

# TP6 tulokset

## Työpakettiraportti 4.8.2025

Vastuullinen johtaja

Lasse Pulkkinen

Tutkimusinsinööri

Joonas Pyykkö

NextGenMix

1.6.2023–31.8.2025

Hanke on Euroopan unionin osarahoittama Etelä-Savon maakuntaliiton kautta.



Euroopan unionin  
osarahoittama



WETEND  
Technologies

 SOLENIS



Etelä-Savon  
maakuntaliitto

ACA  
SYSTEMS

Valmet   
FORWARD



storaenso



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

## Sisällysluettelo

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 1 Tausta ja testit .....                   | 4  |
| 2 Mittaukset .....                         | 4  |
| 2.1 Formaatio .....                        | 4  |
| 2.2 SEM-kuvaus .....                       | 4  |
| 2.3 Fraktionaattoritestit .....            | 4  |
| 2.4 Vetolujuus .....                       | 5  |
| 2.5 Optiset mittaukset .....               | 5  |
| 2.6 Karheus .....                          | 5  |
| 2.7 Ilmanläpäisevyys .....                 | 5  |
| 3 Tulokset .....                           | 5  |
| 3.1 Stora Enso retentio .....              | 6  |
| 3.2 Flash Loop formaatio .....             | 6  |
| 3.3 Stora Enso formaatio .....             | 7  |
| 3.4 SEM-kuvaus .....                       | 8  |
| 3.5 Fraktionaattoritestit Stora Enso ..... | 9  |
| 3.6 Fraktionaattoritestit Flash Loop ..... | 12 |
| 3.7 Vetolujuus Stora Enso .....            | 15 |
| 3.8 Vetolujuus Flash Loop .....            | 15 |
| 3.6 Optiset mittaukset .....               | 16 |
| 3.9 ISO Vaaleus R457 .....                 | 18 |
| 3.10 Keltaisuus .....                      | 19 |
| 3.11 Kelta- ja sinisävyisyys .....         | 19 |
| 3.12 Opasiteetti .....                     | 20 |
| 3.13 Karheus .....                         | 21 |
| 3.14 Ilmanläpäisy .....                    | 22 |



**Euroopan unionin  
osarahioittama**



**WETEND**  
Technologies

**SOLENIS**



**Etelä-Savon  
maakuntaliitto**

**ACA**  
SYSTEMS

**Valmet**  
FORWARD



storaenso



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**



Euroopan unionin  
osarahoittama



# 1 Tausta ja testit

Työpaketin 6 tarkoitus oli tehdä demonstraatiot hankkeen tutkimalle aihepiirille. Xamk Kuitulaboratorion FLASH-Mixing luupilla demonstraatiokoeajot erikoiskuitujen dispersion tehostamiselle. MFC:n dispersio, kemikaaliparit toimivat koepareina.

Imatran pilottilaitoksella testataan aikaisempien koepisteiden tuloksien perusteella, erilaisia kemikaali yhdistelmiä, nopeissa sekoitustilanteissa. Arvioimalla formaatiota, retentiota ja muita paperin ominaisuuksia, koostetaan tulos sekoittumisen onnistumisesta. Lisäksi analysoidaan, onko merkittäviä ilmiöitä erikoiskuitujen kuten MFC:n sekoittuvuudessa, kemikaalioptimoinnin myötä.

## 2 Mittaukset

### 2.1 Formaatio

Formaatiotesteissä käytettiin Pixact-laitteistoa ja ohjelmistoa. Flash Loop arkeille tehtiin kaikista koepisteistä kolme mittausta. Stora Enson arkeille kaikille koepisteille tehtiin viisi mittausta.

### 2.2 SEM-kuvaus

Kuvauksen tarkoituksena oli saada selville arkin kuitujen järjestäytyminen ja kemikaalien vaikutus kuituihin ja visualisoida tämä. Kuvaus suoritettiin vain Stora Enson arkeille.

### 2.3 Fraktionaatortestit

Fraktionaatortilla mitattiin Flash Loop ja Stora Enso koeajot. Flash Loopille suoritettiin jokaiselle koepisteelle fraktionaatortimittaus. Stora Enson koeajoille suoritettiin testit jokaiselle koepisteelle ennen sekoitusta, sekoituksen jälkeen ja viirakaivosta.



**Euroopan unionin  
osarahioittama**



## 2.4 Vetolujuus

Lorentzen & Wettre vetolujuuslaitteella, mitattiin työpaketti 6 koeajojen vetolujuudet. Mittaukset suoritettiin Flash loop arkeille (FL) sekä Stora Enso arkeille (SE).

Flash loop koeajossa oli 5 koepistettä, mistä jokaisesta otettiin kolme arkkiä vetolujuustesteihin.

Stora Enson koeajossa oli 6 koepistettä, mistä jokaisesta otettiin viisi arkkiä vetolujuustesteihin. Jokaisesta arkista mittausta tehtiin kuitusuunnan myötäisesti.

## 2.5 Optiset mittaukset

Mittaukset tehtiin Elrephon optisten ominaisuuksien mittausrakenteella. Pelkästään Stora Enson arkkien optiset ominaisuudet mitattiin, tasalaatuisuuden vuoksi. Mittaus suoritettiin kolmelle arkille per koepiste.

## 2.6 Karheus

Vain Stora Enson arkeille tehtiin karheuden testit, koepisteiden välisen tasalaatuisuuden vuoksi. Jokaisesta kuudesta koepisteestä valittiin viisi arkkiä, mistä kaikille suoritettiin kolme karheuden mittausta. Näistä koostettiin keskiarvo.

## 2.7 Ilmanläpäisevyys

Ilmanläpäisevyyden testit tehtiin pelkästään Stora Enson arkeille tasalaatuisuuden vuoksi. Kuudesta koepisteestä tehtiin viidelle arkille kolme mittausta per arkki. Niistä koostettiin keskiarvot ilmanläpäisevyydelle.

## 3 Tulokset

Tässä osiossa esitetään koeajojen tulokset. Kappaleessa näytetään tulokset raakana datana, lyhyen pohdinnan kanssa.



Euroopan unionin  
osarahioittama



### 3.1 Stora Enso retentio

Stora Enson koeajoissa retentio oli kaikin tavoin hyvä. Koepisteessä 3, missä oli eniten kemikaaleja, sisälsi parhaan retention. Koepisteessä 6 oli myös hyvä retentio.

| Koepiste                   |   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|----------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| Kiintoaineen viiraretentio | % | 97,3 | 97,5 | 98,9 | 98,8 | 98,1 | 98,6 |

Taulukko 1. Viiraretentio Stora Enso

### 3.2 Flash Loop formaatio

Flash Loop ajoissa käytettiin MFC:tä 3 % sellun kuivapainosta.

- Koepiste 1 on Massa + MFC ja tärkki.
- Koepiste 2 on Massa + MFC, C-PAM ja A-PAM.
- Koepiste 3 on Massa + MFC, AKD, A-PAM ja C-PAM
- Koepiste 4 on Massa + MFC, AKD ja A-PAM
- Koepiste 5 on Massa + MFC, AKD ja C-PAM

| Annostelu (kg/ton) | KP1 | KP2  | KP3  | KP4 | KP5  |
|--------------------|-----|------|------|-----|------|
| Tärkki             | 4,0 | -    | -    | -   | -    |
| MFC                | 30  | 30   | 30   | 30  | 30   |
| AKD                | -   | -    | 1,0  | 1,0 | 1,0  |
| C-PAM              | -   | 0,45 | 0,45 | -   | 0,45 |
| A-PAM              | -   | 0,1  | 0,1  | 0,1 | -    |

Taulukko 2. Flash Loop koeajojen reseptit

Tuloksien mukaan formaatio parani, kun käytössä oli kaikki kemikaalit KP3. Heti kun C-PAM otettiin pois KP4 formaatio heikkeni huomattavasti. Paras formaatio oli KP5, minkä perusteella voisi olettaa, että A-PAM vaikuttaa formaatioon AKD:n ollessa läsnä.



Euroopan unionin  
osarahoittama



**WETEND**  
Technologies

**SOLENIS**



Etelä-Savon  
maakuntaliitto

**ACA**  
SYSTEMS

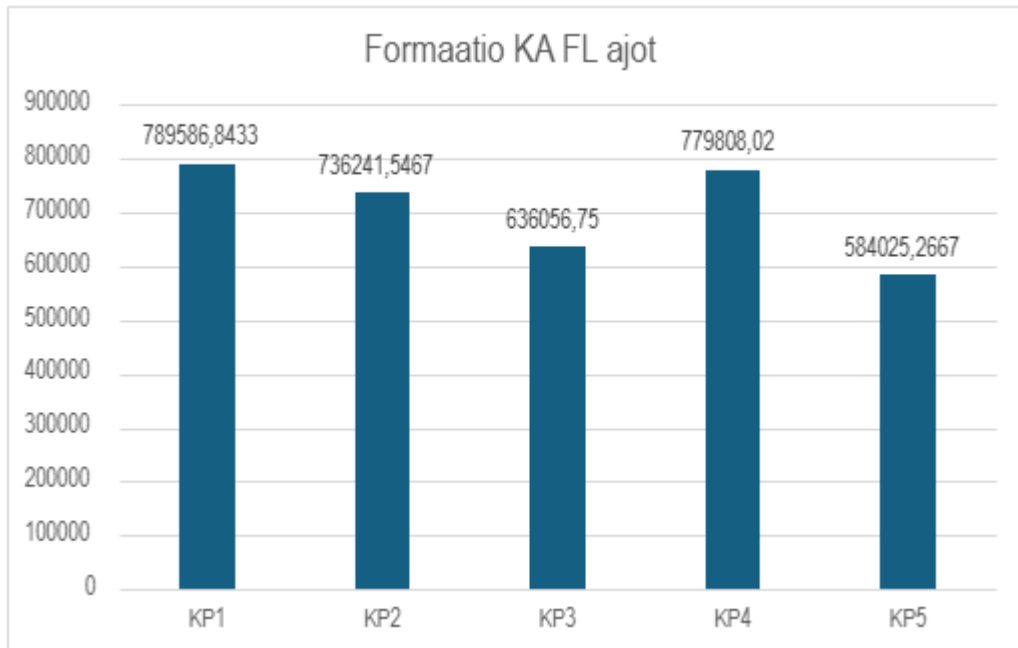
**Valmet**  
FORWARD



storaenso



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu



Kuva 1. Formaatio KA FL ajot

### 3.3 Stora Enso formaatio

Stora Enson ajoissa käytettiin 3 % MFC:tä sellun kuivapainosta.

- KP1 Massa
- KP2 Massa + MFC ja tärkki
- KP3 Massa + MFC, tärkki, C-PAM, A-PAM, AKD ja Vaahdonestoaine
- KP4 Massa + MFC, tärkki, C-PAM, A-PAM ja Vaahdonestoaine
- KP5 Massa + MFC, tärkki, A-PAM, AKD ja Vaahdonestoaine
- KP6 Massa + MFC, tärkki, C-PAM, ja AKD

| Annostelu (kg/ton) | KP1 | KP2 | KP3  | KP4  | KP5  | KP6  |
|--------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Tärkki             | -   | 4,0 | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  |
| AKD                | -   | -   | 1,5  | -    | 1,5  | 1,5  |
| C-PAM              | -   | -   | 0,45 | 0,45 | -    | 0,45 |
| A-PAM              | -   | -   | 0,20 | 0,20 | 0,20 | -    |
| Vaahdonesto        | -   | -   | 0,10 | 0,10 | 0,10 | -    |
| MFC                | -   | 30  | 30   | 30   | 30   | 30   |

Taulukko 3. Stora Enso koeajojen reseptit



**Euroopan unionin  
osarahioittama**



**WETEND  
Technologies**

**SOLENIS**



**Etelä-Savon  
maakuntaliitto**

**ACA  
SYSTEMS**

**Valmet  
FORWARD**

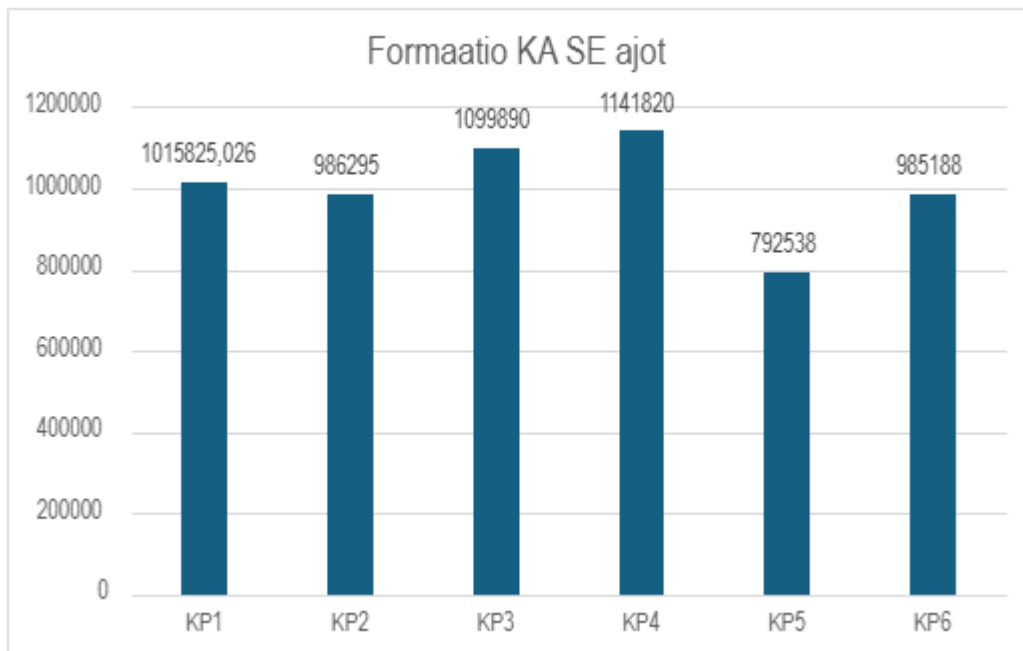


storaenso



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Ehdottomasti paras formaatio oli koepisteessä 5. Koepiste 2 ja 6 olivat tasoltaan hyvin samankaltaiset, kuitenkin lähes miljoonan tulos kertoo pintalaadun olevan “melko hyvä”. Koepisteissä 1, 3 ja 4 olivat formaatioltaan huonoimmat ja pintalaatu on heikko.



Kuva 2. Formaatio KA SE ajot

### 3.4 SEM-kuvaus

SEM-kuvaus suoritettiin Stora Enson arkeille, niiden tasalaatuisuuden vuoksi.

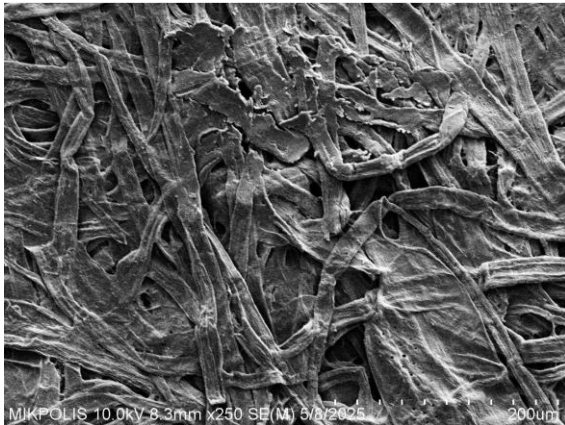
Kuvat olivat kaikissa kuvasarjoissa tasalaatuisia, paitsi yhdessä oli poikkeamia.

Koepisteessä 4 oli erikoista “kristallirakennetta” minkä muodostumisen syytä ei tiedetä. KP4 resepti oli Massa + MFC, tärkki, C-PAM, A-PAM ja vaahdonestoaine, poikkeama koepisteeseen 3 on AKD:n puute. Vieraskemikaalit eivät voi olla syytä, sillä koeajot tehtiin yhtäjaksoisesti.

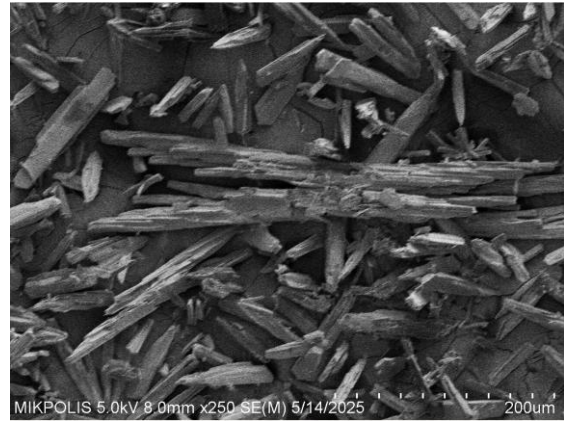


Euroopan unionin  
osarahoittama





Kuva 4. Koepisteen 3 SEM-kuva x250

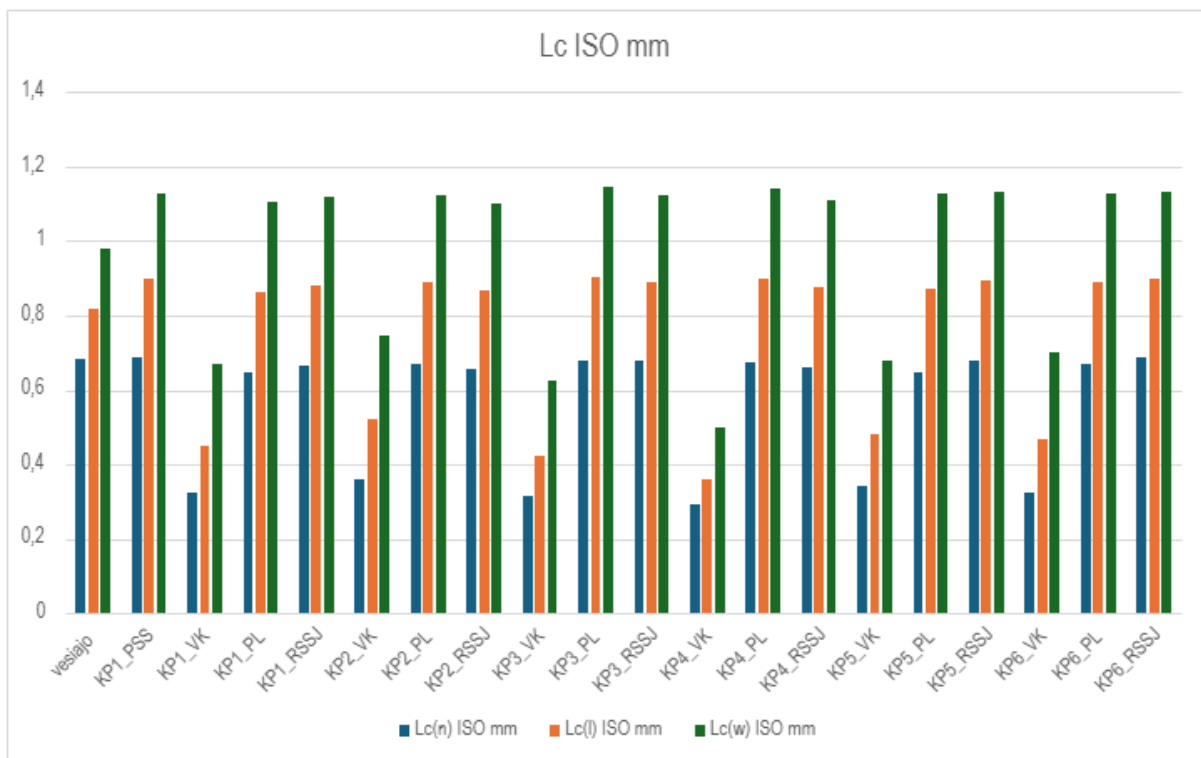


Kuva 5. Koepisteen 4 SEM-kuva 250x

### 3.5 Fraktionaattoritestit Stora Enso

Lc ISO mm tuloksista nähdään, että tulokset kulkevat oletuksen mukaisesti.

Perälaatikossa ja RSSJ:ssä on samankaltaiset tulokset. Sillä välin, kun viirakaivon kuitupituus on pienempi, kuten odotettiin.



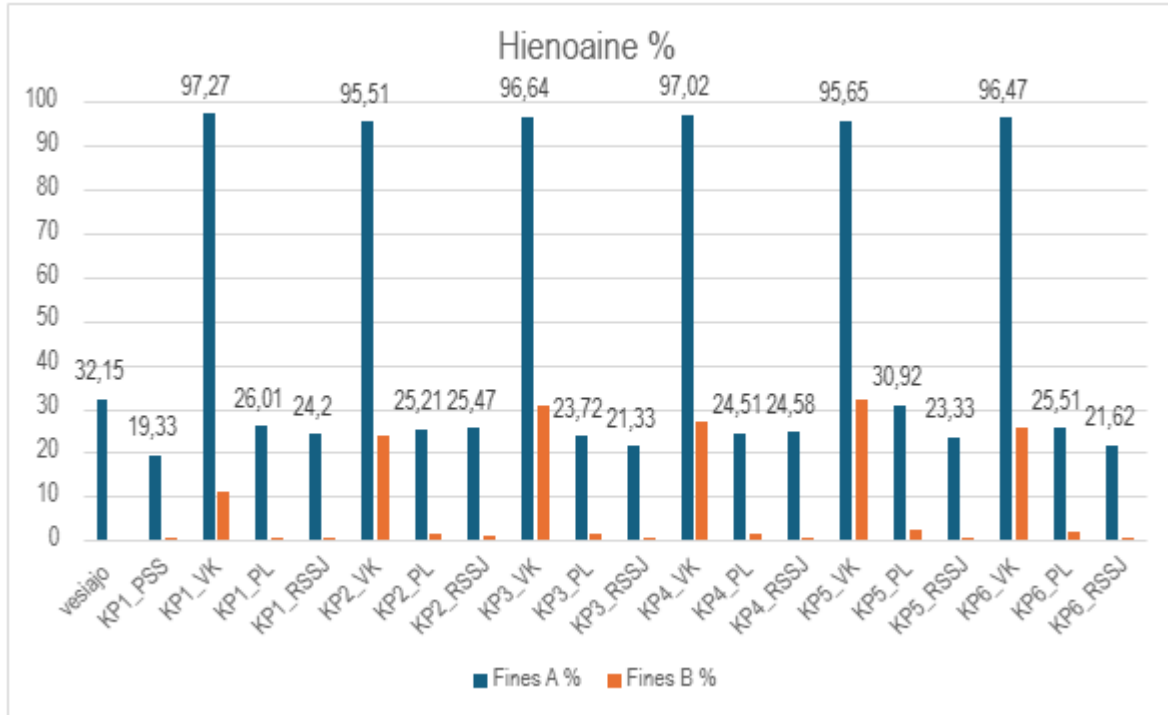
Kuva 6. Stora Enso Lc ISO mm jakaumat, jossa PL (perälaatikko), VK (viirakaivo) ja RSSJ (RSSJ massasäiliö).



**Euroopan unionin  
osarahioittama**



Hienoaine %, on oletuksien mukainen. Viirakaivossa on suurin lukema, mikä johtuu siitä, että siellä yksinkertaisesti on eniten vapaata hienoainetta, minkä analysaattori tunnistaa.



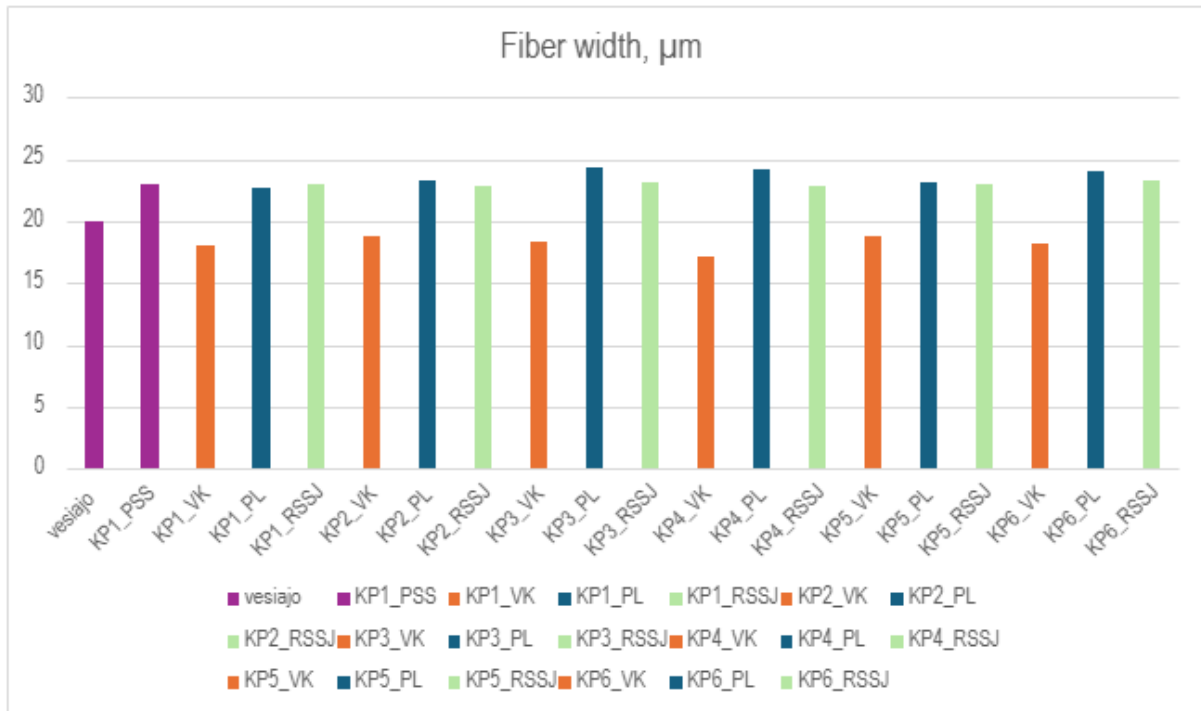
Kuva 7. Stora Enso Hienoaine %, jossa PL (perälaatikko), VK (viirakaivo) ja RSSJ (RSSJ massasäiliö).

Kuituleveyden tulos oli oletettu. RSSJ ja perälaatikko ovat suurin piirtein samat, kuten niiden pitäisi olla. Viirakaivossa on kapeampaa kuitua.



Euroopan unionin  
osarahoittama





Kuva 8. Stora Enso kuituleveys, jossa PL (perälaatikko), VK (viirakaivo) ja RSSJ (RSSJ massasäiliö).

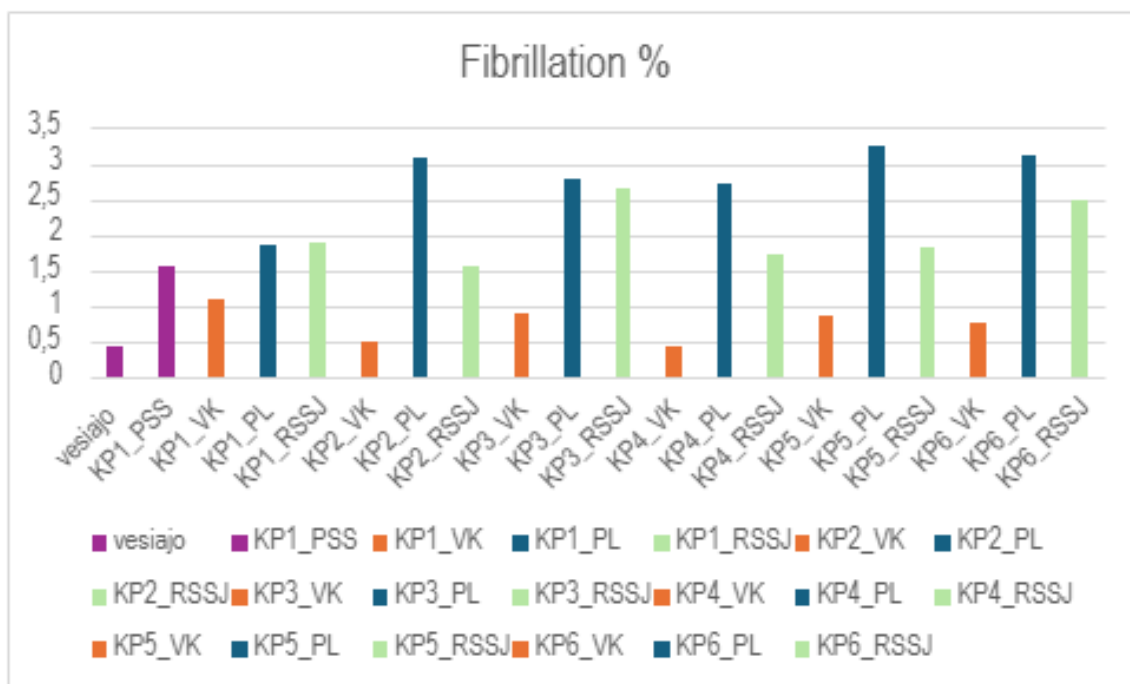
Fibrillaation Koepiste 1, on pelkkää massaa ja siitä nähdään kuinka paljon MFC:n lisääminen vaikuttaa seuraavissa koepisteissä fibrillaatioon. Lisäksi tulokset kertovat kuinka paljon, retentiota tehostavien kemikaalien lisääminen, on vaikuttanut fibrillaatioon.

Koepisteen 2 perälaatikossa on korkea fibrillaatio ja seuraavassa koepisteessä, se on laskenut lisättyjen retentiopolymeerien myötä.



Euroopan unionin  
osarahoittama



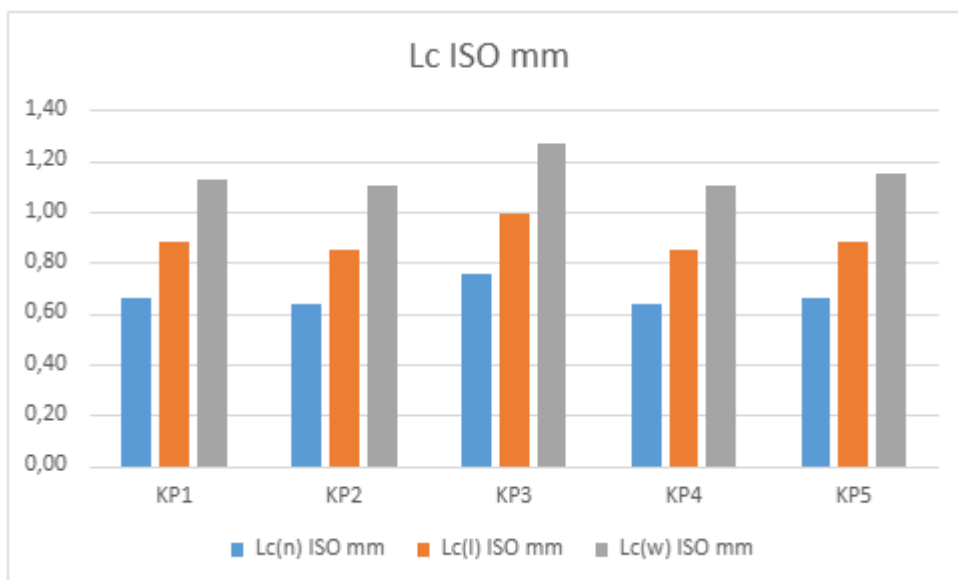


Kuva 9. Stora Enson Fibrillaatio %, jossa PL (perälaatikko), VK (viirakaivo) ja RSSJ (rssj massasäiliö).

### 3.6 Fraktionaatortestit Flash Loop

Tulokset ovat verrannollisia Stora Enson perälaatikkotuloksiin.

Lc ISO mm tuloksissa, Flash Loop ajoissa ei ollut valtavia eroja.



**Euroopan unionin  
osarahioittama**



**WETEND  
Technologies**

**SOLENIS**



**Etelä-Savon  
maakuntaliitto**

**ACA  
SYSTEMS**

**Valmet  
FORWARD**



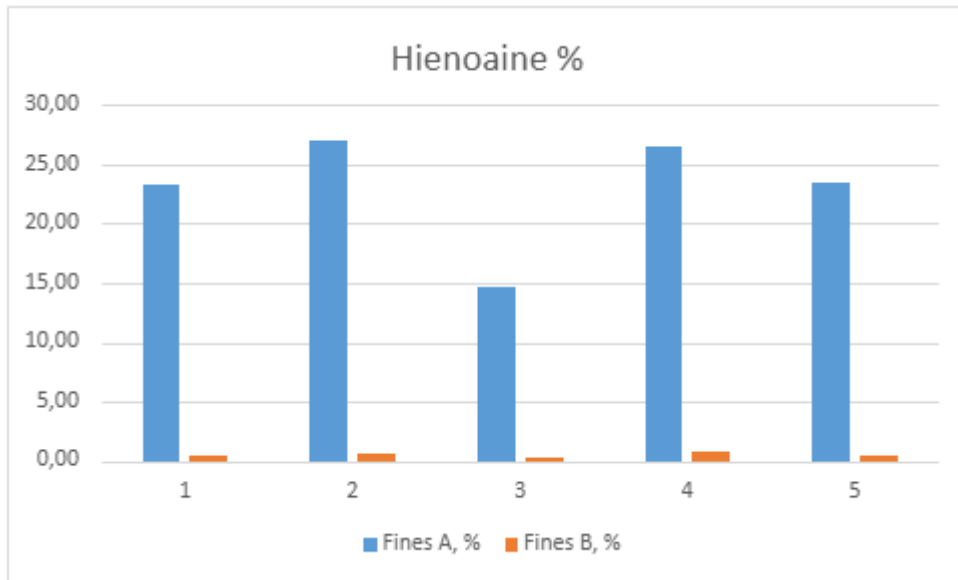
storaenso



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Kuva 10. Flash Loop Lc ISO mm.

Koepisteen 3, hienoaine % on matalin. Tästä voidaan päätellä, että hienoaine on sitoutunut paremmin, kuin muissa koepisteissä.



Kuva 11. Flash Loop Hienoaine %

Korkein kuituleveys löytyy samasta koepisteestä, missä on matalin hienoaine. Tämä varmistaa sen, että kemikaalit ovat sitoneet hienoainetta kuituihin paremmin koepisteessä kolme.



Euroopan unionin  
osarahoittama



**WETEND**  
Technologies

**SOLENIS**



**Etelä-Savon**  
maakuntaliitto

**ACA**  
SYSTEMS

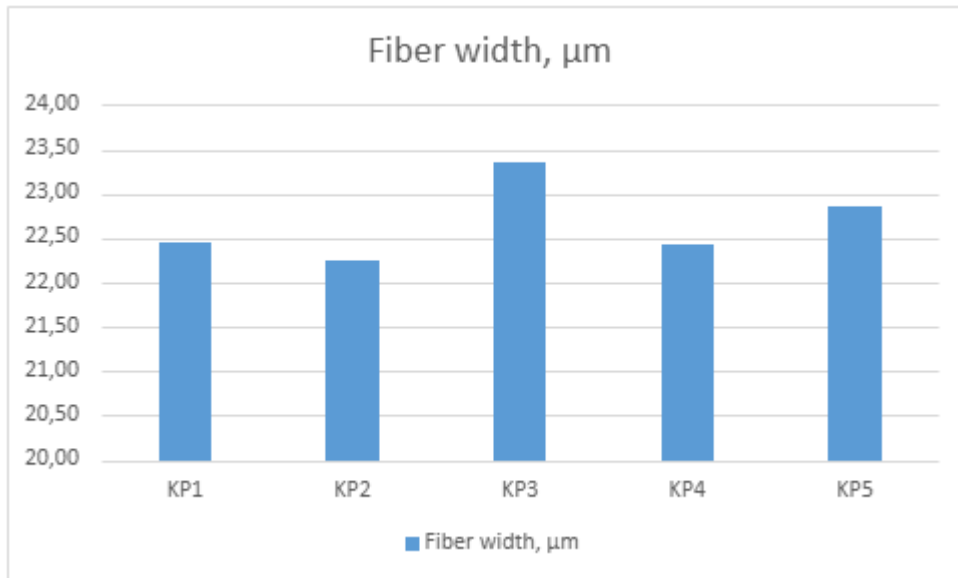
**Valmet**  
FORWARD



storaenso

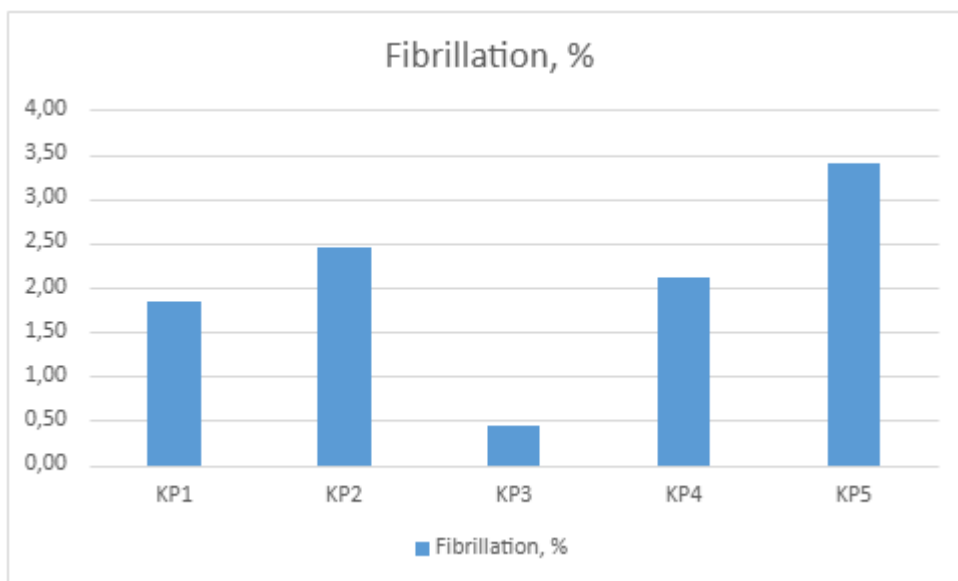


Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu



Kuva 12. Flash Loop kuituleveys,  $\mu\text{m}$

Koeajossa käytetty MFC kasvattaa fibrillaatiota. Koepisteessä 3 käytettiin kaikkia retentiopolymeerejä, minkä myötä MFC on tarttunut parhaiten kiinni massaan, tuoden fibrillaatiota alaspäin.



Kuva 13. Flash Loop Fibrillaatio, %



**Euroopan unionin  
osarahoittama**

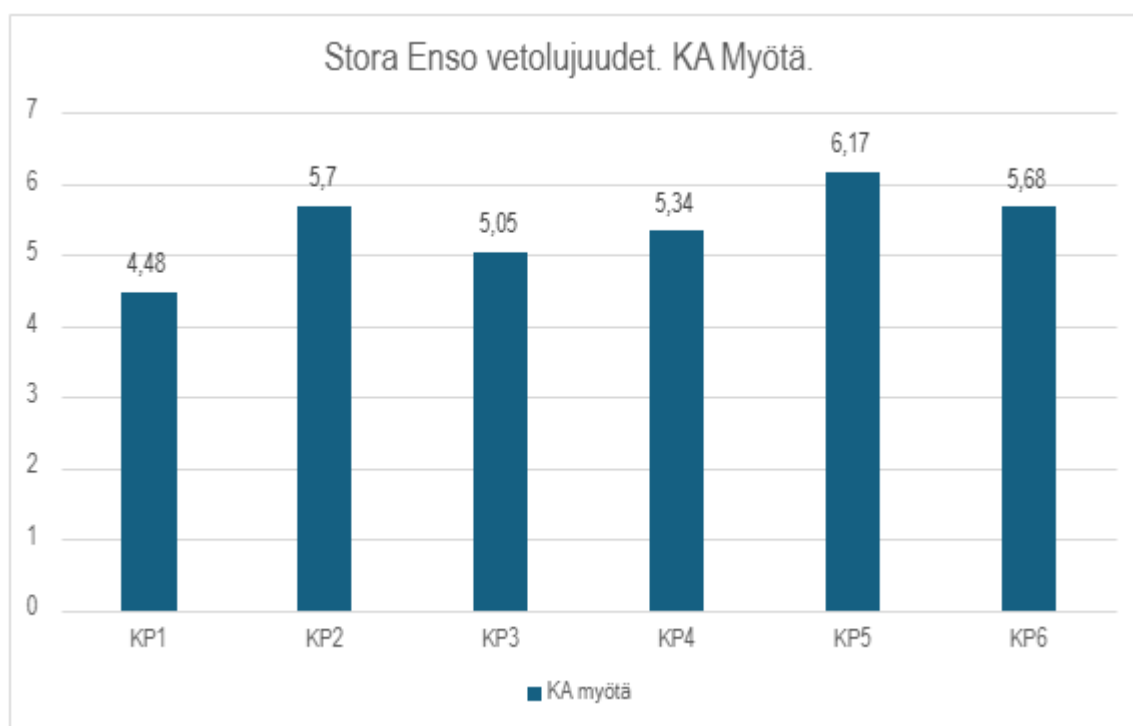


### 3.7 Vetolujuus Stora Enso

Jokaiselle kuudesta koepisteestä tehtiin, viisi arkkia konesuuntaa vastaan ja viisi arkkia myöten. Jokaisesta arkista leikattiin 10 siivua, joiden keskiarvoista koostettiin vetolujuus.

Vetolujuudet koepisteiden välillä vaihtelivat yllättävän paljon. Koepisteessä 5, missä ei käytetty C-PAM:ia, vetolujuus oli korkein kaikista.

KP1 on matalin, koska siinä käytössä oli pelkkä sellumassa. Koepisteessä 2 oli MFC ja tärkki, verraten koepisteeseen 3 huomataan vetolujuuden laskevan.



Kuva 14. Stora Enso vetolujuudet. Konesuuntaa myöten

### 3.8 Vetolujuus Flash Loop

Flash Loop koeajojen vetolujuudet olivat todella huonoja. Valmistettuihin arkkeihin ei saatu hyvää vetolujuutta.

Flash Loop koepiste 1 ja Stora Enso koepiste 2 ovat valmistettu samalla reseptillä. Näistä näkee, että MFC + tärkki vaikuttaa positiivisesti vetolujuuteen ja lisäkemikaalit



Euroopan unionin  
osarahioittama



WETEND  
Technologies

SOLENIS



Etelä-Savon  
maakuntaliitto

ACA  
SYSTEMS

Valmet  
FORWARD

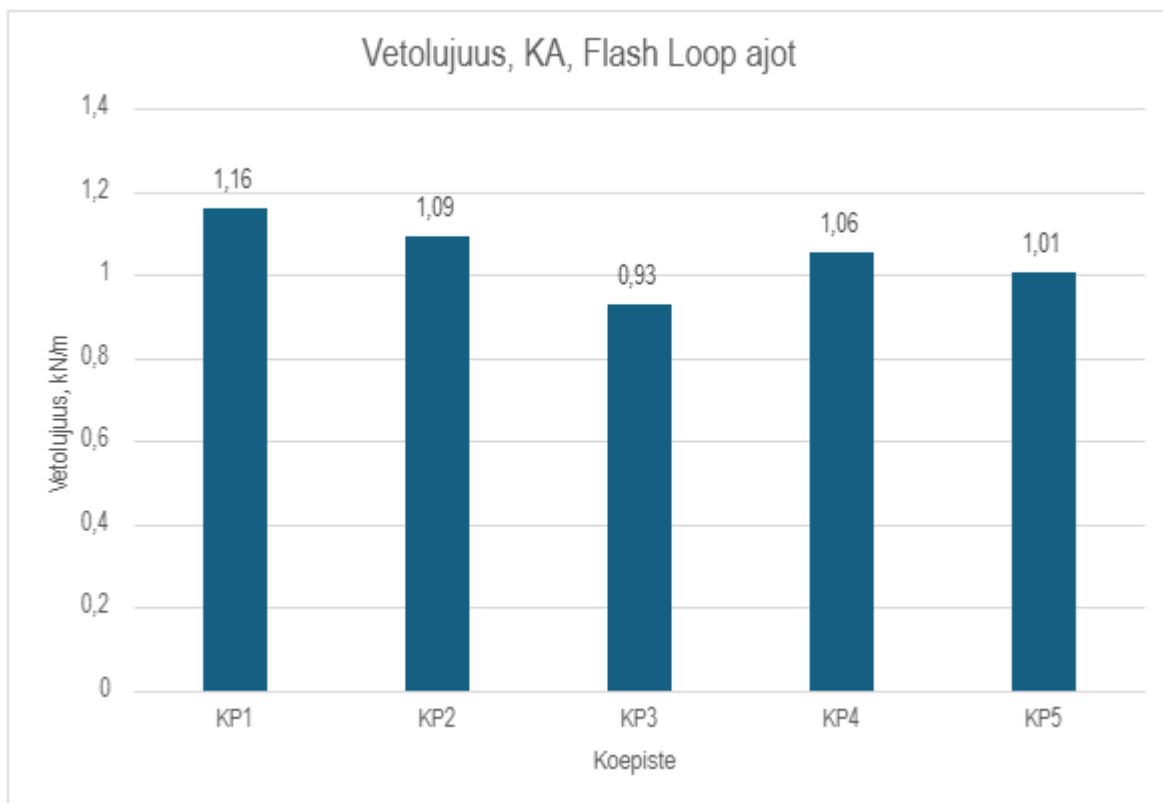


storaenso



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

heikentävät vetolujuutta. Flash Loopin koeajoissa ei kuitenkaan ole yhtä suurta vetolujuusvaihtelua, kuin Stora Enson ajoissa.



Kuva 15. Flash Loop vetolujuudet.

### 3.6 Optiset mittaukset

Optiset mittaukset suoritettiin vain Stora Enson arkeille tasalaatuisuuden vuoksi.

| KP1         | Keskiarvo | Std. | KP4         | Keskiarvo | Std. |
|-------------|-----------|------|-------------|-----------|------|
| L * 420 C/2 | 94,48     | 0    | L * 420 C/2 | 93,73     | 0,01 |
| L * C C/2   | 94,49     | 0    | L * C C/2   | 93,74     | 0    |
| a * 420 C/2 | -0,78     | 0,01 | a * 420 C/2 | -0,87     | 0,01 |
| a * C C/2   | -0,81     | 0,01 | a * C C/2   | -0,9      | 0,01 |
| b * 420 C/2 | 2,11      | 0,01 | b * 420 C/2 | 3,04      | 0,01 |



**Euroopan unionin  
osarahoittama**



**WETEND  
Technologies**



**SOLENIS**



**Etelä-Savon  
maakuntaliitto**

**ACA  
SYSTEMS**

**Valmet  
FORWARD**



storaenso



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

|                  |        |       |                  |        |      |
|------------------|--------|-------|------------------|--------|------|
| b * C C/2        | 2,09   | 0,01  | b * C C/2        | 3,03   | 0,01 |
| R457 C           | 83,82  | 0,02  | R457 C           | 80,93  | 0,02 |
| Yellowness C C/2 | 3,44   | 0,02  | Yellowness C C/2 | 5,2    | 0,02 |
| Opacity C C/2    | 80,34  | 0,037 | Opacity C C/2    | 79,83  | 0,26 |
| sw C C/2         | 242,46 | 4,1   | sw C C/2         | 224,78 | 2,6  |
| kw C C/2         | 2,59   | 0,04  | kw C C/2         | 3,12   | 0,04 |
| sw/R457 C C/2    | 250,13 | 4,06  | sw/R457 C C/2    | 231,03 | 2,72 |
| kw /R457 C C/2   | 3,91   | 0,06  | kw /R457 C C/2   | 5,19   | 0,06 |

| KP2              | Keskiarvo | Std. | KP5              | Keskiarvo | Std. |
|------------------|-----------|------|------------------|-----------|------|
| L * 420 C/2      | 93,85     | 0    | L * 420 C/2      | 93,85     | 0    |
| L * C C/2        | 93,86     | 0    | L * C C/2        | 93,86     | 0    |
| a * 420 C/2      | -0,84     | 0,01 | a * 420 C/2      | -0,85     | 0    |
| a * C C/2        | -0,87     | 0,01 | a * C C/2        | -0,89     | 0,01 |
| b * 420 C/2      | 2,7       | 0,01 | b * 420 C/2      | 3,06      | 0    |
| b * C C/2        | 2,69      | 0    | b * C C/2        | 3,05      | 0    |
| R457 C           | 81,63     | 0    | R457 C           | 81,17     | 0    |
| Yellowness C C/2 | 4,57      | 0    | Yellowness C C/2 | 5,24      | 0    |
| Opacity C C/2    | 79,82     | 0,38 | Opacity C C/2    | 80,42     | 0,86 |
| sw C C/2         | 226,66    | 3,84 | sw C C/2         | 232,77    | 9,01 |
| kw C C/2         | 3,02      | 0,05 | kw C C/2         | 3,11      | 0,12 |
| sw/R457 C C/2    | 233,51    | 3,51 | sw/R457 C C/2    | 238,78    | 9,08 |
| kw /R457 C C/2   | 4,82      | 0,07 | kw /R457 C C/2   | 5,24      | 0,2  |



Euroopan unionin  
osarahoitama



| KP3              | Keskiarvo | Std. | KP6              | Keskiarvo | Std. |
|------------------|-----------|------|------------------|-----------|------|
| L * 420 C/2      | 93,75     | 0    | L * 420 C/2      | 93,65     | 0    |
| L * C C/2        | 93,76     | 0    | L * C C/2        | 93,66     | 0    |
| a * 420 C/2      | -0,9      | 0,01 | a * 420 C/2      | -0,86     | 0    |
| a * C C/2        | -0,93     | 0    | a * C C/2        | -0,98     | 0,01 |
| b * 420 C/2      | 3,44      | 0,01 | b * 420 C/2      | 3,66      | 0,01 |
| b * C C/2        | 3,43      | 0    | b * C C/2        | 3,66      | 0,01 |
| R457 C           | 80,48     | 0,01 | R457 C           | 79,96     | 0    |
| Yellowness C C/2 | 5,94      | 0,01 | Yellowness C C/2 | 6,43      | 0,01 |
| Opacity C C/2    | 80,21     | 0,26 | Opacity C C/2    | 81,01     | 0,38 |
| sw C C/2         | 228,92    | 2,61 | sw C C/2         | 235,62    | 4,06 |
| kw C C/2         | 3,16      | 0,04 | kw C C/2         | 3,35      | 0,06 |
| sw/R457 C C/2    | 235,44    | 2,96 | sw/R457 C C/2    | 242,62    | 4,46 |
| kw /R457 C C/2   | 5,57      | 0,07 | kw /R457 C C/2   | 6,09      | 0,11 |

Taulukko 4. Optisten mittausten tulokset

### 3.9 ISO Vaaleus R457

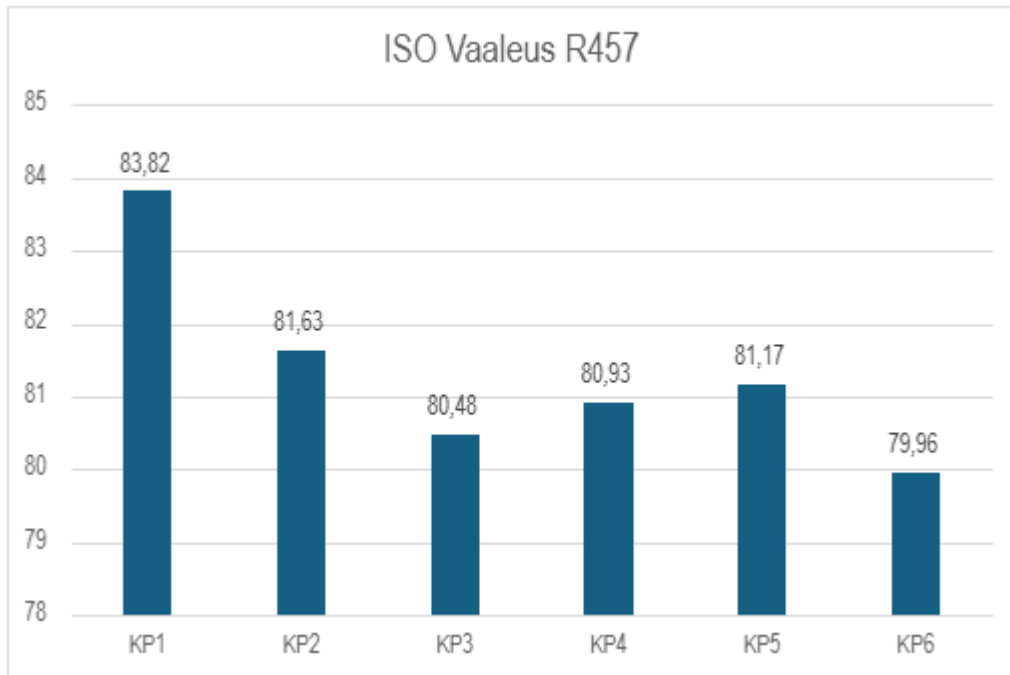
Oletus on, että kemikaaleja lisäämällä vaaleus heikkenee ja tämä nähtiin tuloksissa. Koepiste 6, on tuottanut huonoimmat vaaleuden tulokset.

Tulokset ovat tyypillisen tulostuspaperin vaaleuden alarajalla.



Euroopan unionin  
osarahioittama





Kuva 16. ISO Vaaleus R457 Stora Enso

### 3.10 Keltaisuus

Keltaisuuden mittauksissa, haluttiin tietää voiko sekoittumisen onnistumista nähdä keltaisuudesta. Koepisteessä 6 ei käytetty vaahdonestoainetta, koska haluttiin nähdä, onko sillä vaikutusta sekoitukseen.

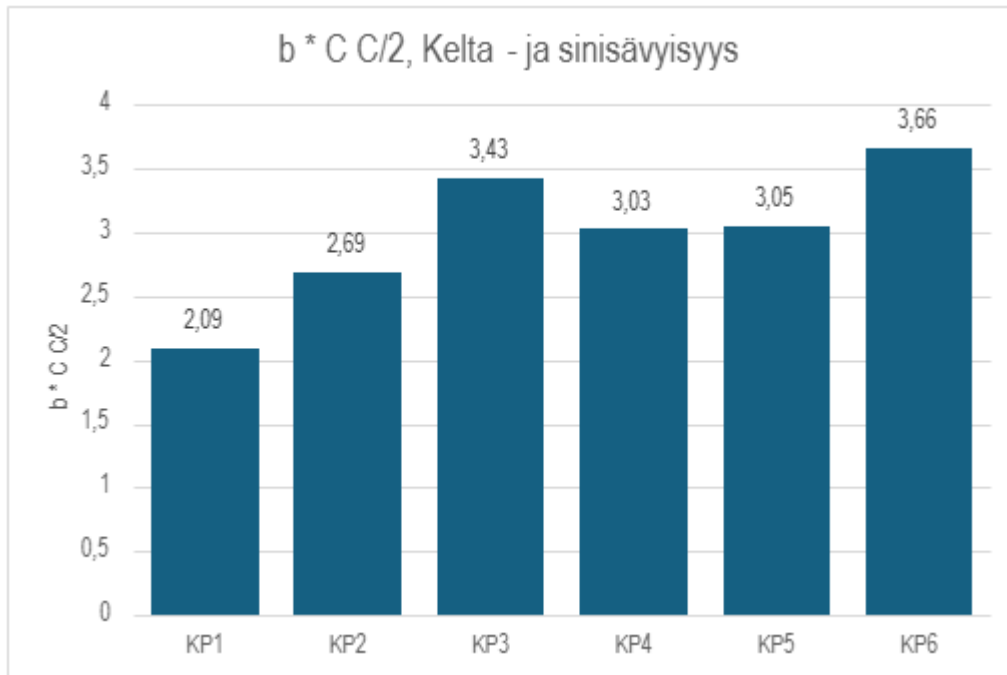
### 3.11 Kelta- ja sinisävyisyys.

Kelta- ja sinisävyisyys. Negatiivinen lukema kertoo taitumisesta siniseen ja positiivinen lukema keltaiseen. Kaikki tulokset olivat keltaiseen taituvia.



Euroopan unionin  
osarahoittama





Kuva 17. Kelta – ja sinisävyisyys C C/2 Stora Enso

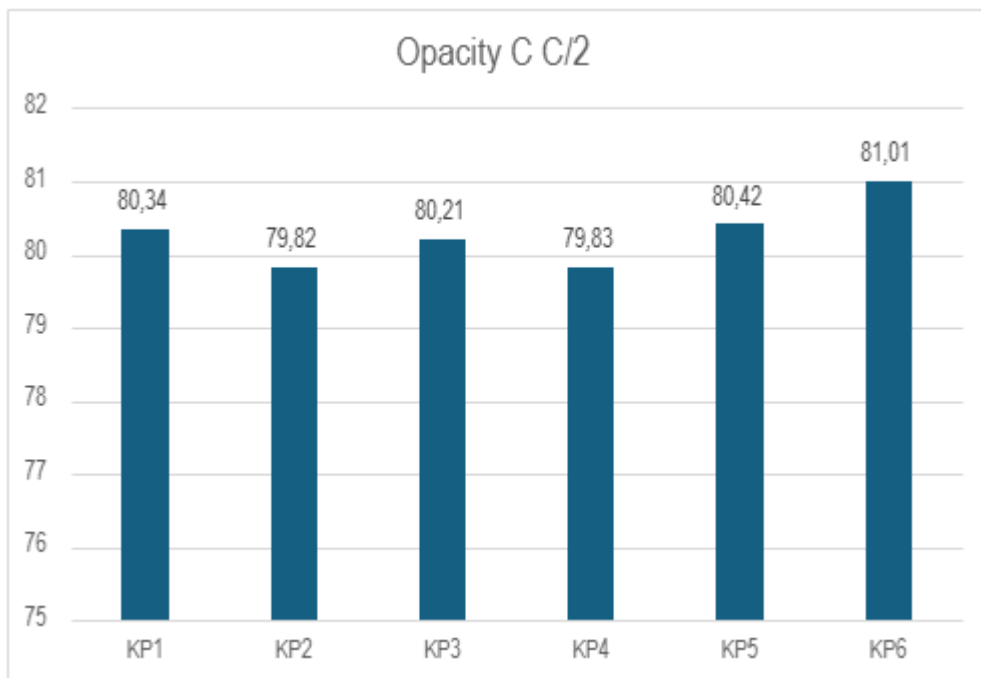
### 3.12 Opasiteetti

Hienoaineen ja kemikaalien pitäisi vähentää läpinäkyvyyttä. Tämä riippuu sekoittuvuuden onnistumisesta tai muiden kemikaalien läsnäolosta.



Euroopan unionin  
osarahoittama



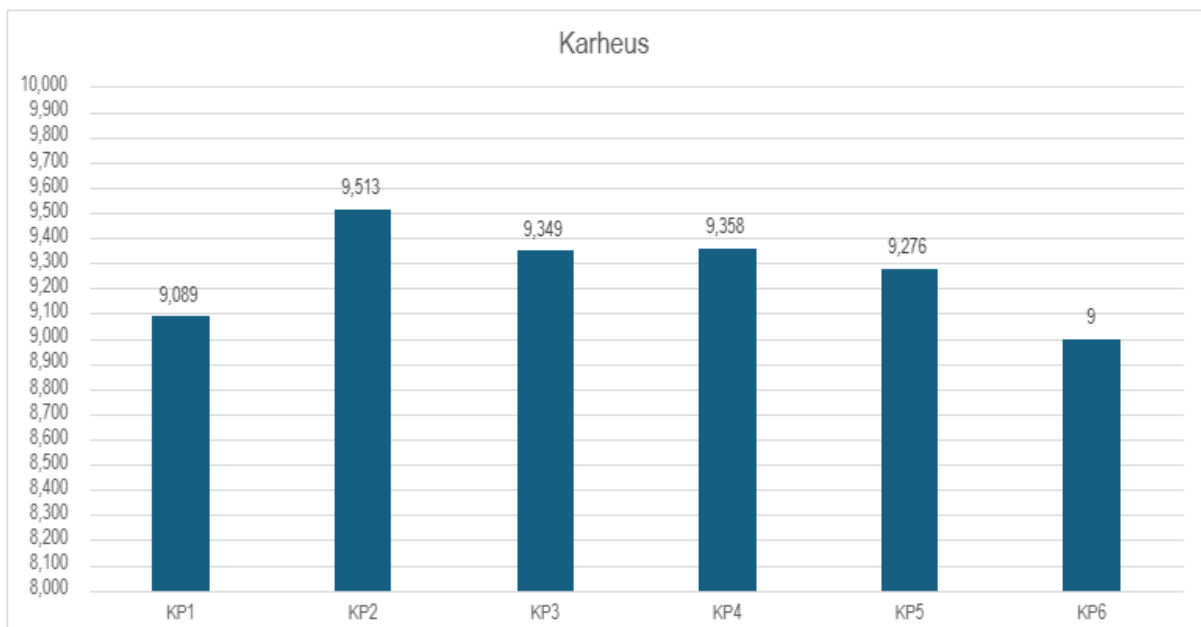


Kuva 18. Opasiteetti C C/2 Stora Enso

### 3.13 Karheus

Karheus on, millä voidaan selvittää sekoittumisen onnistumista.

Jokaiselle koepisteelle suoritettiin viidelle arkinäytteelle, jokaiselle kolme mittausta.



**Euroopan unionin  
osarahioittama**



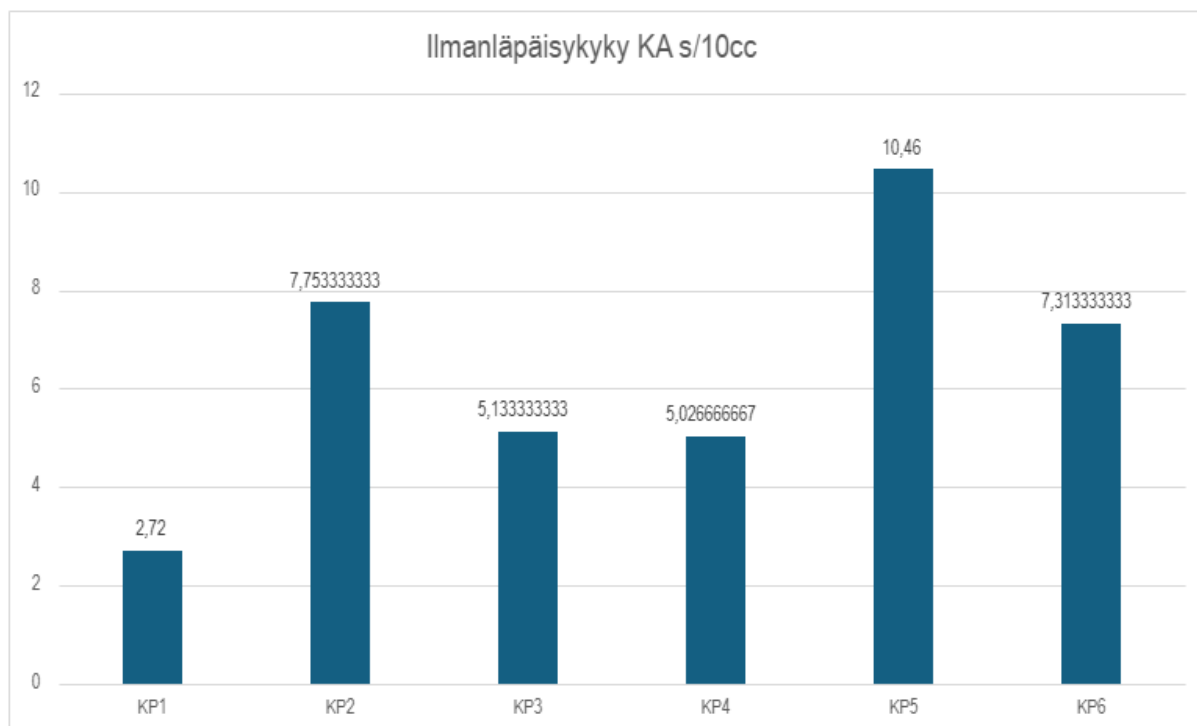
### 3.14 Ilmanläpäisy

Ilmanläpäisytesteihin valittiin viisi arkkia jokaisesta koepisteestä, joista kaikille tehtiin kolme mittausta.

Koepisteessä 1 oli pienin ilmavastus.

Koepisteessä 5, C-PAM on ainoa puuttuva kemikaali. C-PAM:in puuttuessa ilmanläpäisy on kaksinkertaisesti heikompaa, verrattuna koepisteeseen 3.

Koepisteissä 3 ja 4 ero on AKD:n läsnäolo. Tuloksista nähdään, että AKD:n poistaminen reseptistä laski ilmanläpäisyä n. 0,114 s, eli ero on lähes huomaamaton.



Kuva 22. Ilmanläpäisykyky KA s/10cc



Euroopan unionin  
osarahoittama



WETEND  
Technologies

SOLENIS



Etelä-Savon  
maakuntaliitto

ACA  
SYSTEMS

Valmet  
FORWARD



storaenso



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu