista, mutta lopulta päädyttiin suorittamaan merkittävimmät testit kokonaan vain Pohjapaperi 1:llä. Pohjapaperi 2:n käyttäytyminen pilot:illa sekä paperin alhainen paksuus vaikuttivat tähän ratkaisuun. Barrier-päällysteena käytettiin Barrier 1 dispersiota sen eri pitoisuuksina. Taulukossa 7 alla on esitetty saatuja tuloksia.

TAULUKKO 7. Fleksopäällistyksen tulokset Pohjapaperi 1:llä Barrier 1 käyttäen

#	Cobb 60 g/m <sup>2</sup>	Sileys µm	Unger 30 g/m <sup>2</sup>	kit testi tappi t 559	Ilmanläpäisevyys um/pas	Paällysteen paksuus µm	Paällystemäärä g/m <sup>2</sup>	Kuumasaumatuus
Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1	Pohjapaperi 1 B1
1	23,30	1,11	15,35	12	0,04	2,72	3,47	
2	27,58	1,14	17,18	6	0,07	1,03	1,83	
ka	25,44	1,13	16,26	9	0,06	1,88	2,65	0,0
Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%	Pohjapaperi 1 B 45%
1	25,50	1,29	5,13	6	0,08	0,05	2,38	0,0
2	26,70	1,98	8,50		0,05	0,25	3,58	0,0
ka	26,10	1,64	6,81	6	0,07	0,15	2,98	
Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%	Pohjapaperi 1 B 40%
1	21,00	1,03	5,10	7	0,03	0,10	3,60	
2	23,00	1,03	6,00	7	0,03	0,10	3,50	
3	25,50	1,04	5,00	7	0,03	0,20	3,60	
ka	23,17	1,03	5,37	7	0,03	0,13	3,60	0,0
Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%	Pohjapaperi 1 B 30%
1	24,90	2,62	7,00	4	0,06	0,88	2,88	0,0

Verrattaessa Pohjapaperi 1:n paksuutta ennen ja jälkeen päällistyksen saatiin selville paperin pintaan muodostuneen päällistyskerroksen paksuus Barrier 1, Barrier 1 45 %, Barrier 1 40 % ja Barrier 1 30 % päällystedisersion laimennuksilla.

Paksuin päällistekerros muodostui Barrier 1 40 %-päällystedisersiolla ja ohuin Barrier 1 45 %-päällystedisersiolla. Pelkän Barrier 1:n korkea paksuus selittyy sillä, että päällistysaine on itsessään ollut paksumpaa, eikä niin juoksevaa kuin laimennetut versiot. Tutkittaessa päällistemäärän paksuuden ja neliömassan välistä suhdetta saadaan kuvion 5 mukainen kuvaaja. Kuvaajassa on sekaisin Barrier 1:tä kaikissa sen pitoisuuksissa.



KUVIO 5. Päällystemäärän ja -paksuuden suhde

Kuviosta 5 huomataan päällystemäärän kasvaessa päällysteenpaksuuden pienenevän. Voisi olettaa, että suuremmalla grammamäärällä per neliometri saataisiin paksumpi kerros päällystysainetta. Tuloksiin on voinut vaikuttaa päällystemäärän tasaisuuserot paperissa. Suurin paksuus saatiin päällystysaineen määrällä 2,6 g/m<sup>2</sup> ja ohuin sen ollessa suurin 3,6 g/m<sup>2</sup>. Päällystedisperisiolla Barrier 1 40 % on siis saavutettu tasaisin päällystyskerros paperin päälle, sillä päällystemäärä on suurin ja kerros on ohuin. Päällystysaineiden juoksevuus ei yksinään selitä paksuus eroja, kuten taulukosta 8 huomataan.

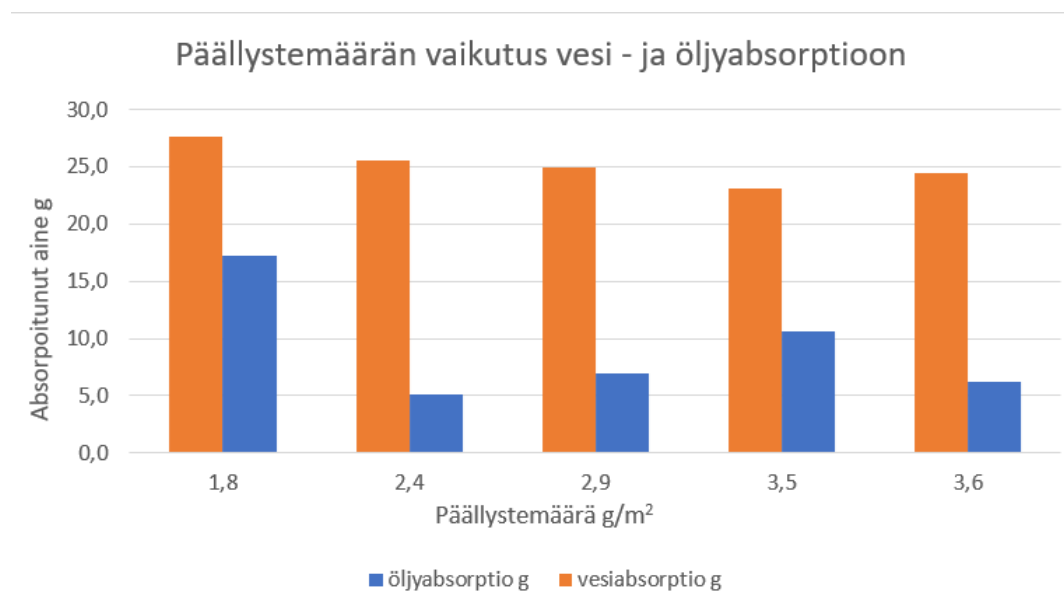
TAULUKKO 8. Päällystysaineet päällystemäärän mukaan.

	Päällysteen paksuus µm	Päällystemäärä g/m <sup>2</sup>
Barrier1 40	0,1	3,6
Barrier1 45	0,2	3,0
Barrier1 30	0,9	2,9
Barrier1	1,9	2,6

Taulukon 8 mukaisesti suurimman kiintoaineen liuoksella ei saatu paksuinta ja suurinta päällystemäärää, niin kuin myöskään ei pienimmän kiintoaineen päällystysaineella ohuinta kerrosta ja pienintä määrää. Tuloksissa ei ole nähtävissä kiintoaineen selkeää vaikutusta siihen, millainen päällystyskerros saadaan.

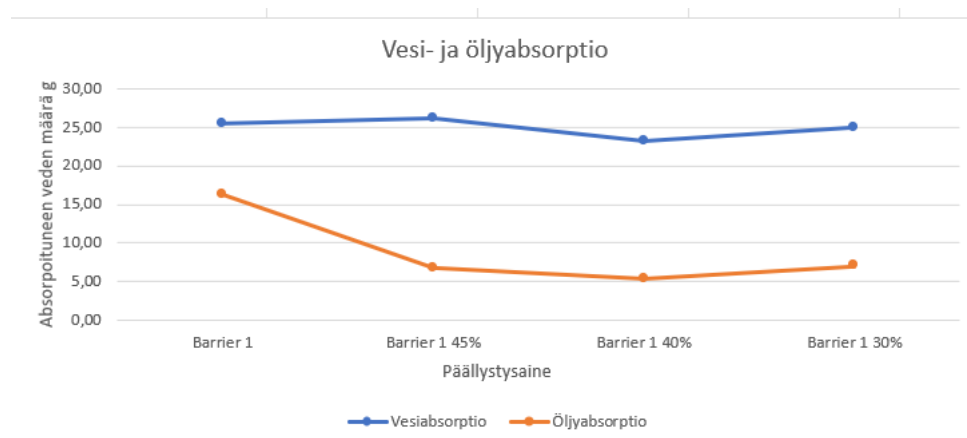
Päällystemäärä ja sen tasaisuus vaikuttavat absorpoituneen veden ja öljyn määrään. Mitä suurempi ja tasaisempi päällystemäärä, sitä paremmin se hylkii vettä

ja öljyä. Kuviossa 6 vertaillaan päällystemäärän vaikutusta absorpoituneen veden ja öljyn määrään Barrier 1:llä ja sen laimennuksilla Pohjapaperi 1:llä.



KUVIO 6. Päällystemäärän vaikutus absorptioihin

Absorpoituneen veden määrä on selvästi laskenut kuvion 6 mukaisesti päällystemäärän kasvaessa. Öljyabsorptiota tutkittaessa ei ole havaittavissa selkeää riippuvuutta päällystemäärän kanssa, mutta muutokset ovat paljon selkeämpiä. Tuloksiin voi vaikuttaa se, että kuvaajassa on sekaisin Barrier 1:tä kaikissa käytetyissä pitoisuuksissa. Tutkittaessa vesi- ja öljyabsorptiota Barrier 1:n laimennosten kesken saadaan kuvio 7.



KUVIO 7. Vesi- ja öljyabsorptio Barrier 1:n eri laimennuksilla



Paras vesi- ja öljyabsorptio saavutettiin kuvion 7 mukaisesti Barrier 1 40 % päällystedispersiolla. Huonoin vesiabsorptio Barrier 1 45 % päällystysaineella ja huonoin öljyabsorptio pelkällä Barrier 1:llä. Ero absorboituneen veden määrässä 2,9 g/m<sup>2</sup> ei ole suuri tai merkittävä. Öljyabsorptiossa ero huonoimman ja parhaimman tuloksen välillä on 10,9 g. Laimentamalla alkuperäistä liuosta 40 %:in on saatu parannettua veden ja öljyn hylkimistä. Laimennettaessa 30 %:in hylkiminen on heikentynyt. Tämä kertoo siitä, ettei kuiva-ainepitoisuutta kannata laskea alle 40 %.

Kuumasaumautuvuus testit eivät onnistuneet millään näistä päällysteistä. Syynä tähän voi olla liian alhainen lämpötila tai liian pieni päällysteen määrä. Taulukossa 9 on esitetty kaavaimen asento ja sillä saavutettu päällystemäärä pilot-ajoissa jokaista päällystettä ja ajoa kohden.

TAULUKKO 9. Päällystemäärät Pilot-ajoissa

	kaavain	päällystemäärä g/m <sup>2</sup>
<b>Pohjapaperi 1 Barrier 1</b>		
1	10,25/11,35	3,5
2	11,25/12,35	1,8
<b>Pohjapaperi 2 Barrier 1</b>		
1	10,35/11,50	0,3
<b>Pohjapaperi 2 Barrier 2</b>		
1	10,50/11,35	0,8
2	10,50/11,35	
<b>Pohjapaperi 1 Barrier 1 45%</b>		
1	10,25/11,35	2,4
4	10,25/11,35	3,6
<b>Pohjapaperi 1 Barrier 1 30%</b>		
1	10,25/11,35	2,9

Suurin päällystemäärä saavutettiin Pohjapaperi 1 Barrier 1 45 % ajossa 3,6 g/m<sup>2</sup>, niin kuin taulukosta 9 nähdään. Päällysteaine on siis ollut valmiiksi TAMKille tilattua Barrier 1:tä, jonka kuiva-ainepitoisuus on laskettu 52 prosentista 45 prosenttiin. Pohjapaperi 1 Barrier 1 kohdassa on käytetty tätä Barrier 1-päällystysdispersiota suoraan, ilman mitään laimennuksia. Kaksi päällystettyä sivua asetettaessa vastakkain päällystettä on ollut 7,2 g/m<sup>2</sup>, mutta tämä määrä ei riittänyt kuumasaumautuvuuden onnistumiseen. Päällystedispersio on kuitenkin valmistajan

mukaan kuumasaumautuva. Päälystedispersio laimeudella ei ole näillä mittauksilla selkeää eroa tai suhdetta laimeuden ja päälysteaineen määrän välillä.

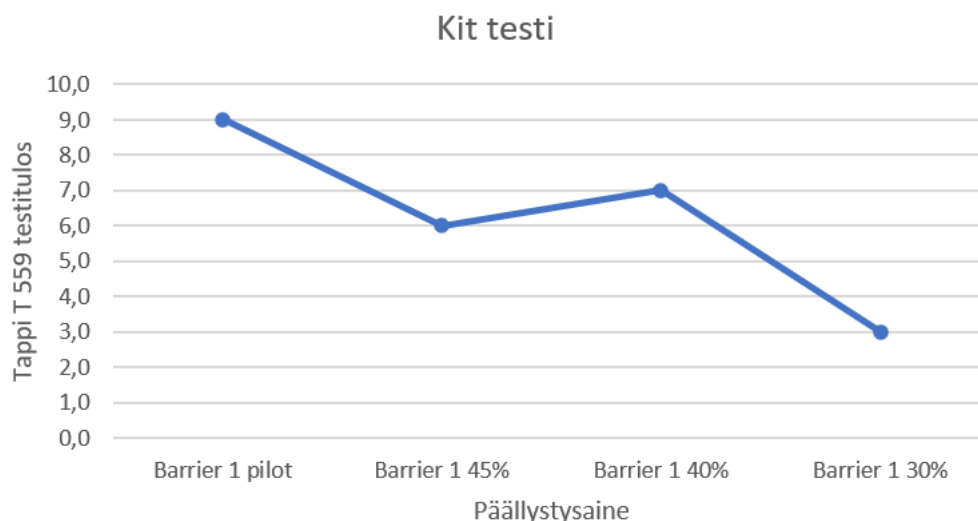
Ajoissa Pohjapaperi 2 Barrier 2, Pohjapaperi 2 Barrier 1 ja Pohjapaperi 1 Barrier 1 kaavain on ollut liian kaukana. Kuvassa 13 on esitetty, kuinka päälystysainetta on päässyt nousemaan kaavain terän päälle.



KUVA 13. Päälysteaine on noussut kaavaimen päälle.

Kuvassa 13 vasenpuoli on ollut liian kaukana, kun oikea puoli on taas joko oikeassa asennossa tai liian lähellä. Kyseisillä kaavaimen asennoilla ei onnistuttu saamaan päälysteainetta siirtymään tarpeeksi. Nippipaine on voinut olla liian kova telojen välillä. Päälysteainemäärä jäi siten liian alhaiseksi. Paras asento saavutettiin kaavaimen asennolla 10,25 mm vasemmalla puolella ja 11,35 mm oikealla puolella. Parhaalla kaavaimen asennolla vaihteluväli päälystemäärän-paksuuden välillä oli  $1.2 \text{ g/m}^2$ . Testeistä ei ilmennyt, että laimeudella olisi suoranaista vaikutusta saavutetun paksuuden määrään. Tämän todentaminen vaatisi enemmän näytteitä.

Kit-testin avulla määritettiin paperin rasvankestokykyä. Rasvankestokyvyn oletettiin heikkenevän päälystysaineen kuiva-ainepitoisuuden laskiessa. Testin tuloksista tehtiin kuvion 8 mukainen kuvaaja.



KUVIO 8. Kit-testin tulokset Barrier 1:llä

Kuviossa 8 pystyriivillä on esitetty Kit-liuksen numero. Liuoksista suurin on vahvin ja pienin heikoin Kuviossa 8 huomataan, että päällysteaineen kuiva-ainepitoisuuden laskiessa rasvankestokyky heikkenee. Poikkeuksena Barrier 1 40 % päällysteaine, jossa tulos onkin parempi kuin Barrier 1 45 % päällysteaineen tulos. Muutoin päällystysaineen rasvatiiveys on selkeästi heikentynyt. Voimakkainta tason 12 liuosta ei kestänyt yksikään pilot-koneella ajettu päällystys. Paras rasvatiiveys saavutettiin laimentamattomalla Barrier 1:llä, joka kesti tason 9 Kit-liuksen.

Kit-testissä otettiin myös huomioon epätasainen päällystys. Fleksopäällystettäessä sivelytelan oikeassa laidassa oli alussa ”kalju” kohta, johon päällystysainetta ei tarttunut. Tämän huomioimiseksi vertailtiin ovatko paperit yhtä rasvankestäviä molemmista reunoista ja keskeltä. Joissain papereissa huomattiin toisen reunan olevan heikompi, mutta se ei kuitenkaan aina päästänyt läpi heikointa liuosta. Sivelytelan ”kalju” kohta on siis välillä tehnyt ohuemman päällystekerroksen.

#### 4.4 Päällystysmenetelmien vertailua

Seuraavaksi vertaillaan fleksopäällystyksen ja sauvapäällystyksen tuloksia. Sen lisäksi verrataan myös, kuinka kaupalliset barrier-päällystysaineet eroavat työn alussa tehdyistä päällystepastoista. Tämän jälkeen saatuja tuloksia verrataan

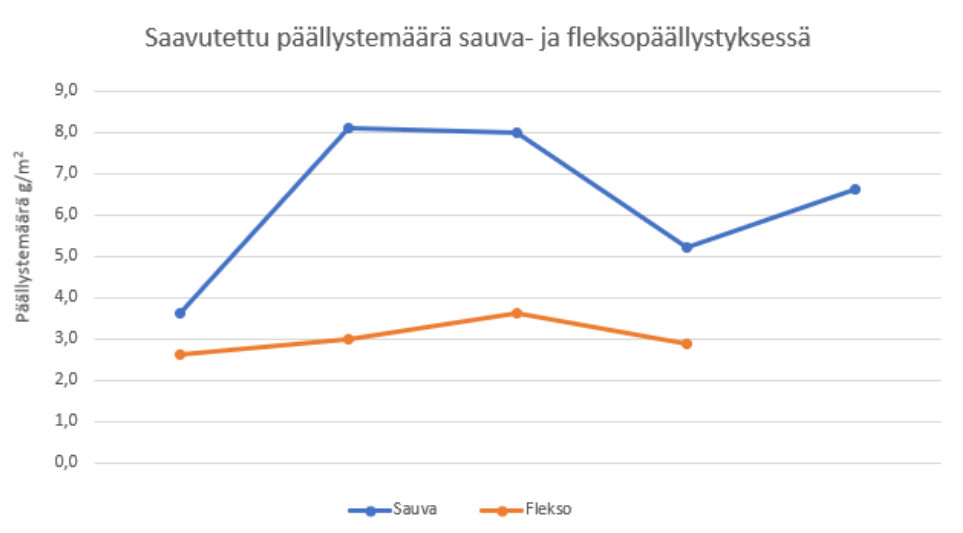
päälystämättömällä paperilla saatuihin mittaustuloksiin, jotta huomataan päälysteen luoma vaikutus. Alla on koostetaulukko 10, jossa verrataan Barrier 1:llä suoritettua sauvapäälystystä flekso-päälystyskoneella suoritettuihin ajoihin. Flekso-päälystyksessä kokeiltiin myös, kuinka kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa ominaisuuksiin ja ajettavuuteen, joten myös laimennettujen päälystysaineiden tulokset ovat vertailukohteina taulukossa.

TAULUKKO 10. Päälystysten vaikutus paperin ominaisuuksiin

Päälystysten vaikutuksia paperin ominaisuuksiin							
	Cobb 60	Sileys/Karheus	Unger 30	Ilmanläpäisevyys	Tappi t 559	Päälysteen paksuus	Päälystemäärä
Mittaus	g/m <sup>2</sup>	µm	g/m <sup>2</sup>	µm/pas	Kit-testi	µm	g/m <sup>2</sup>
Sauva							
Barrier1 Sauva	-4,7	-0,2	-21,2	-0,6	12,0	1,7	3,6
Pasta 1	-5,7	-0,2	-19,7	0,1	3,0	2,7	8,1
Pasta 2	-12,0	-0,1	-18,7	0,1	2,0	2,8	8,0
Pasta 2 P	-9,0	-0,1	-19,4	-0,8	4,0	4,1	5,2
Pasta 3	-4,7	-0,1	-20,0	0,2	7,0	2,9	6,6
Flekso							
Barrier1 Pilot	-7,6	-0,1	-11,2	-1,0	9,0	1,9	2,6
Barrier1 45 %	-6,9	0,4	-20,6	-0,5	6,0	0,2	3,0
Barrier1 40 %	-9,8	-0,2	-22	-1,1	7,0	0,1	3,6
Barrier1 30 %	-8,1	1,4	-20,4	-1,0	3,0	0,9	2,9
keskiarvo sauva	-7,2	-0,1	-19,8	-0,2	5,6	2,8	6,3
keskiarvo flekso	-8,1	0,4	-18,6	-0,9	6,3	0,8	3,0
Keskiarvo kaikki	-7,6	0,1	-19,2	-0,5	5,9	1,9	4,8

Taulukossa 10 on laskettu saatu mittaustulos +/- päälystämättömällä paperilla saatu tulos, sen mukaan kumpi tulos on kuvaavampi. Esimerkiksi vesi- ja öljyabsorptiota tutkittaessa toivotaan paperiin tarttuneen öljyn ja veden määrän laskevan päälystettäessä, joten mitä suurempi negatiivinen arvo sitä parempi. Mittaustulokset, joissa on saavutettu parannusta päälystämättömään paperiin verrattuna, on värjätty vaaleanvihreällä ja niistä paras tumman vihreällä. Mittaustulokset, joissa päälystys on huonontanut jotain ominaisuutta, on solu värjätty punaiseksi. Taulukon kolmella viimeisellä rivillä on kuvattu tulosten keskiarvoja päälystystapa kohtaisesti sekä yleisesti. "Keskiarvo kaikki" kuvaa yleisesti päälystysten vaikutusta paperin ominaisuuksiin ja saatuihin tuloksiin.

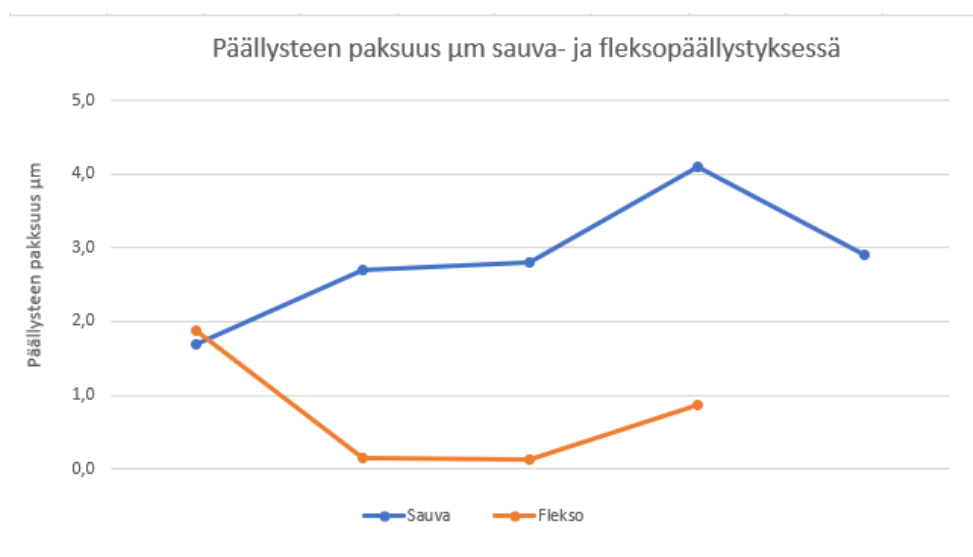
Päälysteen paksuus tai päälystemäärä ei voi luonnollisesti olla negatiivinen, joten niitä ei ole väri koodattu. Päälystemäärä ja paksuus pyritään yleensä saamaan mahdollisimman pieniksi ilman, että barrier-ominaisuudet heikkenevät alle standardien. Tuloksista ja kuviosta 9 huomataan, että sauvapäälystyksessä päälystysainetta on siirtynyt selvästi enemmän paperiin kuin flekso-päälystyksessä.



KUVIO 9. Saavutettu päällystemäärä sauva- ja fleksopäällystyksessä

Kuviossa 9 on esitetty sinisellä sauvapäällytyksellä saatuja päällystemääriä tuloksia ja punaisella fleksopäällytyksen tuloksia. Tulokset ovat tässä ja tulevissa kuvioissa samassa järjestyksessä, kuin yllä olevassa taulukossa 10. Kokeissa suurimmat päällysteainemäärät saavutettiin pastoilla 1 ja 2.

Päällysteen paksuus on myös korkeampi sauvapäällystyksessä. Kuvioista 10 huomataan päällysteen paksuuden olevan jopa kaksi kertaa suurempi sauvalla kuin fleksolla päällystettäessä.

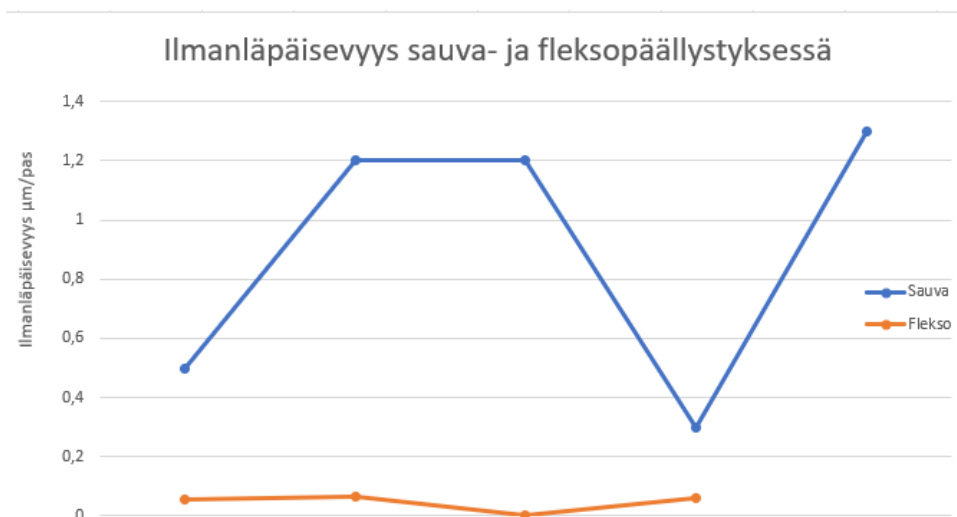


KUVIO 10. Päällysteen paksuus sauva- ja fleksopäällystyksessä

Sauvalla päällystettäessä päällystysainetta annostellaan käsin ja kokeissa sitä annosteltiin ylimäärin, jotta saatiin varmasti koko arkki päällystettyä. Suurempi päällystysaineen annostelu selittänee, miksi sauvapäällystyksessä on saavutettu korkeampi päällystysainemäärä sekä päällysteen paksuus. Fleksopäällystyksessä yritettiin lisätä päällystemäärää paperin pinnassa ottamalla kaavainta ulospäin, mutta tämä sai siirtyneen päällystemäärän laskemaan. Myös muissa kokeissa, joissa kaavain on ollut kauempana, on päällystettä siirtynyt vähemmän paperiin.

Sileys/karheus taulukossa verrataan päällystettyjen papereiden sileyttä. Päällystämättömän paperin sileys on 1,2 micronia. Mitä suurempi on paperin karheus, sitä pienempi on sen sileys. Negatiivinen arvo kuvastaa siis karheuden laskua eli sileyden parantumista. Mittauksissa Barrier 1 45 % ja Barrier 1 30 % paperi on karhentunut, jolloin paperin pinnan laatu on laskenut. Negatiivinen vaikutus paperin sileyteen on tullut ilmi vain fleksopäällystyksessä. Paperiradan oikean kireyden saavuttamiseksi paperi on pujotettu alussa menemään koneen yhden telan alta. Tämä kontakti on saattanut heikentää joissain ajoissa paperin pinnan laatua. Ajossa Barrier 40 % päällysteaineella on kuitenkin saavutettu yhtä hyvä sileys kuin sauvapäällystyksessä.

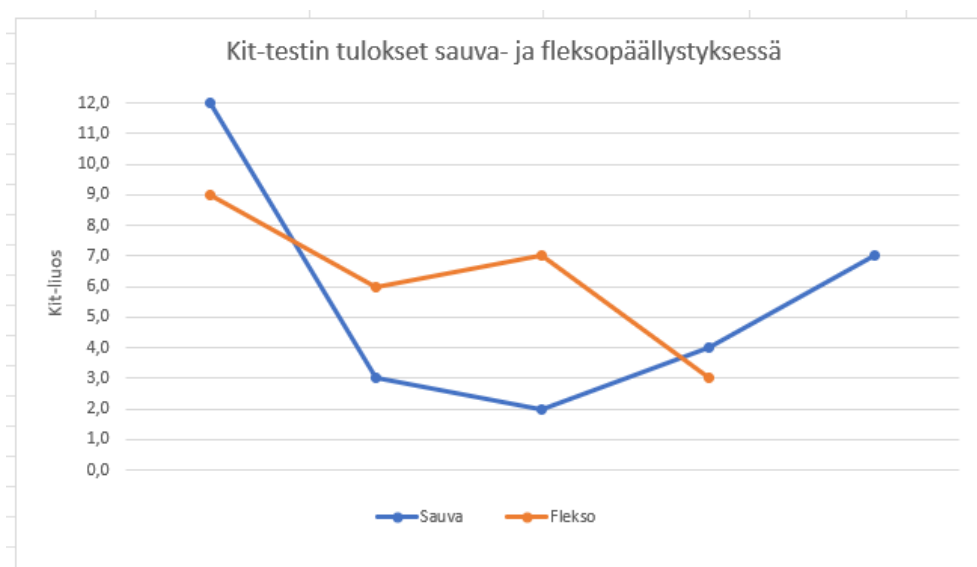
Ilmanläpäisevyys kuvaa sitä, kuinka paljon ilmaa paperin pinta läpäisee. Höyrynläpäisevyyttä ei voitu mitata opinnäytetyön aikana, joten ilmanläpäisevyys toimii sen korvaajana tässä työssä. Ilma voi kuljettaa mukanaan hajuja ja epäpuhtauksia pakkauksen läpi. Päällystyksen tulisi heikentää ilmanläpäisyyttä, mutta pasta resepteillä 1, 2 ja 3 ilmanläpäisevyys on kasvanut. Kyseiset pastat eivät siis ole barrier-päällysteitä vaan kaoliinipohjaisia päällystysaineita. Sauvapäällystyksessä paksulla sauvalla on saatu pienennettyä ilmanläpäisyyttä, joka selittyy paksulla päällystekerroksella. Ilmanläpäisy ei selity kuitenkaan suoraan päällysteaineen paksuudella, sillä fleksopäällystyksellä ilmanläpäisevyys on heikentynyt voimakkaammin, vaikka päällystemäärä ja paksuus on pienempi. Ilmanläpäisyn vertailua on esitetty kuviossa 11.



KUVIO 11. Ilmanläpäisevyys sauva- ja fleksopäälystyksessä

Kuviosta 11 nähdään, että ilma läpäisee sauvapäälystetyn paperin selkeästi voimakkaammin, kuin fleksopäälystetyn paperin. Sauvapäälystetyissä papereissa ilmanläpäisevyys on 0,30 - 1,30 µm/pas ja fleksopäälystetyillä 0,00 - 0,06 µm/pas. Fleksopäälystyksessä laatta- ja vastatelan välinen puristus on saattanut vaikuttaa päälystekerroksen tiiveyteen. Kyseinen puristus voi myös selittää, miksi fleksopäälystetyillä papereilla on pienempi päälysteaineen paksuus. Puristus on saanut päälystyskerroksen tiheämmäksi ja tasaisemmaksi, joten se päästää vähemmän ilmaa lävitseen ja hylkii paremmin liuoksia.

Kit-testin vertailutuloksia on esitetty kuviossa 12. Kuviossa vertaillaan sauva- ja fleksopäälystyksessä saavutettuja tuloksia.



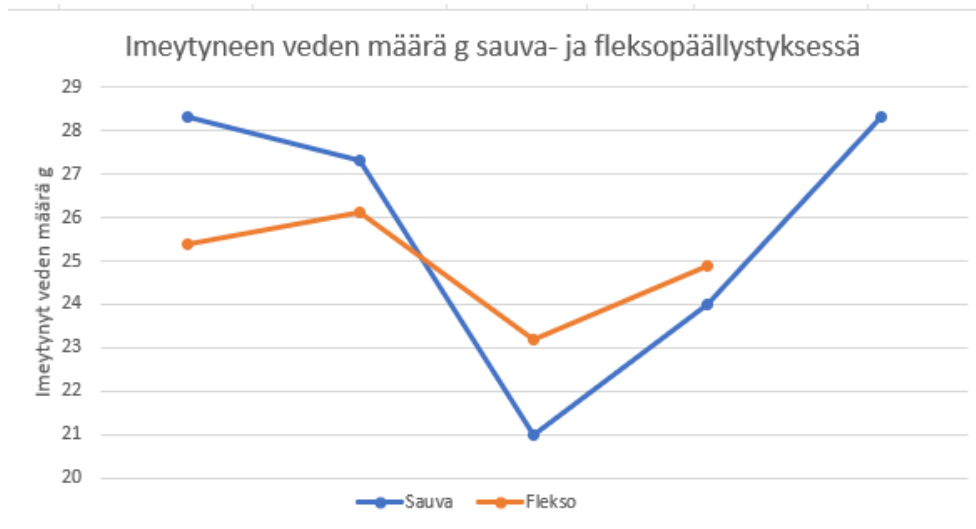
KUVIO 12. Kit-testin tulokset sauva- ja fleksopäälystyksessä

Kuviossa 12 on esitetty sauvapäällistyksen tulokset sinisellä ja fleksopäällistyksen tulokset punaisella. Kit-testissä päällystämätön paperi ei kestänyt laimeintaan liuosta, joten päällistys on kaikissa parantanut tulosta. Taulukossa on kuvattu vahvin liuos, jonka päällistetty paperi on kestänyt, kullakin päällistysaineella. Sauvapäällistyksessä vain Barrier 1 ja pasta 3, sekä fleksopäällistyksessä muut kuin Barrier 1 30% ovat kestäneet vähintään tason 6 vahvuisen liuoksen. Vain sauvapäällistyksessä käytetty Barrier 1 kesti vahvimman eli tason 12 liuoksen. Barrier 1:llä saavutetut korkeat ja tasaisemmat tulokset kertovat päällistysaineen paremmuudesta verrattaessa työn alussa tehtyihin kaoliinipohjaisiin päällistyspastoihin.

Yleisesti parhaat tulokset saavutettiin sauvapäällistetyllä Barrier 1 päällistysaineella sekä fleksopäällistettäessä Barrier 1 40 %-päällistysaineella. Verrattaessa sauva- ja fleksopäällistystä on fleksopäällistyksellä saavutettu hieman paremmat tulokset. Tämä kertoo Barrier 1:n päällistysaineen hyvästä laadusta enemmän, kuin päällistystapojen välisistä eroista. Kun vertaillaan vain Barrier 1:llä päällistettyjen papereiden kesken ovat erot sauva- ja fleksopäällistyksessä pienet. Tästä voidaan todeta fleksopäällistysyksikön käyttöönoton olleen onnistunut. Suurin ero näissä päällistystavoissa on se, ettei fleksopäällistämällä ole saavutettu täyttä rasvatiiveyttä sekä niiden päällistemäärissä on selkeä ero.

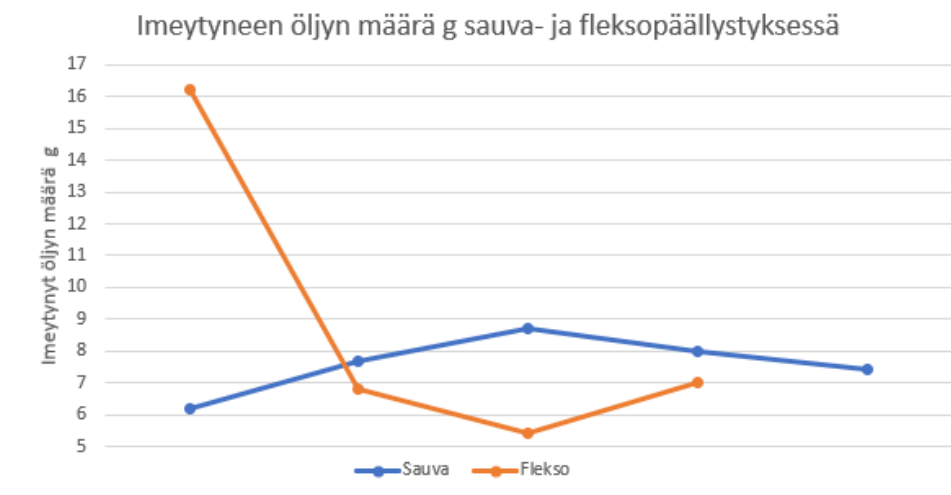
Yleisesti paperin päällistäminen on parantanut paperin barrier-ominaisuuksia. Öljyn hylkivyyks on parantunut veden hylkivyyttä enemmän kaikilla päällistysaineilla ja -tavoilla. Päällystämätön paperi imi 33 g vettä ja 27 g öljyä. Ero ei ole suuri, joka kertoo päällistysaineiden olevan siis enemmän öljyä hylkivä, kuin vettä hylkiviä. Kuviossa 13 huomataan, että fleksopäällistys on parantanut veden hylkimistä sauvapäällistystä paremmin.





KUVIO 13. Imeytyneen veden määrä sauva- ja fleksopäällystyksessä

Sauvapäällystetyillä pastoilla on selvästi suurempi vaihteluväli veden hylkivyydessä. Pastalla 2 veden hylkivyyden on kaikista testeistä paras ja eniten vettä on tarttunut pastalla 3 ja sauvapäällystetyillä Barrier 1:llä. Fleksopäällystetyistä Barrier 1 40 %:illa on saavutettu paras veden hylkiminen. Fleksopäällystetyillä on myös hieman parempi öljyn hylkivyyden kuvion 14 mukaisesti.



KUVIO 14. Imeytyneen öljyn määrä sauva- ja fleksopäällystyksessä

Kuviosta 14 huomataan, että erot päällystysmenetelmien välillä ovat pienemmät, kuin vesiabsorptiossa. Selkeästi huonoin öljyn hylkivyyden on ollut pelkällä Barrier 1:llä. Kokeessa on voinut sattua virhe, mikä takia paperiin on imeytynyt öljyä sel-

keästi muita testejä enemmän. Sauvapäälystetyllä Barrier 1:llä on kuitenkin saavutettu toiseksi paras öljyn hylkivyyys. Pienin öljyabsorptio saavutettiin Barrier 1 40 %-päälystedisersiolla.

Pinholes-testin avulla oli tarkoitus määrittää päälystysaineen tasaisuus. Värjättyä 70 % vahvaa etanolia siveltiin kolme riviä eri kohtiin paperia, josta oli tarkoitus laskea päälystekerroksen reikien määrä. Sauvapäälystettäessä päälystysainetta saattoi olla vähemmän paperin loppuosassa, kuin alkuosassa ja tämä halettiin todentaa pinholes -testin avulla. Esimerkki testin tuloksesta on esitetty kuvassa 14.



KUVA 14. Pinholes -testin tulos

Kuvasta 14 huomataan oikeassa reunassa olevan tummempi kohta kuin vasemmassa reunassa. Tummemmalta alueelta aloitettiin etanolin sively, minkä takia siellä on enemmän testiliuosta. Etanolin viiva oli joka kerralla epätasainen, mikä hankaloitti tulosten tarkastelua. Kuvasta 14 myös näkee, että koko sivelty alue on muuttunut punaiseksi valkoisia pisteitä lukuun ottamatta. Näytteestä on mahdoton laskea pisteiden määrää. Tässä toteutuksessa valkoiset pisteet ovat niitä, mistä etanoli ei ole mennyt läpi. Koska pisteiden määrää on mahdoton laskea, yritettiin paperin laatua silmämääräisesti määrittää asteikolla "hyvin huono-huono-välttävä-hyvä-todella hyvä". Tässä ilmeni ongelma, ettei mitään näytettä

voinut sanoa hyväksi tai edes kohtalaiseksi. Epätasainen testiliuoksen sively aiheutti ristiriitaisia ja epäselviä tuloksia. Paperi, joka on kestänyt tason 12 liuoksen kit-testissä saattoi pinholes -testissä näyttää huonommalta, kuin kit-testissä huommin pärjännyt paperi. Tämä kertoo testin huonosta luotettavuudesta ja toistettavuudesta.

Kun testi oli tehty kaikille sauvapäälystetyille ja muutamalle fleksopäälystetyille papereille saaden saman epäselvän tuloksen, todettiin testi epäonnistuneeksi. Työn aikana ei ehditty kehittää testiä paremmaksi. Testiä olisi voinut parantaa laittamalla vähemmän väriainetta tai testaamalla laimeampia etanolin liuoksia. Punainen väri on heikompi sivelyn loppupäästä, joka viittaa liian suureen määrään testiliuosta.

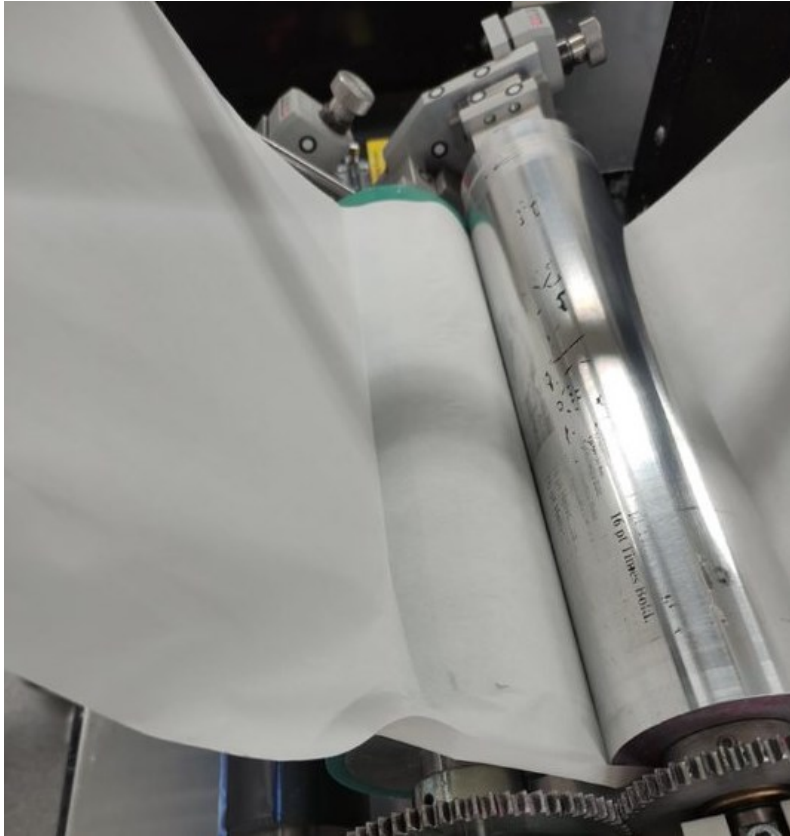
#### **4.5 Ajettavuus ongelmat**

Seuraavaksi perehdytään pilot-koneen ajettavuuden ongelmiin. Ongelmat ovat ilmenneet kokeita tehdessä ja niihin on yritetty työn sujuvoittamiseksi keksiä ratkaisuja.

Päälysteaineen sotkuisuus ja liimautuvuus olivat suurimpia ajoa hidastavia tekijöitä. Parhaan ajotuloksen saavuttamiseksi telat tulee puhdistaa huolellisesti.

##### **4.5.1 Päälystysaineen tuomat ongelmat**

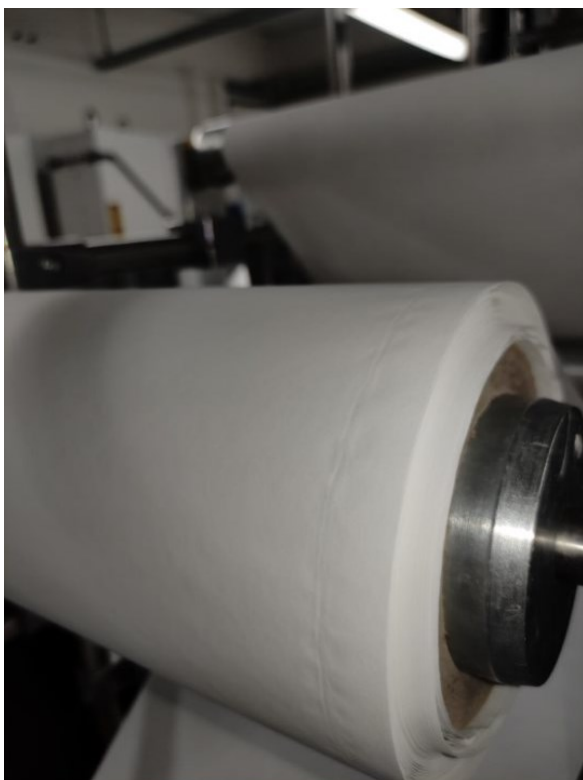
Pilot-koneella ajaessa päälysteaine liimasi paperin kiinni teloihin voimakkaimmin pelkällä Barrier 1:llä. Liimausta ei tapahtunut ollenkaan päälysteaineen kiintoaineen ollessa 30 %. Tässä havaittiin selkeä ero eri laimennuksien välillä ja todettiin veden määrän vaikuttavan asiaan, sillä esimerkiksi Barrier 1 45 % päälystysaineella telan läpi liimautuminen oli pienempää. Telan läpi liimaantuminen on esitetty kuvassa 15.



KUVA 15. Paperin liimautuminen telaan

Liimautumista ei tapahtunut koneen ollessa liikkeessä, mutta kun kone pysäytettiin, paperi liimaantui heti kiinni telaan. Paperi voidaan saada irtoamaan telasta ilman, että se repeää ottamalla paperi mahdollisimman nopeasti irti telasta ajon loputtua. Sama ilmiö havaittiin sauvapäällystyksessä. Kun sauva jätettiin pidemmäksi aikaa päällystettävän arkin päälle, se liimaantui kiinni.

Laimentamattomalla Barrier 1 -päällystedispersiolla tapahtui myös läpiliimausta kiinnirullauksessa. Päällystystelan hammasrattaiden puolelle kertyy kaikissa ajoissa reunaan viiva päällystysainetta. Kuvan 16 mukainen viiva on silmillä havaittavissa sitä paksumpi, mitä suurempi kiintoaine päällystysaineella on.

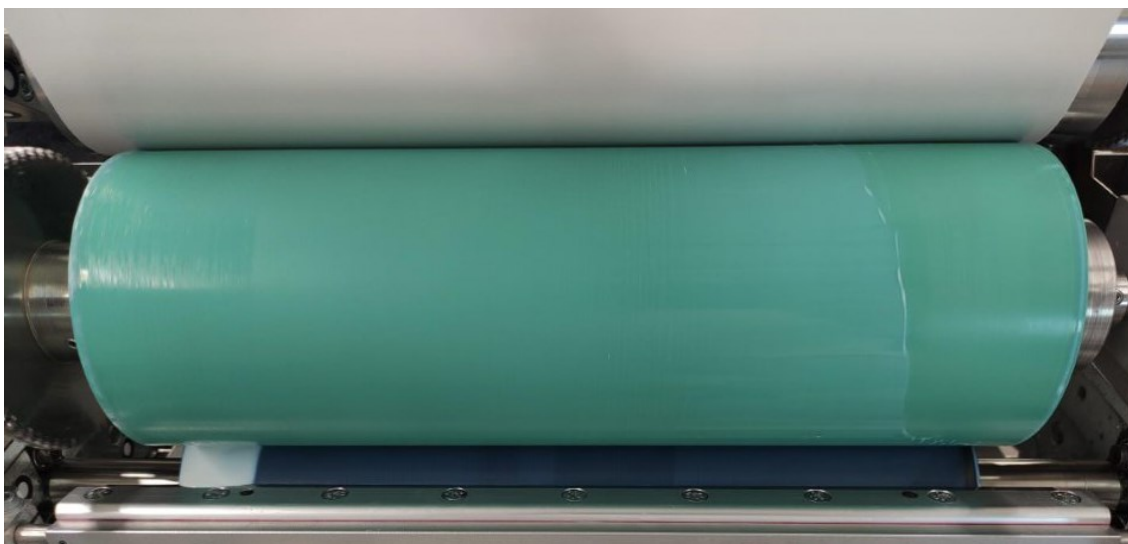


KUVA 16. Hammasrattaiden puoleiseen reunaan muodostuva viiva

Kertymän kohdalta paperi on tarttunut kiinni, jolloin sen irrottaminen hylsyn päältä oli vaikeampaa. Laimennetuilla versioilla ei tapahtunut läpiliimausta kiinnirullauksessa. Ongelman voisi ratkaista lisäämällä kuivatusta. Kuivatuksessa on käytetty kahta ilmakeivainta, jotka puhaltavat paperin pinnalle 90 °C ilmaa. Korkeampaa kuivatuslämpötilaa tai UV-kuivaimen käytön vaikutusta läpiliimautuvuuteen tulisi kokeilla vielä erikseen.

Kaikilla päällystysaineilla teloihin ja kaavaimeen tuli sotkua. Mitä nopeammin ajon pysäyttämistä aloitti pesemään teloja, sitä helpommin päällystysaine irtosi teloista. Päällysteaineen poistamiseen riitti etanolipohjainen pesuaine, kuuma juokseva vesi sekä pesusieni.

Telojen kuivaaminen onnistui laskemalla telat ja kaavain talouspaperin päälle. Pestäessä oli tärkeää, ettei vahingoita telojen pintaa. Epätasaisuudet ja kuluminen aiheuttavat ongelmia päällysteaineen siirtymisessä. Kuvassa 17 on esitetty laattatelassa ilmenevästä päällystysaineen siirtymisen ongelmasta.



KUVA 17. Laattatelan ”kalju” kohta oikeassa reunassa

Laattatelaan on jokaisessa ajossa muodostunut ”kalju” kohta, johon päällystysaine ei aluksi tarttunut. Tämä kohta ei kierrä koko telaa ympäri vaan on tietyssä kohtaa telaa. Ajoa jatkettaessa ”kalju” kohta pienenee ja päällystysainetta alkaa siirtyä paremmin. Anilox- ja laattatelan välinen nipin säätö ei ole ollut täysin oikea.

Telan sotkeutuminen on voimakkainta laimentamattomalla Barrier 1:llä ja heikompa laimennetuilla versioilla lineaarisesti. Tämän takia opetuskäytössä voidaan suositella käytettäväksi laimennettua Barrier 1:tä.

#### 4.5.2 Radan ongelmat

Ajettaessa pilot-konetta paperi saattoi oikeillakin säädöillä lähteä viettämään oikeaan laitaan. Tähän auttoi yksinkertaisesti koneen pysäyttäminen ja paperin siirtäminen takaisin keskelle, jonka jälkeen paperi pysyi taas radalla. Paperirainan hallittavuuteen vaikuttavat rainan nippisäätö ja kostuminen painonipissä. Parhaat säädöt jokaiselle paperilajille ja päällysteaineelle löytää vain kokeilemalla.

Rata oli usein hyvin kireänä, jolloin jatkokset katkesivat helposti. Jatkoksien tekeminen oli ylipäätään vaikeaa kyseisellä koneella. Kun jatkos päätyi kuivaimille asti, saattoi se jäädä jumiin ja aiheuttaa radan katkeamisen. Jatkos kohtaa ajettaessa kohti kiinnirullausta tulee olla hitaampi vauhti.

## 5 POHDINTA

Pilot-koneen fleksopäälystysyksikkö on toimiva ja turvallinen käyttää. Kokeissa ei ilmennyt vaaratilanteita tai rakenteessa heikkoja kohtia. Kone käynnistyy, toimii ja sammuu normaalisti. Kaikki säätimet toimivat myös normaalisti. Opinnäytetyön liitteenä 1 on pilot-koneella päälystämistä varten luodut käyttöohjeet. Päälystysyksikköön olisi hyvä vaihtaa sivelytela, sillä päälystysaine ei jakaannu tasaisesti telalle. Telan hammasrattaiden puoleiseen reunaan jää kohta, joka ei alussa siirrä ollenkaan päälystysainetta paperille. Tämä ”kalju” alue pienenee ajon jatkuessa, mutta ei aina kokonaan. Telat eivät ole täysin suorassa, joten teloja tulee kiristää toiselta puolelta enemmän.

Ajettavuudeltaan ja ominaisuuksiltaan pilot-päälystyskoneella ajettaessa tällä hetkellä paras TAMKilta löytyvistä papereista on Pohjapaperi 1. Tämä paperi oli rakenteeltaan ja absorptio-ominaisuuksiltaan parhaiten soveltuva fleksopäälystykseen. Paperilla oli myös sopiva neliömassa, jonka takia Pohjapaperi 1 käytäytyi stabiilisti koeajoissa ja oli sopivan kestävä sekä paksua. Opinnäytetyön aikana ainoa fleksopäälystykseen soveltuva päälystysaine oli Barrier 1, jolla saavutettiin hyviä tuloksia sekä sauva- että fleksopäälystyksessä. Kaupallisella Barrier 1 päälystedispersiolla saavutettiin paremmat barrier-ominaisuudet, kuin itse tehdyillä kaoliinipohjaisilla pastoilla.

Fleksopäälystyksellä saavutetaan hieman paremmat barrier-ominaisuudet, mutta ero sauvapäälystykseen ei ole suuri. Sauvapäälystäminen on helpompaa, mutta vie enemmän aikaa. Suurin muutos on paperin sileydessä, joka on kärsinyt fleksopäälystettäessä mahdollisesti radan pujottelun takia. Sivelytelan ”kaljun” kohdan takia todellinen päälystypinta-ala on fleksopäälystyksessä pienempi, kuin sauvapäälystyksessä. Parannuksia voisi saada uusilla osilla ja uusien parametrien testaamisella. Flexopäälystysyksikköä voisi vielä kehittää tulevat opinnäytetyöntekijät.

Kuumasaumautuvuutta työssä ei saavutettu sekä läpiliimaukseen voisi laimentamisen lisäksi etsiä muita ratkaisuja. Sauvapäälystettäessä saatiin siirrettyä selvästi enemmän päälystysainetta paperinpintaan. Kuumasaumautumista tulisi

testata sauvapäällystyksellä, jotta voidaan todeta Barrier 1:n kuumasaumautuvuus. Valmistaja kuitenkin ilmoitti kemikaalin olevan kuumasaumautuvaa.

Kun mietitään ajettavuutta sekä paperin laatua on parasta ajaa Barrier 1 päällystedispersiota sen kiintoaineen ollessa 40 %. Laimentamattomana syntyy enemmän sotkua, epätasaisempi päällystys sekä läpiliimausta kiinnirullauksessa. Tuloksista huomataan, että kiintoaineen laskeminen on heikentänyt barrier-ominaisuuksia, mutta erot tuloksissa eivät ole merkittäviä. Poikkeuksena Barrier 1 40 % saavutettiin paras veden- ja öljyn hylkivyyt. Tuloksia tulisi verrata esimerkiksi pikaruokalan paperikassin barrier-ominaisuuksiin, jotta voidaan todeta laimennuksen heikentäneen ominaisuuksia liikaa. Selkein vaikutus laimeudella on rasvatiiveydessä. Rasvatiiveys heikkenee mitä enemmän kuiva-ainepitoisuus laskee. Tästä poikkeuksena tuloksissa nousi Barrier 1 40 % - päällystysaine.

Paperin päällystäminen on yleisesti parantanut paperin ominaisuuksia sisällä olevan tuotteen näkökulmasta. Päällystetty paperi eristää paremmin rasvoilta, öljyltä, vedeltä ja ilmalta. Päällystys on vaikuttanut enemmän öljyn hylkimiseen, kuin veden. Samalla päällystysaineella ei voida parantaa molempia yhtä paljoa, joten yleensä tehdään useampi päällystys useammalla eri päällystysaineella täyden suojauksen saavuttamiseksi. Päällystysaineen määrää voi myös tällä tapaa lisätä, joka voisi mahdollistaa kuumasaumautuvuuden. Kaavaimen ottaminen kauemmas ei lisännyt siirtyvän päällystysaineen määrää, mutta useampi päällystyskerros varmasti lisää.

Opinnäytetyön aikana sauvapäällystys osoittautui näistä kahdesta päällystysmenetelmästä helpommaksi, sillä kyseinen tapa on hyvin yksinkertainen. Muuttujia sauvapäällystyksessä ovat sauvan etäisyys paperinpinnasta, sauvan koko ja kunto. Suurin ongelma tulee päällystysaineen annostelussa, sillä laitettavan päällysteen määrää oli vaikea tarkkaan laskea. Pilot:illa ajettaessa ajoon vaikuttavat telaraot, kuivatus, ratakiireydet, kaavaimen etäisyys, pastan reagointi telojen kanssa sekä osien kunto ja puhtaus. Myös kokemus helpottaa pilot:illa ajamista. Kone on kuitenkin yksinkertainen ja sen ajaminen on helposti opittavissa.



Työssä ei ole ehditty tutkimaan, miten eri kuivatuslämpötilat vaikuttaisivat päällystykseen. Myöskään UV-kuivainta ei kokeiltu ollenkaan. Tosin päällystetyn rai-  
nan kuivatuksessa on suositeltavaa käyttää puhalluskuivatusta hallitun rainan  
kuivatuslämpötilan takia. Lisäksi ajonopeuden tai kuivatusajan pituuden vaiku-  
tusta ei ehditty kokeilemaan. Yleensä kokeet tehtiin seuraavan päivänä näytteen  
ajamisesta, mutta millaiset tulokset olisivat, jos kokeet tehtäisiin heti ajon jälkeen  
tai vasta parin päivän päästä. Lisäksi kaavaimen ja anilox-telan välisen etäisyy-  
den vaikutusta voisi tutkia tarkemmin. Myös muita kaupallisia päällystysaineita  
voisi tutkia tai kokeilla sellupohjaisella päällystysaineella päällystämistä.

Pinholes -testiä tulisi kehittää tai löytää hyvä standardi, jonka mukaan tehdä. Oi-  
keanlainen pinholes -testi auttaisi selittämään paperiin liunneen nesteen mää-  
rää ja auttaisi kehittämään päällystystä entistä tasaisemmaksi. Mitä enemmän  
paperin päällysteessä on reikiä, sitä helpommin rasva, öljy ja vesi siihen liukene-  
vat. Pinholes -testi on parhaita tapoja määrittää päällystyskerroksen tasaisuus ja  
levinneisyys.

## LÄHTEET

Applied paper technology. N.d. Grease resistance, Kit test. Verkkosivu. Viitattu 6.2.2023. <https://appliedpapertech.com/test-methods/grease-resistance/>

CH-Polymers. N.d. Biodegradable water based barrier coatings. Verkkosivu. Viitattu 5.2.2023. <https://ch-polymers.com/new-products/biodegradable-water-based-barrier-coatings/>

Comexi. 2020. Flexocoating. Verkkosivu. Viitattu 3.2.2023. <https://comexi.com/en/new-detail/flexo-and-semi-flexo-coating-units-similar-names-for-very-different-purposes>

Hägglom-Agner, U. & Komulainen, P. 2006. Paperin ja kartongin valmistus, 5 painos. Helsinki: Opetushallitus.

Karhuketo, H., Seppälä, M., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Paperin ja kartongin jalostus. 2. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Keränen, H. 2010. Paperin pigmenttipäällystys. Kandidaatin työ. Prosessi- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Oulun yliopisto.

KnowPap versio 24.0. 2023. Taitotalo ja Prowledge Oy. Viitattu 3.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.knowpap.com/>

Mcpolymers. 2021. Barrier coatings for food packaging. Verkkosivu. Viitattu 2.2.2023. <https://www.mcpolymers.com/library/barrier-coatings-food-packaging/>

Presto Group. N.d. Cobb sizing tester. Verkkosivu. Viitattu 2.2.2023. <https://www.prestogroup.com/articles/purpose-and-standard-operating-procedure-of-cobb-sizing-tester/>

Saukkonen, E. 2008. Paperin ja kartongin pigmenttipäällystysmenetelmät. Kemiantekniikanosasto. Kandidaatin työ. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

SFS Online. 2001. Standardi SFS-EN 13676. Verkkosivu. Viitattu 16.2.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/6873.html.stx>

Stora Enso. N.d. Barrier-päällystetyt kartongit. Verkkosivu. Viitattu 3.2.2023. <https://www.storaenso.com/fi-fi/products/paperboard-materials/barrier-boards>

Stora Enso. N.d. Tuotteet. Ligniini. Verkkosivu. Viitattu 2.2.2023. <https://www.storaenso.com/fi-fi/products/lignin>

## LIITTEET

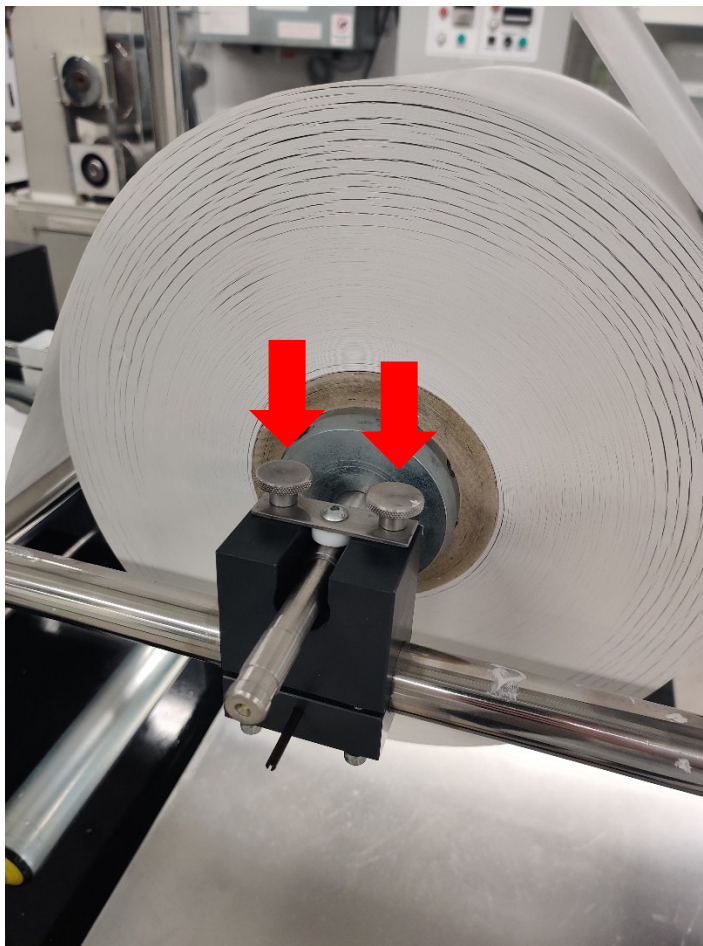
Liite 1. Päällystyskoneen ajo-ohjeet

1 (6)

### Pilot-koneen ajo-ohjeet päällystykseen

#### 1. Paperirullan asettaminen

Irrotetaan aukirullaustela löysämällä kuvassa 1 näkyviä ruuveja telan molemmin puolin ja vedetään priikka sivuun.



KUVA 1. Aukirullaustelan kiinnittäminen

Nostetaan tela pois ja asetetaan paperirulla paikalleen.

2 (6)

Asetetaan rulla paikalleen ja kiristetään ruuvit. Varmistetaan, että kuvan 2 jarru osuu oikealle kohdalle (alaspäin).



KUVA 2. Aukirullaustelan jarru

Tämän jälkeen paperirata vedetään koneen läpi käyttötarkoituksen mukaisella tavalla ja teipataan rata kiinni kiinnirullaustelaan teipillä.



KUVA 3. Sähkökaappi ja sen ohjaimet.



## 2. Telojen ja kaavaimen asettaminen

Avataan tela-asema ja kiinnitetään musta anilox-tela asettamalla se alempaan hahloon, niin että se kytkeytyy moottoriin. Kiristetään ruuveista tela kiinni tela-asemaan. Kiinnitetään vihreä sivelytela ylempään hahloon ja kiristetään se ruuveilla.

Suljetaan tela-asema ja kiristetään se muttereilla kiinni. Säädetään anilox-telan vasemmanpuoleiseen kireysmittariin 9225 ja oikealle puolelle 9415. Sivelytelassa säädetään vasenpuoli arvoon 12 ja oikea 43.

Asetetaan kaavain anilox-telaan kiinni ja ruuvataan se molemmin puolin. Asetetaan vasemmanpuoleisesta ruuvista arvo 10,25 ja oikeanpuoleisesta arvo 11,35.

## 3. Koneen käynnistäminen

Laitetaan paineilma päälle ja tarkistetaan/säädetään paine oikeaan arvoon. Säättö tapahtuu koneen sivulla olevasta paineen säätimestä.



KUVA 3. Koneen paineiden ohjauspaneeli.

Laitetaan virrat päälle päävirta-kytkimestä sähkökaapista.



KUVA 4. Sähkökaapin päävirtakytkin.

Säädetään laitteen ohjauspaneelista kiinnirullaustelan (Rewind) paine vasemman puolimmaisesta säätimestä (1,5 ... 3,5 bar). Näin voidaan säätää radan kireyttä.

Muut paineet tässä vaiheessa nollassa ja Main Drive nollassa (ykkösessä).

### Sähkökaapin Drive Controls

Painetaan reset näppäintä niin, että reset napin valo syttyy.

Digitaalisella näytöllä näkyy radan nopeus, jonka alla analoginen nopeus ilmaisee minimi nopeuden, jossa IR-kuivaimet menevät päälle.

### Sähkökaapin Auxiliary Drive Control (kun käytetään teräpäällystys asemaa)

Käännetään Sunday Drive kytkin On asentoon. Painetaan Reset näppäintä niin, että siihen syttyy valo.

Tällä ohjataan teräpäällystysyksikön nostotelaa ja sen nopeutta.

Speed Ratio kuvaa rainan nopeuden ja nostotelan nopeuden suhdetta. Nostotelan nopeutta säädetään muuttamalla tätä.

Kun nostotela pysäytetään Off kytkimestä, telalla kestää hetki pysähtyä.

### **Laitteen ohjauspaneeli**

Käännetään Main Drive napista rata päälle ja säädetään nopeus sopivaksi as-  
teikolla 1-12.

### **4. Kuivaimien käynnistys**

Kuivaimet käynnistetään sähkökaapin ohjauspaneelistä seuraavalla tavalla.

#### **IR-kuivaimet (Infra Red Lamp Controls)**

IR-kuivaimessa on viisi IR-lamppua, joista jokainen käynnistyy omasta On/Off  
kytkimestä.

HUOM! Drive Controls kohdassa määritettiin radan minimi nopeus, jolloin IR-  
kuivaimet menevät käyntiin.

Jos rata nopeus laskee alle määritetyn nopeuden, IR-lamput sammuvat.

#### **Ilma kuivaimet (Heater Controls)**

Painetaan aluksi Start-näppäintä, joka käynnistää puhaltimen.

Laitetaan A ja/tai B kuivaimet päälle On/Off kytkimistä.

Ilma kuivaimien lämpötilat näkyvät digitaal näyttöllä. Niiden alapuolella vihreällä on  
asetettu lämpötila. Sitä voidaan muuttaa pitämällä pohjassa vasemmanpuoleista  
neliö näppäintä ja samanaikaisesti painamalla nuolinäppäimiä.

#### **Tela kuivaimet (Drum Dryer Controls)**

Käännetään tela kuivaimet käyntiin On/Off -kytkimistä

Tela kuivaimien lämpötilat näkyvät digitaal näyttöllä. Niiden alapuolella vihreällä  
on asetettu lämpötila. Sitä voidaan muuttaa painamalla vasemmanpuoleista neliö  
näppäintä ja samanaikaisesti painamalla viereisiä nuolinäppäimiä.



## Liite 2. Pastareseptit 1-3

1(3)

Calculator of Coating color		Name 1. pastaresepti			
<b>lähtötiedot</b>		Recipe	Dry/g	Water/g	
Amount/g		1000,0		380	
Dry soil of Coating colour/%		62,0	620		
<b>Pigments</b>		Trade name	Parts	d.s./%	Amount/g
Kaolin	Capim SP	100,0	63,8	882,7	
Calcium carbonate		0,0	74,0	0,0	
Talc		0,0	1,0	0,0	
CaSO <sub>4</sub>		0,0	1,0	0,0	
TiO <sub>2</sub>		0,0	1,0	0,0	
Calcinated Kaolin		0,0	1,0	0,0	
Aluminium hydrate		0,0	1,0	0,0	
Saostettu kaoliini		0,0	1,0	0,0	
Satine White		0,0	1,0	0,0	
Sodiumaluminiumhydrate		0,0	1,0	0,0	
Plastic pigment		0,0	40,0	0,0	
<b>Binders (5-15 parts)</b>		Parts	d.s./ %	Amount/g	
Styrene-Butadiene latex		0,0	50,0	0,0	
DL latex		10,0	55,8	100,9	
PVA		0,0	10,0	0,0	
CMC		0,05	10,0	2,8	
<b>Additives</b>		Parts	d.s./ %	Amount/g	
Dispersant		0,10	40,0	1,4	
NaOH		0,00	1,0	0,0	
Calciumstearate		0,00	42,0	0,0	
De-foamer		0,00	1,0	0,0	
<b>Sum</b>		<b>110,15</b>		<b>987,75</b>	
Water in raw materials/ g			367,75	m	
<b>Extra water/ g</b>			<b>12,25</b>		

2(3)

Calculator of Coating cc	Name	2.pastaresepti		
<b>lähtötiedot</b>		Recipe	Dry/g	Water/g
Amount/g		1000,0		<b>480</b>
Dry solid of Coating colour/%		52,0	<b>520</b>	
<b>Pigments</b>	<b>Trade name</b>	<b>Parts</b>	<b>d.s./%</b>	<b>Amount/g</b>
Kaolin	Capim SP	100,0	63,8	<b>740,3</b>
Calcium carbonate		0,0	74,0	<b>0,0</b>
Talc		0,0	1,0	<b>0,0</b>
CaSO <sub>4</sub>		0,0	1,0	<b>0,0</b>
TiO <sub>2</sub>		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Calcinated Kaolin		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Aluminium hydrate		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Saostettu kaoliini		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Satine White		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Sodiumaluminiumhydrate		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Plastic pigment		0,0	40,0	<b>0,0</b>
<b>Binders (5-15 parts)</b>		<b>Parts</b>	<b>d.s./%</b>	<b>Amount/g</b>
Styrene-Butadiene latex		0,0	50,0	<b>0,0</b>
DL LATEX		6,0	55,8	<b>50,8</b>
PVA		3,0	10,0	<b>141,6</b>
CMC		1,0	10,0	<b>47,2</b>
<b>Additives</b>		<b>Parts</b>	<b>d.s./%</b>	<b>Amount/g</b>
Dispersant		0,15	40,0	<b>1,8</b>
NaOH		0,00	1,0	<b>0,0</b>
Calciumstearate		0,00	42,0	<b>0,0</b>
De-foamer		0,00	1,0	<b>0,0</b>
<b>Sum</b>		<b>110,15</b>		<b>981,66</b>
Water in raw materials/ g			461,66	m
<b>Extra water/ g</b>			<b>18,34</b>	

3(3)

Calculator of Coating c		Name 3.pastaresepti		
<b>Lähtötiedot</b>		Recipe	Drwtg	Water/g
Amount/g		1000,0		<b>410</b>
Dry solid of Coating colour/%		59,0	<b>590</b>	
<b>Pigments</b>	<b>Trade name</b>	Parts	d.s./%	Amount/g
Kaolin	Capim SP	100,0	63,8	<b>832,0</b>
Calcium carbonate		0,0	74,0	<b>0,0</b>
Talc		0,0	1,0	<b>0,0</b>
CaSO <sub>4</sub>		0,0	1,0	<b>0,0</b>
TiO <sub>2</sub>		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Calcinated Kaolin		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Aluminium hydrate		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Saostettu kaoliini		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Satine White		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Sodiumaluminiumhydrate		0,0	1,0	<b>0,0</b>
Plastic pigment		0,0	40,0	<b>0,0</b>
<b>Binders (5-15 parts)</b>		Parts	d.s./%	Amount/g
Styrene-Butadiene latex		0,0	50,0	<b>0,0</b>
BA 8877 barrier		0,0	0,0	<b>0,0</b>
BA 8888 barrier		10,0	51,9	<b>102,3</b>
Starch		0,0	10,0	<b>0,0</b>
CMC		1,0	10,0	<b>53,1</b>
<b>Additives</b>		Parts	d.s./%	Amount/g
Dispersant		0,15	40,0	<b>2,0</b>
NaOH		0,00	1,0	<b>0,0</b>
Calciumstearate		0,00	42,0	<b>0,0</b>
De-foamer		0,00	1,0	<b>0,0</b>
<b>Sum</b>		<b>111,15</b>		<b>989,35</b>
Water in raw materials/ g			<b>399,35</b>	m
<b>Extra water/ g</b>			<b>10,65</b>	

viskositeetti  
596 cP (mPas)  
ka 59,02 %

