

Tomi Koskelo

TUTKIMUS ILMAKUPLAN ESIINTYMISESTÄ MASSASSA

Insinööryö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Tietotekniikan koulutusohjelma

Kevät 2005

Osasto Tekniikka	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Tomi Koskelo	
Työn nimi Tutkimus ilmakuplan esiintymisestä massassa	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Konenäkö ja mittaustekniikka	Ohjaaja(t) Pentti Romppainen
Aika 22.4.2005	Sivumäärä 27 + 1
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työssä tutkittiin sellu- ja paperimassan seassa olevien ilmakuplien esiintymistä sekä yritettiin poistaa ilmakuplat. Ilmakuplat häiritsevät massan kappaluvun sekä vaaleuden optista mittausta. Insinöörityö tehtiin Metso Automationille.</p> <p>Työtä varten toteutettiin ilmakuplien tutkimiseen käytettävä massankierrätysjärjestelmä, joka koostui analysaattorin painesäiliöstä, 30 metriä pitkstä FEP-letkukiepistä, venttiileistä, CCD-kamerasta, ksenonvalosta ja tietokoneesta.</p> <p>Ilmakuplat esiintyvät kuvissa täysin valkoisina tai vaaleamman sävyisinä ympyröinä, joissa oli ulkoreunalla tummempi panta. Ilmakuplia ei täysin saatu massan seasta pois, vaikka massa paineistettiin aina ennen mittausjärjestelmään laittamista, minkä pitäisi poistaa ilmakuplat massasta.</p>	
Luottamuksellinen Kyllä Ei	
Hakusanat	
Säilytyspaikka	

Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Information Technology
Author(s) Tomi Koskelo	
Title A Study of Air Bubble Existence in Pulp	
Optional professional studies Machine vision and measurement technology	Instructor(s) / Supervisor(s) Pentti Romppainen
Date 22.4.2005	Total number of pages 27 + 1
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this Bachelor thesis was to study how an air bubble appears in pulp and how to try to remove air bubbles from pulp. Air bubbles disturb the optical measurement of the kappa number and the lightness of pulp. The thesis was made to Metso Automation Oyj.</p> <p>In a thesis a testing system was made. It includes a 30 meter's FEP tube which was used for the sample tank, some valves, a CCD camera, a xenon light and a PC which was a card that captures the picture.</p> <p>The air bubble occurred in the pulp as a very bright circle or as a little darker circle which is a ring on the edge. These both types of circle disturb measuring the kappa number and the lightness of pulp. It was not possible to eliminate the air bubbles even if the pulp was pressurized before testing.</p>	
Confidential Yes No	
Keywords	
Deposited at	

## Sisällys

1	JOHDANTO .....	6
2	MASSOJEN RAKENTEET JA KÄYTTÄYTYMINEN .....	7
2.1	Massojen rakenne .....	7
2.2	Massojen käyttäytyminen .....	8
3	TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO .....	10
3.1	Laitteiston suunnittelu .....	10
3.2	Laitteiston toteutus .....	10
4	LAITTEISTOLLA SUORITETUT TUTKIMUKSET .....	13
4.1	Testausmenetelmät .....	13
5	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	15
5.1	Referenssikuva .....	15
5.2	Kuidun heijastama valo.....	16
5.3	Testausmenetelmien vertailu.....	17
5.3.1	Testausmenetelmä 1 .....	17
5.3.2	Testausmenetelmä 2 .....	18
5.3.3	Testausmenetelmä 3 .....	20
5.3.4	Testausmenetelmä 4 .....	21
5.3.5	Eri testausmenetelmien yhteenveto.....	23
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET .....	25
7	YHTEENVETO .....	26
	LÄHDELUETTELO .....	27
	LIITTEET	

## KÄYTETYT TERMIT

elastinen	joustava
faasi	rakenne, jolla on sama koostumus koko alueella ja selvä raja ympäristöönsä päin
flokki	erillisten kiintoainehiukkasten muodostama ryhmittymä
heterogeeninen	epäyhtenäinen, erilaisista aineksista koostuva
homogeeninen	tasa-aineinen
hydrofobinen	vettä hylkivä
laminaarinen	suoraviivainen
ligniini	puun kuitujen sidosaine
turbulentti	pyörteinen

## 1 JOHDANTO

Metso Automation on erikoistunut prosessiteollisuuden automaation ja informaationhallinnan sovellusverkkoihin ja järjestelmiin sekä kenttäseäätöratkaisuihin ja palveluihin, jotka kattavat tuotteiden koko elinkaaren. Merkittävimmät asiakasteollisuudet ovat sellu- ja paperiteollisuus, sekä energian tuotanto ja hiilivetyteollisuus.

Metso Automation Kajaanin yksikössä valmistetaan ja kehitetään paperi- ja selluteollisuudessa käytettäviä analyysiaattoreita. Analyysiaattoreilla mitataan esim. paperi- ja sellumassojen sakeuksia, tuhkapitoisuutta, varausta, kuidun dimensioita, kappaa ja vaaleutta. [1]

Massan seassa olevat ilmakuplat häiritsevät optisia mittauksia. Erityisesti Kappa-analyysiaattorissa massan kappaluvun ja vaaleuden mittauksessa ilmakuplat aiheuttavat ongelmia. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että paineistamalla massasta saadaan ilmakuplat poistettua.

Työn tavoitteena oli tutkia, kuinka ilmakuplat esiintyvät massan seassa, kun mittaus suoritetaan kameralla ja valolähteenä käytetään ksenonvaloa sekä mahdollisia keinoja ilmakuplien poistamiseen massasta.

## 2 MASSOJEN RAKENTEET JA KÄYTTÄYTYMINEN

### 2.1 Massojen rakenne

Luonnossa olevan puukuidun tärkeimmät aineosat ovat selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini. Mekaanisessa massassa nämä aineosat esiintyvät lähes samassa suhteessa kuin luonnontilassa. Kemiallista massaa valmistettaessa poistetaan suurin osa ligniiniä ja hemiselluloosaa. [3]

Selluloosa ja hemiselluloosa ovat ketjumolekyylejä, joille on ominaista hydroksyyliyhmiä säännöllinen esiintyminen. Röntgentutkimuksella on todettu, että selluloosan rakenne on kiteinen.

Ligniini sitoo puun kuidut lujaksi ja jäykäksi rakenteeksi. Massan ligniinipitoisuus riippuu käytetystä kuidutusmenetelmästä ja valkaisusta. Mekaanisissa kuidutusmenetelmissä ei ligniiniä poisteta lainkaan, mutta kemimekaanisissa menetelmissä ligniini joko pehmennetään tai poistetaan osittain. Ligniinin merkitys on vähäisempi sellaisissa massoissa, joissa ligniinin ohella on runsaasti hemiselluloosaa tai joissa ligniini esiintyy sulfonoituneessa muodossa. Ligniinin epäedullinen vaikutus johtuu sen hydrofobisesta luonteesta, mikä estää veden tunkeutumista kuituun massan jauhatuksessa. Ligniini ehkäisee kuidun turpoamista, jolloin kuitusidosten muodostumisen kannalta tärkeä kuidun ulkoinen pinta jää pieneksi.

Kuidut ovat joustavia ja niiden tiheys on vain vähän veden tiheyttä suurempi. Lehtipuun kuidun pituus on 1 – 1,5 mm ja havupuun kuidun pituus on 3 – 4 mm, paksuus vaihtelee 25 – 40  $\mu\text{m}$ :n välillä. Erillisinä kuidut voivat esiintyä vain hyvin pienissä pitoisuuksissa ns. rajasakeuden alapuolella, jossa kuituja ei ole tarpeeksi täyttämään jatkuvana kuituverkostona koko tilaa. Jos sakeus on rajasakeutta suurempi, voi kuituverkosto muodostua. Kuidut törmäävät toisiinsa ja muodostavat flokkeja tukeutumalla mekaanisesti toisiinsa. Flokit voivat liikkua ja pitoisuuden kasvaessa ne tarttuvat toisiinsa, jolloin muodostuu kuituverkosto, joka on eräs massan perusominaisuuksia. Verkostoa pitävät koossa ne jännitykset, jotka syntyvät yksittäisten kuitujen nojautuessa toisiinsa jännittyneessä tilassa. Samoin vaikuttavat kosketuskohdissa esiintyvät kitkavoimat. Kemiallisilla sidoksilla, samoin kuin pintavoimilla, ei katsota olevan merkitystä massassa esiintyvän kuituverkoston koossapysymiselle.

Verkostolla on eräitä kiinteän kappaleen luonteisia ominaisuuksia, kuten elastisuus. Verkoston mekaanisten ominaisuuksien ja massan hydrodynaamisten ominaisuuksien välillä on riippuvuuksia, joita voidaan käyttää massan luonnehtimiseen. Verkosto voi suoraan nojata seinämiin, tai sen ja seinämän välille voi muodostua nestekerros, jossa leikkaus tapahtuu. Suuret leikkausvoimat irrottavat verkostosta flokkeja ja kuituja. Edellä esitetystä voidaan todeta, että massan virtausmekaniikka on erittäin monimutkaista[2].

## 2.2 Massojen käyttäytyminen

Pienissä sakeuksissa virtaus muistuttaa nesteen virtausta. Kuitujen elastisen luonteen johdosta turbulentissa virtauksessa massalla on viskoelastisia ominaisuuksia, kuten painehäviön pieneneminen vastaavaan veden arvoon verrattuna[2].



Jos massan sakeus kasvaa ja kuidut pyrkivät muodostamaan verkoston, seuraa massan virtaus putkessa oleellisesti erilaisia lakeja kuin veden virtaus. Virtausmuotoja on seuraavanlaisia; tulppavirtaus, sekavirtaus ja turbulenttivirtaus.

Tulppavirtauksessa kuidut muodostavat yhtenäisen verkoston, joka liikkuu putkessa kuin kiinteä kappale. Tulpan ja seinämän välissä on laminaarisesti virtaava nestekerros, jonka alueella virtausnopeus seinää lähestyessä tasaisesti pienenee. Tässä nestekerroksessa ei ole verkoston muodostamiseen kelpavia kuituja, sen sijaan kyllä kuiduista irronnutta hienoainesta, jonka hiukkaset ovat niin pieniä, että ne eivät tartu verkostoon, vaan voivat virrata nestefaasin mukana verkoston läpi. Virtausnopeuden kasvaessa tulppa puristuu kokoon ja kuiduton rajakerros paksunee. Virtauksen pysähtyessä tulppa turpoaa niin, että kuidut koskettavat seinämää. Jos virtausnopeus on hyvin pieni, särkee seinämän aiheuttama kitka tulpan ulkopintaa niin, että siitä irtoaa verkostonkappaleita, jotka virtauksen vaikutuksesta vierivät pitkin seinämää.

Virtausnopeuden kasvaessa kuiduton rajakerros muuttuu turbulentiksi ja irrottaa kuituja tulpasta. Syntyy sekavirtaus, jossa putken keskellä on edelleen yhtenäinen kuituverkoston muodostama tulppa, mutta sen ympärillä turbulentissa tilassa oleva massa.

Nopeuden edelleen kasvaessa turbulenti kerros kasvaa, kunnes tulppa lopulta kokonaan häviää. Tässä virtauksessa flokkeja hajoaa pyörteiden vaikutuksesta ja samalla syntyy uusia flokkeja. Massan flokkisuus saavuttaa näin tietyn, turbulenssin voimakkuudesta ja laajuudesta riippuvan tasapainotilan.

Rajanopeudet, joissa tapahtuu siirtyminen tulppavirtauksesta sekavirtaukseen ja sekavirtauksesta turbulentiin virtaukseen, eivät riipu putken läpimitasta. Sen sijaan ne riippuvat verkoston lujuudesta, johon puolestaan vaikuttavat kuitulaji, jauhatustila ja erityisesti massan sakeus[3].

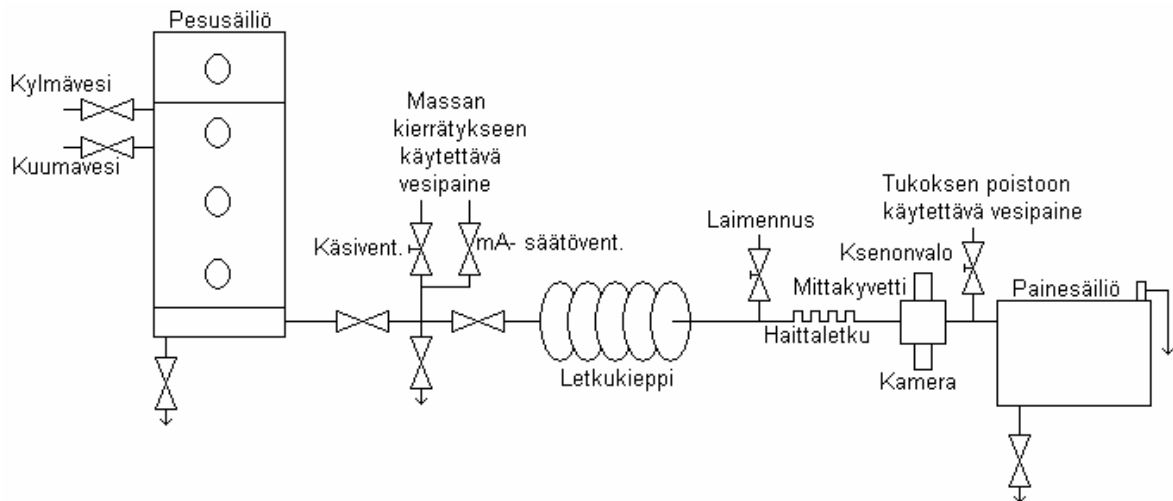
### 3 TYÖSSÄ KÄYTETTY LAITTEISTO

#### 3.1 Laitteiston suunnittelu

Työtä varten suunniteltiin laitteisto, jolla voitiin kuvata massan seassa olevia ilmakuplia. Laitteistolla täytyy pystyä kuvaamaan pieniä kohteita ja kohteiden valaisun täytyi olla oikea - aikaista.

#### 3.2 Laitteiston toteutus

Laitteisto toteutettiin Metso Automation Kappa-analyssaattorin mittakiertoon lisätyn massankierrätysjärjestelmän avulla. Kierrätysjärjestelmä koostui analyssaattorissa olevasta pesusäiliöstä, 30 metriä pitkstä ½"-FEP-letkukiepistä, joka toimi näytesäiliönä, toimilaitteista, haिताletkusta, käsiventtiilistä, mittakyvetistä, painesäiliöstä, kamerasta, PC:stä sekä ksenonvalolähteestä. Kuvassa 1 on esitetty toteutettu laitteisto.



Kuva 1. Toteutettu laitteisto

30 metriä pitkän ½"-FEP-letkukiepin tilavuus on noin 2 litraa. Letkukieppiä käytettiin kierrätysjärjestelmän näytesäiliönä. FEP on teflonista kehitetty fluorimuovi, jonka työstäminen on helpompaa kuin teflonin. FEP kestää lähes kaikkia kemikaaleja, säilyttää muotonsa korkeissakin lämpötiloissa, omaa pienen kitkakertoimen, sillä on erinomainen sähkön eristyskyky sekä se on jännityskorroosion ja UV-säteilyn kestävä [4]. FEP-letkua käytetään sellu- ja paperiteollisuudessa massojen siirtoon sekä analysaattoreiden mittakierrossa.

Analysaattorissa on paineistettava pesusäiliö, jossa massa voitiin pestä ja paineistaa ennen mittauksien suorittamista. Massaa pesemällä siitä saadaan pois siihen liuennut ligniini. Ligniini on kuitujen sidosaine, joka liimaa kuidut toisiinsa. Massan homogenisoimiseksi massaa sekoitettiin pesusäiliössä.

Haittaletku toteutettiin siten, että FEP-letkun sisään laitettiin holkkeja. Holkit pienensivät letkun sisähalkaisijaa ja näin saatiin kierrätettävässä massassa estettyä massan flokkisuus. Haittaletkua tehtiin 1 metrin pituiselle matkalle ja holkkeja oli 10 cm:n välein.

Mittakylvetin jälkeen olevalla käsisäätöisellä venttiilillä voitiin kierrätysjärjestelmä puhdistaa vastavirtaan mittakylvetin mennessä tukkoon. Tukoksen sattuessa viemärointi tapahtui letkukiepin edellä olevasta viemärointiventtiilistä.

Massan kierrätyksessä käytettiin käsisäätöistä neulaventtiiliä sekä mA-virralla toimivaa venttiiliä. Venttiileillä säädettiin massan virtausnopeutta. Laimennusventtiilillä kierrätettävän massan sakeutta voitiin tarvittaessa pienentää.

Painesäiliön avulla saatiin kierrätysjärjestelmä pidettyä paineistettuna. Painesäiliöön kytkettiin ilmapaine, jolla se pidettiin paineistettuna 2 bar:iin siinä olleen paineenrajoitusventtiilin avulla.

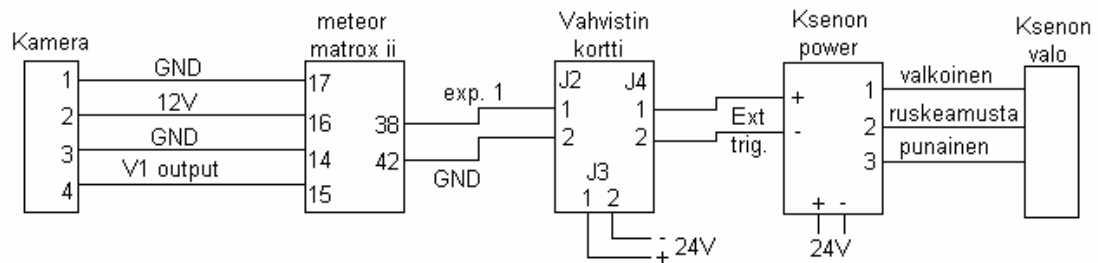
Työssä käytettiin Metsolla käytettävää Melles Griotin mikroskooppioptiikkaa.

Työssä käytettävälle ksenonvalolle tarvittiin erityinen teholähde, koska sen käyttöjännite on yli 900 V. Ksenonvalon teholähteenä käytettiin analysaattoreissa käytössä olevaa teholähdettä.

Kuvat muodostettiin teollisuudessa käytettävällä JAI CV-M10 CCD- kameralla, jossa yhden pikselin koko on  $8,3 \times 8,3 \mu\text{m}$  ja kuvaelementtejä on horisontaalisessa suunnassa 782 ja vertikaalisessa 582. Kameran sulkimen toimintanopeutena käytettiin  $1/60 \text{ s}$ [5].

Työssä käytettiin Matrox Meteor II-kuvankaappauskorttia sekä kuvanmuodostukseen Matroxin Intellicam-ohjelmaa. Kuvat otettiin siten, että kamera kuvasi koko ajan ja kuva kaapattiin, kun mittakerrossa alkoi kiertämään massaa. Kuvat tallennettiin kovalevyille myöhempiä tarkasteluja varten. Työssä ei tehty mitään erityistä ohjelmaa, joka olisi tutkinut kuvia ja niissä esiintyviä pieniä kohteita vaan kuvia tutkittiin visuaalisesti ja tehtiin havaintoja ilmakuplien esiintymisestä.

Työtä varten toteutettiin kuvan 2 mukaiset kytkennät kameran, kuvankaappauskortin, vahvistinkortin, ksenonvalon teholähteen ja ksenonvalon osalta.



Kuva 2. Kamera- ja ksenonvalokytkenät.

## 4 LAITTEISTOLLA SUORITETUT TUTKIMUKSET

Laitteistolla tutkittiin, kuinka massan seassa olevat ilmakuplat esiintyvät ja mahdollisia keinoja ilmakuplien poistamiseen. Kokeiluja tehtiin varioimalla kierrätysveden syöttötapaa sekä paineistetun näytesäiliön käyttöä.

### 4.1 Testausmenetelmät

Testauksen alussa massaa laitettiin pesusäiliöön, jossa massa pestiin. Pestyyn massaan lisättiin vettä silmämääräisesti, jotta massasta saataisiin suurin piirtein saman sakeuksista joka kerta. Veden lisäyksen jälkeen massaa sekoitettiin, jotta massa olisi mahdollisimman tasalaatuista. Sekoituksen jälkeen massa paineistettiin pesusäiliössä.

Seuraavaksi massa siirrettiin letkukieppiin pesusäiliön paineella. Tämän jälkeen letkukiepin ja pesusäiliön välinen toimilaite laitettiin kiinni. Massaa lähdettiin kierrättämään vesipaineella, jonka virtausnopeutta säädettiin käsisäätöisellä tai virtaviestisäätöisellä venttiilillä. Lisäksi massaa oli mahdollista laimentaa siihen tuotavalla vedellä. Laimennuksessa käytettiin virtaviestitoimista venttiiliä. Massasta tehtiin jo alussa sen verran pienisakeuksista ettei laimennusvettä tarvinnut käyttää, koska sakeammalla massalla ajettaessa mittakyvetti menisi tukkoon.

Virtausnopeuden säädössä kokeiltiin kahdella eri tavalla tapahtuvaa virtausnopeussäätöä. Ensimmäisessä tavassa virtausnopeutta säädettiin käsisäätöisellä neulaventtiilillä ja toisessa käytettiin mA-virralla säädettävää venttiiliä, jossa 4 mA:n virralla virtaussuutin oli kiinni ja 20 mA:n virralla suutin oli täysin auki.

Mittakierron loppupuolella oli mittakyvetti, johon asennettiin kamera ja ksenonvalolähde. Ennen massan viemärointiä oli kierrätysysteemiin kytketty painesäiliö, jonka avulla mittakierto saatiin pidettyä paineistettuna 2 bar:iin. Testauksia suoritettiin myös ilman painesäiliön käyttöä. Haittaletku asennettiin lähimmäksi mittakyvettä, jotta sillä olisi paras vaikutus massan tasalaatuisuuteen.

Ilmakuplan havaitsemiseksi ajettiin erilaisia testiajoja, joista tutkittiin, mitkä asiat voisivat vaikuttaa ilmakuplan muodostumiseen ja millaisina ilmakuplat näkyvät massassa sekä testattiin tapoja, joilla ilmakuplat saataisiin kokonaan pois. Eri testaustavoissa käytettiin joka kerta analysaattorin paineistettavaa näytesäiliötä, jossa massa pestiin, sekoitettiin sekä säiliö paineistettiin. Sekoittamalla pyrittiin saamaan flokkisuus pois massasta. Tämän jälkeen massa ajettiin painesäiliön paineella mittakierrossa olevaan näytesäiliöön eli 30 metrin FEP-letkukieppiin. Mittakierron ja painesäiliön yhteys katkaistiin palloventtiilillä, jotta vesipaine, jolla massaa lähdettäisiin ajamaan, ei lähtisi väärään suuntaan ja menisi takaisin analysaattorin massasäiliöön. Suoritetut testausmenetelmät on esitetty taulukossa 1.

*Taulukko 1. Käytetyt testausmenetelmät.*

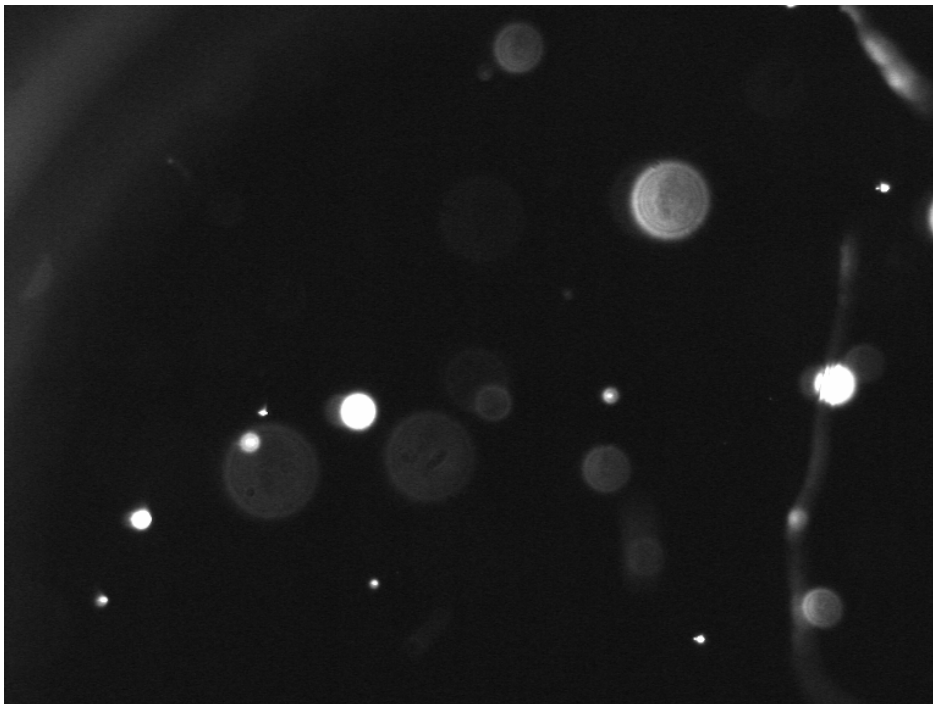
Testausmenetelmä	Painesäiliö	mA-venttiili	Käsisäät. vent.
Testausmenetelmä 1	Käytössä	Käytössä	
Testausmenetelmä 2		Käytössä	
Testausmenetelmä 3	Käytössä		Käytössä
Testausmenetelmä 4			Käytössä

## 5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Massan kappaluvun ja vaaleuden optisessa mittauksessa mitataan heijastunutta valonmäärää. Ilmakuplan sattuessa kohdalle analysaattori mittaa massan vaaleuden erittäin vaaleaksi, koska ilmakupla heijastaa valoa voimakkaasti.

### 5.1 Referenssikuva

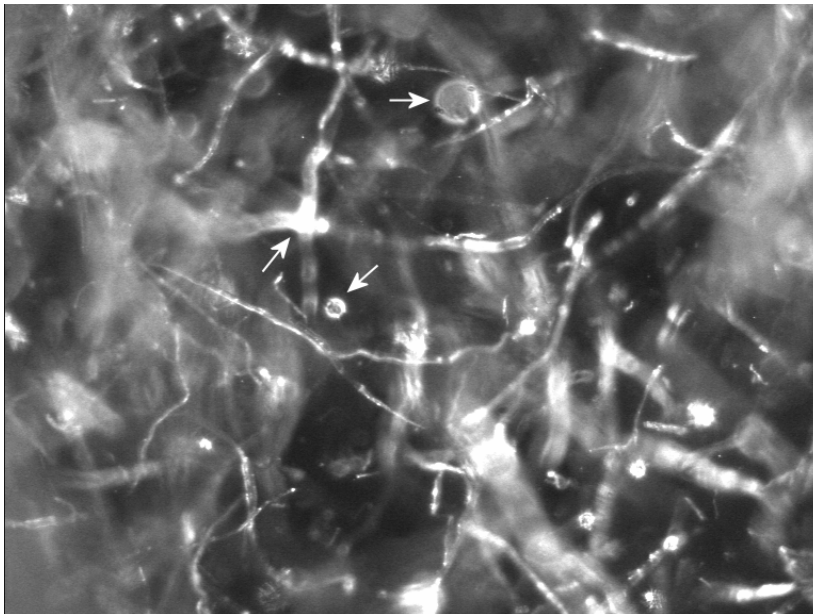
Aluksi otettiin referenssikuvia ilmakuplista, joita mittauskiertoon muodostettiin tarkoituksellisesti. Kuten kuvasta 3 voidaan havaita, ilmakuplat esiintyvät joko erittäin kirkkaina tai sitten vaaleamman sävyisinä alueina, jotka ovat ympyrän muotoisia, sekä niissä näkyy hieman taustasta irti oleva tummempi panta. Näitä kyseisiä asioita tarkasteltiin eri testausmenetelmillä otetuista kuvista.



*Kuva 3. Referenssi-ilmakuplia*

## 5.2 Kuidun heijastama valo

Kuvia tarkasteltaessa havaittiin, että kuidussa oleva mutka tai kuitujen risteyskohta heijastaa useasti erittäin kirkkaasti valoa. Kuidun mutka näyttää aivan kuin sillä kohtaa olisi ilmakupla. Kuidun mutkan tai kuitujen risteuksen sattuessa kohdalle on valon heijastuminen samantapaista kuin ilmakuplan kohdalla. Kuvasta 4 nähdään, kuinka kuitujen risteys tai kuidun mutka vaikuttaa valon heijastumiseen. Kuvan keskellä ylhäällä on havaittavissa myös oletettu ilmakupla, joka esiintyy taustaan verrattuna vaaleamman sävyisenä. Sen ulkoreunassa on tummempi panta ja se on symmetrisen pyöreä.



*Kuva 4. Kuidun mutkat ja niiden esiintyminen kuvassa.*

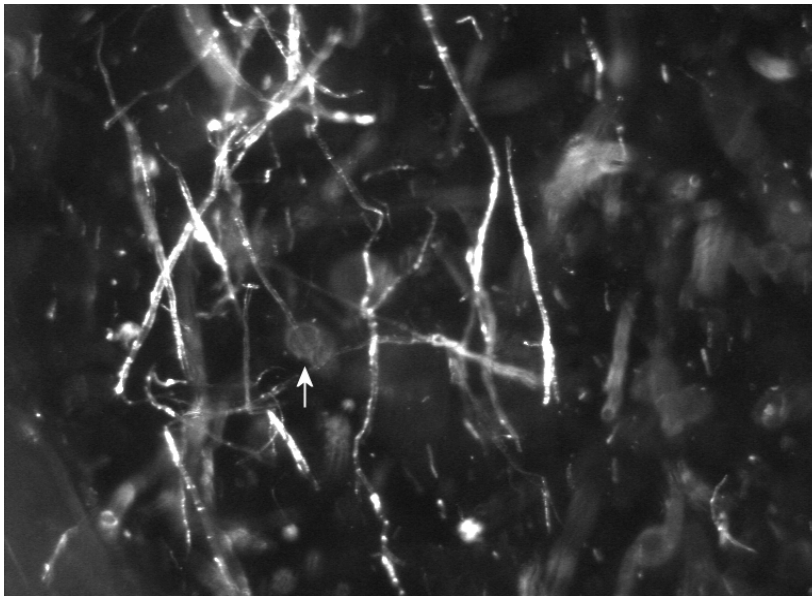


### 5.3 Testausmenetelmien vertailu

Testauksia suoritettiin erilaisilla variaatioilla, joista saatuja mittaustuloksia vertailtiin kuvissa esiintyvien ilmakuplien ja muiden heijastumien kannalta. Testit suoritettiin vaihtelemalla lopussa olevan painesäiliön käyttöä ja massankierrätyksen virtaukseen käytettäviä venttiileitä, joina käytettiin mA-virralla toimivaa sekä käsisäätöistä neulaventtiiliä. Massa paineistettiin joka kerta säiliössä, jossa se myös pestiin ja sekoitettiin. Vertailun vuoksi jokaisella testausmenetelmällä otetuista kuvista esitetään kaksi kuvaa, joissa esiintyy oletettu ilmakupla tai kuitu joka heijastaa valoa erittäin kirkkaasti.

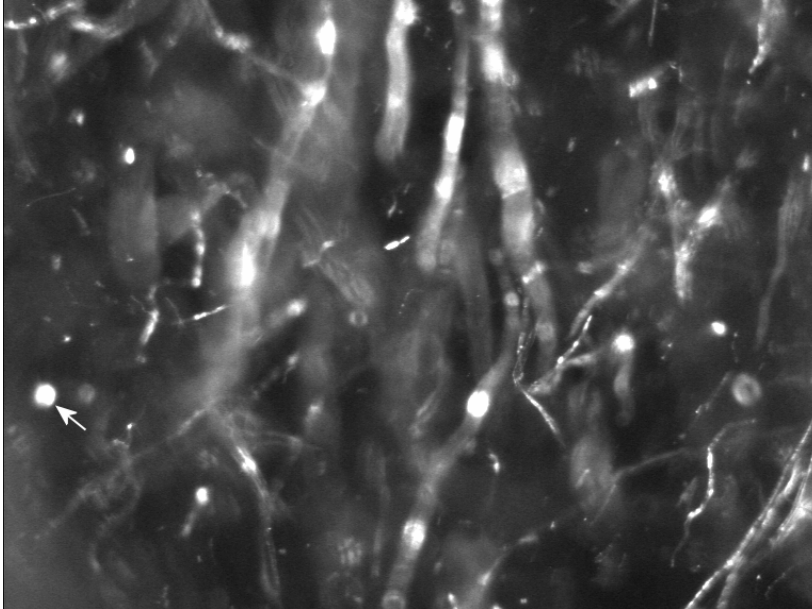
#### 5.3.1 Testausmenetelmä 1

Ensimmäisessä testissä käytettiin lopussa olevaa painesäiliötä ja mA-virralla toimivaa säätöventtiiliä. Kuvasta 5 havaitaan ilmakupla, joka näkyy vaaleampana ja siinä on panta ulkoreunalla. Kuvat 5 ja 6 on otettu edellä mainittua testausmenetelmää käyttämällä.



*Kuva 5. Kuitujen heijastama valon määrä.*

Kuvasta 6 havaitaan ilmakupla, joka esiintyy kirkkaana ja se ei voi olla kuidun mutka, koska siinä ei ole lähellä kuituja. Kuvan keskellä olevat heijastumat ovat tulleet kuitujen mutkista.

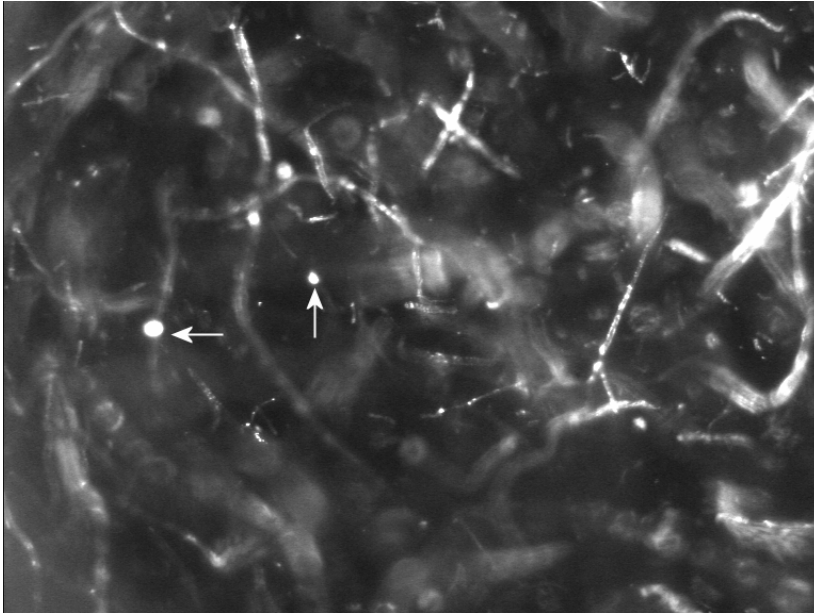


*Kuva 6. Kuitujen mutkien heijastumat.*

### 5.3.2 Testausmenetelmä 2

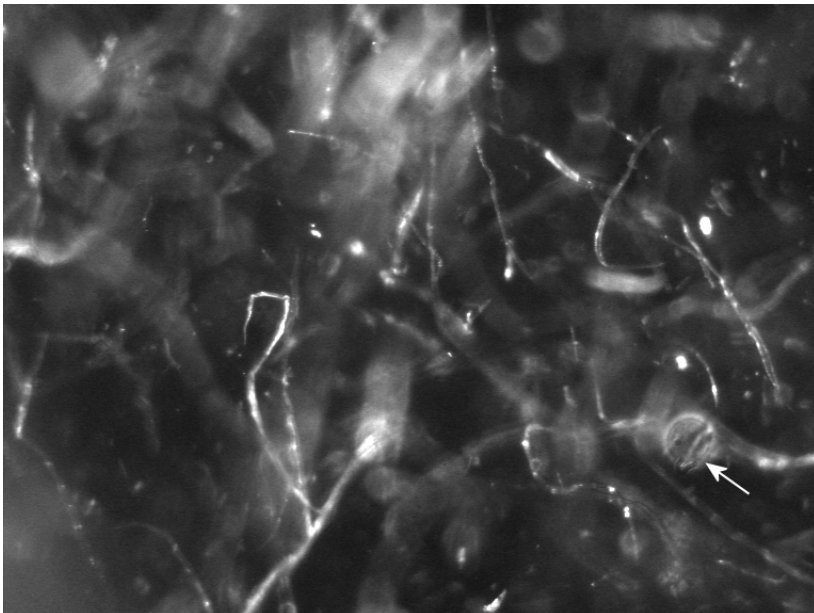
Seuraavassa testissä ei käytetty lopussa olevaa painesäiliötä, mutta muuten testi suoritettiin samalla tavalla. Kuvat 7 ja 8 on otettu mainitulla testausmenetelmällä.

Kuvassa 7 vasemmanpuoleisen nuolen kirkas ympyrä voi olla ilmakupla tai kuidusta heijastuva valo, koska se on kuidun kohdalla. Oikeanpuoleinen nuolella osoitettu piste on suurella todennäköisyydellä ilmakupla, koska siihen ei yhdisty mistään suunnasta kuitua.



*Kuva 7. Ilmakuplia ja kuidun mutkia, jotka häiritsevät mittausta.*

Kuvassa 8 kuvan oikealla reunalla on ilmakupla, joka esiintyy vaaleamman sävyisenä ja siinä näkyy ulkoreunalla oleva panta.

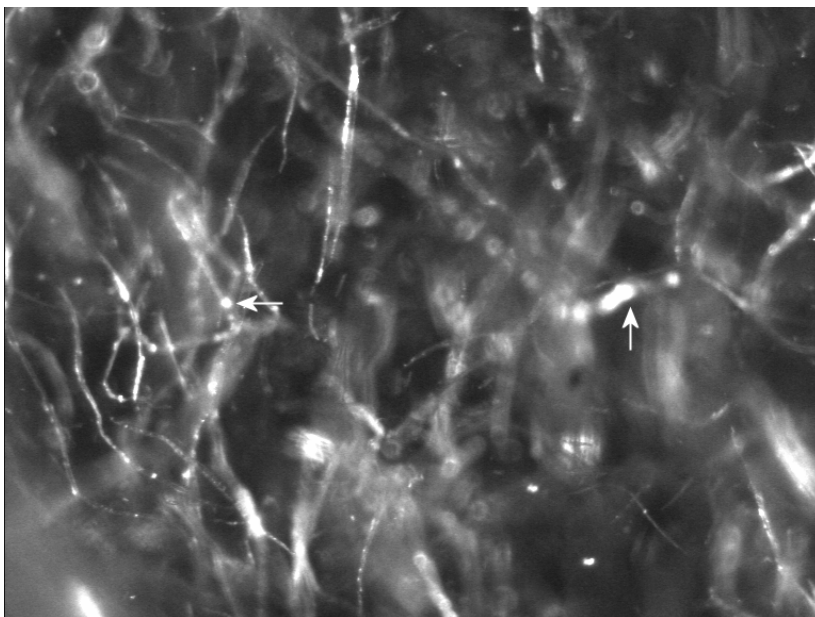


*Kuva 8. Ilmakuplan esiintyminen massan seassa.*

### 5.3.3 Testausmenetelmä 3

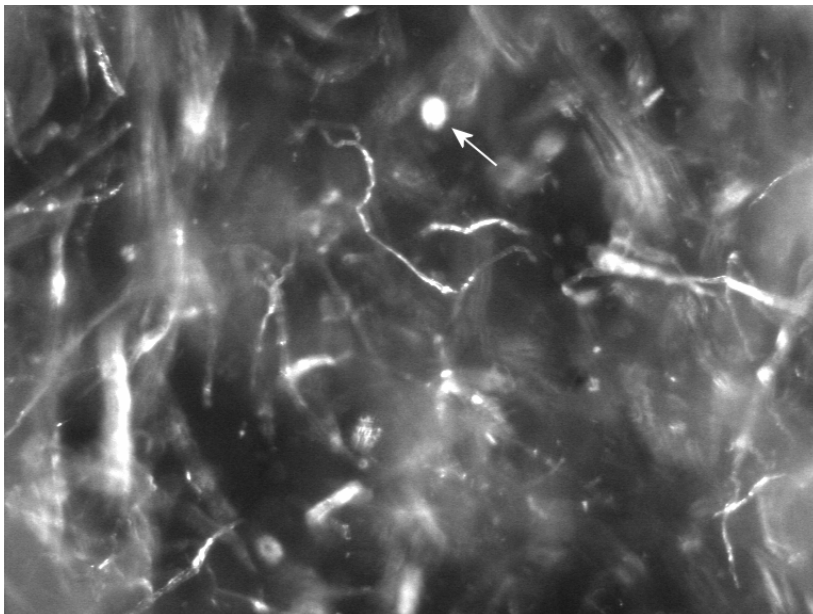
Testausjärjestelyä muutettiin siten, että painesäiliö oli käytössä, mutta massan kierrätykseen käytettiin käsisäätoista neulaventtiiliä. Kuvat 9 ja 10 on otettu samalla testausmenetelmällä.

Kuvassa 9 ei ole havaittavissa varmaa ilmakuplaa vaan vaaleat kohteet muodostuvat kuiduista heijastuvasta valosta.



*Kuva 9. Kuiduista heijastunut valo.*

Kuvassa 10 nuolella osoitettu kirkas ympyrä on ilmakupla. Kuidusta heijastuva valo se ei voi olla, koska sen lähellä ei ole selkeästi kuitua.

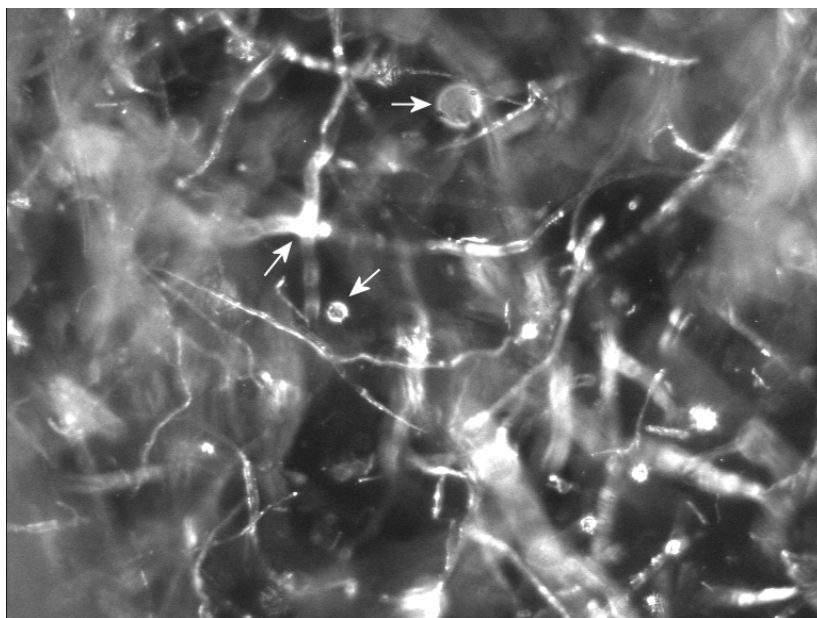


*Kuva 10. Kirkkaana näkyvä ilmakupla.*

#### 5.3.4 Testausmenetelmä 4

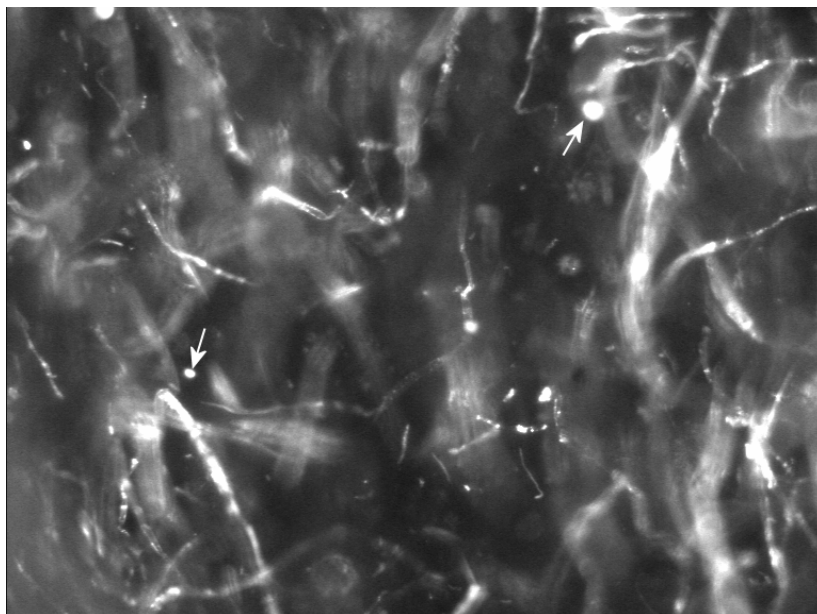
Testausjärjestelyssä ei käytetty painesäiliötä ja massankierrätys toteutettiin käsisääteisellä neulaventtiilillä. Kuvat 11 ja 12 on otettu edellä mainitulla testausmenetelmällä.

Kuvassa 11 on havaittavissa ilmakupla, joka on ylhäällä keskellä, ja esiintyy vaaleamman sävyisenä ja siinä on panta ulkoreunalla. Kohteen erittäin pyöreä muoto kertoo, että kyseessä on ilmakupla. Kuitujen mutkat ja risteykset heijastavat myös kirkkaasti valoa. Kuvassa 11 olevat ylin ja alin nuolella osoitettu kohde ovat ilmakuplia, koska alemmassa kohdassa ei ole kuituja lähellä ja ylempi on pyöreä ja vaaleamman sävyinen, jossa on ulkoreunalla kiertävä panta. Vasemman reunimmainen kirkas valon heijastuma tulee kuitujen risteyksestä.



*Kuva 11. Kirkkaana heijastuva kuidunmutka ja vaaleampi ilmakupla.*

Kuvassa 12 nuolella osoitetuissa kohdissa kyseessä on ilmakupla, koska alemmassa kohdassa kuitua ei ole lähellä, josta kirkas piste voisi muodostua ja ylemmän nuolen kohdalla kuidut eivät ole myöskään kosketuksissa kirkkaaseen pisteeseen.



*Kuva 12. Muutamia ilmakuplia kirkkaana näkyen.*

### 5.3.5 Eri testausmenetelmien yhteenveto

Eri testausmenetelmillä muodostetuissa kuvissa esiintyi muutamia ilmakuplia lähes jokaisessa kuvassa, joten täysin ilmakuplattomaksi ei massaa saatu. Ilmakuplien määrissäkään ei havaittu eroja eri testausmenetelmien välillä. Ilmakuplat ovat muodostuneet jossakin vaiheessa massan kierrätystä, koska paineistamalla ilmakuplat saadaan pois massasta. Jokaisessa testausmenetelmässä massa paineistettiin analysaattorin pesusäiliössä.

Muutama kuva muokattiin invertoimalla värit, jolloin mustat kohdat näkyivät valkoisina ja toisinpäin. Invertoinnin avulla saattoi kuvista nähdä milloin alkuperäisessä kuvassa kirkkaana näkyvä piste oli ilmakupla ja milloin kuidusta tuleva heijastuma, jos sitä ei normaalikuvasta nähnyt. Kuvat on esitetty liitteessä A.

Analysaattorilla olisi voinut mitata massan sakeuden, mutta massa olisi joutunut seisomaan jonkin aikaa ennen mittauksen suorittamista, jolloin se ei olisi ollut homogeenistä. Testausjärjestelmässä olisi täytynyt olla erillinen sakeuden mittauskierto, jossa massa olisi laimennettu tiettyyn sakeuteen, jonka jälkeen se olisi tuotu painesäiliöön ja siitä mittakiertoon. Tällä tavoin olisi saatu testattua kuinka massan sakeus vaikuttaa mittaustuloksiin. Kovin korkeisiin sakeuksiin ei silti olisi voinut mennä, koska, kuvattaessa sakeaa massaa kuvat olisivat olleet aivan valkoisia tai mittakyvetti olisi mennyt tukkoon.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Kappa-analyssaattorilla mitattavat massan kappaluku ja vaaleus mitataan heijastuneen valonmäärästä, joten ilmakuplat häiritsevät mittausta, koska ilmakuplat esiintyvät massassa erittäin kirkkaina tai vaaleamman sävyisinä ympyrän muotoisina kohteina.

Koska eri testausmenetelmillä ei ilmakuplia saatu poistettua massan seasta, niin tutkimusta voisi kokeilla myös siten, että testausjärjestelmässä ei olisi näytesäiliönä toimivaa letkukieppiä. Kappa-analyssaattorin pesusäiliön paineella saisi ajettua massan mittakylvetin läpi, jossa kuvaus tapahtuisi. Tällaisessa tapauksessa ei pitäisi esiintyä ilmakuplia, koska massan kierrätys tapahtuisi pesusäiliön paineella.

## 7 YHTEENVETO

Tutkimus tehtiin paperi- ja sellumassan seassa esiintyvistä ilmakuplista sekä niiden mahdollisista poistamiskeinoista. Ilmakuplat häiritsevät massan kappaluvun ja vaaleuden optista mittausta.

Laitteisto toteutettiin Kappa-analysaattorin mittakierron jatkoksi, jossa käytettiin näytesäiliönä 30 metriä pitkää ½"-FEP-letkukieppiä, venttiileitä, haिताletkua sekä CCD-kameraa ja ksenonvalolähdettä. Kuvankaappauskorttina käytettiin Matroxin Meteor II:ta.

Testauksessa massa laitettiin Kappa-analysaattorin pesusäiliöön, jossa se pestiin, laimennettiin sopivan sakeaksi ja sekoitettiin. Massan sakeus laimennettiin silmämääräisesti samaan sakeuteen jokaisella mittauskerralla. Massa paineistettiin pesusäiliössä ennen letkukieppiin siirtämistä, joka tapahtui pesusäiliön paineella. Testausmenetelmissä varioitiin kierrättävän veden virtaussäädön venttiiliä sekä lopussa olevaa painesäiliötä.

Testaustuloksista havaittiin, kuinka ilmakuplat sekä kuiduissa olevat mutkat esiintyvät pahimmassa tapauksessa massassa. Ilmakuplat esiintyvät joko erittäin kirkkaina valkoisina ympyröinä tai vaaleamman sävyisinä, joissa on tumma panta ulkoreunalla. Kuiduissa olevat mutkat esiintyivät erittäin kirkkaina ympyröinä. Kuidun mutkien ja ilmakuplien samankaltainen esiintyminen massassa teki niiden erottamisen toisistaan vaikeaksi. Kirkkaan kohteen sattuessa kuiduttomaan kohtaan kuvassa, siitä saattoi päätellä kyseessä olevan ilmakuplan. Kirkkaan kohteen ollessa kuidun mutkan tai kuitujen risteyksen kohdalla, siinä ei luultavasti ole kyseessä ilmakupla vaan kuitujen heijastama valo. Testausmenetelmien välillä ei havaittu eroja ilmakuplien esiintymisen suhteen. Paineistamalla ilmakuplat poistuvat massasta, mutta vaikka massa paineistettiin joka kerta, ilmakuplia silti esiintyi massassa. Syytä ilmakuplien muodostumiselle ei löydetty.

## LÄHDELUETTELO

1. Metso Automationin intranet
2. Virkola, N. Puumassan valmistus, täysin uudistettu painos 1983. s. 639-641, ISBN 951-99117-3-1-
3. Ryti N. Paperitekniiikan perusteet, 12. muuttumaton painos, ISBN 951-671-086-7
4. VINK FINLAND Oy:n kotisivut [WWW-dokumentti]  
<http://www.vink.fi/Default.asp?ID=6395> (Luettu 7.4.2005.)
5. JAI CV-M10 CCD-kameran datalehti [WWW-dokumentti]  
[http://www.jai.com/db\\_datasheet/cv-m10db.pdf](http://www.jai.com/db_datasheet/cv-m10db.pdf) (Luettu 10.3.2005.)

Liite a

