



# Vedenpoiston optimointi säädettävillä listoilla

Tiia Kontturi

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2025

Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

KONTTURI, TIIA:

Vedenpoiston optimointi säädettävillä listoilla

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 5 sivua  
Toukokuu 2025

---

Opinnäytetyö suoritettiin Stora Enso Oyj:n Imatran tehtaiden toimeksiannosta kartonkikone 2:lle (KA2). Työn tavoitteena oli parantaa kartongin formaatiota optimoimalla runkokerroksen viiraosan vedenpoistoa säädettävillä kulma- ja korkeuslistoilla. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda viidelle eri lajille reseptiikka säädettävien foililistojen kulmista ja koroista sekä tarjota käytännönläheinen yleisohje muiden lajien säätämistä varten. Tavoitteena oli luoda toimeksiantajalle ohje, joka selkeyttää foililistojen käyttöä viiraosan vedenpoiston hallinnassa. Opinnäytetyö sai alkunsa tarpeesta parantaa kolmikerroskartongin formaatiota kuitenkin heikentämättä vedenpoistoa liialti.

Säädettäville foililistoille lajikohtaisesti parhaat asetusravot selvitettiin koeajoilla. Koeajojen aikana säädettiin kulma- ja korkeuslistojen kulmaa tai korkeutta runkoviiran aktiivisuustason muuttamiseksi. Viiraosan aktiivisuustason säätämällä pyrittiin vaikuttamaan vedenpoiston tehokkuuteen sekä kartongin pohjanmuodostukseen.

Foililistojen säädetyillä asetusravoilla saavutettiin paikoitellen lieviä parannuksia kartongin formaatioon. Säätöjä tehtäessä havaittiin, että tehostunut vedenpoisto mahdollisti suurempien vesimäärien ajamisen perälaatikolta. Perälaatikon huulen avaaminen paransi kartongin formaatiota. Luotujen reseptien vaikutusta formaatioon tulisi seurata pidemmältä ajanjaksolta luotettavamman tuloksen saamiseksi.

---

Asiasanat: vedenpoisto, formaatio, taivekartonki, runkokerros, foililista

## **ABSTRACT**

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

KONTTURI, TIIA:  
Dewatering Optimization with Adjustable Foils

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 5 pages  
May 2025

---

This thesis was commissioned by Stora Enso Oyj's Imatra Mills board machine 2 (BM2) unit. The aim was to improve board formation by optimizing the dewatering of the middle ply wire section using adjustable foils. The objective was to develop a guide for five different grades, specifying the optimal angles and heights for these foils, and to provide practical guidelines for adjusting the foils for other grades. The goal was to create clear instructions for the client on how to use the foils effectively to control wire section dewatering. This thesis originated from a need to improve the formation of three-ply board without excessively compromising dewatering efficiency.

The optimal settings for the adjustable foils for each grade were determined through trial runs. During these trials, the angles and heights of the foils were adjusted to modify the activity level of the forming wire. Adjusting the wire activity aimed to influence both the dewatering efficiency and the formation of the base sheet.

Adjusting the foil settings resulted in minor improvements in board formation in certain cases. During the adjustments, it was observed that improved dewatering allowed for increased flow from the headbox. Opening the headbox lip further improved board formation. To obtain more reliable results, the impact of the developed techniques on the board formation should be monitored over a longer period.

---

Key words: dewatering, formation, folding box board, middle ply, foil

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KARTONKIKONE 2 .....	8
	2.1 Taivekartonki.....	8
	2.2 Sellukartonki .....	9
3	RAINANMUODOSTUS .....	11
	3.1 Perälaatikko .....	11
	3.2 Viiraosa .....	12
4	VIIRAOSAN VEDENPOISTO .....	16
	4.1 Vedenpoisto viiraosalla .....	16
	4.2 Kulma- ja korkosäädettävät vedenpoistolistat .....	18
5	FORMAATIO .....	23
	5.1 Formaatio.....	23
	5.2 Formaatioon vaikuttavat tekijät.....	23
	5.3 Formaation vaikutus lopputuotteeseen .....	24
6	KOKEELLINEN OSUUS .....	26
	6.1 Koeajon tavoitteet sekä suunnittelu.....	26
	6.2 Koeajojen suoritus.....	27
	6.3 Listojen säätäminen .....	29
7	VEDENPOISTOLISTOJEN SÄÄTÖJEN VAIKUTUS .....	32
	7.1 Mittausmenetelmät.....	32
	7.2 Tulokset .....	33
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	36
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET .....	40
	Liite 1. Mittaustulokset .....	40
	Liite 2. Koeajoissa käytetyt listojen säätöarvot koepisteittäin.....	43
	Liite 3. Yleisohje listojen säätämiseen .....	45

**LYHENTEET JA TERMIT**

SBS	valkaistu sellukartonki
FBB	taivekartonki
CTMP	kemi-termomekaaninen massa

## 1 JOHDANTO

Pakkauksen ulkonäöllä on keskeinen rooli myytävän tuotteen menestyksessä markkinoilla. Laadukkaalla ja houkuttelevalla pakkauksella voidaan viestiä tuotteen arvosta, erottua kilpailijoista sekä herättää kuluttajien huomion. Pelkästään jo epätasainen painojälki voi vaikuttaa negatiivisesti kuluttajan ostopäätökseen. Kartonkipakkauksia käytetään monipuolisesti erilaisiin tuotteisiin ja käyttökohteisiin.

Graafiseen loppukäyttöön tulevat korkealuokkaista painopintaa vaativat tuotteet vaativat pohjakartongin ominaisuuksilta enemmän. Kartongin painettavuus on yksi tärkeimpiä ominaisuuksia lopputuotteen kannalta. Painettavuuteen vaikuttaa kartongin sileydet sekä lujuudet. Näihin molempiin tekijöihin vaikuttaa kartongin formaatio, joka kuvaa kuinka tasaisesti kuidut ovat jakautuneet. Formaatiolla on suuri vaikutus kartongin ulkonäköön, painatusominaisuuksiin sekä paperin lujuuteen. Formaation hallinta onkin jokapäiväinen haaste kartonginvalmistajille. (Ek, Gellerstedt & Henriksson 2009, 11, 211.)

Opinnäytetyö suoritettiin toimeksiantona Stora Enson Oyj:n Imatran tehtaille, kartonkikoneelle 2. Aihe on syntynyt tarpeesta parantaa kolmikerroskartongin formaatiota kuitenkin heikentämättä vedenpoistoa liialti. Tavoitteena työssä on parantaa kartongin formaatiota optimoimalla runkokerroksen viiraosan vedenpoistoa selvittämällä säädettäville vedenpoistolistoille eli foileille lajikohtaisesti parhaimmat asetusravat. Työn tarkoituksena on koeajoihin pohjautuen luoda viidelle eri lajille reseptiikka iTable-laitteistoon säädettävien foililistojen kulmista ja koroista sekä tehdä yleisohje muiden lajien säätöä varten. Yleisohjeen tarkoituksena on antaa koneen henkilöstölle suuntaa siitä, kuinka lähteä optimoimaan viiraosan aktiivisuutta foililistoja hyödyntäen. Viiraosan aktiivisuudella tarkoitetaan massarainassa tapahtuvaa liikehdintää. Tehdyt reseptit tulevat kartonkikoneelle jatkuvaan tuotantoon sekä yleisohje tukemaan jatko-optimointeja sekä koneen henkilöstön osaamista.

Osana kokeellista osuutta järjestetään kartonkikoneella yhteensä seitsemän koeajoa, joissa tarkoituksena on löytää kullekin ajettavalle lajille sopivin

aktiivisuustaso viiralle kulma- ja korkolistojen asentoa muuttaen. Säättöarvot, joilla saadaan paras lopputulos koeajon aikana, tallennetaan järjestelmään uudeksi reseptiksi. Koeajot suoritetaan seitsemälle eri neliöpainolle ja ajettavina lajeina oli sekä FBB- että SBS-kartonkia.

Kokeellisen osuuden aikana vakioidaan erinäiset muuttujat siten, että viiraosan säädettävien foililistojen vaikutus voidaan havaita. Viiraosan imulaatikoiden asetusarvot pidetään vakiona kaikissa koeajoissa, jotta voidaan keskittyä foililistojen vaikutukseen aktiivisuustasoa säädettäessä. Työn ulkopuolelle rajataan myös massojen jauhatus, formerin hallintasuureet, kartongin päällystys sekä kalanterointi. Koeajojen aikana pyritään pitämään myös massasuhteet, koneen nopeus, perälaatikon sakeus ja perälaatikon huuliaukko vakiona.

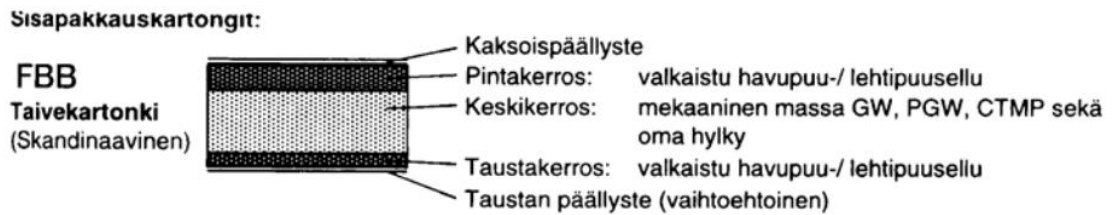
## 2 KARTONKIKONE 2

Kartonkikone 2 on yksi Stora Enso Oyj:n Imatran tehtaiden neljästä kartonkikoneesta. Imatran tehtaot koostuu kahdesta eri tehdasyksiköstä - Tainionkoski ja Kaukopää. (Härkönen 2023.) Kartonkikoneella 2 valmistetaan päällystettyjä korkealuokkaisia graafisia kartonkeja erilaisiin painotuotteisiin sekä myös elintarvikepakkauskartonkeja (Aluehallintovirasto 2017). Tässä työssä tehdyt tutkimukset koskivat päällystettyä sellukartonkia eli SBS-kartonkia (Solid Bleached Sulphateboard) ja päällystettyä taivekartonkia eli FBB-kartonkia (Folding Box Board), jonka keskimäinen kerros on valmistettu CTMP-massasta eli kemi-termomekaanisesta massasta.

### 2.1 Taivekartonki

Kartonkikoneella 2 valmistetaan päällystettyä taivekartonkia graafiseen loppukäyttöön. Päällystäminen voidaan tehdä pinta- ja taustakerrokselle tai pelkästään pintakerrokselle. Taivekartonkia eli FBB-kartonkia käytetään esimerkiksi kosmetiikka-, savuke-, elintarvike- ja lääkepakkauksiin. Lopputuotteena pakkaukset asettavat taivekartongille erilaisia vaatimuksia toiminnallisuuteen sekä ulkonäköön liittyen. Kartongilta vaaditaan hyvää jäykkyyttä, jotta pakkaukset eivät lyhyisty toistensa painosta pakattuna päällekkäin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 73–74.)

Taivekartongin pinta- ja pohjakerros tehdään valkaistusta sellusta, jotta saadaan mahdollistettua hyvä ulkonäkö ja hyvät painatusominaisuudet. Taivekartongin keskikerrokseen käytetään taas puolestaan CTMP-massaa, jotta saadaan keskikerrokseen taivutusjäykkyyden vaatimaa paksuutta sekä bulkkisuutta eli mahdollisimman paksuksi alhaisella tiheydellä. Kuviossa 1 esitetään FBB-kartongin rakenne. (KnowPap versio 26.0, 2025a; Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 73.)



KUVIO 1. FBB-kartongin rakenne (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 73).

## 2.2 Sellukartonki

Sellukartonki eli (Solid Bleached Sulphateboard) valkaistu sulfaattikartonki valmistetaan nimensä mukaisesti ainoastaan valkaistusta sellusta eli kemiallisesta massasta. Kuviossa 2 esitetään sellukartongin rakenne. Sellukartonki valmistetaan ensikuidusta, minkä takia se soveltuu hyvin tuotteiden pakkaamiseen, jotka vaativat hajuttomuutta ja neutraalia makua. Sellukartonkia käytetään savuke-, lääke-, kosmetiikka- ja elintarvikepakkauksiin. Lisäksi SBS-kartonkia voidaan käyttää myös kertakäyttöastioiden valmistamiseen. (KnowPap versio 26.0, 2025b)



KUVIO 2. SBS-kartongin rakenne (KnowPap versio 26.0, 2025b).

Pakkaukset yleisesti painetaan, jonka vuoksi kartongilta vaaditaan hyviä painatusominaisuuksia sekä korkeaa vaaleutta. Erityisesti graafiseen käyttöön tulevalta kartongilta vaaditaan erittäin korkeatasoisia painettavuusominaisuuksia ja vain kohtuullista lujuutta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 73–74.) Graafiset kartongit vaativat erityisen hyvää painatuspintaa, sillä itse kartonki on tärkeä osa myytävää tuotetta. Erilaisia vaadittuja laatuominaisuuksia graafiselle kartongille on esimerkiksi pinnan sileyys, erinomainen vaaleus ja kiilto. Päälystetyt pakkauskartongit eroavat graafisesta kartongista oikeastaan vain huonomman sileyden vuoksi. (KnowPap versio 26.0, 2025c.)

### 3 RAINANMUODOSTUS

Kartonkikoneen rainanmuodostusosaan luetaan perälaatikon syöttöputkisto, perälaatikko sekä viiraosa. Monikerroskartongeilla on jokaiselle kerrokselle yleensä oma rainanmuodostusosansa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 131.)

Moni kartongille tärkeä rakenneominaisuus määräytyy jo rainanmuodostuksen aikana. Näitä ovat formaatio, neliömassa sekä kuituorientaatio. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 131.) Myös paperin pohjanmuodostus eli visuaalisesti havainnoitava tasaisuus määräytyy rainanmuodostuksessa. Viiraosa yhdessä perälaatikon kanssa vaikuttaa merkittävästi myös kartongin orientaatioprofiiliin ja poikkisuuntaiseen neliömassaprofiiliin. (KnowPap versio 26.0, 2025d.)

#### 3.1 Perälaatikko

Perälaatikon ja sen syöttöputkiston tehtävänä on tuottaa viiraosalle koko kartonkikoneen levyinen tasainen massasuspensiosuihku, jolla on haluttu nopeus, suunta ja sakeus. Lisäksi perälaatikko ja sen syöttöputkisto tasoittaa mahdolliset painevaihtelut syöttövirtauksesta sekä poikkisuunnassa esiintyvät virtaushäiriöt. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 131.) Perälaatikolla voidaan estää laimennetun massan flokkaantuminen ja mahdollistetaan massan levitys viiralle.

Viiralle levitetyn massasuihkun täytyy olla tasainen ja flokiton, minkä vuoksi virtaavaan massasuspensioon aiheutetaan turbulenssia ja leikkausvoimia kuituflokkien hajottamiseksi (Holik 2013, 439–440). Kuituflokeiksi tai flokeiksi kutsutaan toisiinsa löyhästi kietoutuneita kuituja. Turbulenssilla kuvataan massasuspension sisällä tapahtuvaa epäsäännöllistä liikettä, joka syntyy, kun virtaustilaan tulee häiriötä. Turbulenssilla ei voida kuitenkaan hajottaa flokkeja kokonaan yksittäisiksi erillisiksi kuiduiksi vaan pitemminkin hajotetaan alkuperäinen kuitukimppu pienemmiksi kuitukimpuiksi. (KnowPap versio 26.0,

2025d.) Turbulenssia muodostetaan lamellien, virtausmuutosten ja virtauskanavien muuttuvien muotojen avulla. Kanavien ja lamellien virtauspintojen aiheuttama kitka puolestaan synnyttää leikkausvoimat. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 131.)

Massa syötetään perälaatikosta viiralle huuleksi kutsutun osan kautta. Huuliaukko koostuu alemmasta, kiinteästä huulesta sekä ylemmästä, säädettävästä huulesta, jolla ohjataan huuliaukon korkeutta. Huuliaukon korkeudella säädetään viiralle syötettävän massan sakeutta. (Bajpai 2018, 99.) Huuliaukolla voidaan säätää massasuihkun iskukulmaa viiralle sekä iskuetäisyyttä. Näillä asetuksilla on suuri vaikutus vedenpoistoon viiraosan alussa, joka puolestaan taas vaikuttaa voimakkaasti formaatioon. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 135.)

Huulta avaamalla saadaan perälaatikon sakeus pienemmäksi, jonka seurauksena kuitujen flokkaantuminen vähenee ja kuituorientaatio suurenee, jolloin formaatio paranee. Perälaatikon sakeudella voidaan siis vaikuttaa huomattavasti formaatioon - alhaisella perälaatikkosakeudella saadaan parannettua pohjanmuodostusta. Huulen avaamista voi kuitenkin rajoittaa esimerkiksi vedenpoistokapasiteetti sekä mahdollinen kuivatuskapasiteetti. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 95.)

Perälaatikon huulesta syötetyn suihkun nopeuden eroa viiran nopeuteen kutsutaan suihkuviirasuhteeksi. Suihkuviirasuhteella sekä turbulenssitasolla voidaan hallita muodostuvan rainan kuituorientaatiota sekä formaatiota (Holik 2013, 451–452.)

### **3.2 Viiraosa**

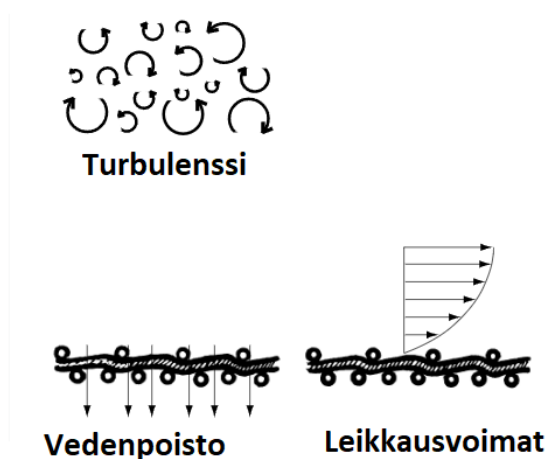
Paperi- ja kartonkilajien rakenteelliset ominaisuudet määräytyvät pääosin jo viiraosalla. Rakenneominaisuuksista viiraosalla on suurin vaikutus kartongin formaatioon ja kone- ja poikkisuuntaiseen vetolujuussuhteeseen. Viiraosa yhdessä perälaatikon kanssa vaikuttaa merkittävästi myös kartongin

orientaatioprofiiliin ja poikkisuuntaiseen neliömassaprofiiliin. (Holik 2013, 455–456.)

Viiraosan pääasialliset tehtävät ovat:

- Poistaa perälaatikon syöttämästä massasulppusta vettä suodattamalla viiran läpi.
- Estää liiallinen kuitujen flokkaantuminen sekä hajottaa jo syntyneitä flokkeja.
- Muodostaa tasainen kuituverkosto viiran päälle. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 131; Holik 2013, 455.)

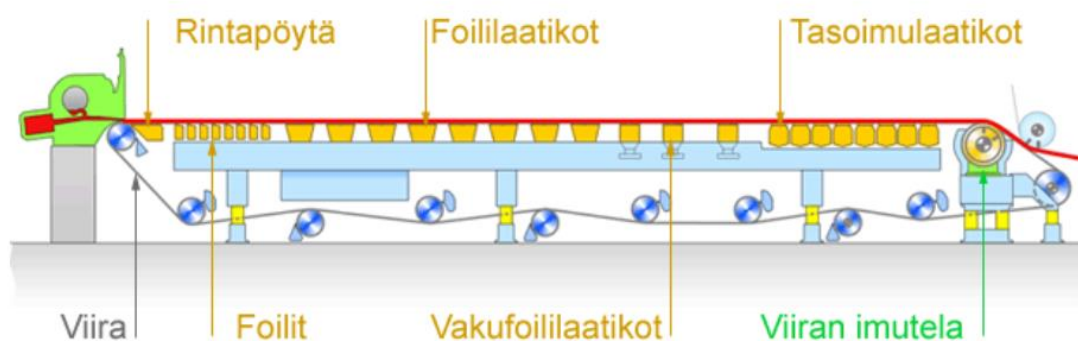
Viiraosalla massasulppuun kohdistuu erilaisia hydrodynaamisia voimia, joita aiheuttavat leikkausvoimat, turbulenssi ja viiran läpi virtaava vesi. Näillä kolmella tavalla voidaan vaikuttaa kuitujen jakautumiseen mahdollisimman tasaisesti. Nämä hydrodynaamiset voimat ovat esitettynä kuviossa 3. Virtaava vesi pyrkii ohjautumaan kuitukerroksen läpi niistä kohdista, joissa virtausvastus on pienintä. Tällöin näihin ohuempiin kohtiin kulkeutuu enemmän kuituja ja täten kuitukerroksen erot rakenteessa tasoittuvat. (Paulapuro 2008, 248–249.) Leikkausvoimia aiheuttavat kitkan synnyttämät nopeuserot virtauksen reunan ja keskustan välillä. Leikkausvoimilla vaikutetaan kuitujen orientaatioon ja hajotetaan syntyviä kuitukimppuja. Viiraosan vedenpoistoelimet yhdessä leikkausvoimien kanssa aiheuttavat puolestaan taas mikroturbulenssia, joka parantaa paperin formaatiota. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 55.)



KUVIO 3. Massasulppuun kohdistuvat hydrodynaamiset voimat (Paulapuro 2008, 248, muokattu).

Erilaiset viiraosatyypit jaetaan rakenteensa mukaisesti. Tämän työn kannalta oleellista on tietää viiraosatyypeistä tasoviira sekä hybridiformeri. Tasoviiralla (kuvio 4) vedenpoistoa tapahtuu ainoastaan yhteen suuntaan, alaspäin. Tasoviiraosilla, joissa nopeus on alle 500 m/min formaatio saadaan muodostettua pääasiassa leikkausvoimia hyödyntäen, sillä hitaalla nopeudella on vaikea muodostaa riittävän voimakasta turbulenssia. Tasoviira on yhä laajalti käytössä, vaikka on kaikista viiraosatyypeistä vanhin. (KnowPap versio 26.0, 2025d.)

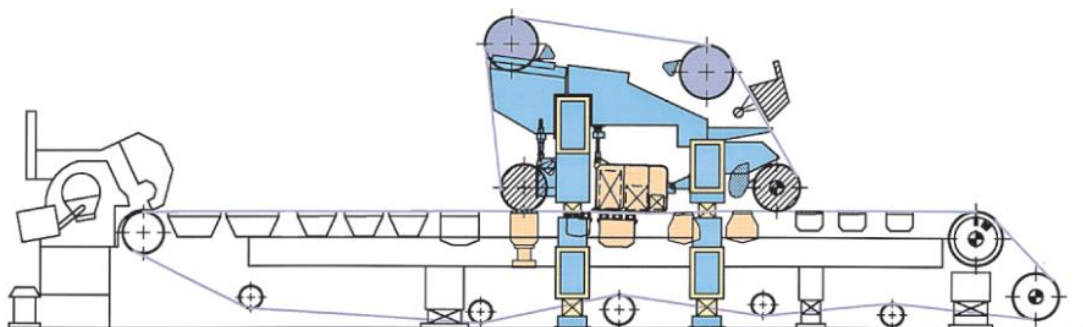
## Tasoviira



KUVIO 4. Tasoviiran rakenne (KnowPap versio 26.0, 2025d).

Hybridiformeri (kuvio 5) on puolestaan yhdistelmä tasoviiralle ja kaksoisviirarainaimelle. Hybridiformeria käytetään yleensä monitasoviirakartonkikoneilla erityisesti juuri paksuimman kerroksen eli runkokerroksen tekemiseen. Hybridiformerissa on alkuun tasoviiraosa, jolla poistetaan vettä alaspäin, minkä jälkeen on yläviirayksikkö. Yläviirayksiköllä, formerilla raina liikkuu kahden viiran välissä, minkä aikana vesi poistuu oikeastaan vain ylöspäin. (KnowPap versio 26.0, 2025d.)

### SymFormer MB Tasoviirauusinta



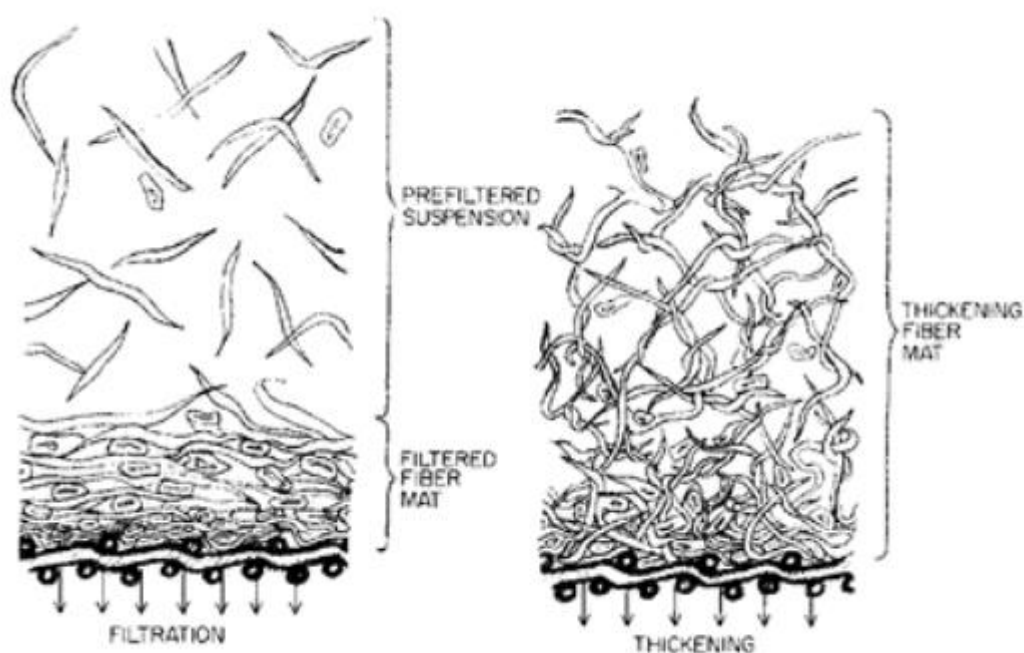
KUVIO 5. Hybridiformeri tasoviirauusinta (KnowPap versio 26.0, 2025d).

## 4 VIIRAOSAN VEDENPOISTO

### 4.1 Vedenpoisto viiraosalla

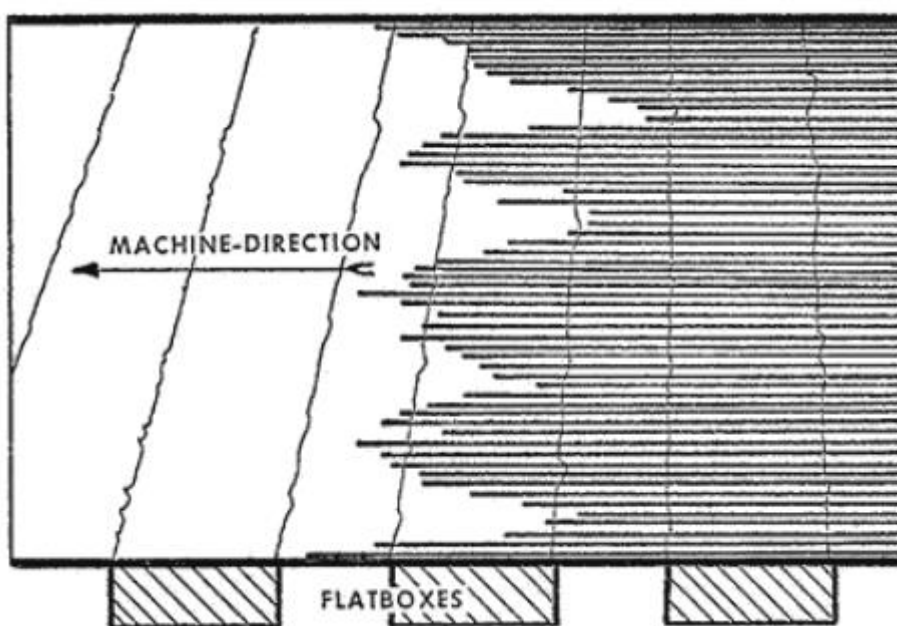
Viiraosalla lähes 90 % kuitususpension vedestä poistuu painovoiman avulla, mutta pääasiallisesti vesi poistetaan alipaineen avulla siihen suunniteltujen vedenpoistoelementtien avulla (Niemz, Teischinger & Sandberg 2023, 1613). Viiraosalla vedenpoisto alkaa pääasiassa suotautumalla, kun huulisuihku kohtaa viiran rintapöydän kohdalla. Tätä alkuosaa suotautumisesta kutsutaan alkuvedenpoistoksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 137.)

Ennen tasoimulaatikoita viiraosan vesi poistuu pääosin suotautumalla. Vedenpoiston ja suotautumisen edetessä kuidut kerrostuvat erillisiksi kerroksiksi (kuvio 6), jolloin muodostuneen kuitukerroksen päällä on laimeampi sakeudeltaan muuttumaton kerros. Suotautumisvaiheen loppuun saakka kuidut muodostavat yhtenäisen verkoston laimeamman sulppukerroksen hävitessä jo muodostuneen kuitukerroksen pinnalta. Tällöin rainan sakeus kasvaa sen yläpintaan muodostuvan paineen seurauksena ja raina alkaa tiivistymään. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 137–138; Smook 2016, 245.)



KUVIO 6. Kuitujen kerrostuminen vedenpoiston vaikutuksesta (Smook 2016, 245).

Vesiraja (kuvio 7) on yleensä imulaatikoiden kohdalla ilmenevä selkeä raja, jossa veden kiilto häviää. Tällöin vedenpoisto rainaosalle saadaan aikaiseksi imemällä ilmaa rainan lävitse imulaatikoilla. Vesirajan epäsäännöllinen muoto voi olla useamman tekijän summa, mutta yleensä sen voidaan ajatella johtuvan epätasaisesta vedenpoistosta viiraosalla tai perälaatikon epätasaisesta syötöstä. (Smook 2016, 251.)



KUVIO 7. Vesiraja katsottuna sivusta tasoviiralla (Smook 2016).

Viiraosan vedenpoiston nopeuteen vaikuttavat viiraosan rakenneratkaisut, käytettävien viirakudosten rakenne, kemialliset olosuhteet sekä massan ominaisuudet.

Viiraosalla halutaan aiheuttaa rainaan vedenpoistoelementeillä leikkausvoimia ja turbulenssia, jotta saadaan estettyä formaatiota huonontavien kuitukimppujen, flokkien syntyminen. Kun massan sakeus alenee, on kuiduilla taipumus muodostaa flokkeja. Viiraosalla vedenpoistossa pitää siis huomioida, ettei viiralla rainan sakeutumaton osa ehdi muodostamaan flokkeja sekä jo syntyneet flokit

täytyy hajottaa. Tällöin saadaan paperin rakenne ja neliömassajakauma tasaiseksi. Turbulenssia muodostetaan tasoviiralla erilaisilla vedenpoistoelementeillä aiheuttamalla painevaihteluita, joiden seurauksena ”pakotetaan raina muuttamaan suuntaansa”. Tämä rainan poikkeaminen suoraviivaiselta reitiltä synnyttää pystysuuntaisen kiihtyvyyssvaihtelun eli täten myös turbulenssia. Turbulenssi voidaan havainnoida viiraosalla massapinnan värähtelynä eli aktiivisuutena. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 137.)

#### **4.2 Kulma- ja korkosäädettävät vedenpoistolistat**

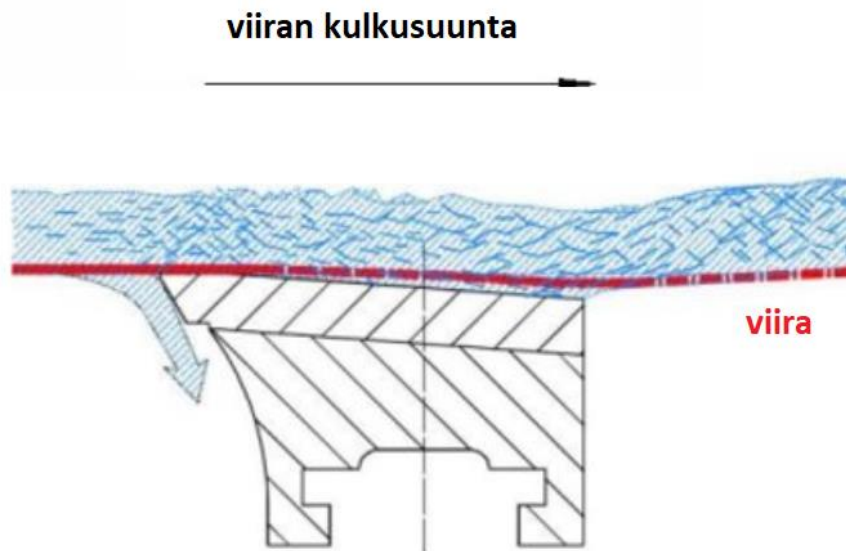
Viiraosan säädettävillä vedenpoistolistoilla eli foileilla tavoitteena on saada parannettua pohjanmuodostusta ja formaatiota rikkomalla massaflokkeja pystysuuntaisilla leikkausvoimilla aiheuttaen nopeita painevaihteluita massarainaan. Leikkausvoimat syntyvät foililistojen ja massan välisestä vuorovaikutuksesta. Samalla myös rainan pystysuuntainen hienoainesjakauma pysyy tasaisempana, jolloin rainan avoimempi rakenne helpottaa vedenpoistoa. (IBS 2024; Holik 2013, 464.)

iTable on IBS:n valmistama laitteisto, jolla voidaan säätää viiraosan vedenpoistoa ja turbulenssia muuttamalla kulma- ja korkeussäädettävien listojen asentoa. Säädettäviä listojen kulmaa- tai korkeutta voidaan muuttaa ajon aikana. Tämä vaikuttaa massan ja veden vuorovaikutukseen viiralla, mahdollistaen formaation ja vedenpoiston hienosäädön. (IBS 2024.) iTable systeemissä on käytössä kahdenlaisia säädettäviä listoja: kulma- ja korkosäädettävät (kuva 1). Listojen kulmaa ja korkeutta voidaan säätää joko yksittäin tai koko viirapöydän yhteisohjauksella. Myös muut laitevalmistajat tarjoavat vastaavia järjestelmiä – esimerkkinä Valmetin Acu-tuoteperhe (Valmet 2023).



KUVA 1. Korkeussäädettävät ja kulmasäädettävät listat (Smook 2016, 250).

Kulmasäädettävillä, tasapintaisilla foililistoilla voidaan hienosäätää viiraosan vedenpoistoa ja viira-aktiivisuutta säätämällä listan kulmaa, joka on yleensä 0–3 asteen välillä (Bajpai 2018, 104–106). Foililistan etureuna muodostaa kulman liikkuvaan viiraan nähden ja lävistää viiran alapuolisen vesikalvon, jolloin foilin kaltevan yläpinnan ja viiran väliin kehittyvä imu suodattaa massarainasta vettä (Paulapuro 2008, 254). Kulmasäädettävän foililistan rakenne esitetään kuviossa 8. Foilin jättöreunalla taas imun loppuminen johtaa mikroturbulenssia aiheuttavaan paineiskuun, joka luo mikroturbulenssia. Turbulenssia syntyy siis foililistan päällä, kun syntyneen alipaineen vaikutuksesta viira taipuu alaspäin sekä foililistojen väliin siirryttäessä, kun syntynyt alipaine lakkaa vaikuttamasta viiraan. Seuraavalle listalle siirryessä viiran täytyy muuttua jälleen kulkusuuntaansa listan määräämän kulman mukaisesti. (Bajpai 2018, 104–106.) Käytännössä, mitä enemmän viira muuttua kulkusuuntaansa, sitä enemmän mikroturbulenssia kohdistuu rainaan (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 109).



KUVIO 8. Korkeussäädettävä foili (IBS 2024, muokattu).

Kulman muuttamisella voidaan vaikuttaa poistuvan veden määrään sekä muodostuvaan turbulenssiin. Kulmaa kasvattamalla vedenpoisto sekä aktiivisuus viiralla lisäänty. (IBS 2024.) Aktiiviteetissa huomioidaan sen voimakkuus ja laajuus. Häggblom-Ahnger (2005, 108) esittää aktiiviteetin voimakkuuden kuvaavan sitä, kuinka korkealle viiran päällä olevat massaseoksen huiput nousevat. Kuviossa 9 näkyy eri aktiivisuustasoja. Sopiva voimakkuus on sellainen, että massahuiput nousevat ilman, että irtautuvat viirasta.

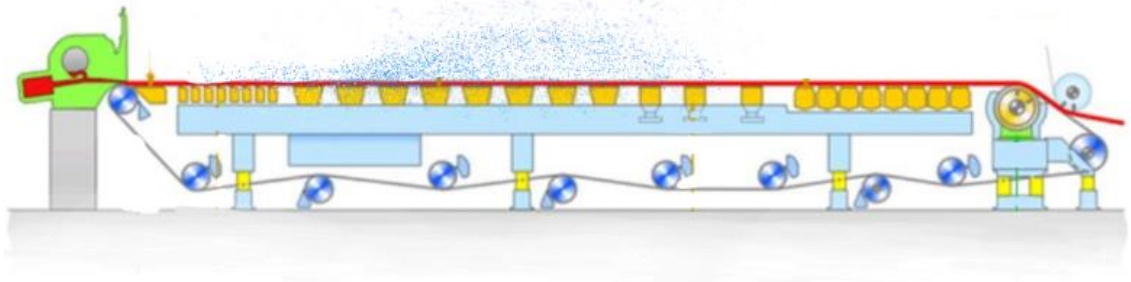


KUVIO 9. Massaseoksen huippujen nouseminen. (IBS 2024, muokattu.)

Massarainan pinnan tulee elää selkeästi. Aktiivisuus ei kuitenkaan saa nousta niin suureksi, että tapahtuu massan roiskumista tai pisaroitumista. Kuviossa 10 on havainnollistettu piirtämällä, miltä liiallinen aktiivisuus voisi näyttää sivusta

katsottuna. Kuvassa roiskuva massa on selkeyden vuoksi ilmaistu sinisellä värillä. Laajuudella puolestaan kuvataan sitä, miten paljon tiettyä pinta-alaa kohden esiintyy aaltoilun huippuja. Pidemmille kuiduille on todettu riittävän laajalaisempi aktiviteetti kuin pienemmille kuiduille, jotka vaativat hienojakoisempaa aktiviteettia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 108.)

## Tasoviira

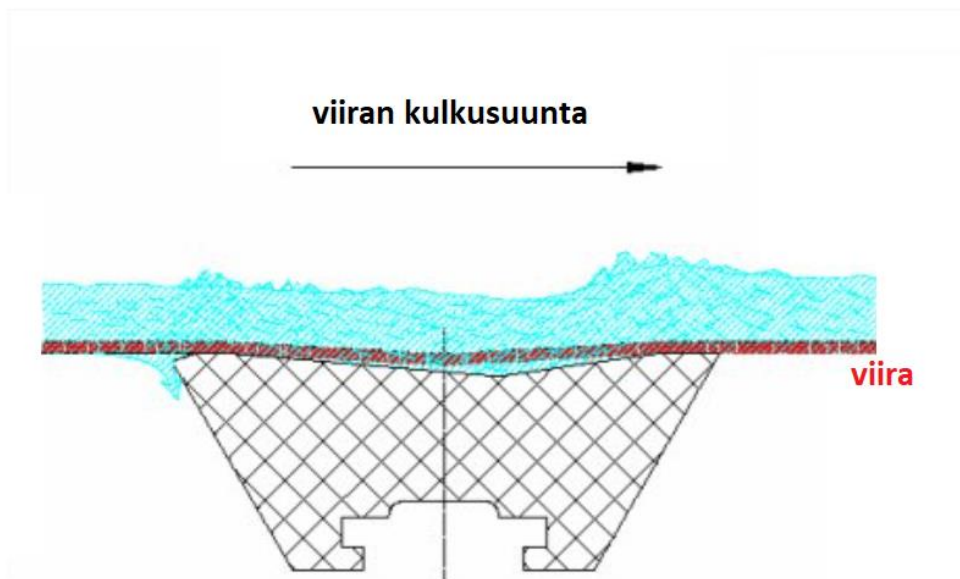


KUVIO 10. Kuviteltu tilanne liiallisesta aktiivisuudesta tasoviiralla (KnowPap versio 26.0, 2025d, muokattu).

Oikeanlaisilla kulmilla aiheutetaan riittävää mikroturbulenssia viiralle, joka lisää vedenpoistoa jo muodostuneen kuitukerroksen läpi ja estää kuitujen flokkaantumisen. Yleisesti viiraosan alussa käytetään foililistoilla pienempää kulmaa kuin viiraosan lopussa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 138.) Viiran alkuosassa aktiviteetti pidetään vähäisempänä, jotta saadaan hyvä retentio ja suotautunut kerros viiran päälle. Tämän jälkeen aktiviteetti kasvatetaan viiran puoliväliä kohti, jonka jälkeen aktiviteetti vähenee vesirajaa lähestyessä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 108.) Smook (2016) toteaa kuitenkin, että ensimmäisten foilien aiheuttama aktiivisuus voi olla suhteellisen korkea, kuhan massan roiskuminen vältetään. Tämän jälkeen aktiivisuutta vähennetään asteittain, kunnes se on lähes olematonta imulaatikoilla lähellä vesirajaa. (Smook 2016, 250.)

iTable-systeemissä käytetyistä listatyypeistä toinen on korkeussäädettävä lista, jolla mahdollistetaan mikroturbulenssin kontrollointi viiraosalla sekä pystytään vaikuttamaan viiran aktiivisuustasoon (IBS 2024). Korkeussäädettävä lista on

muodoltaan v-mallinen (kuvio 11). Listan laskeva alkuosa saa aikaan alipaineen ja vedenpoistoa, kun taas listan nouseva jälkiosa ohjaa osan viiran lävitse poistuvasta vedestä takaisin viiraan muodostaen ylipainepulssin massarainaa vasten. Korkeussäädettävä lista on kiinni viirassa ollessaan 0-tasossa, jolloin viiran aktiivisuus sekä vedenpoisto on suurta. Aktiivisuus on alhaisinta korkeussäädettävän listan ollessa toisessa ääriasennossa - 5 mm, jolloin viirakontaktia ei ole ollenkaan ja tällöin myös vedenpoisto on heikompaa. (IBS 2024.)



KUVIO 11. Korkeussäädettävä foili (IBS 2024, muokattu).

Kartonkikoneen 2 runkoviiralle iTablen listoja on asennettu neljälle foililaatikolle niin, että kahdessa ensimmäisessä on vuorotellen kulma- ja korkolistoja ja kahdessa jälkimmäisessä foililaatikossa on pelkästään kulmalistoja. Kutakin listaa voidaan säätää erikseen haluttuun korkeuteen tai kulmaan riippuen säädettävän listan tyypistä. Turbulenssi pyritään nostamaan nopeasti korkeaksi säädettävien foililistojen ajaksi, jonka jälkeen turbulenssitaso lasketaan, jotta formerille tulevassa massassa ei olisi enää väreilyä.

## 5 FORMAATIO

### 5.1 Formaatio

Kuiduilla on taipumus flokkaantua eli muodostaa kuituverkostoja massasuspensiossa. Kuitukimput eli flokit syntyvät kuitujen liikkeessa ja takertuessa toisiinsa vesisuspensiossa. Flokkeja pitävät koossa yksinkertaisimmillaan mekaaniset kitka- ja puristusvoimat, jotka syntyvät taivutettujen kuitujen jäädessä jännitykseen toistensa lomaan. Jos flokit eivät rikkoonnu kuitujen suotautuessa viiralle paperista tulee tällöin epätasainen. Tämä paperin epätasaisuus eli pilvisyys näkyy, kun katsotaan paperia valoa vasten. Tätä vaikutelmaa kutsutaan pohjamuodostukseksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 105–106.)

Formaatio on neliömassan pienimittakaavaista vaihtelua (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 105). Pienimittakaavaisen neliömassahajonnan aallonpituus on 0–100 mm (KnowPap versio 26.0, 2025e). Formaation syntymiseen vaikuttaa merkittävästi flokkien hajoaminen viiraosalla ja perälaatikossa sekä juuri massan flokkaantuminen. Formaatiolla kuvataan paperin rakenteen tasalaatuisuutta ja kuitujen suuntautumista. Mitä vähemmän ilmenee neliömassan vaihtelua, sitä paremmaksi formaatiota voidaan sanoa. Hyvä formaatio viittaa kuitujen ja täyteaineen tasalaatuisuuteen jakautumiseen paperiarkissa. (Bajpai 2018, 46.)

### 5.2 Formaatioon vaikuttavat tekijät

Formaatioon voidaan viiraosalla vaikuttaa viiran turbulenssitasolla eli aktiivisuudella sekä suihkuviirasuhteella. Etenkin suurilla nopeuksilla on tärkeää hallita viiraosan aktiivisuutta, jotta massarina ei irtoa viirasta. Aktiivisuuden on oltava hienojakoista viiraosalla, jotta varmistetaan paras formaatio. Käytännössä siis perälaatikon on tuotettava tasalaatuinen massarina ja foililaatikoiden on muodostettava riittäviä leikkausvoimia viiraosalla, jotta rainan formaatio säilyy hyvänä. (Bajpai 2018, 106.)

Yleisesti ajatellaan, että saadaan perälaatikosta viiralle syötetystä massasta pieniflokkisempaa, mitä voimakkaampaa ja pienipyörteisempää perälaatikon turbulenssi on. Kuitenkin liian suurella turbulenssin voimakkuudella saadaan paperin pohjasta ryynimäinen, johtuen massaan muodostuvista pienistä tiheistä kuitukimpuista. Perälaatikkosakeus on monesti tärkeä muuttuja formaatiota ajatellen. (Holik 2013, 451–452.) Kuten aiemmin jo mainittiin perälaatikkosakeuden alentaminen yleensä parantaa formaatiota, sillä tällöin kuidut pysyvät irrallisina eivätkä flokkaannu. Kuitenkin jossain vaiheessa sakeuden alentamista alkaa rajoittamaan vedenpoistokapasiteetti sekä alhainen kuiva-aine viira- ja puristinosien jälkeen, mikä lisää riskiä märänpään katkolle sekä voi nostattaa höyrynkulutusta. Lisäksi tuotantomäärät voivat laskea, jos kuivatuskapasiteetti ei riitä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 95.) Massan flokkaantumiseen pystytään vaikuttamaan jo perälaatikon lähestymisputkistossa, konesihdissä sekä sekoituspumpussa. Kuitenkin ratkaisevasti formaatio määräytyy vedenpoiston aikana. (KnowPap versio 26.0, 2025d.)

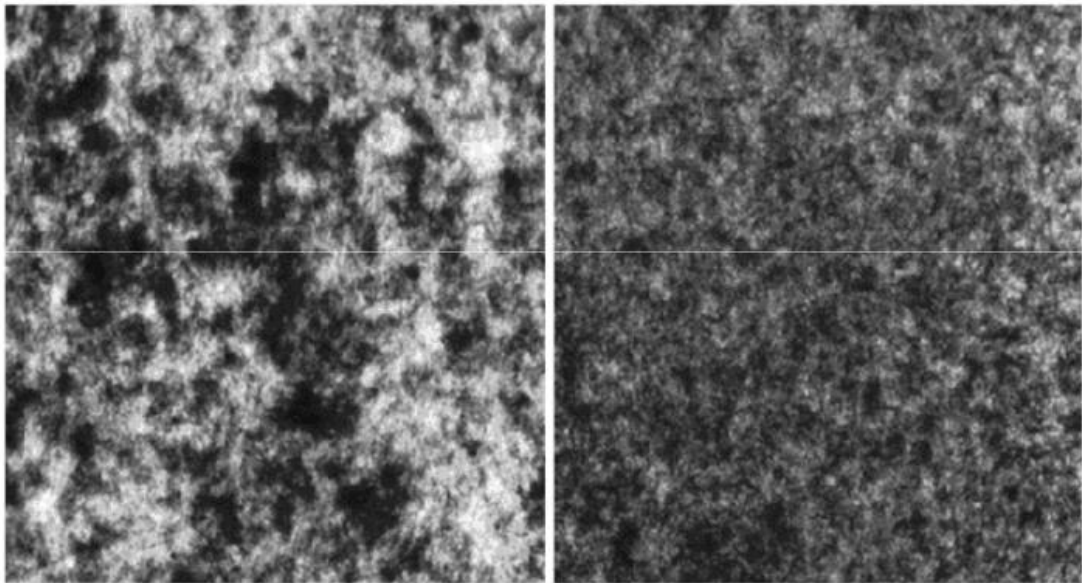
Viiraosan ja perälaatikon ohella formaatioon vaikuttavat myös massan ominaisuudet, kuten jauhatus ja flokkaantumiskyky sekä märän pään kemia. On esitetty, että näillä vaikuttavilla tekijöillä olisi merkittävä vaikutus formaatioon. On tuotu ilmi, että parhaaseen formaatioon päästään kevyillä lajeilla, kun turbulenssitaso on suurimmillaan hieman ennen rintapöydän ja märkälaatikon puoliväliä. Raskaammilla lajeilla puolestaan turbulenssiprofiilin oletetusti pitäisi olla etupainotteisempi. (KnowPap versio 26.0, 2025e.)

### **5.3 Formaation vaikutus lopputuotteeseen**

Kun formaatio paranee, paperin opasiteetti paranee, ilmanläpäisy sekä läpipainatus vähenee, sillä neulareiät vähenevät. Hyvällä formaatiolla on siis positiivinen vaikutus erityisesti päällysteen sekä painojäljen tasaisuuteen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 97, 108.)

Huonoa formaatiota voidaan kuvata pilvisyyden lisäksi myös paperin ryynimäisyytenä. Kuvassa 2 vasemmalla puolella esitetään, miltä paperin heikko

formaatio näyttää. Huono formaatio voi aiheuttaa painatuksessa esimerkiksi laikukasta painojälkeä tai pisteiden puuttumista. Formaation huonontuessa huononevat myös paperin vetolujuus, puhkaisulujuus sekä murtovenymä. Paperi katkeaa heikoimmista kohdistaan eli flokkien välistä, jossa paperin neliömassa on pienimillään. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 97, 105.) Hyvällä formaatiolla vetolujuus siis paranee, sillä tällöin myös paperin heikoimmat kohdat vähenevät. Voidaan siis todeta formaation paranemisen myötä lujuuksienkin paranevan tasaisemman pohjanmuodostuksen myötä. Hyvällä formaatiolla on positiivinen vaikutus erityisesti päällysteen sekä painojäljen tasaisuuteen.



KUVA 2. Paperin huono ja hyvä formaatio kuvattuna vierekkäin (Ek ym. 2009, 11).

Runkokerroksen heikko formaatio vaikuttaa olennaisesti moneen eri laatutekijään, kuten pintojen sileyksien ja repäisyjuuden heikkenemiseen. Tätä vaikutusta osaltaan lisää myös runkokerroksen koko verrattuna muihin kerroksiin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 97, 105.)

## 6 KOKEELLINEN OSUUS

### 6.1 Koeajon tavoitteet sekä suunnittelu

Koeajojen tavoitteena oli saada parannettua formaatiota optimoimalla runkokerroksen viiraosan vedenpoistoa säädettävillä kulma- ja korkeuslistoilla. Tarkoituksena oli selvittää, millä korkeus- ja kulmasäädettävien foililistojen asetusarvoilla saadaan paras formaatio kuitenkin heikentämättä vedenpoistoa. Koeajoissa tarkoituksena oli myös päivittää iTable-systeemiin tallennetut reseptit eli kulma- ja korkolistojen asetusarvot uusiin koeajoissa määriteltyihin asetusarvoihin.

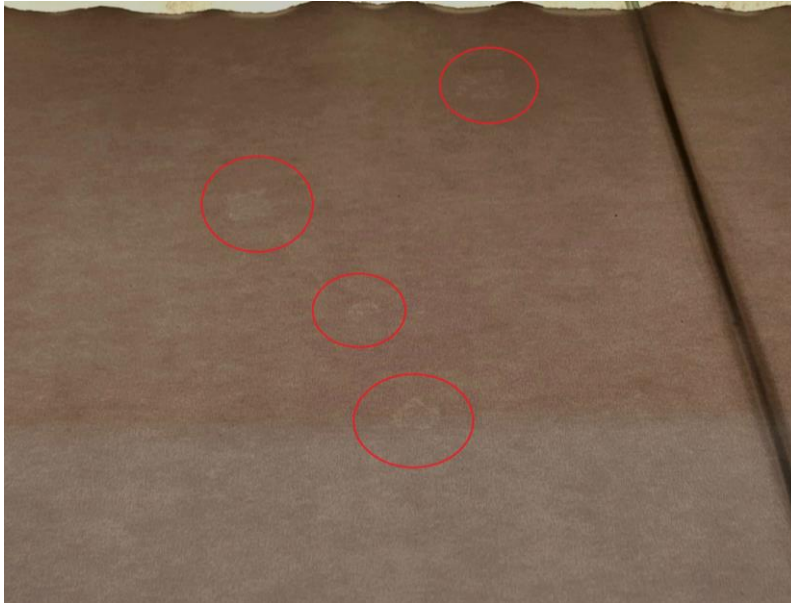
Kartonkikoneella 2 ajettavien lajien valikoima on laaja, sillä pelkästään jo neliömassa-alue vaihtelee 150–400 g/m<sup>2</sup> välillä. Suunnitelma järjestettävistä koeajoista tehtiin niin, että säädettäviin lajeihin saatiin sekä CTMP-pohjaisia että pelkästään sellupohjaisia lajeja. Säädettävien lajien valintaan vaikutti myös tarve saada päivitettyä iTableen reseptit monipuolisesti eri neliöpainoille. Lisäksi tämä mahdollistaa havaita mahdolliset eroavaisuudet foilien säätämisessä neliöpainon sekä massakoostumuksen muuttuessa. Kevyistä ja raskaista lajeista otettiin koepisteet sekä FBB- että SBS- lajeista. Keskipainosta otettiin koepiste ainoastaan SBS-lajista. Koeajoja järjestettiin yhteensä seitsemän, joiden tiedot ovat listattuna taulukkoon 1. Taulukossa 1 kunkin koepisteen numero kertoo, mistä koeajosta on kyse ja kirjain kertoo, onko näyte otettu ennen vai jälkeen tehtyjen muutoksien. Koepiste SBS\_1a on otettu referenssipisteeksi ensimmäiseen koeajoon ja koepiste SBS\_1b on koepiste tehtyjen säätöjen jälkeen.

TAULUKKO 1. Ajetut koeajot sekä koepisteet tietoineen

Koeajo	Koepiste		Laji	Neliömassa-alue
Koeajo 1	SBS_1a	ennen	SBS	keskipaino 2 (200–300 g/m <sup>2</sup> )
	SBS_1b	jälkeen		
Koeajo 2	SBS_2a	ennen	SBS	keskipaino 1 (200–300 g/m <sup>2</sup> )
	SBS_2b	jälkeen		
Koeajo 3	SBS_3a	ennen	SBS	keskipaino 3 (200–300 g/m <sup>2</sup> )
	SBS_3b	jälkeen		
Koeajo 4	FBB_4a	ennen	FBB	raskas 1 (300–400 g/m <sup>2</sup> )
	FBB_4b	jälkeen		
Koeajo 5	FBB_5a	ennen	FBB	kevyt 1 (150–200 g/m <sup>2</sup> )
	FBB_5b	jälkeen		
Koeajo 6	SBS_6a	ennen	SBS	kevyt 2 (150–200 g/m <sup>2</sup> )
	SBS_6b	jälkeen		
Koeajo 7	SBS_7a	ennen	SBS	raskas 2 (300–400 g/m <sup>2</sup> )
	SBS_7b	jälkeen		

## 6.2 Koeajojen suoritus

Koeajojen aikana säädetään operointinäytöltä iTable-laitteiston neljän eri foililaatikon kulma- ja korkolistojen kulmaa tai korkeutta niin, että saadaan viiraosan aktiivisuus halutulle tasolle. Tavoiteltu aktiivisuustaso on sellainen, että viiraosalla pystytään havaitsemaan silmämääräisesti selkeää liikehdintää/väreilyä. Havaittu aktiivisuus ei kuitenkaan saa nousta liian suureksi, ettei massa irtoa rainasta ja roisku pitkin viiraosaa. Mahdolliset roiskeet voivat aiheuttaa lopputuotteeseen ei-toivottua jälkeä ns. ”kissantassuja” (kuva 3), jotka voidaan havaita läpivalossa.



KUVA 3. Läpivalossa erottuvat "kissantassut" merkattu punaisella.

Koeajoissa säätämisen tavoitteena oli kevyemmillä lajeilla saada viiraosan aktiivisuustasoa laskettua, sillä ongelmana on ollut aiemmin massan hallitsematon roiskuminen seurauksena liiallisesta aktiivisuudesta. Raskailla lajeilla puolestaan tavoitteena oli saada viiraosan aktiivisuutta korkeammaksi, sillä lähtötilanteessa rainan pinta on ollut "järvimäinen" eikä aktiivisuutta ole juurikaan ollut havaittavissa. Viiraosan aktiivisuuden arviointi tehtiin silmämääräisesti arvioimalla. Listojen säätämisen aikana seurattiin formaation online-mittausta sekä kokonaisvaltaisesti muitakin koneen on-line-mittauksia, kuten yleistä höyryn kulutusta sekä kosteusmittauksia. Lisäksi tarkasteltiin valopöydällä, miltä kartongin pohjanmuodostus näyttää läpivalossa.

Koeajojen aikana pyrittiin minimoimaan muuttujat siten, että kulma- ja korkolistojen säätämisen vaikutus pystyttäisiin havainnoimaan mahdollisimman selkeästi. Työn ulkopuolelle rajattiin massat sekä niiden jauhatus, formerin hallintasuureet, kartongin päällystys sekä kalanterointi. Koeajojen aikana pyrittiin pitämään massasuhteet, 2. perälaatikon sakeus ja huuliaukko vakiona, mutta tuotannon aikana ilmenevien muuttujien myötä tätä ei pystytty jokaisessa koeajossa toteuttamaan suunnitellusti.

Koeajojen jokaisesta koepisteen konerullasta otettiin kahdet ylimääräiset poikkiratanäytteet, jotka leikattiin arkeiksi. Ensimmäinen ylimääräinen poikkirata toimitettiin Imatran Tutkimuskeskukselle formaation mittaukseen läpi koko

kartongin. Jokaisesta koepisteestä mitattavaksi otettiin arkit 4, 7, 11 ja 15. Toinen poikkirata lähetettiin kokonaisuudessaan kerroksien erotteluun toisistaan, jotta saatiin mitattua formaatio pelkästään runkokerroksesta. Lisäksi kuivan pään laboratoriossa mitattiin normaalisti konerullakohtaiset laatuarvot, joista tarkasteltiin Bendtsen- ja PPS-sileyksiä sekä z-lujuutta ja puhkaisulujuutta. Näitä laatuarvoja otettiin tarkasteluun, sillä formaation muutokset voi näkyä myös sileyksien sekä lujuuksien parantumisenä tai heikkenemisenä. Kartongin pohjanmuodostusta tarkasteltiin silmämääräisesti myös valopöydällä otetuista poikkiratanäytteistä.

Koeajot aloitettiin ottamalla näytteet lähtötilanteesta eli referenssipisteestä ennen mitään tehtyjä muutoksia. Referenssipisteessä iTableen on asetettuna ajoon alkuperäisen reseptin mukaiset asetusarvot foililistoille. Toisen koepisteen näytteet otettiin sen jälkeen, kun viiraosan kulma- ja korkeussäädettävät listat oli säädetty parhaaksi nähtyihin asetusarvoihin – jolloin aktiivisuustaso oli saatu halutunlaiseksi ja pystyttiin havaitsemaan formaation on-line-mittauksessa parannusta lähtötilanteeseen.

### **6.3 Listojen säätäminen**

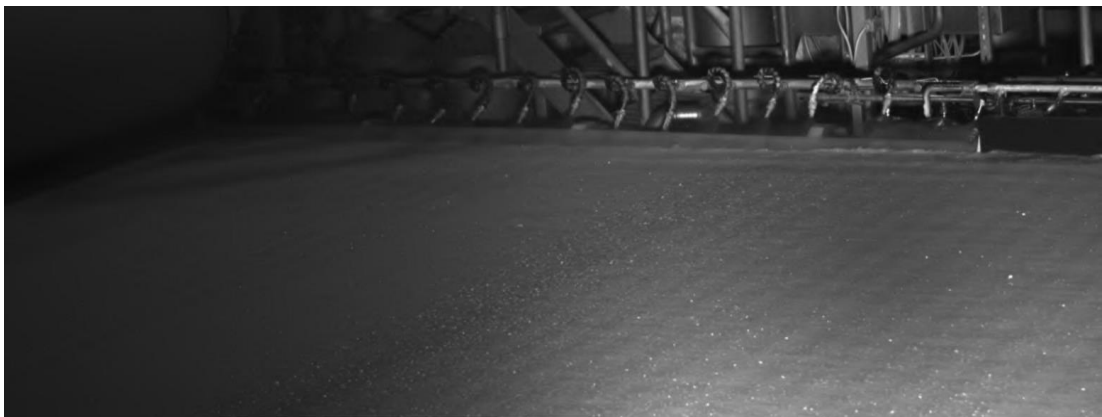
Koeajojen aikana listojen säätäminen tapahtui kulma- ja korkeuslistojen asetusarvoa muuttamalla. Listojen alkuperäiset sekä muutetut säätöarvot ovat nähtävillä liitteen 2 taulukoissa 1 ja 2, joihin listojen asetusarvot ovat ilmoitettuna jokaisesta koeajosta koepisteittäin.

Koeajot aloitettiin havainnoimalla viiraosan aktiivisuustasoa, jotta pystyttiin havaitsemaan, tarvitseeko viiralla ilmenevää aktiivisuutta nostaa vai laskea. Kuvassa 4 näkyy lähtötilanne eli koepiste FBB\_5a koeajossa 5, jossa listojen säätämistä aloitettiin tekemään kevyelle FBB-kartongille. Erityisesti kevyillä lajeilla viiraosan aktiivisuustaso oli liian korkea (kuva 4). Koeajoissa säädettävistä lajeista kevyimmät olivat FBB\_5 sekä SBS\_6, joissa molemmissa viiraosan aktiivisuutta pyrittiin rauhoittamaan.



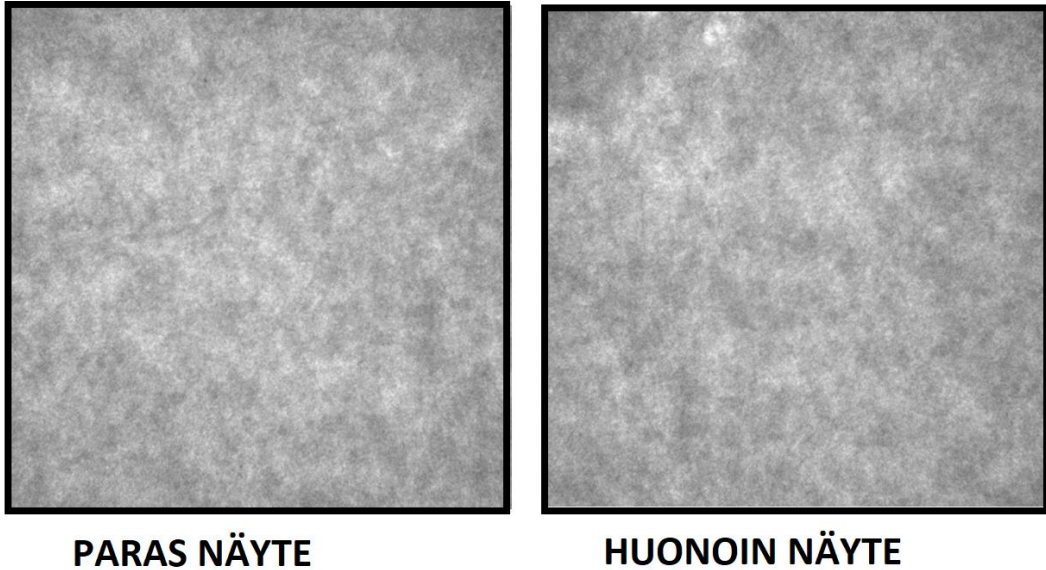
KUVA 4. Viiraosa alkuperäisillä asetusarvoilla koeajossa 5, koepiste FBB\_5a.

Aktiivisuustasoa laskiessa ensimmäisenä toimenpiteenä lasketaan korkeuslistoja viiraosasta poispäin sekä pienennetään kulmalistojen kulmaa. Säättämisessä ensimmäisenä pyritään rauhoittamaan viiraosaa, minkä jälkeen asteittain lähdetään hakemaan sopivaa aktiivisuustasoa ottamalla enemmän korkeuslistoja käyttöön sekä nostamalla korkeuslistojen kulmia. Kuvassa 5 on kuvattuna viiraosa listojen säättämisen jälkeen eli viiraosa koepisteessä FBB\_5b.



KUVA 5. Viiraosa säädettyillä asetusarvoilla koeajossa 5, koepiste FBB\_5b.

Raskaammilla lajeilla eli koeajossa FBB\_4 pyrittiin tuomaan lisää aktiivisuutta viiraosalle suurentamalla korkeuslistojen kulmaa jokaisella foililaatikolla. Korkeuslistat säädettiin korkeudelle, jossa ne juuri pysyivät viirakontaktissa. Listojen säätöarvot koeajolle ovat esitettynä liitteen 2 taulukossa 2. Kuvassa 6 on kuvattuna koeajon FBB\_4 lähtötilanne verrattuna saavutettuun lopputulokseen. Raskaammilla lajeilla aktiivisuuden näkyminen sulpun pinnalla vaatii enemmän aikaa verrattuna kevyempiin lajeihin.



KUVA 6. Paras ja huonoin formaatio raskaammalta FBB-kartongilta.

Jokaisessa koeajossa listojen säätämisen yhteydessä pystyttiin havaitsemaan höyrynkulutuksessa laskua koeajon aikana, jonka voidaan epäillä johtuvan paremmasta vedenpoistosta viiraosalla, mutta suoria päätelmiä ei näiden havaintojen perusteella voi tehdä. Tätä havaintoa vahvisti myös koeajossa SBS\_6 listojen säätämisen vaikutuksesta viiraosan vesirajan siirtyminen lähemmäksi perälaatikkoa formerin alta, joka antoi vaikutelman viiraosan vedenpoiston tehostumisesta.

Koeajojen ajaksi vakioituja arvoja ei pystytty pitämään listojen säätämisen yhteydessä vakiona. Näitä lisämuuttujia koeajoissa oli perälaatikon huuliaukon korkeus, runkokerroksen keskinäiset massasuhteet sekä kartonkikoneen nopeus. Säätöjä tehtäessä yhteistyössä konehoitajien kanssa nousi esiin useammassa koeajossa tarve lisätä vettä viiralle, jolloin perälaatikon huulta avattiin. Koeajojen pohjalta tehty säätöohje on esiteltyä liitteessä 3.

## 7 VEDENPOISTOLISTOJEN SÄÄTÖJEN VAIKUTUS

### 7.1 Mittausmenetelmät

Formaatiota voidaan mitata suoraan kartonkikoneella on-line mittauksena sekä off-line mittauksena laboratoriossa. On-line mittaus tapahtuu yleensä käyttäen kartonkirainan yläpuolella olevaa mittauspalkkia, jossa kulkeva anturi mittaa rainan neliömassaa eri tekniikoin kulkiessaan rainan yli poikkisuunnassa. On-line mittausmenetelmiä tyypillisimmin ovat optinen formaatiomittaus sekä beeta-säteilymittaus. (KnowPap 26.0, 2025f.) Optinen formaatiomittaus kuvastaa paremminkin kartongin ulkonäköä, joka kuitenkin on myös tärkeä laadukkaan vaikutelman muodostumisessa. Formaatio yleensä ilmoitetaan neliömassahajontana  $g/m^2$ , jolloin formaation huonontuessa mittaluku on suurempi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 105.)

Kartongin formaatio mitattiin sekä on-line mittauksena, että laboriomiittauksena. Näytteet lähetettiin Stora Enson Imatran tutkimuskeskukselle mitattavaksi, jossa näytteistä mitattiin formaatio perustuen beeta-säteilymittaukseen. Formaatio mittaukset tutkimuskeskuksella suoritettiin Stora Enson sisäisen ohjeen mukaisesti noudattaen SCAN-P 92:09 standardia.

Formaation vaikutusta kartongin laatuun voidaan tarkastella muidenkin kartongin laatumittausten avulla. Erityisesti sileyksien tai lujuuksien satunnainen heikentyminen voi aiheutua heikosta formaatiosta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 97, 105.)

Kartongin sileys vaikuttaa painojäljen tasaisuuteen eli puuttuviin pisteisiin. Karheusvaihtelu jaetaan mittakaavansa mukaan mikrokärkeuteen, makrokärkeuteen sekä optiseen kärkeuteen. Erityisesti mikro- ja makrokärkeus vaikuttavat kartongin painatusjälkeen. Mittausmenetelmät perustuvat siihen, kuinka nopeasti tai miten paljon ilmaa virtaa kartongin ja tasaisen metallipinnan välistä. Kartongin sileyttä mitattiin PPS-kärkeutena (Parker Printsurf), joka mittaa mikrokärkeutta sekä Bendtsen, jolla mitataan makrokärkeutta. Bendtsenin mukaan kärkeus ilmoitetaan yksikössä ml/min, jolloin pienempi arvo kuvaa

sileämpää kartonkia. Parker Printsurf ilmaistaan mikrometreinä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 85; KnowPap 26.0, 2025g.) Molemmat mittausmenetelmät ovat standardoituja, PPS-sileydelle standardi ISO 8791-4 ja Bendtsenille ISO 8791-2 (Smook 2016, 354). Mittaukset suoritettiin kartonkitehtaan kuivanpään laboratoriossa standardoitujen mittausmenetelmien mukaisesti.

Puhkaisulujuus määräytyy pitkälle konesuuntaisen vetolujuuden sekä murtovenymän perusteella. Puhkaisulujuus on mitatun kappaleen hydraulisen paineen maksimiarvo, jonka näytekappale kestää ilman rikkoontumista. Puhkaisulujuus ilmaistaan paineena kPa. (KnowPap 26.0, 2025h.)

Z-lujuus eli palstautumislujuus kuvaa kartongin kykyä kestää siihen kohtisuoraan eli z-suuntaisesti kohdistettua kuormitusta. Z-suuntaisella lujuudella tarkoitetaan kartongin kerrosten välistä lujuutta. Z-lujuudella kuvataan voimaa tai työtä, joka tarvitaan näytteen halkaisemiseen tai palstautumiseen. Monikerroskartonki voi palstautua, jos sen kerrokset ovat sitoutuneet toisiinsa huonosti. Palstautumislujuutta vaaditaan offsetpainatuksessa, kartonkia nuutattaessa sekä muovilla päällystäessä. Z-suuntaista lujuutta parantaa huopautunut rakenne, jonka syntymistä edistää perälaatikon korkea sakeus, joka taas puolestaan heikentää formaatiota. (KnowPap 26.0, 2025i.) Z-lujuus mitattiin kuivanpään laboratoriossa Lorentzen ja Wettren z-suuntaisella lujuusmittarilla, jonka yksikkönä toimii kPa.

## 7.2 Tulokset

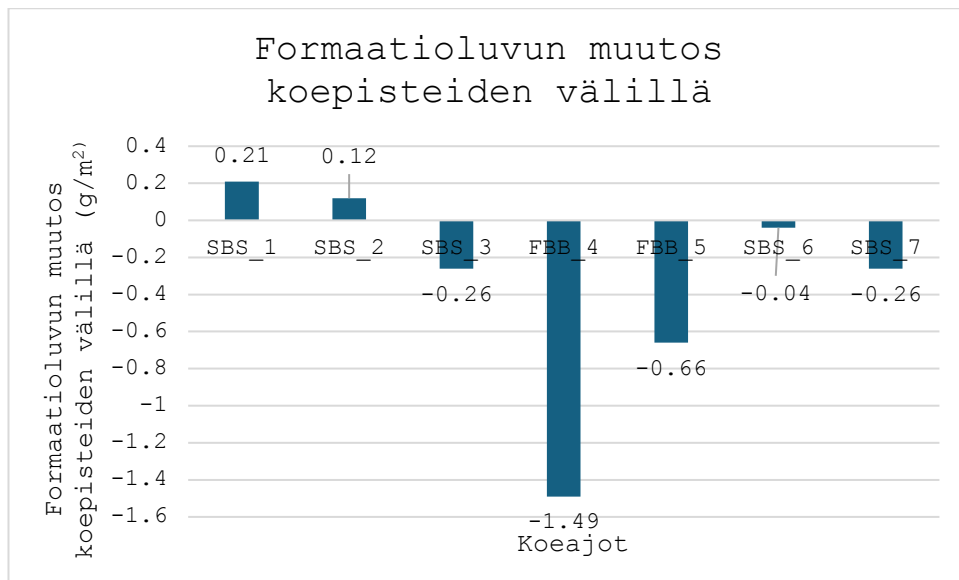
Taulukossa 2 esitellään kootusti koeajoista saadut tulokset. Taulukossa esitetään jokainen koeajoissa mitattu laatuarvo yksiköineen. Liitteessä 1 (kuviot 1–6) on esitetty kaikki mittaustulokset omina kuvioinaan. Formaatioluku määritettiin laboratoriomittauksena. Pienempi formaatioluku kuvastaa parempaa formaatiota eli pienempi arvo tarkoittaa tasaisempaa kuitujakaumaa (liite 1, kuvio 6). Formaation on-line mittauksessa puolestaan suurempi arvo kuvastaa parempaa formaatiota (liite 1, kuvio 5). PPS-mittauksessa sekä Bendtsen mittauksessa pienempi arvo kuvastaa parempaa kartongin sileyttä (liite 1, kuviot 1 ja 2).

Puhkaisulujuutta ja z-lujuutta raportoidessa puolestaan suurempi arvo kuvastaa parempaa lujuutta (liite 1, kuvat 3 ja 4).

TAULUKKO 2. Kaikki mittaustulokset koeajoittain.

Mittaus	Yksikkö	SBS_ 1	SBS_ 2	SBS_ 3	FBB_ 4	FBB_ 5	SBS_ 6	SBS_ 7
Formaatioluku	g/m <sup>2</sup>	0,21	0,12	-0,26	-1,49	-0,66	-0,04	-0,26
Formaatioon-line		1,4	0	0,5	0,4	2,8	1,4	-2,4
PPS pinta	µm	-0,09	0,06	0,06	-0,05	0	0,01	-0,01
Bendtsen pinta	ml/min	-3	25	1	0	1	1	0
Puhkaisulujuus	kPa	10	-6	17	-33	1	-22	-16
z-lujuus	kPa	18	-15,2	-7,9	11	-3,7	-38	-0,4

Kuviossa 12 on esitettyä formaatioluvun muutos koepisteiden välillä. Kartongin formaatio parani eniten koeajossa 4, jossa muutos koepisteiden välillä oli -1,49 g/m<sup>2</sup>. Myös koeajossa 5 formaatio parani selkeästi enemmän kuin muissa koeajoissa. Koeajon 4 säädettävänä lajina toimi raskas FBB-kartonki ja koeajossa 5 puolestaan kevyt FBB-kartonki. Taulukosta 2 voidaan havaita, että koeajon 4 aikana tehdyt muutokset eivät juurikaan vaikuttaneet PPS- tai bendtsen-sileyteen, mutta puhkaisulujuus heikentyi huomattavasti enemmän verrattuna muissa koeajoissa saatuihin tuloksiin. Koeajossa 5 ei tapahtunut merkittävää muutosta kartongin sileyksissä tai lujuuksissa.



KUVIO 12. Formaatioluku muutos koepisteiden välillä

Koeajoissa 3, 6 ja 7 formaatiolukua tarkastellessa saatiin formaatioon lievää parannusta, kun taas formaation on-line mittauksen antama tulos vaihteli lievästä parannuksesta jopa formaation huonontumiseen (taulukko 2). Koeajossa 3 puhkaisulujuuden arvo kasvoi 17 yksikköä, mikä on enemmän kuin muissa koeajoissa.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida runkokerroksen viiraosan vedenpoistoa säädettävillä foileilla sekä pyrkiä tätä kautta parantamaan kartongin formaatiota. Työssä tarkoituksena oli luoda ohjeavot viidelle eri lajille säädettävien listojen kulmista ja koroista sekä muodostaa käytännönläheinen ohjeistus säädettävien foililistojen käyttöön sekä säätämiseen eri kartonkilaaduilla.

Koeajoissa listojen kulmaa ja korkeutta säätämällä pyrittiin saamaan viiraosalle tasaisempaa ja tehokkaampaa vedenpoistoa sekä viira-aktiivisuutta, joilla pystytään parantamaan kartongin formaatiota. Koeajoissa havaittiin, että säädettävillä listoilla saavutettu tehokkaampi vedenpoisto mahdollistaa suurempien vesimäärien ajamisen viiraosalle perälaatikolta, mikä osaltaan parantaa kartongin formaatiota. Tehokkaampi vedenpoisto voi edesauttaa myös kartonkirainan kuivumista, mikä voi vähentää höyrynkulutusta tuotantoprosessissa. Koeajoista saatujen tulosten perusteella päivitettiin ohjeistusta listojen asetusarvoista lajikohtaisiin resepteihin.

Koeajoissa ilmenneiden ylimääräisien muuttujien vuoksi koeajoista on mahdoton tehdä suoria johtopäätöksiä. Koeajoissa viiraosan aktiivisuuden arviointi perustui silmämääräiseen arviointiin, mikä osaltaan vähentää tulosten luotettavuutta. Silmämääräisessä tarkastelussa haasteena on tunnistaa, milloin aktiivisuustaso ja vedenpoisto viiralla olisi optimaalisinta. Luotettavampien tuloksien saamiseksi luotujen reseptien vaikutusta formaatioon tulisi seurata pidemmältä ajanjaksolta, sillä nyt otanta jokaiselle säädetylle lajille jäi turhan suppeaksi. Myöskään reseptien toimivuutta tulevissa ajoissa ei pystytä suoraan ennustamaan, jos esimerkiksi massasuhteet, koneen nopeus tai huuliaukon koko poikkeavat radikaalisti säätämisen aikana olleista olosuhteista.

Jatkotutkimuksena sekä parannusehdotuksena olisi suositeltavaa ottaa painatusnäytteet koepisteistä, jolloin pystytään selkeämmin havaitsemaan, pystytäänkö säädettävillä foililistoilla parantamaan kartongin formaatiota ja tätä kautta painatusjälkeä. Lisätutkimuksia kannattaa tehdä myös selvittämään,

kuinka massasuhteiden tai massojen jauhatuksella on vaikutusta luotujen reseptien toimivuuteen. Tehtyjen reseptien "toimialuetta" kannattaa myös tutkia selvittämällä mille neliöpainoalueelle ja koneen nopeusalueelle mikäkin resepti on toimiva, jolloin myös reseptien määrää voidaan tarvittaessa vähentää.

## LÄHTEET

Aluehallintovirasto. 2017. Imatran tehtaiden ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen. 29.05.2017. pdf-tiedosto. Viitattu 1.4.2025.  
<https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/3197491>

Bajpai, P. 2018. Biermann's Handbook of Pulp and Paper. Raw material and Pulp Making. 3. painos. E-kirja. Amsterdam: Elsevier. Viitattu 1.4.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

Ek, M. Gellerstedt, G. & Henriksson, G. 2009. Pulp and Paper Chemistry and Technology volume 4 – Paper Products Physics and Technology. E-kirja. Tukholma: De Gruyter. Viitattu 11.5.2025. Vaatii käyttöoikeuden.  
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011L1MK3/pulp-paper-chemistry/the-paper-structure>

Holik, H. 2013. Handbook of Paper and Board. 2. painos. E-kirja. Weinheim: Wiley-VHC. Viitattu 30.3.2025. Vaatii käyttöoikeuden.  
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/reader.action?docID=1161328&pg=748>

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2005. Kemiallinen metsäteollisuus II. Paperin ja kartongin valmistus. 3–1. painos. Jyväskylä: Opetushallitus.

Härkönen, S. 2023. Maailman johtava nestepakkauskartongin valmistaja tulee Imatralta. Stora Enso 3.4.2023. Viitattu 3.3.2025. <https://www.storaenso.com/fi-fi/newsroom/news/2023/4/maailman-johtava-nestepakkauskartongin-valmistaja-tulee-imatralta>

IBS. 2024. iTable koulutusmateriaali. PowerPoint.

KnowPap versio 26.0. 2025a. AEL / Proledge Oy. Taivekartonki kartonkilajina. Viitattu 5.4.2025. Vaatii käyttöoikeuden.  
[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2\\_boards/1\\_int\\_pack\\_boards/1\\_folding\\_boxboard/0\\_grade\\_specif/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2_boards/1_int_pack_boards/1_folding_boxboard/0_grade_specif/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025b. AEL / Proledge Oy. Sellukartonki kartonkilajina. Viitattu 5.4.2025. Vaatii käyttöoikeuden.  
[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2\\_boards/1\\_int\\_pack\\_boards/4\\_sbs/0\\_grade\\_specif/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2_boards/1_int_pack_boards/4_sbs/0_grade_specif/frame.htm)  
[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2\\_boards/1\\_int\\_pack\\_boards/4\\_sbs/0\\_grade\\_specif/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2_boards/1_int_pack_boards/4_sbs/0_grade_specif/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025c. AEL / Proledge Oy. Graafiset kartongit kartonkilajina. Viitattu 20.3.2025. Vaatii käyttöoikeuden.  
[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2\\_boards/4\\_graphical\\_boards/0\\_both\\_side\\_coated/0\\_grade\\_specif/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2_boards/4_graphical_boards/0_both_side_coated/0_grade_specif/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025d. AEL / Proledge Oy. Kartonkikoneen viiraosa -yleistä. Viitattu 30.3.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paperboard\\_technology/7\\_wire\\_section/7\\_ws\\_properties/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paperboard_technology/7_wire_section/7_ws_properties/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025e. AEL / Proledge Oy. Formaatio. Viitattu 30.3.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper\\_board\\_properties/2\\_general\\_properties/2\\_formation/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/2_general_properties/2_formation/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025f. AEL / Proledge Oy. Formaation mittaaminen. Viitattu 11.5.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/automation/9\\_quality\\_m easurements/8\\_formation/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/automation/9_quality_m easurements/8_formation/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025g. AEL / Proledge Oy. Sileys ja karheus. Viitattu 11.5.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper\\_board\\_properties/5\\_surface\\_prop/1\\_rough\\_smoothness/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/5_surface_prop/1_rough_smoothness/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025g. AEL / Proledge Oy. Puhkaisulujuus. Viitattu 8.5.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

[http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper\\_board\\_properties/4\\_strength\\_properties/3\\_bursting\\_strength/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/4_strength_properties/3_bursting_strength/frame.htm)

KnowPap versio 26.0. 2025g. AEL / Proledge Oy. Palstautumislujuus. Viitattu 8.5.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

[https://www.knowpap-com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper\\_board\\_properties/4\\_strength\\_properties/8\\_bonding\\_strength/frame.htm](https://www.knowpap-com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/4_strength_properties/8_bonding_strength/frame.htm)

Niemz, P., Teischinger, A. & Sandberg, D. 2023. Springer Handbook of Wood Science and Technology. E-kirja. Sveitsi: Springer Nature. Viitattu 11.4.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt013NIAI3/springer-handbook-wood/press-section>

Paulapuro, H. 2008. Papermaking Science and Technology: Papermaking Part 1: Stock Preparation and Wet End. Helsinki: Paperi ja Puu Oy. Viitattu 20.3.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://forestbiofacts.com/fi/papermaking-science-and-technology-books/volume-8-papermaking-part-1/>

Smook, G. 2016. Handbook for Pulp & Paper Technologists. 4. Painos. E-kirja.

Yhdysvallat: TAPPI PRESS. Viitattu 11.4.2025. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0127ZYR6/handbook-pulp-paper-technologists/front-matter>

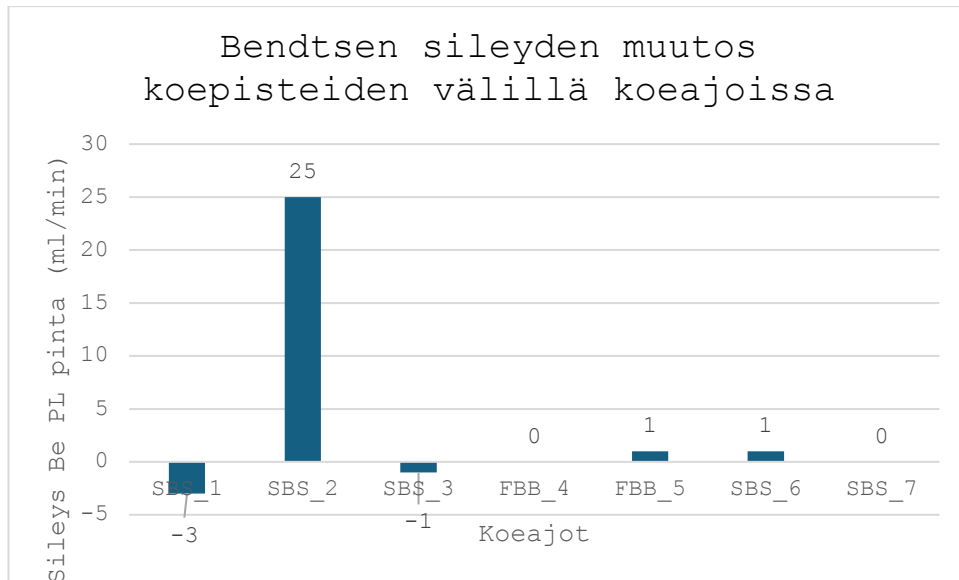
Valmet. 2022. Valmet adjustable forming products. Valmet Corporation.

10/2023. Viitattu 15.3.2025. <https://valmet.my.site.com/solutionfinder/file-preview?contentDocumentId=0698e00000CjreXAAR>

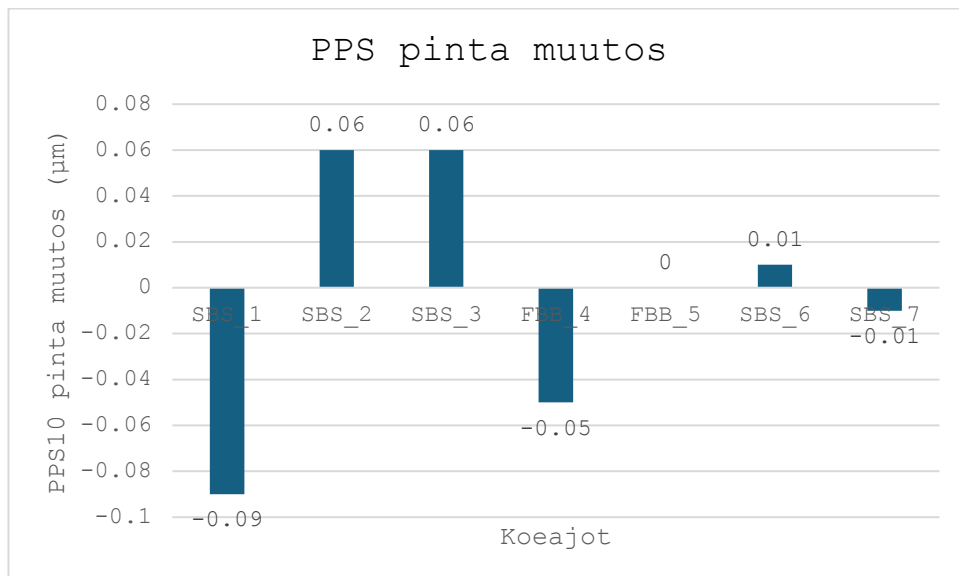
## LIITTEET

## Liite 1. Mittaustulokset

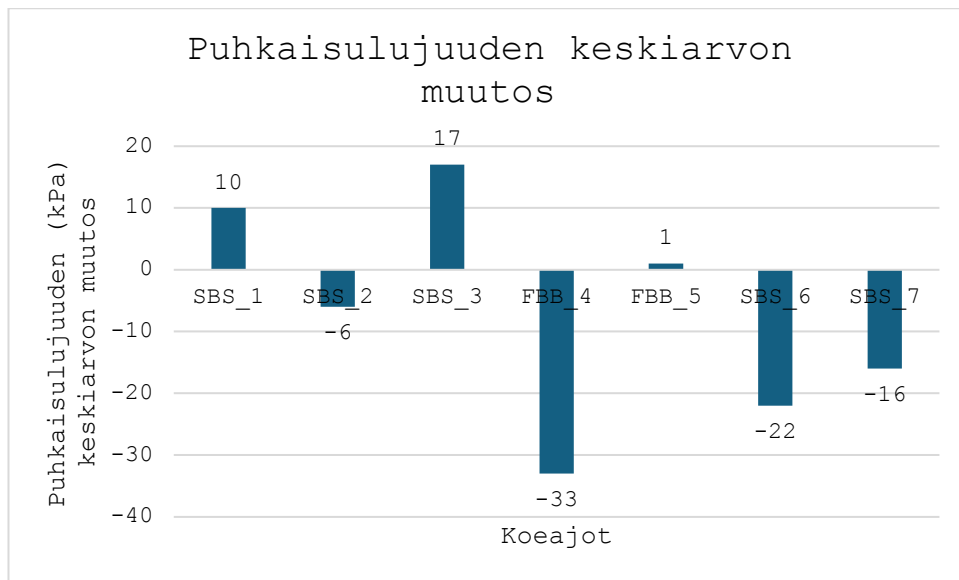
1(3)



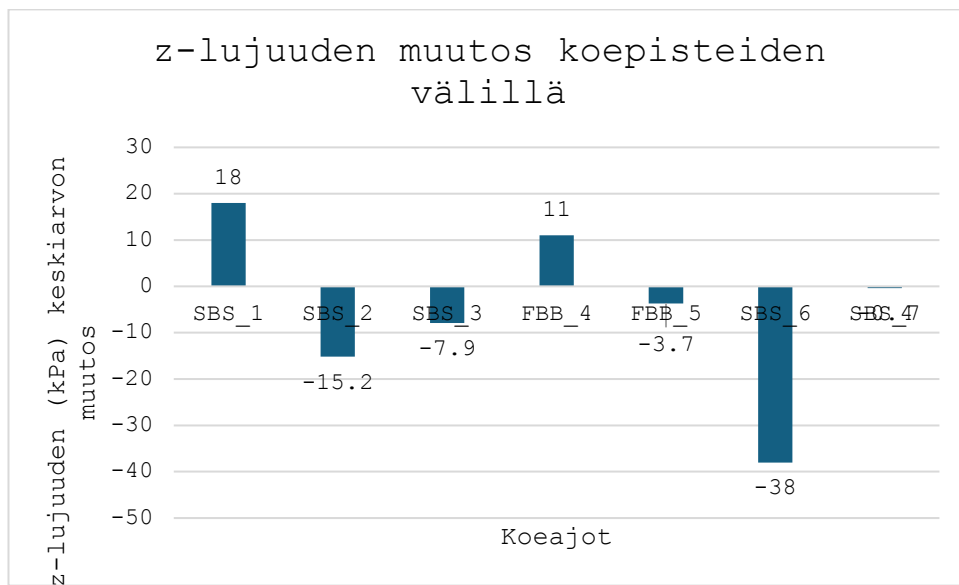
KUVIO 1. Bendtsen-sileyden muutos koepisteiden välillä.



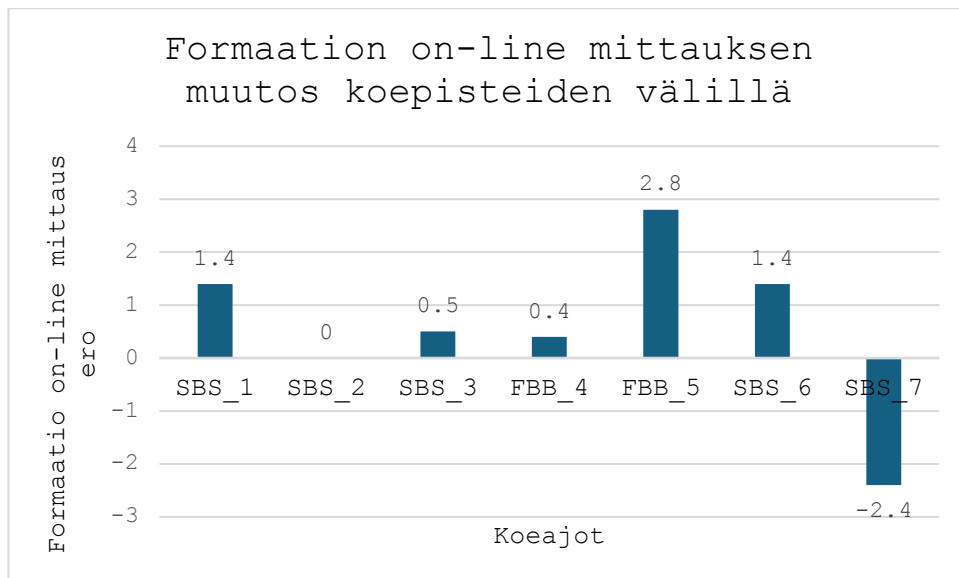
KUVIO 2. pinnan PPS muutos koepisteiden välillä



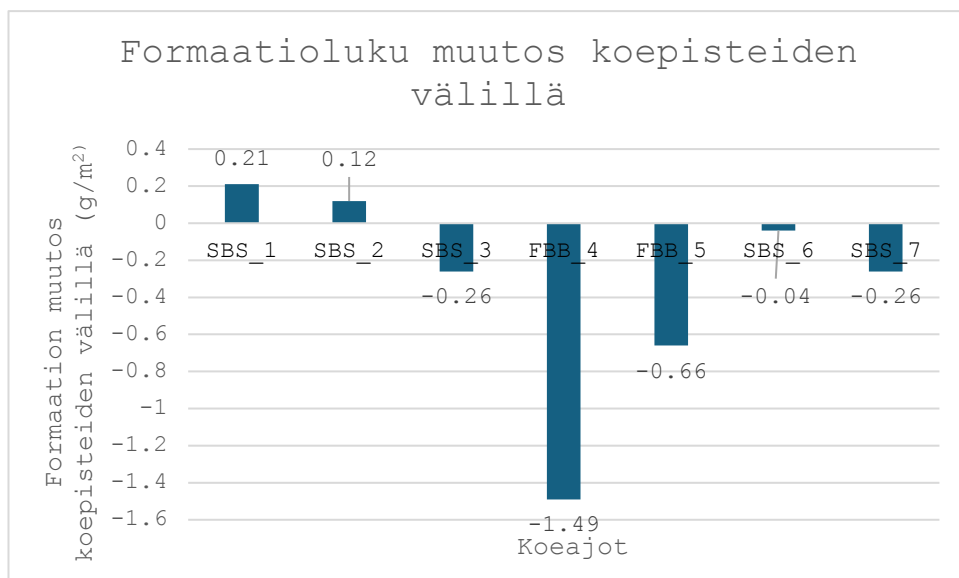
KUVIO 3. Puhkaisulujuuden muutos koepisteiden välillä



KUVIO 4. z-lujuuden muutos koepisteiden välillä



KUVIO 5. Formaation on-line mittauksen muutos



KUVIO 6. Formaatioluvun muutos

## Liite 2. Koeajoissa käytetyt listojen säätöarvot koepisteittäin

1(2)

TAULUKKO 3. Koeajoissa 1–4 käytetyt säätöarvot listoille koepisteittäin.

FOILILAATIKKO 1	SBS_1		SBS_2		SBS_3		FBB_4	
	SBS_1a	SBS_1b	SBS_2a	SBS_2b	SBS_3a	SBS_3b	SBS_4a	SBS_4b
LISTA 2 KORKEUS	-1	-0,6	-0,3	-1	-1	-1,5	0,1	-1,7
LISTA 3 KULMA	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,3	1,5
LISTA 4 KORKEUS	-1,5	-1,5	-1,5	-1	-1	-1,5	0	-1,7
LISTA 5 KULMA	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,2	1,5
LISTA 6 KORKEUS	-5	-1,5	-1,5	-1,6	-1,6	-1	0	-1,8
LISTA 7 KULMA	1,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,2	1,5
LISTA 8 KORKEUS	-5	-1,5	-1,5	-1,9	-1,9	-1	0	-1,8
FOILILAATIKKO 2								
LISTA 1 KULMA	2	2	2	2	2	2	1,7	2
LISTA 2 KORKEUS	-5,1	-5	-5	-5	-5	-1	0	-1,7
LISTA 3 KULMA	2	2	2	2	2	2	1,8	2
LISTA 4 KORKEUS	-1,5	-4,5	-4,5	-5	-5	-1,5	0	-1,7
LISTA 5 KULMA	2	2	2	2	2	2	1,8	2
LISTA 6 KORKEUS	-5	-5	-5	-5	-5	0	0	-1,8
LISTA 7 KULMA	1,9	2	2	2	2	2	1,8	2
<b>LISTA 8 KORKEUS</b>	-5	-5	-5	-1	-1	0	0	-1,8
FOILILAATIKKO 3								
LISTA 1 KULMA	2,5	1,5	2	2	2	2	2,3	2,5
LISTA 2 KULMA	2,8	1,3	1,5	1,5	1,5	2	2,3	2,5
LISTA 3 KULMA	2,5	1,5	2	2	2	2	2,3	2,5
LISTA 4 KULMA	2,8	1,3	1,5	1,5	1,5	2	2,6	2,5
LISTA 5 KULMA	2,5	1,5	2	2	2	2	2,2	2,5
LISTA 6 KULMA	2,7	1,3	1,5	1,5	1,5	2	2,3	2,5
<b>LISTA 7 KULMA</b>	2,5	1,5	2	2	2	2	2,2	2,5
LISTA 8 KULMA	2,8	1,3	1,5	1,5	1,5	2	2,7	2,5
FOILILAATIKKO 4								
LISTA 1 KULMA	2,5	1,3	2	2	2	2	2,5	2,8
LISTA 2 KULMA	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,8
LISTA 3 KULMA	3	1,2	2	2	2	2	2,9	2,8
LISTA 4 KULMA	2,4	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,4	2,8
LISTA 5 KULMA	2,5	1,3	2	2	2	2	2,5	2,8
LISTA 6 KULMA	2,5	1,6	1,6	1,5	1,5	2,5	2,4	2,8
LISTA 7 KULMA	2,5	1,2	2	2	2	2	2,5	2,8
LISTA 8 KULMA	2,5	2	2	2	2	2,5	2,5	2,8

TAULUKKO 4. Koeajoissa 5–6 käytetyt säätöarvot listoille koepisteittäin.

FOILILAATIKKO 1	FBB_5		SBS_6		SBS_7	
	FBB_5a	FBB_5b	SBS_6a	SBS_6b	SBS_7a	SBS_7b
LISTA 2 KORKEUS	0,1	-1	0	-0,9	-1	-0,8
LISTA 3 KULMA	0	1	1,5	0,9	2	2
LISTA 4 KORKEUS	0	-1	-1	-0,9	-1,5	-1
LISTA 5 KULMA	0	1	1,5	1	2	2
LISTA 6 KORKEUS	-1	-2	-5	-1,9	-1,5	-1,1
LISTA 7 KULMA	0	1,1	1,5	0,9	2	2
LISTA 8 KORKEUS	0	-3	-1	-3	-1,5	-1
<b>FOILILAATIKKO 2</b>						
LISTA 1 KULMA	1,5	1,5	1,8	1,5	2	2
LISTA 2 KORKEUS	-5	-3	-5	-2,9	-1,5	-1,1
LISTA 3 KULMA	2	1,5	1,8	1,5	2	1,9
LISTA 4 KORKEUS	-5	-2,6	-5	-2,5	-1,5	-1,4
LISTA 5 KULMA	0	1,5	1,8	1,5	2	1,4
LISTA 6 KORKEUS	-5	-3	-5	-3	-1,5	-1,2
LISTA 7 KULMA	0	1,5	1,8	1,5	2	1,9
LISTA 8 KORKEUS	-5	-3	-5	-4	-1,5	-1,2
<b>FOILILAATIKKO 3</b>						
LISTA 1 KULMA	0	1,5	2	1,5	2,5	2
LISTA 2 KULMA	0	1	2	1	2,8	2
LISTA 3 KULMA	0	1,5	2	1,5	2,5	2
LISTA 4 KULMA	0	1	2	0,9	2,8	1,9
LISTA 5 KULMA	0	1,5	2	1,5	2,5	2
LISTA 6 KULMA	0	1	2,2	0,9	2,7	2
LISTA 7 KULMA	0	1,5	2,2	1,5	2,5	2
LISTA 8 KULMA	0	1	2,2	0,9	2,8	2,1
<b>FOILILAATIKKO 4</b>						
LISTA 1 KULMA	0	1	2	1	2,5	2
LISTA 2 KULMA	0	0	2,5	0	2,5	2,1
LISTA 3 KULMA	0	1	2	0,9	2,5	2
LISTA 4 KULMA	0	0	2,5	0	2,5	2
LISTA 5 KULMA	0	1	2	1	2,5	2
LISTA 6 KULMA	0	0	2,5	0	2,4	1,9
LISTA 7 KULMA	0	1	2	1	2,5	2,1
LISTA 8 KULMA	0	0	2,5	0,1	2,5	1,7

## Liite 3. Yleisohje listojen säätämiseen

1(3)

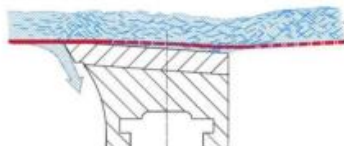


KA2 iTable

## listojen säätäminen

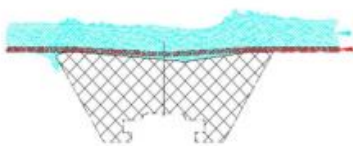
The renewable materials company

## Kulma- ja korkeussäädettävät listat



## Kulmasäädettävä lista

- Säätöalue 0–3°
- Korkea (3°) kulma → lisää aktiivisuutta ja vedenpoistoa
- Matala (0°) kulma → laskee aktiivisuutta ja vedenpoistoa



## Korkeussäädettävä lista

- Säätöalue 0–5mm
- Kiinni viirassa (0mm) → nostaa aktiivisuutta
- Ei-viirakontaktia (-5mm) → pois käytöstä

## Vanaisuuden hallitsemiseksi



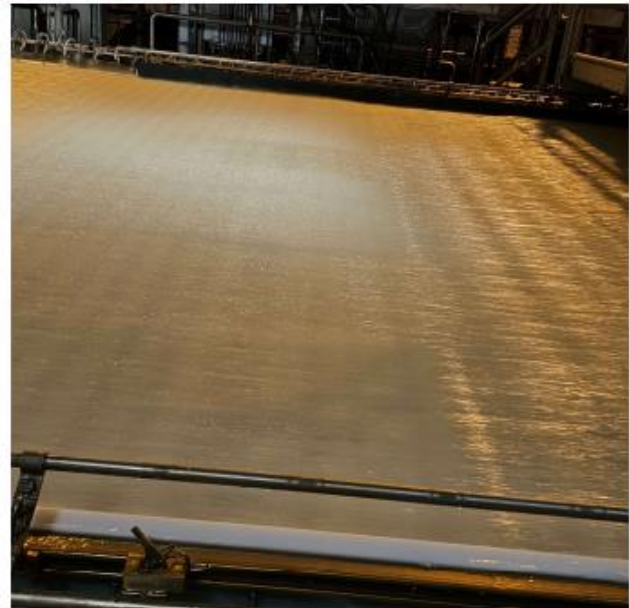
- Vanoissa turbulentsisuus on alhaisempaa, kuin muualla rainassa.
- Tilannetta voi lähteä korjaamaan, kokeilemalla seuraavia toimenpiteitä:
  - Lasketaan kulmalistojen kulmat alueella lähelle 0°, jonka jälkeen lähdetään asteittain kasvattamaan kulmaa aktiivisuuden lisäämiseksi ilman vanoja.
  - Kulman kasvattaminen voidaan tehdä asteittain foili-laatikoilla 3. ja 4. muuttamalla joka toisen listan kulmaa.
  - Vaihtoehtoisesti voidaan myös lisätä korkeuslistojen korkeutta (läemmäksi 0mm)



6

## “liiallista aktiivisuutta alueittain”

- Tilannetta voi lähteä korjaamaan laskemalla kyseistä kohtaa edeltävää korkeuslistaa alaspäin
- Monesti jo 0,5-1 pudotus voi auttaa
- Kuvan tilanne korjautui laskemalla 2. foili-laatikon viimeistä korkeuslistaa -4 arvosta arvoon -3.



## Kuinka lähteä säätämään?



Yksi tapa on rauhoittaa tilanne, minkä jälkeen lähteä asteittain lisäämään aktiivisuutta.

- Otetaan korkeuslistoja pois käytöstä (-5mm)
- Pyritään vähentämään turbulentsuutta laskemalla kulmia asteittain kohti kohti 0°
- Tämän jälkeen lähdetään vähitellen lisäämään 1. foili-laatikon korkeuslistoille korkeutta.
- Kasvatetaan listojen korkeutta vähitellen 1. foili-laatikosta alkaen jokaiselle foili-laatikolle.
- 1. foili-laatikolla pienimmät kulmat ja 4. foili-laatikolla suurimmat

### HUOMIOITAVAA:

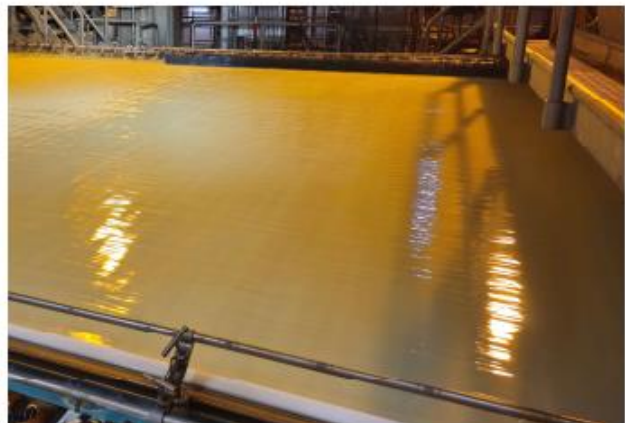
- Listojen säätämisessä muutokset viiraosalla näkyvät viiveellä
- Muutokset kannattaa tehdä asteittain

3

## Aktiivisuuden lisääminen



- Otetaan enemmän korkeussäädettäviä listoja käyttöön 1. ja 2. foili-laatikolla.
- Korkeuslistalla suurin aktiveetti on pisteessä, jossa sitä hieman lasketaan alaspäin viirasta, kuitenkin sen pysyessä edelleen viirakontaktissa
- Kasvatetaan kulmalistojen kulmaa.
- Raskailla lajeilla aktiivisuuden näkymisessä pinnalla voi kestää hetken. Muutokset näkyvät yleensä hieman viiveellä.



4