

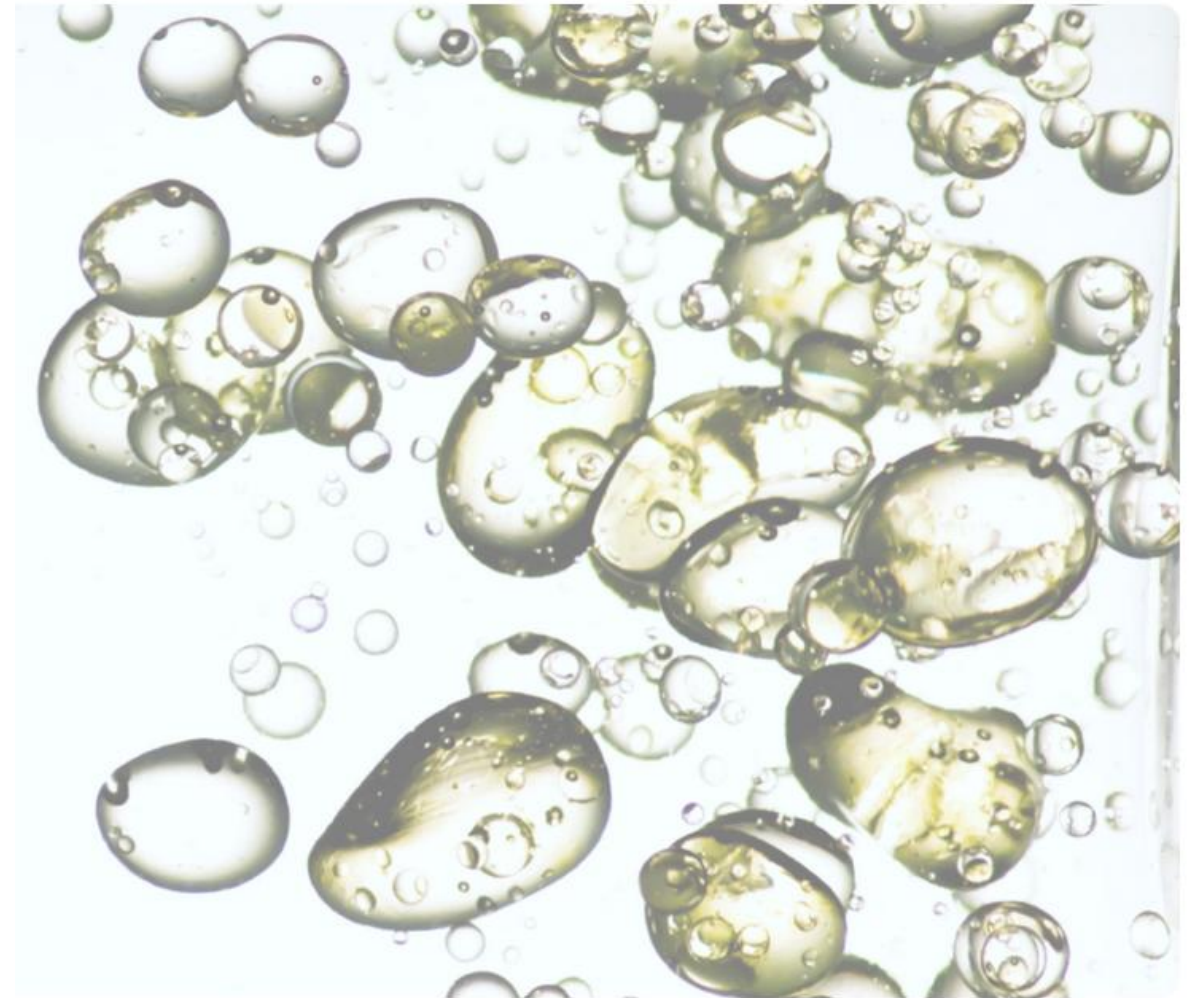
TrumpJet Flash Mixing Reactor™

Dispersio ja leikkausvoimien hallinta ja hyödyt paperin ja kartongin tehokkaassa tuotannossa

Jouni Matula
Wetend Technologies Oy

Liquid-Liquid dispersion

- ❑ Dispersio ja pisarakoko
- ❑ Miehitysluku, Crowding Factor
- ❑ Dispersioon vaikuttavat tekijät
- ❑ "Flash Mixing Reactor"TM
- ❑ Hienoaine ja flokit vrs agglomeraatit
- ❑ ASA – AKD esimerkki
- ❑ Vesi, energia ja hiilidioksidi
- ❑ Eteenpäin

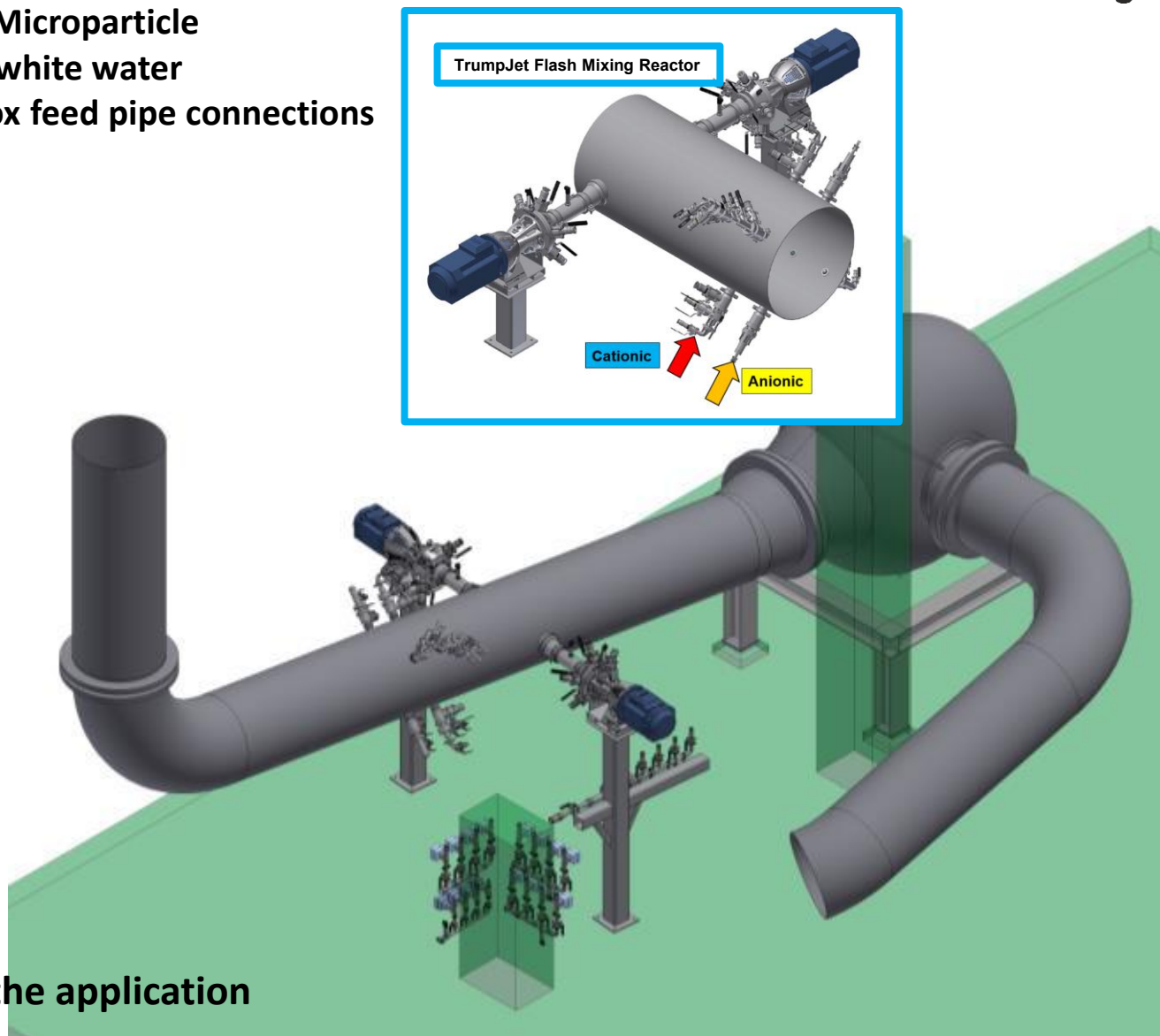


Sappi Fine Papers Stockstadt PM1, Germany,

- TrumpJet® Flash Mixing Reactor for CPAM, ASA, Starch, Microparticle
- TrumpJet® Flash Mixing station for defoaming agent for white water
- Web break eliminators to remove small unused headbox feed pipe connections

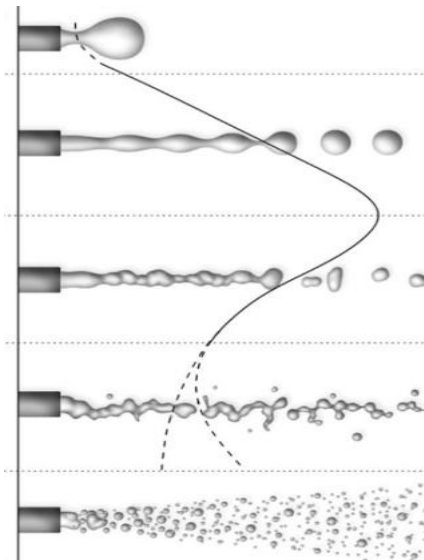
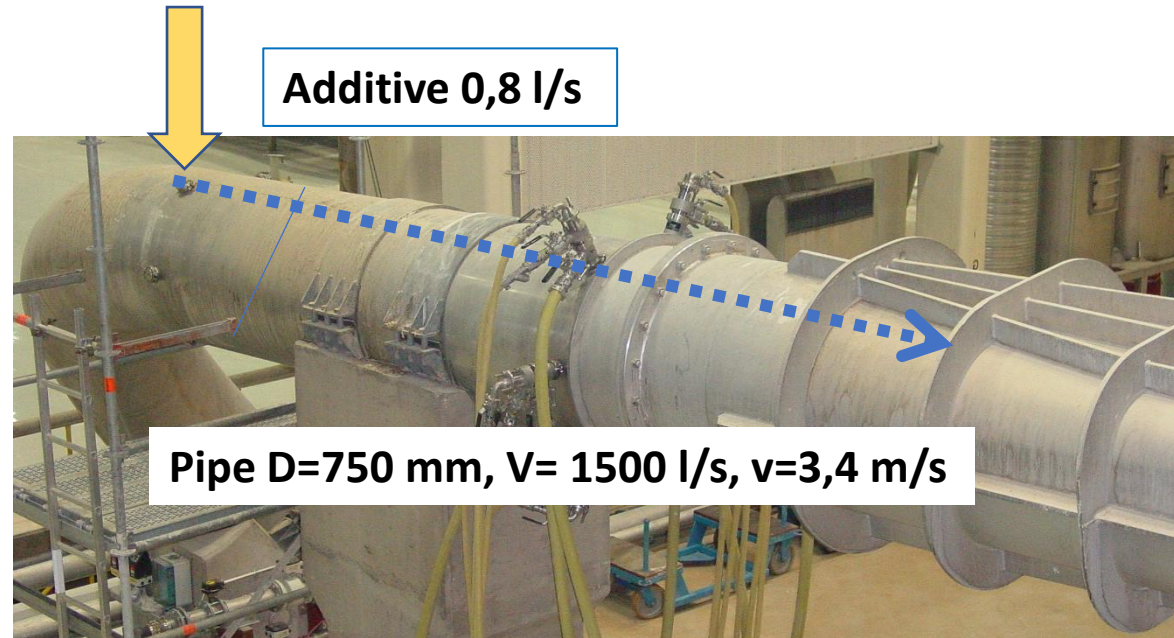
Mill results:

- **Significantly improved formation**
- **Major reduction of sheet breaks**
- **Less dirt agglomerates**
- **Net efficiency increase 2...3%**
- **Strength starch saving 50%**
- **ASA saving 10%**
- **Bentonite saving 5...10%**
- **Optimized use of CPAM, potential up to 60%**
- **Defoaming agent saving 50%**
- **100% elimination of fresh water consumption in the application**



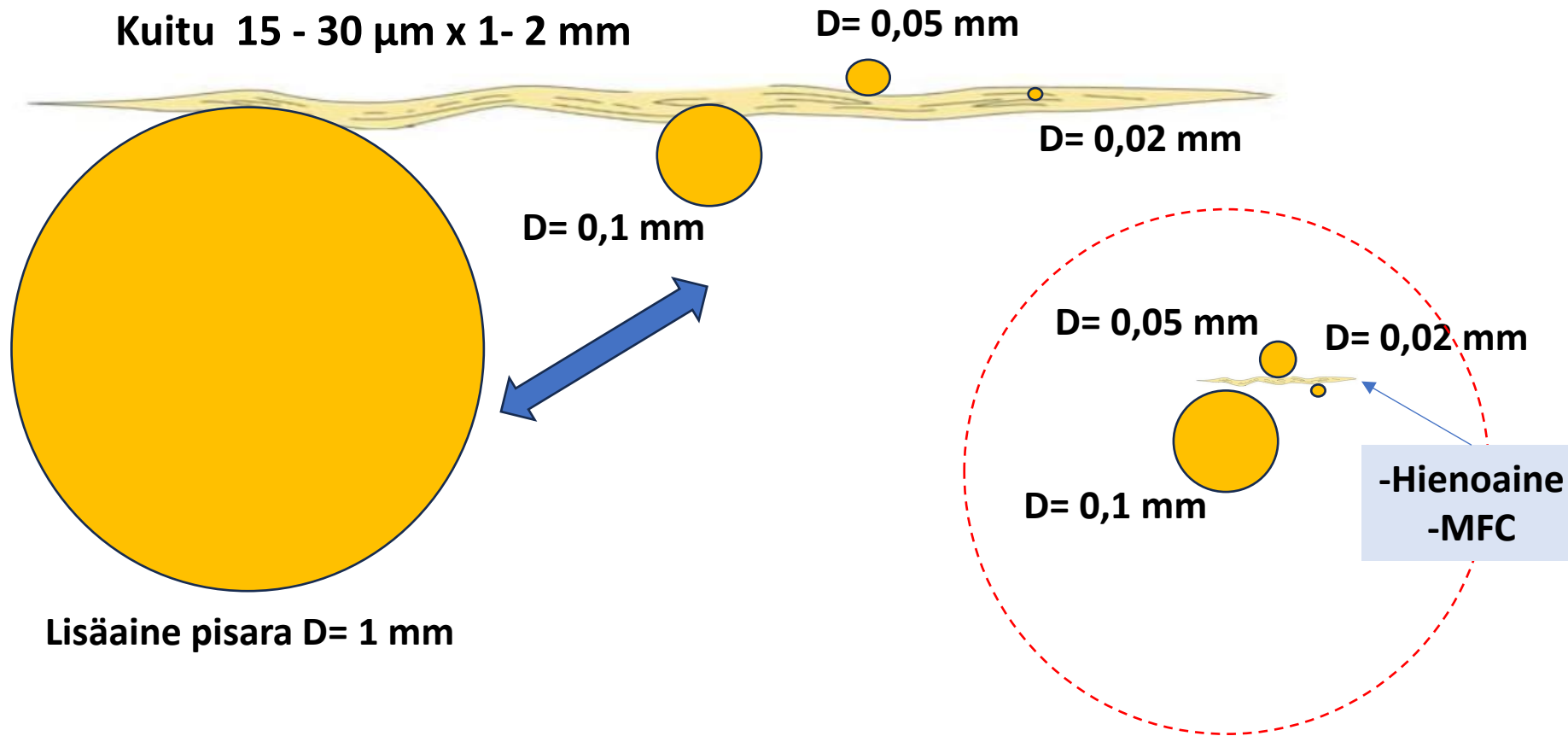
Dispersion and precipitation of Additives into stock

1 l of stock contains
0,5 ml of chemical



Droplet dia mm	Droplets per second	Surface area per second	Droplest in one litre of stock
D= 10 mm	1.528	0,48 m ² /s	1 pcs/dm ³
D= 5 mm	12.230	0,96 m ² /s	8 pcs/dm ³
D= 1 mm	1.528.700	4,80 m ² /s	1.000 pcs/dm ³
D= 0,5 mm	12.229.300	9,6 m ² /s	8.000 pcs/dm ³
D= 0,1 mm	1.53 billion	48 m ² /s	1.000.000 pcs/dm ³
D= 0,02 mm (2µm)	190 billion	240 m ² /s	127 mill pcs/dm ³ (ASA)

Yhdessä massalitrassa on 0,5 ml kemikaalia



Additive dispersion

Formation and Crowding factor = Miehitysluku

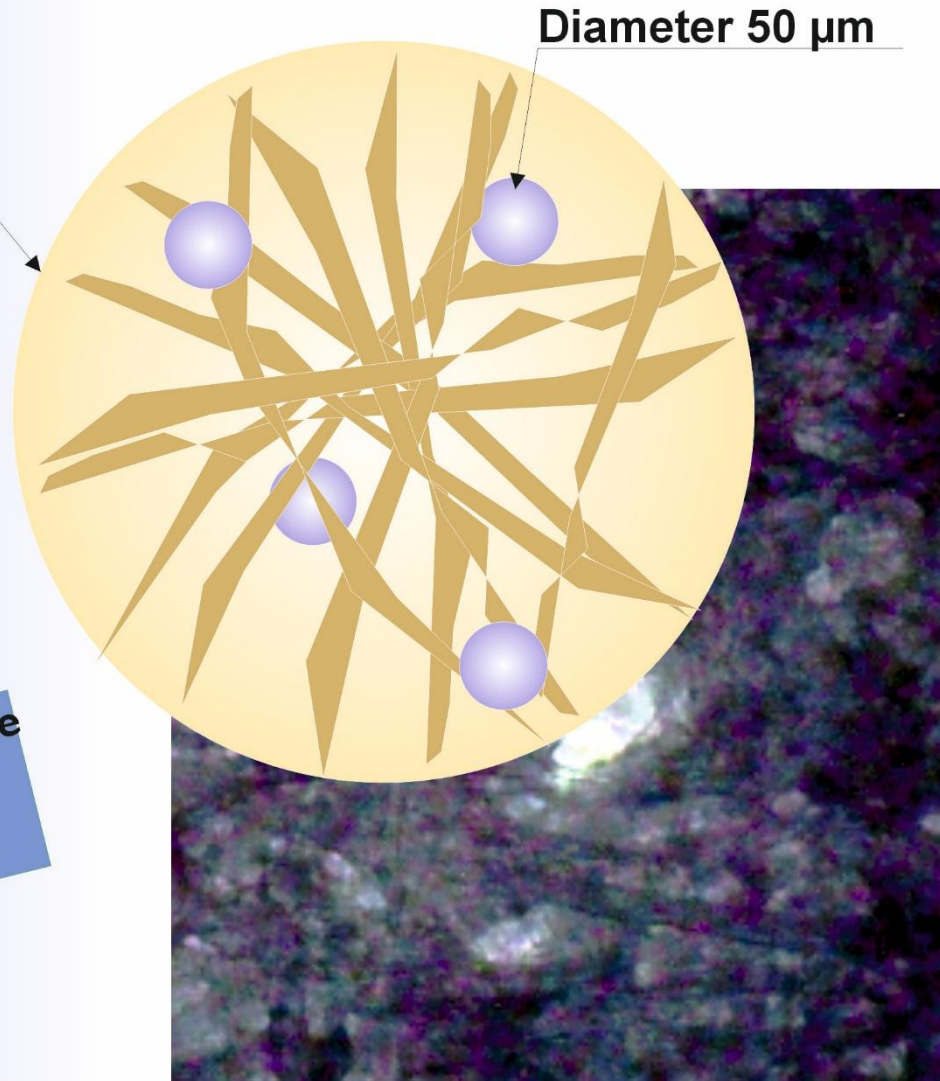
Fine Paper

Crowding Factor (N): 38 fibers

Ball diameter: 1 mm

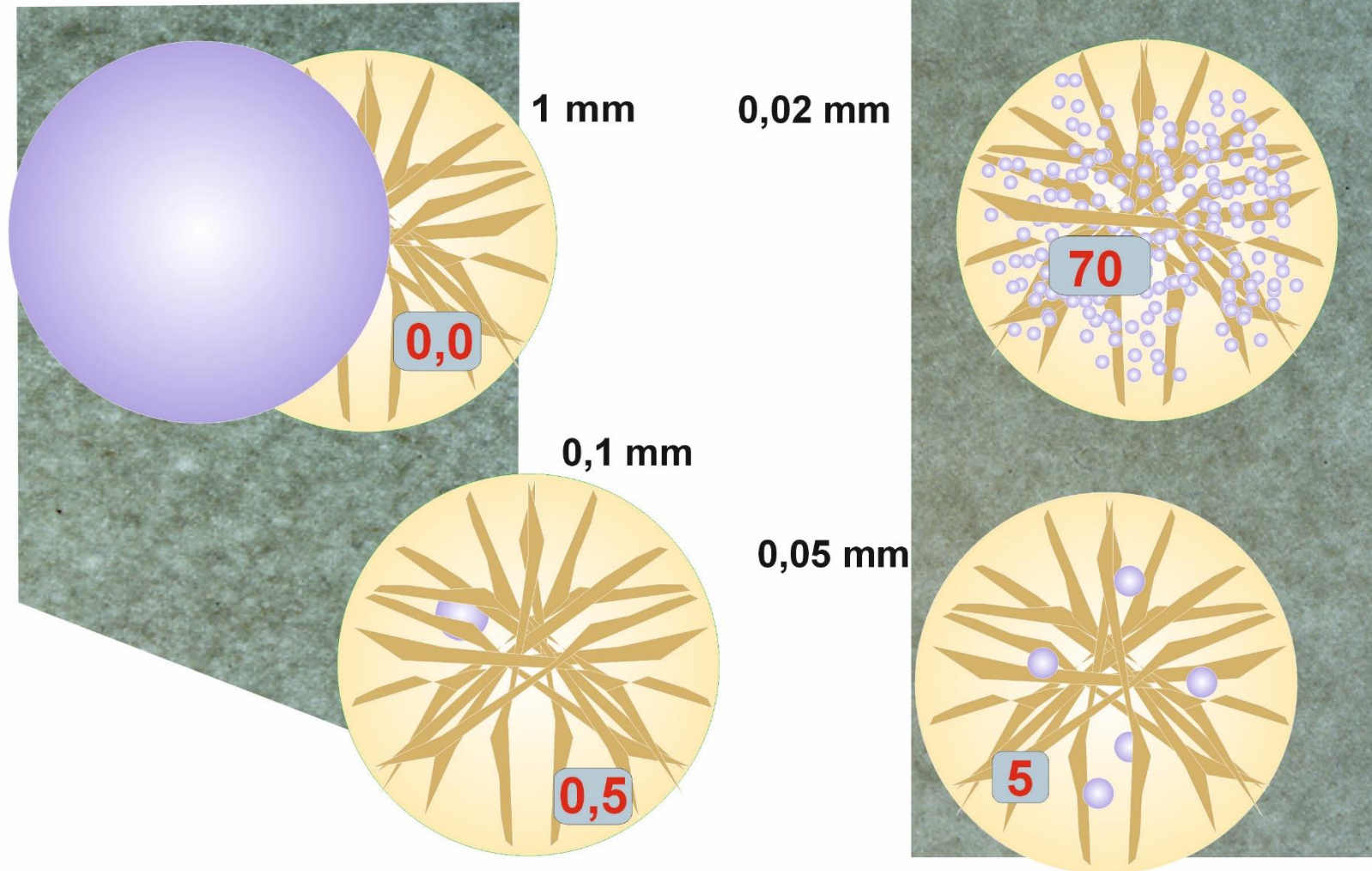
Droplet size mm	Number in litre	Number in CF ball
1,0	1000	+ -
0,5	8000	+ -
0,1	1 mill	0,5
0,05	8 mill	5
0,02 (2µm)	127 mill	70

Local momentary variation of additive content can be up to 100 times higher or smaller than the average.



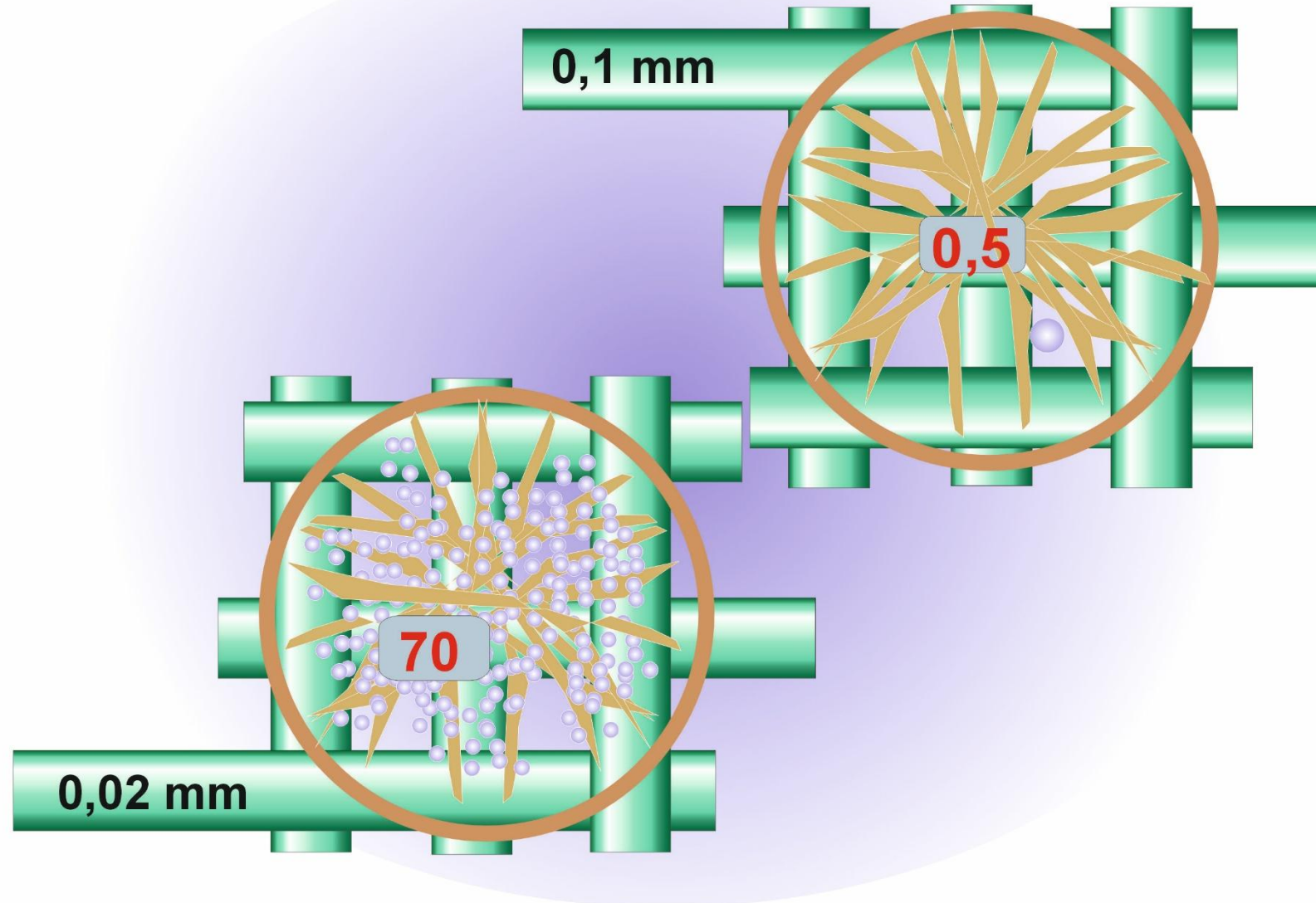
Number of Additive droplets per CF-ball

Formation and Crowding factor /additive droplet size (mm)



Additive dispersion

Crowding factor - wire fabric



Märkäosan tyypillisiä lisäaineita

☐ Täyteaine liete: “kivipartikkeli” 0,2 – 2,5 – 10 µm

☐ Kemikaalit:

- CPAM ja APAM: polymeeriketju
- Silica ja Nanopartikkeli
- Bentoniitti: micro-kivipartikkeli
- Tärkki: polymeeriketju
- ASA: polymeeri ja emulsiopallero
- Vaahdoestoaine: neste
- Väri: neste

☐ MFC: hienojakoista kuitufibrilliä

Dispersioon vaikuttavat tekijät:

☐ Lämpötilat

- itse prosessineste
- lisäaine/kemikaali

☐ Lisäaineen konsentraatio

☐ Lisäaineen pintajännitys

☐ Lisäaineen viskositeetti

☐ Kalvon tai yksittäisen injektio suihkun paksuus, nopeus, leikkausvoimat ja turbulenssi

☐ Pisarakoon epätasainen jakauma

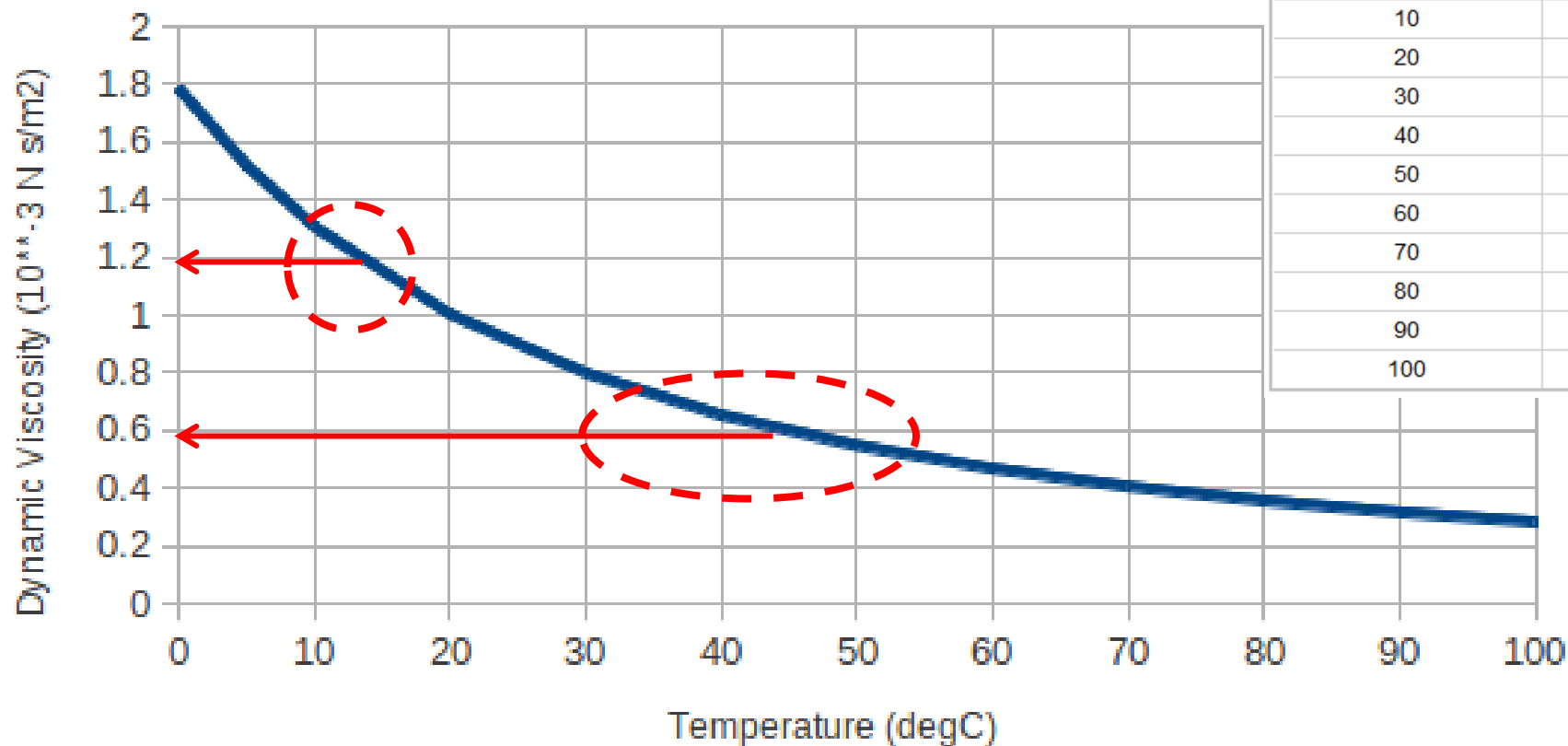
☐ Lisäaineen kiinteän materiaalin koko, muoto ja keskinäiset sidokset



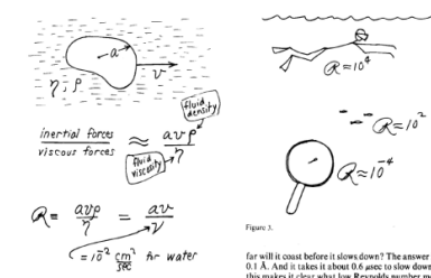
Viscosity of water

Water

Temperature and Dynamic Viscosity



Temperature - t - (°C)	Dynamic Viscosity - μ - (Pa s, N s/m ²) x 10 ⁻³	Kinematic Viscosity - ν - (m ² /s) x 10 ⁻⁶
0	1.787	1.787
5	1.519	1.519
10	1.307	1.307
20	1.002	1.004
30	0.798	0.801
40	0.653	0.658
50	0.547	0.553
60	0.467	0.475
70	0.404	0.413
80	0.355	0.365
90	0.315	0.326
100	0.282	0.29

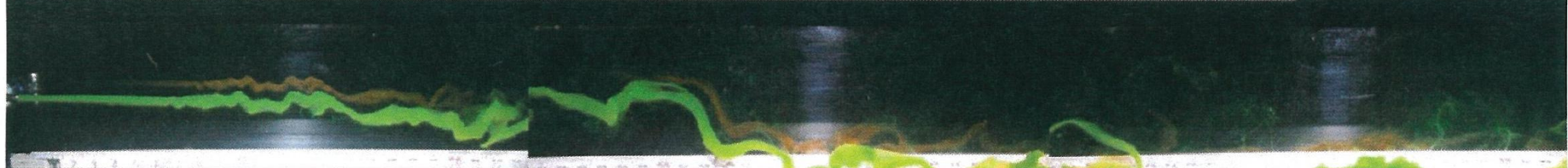


Degussa Water-oil emulsion, concentration 0,5%; Water temperature 45 °C;
Difference in flow rate 1,008 m/s; 10X;
WATER VELOCITY 0,11 m/s, INJECTION SPEED 1,118 m/s

ADDITIVE
TEMPERATURE

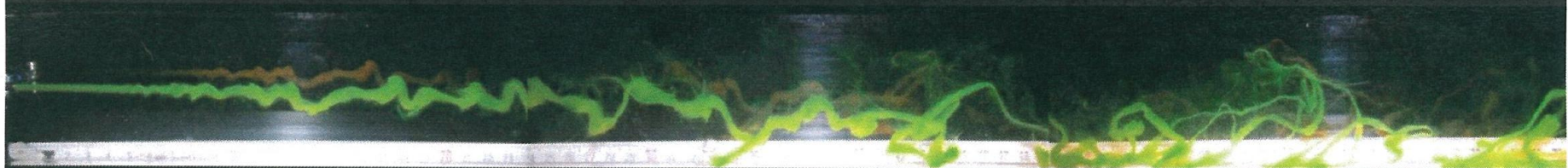
9°C

Produkt: K301L; Wassertemperatur: 45°C; Konzentration: 0,5%; Strömungsgeschwindigkeit: 0,11m/s; Einspritzgeschwindigkeit: 1,118m/s



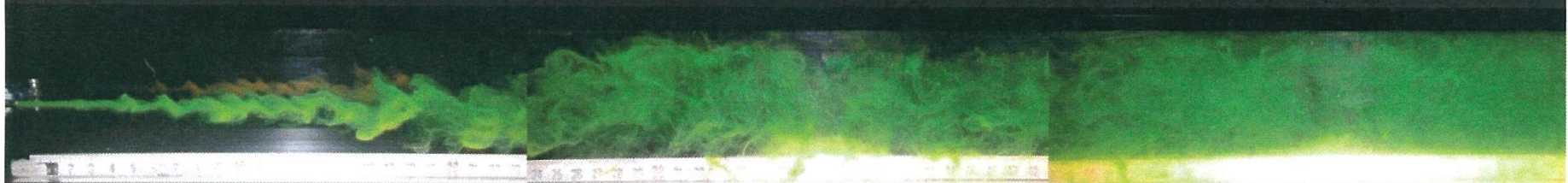
Produkttemperatur: 9°C

17°C



Produkttemperatur: 17°C

45°C



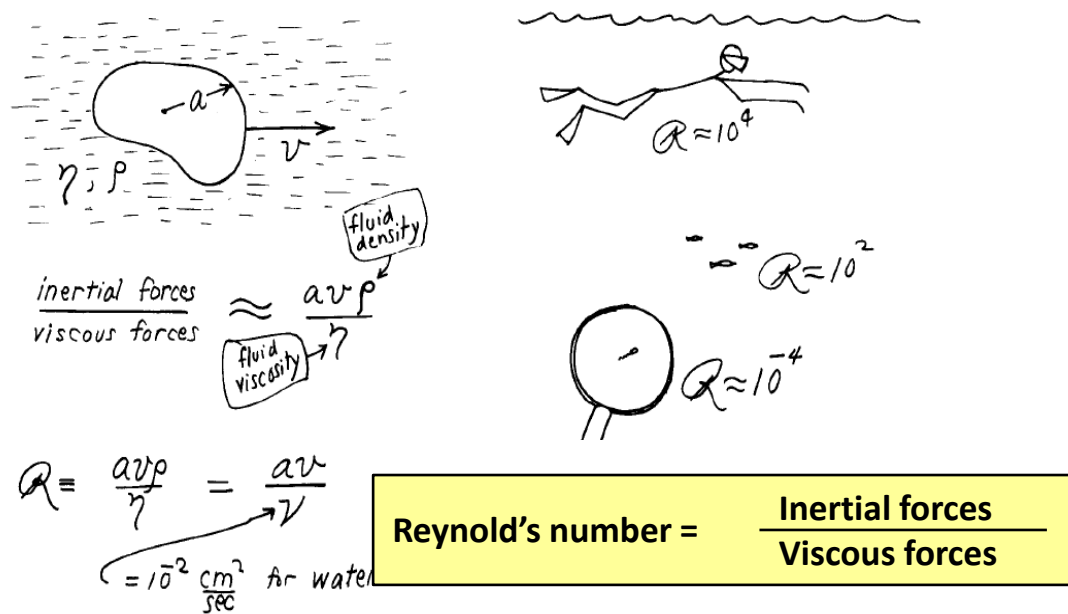
Produkttemperatur: 45°C

Sekoittaminen ja Pieni Reynoldsin luku...?

Low Raynolds number

$Re < 1$ = viscosity dominates particle over inertial forces

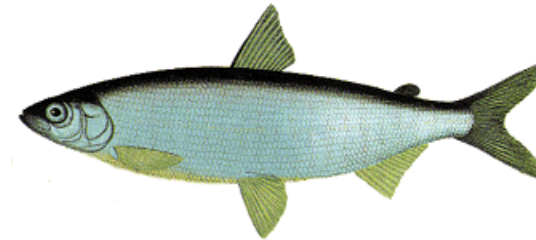
Then good mixing needs added mixing energy



Life at low Reynolds number; E.M. Purcell; Am.J.Phys. Vol45 No 1 Jan 1977

Re < 1 Viscosity overcomes inertia

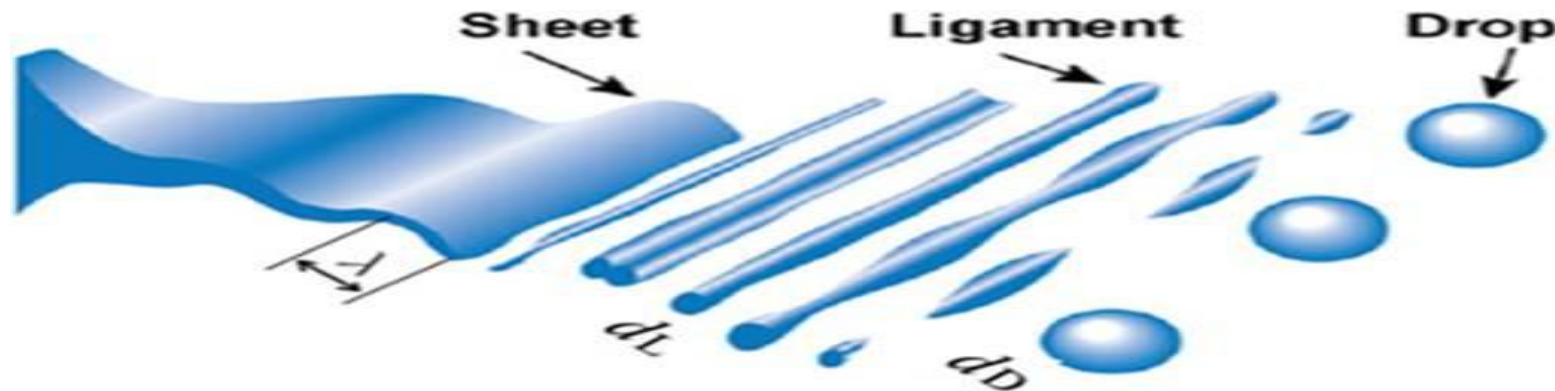
**Sekoitus ei tapahdu itsestään
vaan sitä varten tarvitaan hallitusti
tuotettua ja kohdistettua energiaa**



Target in water	Reynolds number
A large whale 10 m/s	300 000 000
Diver	10 000
Small fish	100
Fiber 10 mm/s	1...5
Fibrill 1 mm/s	0,3
Piece of filler 1 mm/s	0,001
Piece of bentonite 0,01mm/s	0,00001

TrumpJet® Flash Mixing

Esisekoitus – Masterbatch - 0,01 sek

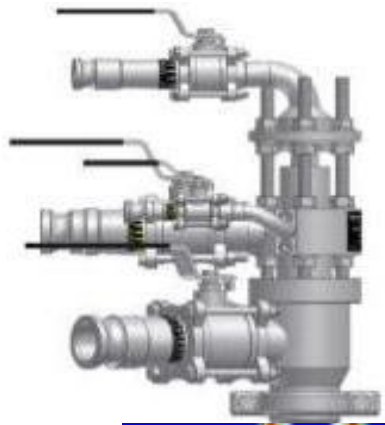


Ligament = long liquid filament

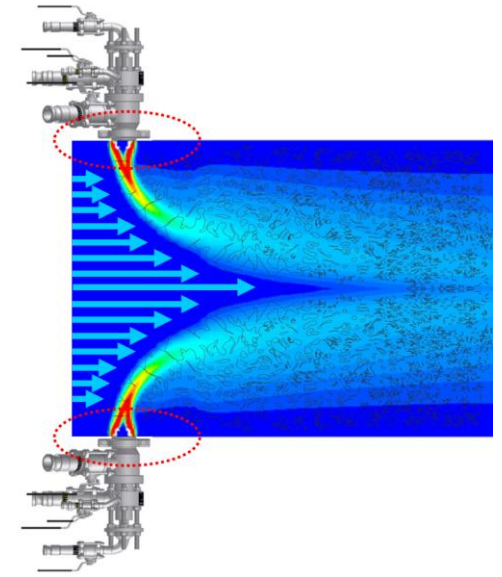
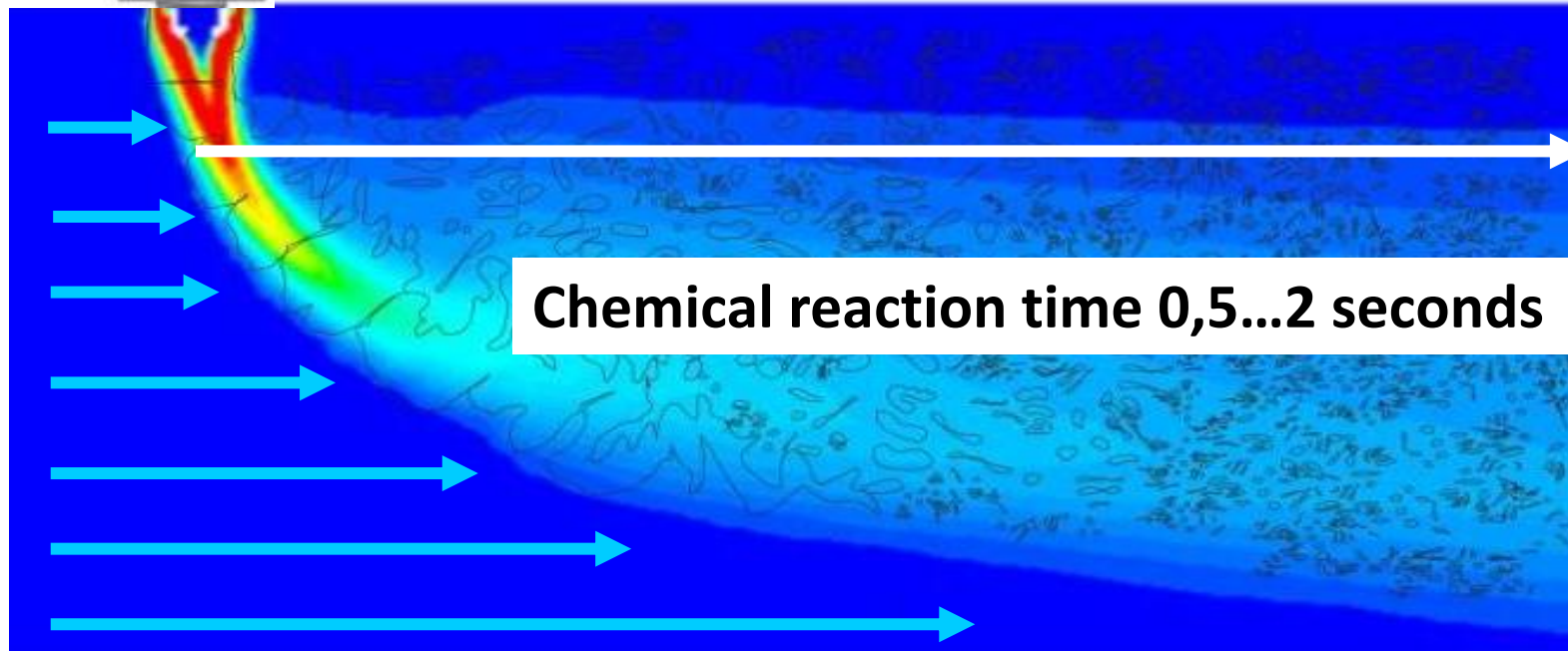
The thin additive layer fractures into ligaments and is pushed into passing injection flow

The ligaments break into additive drops at the passing and mixing zone. The drops are then split into tiny, reactive droplets

TrumpJet® Flash Mixing Reactor

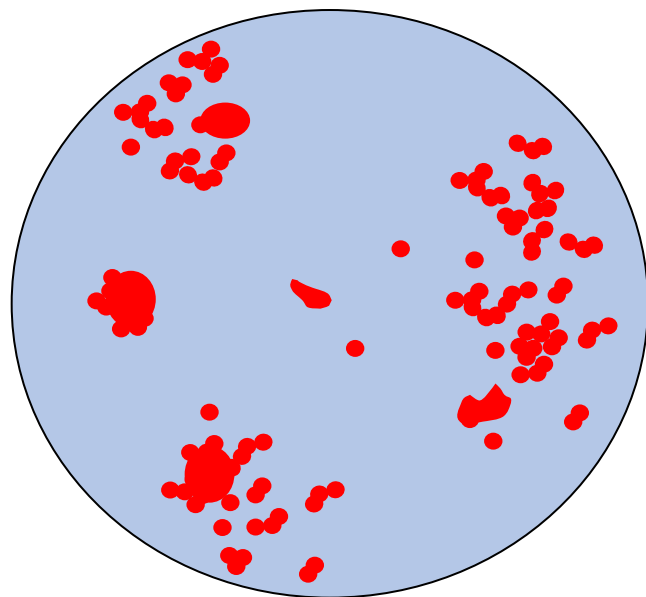


Dispersing of additive in cross flow

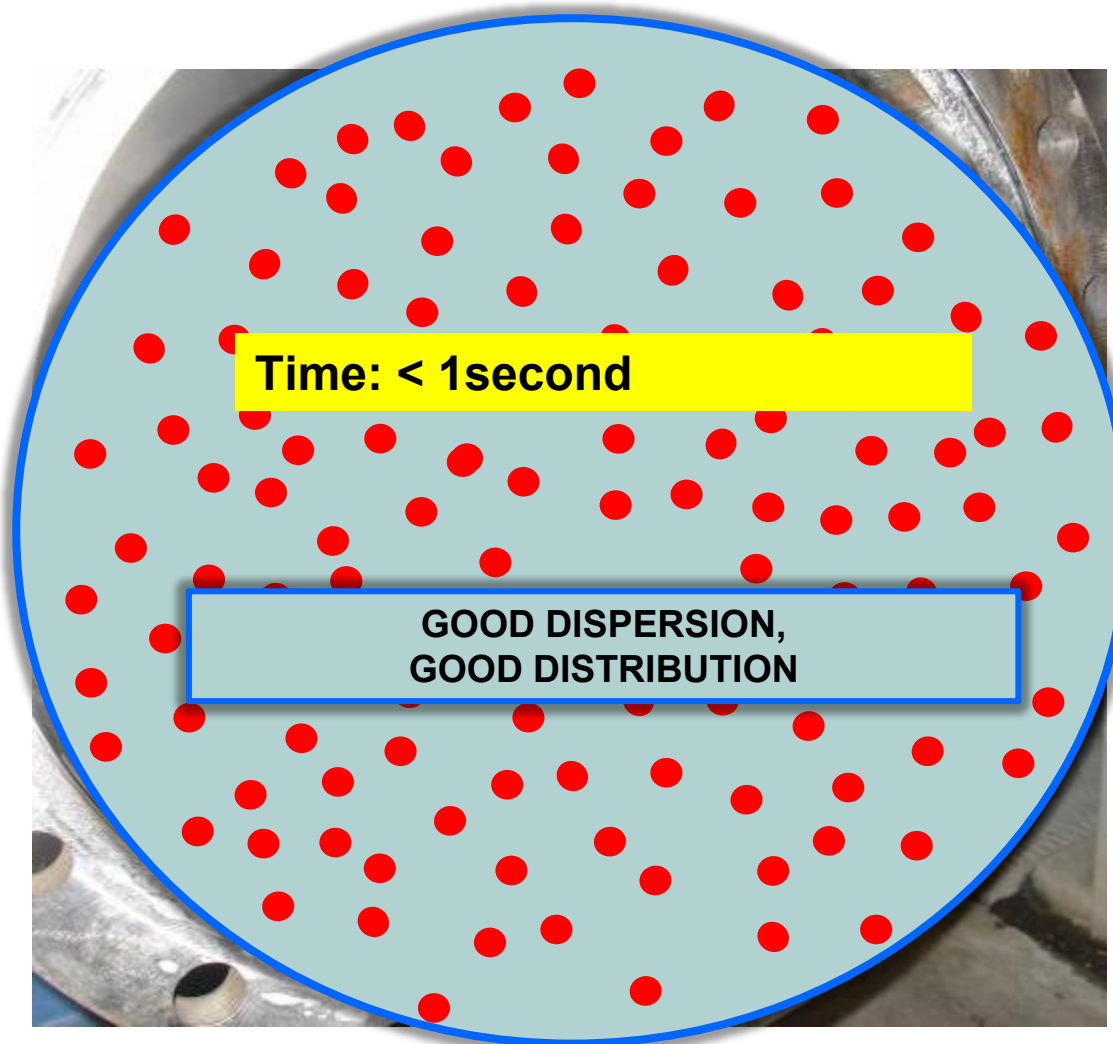


Dosing of wet end chemicals and additives

Example



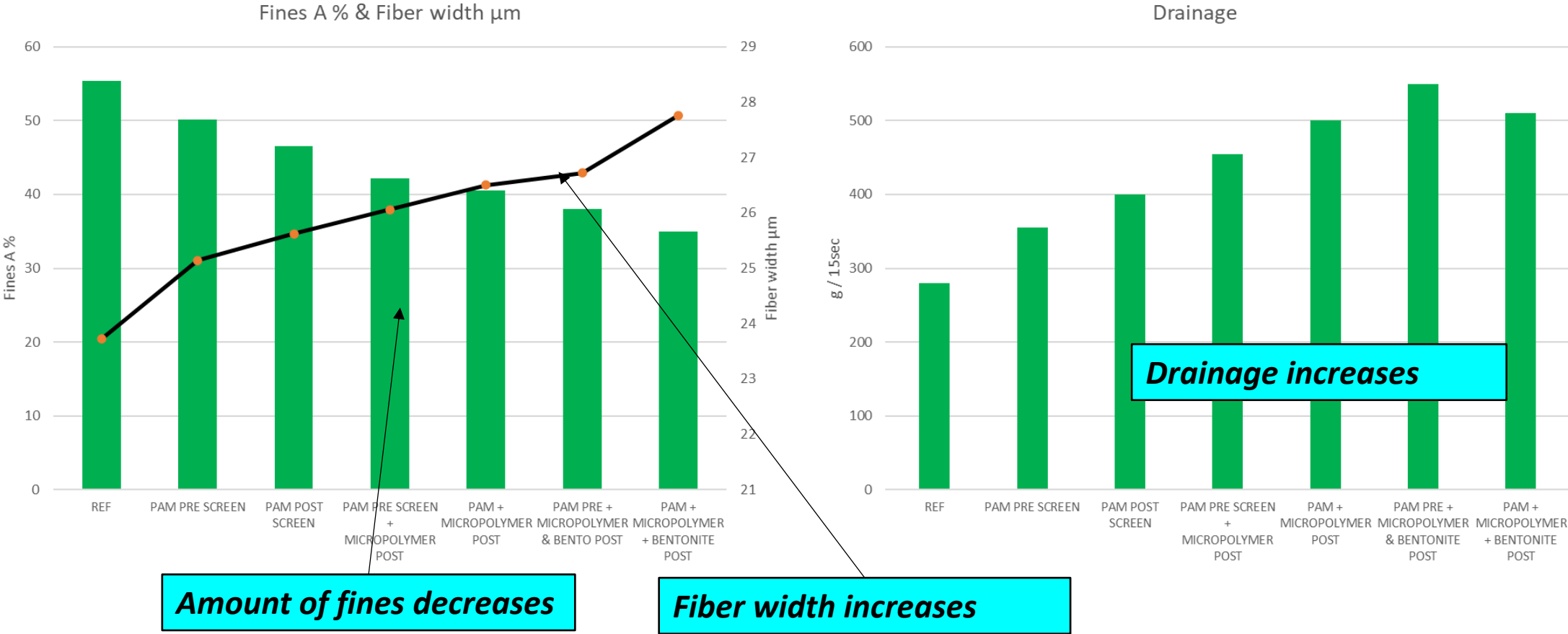
**BAD DISPERSION,
BAD DISTRIBUTION**



Time: < 1second

**GOOD DISPERSION,
GOOD DISTRIBUTION**

With chemical retention, fines and filler are attached to fiber surfaces and visible fines decrease and fiber width increases



Interaction of fibers, fines and fillers with chemicals



Reference pulp
no chemical

No chemical



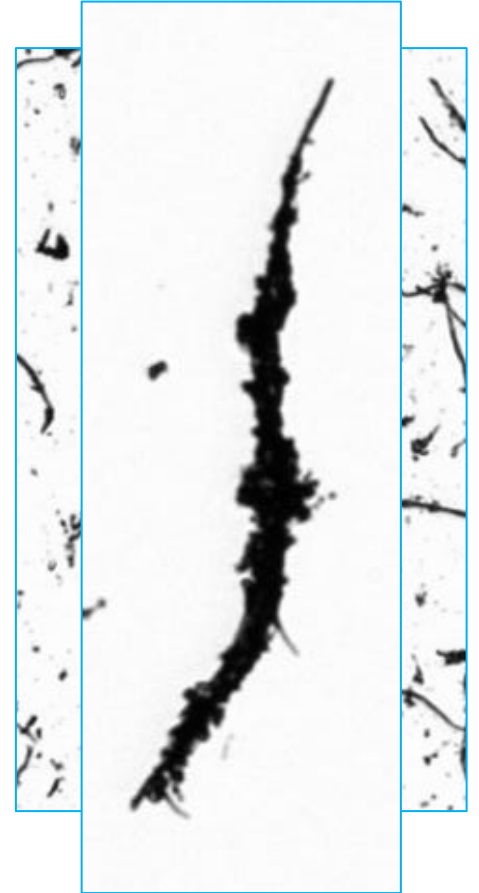
With chemical



The key finding:

Traditional "Flock Forming" is not relevant.

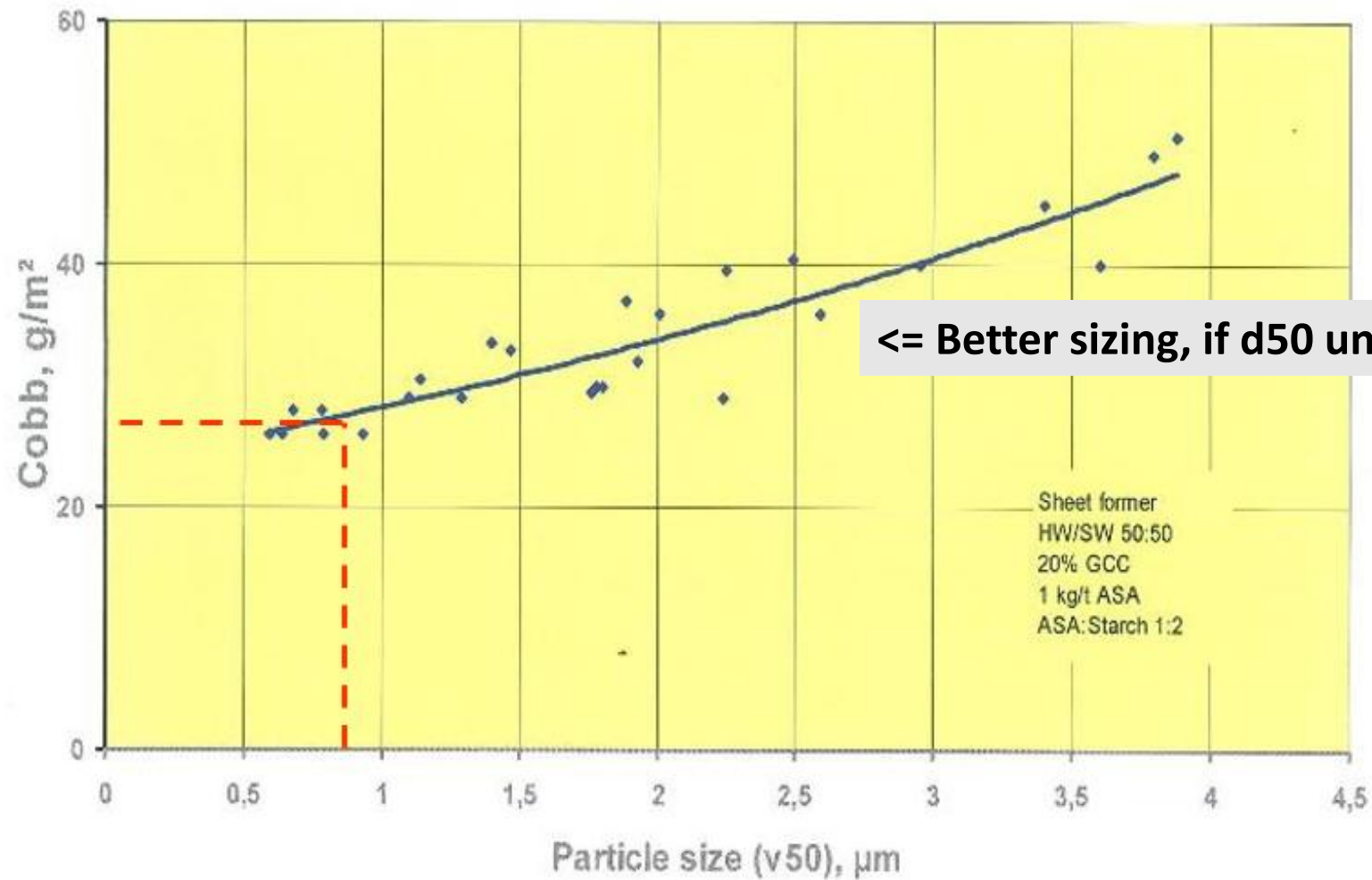
Main result is production of fines and filler agglomerates and binding them on fiber surfaces and fibrils



Reference pulp
with chemical

ASA: Internal Sizing

Effect of Particle Size on Sizing Efficiency

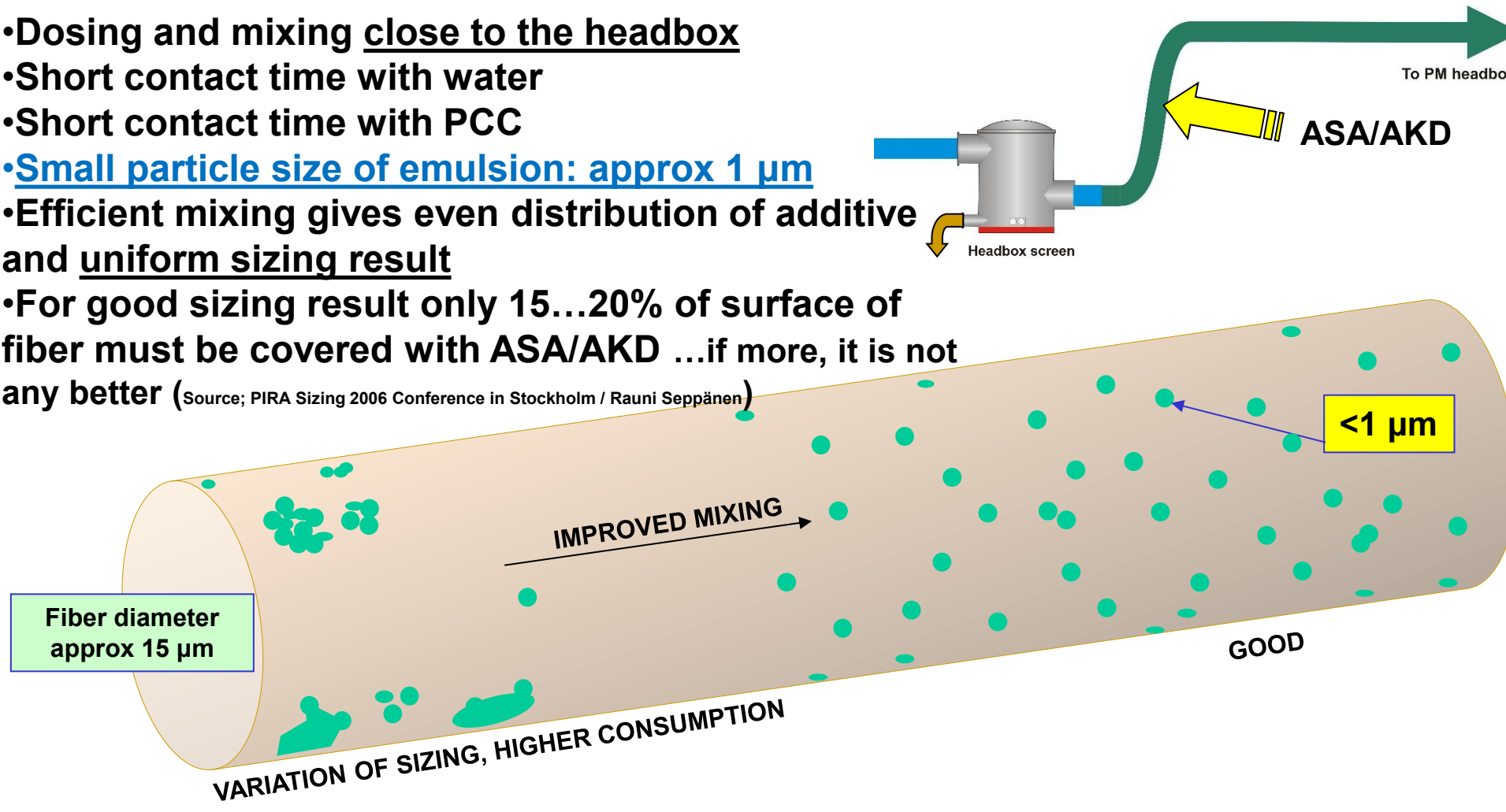


<= Better sizing, if d50 under 1 μm

TrumpJet® *Chord* and Internal Sizing

How to improve sizing with ASA or AKD and prevent hydrolysis and deposit build up?

- Dosing and mixing close to the headbox
- Short contact time with water
- Short contact time with PCC
- Small particle size of emulsion: approx 1 μm
- Efficient mixing gives even distribution of additive and uniform sizing result
- For good sizing result only 15...20% of surface of fiber must be covered with ASA/AKD ...if more, it is not any better (Source; PIRA Sizing 2006 Conference in Stockholm / Rauni Seppänen)



Olosuhteiden vaikutus sekoituksessa ja dispergoinnissa

- ☐ **Pisara koko:** Maksimoi kontaktipinta-alaa kuitujen ja kemikaalin välillä ennen kuin massa saavuttaa perälaatikon.
- ☐ **Lämpötila:** Reaktionopeus kasvaa, diffuusio paranee, viskositeetti laskee, pintajännitys laskee, sekoittuminen tehostuu, liukoisuus paranee
- ☐ **Pintajännitys:** Pisarakoko pienenee, sekoittuminen nopeutuu, vähentää saostumia/paakkuuntumista, kapillaari-ilmiö tehostuu (esim: viira/vedenpoisto)
- ☐ **Paine-ero/leikkausvoimat:** Sekoittuminen ja Dispergoituminen tehostuu
- ☐ **Matalampi viskositeetti:** Nopeampi sekoittuminen ja hajoaminen ligamenteiksi ja edelleen pisaroiksi
- ☐ **Optimaalinen pisarakoko jakauma ??**

Dispersion laatu	Vaikutus retentioon ja kuivatukseen	Vaikutus paperin laatuun (Formaatio)
Täydellinen dispersio ja Optimaalinen sekoitus	Maksimaalinen ensikertaretentio. Hienoaineet ja täyteaineet sitoutuvat tasaisesti. Viiraosan vedenpoisto nopeaa ja tehokasta, mikä säästää kuivatusenergiaa.	Hyvä formaatio. Paperirainasta tulee optisesti ja mekaanisesti tasalaatuista, ja sen lujuusominaisuudet pysyvät korkeina.
Huono dispersio Alisekoitus / Paikallinen yliannostelu	Heikko retentio. Osa kuituvirrasta ei saa lainkaan polymeeriä, jolloin hienoaineet karkaavat kiertoveteen. Kiertovesi sameutuu, mikä aiheuttaa prosessihäiriöitä ja kemikaalihukkaa.	"Pilvinen" paperi -huono formaatio. Polymeeri muodostaa paikallisia, liian suuria ja tiukkoja kuitukökkäreitä Tämä heikentää paperin sileyttä, opasiteettia ja painettavuutta.
Liian raju sekoitus Ylisekoitus / Liian suuri leikkausvoima esim konesihti)	Flokkien pysyvä rikkoutuminen. Jos sekoituksessa käytetään liikaa mekaanista voimaa esim. liian pitkä viipymä turbulenssissa polymeerisyötön jälkeen, sidokset katkeavat tai flokit pilkkoutuvat. Retentio "romuttuu" välittömästi.	Heikentynyt lujuus. Rikkoutuneet ja uudelleen epätasaisesti sitoutuneet osaset luovat rainaan heikkoja kohtia, mikä lisää ratakatkojen riskiä paperikoneella ja voi heikentää laatua.

Fine Paper Mill, 900 ton/d, Indonesia

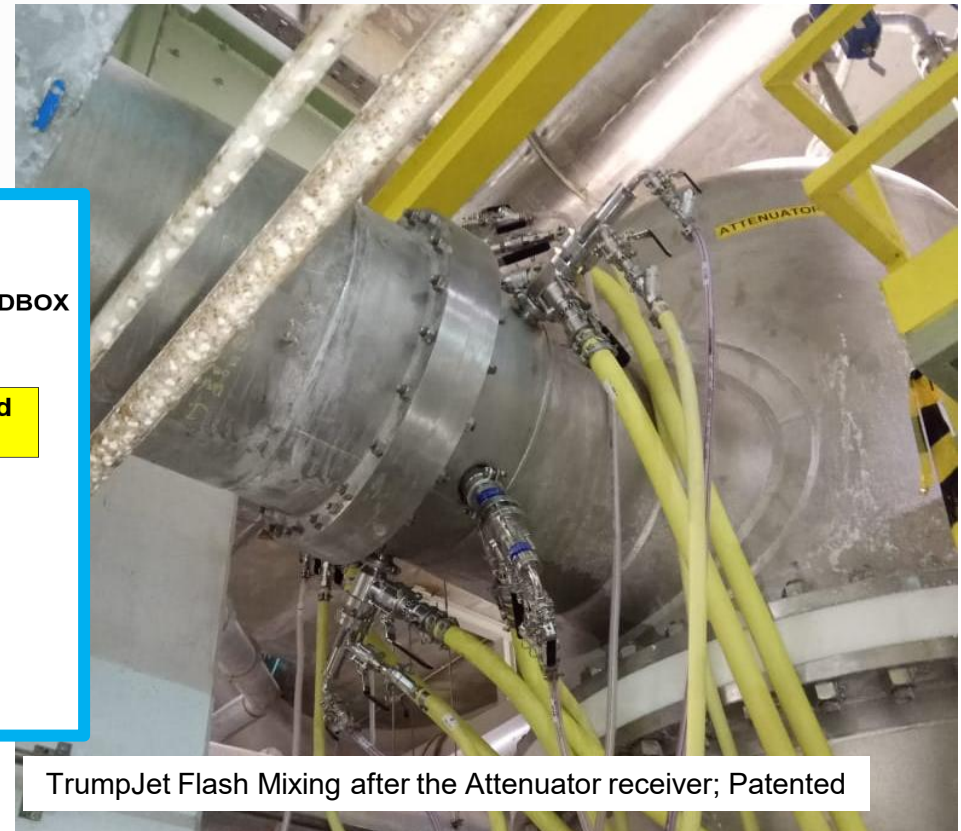
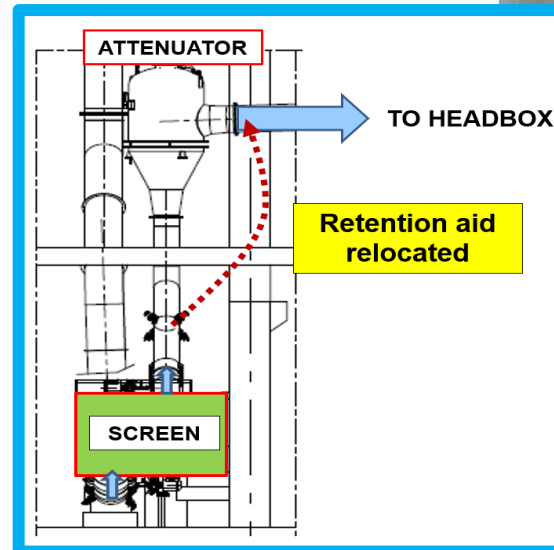
TrumpJet Flash Mixing Reactor close to headbox after the attenuator thank for the best results

Results - savings

- APAM -40%
- CPAM: -25%
- Bentonite -12%
- Optimized use of strength starch and ASA
- Retention: Improved
- Formation: Improved



Paper machine picture by courtesy of Valmet



TrumpJet Flash Mixing after the Attenuator receiver; Patented

Total Annual Water and Energy Savings of installed TrumpJet® Flash Mixing systems world wide



- 130 million m³ of fresh water = 4,1 m³/s
- 5,5 million MWh energy saving
- CO2 emission total (water, energy chemicals) 3.000.000 ton/a
- CO2 emission reduction via reduced use of chemicals
500.000 ton/a

LISÄAINEEN JA KEMIKAALIN DISPERGOINTI

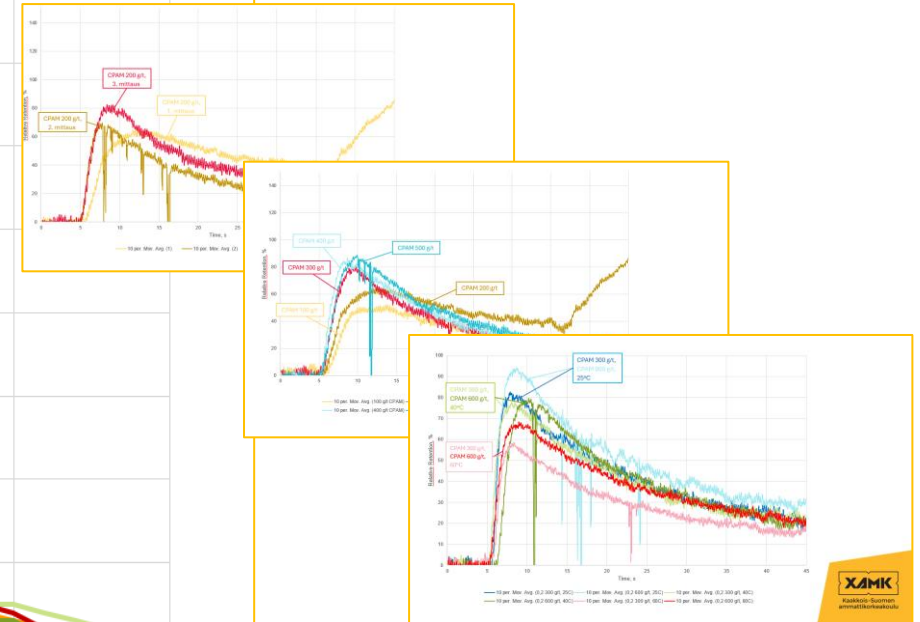
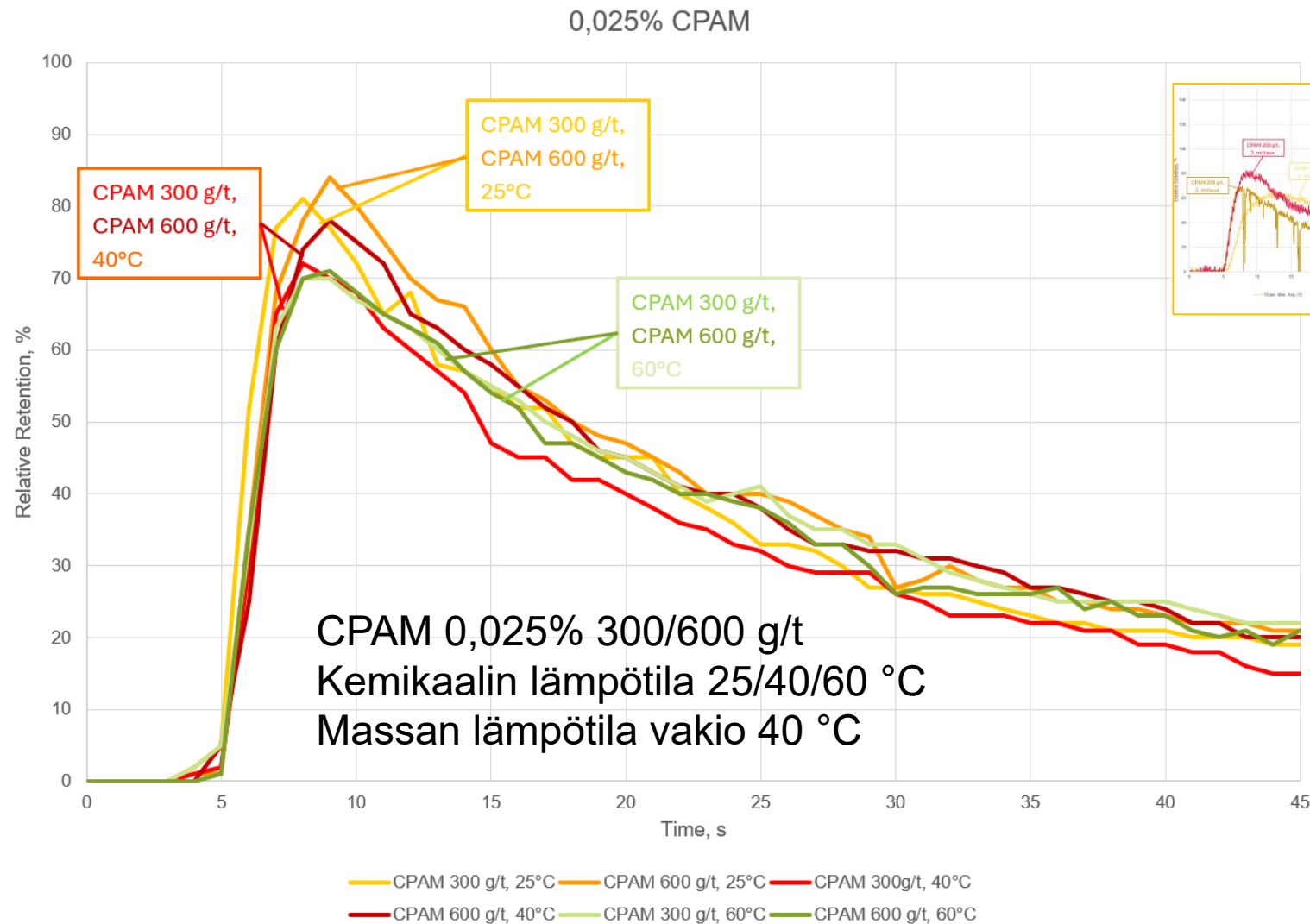
Action plan:

1. Laboratorio ja pilot kokeiden kautta määritellä edullisimmat prosessien olosuhteet eri lisäaineille nopealle ja tehokkaalle dispersio & precipitaton tapahtumalle. XAMK ja muut yhteiset kehityshankkeet tukevat suoraan tavoitteita ja työtä
2. Kehitetään edelleen lisäaineen leikkausvoima-turbulenssi tapahtumalle hienoajakoista dispersiota tuottavaa prosessia, lisäaineen laatu, tuote ja suutinrakenne ja sekoitusprosessikokonaisuus
3. Dispersio sekoitusteknologian testaaminen, mittaus ja ohjaus todellisissa tuotantomittakaavan olosuhteissa

Kumppanit:

XAMK; VTT; Lisäaine/kemikaali toimittajat; Asiakastehtaat ja teknologiatiimit

Tutkimus ja kehitystyö Kuitulaboratoriossa: RPA-testit 2026



Good mixing makes the difference

VISIO / TAVOITE :

- Varmistaa hyvä reaktionopeus, optimoida dispersio/pisarakoko ja sen jakauma
- Parantaa merkittävästi lisäaineiden tehoja nykyisestä hyvästä tasosta
- Kehittää tuotantoa: Tuotteen laatu ja tasaisuus, Parempi ajettavuutta, Ei saostumia,
- Kehittää edelleen erityyppistä lisäaineiden "dispersion & precipitation" ja sekoitus teknologiaa ja knowhow:ta
- Luoda seuraava, nykyistäkin parempi, TrumpJet Flash Mixing tuotesukupolvi

A photograph of a large, flat, moss-covered rock balanced precariously on top of a smaller, rounded rock in a forest. A person in a blue jacket and black pants stands to the left of the base rock, providing a sense of scale. The forest floor is covered in dry, brown leaves, and the background is filled with tall, thin trees under a blue sky with some clouds.

**Question old rules and practices
and make it better**

"A rolling stone gathers no moss"

Thank you - Kiitos