

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Paperitekniikan koulutusohjelma  
Paperitekniikka

Opinnäytetyö

Kai Vääränkivi

**SUOMALAISTEN JA EUROOPPALAISTEN SANOMALEHTIPAPERIEN  
OMINAISUUKSIEN VERTAILU**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere

DI Arto Nikkilä  
Tampereen ammattikorkeakoulu  
2007

# TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Paperitekniikan koulutusohjelma

Paperitekniikka

Värränkivi, Kai

Suomalaisten ja eurooppalaisten sanomalehtipaperien ominaisuuksien vertailu

Tutkintotyö

54 sivua + 7 liitesivua

Työn ohjaaja

DI Arto Nikkilä

Työn teettäjä

Tampereen ammattikorkeakoulu

Toukokuu 2007

Hakusanat

sanomalehtipaperi, erikoissanomalehtipaperi, uusiomassa

## TIIVISTELMÄ

Keski-Euroopassa keräyspaperia on saatavilla uusiomassan valmistukseen paljon enemmän kuin Suomessa. Siksi keskieuropalaiset sanomalehdet on usein valmistettu jopa 100 % uusiomassasta. Suomessa uusiomassan hyödyntäminen sanomalehtipaperin valmistuksessa ei ole taloudellisesti yhtä kannattavaa kuin Euroopassa, joten täällä sanomalehden valmistukseen käytetään pääasiassa mekaanista massaa.

Työn tarkoituksena oli selvittää, mitä eroja suomalaisten ja eurooppalaisten sanomalehtien ominaisuuksissa ja rakenteessa on, sekä pohtia, mistä mahdolliset erot johtuvat. Työssä mitattiin viiden eri sanomalehtinäytteen, joista yksi sisälsi erikoissanomalehtipaperia, paperitekniset ominaisuudet ja tutustuttiin niiden rakenteeseen.

Tuloksista selviää, että uusiomassan käyttö sanomalehtipaperin valmistuksessa alentaa etupäässä optisia ominaisuuksia, kuten vaaleutta. Sillä ei ollut niinkään vaikutuksia lujuusominaisuuksiin. Myös kuitujakauma on samankaltainen, sillä sanomalehden valmistukseen käytetty uusiomassa sisältää suurelta osin mekaanisesta massasta valmistettua keräyspaperia.

Lopuksi työssä on pohdittu sanomalehtipaperin ja sanomalehden tulevaisuutta. Neliömassan alentamispyrkimykset ja uusiomassan käytön lisääminen tuovat tulevaisuudessa haasteita sanomalehtipaperin valmistajille.

TAMPERE POLYTECHNIC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Paper Technology

Paper Manufacturing

Värränkivi, Kai

The differences between the properties of Finnish and European newsprints

Engineering Thesis

54 pages, 7 appendices

Thesis Supervisor

Arto Nikkilä (MSc)

Commissioning Company

Tampere Polytechnic University of Applied Sciences

May 2007

Keywords

newsprint, improved newsprint, de-inked pulp

## ABSTRACT

There is much more recycled paper available for producing de-inked pulp in Central Europe than in Finland. That's why the Central European newspapers are often produced with 100 % de-inked pulp. It's not as profitable to use de-inked pulp to produce newsprint in Finland as in Europe. Because of that, newsprint is mainly produced using mechanical pulp in Finland.

The target of this study was to find out the differences of properties and structures between Finnish and European newsprints and to discuss the reasons for these differences. The newsprint made of de-inked pulp has weaker optical properties compared to newsprint made of mechanical pulp. On the other hand, strength properties are on the same level using mechanical pulp or de-inked pulp for newsprint production.

The trends of newsprint production in the future are to lower basis weights and to increase the use of de-inked pulp. Those facts will give several challenges for the newsprint manufacturers in the future.

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	6
2 SANOMALEHTIPAPERI.....	7
2.1 Tuoteanalyysi.....	7
2.1.1 Tavalliset sanomalehtipaperilaadut.....	7
2.1.2 Erikoissanomalehtipaperilaadut.....	9
2.1.2.1 Paranneltu sanomalehtipaperi.....	9
2.1.2.2 Värillinen sanomalehtipaperi.....	10
2.2 Valmistajat.....	10
2.3 Raaka-aineet.....	10
2.3.1 Kuituraaka-aineet.....	11
2.3.2 Täyteaineet.....	11
2.3.3 Liimat ja muut apuaineet.....	12
2.3.4 Vesi.....	12
2.4 Tärkeimmät laatusuureet.....	12
2.4.1 Paksuus.....	12
2.4.2 Vetolujuus.....	13
2.4.3 Karheus.....	15
2.4.4 Absorptiokyky.....	16
2.4.5 Vaaleus.....	17
2.4.6 Jäykkyys.....	18
3 KOKEELLINEN OSA.....	19
3.1 Yleiset ominaisuudet.....	20
3.1.1 Neliömassa.....	20
3.1.2 Paksuus.....	21
3.1.3 Pinopaksuus, kiintotiheys ja bulkki.....	21
3.1.4 Kosteus ja tuhkapitoisuus.....	22
3.1.5 Formaatio.....	24
3.2 Lujuusominaisuudet.....	24
3.2.1 Vetolujuus ja murtositkeys.....	24
3.2.1.1 Vetolujuus.....	25
3.2.1.2 Murtositkeys.....	25
3.2.2 Repäisylujuus.....	26
3.2.3 Pintalujuus.....	28
3.3 Optiset ominaisuudet.....	29
3.3.1 Väri.....	30
3.3.2 Vaaleus.....	31
3.3.3 Opasiteetti.....	31
3.3.4 Valonsironta ja valon absorptio.....	32
3.4 Pinnan ominaisuudet.....	33
3.4.1 Karheus.....	33
3.4.2 Ilmanläpäisevyys.....	34

3.4.3 Absorptio-ominaisuudet.....	35
3.4.3.1 Staattinen kosketuskulma.....	37
3.4.3.2 Dynaaminen kosketuskulma.....	38
3.5 Jäykkyys.....	39
3.6 Kuituanalyysi.....	39
3.6.1 FiberLab-mittaukset.....	40
3.6.2 Mikroskooppianalyysi.....	41
3.7 Aamulehden painamiseen käytettyjen papereiden vertailu.....	41
4 PÄÄTELMÄT.....	43
4.1 Lujuusominaisuudet.....	43
4.2 Optiset ominaisuudet.....	44
4.3 Jäykkyys.....	46
4.4 Pinnan ominaisuudet.....	47
4.5 Yhteenveto.....	49
5 SANOMALEHDEN TULEVAISUUS.....	50
LÄHDELUETTELO.....	53
LIITTEET	
Liite 1 Näytteiden FiberLab-yhteenvetosivut (5 kpl)	
Liite 2 Goniometri-testin pisaran pudotuskuvia	
Liite 3 Näytteiden sisältämiä eri puulajien kuituja	

## 1 JOHDANTO

Keski-Eurooppa on tiheään asuttu alue, jossa kulutetaan vuodessa henkeä kohden mittavat määrät paperia. Tämän vuoksi Keski-Euroopassa on saatavilla runsaasti keräyspaperia uudelleen käytettäväksi. Myös Suomessa kulutetaan henkeä kohden paljon paperia, mutta maamme on harvaan asuttu. Siksi keräyspaperia on suhteellisen vähän saatavilla ja kuljetuskustannukset muodostuvat korkeiksi, jolloin keräyspaperin hyödyntäminen paperin valmistuksessa ei ole taloudellisesti yhtä kannattavaa kuin Keski-Euroopassa.

Työn tavoitteena on selvittää, millaisia eroja suomalaisten ja eurooppalaisten sanomalehtien ominaisuuksissa ja rakenteessa on, sekä pohtia, mistä tekijöistä nämä erot johtuvat. Eurooppalaisten sanomalehtien joukosta pyrittiin valitsemaan mahdollisimman satunnaisesti viisi sanomalehtinäytettä eri maista edustamaan kattavasti eurooppalaista sanomalehtisektoria. Vertailun vuoksi mukana on myös yksi erikoissanomalehtipaperia sisältävä näyte.

Työssä tutkittiin seuraavia lehtiä: Frankfurter Allgemeine Saksasta, Le Monde Ranskasta, Financial Times Iso-Britanniasta sekä suomalaiset Aamulehti ja Aamulehden Sunnuntai-liite. Aamulehden paperia koskevat mittaukset suoritettiin sekä suomalaiselle sanomalehtipaperille että tiettyjen ominaisuuksien osalta myös venäläiselle sanomalehtipaperille.

Lopuksi pohditaan sanomalehden tulevaisuutta. Ensiksi arvioidaan, mihin suuntaan sanomalehden ominaisuudet tulevat muuttumaan ja lopuksi arvioidaan sanomalehden merkitystä ja roolia eri medioiden joukossa tulevaisuudessa.

## 2 SANOMALEHTIPAPERI

### 2.1 Tuoteanalyysi

Sanomalehtipaperi on puupitoinen painopaperi. Se koostuu yleensä kokonaan mekaanisesta massasta, mutta saattaa sisältää pieniä määriä valkaistua havupuusellua. Uusiomassa on syrjäyttämässä mekaanisen massan sanomalehtipaperin pääraaka-aineena. /18./

Sanomalehtipaperia käytetään suuria määriä, eli se on tyypiltään bulkkituote. Sen raaka-aineet, neliömassat ja laatuominaisuudet on pitkälti standardisoitu. Sanomalehtipaperin painettavuusominaisuuksien on oltava riittävän hyvät nopeissa rotaatiopainokoneissa. Sanomalehtipaperin on kestettävä paperi- ja painokoneiden rasitukset, joten sen ajettavuusominaisuuksien on oltava kunnossa. Myös vaaleuden ja puhtauden tulee täyttää asiakkaan vaatimukset. /2, s. 61 - 62./

Sanomalehtipaperin tuoteryhmä koostuu tavallisesta sanomalehtipaperista sekä erikoissanomalehtilaaduista. Näitä ovat TD-paperi eli luettelopaperi, värillinen sanomalehtipaperi sekä rotonews, jota käytetään Pohjois-Amerikassa. Lisäksi ryhmään voidaan laskea mukaan myös erilaiset MFS-paperit, kuten tietyt kirjapaperit. Sanomalehtipaperia toimitetaan ainoastaan rullissa. /4, s. 24./

#### **2.1.1 Tavalliset sanomalehtipaperilaadut**

Tavallisia sanomalehtipaperilaatua käytetään yleensä sanomalehtien painamiseen, mutta myös sanomalehtien liitteisiin sekä vähemmän vaativaan kaupalliseen painatukseen. Euroopassa tavallista sanomalehtipaperia käytetään lähinnä sanomalehtien painatukseen, mutta Pohjois-Amerikassa myös muut kohteet, kuten sarjakuvalehdet, ovat tärkeitä käyttökohteita. Erikoissanomalehtipaperilaadut ovat tavallisten sanomalehtipaperilaatujen tärkeimpiä kaupallisia haastajia. /4, s. 25./

Yleisimmät neliömassat ovat 45 ja 42,5 g/m<sup>2</sup>, mutta neliömassoja 40 ja 48,8 g/m<sup>2</sup> käytetään myös yleisesti. Tarkoituksena on ollut vähentää neliömassoja alhaisempien kuljetus-, käsittely- ja varastointikustannusten saavuttamiseksi. Uusiomassan lisääntynyt käyttö on kuitenkin hidastanut tätä kehitystä. Neliömassaltaan 45 g/m<sup>2</sup> olevaa paperia käytetään paremman ajettavuutensa vuoksi usein painotaloissa, joissa työskennellään tiukan aikataulun alla. Lentopostiversioihin käytetään usein jopa neliömassaltaan alle 35 g/m<sup>2</sup> sanomalehtipaperia. Lisääntynyt neliväripainatus voi rajoittaa neliömassan vähentämismahdollisuuksia läpipainatusongelmien vuoksi. /4, s. 25./

Tavallisen sanomalehtipaperin tärkeimmät ominaisuudet ovat tiheys, vaaleus ja väri, pinnan sileys, öljynabsorptio sekä lujuusominaisuudet, kuten veto- ja repäisyjujuudet. Ajettavuus painokoneilla on ehdottoman tärkeää painotalojen kireiden aikataulujen vuoksi. Eurooppalaiset ja Yhdysvaltalaiset sanomalehtipaperit eroavat sävyiltään hieman toisistaan. Yhdysvaltalainen sanomalehtipaperi on hiukan punaisempaa kuin eurooppalainen, joka puolestaan on sävyiltään hiukan vihreämpää. /4, s. 25 - 26./

Sanomalehtipaperin laatu eri tuottajien välillä voi vaihdella paljon. Tärkein ero tulee pääraaka-aineesta, joka on joko kierrätettyä tai neitseellistä kuitua. Tämän vuoksi tietyn valmistajan sanomalehtipaperi käyttäytyy painossa eri tavalla kuin toisen valmistajan sanomalehtipaperi. Siksi sanomalehtipaperi ei yleensä ole vaihdettavissa painotalossa toiseen paperiin ilman ylimääräisten säätöjen tekemistä. /4, s. 26./

Tavalliset sanomalehtipaperilaadut voivat sisältää jopa 100 % uusiomassaa, mikä on yleistä Keski-Euroopassa, tai vastaavasti jopa 100 % mekaanista massaa. Mekaaninen massa on joko hioketta, painehioketta, kuumahierrettä tai CTMP:tä eli kemimekaanista massaa. Kemiallista massaa käytetään Euroopassa vähän, mutta Euroopan ulkopuolella sen käyttö voi olla jopa 30 %. Uusiomassan käyttäminen voi nostaa täyteainepitoisuuden jopa 15 %:iin.

Tavallinen sanomalehtipaperi on yleensä tuotettu uudenaikaisilla ja nopeilla paperikoneilla kilpailukykyisellä tavalla. Uusimmilla paperikoneilla käytetään

kitaformeriteknologiaa. Siistauslaitos on usein osa sanomalehtikonelinjaa. Tavalliselle sanomalehtipaperille suoritetaan online-kalanterointi. Soft-kalanterointi, joka tapahtuu korkeissa lämpötiloissa ja linjakuormissa, on yleistymässä paperin tuotannossa. Sillä saavutetaan korkeampi lujuus lähes samalla sileyden tasolla ja pienemmällä pölyämistaipumuksella. Yleisimmät tavallisen sanomalehtipaperin painomenetelmät ovat coldset-offset- ja fleksopainatus. /4, s. 26./

### **2.1.2 Erikoissanomalehtipaperilaadut /4, s. 26/**

Erikoissanomalehtipaperilaatujen määrä on kasvussa. Seuraavassa kerrotaan parannelluista sanomalehtipaperilaaduista ja värillisestä sanomalehtipaperista sekä niiden eroista verrattuna tavalliseen sanomalehtipaperiin.

#### **2.1.2.1 Paranneltu sanomalehtipaperi /4, s. 26 – 27/**

Paranneltuja sanomalehtipaperilaatuja käytetään moniin eri tarkoituksiin, kuten hienompiin sanomalehtiin, sanomalehtien viikko- ja muihin liitteisiin sekä sarjakuvalehtiin ja pökkareihin.

Parannellut sanomalehtipaperilajit kattavat neliömassa-alueen 36 - 70 g/m<sup>2</sup>. Tavallisimmat neliömassat ovat 52 - 55 g/m<sup>2</sup>. Monissa tapauksissa parannellut sanomalehtipaperilaadut ovat painavampia, vaaleampia ja jäykempiä kuin standardilaadut. Kemiallisen massan osuus saattaa myös olla suurempi. Mekaaninen massa on erikoisvalkaistu korkean vaaleuden omaaville lajeille. Valkaisu on myös tarpeen uusiomassaa käytettäessä. Uusiomassapitoisuus saattaa vaihdella 40 - 50 % ja täyteainepitoisuus 0 - 8 %. Jotkut tämän ryhmän paperit voivat myös olla kevyesti superkalanteroituja sekä värjättyjä.

Paranneltua sanomalehtipaperia tuotetaan usein vanhemmilla sanomalehtipaperikoneilla, joita alun perin käytettiin tavallisen sanomalehtipaperin valmistukseen ja joiden kilpailukyky tällä sektorilla ei ollut enää riittävä. Paranneltua sanomalehtipaperia painetaan useimmiten offset- ja fleksopainatuksena.

### 2.1.2.2 Värillinen sanomalehtipaperi /4, s. 27/

Teknisesti värjätty sanomalehtipaperi on lähellä tavallista sanomalehtipaperia. Myös sen loppukäyttökohteet ovat samoja. Neliömassa vaihtelee 40 - 52 g / m<sup>2</sup>. Yleisimmät värit ovat lohenpunainen, vaaleanpunainen, keltainen, sininen ja vihreä. Värjättyyn sanomalehtipaperiin liittyviä kierrätettävyysoongelmia ei ole vielä kokonaan ratkaistu.

## 2.2. Valmistajat

Sanomalehtipaperin suurimpia tuottajamaita ovat Kanada, Suomi ja Ruotsi. Suomessa sanomalehtipaperia valmistavat UPM-Kymmene Kaipolan ja Kajaanin sekä Stora Enso Summan ja Varkauden tehtaillaan. Lisäksi Stora Enson Anjalan paperitehtaalla valmistetaan erikoissanomalehtipaperia.

Euroopassa on lukuisia sanomalehtipaperitehtaita. Suomalaisista paperiteollisuusyrityksistä UPM-Kymmenellä on tuotantolaitoksia Ranskassa, Saksassa, Isossa-Britanniassa ja Itävallassa. Stora Enson Euroopan tehtaot ovat Ruotsissa, Saksassa ja Belgiassa. Myllykoski Paper puolestaan valmistaa sanomalehtipaperia Saksassa ja Sveitsissä. Ruotsalainen SCA on myös merkittävä sanomalehtipaperin valmistaja Euroopassa. Maailmalla suuria sanomalehtipaperin valmistajia ovat suuret pohjoisamerikkalaiset ja aasialaiset metsäyhtiöt.

## 2.3 Raaka-aineet

Sanomalehtipaperin, kuten muidenkin paperilajien, pääraaka-aineet ovat kuidut, täyteaineet sekä erilaiset apu- ja lisäaineet (kuva 1). Myös vesi on olennainen raaka-aine paperinvalmistuksessa.

## Sanomalehtipaperin raaka-ainekoostumus



mekaanista massaa	90 %	}	kuidut > 85 %
kemiallista massaa tai	< 10 %		
uusiomassaa	jopa 100 %		
täyteainetta			< 15 %

**Kuva 1** Sanomalehtipaperin raaka-ainekoostumus /18/

### 2.3.1 Kuituraaka-aineet

Tärkein sanomalehtipaperin raaka-aine on ehdottomasti kuitu. Se voi olla neitseellistä kuusihioketta tai -hierrettä tai siistattua kierrätysmassaa. Sellua voidaan käyttää hieman armeerausmassana tai sitä voi tulla kierrätysmassan mukana.

Eri valmistajien sanomalehtipaperien kuituraaka-ainekoostumukset vaihtelevat 100 % kierrätyskuidusta 100 % ensiökuituun sanomalehtipaperin tyyppin ja valmistuspaikan mukaan. Keski-Euroopassa valmistetut sanomalehtipaperit ovat usein täysin uusiomassapitoisia, kun Suomessa sanomalehtipaperia valmistetaan Kaipolaa lukuun ottamatta ainoastaan primäärisestä kuidusta.

Siistatun massan käytöstä on seurauksena epäpuhtauksien määrän lisääntyminen paperikoneella sekä tahmo-ongelmat. Paperikoneet, jotka suunnitellaan käyttämään siistausmassaa, täytyy varustaa riittäväillä viirojen ja huopien pesulaitteilla. Lisäksi prosessi on suunniteltava siten, että lika-aineet eivät tartu siihen. /19./

### 2.3.2 Täyteaineet

Sanomalehtipaperi sisältää joko hyvin vähän tai ei ollenkaan täyteaineita.

Täyteainepitoisuus on 0 - 8 %. Täyteaineen lisäämisen suurimmat rajoitukset ovat

jäykkyyden aleneminen ja suurimpana ongelmana pölyäminen /15/. Pölyäminen muodostuu ongelmaksi, sillä sanomalehtipaperia ei pintaliimata. Kierrätysmassan käyttö tuo osaltaan täyteaineita sanomalehtipaperiin.

### **2.3.3 Liimat ja muut apuaineet**

Kuivalujaliimoja käytetään sanomalehtipaperin valmistuksessa lujuuspotentiaalnin kasvattamiseen jauhatuksen ja märkäpuristuksen lisäämisen ohella. Tärkkelys on yleisin kuivalujaliima. Sitä on sanomalehtipaperissa 0 - 1 %. /15./

Sanomalehtipaperin valmistuksessa käytetään tarpeen mukaan useita lisä- ja apuaineita. Koska sanomalehtipaperi valmistetaan mekaanisesta massasta tai kierrätysmassasta, tarvitaan fiksatiiveja, joiden avulla hallitaan massanvalmistuksessa vesifaasiin liukenevia ja dispergoituvia aineksia. Niiden hallinta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on paperinvalmistuksen kannalta erityisen oleellista. /15./

### **2.3.4 Vesi**

Vesi on välttämätön raaka-aine paperin valmistuksessa. Vettä tarvitaan sanomalehden valmistusprosessin jokaisessa vaiheessa. Uusiomassaa käytettäessä kierto-vesijärjestelmät on suunniteltava erityisen huolellisesti.

## **2.4 Tärkeimmät laatusuureet**

### **2.4.1 Paksuus**

Paksuus on paperin rakenteen peruselementti. Se vaikuttaa suoraan tai välillisesti moniin paperin ominaisuuksiin.

Paperin todellista paksuutta on vaikea mitata pinnan karheuden vuoksi. Paperin tiheyden määrittämiseksi paperin keskimääräinen paksuus tulisi mitata riittävän tarkasti.

Mittauksen tulisi ilmaista paksuus, johon eivät kuulu paperin pinnan syvänteet, mutta johon kuuluvat huokokset paperin sisällä. /1, s. 8 - 9./

Paperin ja kartongin paksuus mitataan ISO 534 –standardin mukaan mikrometrillä 2 cm<sup>2</sup>:n mittapäällä, jolla painetaan paperia 2 kg:n voimalla. Tällöin paine on noin ilmakehän paineen suuruinen. Toinen vaihtoehto on mitata pinopakkuus. Siinä mitataan usean arkin summapaksuus ja jaetaan se arkkien lukumäärällä. Pinopakkuus on arkin paksuutta pienempi, sillä paperin pinnan epätasaisuudet menevät toistensa lomiin. Pinopakkuutta käytetään yleisimmin papereilla ja arkin paksuutta kartongeilla. /2, s. 82/

Paksuusprofiilin tasaisuus koneen poikkisuunnassa on sanomalehtipaperille kriittinen tekijä. Huonosta paksuusprofiilista tulee paperiin rullissa pussimaisuutta, rynkkyjä ja repeämiä. /2, s. 82/

Tietyn neliömassaisen paperin paksuus määräytyy paperikoneella tehtävillä kokoonpuristavilla toimilla, joilla yritetään saavuttaa tiettyjä ominaisuuksia, kuten riittävää sileyttä. Raina puristetaan yhtenäiseen paksuuteen kalanteroimalla. Tällöin paperin paksuus ja pinnan karheus pienenevät ja vastaavasti tiheys kasvaa. /1, s. 9./

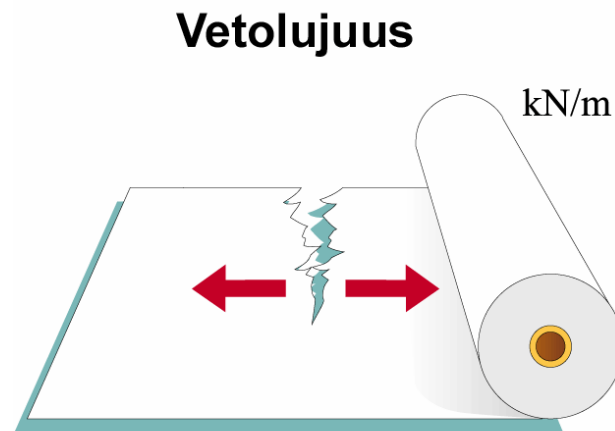
Painonipin läpi mennessään sanomalehtipaperi puristuu kokoon. Mikko A. Partion /3, s. 12/ diplomityössä väitetään, että painonipissä paperin paksuus putoaa kolmeen neljäsosaan verrattuna puristamattomaan paksuuteen ja että huokostilavuus vähenee noin puolella. Nämä seikat vähentävät painovärin hydraulisen imeytymisen määrää.

## 2.4.2 Vetolujuus

Vetolujuus on suurin kuormitus, jonka paperista tai kartongista leikattu liuska kykenee kestävänsä pinnan suuntaisesti vedettäessä ilman, että se murtuu /20/. Paperikoneen ja painokoneen ajettavuuden kannalta vetolujuus on tärkeä suure. Sekä vetolujuutta parantamalla että vetolujuuden vaihtelua pienentämällä voidaan vähentää ratakaton todennäköisyyttä.

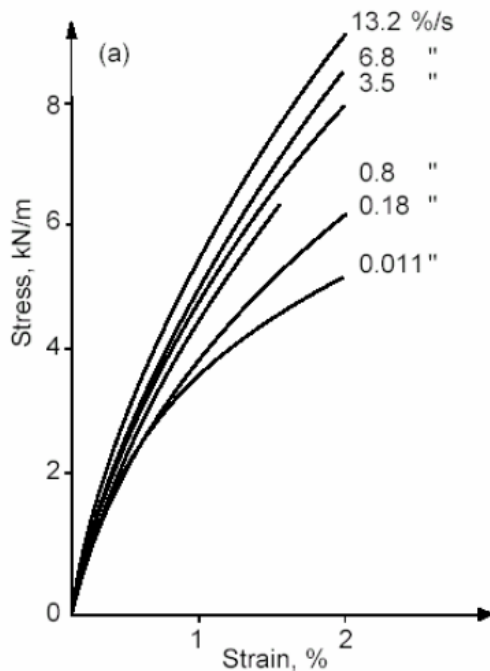
Vetolujuuteen vaikuttavat muun muassa kuitujen ominaisuudet, jauhatus, täyteaineet, massaliimat sekä paperikoneen komponentit aina massanvalmistuksesta kuivatusosalle asti. Paperin ominaisuuksista vetolujuuteen vaikuttavat merkittävimmin neliömassa, kosteus, formaatio, kuituorientaatio ja tuhkapitoisuus. /20./

Paperin tason suuntainen vetolujuus määritetään sinä maksimaalisena viivakuormituksena, jonka koeliуска kestää katkeamatta. Suositeltava yksikkö on kN / m (kuva 2).



**Kuva 2** Vetolujuus /18/

Viskoelastisen luonteensa vuoksi paperi kestää nopeassa venytyksessä isompia jännityksiä kuin hitaassa. Tämä selviää kuvasta 3, josta havaitaan, että jännitysvenymäkäyrän kulmakerroin on nopeilla vedoilla suurempi kuin hitailla. Paperikoneella vedot ovat nopeita ja laboratoriossa hitaita. Siksi paperin todellinen vetolujuus on mitattuja arvoja korkeampi.



**Kuva 3** Paperin jännitys-venymäkäyrä eri vetonopeuksilla /16/

### 2.4.3 Karheus

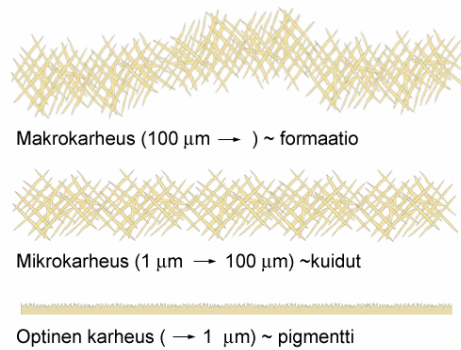
Karheus kuvaa paperin pinnan epätasaisuutta. Se on erityisen merkittävä tekijä painopapereilla. Karheus vaikuttaa optisiin ominaisuuksiin, kuten kiiltoon, sekä painoväriin absorptioon. Offset-painatuksessa viskoottinen painoväri siirtyy paperiin vain alueilla, joilla painoväri on kontaktissa paperin kanssa. Pinnan syvänteet, jotka ovat syvempiä kuin väriofilmin paksuus, jäävät päällystämättä. Huonosta formaatiosta ja kalanteroinnista johtuvat karheuden vaihtelut johtavat painojäljen epätasaisuuteen. /1, s. 12./

Sanomalehtien painatukseen yleisimmin käytetyssä coldset offsetissa paperin karheus on toivottu ilmiö. Vaikka sileämmällä pintarakenteella päästäisiinkin pienempään painoväriin kulutukseen, suuren karheuden omaava paperi absorboi sileämpää paperia paremmin painoväriä huokosten väliin. Tämä vähentää set-offia eli painoväriin tarttumista muihin sivuihin ja pintoihin. /1, s. 15/

Set-off on ehkä suurin CSWO-painatuksen (coldset web offset) painojäljen laadun kehitystä rajoittava tekijä /6, s.13./.

Karheus voidaan jakaa kuvan 4 mukaan kolmeen eri komponenttiin: optiseen karheuteen, mikrokarheuteen ja makrokarheuteen. Mikro- ja etenkin makrokarheus vaikuttavat painatusjälkeen. Optisella karheudella on voimakas vaikutus paperin kiiltoon. /21./

### Karheuden komponentit



**Kuva 4** Karheuden komponentit /21/

#### 2.4.4 Absorptiokyky

Absorptio on ilmiö, jossa paperin pinnalle adsorboitunut aine tunkeutuu sen sisään muuttaen sen sisäistä rakennetta. Käytännössä kyseessä on siis esimerkiksi paperin turpoaminen. /21./

Kuituverkoston huokosrakenteen ja kuidun pintaominaisuuksien vuoksi useimmat nesteet tunkeutuvat nopeasti paperiin. Usein paperin luontaista nesteenimukykyä rajoitetaan erilaisilla menetelmillä ja lisäaineilla, kuten pinta- ja massaliimauksella ja päällystyksellä. /21./

Sanomalehden painatuksessa on tärkeää, että painoväri kastelee paperin mahdollisimman helposti, sillä sanomalehden painatuksessa käytettävässä CSWO:ssa

painoväri kuivuu absorptioon avulla. Toisaalta, mikäli painoväri kastelee paperia runsaasti, joudutaan käyttämään pisteenkasvun vuoksi alhaisempaa rasteritiheyttä.

#### 2.4.5 Vaaleus

Paperin vaaleutta on vaikea määrittellä yksikäsitteisesti. Sitä ei tule sekoittaa valkoisuuteen, joka on ennemminkin visuaalinen kuin mitattava suure. Määritelmän mukaan paperin vaaleudella tarkoitetaan sellaisella laitteella mitattua ominaisheijastuslukua ( $R_{457}$ ), jonka herkkyyssjakauman maksimi on aallonpituudella 457 nm /22/.

Paperin pinnan densiteetin tulee olla suuri eli sävyerot halutaan mahdollisimman suuriksi. Tämä saavutetaan silloin, kun paperin vaaleus on suuri. Lisäksi paperin vaaleuden pysyvyyden on joillain paperilajeilla oltava riittävän hyvä. /22./ Koska sanomalehti on kertokäyttöhyödyke, ei vaaleuden tarvitse pysyä tietyllä tasolla muutamaa päivää pitempään. Sanomalehtipaperi alkaakin kellastua jo viikossa ligniinin vaikutuksesta.

Teoriassa vaaleus määritetään kahden materiaalivakion, valonsironta- ja valonabsorptiokertoimen, avulla yhtälön (1) mukaan. Siinä  $R_{\infty}$  on ominaisheijastusluku eli ISO-vaaleus mitattaessa se valolla, jonka intensiteettimaksimi on 457 nm kohdalla.

ISO-vaaleuden määritelmä on

$$R_{\infty} = 1 + \frac{k}{s} - \left( \frac{k^2}{s^2} + 2 \frac{k}{s} \right)^{0,5} \quad (1)$$

jossa  $R_{\infty}$  on ominaisheijastusluku,  $k$  valonabsorptiokerroin ( $\text{m}^2 / \text{kg}$ ) ja  $s$  valonsirontakerroin ( $\text{m}^2 / \text{kg}$ ) /22/.

Sanomalehtipaperin vaaleuteen voidaan vaikuttaa massakoostumuksen avulla, täyteaineilla, väriaineilla sekä valmistusprosessin vaiheilla ja niiden olosuhteilla. Vaikkei sanomalehtipaperin vaaleus ylläkään kovin korkeaksi, on tietty taso silti saavutettava, jotta painojäljen densiteetti olisi riittävän korkea. Vaaleus onkin tämän vuoksi hyvin merkittävä laatusuure myös sanomalehtipapereilla.

#### 2.4.6 Jäykkyys

Taivutusjäykkyys on lujuusopin peruskäsitteitä. Paperin valmistajat puhuvat kuitenkin ryhdistä, joka on subjektiivinen käsite. Se viittaa lähinnä lopputuotteen ulkonäköön, kuten velttouteen. Ryhti riippuu eniten jäykkyydestä. /20./

Jäykkyys on tärkeä ominaisuus etenkin kartongeille, mutta myös sanomalehtipaperin valmistuksessa vaaditaan riittävää jäykkyyttä. Sanomalehden valmistuksessa on siirrytty käyttämään yhä enemmän uusiomassaa. Myös neliömassat ovat olleet alenemaan päin. Nämä tekijät vaikuttavat jäykkyyttä alentavasti. Kuitenkin paperin jäykkyys halutaan pitää vähintään samalla tasolla kuin tähänkin asti.

Alhainen jäykkyys aiheuttaa sanomalehden ryhdittömyyttä, joka vaikuttaa suoraan luettavuuteen vaikeuttamalla lehden selailua. Se aiheuttaa myös ajettavuusongelmia, kuten rynkkyä ja katkoja. Painatuksessa ongelmia tulee viimeistelyssä ja taitossa. /57./ Sanomalehden väliin sijoitetaan painotaloissa usein erilaisia liitteitä. Sitä kutsutaan sisäänpistoksi. Siinä riittävä jäykkyys on tärkeää.

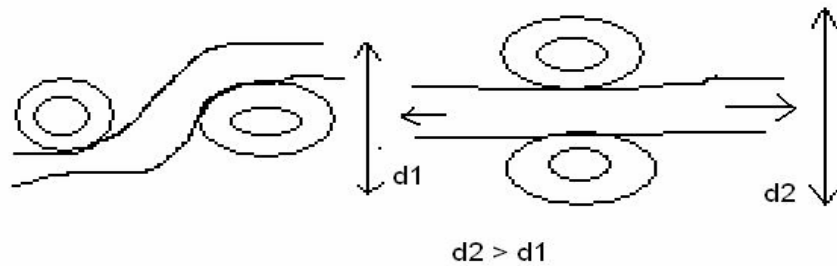
Jäykkyyttä voidaan parantaa yhtälön (2) mukaisesti paksuutta ja kimmokerrointa kasvattamalla. Kimmokerrointa voidaan nostaa paperin tiheyttä kasvattamalla ja kosteuslaajenemaa pienentämällä.

Jäykkyys ilmaistaan yhtälöllä:

$$S = E * \frac{d^3}{12} \quad (2)$$

jossa S on taivutusjäykkyys (Nm), E kimmokerroin (N/m<sup>2</sup>) ja d paksuus (m).

Sekä paperin paksuus että kimmokerroin kasvavat paperin kuivatuskutistumaa estettäessä. Tämä kasvattaa huomattavasti jäykkyyttä. Tätä tapahtumaa on hahmoteltu kuvassa 5.



**Kuva 5** Paperin kuivatuskutistuman estäminen

### 3 KOKEELLINEN OSA

Sanomalehtipaperinäytteistä mitattiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa kaikki mitattavissa olevat ominaisuudet, joilla saattaa olla merkitystä sanomalehtipaperin valmistuksessa tai käytössä. Tässä osiossa on mittaustulosten taulukoinnin lisäksi kerrottu lyhyesti kunkin mitatun ominaisuuden määritelmä ja tarkasteltu sen merkittävyyttä sanomalehtipaperin valmistuksessa. Lisäksi pohdittiin hieman tulosten mielekkyyttä ja sitä, mistä tekijöistä saadut tulokset johtuvat ja mihin asioihin ne vaikuttavat.

Taulukoissa sanomalehtinäytteistä on käytetty seuraavia lyhenteitä: Aamulehti - Aam, Financial Times - Fin, Frankfurter Allgemeine - Fra, Le Monde - Lem, Sunnuntai-liite - Sun.

### 3.1 Yleiset ominaisuudet

#### 3.1.1 Neliömassa

Neliömassa mitataan ja lasketaan standardin SCAN-P6:75 mukaan yhtälöllä (3):

$$w = 10000 * \frac{m}{A} \quad (3)$$

jossa  $m$  = näytteen massa grammoina ja  $A$  = pinta-ala neliömetreinä /9/. Neliömassan mittaukset suoritettiin 11.10.06 TAMK:n paperilaboratoriossa. Viidestä tutkittavasta sanomalehdestä leikattiin ja punnittiin 20 näytettä kustakin (taulukko 1). Sanomalehtinäytteet olivat painettuja näytteitä.

**Taulukko 1** Sanomalehtinäytteiden neliömassat ja tulosten hajonnat

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Neliömassa (g / m<sup>2</sup>)</b>	45,0	45,3	45,2	40,6	53,9
<b>Keskihajonta (g / m<sup>2</sup>)</b>	0,74	0,77	0,49	0,47	1,48
<b>Variaatiokerroin (%)</b>	1,64	1,71	1,08	1,16	2,74

Aamulehden, Financial Timesin sekä Frankfurter Allgemeinen mitatut neliömassat vastaavat keskiarvoltaan sanomalehtipaperin standardineliömassaa 45 g / m<sup>2</sup>. Le Monden neliömassa oli puolestaan hieman yli 40 g / m<sup>2</sup> ja erikoissanomalehtipaperista valmistetun Aamulehden Sunnuntai-liitteen noin 54 g / m<sup>2</sup>. Sunnuntai-liitteen pohjapaperina käytetään UPM Kajaanin 52-grammaista erikoissanomalehtipaperia. Kaikkia lukemia nosti paperin mukana ollut painoväri. Neliväripainetut kuvat nostavat neliömassaa jopa 2 g / m<sup>2</sup>, mikäli painatus on paperin molemmin puolin.

Painoväriin määrän vaihtelut mitatuissa sanomalehtinäytteissä vaikuttivat keskihajontaa ja edelleen variaatiokerrointa korottavasti. Aamulehden Sunnuntai-liitteen mittaustulosten suuri hajonta johtui painoväriin määrän vaihtelun lisäksi myös pohjapaperin neliömassan vaihtelusta. Pienin mitattu Sunnuntai-liitteen neliömassa oli 51,4 g / m<sup>2</sup> ja suurin 56,1 g / m<sup>2</sup>. Tämä ero ei selity pelkästään painoväriin määrän

vaihteluna, vaan lehden painatuksessa oli käytetty todennäköisesti sekä 52 että 55 g / m<sup>2</sup> painoista paperia. Sanomalehden painatuksessa voidaan käyttää useita eri pohjapapereita.

### 3.1.2 Paksuus

Arkin paksuus, pinopaksuus ja kiintotiheys mitataan ja lasketaan standardin SCAN-P 7:75 mukaan. Mittaukset suoritettiin 11.10.06 TAMK:n paperilaboratoriossa. Kustakin näytteestä suoritettiin 20 paksuusmittausta ja saadut tulokset ovat taulukossa 2.

**Taulukko 2** Sanomalehtinäytteiden paksuudet ja tulosten hajonnat

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Paksuus (µm)</b>	67	70	61	69	89
<b>keskihajonta (µm)</b>	1,5	0,8	1,0	1,5	2,9
<b>Variaatiokerroin (%)</b>	2,24	1,08	1,58	2,20	3,25

Aamulehden ja Financial Timesin paksuudet ovat neliömassan tavoin yhtenevät. Sen sijaan neliömassaltaan Aamulehteä vastaava Frankfurter Allgemeine on paksuudeltaan muita ohuempi ja muita kevyempi Le Monde saman paksuinen kuin Aamulehti ja Financial Times. Sunnuntai-liitteen paksuus on muita korkeamman neliömassan myötä korkeampi. Sunnuntailiitteen neliömassavaihtelut olivat melko suuria. Tämä heijastuu myös paksuuden vaihteluna, joka nostaa mittausten variaatiokerrointa.

### 3.1.3 Pinopaksuus, kiintotiheys ja bulkki

Pinopaksuuden laskemiseksi kunkin lehden 20 näytettä asetettiin päällekkäin ja mitattiin arkkikerroksen paksuus viidestä kohtaa, jotta mittaus olisi luotettavampi. Tämän jälkeen saatu tulos jaettiin 20:llä, jolloin saatiin selville kyseisen otoksen pinopaksuus.

Kiintotiheys lasketaan yhtälöstä (4):

$$X = 1000 * \frac{w}{t_1} \quad (4)$$

jossa  $w$  = neliömassa ( $\text{g} / \text{m}^2$ ) ja  $t_1$  = pinopaksuus ( $\mu\text{m}$ ) /10/.

Bulkki puolestaan kuvaa paperin ominaistilavuutta, joka on verrannollinen paperin jäykkyyteen. Bulkki ilmaistaa tiheyden käänteisarvona. Paperialalla bulkki kuvaa paperin kompaktiutta. Kun tiheys merkitsee sileysastetta, niin bulkki puolestaan määrittää jäykköysastetta.

Aamulehden Sunnuntai-liitteen ja Le Monden bulkit olivat vertailtavista näytteistä suurimpia, kun taas Frankfurter Allgemeine bulkki oli pienin (taulukko 3).

**Taulukko 3** Sanomalehtinäytteiden pinopaksuudet, kiintotiheydet ja bulkit

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Pinopaksuus (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	65	69	60	66	88
<b>Kiintotiheys (<math>\text{kg} / \text{m}^3</math>)</b>	688	654	753	612	614
<b>Bulkki (<math>\text{m}^3 / \text{kg}</math>)</b>	1,45	1,53	1,33	1,63	1,63

### 3.1.4 Kosteus ja tuhkapitoisuus

Näytteiden kosteuspitoisuudet mitattiin TAMK:n paperilaboratoriossa. Kustakin sanomalehtinäytteestä otettiin kaksi rinnakkaista näytettä ja kosteusprosentti saatiin näytteiden keskiarvosta. Kosteusmittaus suoritettiin kuumentamalla näytteitä kolmen tunnin ajan  $115\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa ja vertaamalla näytteiden painoa ennen ja jälkeen kuumennuksen. Kosteusprosentti lasketaan yhtälöstä (5):

$$X = \frac{PE - PJ}{PE} * 100 \quad (5)$$

jossa X on kosteuspitoisuus prosentteina, PE näytteen paino ennen kuivatusta ja PJ näytteen paino kuivatuksen jälkeen.

Tuhkapitoisuuden mittaus suoritettiin standardia SCAN-P5:63 mukailleen niin sanottuna pikatuhkana. Tähän menettelyyn päädyttiin, koska keraamiset mittauskupit ja niiden kannet halkesivat hyvin herkästi uunin kuumuudessa. Kustakin sanomalehtinäytteestä otettiin kaksi näytettä, joiden keskiarvosta tuhkapitoisuus määritettiin.

Mittaukset suoritettiin siten, että tyhjä kuppi kansineen laitettiin tunniksi eksikaattoriin ja punnittiin. Tämän jälkeen kuppi punnittiin uudelleen näytteen kanssa, jonka jälkeen näytettä hehkutettiin tunnin ajan 925 °C lämpötilassa. Hehkutuksen jälkeen kuppi sisältöineen laitettiin vielä tunniksi eksikaattoriin jäähtymään ja punnittiin.

Tuhkapitoisuus lasketaan yhtälöstä (6):

$$X = \frac{a}{m} * 100 \quad (6)$$

jossa X on tuhkapitoisuus prosentteina, a tuhkan paino ja m kuivatun näytteen paino. Mitatut kosteus- ja tuhkaprosentit ovat taulukossa 4.

**Taulukko 4** Sanomalehtinäytteiden kosteus- ja tuhkaprosentit

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Kosteus-%</b>	2,94	2,71	2,86	3,08	2,93
<b>Tuhka-%</b>	8,53	6,13	13,27	0,63	4,82

Kosteus- ja tuhkapitoisuuden mittauksien tuloksiin on syytä suhtautua varauksin, sillä alhaisesta täyteainepitoisuudesta ja kuumennuksen aikana tapahtuneiden ongelmien vuoksi varsinkin tuhkapitoisuuden mittauksesta saadut tulokset ovat sangen epävarmoja.

### 3.1.5 Formaatio

Formaatio eli pienimittakaavainen neliömassahajonta on ehkä tärkein yksittäinen paperin ominaisuus. Huono formaatio vaikuttaa sekä lujuusominaisuuksiin että optisiin ominaisuuksiin niitä alentavasti, sillä neliömassaltaan alemmat kohdat ovat lujuusmielessä heikkoja lenkkejä.

Painojäljen tulisi olla yhtenäinen koko painettavan pinnan alueella. Eräs tekijä tämän saavuttamiseksi on paperin riittävä formaatio. /1, s. 6./

Formaatio mitattiin TAMK:n paperilaboratoriosta löytyvällä Ambertecin  $\beta$ -formaatiomittarilla, jossa halkaisijaltaan 1 mm:n kokoisen alkion neliömassa mitataan suoraan paperin läpi tulevan säteilyn voimakkuuden avulla. Tällä laitteella saadaan määritettyä neliömassahajonta, joka on yleisimmin käytetty formaation tunnusluku.

Formaation mittausta tuotti taulukon 5 mukaisesti yllättävän hyviä arvoja kaikille sanomalehtinäytteille. Tuloksista voidaan tehdä se johtopäätös, että mittauksissa käytetty laitteisto ei välttämättä ollut mittaushetkellä täysin kalibroitu.

**Taulukko 5** Sanomalehtinäytteiden formaatiot

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
Formaatio	3,16	2,61	2,80	2,35	3,00

## 3.2 Lujuusominaisuudet

### 3.2.1 Vetolujuus ja murtositkeys

Vetolujuudet ja murtositkeydet mitattiin 16. – 18.10.2006 TAMK:n paperilaboratoriossa standardin SCAN-P77:95 mukaan. Eri sanomalehtinäytteistä mitattiin sekä kone- että poikkisuuntaan 20 näytettä kustakin. Poikkeuksena muista Aamulehden Sunnuntai-liitteen kone- ja poikkisuunta olivat eri suunnassa kuin muilla

lehdillä. Kun muilla lehdillä konesuunta oli lehden pystysuunnassa, oli Sunnuntai-liitteen konesuunta vaakasuunnassa. Selityksenä tähän on painotalossa suoritettu erisuuntainen arkkien asemointi.

### 3.2.1.1 Vetolujuus

Eri sanomalehtien vetolujuuksissa ei ollut kovin suuria eroja (taulukko 6). Aamulehden konesuuntainen vetolujuus oli hieman eurooppalaisia vertailukohteitaan parempi. Sunnuntai-liitteen lujuus oli muita lehtiä parempi. Ero johtui lähinnä muita suuremmasta neliömassasta. Poikkisuuntainen vetolujuus on puolestaan Frankfurter Allgemeinessa hieman parempi kuin muilla tavallisilla sanomalehdillä.

Tutkittava Aamulehti oli painettu UPM-Kymmenen Kaipolan tehtaiden sanomalehtipaperille. Kyseinen paperi sisältää yli 50 % uusiomassaa, joten tämä yhdessä näytteiden lähes yhtä suurien paksuuksien kanssa selittävät vetolujuuksien samankaltaisuuden.

**Taulukko 6** Sanomalehtinäytteiden vetolujuudet kone- ja poikkisuunnassa

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Vetolujuus (kN / m) (ks)</b>	2,95	2,65	2,78	2,48	3,25
<b>Variaatiokerroin (%) (ks)</b>	6,4	6,89	4,48	14,68	4,9
<b>Vetolujuus (kN / m) (ps)</b>	0,72	0,71	0,78	0,78	1,11
<b>Variaatiokerroin (%) (ps)</b>	5,17	4,92	11,45	6,37	3,93

### 3.2.1.2 Murtositkeys

Murtositkeys kuvaa murtuman kasvattamiseksi tarvittavaa työmäärän lisäystä murtuman pituuden muutosta kohti. Se määritetään testikappaleesta, jossa on alkuleikkaus ja joka on venytetty kriittisen venymän arvon verran. /8./ Murtositkeys kuvaa vetolujuutta paremmin paperin viankantokykyä, sillä esimerkiksi ratakatkot lähtevät usein pienistä

murtumista tai rei'istä liikkeelle. Kosteuden lisäys lisää murtositkeyttä, sillä tällöin paperilla on suurempi kyky muodonmuutokseen.

Aamulehden konesuuntainen murtositkeys on vetolujuuden tavoin vertailulehtiä hieman parempi. Myös Frankfurter Allgemeine poikkisuuntainen murtositkeys on sen vetolujuuden tavoin suurin. Tulosten variaatiokerroin on melko iso, joten tulokset eivät ole täysin vertailtavissa (taulukko7).

**Taulukko 7** Sanomalehtinäytteiden murtositkeydet kone- ja poikkisuunnassa

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Murtositkeys (J / m) (ks)</b>	0,311	0,259	0,307	0,255	0,3
<b>Variaatiokerroin % (ks)</b>	18,69	11,26	14,57	15,4	16,47
<b>Murtositkeys (J / m) (ps)</b>	0,186	0,145	0,215	0,175	0,232
<b>Variaatiokerroin % (ps)</b>	17,76	12,57	17,04	17,35	11,44

### 3.2.2 Repäisylujuus

Repäisylujuudet mitattiin 31.10. – 1.11.2007 TAMK:n paperilaboratoriossa standardin SCAN-P11:73 mukaan. Mittaus suoritettiin Elmendorf-repäisykoettimella.

Poikkisuuntaan tehtiin kymmenen mittausta sanomalehtinäytettä kohden. Näytteille suoritettiin vertailun vuoksi myös muutamia mittauksia konesuunnassa. Mittaustulokset ovat taulukoissa 8 ja 9. Repäisylujuus laskettiin yhtälöllä (8):

$$a = s * p \quad (8)$$

jossa a kuvaa repäisylujuutta millinewtoneina, s mittauslukemien keski-arvoa ja p heilurikerrointa /13/.

**Taulukko 8** Sanomalehtinäytteiden poikkisuuntaiset repäisylujuudet

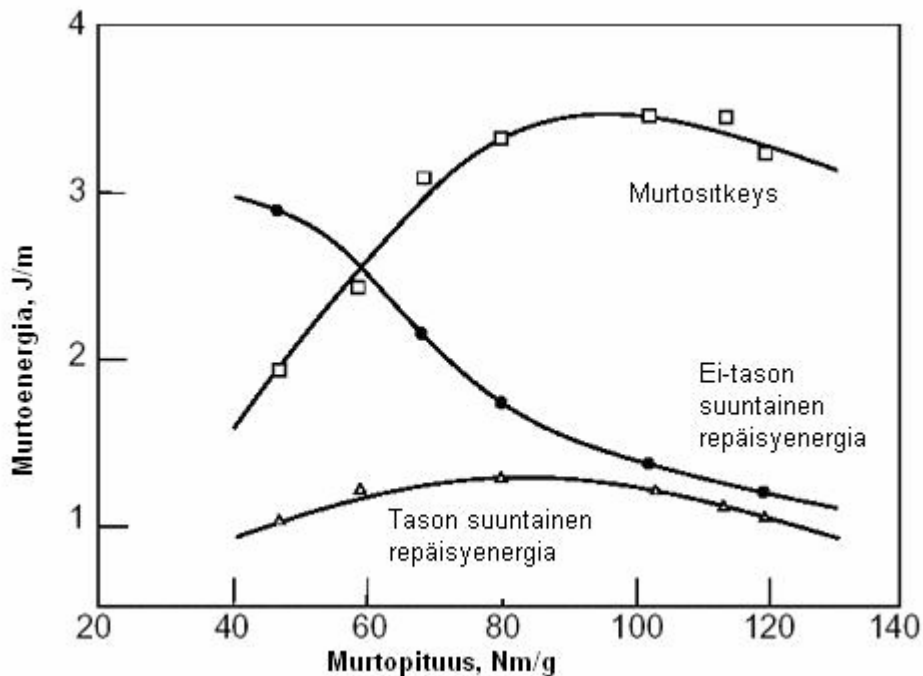
Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Repäisylujuus (mN)</b>	260	226	263	224	263
<b>Variaatiokerroin (%)</b>	5,1	7,1	3,1	4,4	8,0

**Taulukko 9** Sanomalehtinäytteiden konesuuntaiset repäisyalueudet

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
Repäisyalueus (mN)	140	115	170	140	176

Haapojan /1, s. 5/ mukaan poikittaissuuntainen repäisyalueus on murtositkeyden ohella tärkein tekijä, kun halutaan kuvata paperin kykyä mukautua jännityshuippuihin ilman, että se katkeaa.

Toisaalta, vaikka repäisyalueutta on perinteisesti käytetty paperin ajettavuuden ja viansietokyvyn mittarina, on monia syitä, miksei se sovellu tähän tarkoitukseen. Ensinnäkään se ei ole tasomainen mittaus ja toiseksi siihen vaikuttavat myös näytteen delaminaatio- ja taivutusenergia. Se ei siis mittaa pelkkää murtuman kasvuun vaadittavaa energiaa. /16./ Kuvasta 6 nähdään, että varsinkin pienemmillä murtopituuksilla ei-tasosuuntaisen repäisyenergian osuus on huomattava.



**Kuva 6** Murtotyö ja repäisyalueus /16/

Repäisyalueus on kuidunpituudesta voimakkaasti riippuva suure. Se on suurin piirtein verrannollinen kuidunpituuden toiseen potenssiin. Massavalinta on siis merkittävässä

roolissa repäisyjuuuden suhteen. Hieman yllättäen Sunnuntai-liitteen repäisyjuuus ei ollut mainittavasti muita näytteitä suurempi, vaikka se olikin valmistettu paksummasta paperista kuin muut näytteet ja sen vetolujuus oli muita parempi.

### 3.2.3 Pintalujuus

Sanomalehtipaperin pintakerroksen lujuus on tärkeä painettavuuteen vaikuttava tekijä. Offsetpainatuksessa painoväriin halkeaminen tapahtuu painonipissä. Koska painoväri on tahmeaa, joutuu paperin pinta painatuksessa rasituksen alaiseksi ja yksittäisiä kuituja, kuitukimppuja tai jopa osia pintakerroksesta saattaa irrota sanomalehtipaperin pinnalta. Paperin pintalujuudella tarkoitetaan sen pintakerroksen kykyä kestää tahmeiden painovärien aiheuttamaa rasitusta ilman, että pinnasta irtoaa esimerkiksi kuituja. /20./

Työssä tutkittiin sanomalehtipaperin nukkautumista IGT-koepainokoneen avulla. Sen käyttö pintalujuusmittarina perustuu siihen, että paperiliuskaa painetaan kiihtyvällä nopeudella. Se voima, joka painettaessa rasittaa paperin pintaa, on suoraan verrannollinen painatusnopeuteen ja painoväriin tahmeuteen eli öljyä käytettäessä öljyn viskositeettiin. Kokeissa käytetään vakioöljyä, ja painatuksen jälkeen etsitään painojäljestä ensimmäiset pinnan rikkoutumisen merkit. Tätä kohtaa vastaava painatusnopeus on pintalujuuden mitta. /20./

Useimmiten paperin nukkautuminen määritellään paperin pinnan vahingoittumisena painatuksen yhteydessä. Kun painokehilö nostetaan irti paperista, kohdistuu paperiin painoväriin vaikutuksesta tietty voima. Se kasvaa viskositeetin, painoväriin tahmeuden ja painatusnopeuden kasvaessa. Kun voima ylittää tietyn arvon, on seurauksena paperin pinnan vahingoittuminen. /12/.

Paperiliuskaan aiheutettiin alumiinikiekon avulla levitettävän keskiviskoottisen Pick Test –öljyn avulla pinnan nukkautumista. Laitteen painatuspaine oli 350 N ja kiekko kiihdytettiin loppunopeuteen 2 m/s.

Nukkautumisen alkamiskohta oli hankala selvittää kahdesta syystä: ensinnäkin näytteet olivat painettuja ja toiseksi sanomalehtipaperin pinta on niin epätasainen, että nukkautumisen alkukohta ei erottunut kunnolla pinnan epätasaisuuksien joukosta. Lisäksi nukkautumisnopeus vaikutti kasvavan mittauksen edetessä. Tämä saattoi johtua testiöljyn kuivumisesta kumisylinterille, jolloin se ei enää levittänyt kunnolla alumiiniekon pintaan. Mittaustulokset ovat taulukossa 10.

**Taulukko 10** Sanomalehtinäytteiden pinnan nukkautumisnopeuden mittaukset 1 – 5 sekä niiden keskiarvot

Mittauksen nro	1	2	3	4	5	keskiarvo (m / s)
<b>Aamulehti</b>	0,75	0,9	0,8	0,9		0,8375
<b>Financial Times</b>	0,5	0,6	1,1	1,05	1,4	0,93
<b>Frankfurter</b>	0,8	1,6	1,1	1,2	1,3	1,2
<b>Le Monde</b>	0,75	0,9	1	0,8	0,95	0,88
<b>Sunnuntai</b>	0,9	1,25	0,6	1,7	1,3	1,15

Tulosten hajonta on melko suuri ja tulokset nukkautumiskohdan vaikean tulkinnan vuoksi sen verran epävarmoja, ettei niitä kannata vertailla keskenään. Etukäteen olisi voinut ajatella, että nukkautumista olisi tapahtunut huomattavasti alhaisemmissa nopeuksissa, mutta sanomalehtinäytteet kestivät yllättävän hyvin testin rasitukset. Sanomalehtipaperin pintalujuuden on oltava riittävän korkea, jotta paperi kestää painonipissä tapahtuvan tahmean painovärikerroksen halkeamisen.

### 3.3 Optiset ominaisuudet

Optiset ominaisuudet mitattiin TAMK:n paperilaboratoriossa 18.10.2006 Minoltan spektrofotometrillä. Kustakin sanomalehtinäytteestä tehtiin viisi mittausta. Mittauksia on lukumäärältään vähän, sillä mittaukset pyrittiin suorittamaan kohdista, joissa ei olisi painatusta. Kuitenkin mittaustuloksia väärästi kaksi seikkaa: näytteet olivat painettuja ja mittalaitteen kalibrointi ei ollut mittaushetkellä aivan kohdallaan.

Vaikka näytteen toinen puoli olisikin ollut painamaton, oli näytteen kääntöpuolella lähes poikkeuksetta painoväriä. Lisäksi sanomalehtipaperi on joka tapauksessa mennyt painoprosessissa useiden painonippien läpi. Niistä tarttuu paperin pintaan aina jotakin.

Mittaustuloksista selviää myös, että monet lukemat, kuten valonsironta- ja absorptiokertoimet poikkeavat suuresti normaaleista sanomalehtipaperista mitatuista arvoista. Suurimpana syynä tähän ovat mittalaitteesta johtuvat tekijät.

Mittaukset suoritettiin uudelleen sen jälkeen, kun laite oli kalibroitu. Koska sanomalehtipaperi alkaa kellastua jo viikossa, ei useita kuukausia vanhoista sanomalehtinäytteistä kannattanut tehdä optisten ominaisuuksien suhteen enää johtopäätöksiä eikä kyseisiä mittaustuloksia kannattanut taulukoida.

### **3.3.1 Väri**

Näytteiden värit on ilmaistu Lab-asteikon avulla. L-kanava ilmaisee kuvan kirkkautta, a-kanava värisävyjen muutoksia vihreästä punaiseen ja b-kanava sinisestä keltaiseen. L-arvon kasvaessa sävy on vaaleampi, a-arvon kasvaessa punaisempi ja b-arvon kasvaessa keltaisempi.

Taulukosta 11 havaitaan, että kaikkien näytteiden sävy oli enemmän keltaisen kuin sinisen puolella, mikä on tunnusomaista kuituraaka-aineelle, joka on kellertävää valkaistunakin. Lohenpunainen Financial Timesin paperi erottuu muista selkeästi suuremman punaisuutensa ja keltaisuutensa johdosta. Sunnuntai-liitteen neitseellistä kuitua sisältävä paperi on puolestaan väriltään muita kirkkaampi.

**Taulukko 11** Sanomalehtinäytteiden väriarvot L,a,b -asteikolla

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>L</b>	85,62	82,95	85,72	84,6	90,19
<b>hajonta</b>	0,63	0,54	0,22	1,28	0,71
<b>a</b>	-0,6	8,02	-0,32	-1,34	-1,29
<b>hajonta</b>	0,25	0,91	0,13	0,18	0,17
<b>b</b>	8,46	21,02	6,76	9,18	5,48
<b>hajonta</b>	0,9	0,61	0,35	0,72	0,39

### 3.3.2 Vaaleus

Näytteiden vaaleudet on ilmaistu ISO-vaaleutena UV-valon kanssa. Taulukosta 12 nähdään, että Sunnuntai-liitteen vaaleus on selvästi korkeampi kuin muiden vertailtujen lehtien, tässä näkyy selvästi ensiökuidun ero kiertokuituun verrattuna. Aamulehden painotaloon 25.10.2006 suuntautuneella vierailulla selvisi, että Aamulehden pohjapaperin ISO-vaaleuden arvon tulisi olla noin 68 ja Sunnuntai-liitteen noin 76. Painoprosessin läpikäyminen siis selvästi alentaa sanomalehtipaperin vaaleuksia.

**Taulukko 12** Sanomalehtinäytteiden vaaleudet

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>ISO-vaaleus (%)</b>	58,89	42,31	60,37	56,52	71,37
<b>Keskihajonta</b>	0,48	0,32	0,36	2,47	1,18

### 3.3.3 Opasiteetti

Paperin opasiteetti on sen läpinäkymättömyyden mitta. Se ilmaistaan tavallisesti mustaa pintaa vastaan mitatun heijastusluvun ja rajaheijastusluvun suhteena (prosentteina). Mitä korkeampi opasiteetti on, sitä läpinäkymättömämpää paperi on. /22./ Alhainen opasiteetti aiheuttaa läpipainatusta, jolloin painotuotteen luettavuus kärsii. Opasiteettiin voidaan vaikuttaa muun muassa täyteainevalinnoilla, jauhatuksen määrällä ja paperin paksuudella. Opasiteetin mittaustulokset ovat taulukossa 13.

**Taulukko 13** Sanomalehtinäytteiden opasiteetit

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Opasiteetti (%)</b>	95,54	96,38	96,88	95,26	96,89
<b>Keskihajonta</b>	2,6	0,75	0,41	4,46	1,52

### 3.3.4 Valonsironta ja valon absorptio

Valonsironta ja absorptio ovat suuressa roolissa paperin optiikassa. Ne molemmat mitataan yksiköllä  $m^2 / kg$ . Valkaisussa absorptio vähenee. Jauhatuksessa puolestaan sironta vähenee, kun taas täyteaineiden lisääminen usein kasvattaa sirontaa.

Sanomalehtipaperissa valonsirontan arvon tulisi olla 55 - 65  $m^2 / kg$ . Taulukossa 14 näkyvät valonsirontakertoimet ovat melko suuria, varsinkin kun painatusprosessin läpikäymisen tulisi alentaa sirontaa.

Korkea sironta on paperiteknisesti hyvä asia, sillä silloin paperin opasiteetti ja vaaleus paranevat. Vetolujuuden kasvaessa valonsironta heikkenee, sillä jauhatuksen myötä kuidut muodostavat sidoksia keskenään, joiden myötä rakenteen sirottava pinta-ala vähenee. Täten lujuudet ja valonsironta ovat verrannollisia keskenään. Täyteaineilla pyritään vaikuttamaan sirontaa kasvattavasti samalla lujuuksien liikaa alenematta.

Nils Paulerin /5, s. 30/ mukaan valon absorptio on suoraan verrannollinen värillisten partikkelien määrään paperissa.

**Taulukko 14** Sanomalehtinäytteiden valonsironnat ja -absorptiot

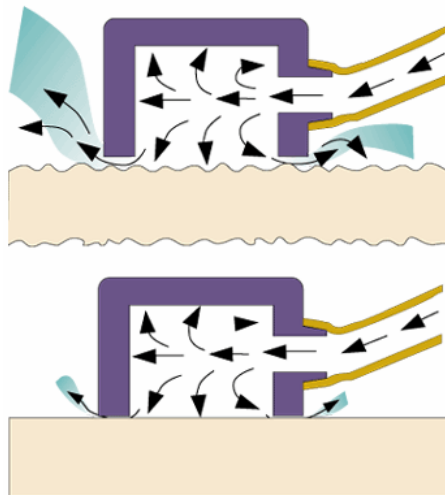
Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Valonsirontakerroin (<math>m^2 / kg</math>)</b>	70,31	66,38	79,78	71,69	91,4
<b>Keskihajonta</b>	15,3	4,71	3,7	21,53	29,43
<b>Valon absorptiokerroin (<math>m^2 / kg</math>)</b>	5,43	7	6,12	6,43	3,18
<b>Keskihajonta</b>	1,18	0,5	0,28	1,93	1,02

### 3.4 Pinnan ominaisuudet

#### 3.4.1 Karheus

Karheusmittaukset suoritettiin TAMK:n paperilaboratoriossa 24.10.2006. Mittaukset suoritettiin sekä standardin SCAN-P21:67 mukaisesti Bendtsen-karheutena, että standardin SCAN-P76:65 mukaisesti Parker Print Surf –menetelmällä mitattuna pinnan karheutena. Kaikista viidestä sanomalehtinäytteestä mitattiin 20 näytepalaa riittävän hajonnan saamiseksi.

Bendtsen-karheus määritetään sinä ilmamääränä, joka määrättyjen paine-erojen vallitessa virtaa aikayksikköä kohti paperin pinnan ja sen päälle asetetun tasaisen metallirenkaan välistä /7/. PPS-karheus kuvaa pinnan keskimääräistä etäisyyttä siitä referenssipinnasta, jota vasten sitä painetaan määrättyjen olosuhteiden vallitessa /11/. Molemmissa tapauksissa nyrkkisääntönä kuvan 7 mukaan on, että mitä pienempi lukema on, sen sileämpi on paperin pinta.



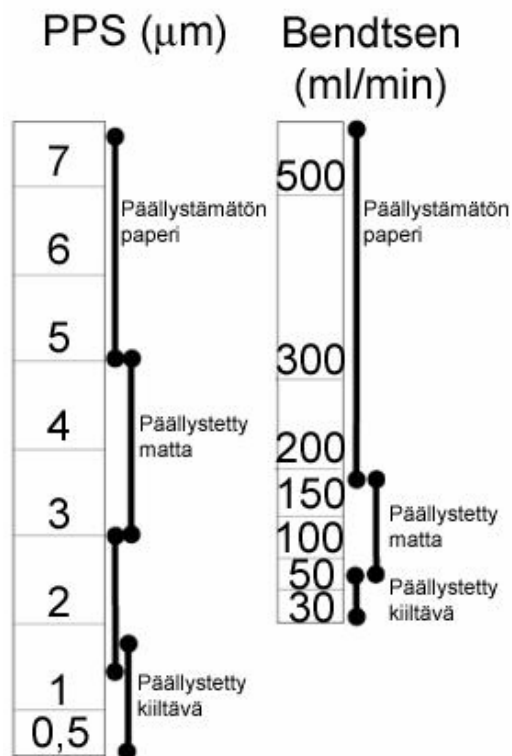
**Kuva 7** Karheuden mittaus /21/

Kuten taulukon 15 tuloksista nähdään, kummallakin eri menetelmällä saadut mittaustulokset on samansuuntaiset. Le Monden pinta on selvästi silein ja Sunnuntai-liitteen puolestaan karhein.

**Taulukko 15** Sanomalehtinäytteiden Bentsen- ja PPS-karheudet

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Bentsen-Karheus (ml / min)</b>	112	129	130	107	145
<b>variaatiokerroin (%)</b>	23,7	13	16,9	19	11
<b>PPS-karheus (µm)</b>	4,19	4,37	4,95	3,99	4,83
<b>variaatiokerroin (%)</b>	9,08	5,49	5,26	9,02	7,04

Sekä Bentsen- että PPS-menetelmällä saadut tulokset ovat kuvan 10 perusteella varsin hyviä ottaen huomioon, että kyseessä olivat päällystämättömät näytteet. Alhaisiin karheuksiin lienee osaltaan syynä se, että näytteet olivat painettuja, jolloin painoprosessi oli entisestään tasoittanut näytteiden pintaa.



**Kuva 8** Karheusmittausten vertailuarvoja /21/

### 3.4.2 Ilmanläpäisevyys

Ilmanläpäisevyysmittaukset suoritettiin 24.10.2004 TAMK:n paperilaboratoriossa SCAN-P76:65-standardin mukaan. Mittauksen suoritustapa oli PPS-menetelmä ja käytetty puristusaine 1 MPa. Kaikista viidestä sanomalehtinäytteestä otettiin 20

näytettä kustakin riittävän hajonnan saamiseksi. Ilmanläpäisevyys on määritelmän mukaan paperin läpäisevä keskimääräinen ilmavirta pinta-alayksikköä kohti jaettuna paperin eri puolien välisellä paine-erolla, kun määritys suoritetaan määräoloissa.

Ilman virtaus paperin läpi riippuu lähinnä läpimenevistä suurista huokosista, kun taas nesteiden leviäminen ja liikkuminen arkissa esimerkiksi painatuksessa riippuu selvästi pienistä lähellä pintaa olevista kapillaareista /21/. Taulukon 16 mittaustuloksista selviää, että Le Monden huokoisuus on alhaisin ja Frankfurter Allgemeinen korkein.

**Taulukko 16** Sanomalehtinäytteiden PPS-ilmanläpäisevyydet

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
PPS ( $\mu\text{m}/\text{Pas}$ )	1,09	1,23	2,27	0,93	1,61
variaatiokerroin (%)	27,63	16,24	19,41	26,78	18,64

### 3.4.3 Absorptio-ominaisuudet

Sanomalehden painatustulokseen vaikuttavat monet seikat, kuten painoväriin määrä ja viskositeetti, nippipaine. Merkittäviä tekijöitä ovat myös paperin ominaisuudet, kuten karheus, pintalujuus ja imeytymisominaisuudet.

Painoväriin absorptioon tutkimiseen käytettäviä Cobb-vesiabsorptio- sekä Cobb-Ungerin öljynabsorboivuusmittauksia ei tässä työssä voitu suorittaa, sillä lyhyimmälläkin imeytysajalla testausöljy läpäisi ja suorastaan kyllästi testikappaleet. Tämän vuoksi painoväriin absorptiota tutkittiin tässä työssä goniometrin avulla.

Goniometrillä mitataan paperin ja vesipisaran välistä kosketuskulmaa. Paperin ja nesteen välinen kosketuskulma vaikuttaa merkittävästi absorptiotapahtumaan. Koska paperin pinta on karhea, huokoinen ja epähomogeeninen, on kosketuskulma vaikea määrittää. Jos kosketuskulma  $\theta$  on terävä, rajapinnan eri puolten paine-ero johtaa nesteen spontaaniin tunkeutumiseen kapillaariin. Kun kosketuskulma on tylppä, paine-

ero vastustaa nesteen tunkeutumista kapillaariin ja tarvitaan hydrostaattista painetta ennen kuin penetraatio tapahtuu. /21./

Nesteen penetraationopeutta kapillaarissa voidaan tarkastella Lucas-Washburnin yhtälön (9) avulla. Paperin rakenteen kannalta yhtälö on voimakkaasti yksinkertaistettu, mutta se antaa käyttökelpoisia riippuvuussuhteita /21/. Kun mittauksissa käytetyn veden pintajännitys ja viskositeetti ovat vakioita, ainoiksi tuntemattomiksi suureiksi jäävät kosketuskulma ja kapillaarin säde.

Lucas-Washburnin yhtälö (9):

$$l^2 = \frac{r\gamma_L \cos \theta}{2\eta} t \quad (9)$$

jossa  $l$  on ajassa  $t$  tapahtunut nestepenetraation matka,  $r$  kapillaarin säde,  $\gamma_L$  tarkasteltavan nesteen pintajännitys,  $\theta$  nesteen ja pinnan välinen kosketuskulma sekä  $\eta$  nesteen viskositeetti /21/.

Painatuksessa on tärkeää, että painoväri kastelee paperin mahdollisimman helposti eli paperin ja painoväriin väliset adheesiovoimat ylittävät selvästi painoväriin koheesiovoimat /21/. Toisaalta painatuksen kannalta negatiivista on, että painoväri kastelee paperin nopeasti. Tällöin joudutaan käyttämään alhaisempaa rasteritiheyttä.

Goniometrin avulla mitattiin vesipisaran kosketuskulma paperiin nähden sekä staattisesti että dynaamisesti. Staattisessa mittauksessa vesipisara pudotettiin paperin pinnalle ja pisaran kosketuskulma mitattiin tietyn ajan kuluttua pudotuksesta. Dynaamisessa mittauksessa puolestaan tutkittiin vesipisaran kosketuskulman muutosta tietyn ajan kuluessa.

Goniometrin avulla suoritettulla mittauksella huonoa on se, että mittaus ei ota lainkaan huomioon painonipissä vaikuttavaa nippipainetta. Se vaikuttaa suuresti painoväriin absorptiotapahtumaan. Sanomalehtipaperin pinnan epätasaisuudet vaikuttavat myös

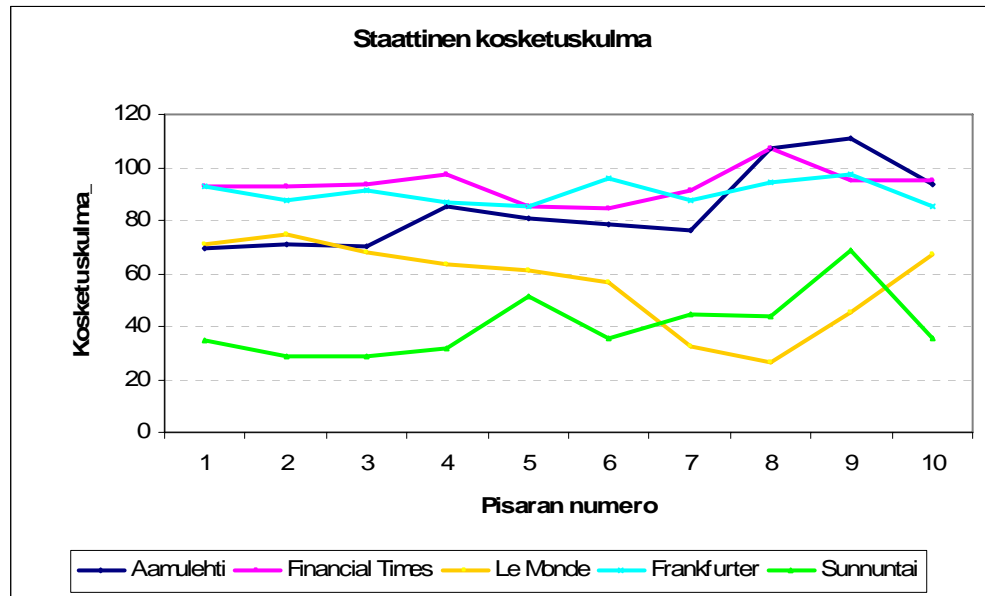
osaltaan tuloksiin, sillä goniometrillä paperin pinnalle pudotettavan pisaran tilavuus oli vain noin 4  $\mu$ l.

Staattisessa mittauksessa suoritettiin kymmenen mittausta ja dynaamisessa mittauksessa viisi mittausta jokaista näytettä kohden. Kaikilla näytteillä aika pisaran pudotuksesta staattisen kosketuskulman mittaukseen oli noin 1,5 sekuntia. Dynaaminen mittaus puolestaan suoritettiin aikavälillä 0–12 sekuntia. Näytepalat leikattiin sanomalehdestä 45°:n kulmassa konesuuntaan nähden, jotta kuituorientaation osuus pisaran käyttäytymiseen minimoitaisiin.

#### **3.4.3.1 Staattinen kosketuskulma**

Mittausten tulokset on esitelty kuvassa 9. Aamulehden mittaukset 9 ja 10 sekä Sunnuntai-liitteen mittaus 9 tehtiin värikuvan päällä. Painoväriin pigmenttien vuoksi vesipisara ei levinnyt ja kosketuskulma on poikkeuksellisen suuri. Le Monden mittausten 7 ja 8 osalta kyse on mittausvirheestä, sillä goniometri laski pisaran senhetkisen tilavuuden aivan väärin, mikä puolestaan vaikutti suoraan kosketuskulman arvoon.

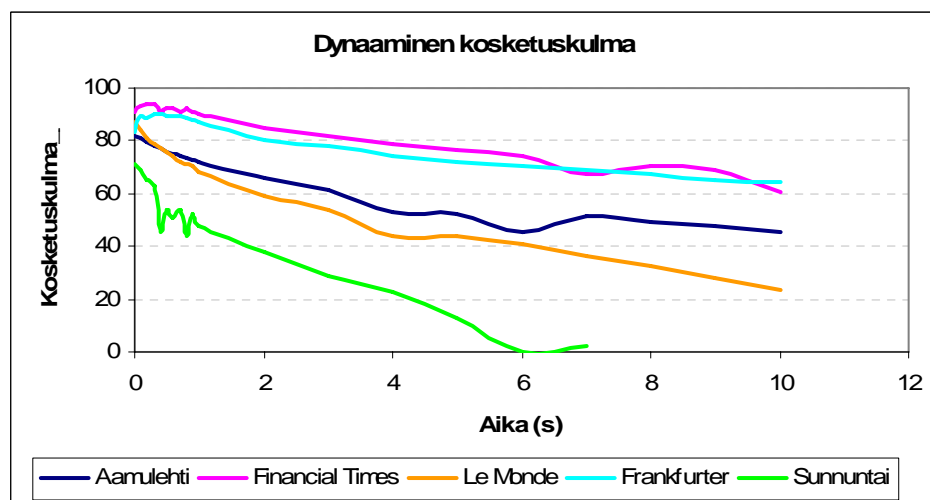
Nesteen penetraationopeus paperin huokosiin on yhtälön (9) mukaan suoraan verrannollinen kosketuskulman kosinin kanssa. Tämä johtaa siihen, että mitä suurempi kosketuskulma on, sen alhaisempi nesteen penetraationopeus on. Financial Timesilla sekä Frankfurter Allgemeinenella oli mittauksissa suhteellisen korkea kosketuskulman arvo. Tästä seurasi, ettei pisara absorboitunut paperiin läheskään niin voimakkaasti kuin Sunnuntai-liitteen tapauksessa, jossa kosketuskulma oli alhaisempi. Tästä on esimerkkinä liite 2, josta nähdään tutkittavana olleiden sanomalehtinäytteiden päälle pudotettujen kolmansien pisaroiden muodot 1,5 sekunnin kuluttua pudotushetkestä.



Kuva 9 Vesipisaran staattinen kosketuskulma eri paperinäytteiden pinnalla.

### 3.4.3.2 Dynaaminen kosketuskulma

Dynaamisessa kosketuskulman mittauksessa seurattiin pisaran kosketuskulman muutosta, joka on suoraan verrannollinen paperin pinnan absorptiokykyyn. Kuvasta 10 nähdään, että tässäkin mittauksessa Financial Timesin ja Frankfurter Allgemeinen kosketuskulman arvo pieneni selvästi muita hitaammin. Sunnuntai-liitteen tapauksessa pisara imeytyi paperin rakenteeseen jo kuudessa sekunnissa.



Kuva 10 Vesipisaran kosketuskulman muutos eri paperinäytteiden pinnalla

### 3.5 Jäykkyys

Jäykkyysmittaukset suoritettiin standardin Scan-P29:84 mukaisesti TAMK:n paperilaboratoriossa 8.11.2006. Standardissa määritellään paperin taivutusvastus voimaksi, jolla suorakulmainen, toisesta päästä kiinnitetty paperipala vastustaa määrättyssä oloissa suoritettua taivutusta. Taivutusvastus katsotaan mitatuksi testikappaleen siinä suunnassa, joka on kohtisuorassa kiinnittimen etureunaa vastaan /14/. Taivutusjäykkyys saatiin jakamalla taivutusvastus paperipalan kiinnityspituudella, joka ohuen sanomalehtipaperin tapauksessa oli 10 millimetriä. Kiertokulma oli 5°.

Jäykkyys mitattiin staattisella menetelmällä. Mittaustulokset selviävät taulukosta 17. Staattiset mittaukset vastaavat hitaita ilmiöitä ja dynaamiset nopeita. Lopputuotteen ryhtiin liittyvät ongelmat ovat hitaita ja ajettavuuteen liittyvät häiriöt nopeita ilmiöitä.

Jäykkyyden mittauksen pahimpia ongelmia on mittaustulosten huono tarkkuus keveillä papereilla. Suuri hajonta on ongelma erityisesti karheilla papereilla /20/.

**Taulukko 17** Sanomalehtinäytteiden kone- ja poikkisuuntaiset taivutusjäykkyydet

Näyte		Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
Konesuunta	Taivutusjäykkyys (mNm)	0,097	0,095	0,074	0,100	0,239
	variaatiokerroin (%)	10,7	10,8	10,7	13,7	10,7
Poikkisuunta	Taivutusjäykkyys (mNm)	0,036	0,024	0,026	0,019	0,046
	variaatiokerroin (%)	20,4	22,4	34,1	28	18

### 3.6 Kuituanalyysi

Kuituanalyysin avulla pyrittiin selvittämään mitä puulajeja sanomalehtinäytteet sisältävät. Toinen tavoite oli tutkia sanomalehtinäytteiden kuidunpituusjakaumia ja selvittää muun muassa, sisältävätkö tutkittavat sanomalehdet pitkäkuitusellua.

Eri sanomalehtinäytteiden keskimääräisiä kuidunpituuksia ja -paksuuksia tutkittiin FiberLab-kuituanalysoitsorilla ja tulosten pohjalta pohdittiin näytteiden sisältämän pitkäkuitusellun määrää ja sitä, miten näytteiden kuidutus on vaikuttanut tuloksiin. Lisäksi sanomalehtinäytteistä valmistettiin kuitupreparaatteja, joista pyrittiin selvittämään mikroskoopin avulla näytteiden sisältämät kuitu- ja puulajit.

### 3.6.1 FiberLab-mittaukset

FiberLab-mittauksessa sanomalehdestä valmistetut massanäytteet laimennettiin sakeuteen 40 mg / l, jonka jälkeen näytteet ajettiin FiberLab-kuituanalysoitsorin läpi. Laitteen toimivuuden ja kalibroinnin kanssa oli työn suorituksen aikana runsaasti ongelmia, mutta tarvittavat mittaukset saatiin kuitenkin tehtyä. Työssä tutkittujen näytteiden kuidunpituusjakaumia tulkittiin pituuspainotettuna, jottei hienoaineen suuri osuus korostuisi liikaa.

Taulukon 18 tuloksista ja liitteen 1 kuvaajista selviää, että kaikki sanomalehtinäytteet sisälsivät jonkin verran yli 3 mm pitkiä kuituja, mutta niiden osuus pituuspainotetussa jakaumassa jää muutamaan prosenttiin. Frankfurter Allgemeiner kuitujen pituusmassa, joka kuvaa kuitujen järeyttä, oli selvästi muita alhaisempi. Koska pituusmassa korreloi suoraan kuidun pituuden kanssa, voidaan tästä päätellä, että Frankfurter Allgemeiner sisältämät kuidut ovat muita näytteitä lyhyempiä. Tämä selviää myös liitteen 1 kuvaajista. Le Monde sisälsi kuvaajista päätellen eniten pisintä yli kahden millimetrin mittaista jaetta.

On kuitenkin huomattava, että FiberLab on tarkoitettu ensisijaisesti massa- eikä paperinäytteiden tutkimiseen. Koska sanomalehtinäytteet kuidutettiin käsikuiduttimella, mittaustulokset saattavat kertoa enemmänkin näytteiden kuidutuksen määrästä kuin siitä, mitkä ovat sanomalehtinäytteiden todelliset kuidunpituusjakaumat. Tämän vuoksi työssä ei tutkita tämän syvällisemmin saatuja mittaustuloksia.

**Taulukko 18** Sanomalehtinäytteiden kuitujen keskimääräiset kuidunpituudet ja pituusmassat

Näyte	Aam	Fin	Fra	Lem	Sun
<b>Keskim. kuidunpituus (mm)</b>	0,45	0,45	0,49	0,50	0,42
<b>Pituusmassa (mg / m)</b>	0,453	0,503	0,293	0,451	0,513

### 3.6.2 Mikroskooppianalyysi

Kustakin sanomalehtinäytteestä valmistettiin useita kuitupreparaatteja, joita tutkittiin mikroskoopilla ja yritettiin selvittää mitä puulajeja sanomalehdet sisälsivät. Liitteessä 3 on kuvia kuitunäytteistä. Jokaisen tutkittavan sanomalehden pääkuituraaka-aine näytti mikroskopoinnin perusteella olevan kuusi. Aamulehdestä löytyi sentään männylle tunnusomainen ikkunahuokoskuitu, mutta koivulle tyypillisiä putkilosoluja tikapuurakenteineen ei löytynyt yhdestäkään näytteestä. Tämä onkin ymmärrettävää, sillä sanomalehden valmistuksessa käytetään runsaasti kuusihakkeesta valmistettua TMP-massaa sekä uusiomassaa, joka sanomalehden tapauksessa on usein lähtöisin vanhoista sanomalehdistä sekä mekaanista massaa sisältävistä aikakauslehdistä. Sanomalehden valmistuksen raaka-aineeksi pyritään saamaan sellaista kotikeräyspaperia, jossa on noin 50 - 80 % sanomalehtipaperia ja loput aikakauslehtipaperia ja mainoksia /23/.

### 3.7 Aamulehden painamiseen käytettyjen papereiden vertailu

Sanomalehden painatuksessa joudutaan välillä käyttämään kahta eri paperia. Otetaan esimerkiksi tilanne, jossa ennen Aamulehden painamista on painettu erä Kauppalehteä. Mikäli Kauppalehden painamisesta on jäänyt rullalle ylimääräistä paperia, saatetaan se käyttää Aamulehden painamiseen, vaikka paperin ominaisuudet voivat olla hyvinkin erilaiset.

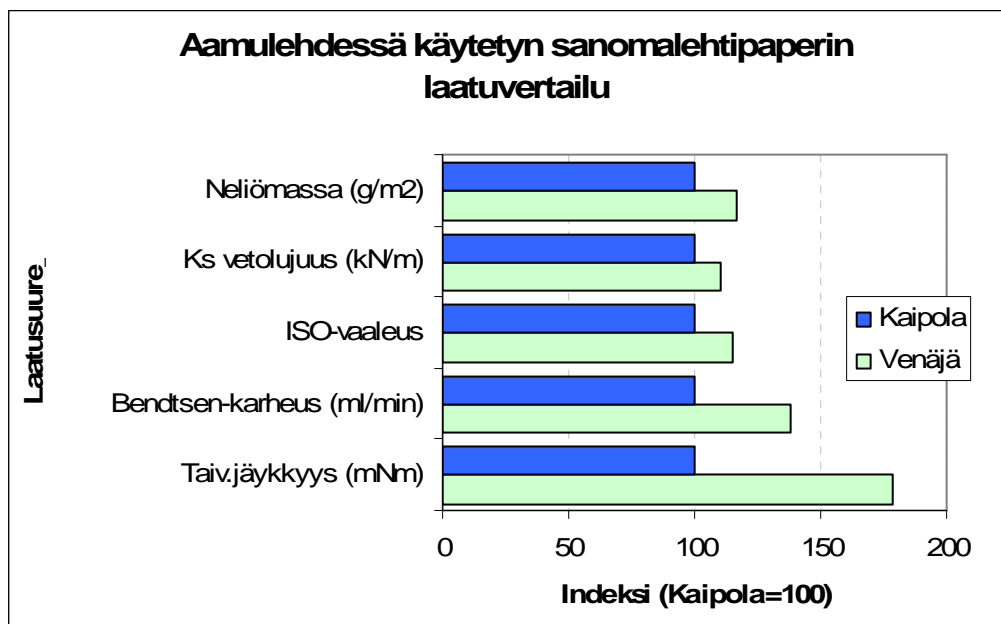
Tässä osassa on verrattu samasta tietystä Aamulehden kappaleesta löydettyjä eri papereita. Lehden etu- ja takasivu oli painettu venäläiselle sanomalehtipaperille ja loppuosa lehdessä tavalliselle Kaipolan sanomalehtipaperille. Tulokset ovat taulukossa

19. Näytteen pienuuden takia venäläisestä paperista ei voitu ottaa kovin monia rinnakkaisia mittauksia, mutta tulokset lienevät silti vertailukelpoisia.

**Taulukko 19** Venäläinen Aamulehden paperi ja UPM Kaipolan Aamulehden paperi

Näyte	Kaipola	Venäjä
Neliömassa (g / m <sup>2</sup> )	45	52,5
Ks vetolujuus (kN / m)	2,95	3,25
ISO-vaaleus	58,89	67,8
Bendtsen-karheus (ml / min)	112	155
Taiv.jäykkyys (mNm)	0,097	0,173

On mielenkiintoista havaita, kuinka suuria erot samaan lehteen käytetyissä papereissa voivat olla. Taivutusjäykkyys on lähes kaksinkertainen. Myös vaaleus ja karheus ovat venäläisellä paperilla huomattavasti isompia verrattuna Kaipolan paperiin. Kuvasta 11 erot näkyvät selkeästi.



**Kuva 11** Aamulehdessä käytetyn sanomalehtipaperin laatuvertailu

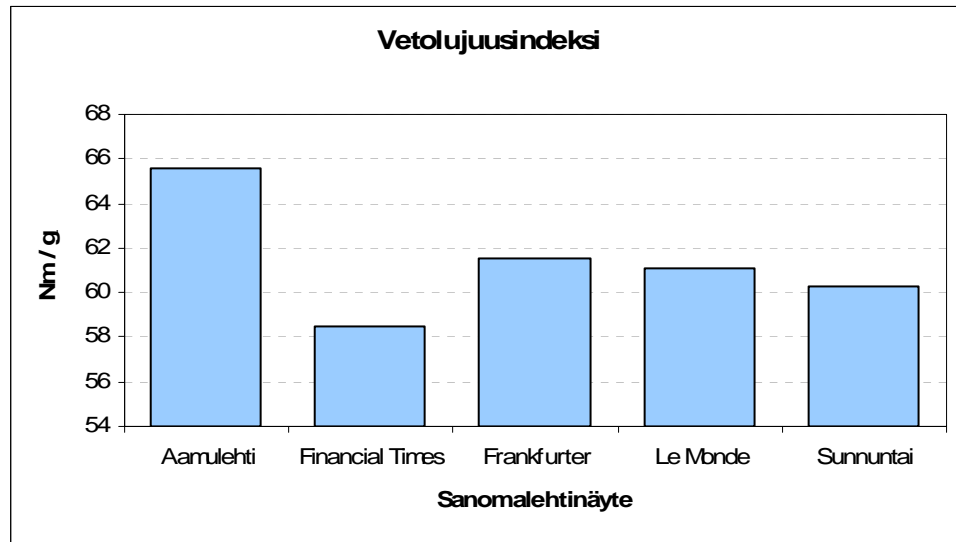
## 4 PÄÄTELMÄT

### 4.1 Lujuusominaisuudet

Eri neliömassan omaavia papereita verrattaessa tulee lujuus jakaa neliömassalla. Tällöin voidaan paremmin verrata näytteiden todellisia lujuusominaisuuksia ilman neliömassan vaihtelun tuomia eroja. Vetolujuuden tapauksessa sitä kutsutaan vetolujuusindeksiksi. Kuvasta 12 nähdään, että Aamulehden vetolujuusindeksi on muita korkeampi. Myös Frankfurter Allgemeinein vetolujuusindeksi oli korkea, vaikka se sisältääkin jopa 100 % uusiomassaa.

Eräs selitys varsinkin Frankfurter Allgemeinein korkealle vetolujuusindeksille on muita näytteitä selvästi korkeampi tiheys. Tiheyden kasvaessa lujuudet kasvavat, sillä tällöin RBA eli sitoutuneen pinta-alan osuus kuidusta kasvaa, mistä seuraa lujempi rakenne. Tämä johtuu siitä, että kuidut ovat lähempänä toisiaan ja muodostavat helpommin sidoksia keskenään. Toisaalta kalanteroinnin avulla saavutettu tiheyden kasvu alentaa vetolujuutta ja murtositkeyttä.

Sunnuntai-liitteen alhainen vetolujuusindeksi on hieman yllättävä. Onhan kyseessä kuitenkin ensiökuidusta valmistettu sanomalehti. Muilla näytteillä massaliimauksen osuus voi olla suurempi tai jauhatus viety pitemmälle.



**Kuva 12** Sanomalehtinäytteiden vetolujuusindeksit

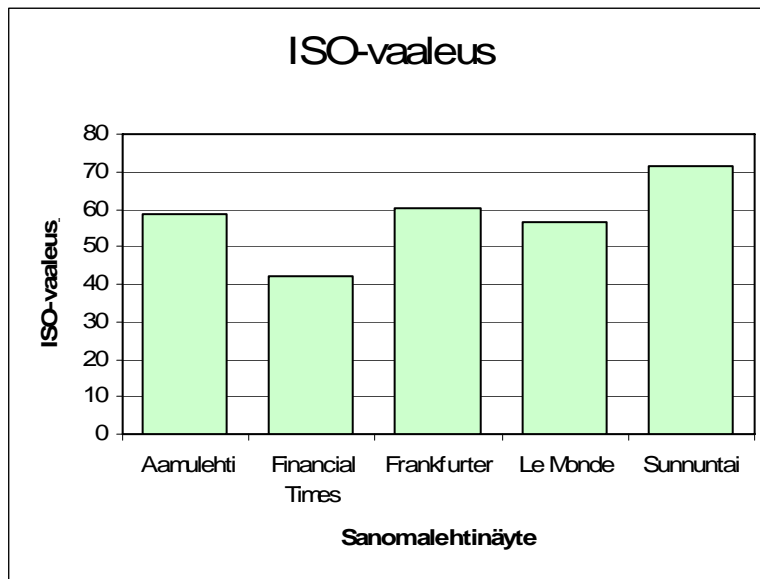
Vetolujuuden ohella myös näytteiden väliset murtositkeydet ja repäisylujuudet ovat varsin samankaltaiset. Tämä johtuu siitä, että sanomalehdet valmistetaan joko mekaanisesta massasta tai uusiomassasta. Mikäli jossakin tutkittavana olleessa lehdessä olisi ollut runsaasti pitkäkuitusellua, olisi se varmasti näkynyt tuloksissa huomattavasti parempina ljuuksina.

Mekaaninen massa ja uusiomassa, joka sanomalehden tapauksessa valmistetaan usein mekaanista massaa sisältävistä keräyspaperilajeista, ovat ljuusominaisuuksiltaan niin samankaltaisia, ettei mainittavia eroja ljuuksissa synny. Kuitenkin uusiomassan sisältämä sellu varmasti nostaa tavallista sanomalehtipaperia sisältävien näytteiden ljuuksia, vaikkei pitkäkuitusellun määrää näytteistä pystytty kunnolla kuituanalyysillä määrittämään. Jauhatuksella ja kuivalujaliimuksella voidaan tarvittaessa nostaa ljuuksia halutulle tasolle.

## 4.2 Optiset ominaisuudet

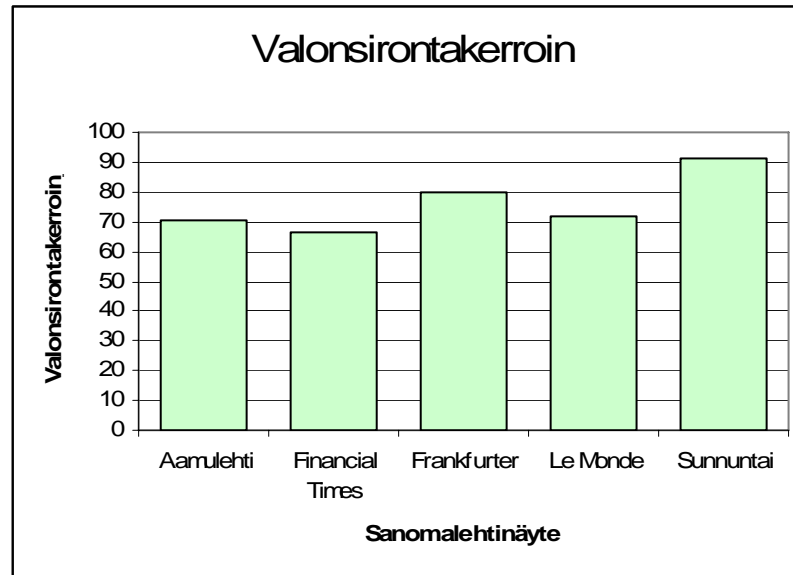
Suurimmat erot sanomalehtipaperin valmistuksessa mekaanisen massan ja uusiomassan käytön välillä näkyvät optisissa ominaisuuksissa. Väriltään harmahtavampi uusiomassa ei yllä samoihin vaaleuksiin kuin mekaaninen massa, joka erikoissanomalehtipaperin

tapauksessa saattaa olla vielä erikoisvalkaistu. Kuvasta 13 nähdään, että ensiökuidusta valmistetun Sunnuntai-liitteen paperi on selvästi vaaleampaa kuin muiden näytteiden paperit. Financial Timesin punaiseksi värjätty paperi selittää alhaisen vaaleuden.



**Kuva 13** Sanomalehtinäytteiden ISO-vaaleudet

Vaaleuden ohella myös Sunnuntai-liitteen valonsirontakerroin on muita näytteitä korkeampi. Vaikka mittausten hajonta oli suuri, saa kuvasta 14 jonkinlaisen käsityksen näytteiden välisistä eroista. Eräs selittävä tekijä Frankfurter Allgemeinen suhteellisen korkealle valonsirontakertoimen arvolle voi olla sen uusiomassan käytön vuoksi muita korkeampi täyteainepitoisuus. Tuhkapitoisuuden mittauksessa Frankfurter Allgemeinen tuhkan määrä oli mitatuista näytteistä selvästi suurin. Myös Frankfurter Allgemeinen muita alhaisempi kuitujen keskimääräinen pituusmassa viittaa valonsirontaa lisääviin pienempiin kuitupartikkeleihin.



**Kuva 14** Sanomalehtinäytteiden valonsirontakertoimet

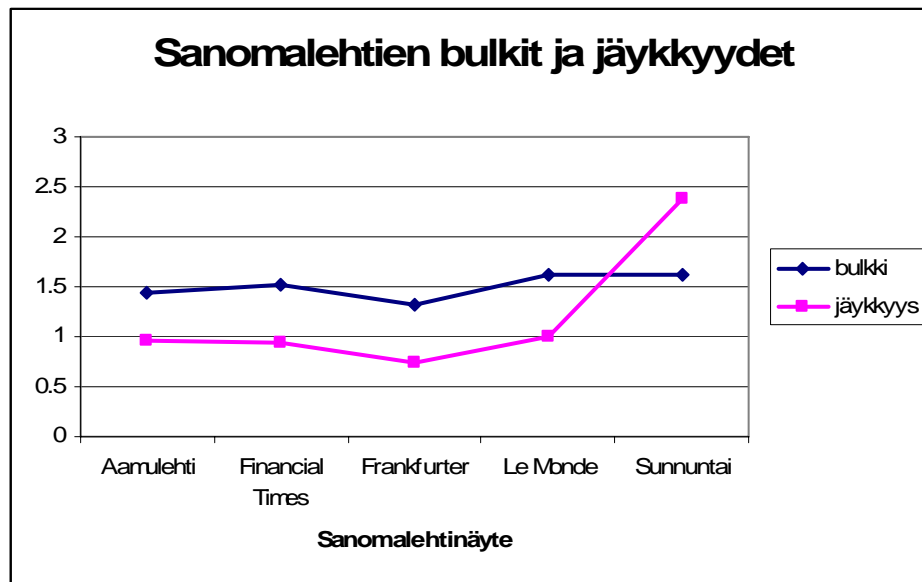
Optisten ominaisuuksien tapauksessa suurin ero eri näytteiden välille tulee massavalinnasta. Puhtaasti mekaanista massaa sisältävä Sunnuntai-liitteen paperi on uusiomassapitoisiin papereihin verrattuna optisilta ominaisuuksiltaan parempaa. Ainoastaan valon absorptio oli muita alhaisempi, koska korkeamman vaaleutensa vuoksi valo etupäässä siroaa paperista eikä absorboidukaan siihen. Punaisen värinsä vuoksi Financial Timesin valon absorptiokerroin oli suurin.

Eräs tärkeä ero uusiomassan ja mekaanisen massan välillä on massan likaisuus. Uusiomassasta jää paperiin likapilkkuja, jotka heikentävät paperin ulkonäköä. Likaisuutta on vaikea mitata, vaan se on ennemminkin visuaalinen suure.

### 4.3 Jäykkyys

Taivutusjäykkyyteen vaikuttaa eniten näytteen paksuus. Sen kasvaessa jäykkyys kasvaa eksponentiaalisesti. Paksuutta voidaan kasvattaa neliömassaa kasvattamalla, mutta koska se ei sanomalehden tapauksessa useinkaan ole mahdollista, on paksuutta kasvatettava bulkkia kasvattamalla.

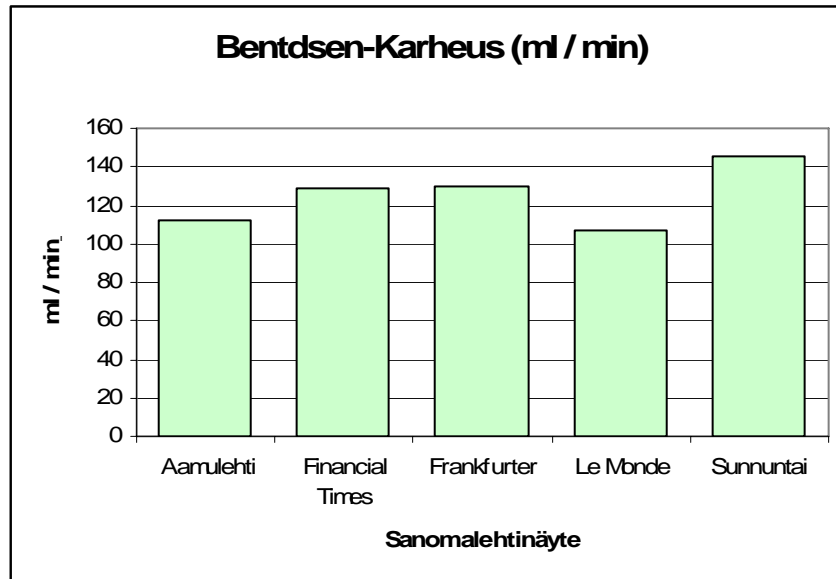
Neliömassaltaan muita näytteitä alhaisempi Le Monde on jäykkyydeltään samaa luokkaa muiden tavallista sanomalehtipaperia sisältävien näytteiden kanssa. Tämä selittyy muita korkeamman bulkin myötä. Kuvassa 15 on verrattu näytteiden jäykkyyksiä ja bulkkeja. Niiden välillä on selvä korrelaatio. Sunnuntai-liitteen korkea jäykkyys on kuitenkin suurilta osin muita korkeamman paksuuden ansiota. Frankfurter Allgemeiner alhaisempi jäykkyys johtuu alhaisemmasta paksuudesta.



**Kuva 15** Sanomalehtinäytteiden suhteelliset bulkit ja jäykkyydet

#### 4.4 Pinnan ominaisuudet

Sanomalehden painatuksessa riittävä pinnan karheus ja painoväriin absorptio ovat tärkeitä suureita mm. set-offin ehkäisemiseksi. Kuvasta 16 nähdään, että Sunnuntai-liitteen pinnan karheus on jonkin verran muita näytteitä suurempi. Lisäksi se absorboi nestepisaran huomattavasti nopeammin kuin muut näytteet. Voidaan siis todeta, että coldset offset –painatuksen kannalta Sunnuntai-liitteen paperi oli pinnan ominaisuuksiltaan tutkituista näytteistä selvästi parasta.



**Kuva 16** Sanomalehtinäytteiden Bentdsen-karheudet

Paperin pintalujuudella on myös merkittävä rooli painatustapahtuman onnistumisen kannalta. Hyvä pintalujuus estää tahmeaa painoväriä irrottamasta partikkeleita paperin pinnassa painatuksen yhteydessä ja estää pölyämistä. Tässä työssä saadut pintalujuuden mittaustulokset olivat sen verran epävarmoja, ettei näytteiden pintalujuuden osuutta pintalujuuden suhteen lainkaan analysoida.

Financial Timesin ja Frankfurterin Allgemeinein nesteen absorptiokyvyt olivat muita näytteitä alhaisemmat, mutta toisaalta niiden pintojen karheudet olivat Aamulehteä ja Le Mondea korkeammat. Tämä osaltaan kompensoi huonomman absorptiokyvyn. Frankfurter Allgemeinein huonompi absorptiokyky selittyy osaltaan suuremmalla tiheydellä, jolloin paperin sisäisten huokosten määrä on pienempi. Uusiomassan käyttö alentaa myös osaltaan paperin absorptiokykyä, sillä uusiomassan turpoamisominaisuudet eivät enää ole samalla tasolla kuin ensiökuidulla.

Karheuden määrää voidaan säätää kalanteroimalla. Nesteen absorptiota voidaan hidastaa muun muassa pintaliimauksella, mutta sitä ei sanomalehden valmistuksessa käytetä.

#### 4.5 Yhteenveto

Suomalaisten ja eurooppalaisten sanomalehtipaperien ominaisuuksien välillä ei ole suuria eroja sen vuoksi, että sanomalehtipaperi on hyvin suuressa määrin standardituote. Neliömassat, vaaleudet ja muut kriittiset ominaisuudet saadaan kyllä halutulle tasolle, oli raaka-aine sitten uusiomassaa tai mekaanista massaa.

Erikoissanomalehtipaperit ovat monilta osin tavallisia sanomalehtipapereita parempia. Näihin selityksenä ovat muun muassa korkeampi neliömassa ja vaaleampi kuituraaka-aine.

Kuituanalyysin perusteella ei voitu aukottomasti päätellä näytteiden sisältämän pitkäkuitusellun määrää, mutta sen osuus massasta oli kaikilla näytteillä korkeintaan muutaman prosentin luokkaa. Mikroskooppikuvistakaan ei löytynyt yksittäisten kuitujen lisäksi juuri muita puulajeja kuin kuusta.

Muun muassa tuhka- ja nesteen absorptiomittausten perusteella voidaan päätellä, että Frankfurter Allgemeine ja Financial Times sisältävät eniten ja Le Monde vähiten uusiomassaa. Le Monden erittäin alhainen tuhkapitoisuus viittaa suureen mekaanisen massan pitoisuuteen. Lisäksi sen nesteen absorptiokyky oli suhteellisen hyvä. Frankfurter Allgemeinella ja Financial Timesilla tilanne oli juuri päinvastainen.

Suurin ero suomalaisten ja eurooppalaisten sanomalehtipapereiden välille tulee uusiomassan käytön myötä ilmaantuviin tahmo- ja prosessiongelmiin. Ensinnäkin keräyspaperin käyttö sanomalehtipaperin valmistuksessa tarvitsee oman siistauslaitoksensa. Lisäksi uusiomassan mukana tulevat epäpuhtaudet vaikeuttavat määrän pään kemian hallintaa ja voivat aiheuttaa ajettavuusongelmia paperikoneella.

Vaikka tämän työn perusteella eroja suomalaisten ja eurooppalaisten sanomalehtipaperien ominaisuuksien välillä ei kovin paljon ole, oli sen toteaminen kuitenkin tulos sinänsä. Tämän työn pohjalta voisi olla mielenkiintoista tutkia, miten eri

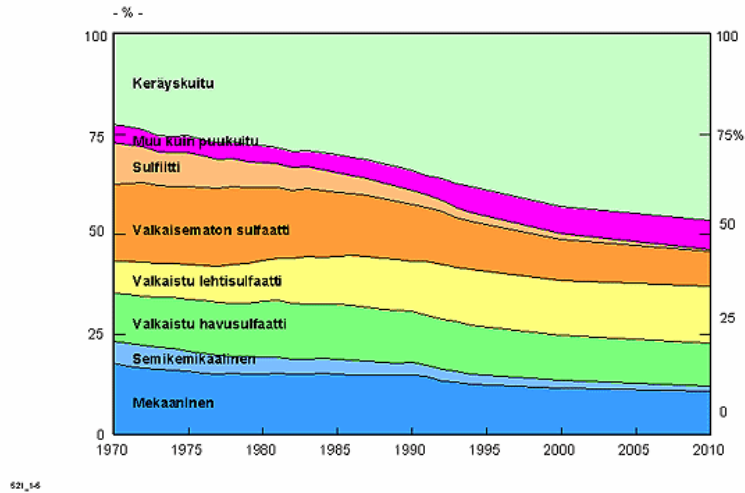
massakoostumukset vaikuttavat sanomalehtipaperin ominaisuuksiin. Työn voisi suorittaa tekemällä koearkkeja käyttäen sellua, mekaanista massaa ja uusiomassaa eri massaosuuksilla ja tutkia, miten niiden osuuksien sekä jauhatuksen määrän vaihtelu vaikuttaa paperin ominaisuuksiin.

## 5 SANOMALEHDEN TULEVAISUUS

Sanomalehtien neliömassat tulevat putoamaan tulevaisuudessa nykyisestä. Neliömassan alentamista puoltavat monet tuotannolliset ja taloudelliset seikat. Paperikoneella alhaisempi neliömassa tuo säästöjä, sillä silloin joudutaan kuivattamaan vähemmän vettä. Myös raaka-aineita kuluu pinta-alaa kohden vähemmän. Tästä seuraa, että yhteen rullaan mahtuu enemmän metrejä, jolloin painokoneella ei tarvitse tehdä niin usein rullanvaihtoja ja tuotanto nopeutuu. Kuljetuskustannuksetkin alenevat alempien neliömassojen myötä.

Kuvasta 17 nähdään, että uusiomassan käyttö sanomalehden valmistuksessa on kasvanut tasaisesti 1970-luvulta asti. Suomessa talteenottoaste on noin 70 %. Euroopassa uusiomassan käyttö on jo korkealla tasolla, mutta muualla maailmassa käyttö on vähäisempää. Kun Pohjois-Amerikassa aletaan laajamittaisemmin käyttää uusiokuitua paperin valmistuksessa, nousee sen osuus kuitumassojen joukossa entisestään.

MAAILMAN PAPERI- JA KARTONKITUOTANNON KUITUTUOTANNON  
RAKENNE 1970-2010



**Kuva 17** Maailman paperi- ja kartonkituotannon kuitutuotannon rakenne 1970 - 2010 /23/

Neliömassojen alentamisesta ja uusiomassan lisääntyneestä käytöstä huolimatta monet sanomalehtipaperin tärkeät ominaisuudet, kuten lujuudet ja jäykkyys, halutaan pitää samalla tasolla tai jopa hieman parantaa niitä. Kasvaneet painatusnopeudet ja lisääntynyt moniväripainatus asettavat tiukempia vaatimuksia myös sanomalehtipaperin ominaisuuksille. Nämä seikat takaavat, että sanomalehtipaperin valmistajilla riittää haasteita myös tulevaisuudessa.

Internetin ja muiden medioiden puristuksessa sanomalehtien lukijoiden määrä on ollut lievässä laskussa jo useita vuosikymmeniä. Tämän kehityksen vuoksi sanomalehdet ovat siirtymässä yhä enemmän moniväripainatukseen. Myös erilaisten liitteiden määrä tulee kasvamaan. Havaittavissa on myös formaatin vaihtumista broadsheetistä tabloidiin sekä sisällön viihteellistymistä. /24./

Internet on tuonut sanomalehden julkaisijoille mahdollisuuden tuoda verkkolehden painetun sanomalehden rinnalle. Tämä helpottaa muun muassa ilmoitusmyyntiä, jolloin verkkoilmoitukset ja painetut ilmoitukset tukevat toisiaan. Sanomalehtien painosten

lukumäärät tulevat kasvamaan, sillä ne segmentoidaan yhä suppeammille asiakasryhmille. /24./

Mikäli sanomalehti aikoo menestyä viestimien välisessä kilpailussa, on sen mukauduttava rytmiin, jossa tapahtumat uutisoidaan välittömästi. Internet mahdollistaa reaaliaikaisen uutisoinnin, joten sanomalehtien julkaisijat voivat lehden verkkoversion avulla uutisoida tapahtumat välittömästi. Seuraavana päivänä ilmestyvässä painetussa versiossa voidaan taustoittaa ja analysoida nämä uutiset vielä tarkemmin.

Ihminen on myös muuttumassa sanomalehden lukijasta käyttäjäksi. Interaktiivisuus sanomalehden sisällöntuotannossa on jo kasvanut ja tulee kasvamaan entisestään. Tämä on havaittavissa esimerkiksi erilaisten tekstiviestipalstojen yleistymisenä viime vuosina.

Sanomalehdellä on mahdollisuus säilyttää asemansa viestintävälineenä tulevaisuudessakin, mikäli se sopeutuu muuttuvaan toimintaympäristöönsä. Ihmiset ovat jatkuvasti asiallisen tai vähemmän asiallisen informaatiotulvan alla. Sanomalehti tuo vakautta tähän kaaokseen, ja juuri siihen sanomalehden vahvuus viestimenä perustuukin.

## LÄHDELUETTELO

### Painetut lähteet:

- /1/ Haapoja, Kyösti, *Defining an optimum for surface for coldset offset paper*. Diplomityö. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto. 2000.
- /2/ Häggblom-Ahnger, Ulla – Komulainen, Pekka, *Paperin ja kartongin valmistus*. Helsinki: Opetushallitus. 2000. ISBN 952-13-1746-9.
- /3/ Partio, Mikko A., *Print-through in Newsprint*. Diplomityö. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto. 1998.
- /4/ Paulapuro, Hannu, *Paper and board grades*. Helsinki: Fapet Oy. 2000. ISBN 952-5216-18-7.
- /5/ Pauler, Nils, *Paper optics*. Kista, Ruotsi: AB Lorentzen & Wettre. 1998. ISBN 91-971765-6-7
- /6/ Särelä, Seppo, *Uncoated paper surface for coldset web offset printing. Set-off studies*. Doctoral thesis. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto, Paperitekniiikan laboratorio. 2004. ISBN 951-22-7156-7.
- /7/ TAMK, *Benttsen-karheus*. Ohje. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.
- /8/ TAMK, *Murtositkeys ja vetolujuus*. Ohje. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.
- /9/ TAMK, *Neliömassa*. Ohje. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.
- /10/ TAMK, *Paksuus, (pinopaksuus) ja kiintotiheys*. Ohje. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.
- /11/ TAMK, *Pinnan karheus - PPS*. Ohje. Tampere, Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.
- /12/ TAMK, *Pintalujuus*. Ohje. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.
- /13/ TAMK, *Repäisy Elmendorf*. Ohje. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.
- /14/ TAMK, *Taivutusvastus*. Ohje. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Paperilaboratorio.

## LÄHDELUETTELO

### Painamattomat lähteet:

/15/ Kaunisto, Marikki, *Paperinvalmistuksen kemia luentokalvot*. 2007. Tampereen teknillinen yliopisto.

/16/ Retulainen, Elias, *Kuitu- ja paperifysiikka luentokalvot*. 2007. Tampereen teknillinen yliopisto.

### Sähköiset lähteet:

/17/ Metsäteollisuus ry, *Massa ja paperi* [verkkodokumentti].  
[viitattu 17.4.2007]. Saatavissa: <http://www.forestindustries.fi/tuotteet/massa/>

/18/ VTT Tuotteet ja tuotanto, *Knowpap 8.0* [sähköinen oppimisympäristö]. 1997 -2006.  
[Viitattu 27.4.2007]. TAMK-palvelin > Käynnistä-valikko > Run > \\book\knowpap > KnowPap\_Suomi.html > Aloita > Tuotteet ja ominaisuudet > Paperit > Paino- ja kirjoituspaperit > Sanomalehtipaperi paperilajina.

/19/ VTT Tuotteet ja tuotanto, *Knowpap 8.0* [sähköinen oppimisympäristö]. 1997-2006.  
[Viitattu 27.4.2007]. TAMK-palvelin > Käynnistä-valikko > Run > \\book\knowpap > KnowPap\_Suomi.html > Aloita > Tuotantoprosessit > Uusiomassa > Uusiomassa – yleistä > Uusiomassan käytön haasteet.


/20/ VTT Tuotteet ja tuotanto, *Knowpap 8.0* [sähköinen oppimisympäristö]. 1997-2006.  
[Viitattu 27.4.2007]. TAMK-palvelin > Käynnistä-valikko > Run > \\book\knowpap > KnowPap\_Suomi.html > Aloita > Tuotteet ja ominaisuudet > Ominaisuudet > Lujuusominaisuudet

/21/ VTT Tuotteet ja tuotanto, *Knowpap 8.0* [sähköinen oppimisympäristö]. 1997-2006.  
[Viitattu 27.4.2007]. TAMK-palvelin > Käynnistä-valikko > Run > \\book\knowpap > KnowPap\_Suomi.html > Aloita > Tuotteet ja ominaisuudet > Ominaisuudet > Pinnan laatu ja huokosrakenne

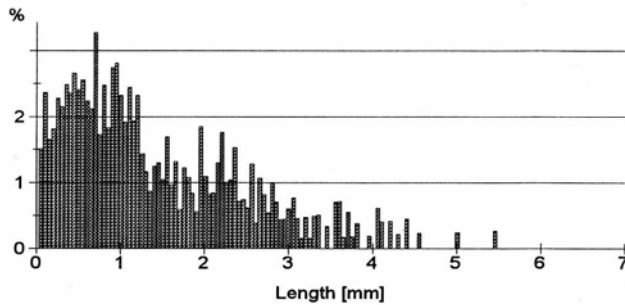
/22/ VTT Tuotteet ja tuotanto, *Knowpap 8.0* [sähköinen oppimisympäristö]. 1997-2006.  
[Viitattu 27.4.2007]. TAMK-palvelin > Käynnistä-valikko > Run > \\book\knowpap > KnowPap\_Suomi.html > Aloita > Tuotteet ja ominaisuudet > Ominaisuudet > Optiset ominaisuudet

/23/ VTT Tuotteet ja tuotanto, *Knowpap 8.0* [sähköinen oppimisympäristö]. 1997-2006.  
[Viitattu 27.4.2007]. TAMK-palvelin > Käynnistä-valikko > Run > \\book\knowpap > KnowPap\_Suomi.html > Aloita > Raaka-aineet > Massat > Uusiomassa

/24/ TKK Viestintätekniiikan laboratorio, *Graafinen viestintätekniiikka* [luentokalvot].  
1.12.2006 [Viitattu 7.5.2007]. Saatavissa:  
<http://www.media.hut.fi/~as753118/luentokalvot2006/sanomalehti-1.pdf>

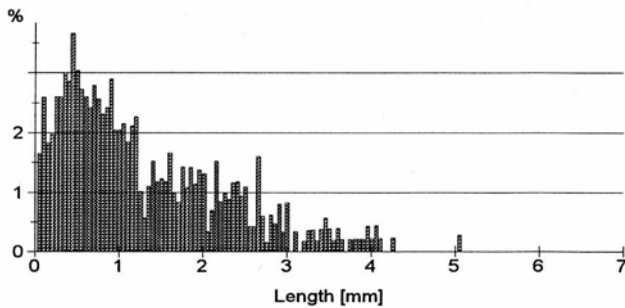
	<b>Summary Report</b>		<b>Tampereen Ammattikorkeakoulu/paperiteknikka</b>	
	<b>D3</b>		<b>12/12/06 14:20</b>	
Sample ID - Place 033 - Aamulehti	Sample name FiberLab_121206_1420		Date 12-12-06 14:10	
Notes  Tiistai2				

**Fiber length - weighted distribution**



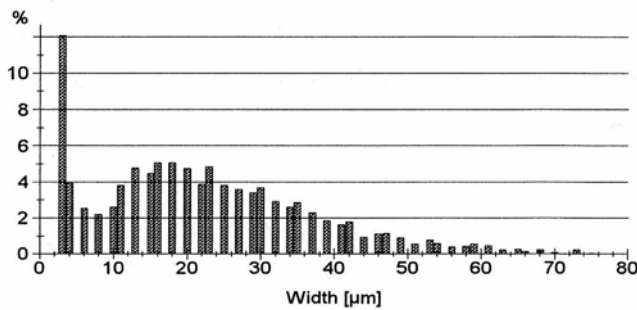
<b>Length results:</b>	<b>Cont</b>	<b>Proj</b>	
L(n)	0.45	0.41	mm
L(l)	1.42	1.27	mm
L(w)	2.31	2.04	mm
Fines(n)	27.22	27.22	%
Fines(l)	1.51	1.64	%
Fibers measured		4376	pcs
Length range		0.00 - 7.60	mm
<b>Coarseness</b>	<b>0.453</b>		<b>mg/m</b>
Fibers/mg	4891.07		pcs/mg
Weight	2.04		mg
Fibers total	9968		pcs

**Proj. length - weighted distribution**



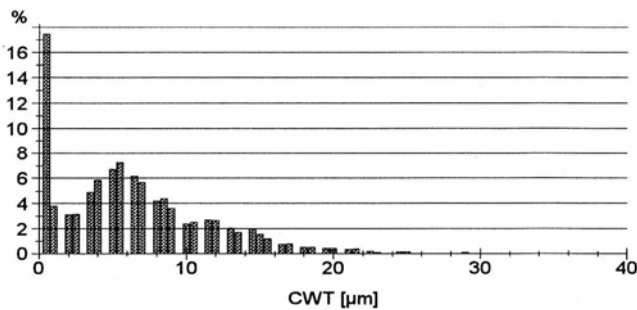
<b>Wood species:</b>	<none>	
	<b>Cont</b>	<b>Proj</b>
Reference 1:	0.0	0.0 %
Reference 2:	0.0	0.0 %
Reference 3:	0.0	0.0 %
<b>Custom results:</b>		
Y1:	0.0	abcde
Y2:	0.0	abcde
Y3:	0.0	abcde

**Fiber width distribution**




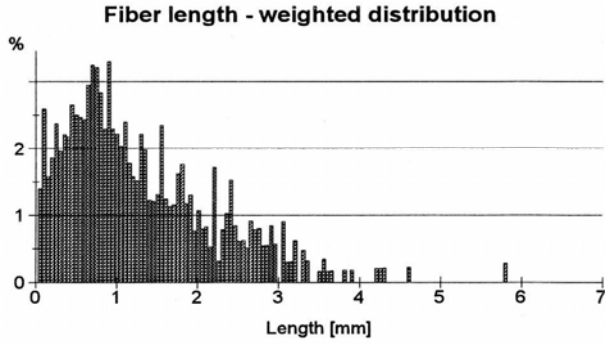
<b>Length weighted fractions:</b>			
mm	<b>Fr (l)</b>	<b>Fr p(l)</b>	
0.00 - 0.05	1.51	1.64	%
0.05 - 0.10	2.38	2.59	%
0.10 - 0.20	3.46	3.79	%
0.20 - 0.40	9.28	11.05	%
0.40 - 1.00	29.20	31.52	%
1.00 - 7.60	54.17	49.40	%

**Fiber CWT distribution**

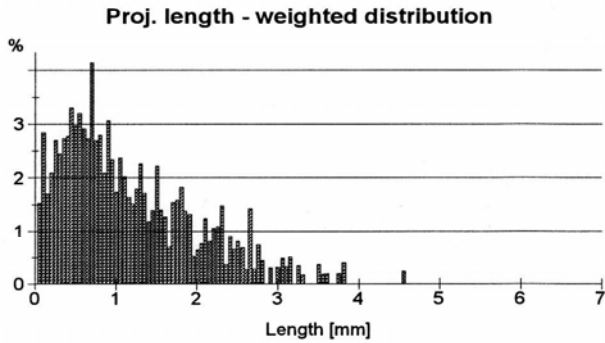


Fiber width:	20.9	µm
Fiber CWT:	5.8	µm
Fibers Imaged:	3141	pcs
Width range:	1 - 100	µm
CWT range:	0.5 - 50.0	µm

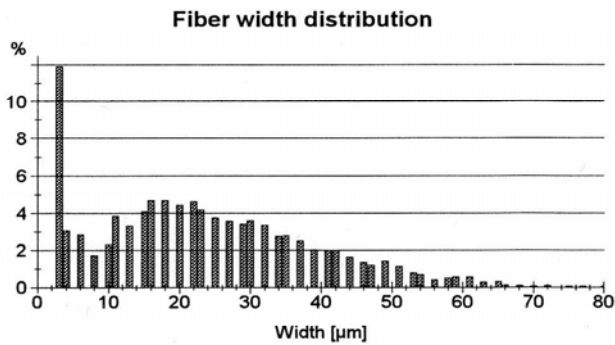
	<b>Summary Report</b> D3	Tampereen Ammattikorkeakoulu/paperiteknikka 12/12/06 14:51
	Sample ID - Place 035 - Financial	Sample name FiberLab_121206_1451
Notes Tiistai2		



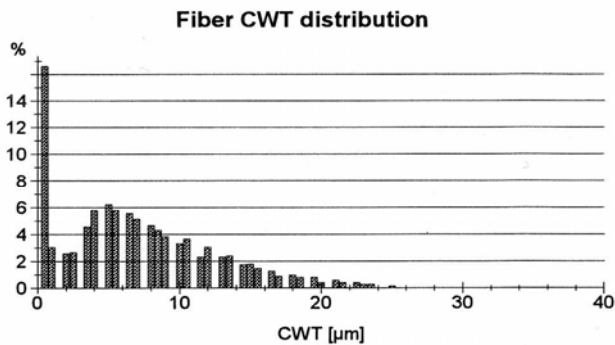
Length results:	Cont	Proj	
L(n)	0.45	0.41	mm
L(l)	1.27	1.15	mm
L(w)	1.95	1.76	mm
Fines(n)	25.13	25.13	%
Fines(l)	1.41	1.53	%
Fibers measured		4509	pcs
Length range		0.00 - 7.60	mm
Coarseness	0.503		mg/m
Fibers/mg	4449.34		pcs/mg
Weight	2.04		mg
Fibers total	9090		pcs



Wood species:	Cont	Proj	
Reference 1:	0.0	0.0	%
Reference 2:	0.0	0.0	%
Reference 3:	0.0	0.0	%
Custom results:			
Y1:	0.0	abcde	
Y2:	0.0	abcde	
Y3:	0.0	abcde	



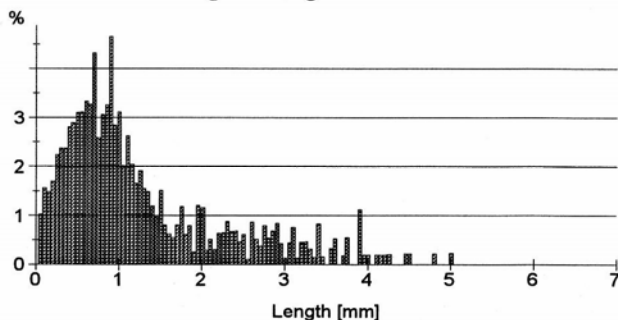
Length weighted fractions:	Fr (l)	Fr p(l)	
mm			
0.00 - 0.05	1.41	1.53	%
0.05 - 0.10	2.60	2.83	%
0.10 - 0.20	3.43	3.78	%
0.20 - 0.40	8.70	10.63	%
0.40 - 1.00	32.41	33.95	%
1.00 - 7.60	51.45	47.29	%



Fiber width:	22.4	µm
Fiber CWT:	6.5	µm
Fibers Imaged:	3201	pcs
Width range:	1 - 100	µm
CWT range:	0.5 - 50.0	µm

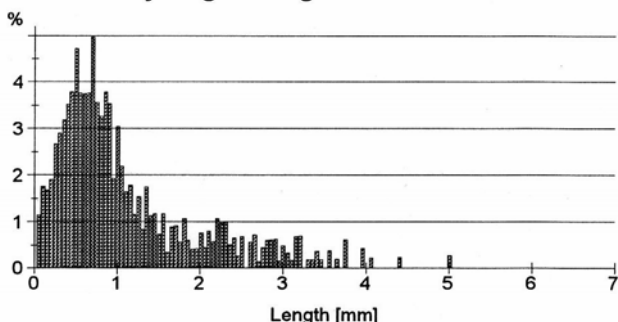
<b>FiberLab</b> <sup>TM</sup> Sample ID - Place 031 - Frankfurter Notes Tiistai2	Summary Report D3	Tampereen Ammattikorkeakoulu/paperiteknikka 12/12/06 13:47
	Sample name FiberLab_121206_1347	Date 12-12-06 13:38

**Fiber length - weighted distribution**



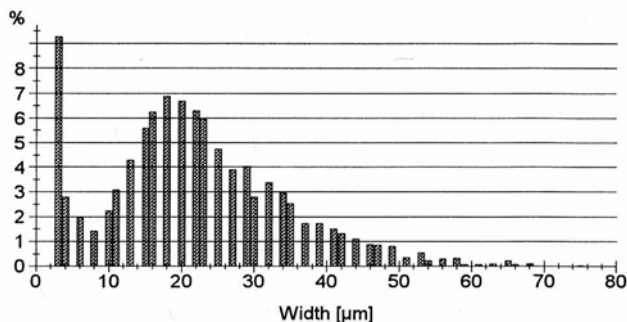
Length results:	Cont	Proj	
L(n)	0.49	0.44	mm
L(l)	1.26	1.09	mm
L(w)	2.07	1.82	mm
Fines(n)	20.37	20.37	%
Fines(l)	1.03	1.15	%
Fibers measured		4139	pcs
Length range	0.00 - 7.60		mm
Coarseness	0.293		mg/m
Fibers/mg	6912.26		pcs/mg
Weight	2.04		mg
Fibers total	14101		pcs

**Proj. length - weighted distribution**



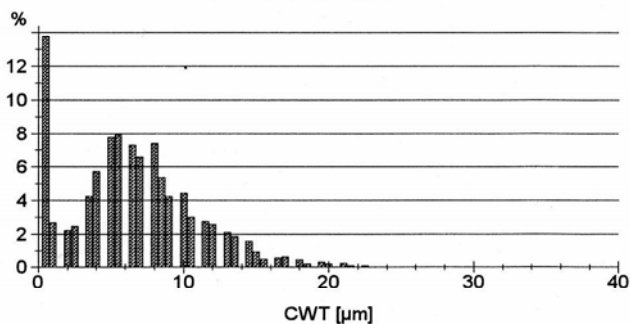
Wood species:	Cont	Proj	
<none>			
Reference 1:	0.0	0.0	%
Reference 2:	0.0	0.0	%
Reference 3:	0.0	0.0	%
Custom results:			
Y1:	0.0	abcde	
Y2:	0.0	abcde	
Y3:	0.0	abcde	

**Fiber width distribution**



Length weighted fractions:	Fr (l)	Fr p(l)	
mm			
0.00 - 0.05	1.03	1.15	%
0.05 - 0.10	1.58	1.76	%
0.10 - 0.20	3.18	3.57	%
0.20 - 0.40	9.78	12.26	%
0.40 - 1.00	39.59	43.80	%
1.00 - 7.60	44.84	37.46	%

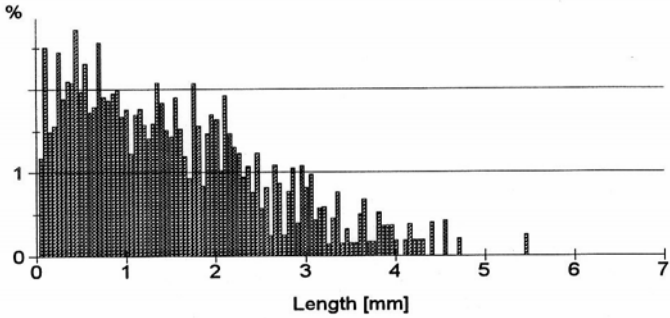
**Fiber CWT distribution**



Fiber width:	20.5	µm
Fiber CWT:	5.9	µm
Fibers Imaged:	3262	pcs
Width range:	1 - 100	µm
CWT range:	0.5 - 50.0	µm

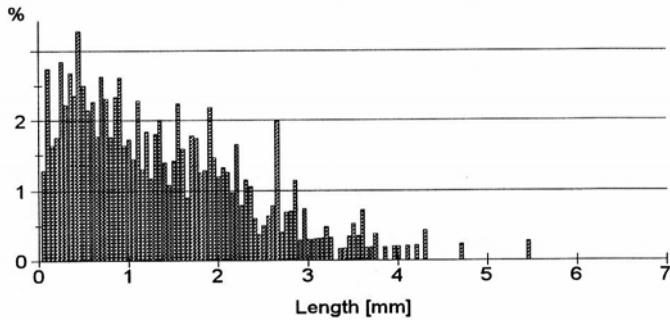
<b>FiberLab</b> ™ Summary Report D3	Tampereen Ammattikorkeakoulu/paperiteknikka 12/12/06 14:07	
	Sample ID - Place 032 - LeMonde	Sample name FiberLab_121206_1407
Notes Tiistai2		

Fiber length - weighted distribution



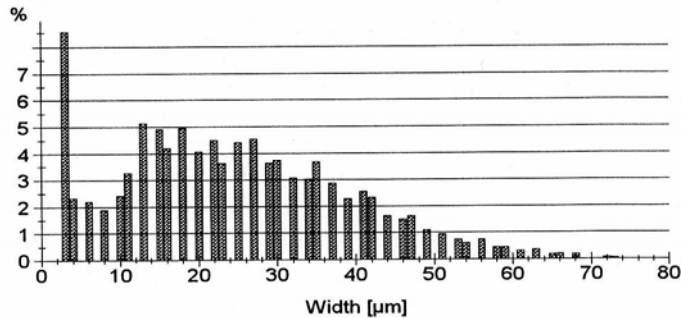
Length results:	Cont	Proj	
L(n)	0.50	0.45	mm
L(l)	1.51	1.36	mm
L(w)	2.27	2.09	mm
Fines(n)	23.40	23.40	%
Fines(l)	1.18	1.29	%
Fibers measured		4351	pcs
Length range	0.00 - 7.60		mm
Coarseness	0.451		mg/m
Fibers/mg	4465.85		pcs/mg
Weight	2.04		mg
Fibers total	9088		pcs

Proj. length - weighted distribution



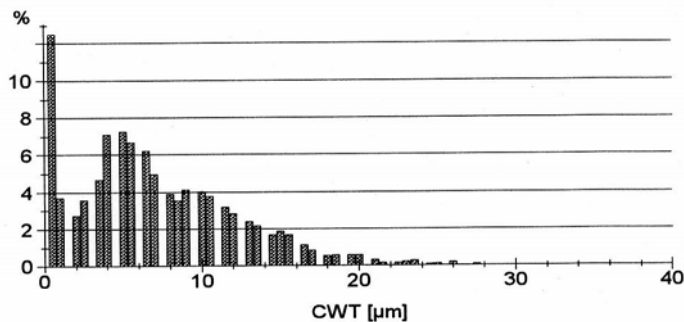
Wood species:	<none>	
	Cont	Proj
Reference 1:	0.0	0.0 %
Reference 2:	0.0	0.0 %
Reference 3:	0.0	0.0 %
Custom results:		
Y1:	0.0	abcde
Y2:	0.0	abcde
Y3:	0.0	abcde

Fiber width distribution




Length weighted fractions:		
mm	Fr (l)	Fr p(l)
0.00 - 0.05	1.18	1.29 %
0.05 - 0.10	2.50	2.74 %
0.10 - 0.20	3.05	3.40 %
0.20 - 0.40	8.52	10.10 %
0.40 - 1.00	24.24	26.99 %
1.00 - 7.60	60.51	55.49 %

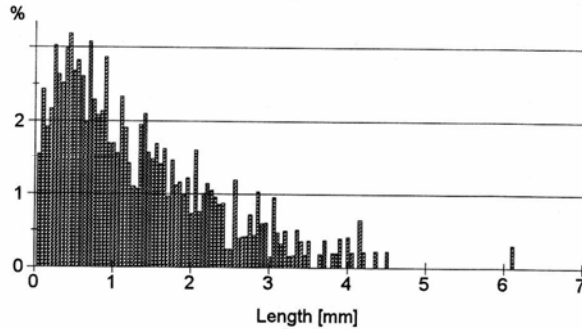
Fiber CWT distribution



Fiber width:	23.3	µm
Fiber CWT:	6.4	µm
Fibers Imaged:	2960	pcs
Width range:	1 - 100	µm
CWT range:	0.5 - 50.0	µm

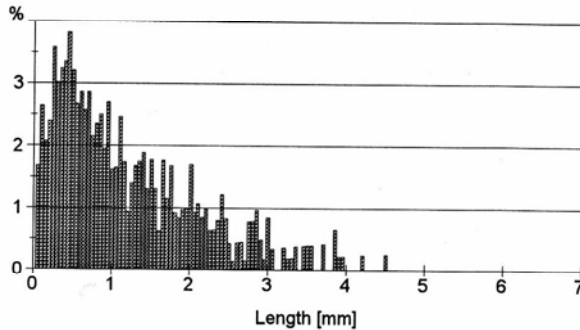
	<b>Summary Report</b> D3	Tampereen Ammattikorkeakoulu/paperiteknikka 12/12/06 14:32
	Sample ID - Place 034 - Sunnuntai	Sample name FiberLab_121206_1432
Notes Tiistai2		

Fiber length - weighted distribution



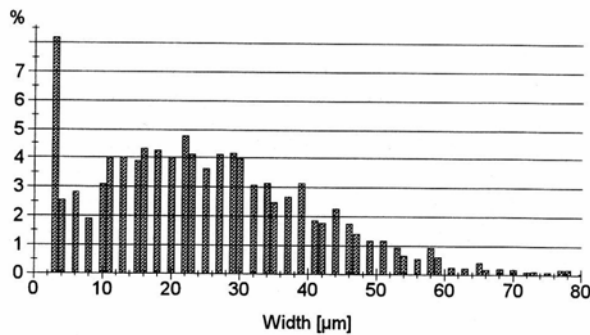
Length results:	Cont	Proj	
L(n)	0.42	0.39	mm
L(l)	1.30	1.17	mm
L(w)	2.10	1.90	mm
Fines(n)	26.28	26.28	%
Fines(l)	1.55	1.68	%
Fibers measured		4471	pcs
Length range		0.00 - 7.60	mm
Coarseness	0.513		mg/m
Fibers/mg	4612.36		pcs/mg
Weight	2.04		mg
Fibers total	9400		pcs

Proj. length - weighted distribution



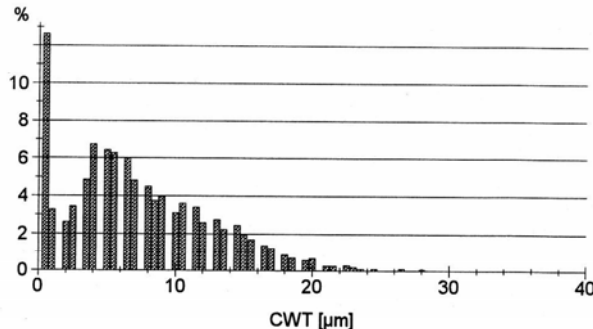
Wood species:	<none>	
	Cont	Proj
Reference 1:	0.0	0.0 %
Reference 2:	0.0	0.0 %
Reference 3:	0.0	0.0 %
Custom results:		
Y1:	0.0	abcde
Y2:	0.0	abcde
Y3:	0.0	abcde

Fiber width distribution



Length weighted fractions:	Fr (l)	Fr p(l)
0.00 - 0.05	1.55	1.68 %
0.05 - 0.10	2.43	2.64 %
0.10 - 0.20	4.09	4.46 %
0.20 - 0.40	11.19	13.17 %
0.40 - 1.00	29.19	31.25 %
1.00 - 7.60	51.55	46.80 %

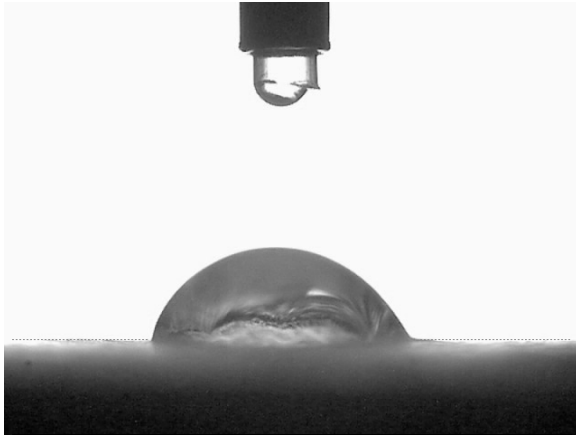
Fiber CWT distribution



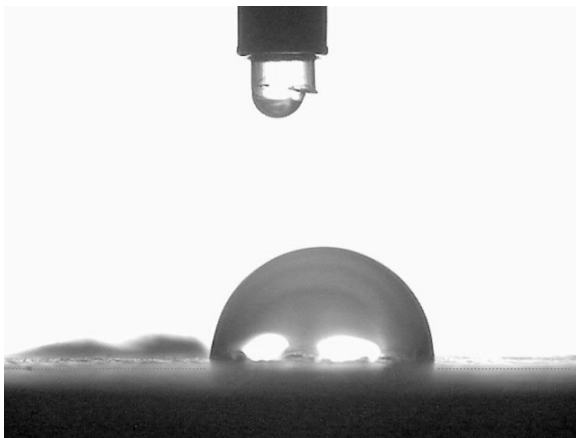
Fiber width:	23.9	µm
Fiber CWT:	6.7	µm
Fibers Imaged:	3026	pcs
Width range:	1 - 100	µm
CWT range:	0.5 - 50.0	µm

Goniometri-testin pisaran  
pudotuskuvia

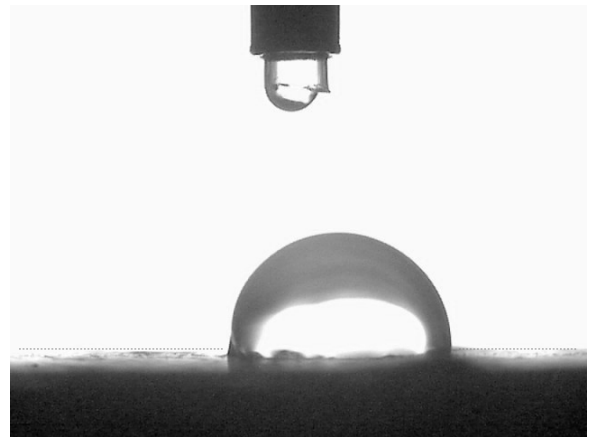
Pisara numero 3,  
1,5 sekuntia pudotushetkestä



Aamulehti



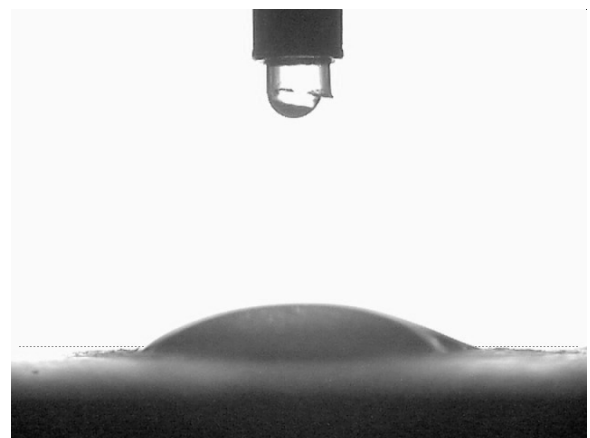
Financial Times



Frankfurter Allgemeine



Le Monde

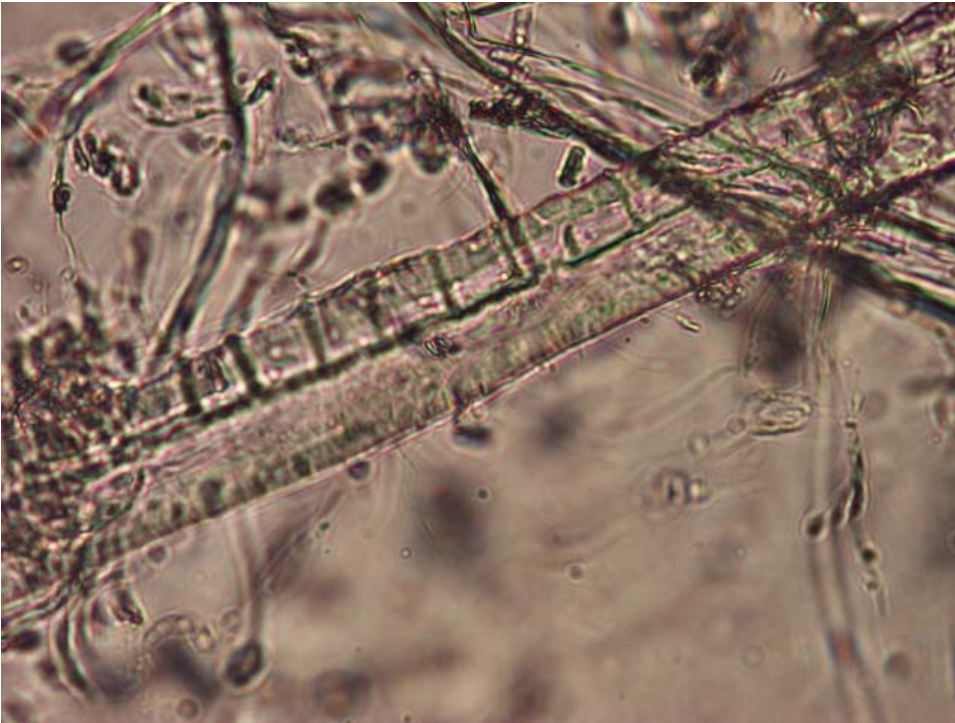


Sunnuntai

Näytteiden sisältämiä eri puulajien kuituja



Financial Times: kuusikuitu



Aamulehti: mäntykuitu