

Kaija Tikka

KOSTEUSMITTAUSLAITTEISTON KALIBROINTI JA  
KÄYTTÖÖNOTTO

Kemiantekniikan koulutusohjelma  
2009



# KOSTEUSMITTAUSLAITTEISTON KALIBROINTI JA KÄYTTÖÖNOTTO

Tikka, Kaija  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
toukokuu 2009  
Vaittinen, Reijo  
UDK: 543.42, 681.2.089  
Sivumäärä: 48 + 21

Asiasanat: infrapunatekniikka, kalibrointi, kosteus, kuidut

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli kosteusmittauslaitteiston kalibrointi ja käyttöönotto kuitukankaan tuotantolinjalla. Työssä kosteusmittauslaitteisto kalibroitiin viidelle kuitukangaslaadulle ja kosteuden mittaus otettiin käyttöön näiden laatuojen osalta.

Työssä tarkastellaan kuitukankaan valmistusprosessia ja kosteuden mittaamiseen liittyvää infrapunatekniikkaa. Lisäksi käsitellään kosteusmittauslaitteiston toimintaperiaatetta ja käyttöä, kalibroinnin suorittamista ja referenssianalyysissä käytetyn kosteusanalyysattorin toimintaa.

Kosteusmittauslaitteiston kalibrointia varten suunniteltiin ja toteutettiin koeajot viidellä kuitukangaslaadulla. Kalibrointi suoritettiin vertaamalla kosteusmittauslaitteiston antamia tuloksia laboratorioissa suoritettujen referenssianalyysien tuloksiin ja muuttamalla kosteusmittauslaitteiston säätöarvoja niin, että tulokset vastasivat toisiinsa mahdollisimman tarkasti. Kangaslaaduille luotiin kosteusmittauslaitteistoon omat reseptit, jotta säätöarvot pystyttiin määrittämään jokaiselle kuitukangaslaadulle erikseen. Kalibrointi varmistettiin ottamalla tuotannon aikana laadunvalvontanäytteitä.

## CALIBRATION AND COMMISSIONING OF A HYGROMETER

Tikka, Kaija

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Chemical Engineering

May 2009

Vaittinen, Reijo

UDC: 543.42, 681.089

Number of pages: 48 + 21

Key words: calibration, fibre, infrared technology, moisture

---

### ABSTRACT

The subject of this thesis was calibration and commissioning of a hygrometer which is based on infrared technology. The hygrometer is placed in a production line of nonwoven fabric. In this work the hygrometer was calibrated with five different nonwoven fabrics and moisture determination was commissioned with these fabrics.

The thesis concerns manufacturing of nonwoven fabric and infrared technology which is related to moisture determination. The operational principle and use of hygrometer, calibration and function of moisture regain oven used in the reference analyses are also handled in this work.

For the calibration of the hygrometer trials with five different nonwoven fabrics were planned and executed. Calibration was executed by comparing the results of the hygrometer with the results of the reference analyses and altering the settings of the hygrometer. The target was to make the results correspond between the hygrometer and the reference analyses. In the hygrometer settings were made for each nonwoven fabric to specify the moisture determination for every fabric separately. Calibration was ensured with quality control samples during production.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Suominen Kuitukankaat Oy.....	6
1.2	Tuotteet ja raaka-aineet.....	7
2	KUITUKANKAAN VALMISTUS .....	8
2.1	Kuitukankaan määritelmä .....	8
2.2	Kuitukankaiden jaottelu valmistustavan mukaan .....	8
2.3	Kuituharson sidonta .....	10
2.4	Kuitukankaan viimeistely .....	12
2.5	Kuitukankaan valmistus tuotantolinjalla 43 .....	12
3	SPEKTROMETRIA.....	14
3.1	Spektrometri.....	14
3.2	Valon absorptio.....	14
4	INFRAPUNASPEKTROMETRIA .....	15
4.1	Aallonpituus ja aaltoluku .....	15
4.2	Infrapunasäteilyn absorptio.....	15
4.3	Infrapunaspektrometri.....	16
4.4	Spektrin mittaaminen .....	17
4.5	Infrapunaspektrometrian käyttökohteet .....	18
5	KOSTEUSMITTAUSLAITTEISTO .....	18
5.1	Laitteiston osat ja niiden toiminta.....	18
5.1.1	Mittalaite .....	18
5.1.2	Keskusyksikkö .....	21
5.2	Toimintaedellytykset .....	22
5.3	Laitteiston sijoitus tuotantolinjalla.....	22
5.4	Laitteen käyttö .....	23
5.4.1	Käyttöjärjestelmä .....	23
5.4.2	Home page –ikkunan symbolit ja niiden toiminnot .....	24
5.4.3	Reseptin valitseminen .....	25
5.4.4	Uuden reseptin luominen .....	26
5.4.5	Reseptin asetusten muuttaminen .....	26
5.4.6	Kalibrointiin vaikuttavien säätöarvojen katsominen ja muuttaminen.....	27
6	KALIBROINTI .....	28
6.1	Kalibroinnin periaate .....	28
6.2	Kosteusmittauslaitteiston kalibrointi .....	29

6.2.1	Mittalaitteen kalibrointiin vaikuttavat asetukset .....	29
6.2.2	Uudet säätöarvot.....	31
7	KOSTEUSANALYSAATTORI .....	31
7.1	Toimintaperiaate .....	32
7.2	Laitteen käyttö .....	32
8	KOEAJOT .....	33
8.1	Koejärjestelyt.....	33
8.1.1	Näytteiden valmistelu.....	33
8.1.2	Valmistavat toimenpiteet kosteusmittauslaitteistolla .....	34
8.2	Kokeiden suoritus .....	34
8.2.1	Mittaus kosteusmittauslaitteistolla .....	34
8.3	Näytteiden analysointi kosteusanalyysointilaitteilla .....	35
8.4	Uusien säätöarvojen syöttäminen kosteusmittauslaitteistoon.....	36
9	NÄYTESARJAT TUOTANNON OLLESSA KÄYNNISSÄ .....	36
9.1	Koejärjestelyt tuotannon aikana.....	36
9.2	Näytteenotto tuotannon aikana .....	37
10	TULOKSET .....	38
11	VIRHEARVIOINTI .....	43
12	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	44
13	JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....	45

## LIITTEET

LIITE 1	Kalibrointitaulukot
LIITE 2	Referenssianalyysien mittauspöytäkirjat
LIITE 3	Näytesarjojen mittauspöytäkirjat
LIITE 4	IG710:n ja referenssianalyysien tulokset
LIITE 5	Kosteusmittauslaitteiston validointisuunnitelma

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Suominen Kuitukankaat Oy

Yritys sai alkunsa vuonna 1898, kun Juho Wiktor Suominen perusti nahkurinverstaan Nakkilaan. Käsityöverstas muuttui nahkatehtaaksi ensimmäisen tuotantorakennuksen valmistuttua vuonna 1908. Laajennusten myötä J. W. Suomisen Nahkatehdas keskittyi pohjanahan valmistukseen ja vuonna 1929 Suomisen Nahkatehtaasta tuli osakeyhtiö. /1/

1960-luvulla kenkien pohjamateriaalina alettiin käyttää synteettisiä aineita nahan sijasta, mikä johti yrityksen kasvun pysähtymiseen. Ongelman ratkaisemiseksi yhtiön liiketoimintaan sisällytettiin uusi toimiala. Ensimmäinen maininta nonwovenista eli ilman kutomista, suoraan kuiduista tapahtuvan tekstiilin valmistuksesta on johtokunnan pöytäkirjoissa vuodelta 1963. /1/

Varsinainen nonwoven-tuotanto alkoi vuonna 1965. Ensimmäiset tuotteet olivat nailonista valmistetut kokolattiamatot ja vanu vaateteollisuuden tarpeita varten. Mattojen tuotanto loppui vuonna 1986 ja vanun valmistus vuonna 1991. /1/

Vuonna 1982 J. W. Suomisen osake-enemmistö siirtyi ensimmäistä kertaa suvun ulkopuoliseen omistukseen, Lassila & Tikanojan haltuun. Toiminta jatkui kuitenkin täysin itsenäisenä yksikkönä. /1/

Tällä hetkellä Suominen Kuitukankaat on yksi Euroopan johtavista kuitukankaiden valmistajista. Yhtiö tuottaa monenlaisia rullatavarana toimitettavia kuitukankaita, joita käytetään pyyhintä-, hygieni- ja haavanhoitotuotteissa. Suominen Kuitukankaat Oy valmistaa myös polypropeenikuitua omaan käyttöönsä. /3/

Vuonna 2008 Suominen Kuitukankaat Oy:n liikevaihto oli 76,3 miljoonaa euroa. Viennin osuus oli yli 90 %. Suurimmat markkina-alueet ovat Eurooppa ja Pohjois-Amerikka. Yhtiölle on myönnetty ISO 14001 ja ISO 9001:2000 –sertifikaatit ja

tuotannossa noudatetaan laatujärjestelmää, jossa on määritelty hyvät tuotantotavat ja hygieniaohjeet (GMP, Good Manufacturing Practice). /3/



Kuva 1. Suominen Kuitukankaat Oy, Nakkila /12/

## 1.2 Tuotteet ja raaka-aineet

Suominen Kuitukankaat Oy:n valmistamat kuitukankaat jaotellaan tuotemerkeiksi valmistustavan ja raaka-aineiden mukaan. Fibrella® on vesineulattu kuitukangas, jonka raaka-ainekoostumus voidaan räätälöidä asiakkaan toiveiden mukaisesti. Raaka-aineina käytetään polypropeenaa, polyesteriä, viskoosia, Ingeo™-kuitua, puuvillaa ja tarvittaessa myös muita erikoiskuituja. Fibrella® -tuotteita käytetään lastenhoitoon ja henkilökohtaisen hygienian hoitoon tarkoitetuissa tuotteissa, kotitalouksien ja teollisuuden pyyhkimistuotteissa sekä terveydenhoitotuotteissa. /3/

Biolace® on vesineulattu kuitukangas, joka on valmistettu pelkästään uudistuvista raaka-aineista. Valmistuksessa käytetään vain luonnonkuituja tai uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvia kuituja. Biolace® on biohajoava ja kompostoitava kuitukangas. Raaka-aineina käytetään Ingeo™-kuituja, puuvillaa ja viskoosia. Biolace® -

tuotteet eivät sisällä eläinperäisiä materiaaleja tai haitallisia aineita. Biolace® -tuotteita käytetään monissa pyyhkimistuotteissa. /3/

Novelin® on lämpösidottu kuitukangas, joka valmistetaan polypropeenista tai polyeteenin ja polypropeenin seoksesta. Novelin® valmistetaan lämpösidontamenetelmällä. Lämpösidottuja kuitukankaita käytetään monien hygieniatuotteiden, kuten vaippojen, tamponien, terveysiteiden ja inkontinenssituotteiden pintamateriaalina. /3/

## 2 KUITUKANKAAN VALMISTUS

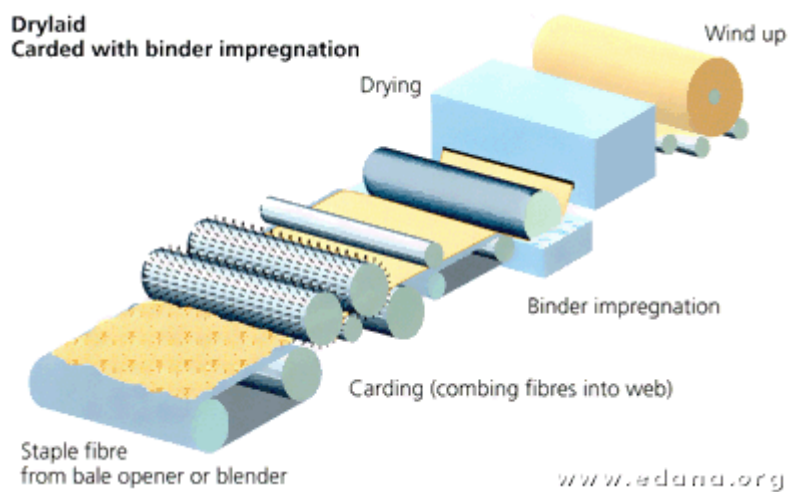
### 2.1 Kuitukankaan määritelmä

Kuitukangas on suoraan kuiduista valmistettu kangas, jossa kuidut on sidottu toisiinsa mekaanisin, fysikaalisin tai kemiallisin menetelmin tai käyttämällä useaa menetelmää samanaikaisesti. Kuitukankaan valmistukseen ei liity kutomista, neulomista tai ompelemista. Kuitukankaan valmistuksessa käytetään sekä luonnonkuituja että tekokuituja. Kuidut voivat olla katkokuituja tai jatkuvia kuituja. /4/

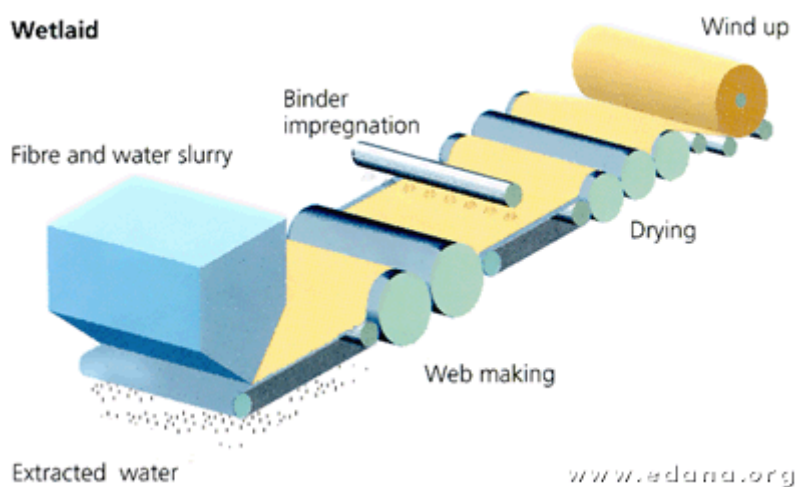
### 2.2 Kuitukankaiden jaottelu valmistustavan mukaan

Kuitukankaat jaetaan valmistustavan mukaisesti Drylaid-kuitukankaisiin, Wetlaid-kuitukankaisiin ja Spunlaid-kuitukankaisiin. Drylaid-kuitukankaat valmistetaan kuivamenetelmällä, jolloin kuituharso muodostetaan karstaamalla (kuva 2) tai ilmavirran avulla. Wetlaid-kuitukankaat valmistetaan märkämenetelmällä, jolloin kuitumatto muodostetaan kuituvesidispersiosta (kuva 3). Tekniikka muistuttaa paperin valmistusta. Spunlaid-kuitukankaat valmistetaan kehruumenetelmällä (kuva 4). /4/

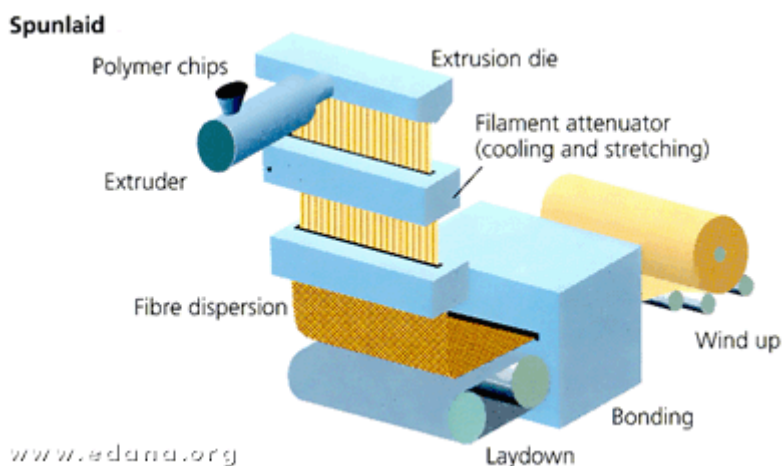




Kuva 2. Kuitukankaan valmistus kuivamenetelmällä, kun kuituharso muodostetaan karstaamalla /11/



Kuva 3. Kuitukankaan valmistus märkämenetelmällä /11/

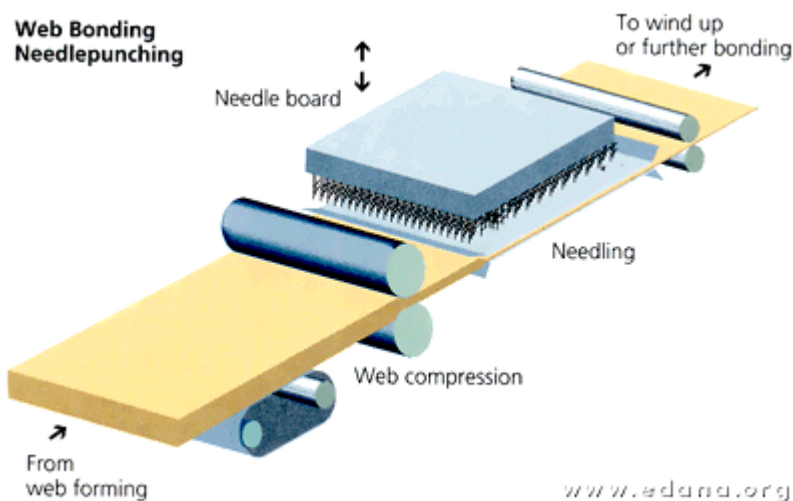


Kuva 4. Kuitukankaan valmistus kehrumenetelmällä /11/

### 2.3 Kuituharson sidonta

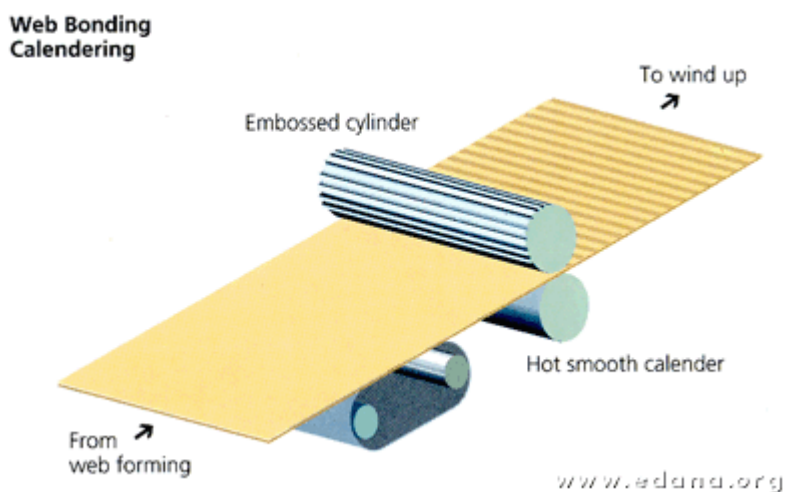
Kuidut voidaan sitoa toisiinsa mekaanisesti, fysikaalisesti, kemiallisesti tai käyttämällä useaa menetelmää samanaikaisesti. Kuituharso on hyvin hauras ennen sen sitomista, lukuun ottamatta kehrumenetelmällä (Spunlaid) valmistettavaa kuitukangasta. /11/

Mekaanisessa sidonnassa kuituharson vahvistaminen tapahtuu muodostamalla kuitujen välille kitkaa. Mekaaninen sidonta voidaan toteuttaa erityisten neulojen avulla, jotka lävistävät kuituharson ja saavat kuidut sitoutumaan toisiinsa (kuva 5). Neulojen avulla voidaan sitoa kaksi kuituharsoa yhteen. Kuitujen sitominen on mahdollista myös veden avulla, käyttämällä vesineulausmenetelmää. Vesineulausmenetelmässä ohuet suuren paineen ja nopeuden omaavat vesisuihkut lävistävät kuituharson ja saavat kuidut kietoutumaan ja takertumaan toisiinsa. /4, 11/



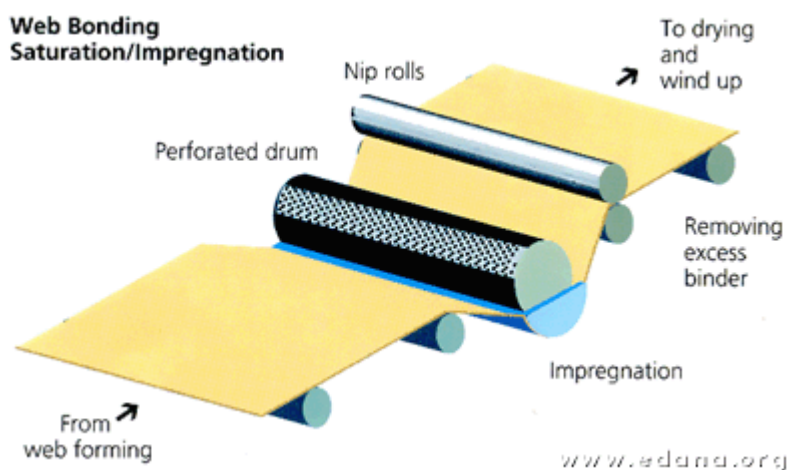
Kuva 5. Kuituharson mekaaninen sidonta neulojen avulla /11/

Yleisin fysikaalinen menetelmä on kuitujen sitominen lämmön avulla. Kuidut alkavat pehmentyä ja sulaa korkeissa lämpötiloissa kuidun raaka-aineista riippuen. Lämpösidonta voidaan suorittaa kalanteroimalla, jolloin kuituharso ohjataan kuumien kalantereiden välistä. Kalanterit puristavat ja lämmittävät harsoa, jolloin kuidut kiinnittyvät toisiinsa (kuva 6). /11/



Kuva 6. Kuituharson fysikaalinen sidonta kalanteroimalla /11/

Kemiallinen sidonta tarkoittaa yleensä nestemäisen sideaineen lisäämistä kuituharsoon. Yleisin tapa on sekoittaa sideaine veteen, mutta myös puuterimaisia sekä vaahtoavia sideaineita on mahdollista käyttää. Sideaine voidaan lisätä harsoon esimerkiksi suihkuttamalla tasaisesti, epätasaisesti tai harso voidaan kyllästä seoksella, jossa on sideainetta ja vettä (kuva 7). /11/



Kuva 7. Kuituharson kemiallinen sidonta kyllästäimällä /11/

#### 2.4 Kuitukankaan viimeistely

Kuitukankaaseen on mahdollista tehdä monenlaisia viimeistelyjä. Siihen voidaan esimerkiksi painaa kuviointi ja se voidaan leikata haluttuun leveyteen asiakkaan toiveiden mukaisesti. Kuitukankaat toimitetaan asiakkaalle rullatavarana. Valmiit rullat pakataan asiakkaan toiveiden ja kuljetusvaatimusten mukaisesti ja sen jälkeen kuljetetaan asiakkaalle.

#### 2.5 Kuitukankaan valmistus tuotantolinjalla 43

Kuitukankaan valmistus koostuu kolmesta vaiheesta: kuituharson muodostamisesta, harson sidonnasta kankaaksi ja kuitukankaan viimeistelystä /4/.

Harson muodostamisella tarkoitetaan tasomaisen, heikosti koossa pysyvän kuiturakenteen aikaansaamista. Kuituharso valmistetaan karstakoneiden avulla. Karstauksessa kuidut asettuvat koneen suuntaisesti. Harsoja on yleensä useampi kerros päällekkäin. Kerrostaminen voi tapahtua kuitukankaan pituus- tai poikkisuuntaan tai molempiin suuntiin. Tuotantolinjalla 43 kerrostaminen tapahtuu pituussuuntaan ja harsoja on yleensä 4 päällekkäin. Ensimmäisen karstan harso laskeutuu koneiden alaosassa olevalle kuljetushihnalle ja toisen karstan kohdalla uusi harso laskeutuu edellisen päälle. /4/

Kuituharso lujitetaan mekaanisesti vesineulausmenetelmällä (spunlacing, hydroentangling). Vesineulauksessa ohuet suuren paineen ja nopeuden omaavat vesisuihkut lävistävät kuituharson ja saavat kuidut kietoutumaan ja takertumaan toisiinsa kiinni. Sidonta-aineen lisääminen ei ole välttämätöntä, mutta sitä tai muuta kemikaalia voidaan laittaa kuituharsoon jonkin erikoisominaisuuden saavuttamiseksi. Tuotantolinjalla 43 sidonta-aineita ei käytetä. Vesineulauksella tuotteelle saadaan aikaan kuohkea rakenne ja pehmeä tuntu. Vesineulatut kuitukankaat muistuttavat neulottuja tai kudottuja rakenteita. /4, 5/

Vesineulauksen jälkeen kuitukangas kuivataan alipaineella ja se johdetaan kuivausunin läpi. Näin kankaasta saadaan poistettua ylimääräinen kosteus. Kuitukangas viimeistellään kalanteroimalla eli ohjaamalla kuitukangas kahden kuuman valssin välistä. Valssit voivat olla kuviopintaisia tai sileitä ja niiden avulla kuitukankaaseen saadaan asiakkaan toiveiden mukainen viimeistely. Kalanterointi voidaan myös jättää tekemättä, jos viimeistelyä ei haluta. Silloin kangas kulkee kuivauksen jälkeen avoimien valssien välistä.

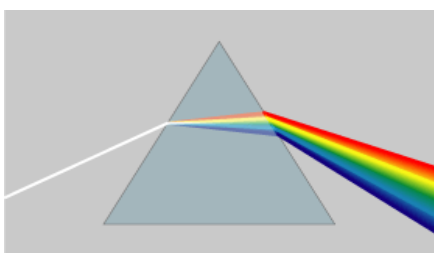
Lopuksi kuitukangas ohjataan kelakoneeseen. Kelakoneessa pituusleikkurit leikkaavat kankaan asiakkaan toivomaan leveyteen ja kangas rullataan rulliksi. Katkaisutoiminto katkaisee kankaan säädettyyn pituuteen. Lopuksi valmiit rullat punnitaan ja pakataan.

### 3 SPEKTROMETRIA

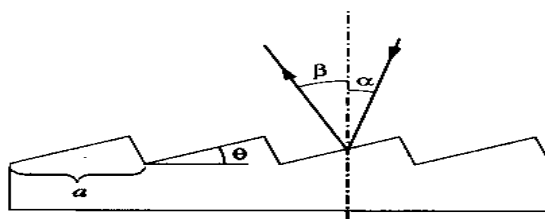
Spektrometria tarkoittaa sähkömagneettisen säteilyn ja aineen välisen vuorovaikutuksen hyödyntämistä aineiden tunnistamisessa ja pitoisuuksien määrittämisessä. Osuessaan tutkittavaan aineeseen, sähkömagneettinen säteily muuttaa aineen elektroni-, vibraatio- tai rotaatiotiloja. Spektrometriaa käytetään ultraviolettisäteilyn, näkyvän valon ja infrapunasäteilyn alueilla. /7/

#### 3.1 Spektrometri

Spektrometri on laite, joka erottelee eri aallonpituudet toisistaan ja mittaa kutakin aallonpituutta vastaavan intensiteetin. Aallonpituuksien erottaminen toisistaan tapahtuu prisman tai hilan avulla. Prismassa valonsäteet, joilla on erilaiset aallonpituudet, taittuvat eri tavalla ja jakaantuvat useiksi spektreiksi. Spektrometreissä käytetään kuitenkin yleensä hilaa, sillä se erottelee aallonpituudet tarkemmin kuin prisma. Hilan pinnassa on uurteita, joista säteily heijastuu aallonpituuksien mukaan eri suuntiin. /7/



Kuva 8. Prisma /16/



Kuva 9. Hilan rakenne /17/

#### 3.2 Valon absorptio

Valohiukkasella eli fotonilla on tietty valon aallonpituuden mukaan määräytyvä energia. Valon absorptiossa fotoni siirtää atomin tai molekyylin energialtaan alkupe-

räistä korkeampaan tilaan. Absorboituminen tarkoittaa energian siirtymistä fotonisäteilyä tutkittavaan aineeseen. Jotta valon absorptio eli sitoutuminen tapahtuisi, fotonin energian on oltava yhtä suuri kuin tilojen välinen energiaero. /7/

## 4 INFRAPUNASPEKTROMETRIA

Infrapunaspektrometriaa käytetään aineiden kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen tutkimukseen. Jokaisella aineella ja yhdisteellä on sille ominainen absorptio- eli infrapunaspektri, jota kutsutaan myös aineen ”sormenjäljeksi” tai IR-spektriiksi. Aineen tunnistaminen tapahtuu vertaamalla näytteen spektriä referenssispektreihin. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa tutkittavasta näytteestä etsitään ennalta määrätyn aineen tai yhdisteen spektriä ja mitataan tutkittavan aineen määrä näytteessä. /7/

### 4.1 Aallonpituus ja aaltoluku

Infrapuna-analytiikassa käytetään aallonpituusaluetta 2-50  $\mu\text{m}$ , joka vastaa aaltolukualuetta 5000-200  $\text{cm}^{-1}$ . Aaltoluku ( $\nu$ ) on aallonpituuden ( $\lambda$ ) käänteisarvo (kaava 2) ja se on suoraan verrannollinen säteilyn energiaan (kaava 1). Aaltoluku kertoo, kuinka monta aaltoa, joilla on aallonpituus  $\lambda$ , on yhden senttimetrin matkalla. Aaltoluku on sitä suurempi, mitä vahvemmat sidokset atomien välillä on ja mitä kevyempiä atomit ovat. /7/

### 4.2 Infrapunasäteilyn absorptio

Infrapunasäteily on lämpösäteilyä, joka absorboituessaan aineeseen saa sen atomit tai molekyylit värähdys- ja pyörähdysliikkeeseen, jolloin atomien välisen sidoksen pituus tai sidosten välinen kulma muuttuu. Absorptiota voi tapahtua, jos molekyylin

värähdys- tai pyörähdysenergiatilojen välinen ero vastaa näytteeseen osuvan infrapunasäteilyn energiaa. Absorption tapahtuessa infrapunaspektriin muodostuu absorptiopiikki sen aaltoluvun kohdalle, missä absorptio tapahtuu. Kun näytteen läpi kulkeeneen säteilyn intensiteetti tallennetaan aaltoluvun funktiona, saadaan infrapunaspektri, josta absorptiopiikkien paikka, muoto ja intensiteetti voidaan tutkia. /7, 10, 13/

Säteilyn energia voidaan laskea kaavasta 1 ja aaltoluku kaavasta 2 /7/.

$$E = hc\nu \quad (1)$$

$$\nu = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

E = Energia (J)

h = Planckin vakio ( $6,6262 \cdot 10^{-34}$  Js)

c = Valon nopeus tyhjiössä ( $2,9979 \cdot 10^8$  m/s)

$\nu$  = Aaltoluku (1/m)

$\lambda$  = Aallonpituus (m)

Infrapunaspektrin luonteenomaiset piirteet määräytyvät molekyylin rakenteesta. Spektristä voidaan päätellä, mitä atomeja ja atomiryhmiä tutkittavassa näytteessä on ja miten atomit ovat sidoksissa toisiinsa. Absorptiopiikkien lukumäärään vaikuttaa molekyyllissä olevien atomien lukumäärä ja piikkien paikkaan vaikuttavat atomien massat sekä atomien välisten sidosten voimakkuus. Heijastuneen säteilyn intensiteetti määräytyy absorboivan komponentin lisäksi aineen väristä, pinnan rakenteesta, lämpötilasta ja muista ulkoisista tekijöistä. /7/

#### 4.3 Infrapunaspektrometri

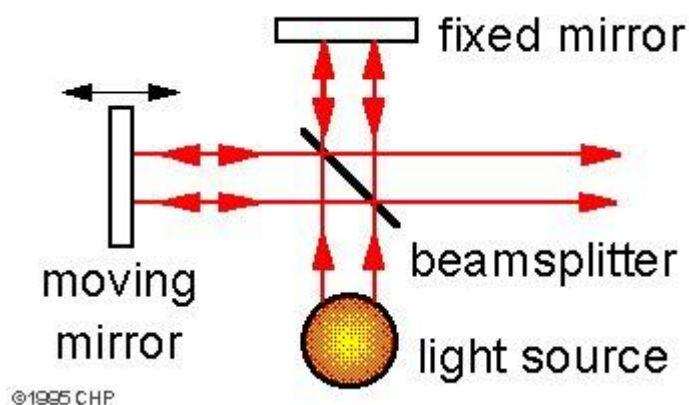
Infrapunaspektrometrit ovat nykyisin pääasiassa FTIR-spektrometreja (Fourier transform infrared spectrometer). Infrapunasäteilyn lähteenä käytetään lämpösäteilijöitä, joiden lämpötila on yli 1200°C. FTIR-spektrometrit mittaavat valon interfe-



renssin ja muuttavat sen matemaattisen Fourier-muunnoksen avulla spektriiksi. Interferenssikuvio mitataan interferometrillä. /7/

Useimmiten käytetty interferometri on Michelsonin interferometri (kuva 10). Interferometrin muodostavat kiinteä ja liikkuva peili, säteenjakaja (beam splitter) ja ilmaisimien. Infrapunasäteily kulkee säteilylähteestä interferometriin, jossa säteenjakaja jakaa sen kahtia. Säteet heijastuvat kiinteästä ja liikkuvasta peilistä takaisin säteenjakajaan. /7/

Säteenjakajan jälkeen yhdessä olevat säteet ohjataan näytteeseen, jossa tapahtuu säteilyn absorptio. Sen jälkeen säde ohjautuu ilmaisimelle. Ilmaisimelle syntyvästä kuvasta muodostetaan Fourier-muunnoksen avulla infrapunaspektri. /7/



Kuva 10. Michelsonin interferometri /15/

#### 4.4 Spektrin mittaaminen

Infrapunaspektri voidaan mitata näytteen läpi menneen säteilyn intensiteetin avulla tai näytteestä heijastuneen säteilyn avulla. Heijastuneesta säteilystä voidaan tutkia näytteen pintakerroksen absorptiospektri. /7/

#### 4.5 Infrapunaspektrometrian käyttökohteet

Infrapunaspektrometrian avulla tunnistetaan aineita ja selvitetään molekyylien rakenteita. Käyttökohteita ovat muun muassa proteiini-, tärkkelys- ja rasvapitoisuuksien mittaaminen elintarvikkeista sekä palamisen ja prosessikaasujen analysointi prosessiteollisuudessa. /7/

Infrapunaspektrometriaa käytetään laajasti myös kosteuden määrittämiseen. Muun muassa vaneriviilujen, turpeen, pesujauheiden, muovikalvojen, paperin, kartongin, selluloosan, hiekan, saven, suolojen, lannoitteiden, tupakan, tekstiilien ja elintarvikkeiden kosteutta määritetään infrapunatekniikan avulla. /7, 10/

### 5 KOSTEUSMITTAUSLAITTEISTO

Kosteuden mittaamiseen tarkoitettu infrapunatekniikka perustuu periaatteeseen, että molekyyli sidokset, kuten CH- ja OH- sidokset, absorboivat infrapunasäteitä. Laitteiston mittaustekniikka perustuu takaisinsirontaan, sillä mittalaite analysoi mitattavasta tuotteesta takaisin heijastuvan säteilyn määrää ja sitä kautta tuotteen kosteutta. Työn kokeellisessa osassa käytettiin NDC:n valmistamaa IG710 laitteistoa. /9/

#### 5.1 Laitteiston osat ja niiden toiminta

##### 5.1.1 Mittalaite

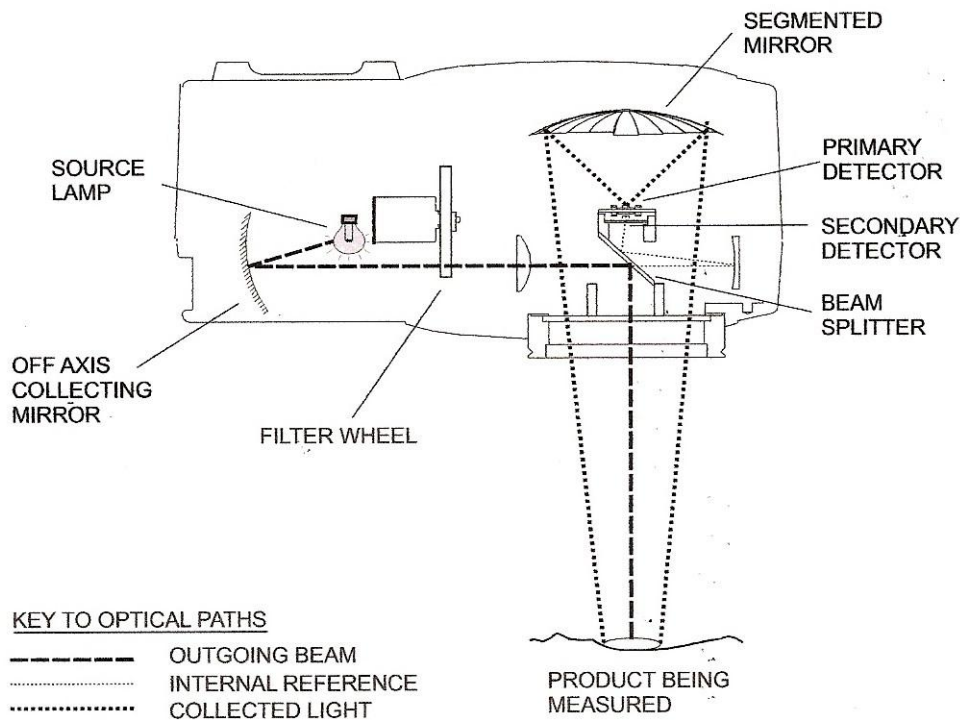
IG710:n mittalaite perustuu tutkittavasta tuotteesta takaisin heijastuvan valon intensiteetin mittaamiseen. Mittalaitteessa on kvartsihalogeenilamppu, jonka tuottama valo heijastuu peilin kautta (kuva 11: Off axis collecting mirror) pyörivän suodatti-

men (kuva 11: Filter wheel) läpi valonsäteen jakajalle (kuva 11: Beam splitter). Suurin osa valosta heijastuu valonsäteen jakajalta tutkittavaa tuotetta kohti. Pieni osa valosta kulkeutuu valonsäteen jakajan läpi. /9/

Valonsäteen jakajan läpi kulkenut valo kerätään toisen peilin avulla ja kohdistetaan sekundaaridetektoriin eli sekundaariseen ilmaisimeen (kuva 11: Secondary detector). Valonsäteen jakajan läpi menneen valon kerääminen sekundaaridetektoriin parantaa mittauksen luotettavuutta, sillä sekundaaridetektorille kulkeutuneen valon määrä tiedetään ja se pystytään huomioimaan lopputuloksessa. Sekundaariselle detektorille kulkeutunut valo on ns. mittalaitteen sisäistä heijastusta, joka johtuu muun muassa mittalaitteen lampun kulumisesta. /9/

Suurin osa valosta kulkee laitteesta ulos kohti mitattavaa tuotetta ja se puolestaan absorboi eli sitoo valoa itseensä. Kaikki valo ei absorboidu ja tuotteesta takaisin mittalaitteeseen heijastunut valo kerätään 24 segmenttiin jaetulla keräyspeilillä (kuva 11: Segmented mirror). Tämän jälkeen infrapunavalo ohjataan primaariselle detektorille eli primaariselle ilmaisimelle (kuva 11: Primary detector). /9/

Sekundaarinen detektori havaitsee mittalaitteen sisäisen heijastuksen eli valonsäteen jakajan läpi kulkeneen valon. Primaariseen detektoriin muodostuu valonsäteiden kokonaissignaali, jossa on mukana sekä tuotteesta heijastunut valo sekä sekundaariselle detektorille ohjautunut valo. /9/



Kuva 11. Mittalaitteen toimintaperiaate /9/

Luotettavan lopputuloksen saavuttamiseksi kahden detektorin antamia tuloksia verrataan toisiinsa. Tutkittavan tuotteen intensiteetti, josta kosteuspitoisuus määritetään, on primaariselle detektorille tulleen säteilyn intensiteetti vähennettynä sekundaariselle detektorille tulleen säteilyn intensiteetillä. /9/

Tutkittavasta tuotteesta heijastuneen säteilyn intensiteetti lasketaan kaavasta 3:

$$I_{\text{primaarinen detektor}} - I_{\text{sekundaarinen detektor}} = I_{\text{tutkittava tuote}} \quad (3)$$

Kaksidetektorinen menetelmä on luotettavampi kuin yksidetektorinen menetelmä, sillä kahta detektoria käyttämällä pystytään erottamaan pelkkä tuotteesta heijastuvan säteilyn osuus. Tutkittavasta tuotteesta heijastuneen säteilyn intensiteetti muutetaan matemaattisten algoritmien avulla kosteuspitoisuudeksi. /9/



Kuva 12. Kosteusmittauslaitteiston mittalaite /9/

### 5.1.2 Keskusyksikkö

Keskusyksikkö on kosketusnäytöllä varustettu työasema mittalaitteen antamien tietojen käsittelyä varten. Keskusyksikkö toimii myös lähettimenä. Keskusyksikön käyttöjärjestelmässä on tiedot laitteistoon syötetyistä resepteistä ja niiden asetuksista. Näytöltä voidaan seurata reaaliaikaisesti mittalaitteen mittausarvoja. /6/



Kuva 13. Kosteusmittauslaitteiston keskusyksikkö /9/

Keskusyksiköstä voidaan muuttaa mittalaitteen asetuksia (Span ja Trim -arvot, vasteaika ja algoritmi). Mittalaitteen asetukset ovat arvoja, joita keskusyksikössä käytetään laskentaan ja vertailuihin. Kosteuspitoisuudelle asetetut ylä- ja alarajahälytykset saadaan keskusyksiköstä kytkintietoina eli ne ovat joko päällä tai pois päältä. /6/

Keskusyksikkö muuttaa mittalaitteen mittaaman suureen standardiviestiksi. Kosteusmittauksen tulos voidaan lähettää linjaa ohjaavaan automaatiojärjestelmään esimerkiksi 4-20 mA:n standardiviestinä. /9/

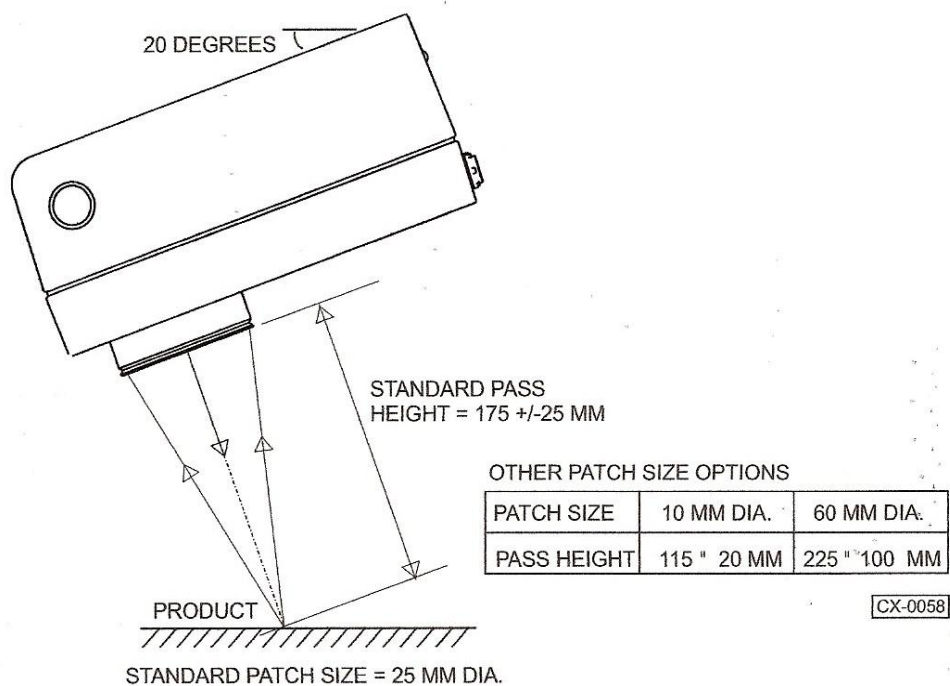
## 5.2 Toimintaedellytykset

Kosteusmittauslaitteiston toimintalämpötila on 0-50 °C ja se on suunniteltu tehdaskäyttöä varten. Ympäristön valo ja sen muutokset eivät vaikuta laitteiston toimintaan ellei valonsäde joudu suoraan mittausikkunaan. Jos ympäristön valo on erityisen voimakasta, esimerkiksi jos mittalaite on suorassa auringonpaisteessa, mittaustulosten tarkkuus voi kärsiä. Jos ympäristön valo häiritsee laitteen toimintaa, näyttöön ilmestyy ilmoitus virheestä. Myös pöly, höyry ja vesipisarot mittalaitteessa sekä mittalaitteen tärinä vaikeuttavat laitteiston toimintaa. /6, 9/

## 5.3 Laitteiston sijoitus tuotantolinjalla

Laitteisto on tuotantolinjalla kuivausuunin ja kalantereiden jälkeen, ennen kelakonetta. Mittalaitteen tarkoituksena on mitata kuitukankaan kosteutta kuivauksen ja kalanteroinnin jälkeen ennen kankaan rullausta kelakoneessa. Keskusyksikkö on mittalaitteen välittömässä läheisyydessä tuotantolinjan sivussa, jotta kosteusarvot olisivat helposti saatavilla.

Mittalaite on asetettu tuotantolinjalle 20 asteen kulmaan (kuva 14). Mittalaitteen kalistus vähentää mahdollisia heijastumia ja parantaa mittauksen luotettavuutta. /6/



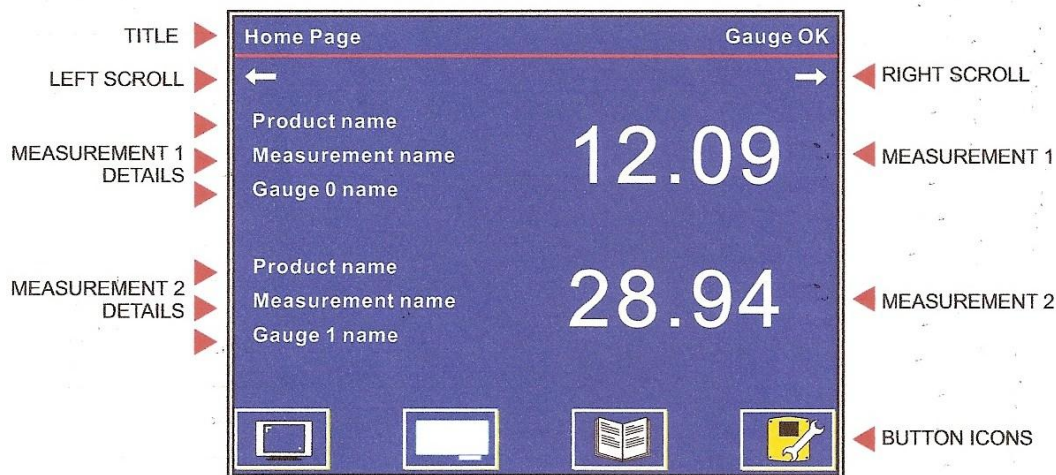
Kuva 14. Mittalaitteen asettelu tuotantolinjalla /9/

#### 5.4 Laitteen käyttö

Laitetta käytetään keskusyksikön kosketusnäytöltä. Laitteessa on käyttöjärjestelmä, jonka avulla voidaan luoda kullekin kangaslaadulle oma reseptinsä, jolloin kosteuden mittausta saadaan mahdollisimman tarkaksi.

##### 5.4.1 Käyttöjärjestelmä

Laitteiston näyttö on normaalitilassa auki Home page -ikkunassa. Tästä normaalinäkymästä pääsee näytön alareunassa olevien neljän symbolin avulla siirtymään resepti-, asetus- ja säätövalikoihin. Home page -ikkunaan voidaan asettaa näkyviin mittaukset, joiden arvot halutaan näkyvän jatkuvasti keskusyksikön näytössä. Kosteusmittauslaitteisto tuotantolinjalla 43 on asetettu näyttämään kosteusprosenttia. /6/



Kuva 15. Keskusyksikön Home page –ikkuna /9/

#### 5.4.2 Home page –ikkunan symbolit ja niiden toiminnot

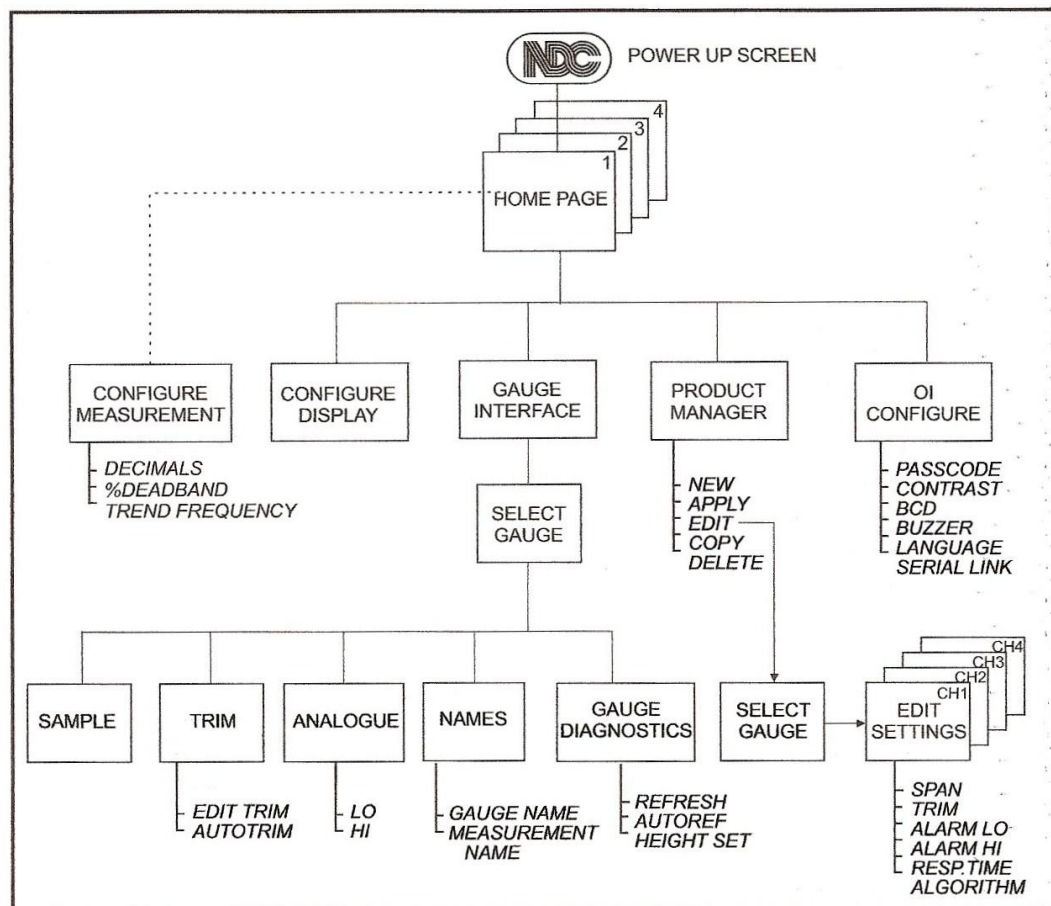
Vasemmassa alareunassa olevan Configure display –painikkeen avulla voidaan säätää mitä mittausarvoja keskusyksikön näytössä on näkyvissä, kun laite on normaali-tilassa eli Home page –ikkuna on auki. /6/

Toisena vasemmalla olevaa Gauge interface –painiketta painamalla näyttöön avautuu lista kaikista mittalaitteista, jotka on kytketty laitteistoon. Jokaisen mittalaitteen kohdalta voidaan muuttaa erikseen mittalaitteen tai mitattavan suureen nimeä, Span ja Trim –arvoja sekä mitata tietyn ajan kuluessa tapahtuvien mittausten keskiarvo. /6, 9/

Toisena oikealla olevan Product manager –painikkeen avulla voidaan kontrolloida mittalaitteille asetettuja asetuksia. Product manager –ikkunassa voidaan luoda uusi resepti, muokata olemassa olevia reseptejä tai muuttaa mittalaitteiden asetuksia. /6/

Oikeassa alareunassa olevaa Operator interface (OI) configure –painiketta painamalla avautuu ikkuna, josta näkee käyttöjärjestelmän asetukset, esimerkiksi kieli- ja salasana-asetukset. /6/





Kuva 16. Kosteusmittauslaitteiston käyttöjärjestelmän rakenne /9/

### 5.4.3 Reseptin valitseminen

Jotta kosteusmittauslaitteisto mittaisi kulloinkin tuotannossa olevan kangaslaadun kosteutta juuri sille kalibroituilla asetuksilla, keskusyksikön valikosta on valittava oikea resepti.

Reseptit on nimetty kangaslaatuja nimen ja neliöpainon mukaan. Rullien leveydellä ei ole merkitystä kosteuden mittauksessa, koska kangas on kauttaaltaan samanlaista ja pituusleikkurit sijaitsevat tuotantolinjalla kosteusmittauslaitteiston jälkeen.

Kankaan neliöpaino kertoo sekä sen tiheydestä että paksuudesta. Myös vesineulaus ja kalanterointi vaikuttavat erityisesti kankaan paksuuteen. Kahdella samoista raaka-aineista valmistetulla kankaalla on erilaiset reseptit, jos niiden neliöpaino on erilainen.

Resepti valitaan painamalla Product manager –painiketta keskusyksikön Home page –ikkunassa. Näyttöön tulee luettelo laitteeseen tallennetuista resepteistä. Valitaan luettelosta oikea resepti. Painamalla Apply –painiketta laitteisto päivittyy ja siirtyy käyttämään valittua reseptiä. Paluu takaisin Home page –ikkunaan tapahtuu painamalla Back –painiketta. Home page –ikkunassa näkyy kosteuden mittaus valitulle kangaslaadulle kalibroiduilla asetuksilla.

#### 5.4.4 Uuden reseptin luominen

Uuden reseptin luominen mahdollistaa tuotekohtaisten asetusten tallentamiseen ja muokkaamiseen niin, että ne ovat helposti saatavilla. Uuden reseptin luominen aloitetaan painamalla Product manager –painiketta Home page –ikkunassa. Näyttöön avautuu ikkuna, jossa on luettelo jo olemassa olevista resepteistä. /6/

Uusi resepti luodaan painamalla New –painiketta. Näyttöön avautuu ikkuna, jossa on luettelo kosteusmittauslaitteiston käytettävissä olevista mittalaitteista. Valitaan listasta haluttu mittalaite. Mittalaitteen valinta varmistetaan painamalla Ok –painiketta. /6/

Näyttöön avautuu Product manager –ikkuna. Uusi resepti on luotu ja laite on antanut sille väliaikaisen nimen (esimerkiksi New Product). Uutta reseptiä voi muokata painamalla kosketusnäyttöä sen kohdalta ja painamalla sen jälkeen Edit –painiketta. Reseptin asetusten muuttamisesta on kerrottu kappaleessa 5.4.5. /6/

#### 5.4.5 Reseptin asetusten muuttaminen

Reseptin asetusten muuttaminen aloitetaan painamalla Product manager –painiketta Home page –ikkunassa. Product manager –ikkuna avautuu näytölle. Valitaan listasta resepti, joka asetuksia halutaan muuttaa. /6/

Painamalla Edit –painiketta näkyviin tulee Select gauge –ikkuna. Näytöltä valitaan mittalaite, jonka asetuksia halutaan muuttaa. /6/

Näkyviin tulee ikkuna, jossa ovat Span, Trim, Alarms, Resp. time sekä Algorithm – arvot. Arvoja voi muuttaa kunkin numeroarvon kohdalta. Näyttöön avautuu numeroikkuna, jossa arvon voi vaihtaa. Kun arvo on vaihdettu, muutos vahvistetaan painamalla Ok-painiketta. Uusi numeroarvo näkyy ruudulla. /6/

Sama toimenpide toistetaan kaikille arvoille, joita halutaan muuttaa. Lopuksi painetaan Ok-painiketta. Muutosten jälkeen palataan Back -painikkeella takaisin reseptiluettelo-ikkunaan. Lopuksi painetaan Apply -painiketta, jotta uudet asetukset tallentuvat reseptin asetuksiin. /6/

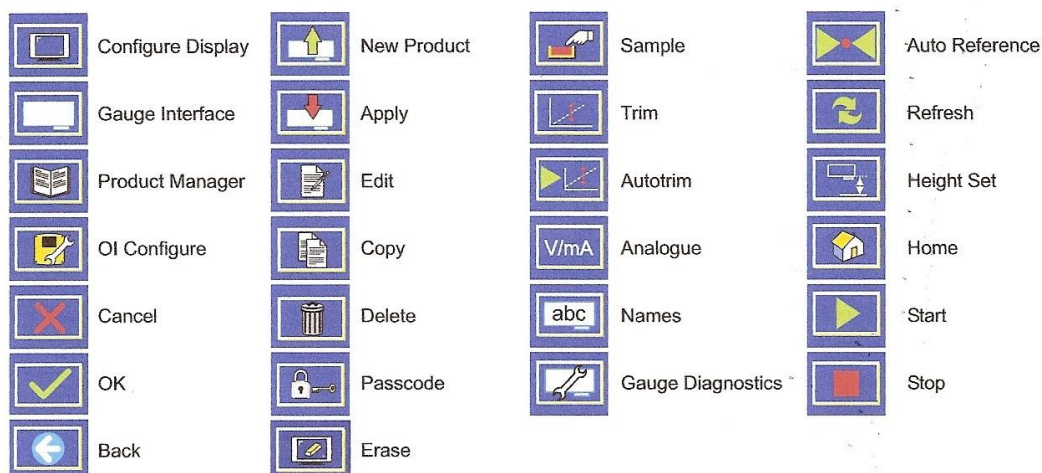
#### 5.4.6 Kalibrointiin vaikuttavien säätöarvojen katsominen ja muuttaminen

Kalibrointiin vaikuttavat säätöarvot Span ja Trim ovat jokaiselle kalibroidulle kangaslaadulle erilaiset. Arvoja voidaan katsoa ja muuttaa Product manager –toiminnon avulla. /6/

Home page –ikkunan ollessa näkyvässä, painetaan Product manager -painiketta. Näyttöön avautuu Product manager –ikkuna. Valitaan resepti, joiden säätöarvoja halutaan muuttaa. Säätöarvoja voi katsoa ja muokata painamalla Edit –painiketta.

Näyttöön tulee Select gauge –ikkuna. Valitaan mittalaite. Näyttöön tulee Edit settings –ikkuna, jossa säätöarvoja voidaan katsoa ja muokata.

Haluttu säätöparametri valitaan painamalla kosketusnäyttöä säätöparametrin nimen kohdalta. Näyttöön tulee numeroikkuna, jossa numeroarvoa voidaan muuttaa. Muutos vahvistetaan painamalla Ok –painiketta. Takaisin reseptiluetteloon pääsee painamalla Ok –painiketta uudelleen. Mahdolliset muutokset tallennetaan reseptiluetteloikkunassa painamalla Apply –painiketta. Takaisin Home page –ikkunaan pääsee painamalla Back –painiketta. /6/



Kuva 17. Kosketusnäytön merkkien symbolit /9/

## 6 KALIBROINTI

Kosteusmittauslaitteiston (IG710) kalibrointi on tärkeää, jotta mittalaitteen antama tulos vastaisi referenssimenetelmällä laboratoriossa saatuja tuloksia. Kalibroinnin tarkoitus on saada tuotantolinjan 43 kosteusmittauslaitteisto toimimaan yhden prosentin tarkkuudella. /6/

### 6.1 Kalibroinnin periaate

Kalibroinnin määritelmä (SFS 5223): ”Toimenpiteet, joiden avulla annetuissa olosuhteissa saadaan mittalaitteen, mittausjärjestelmän tai kiintomittan näyttämien arvojen ja mittasuureen vastaavien arvojen välinen yhteys.” /7/

Kalibroinnissa käytetään vertailumateriaaleja tai näytteitä, joissa tutkittavan komponentin pitoisuus tunnetaan tarkasti. Vertailumateriaalista valmistetaan näytteitä, joissa on tutkittavan ominaisuuden osalta tunnetut pitoisuudet. Kalibrointi on suori-

tettava niin, että mittaussignaalin muutoksen on pitoisuuden muuttuessa oltava niin suuri, että eri pitoisuudet voidaan määrittää luotettavasti. /7/

Kalibrointinäytteiden pitoisuuksien on oltava tarkkoja, sillä myöhemmät mittaukset perustuvat kalibrointiin. Näytteiden kontaminoitumista on vältettävä, sillä siitä johtuvat virheet kertautuvat mittaustuloksissa. /7/

Kalibroinnin pysyvyyttä ja tulosten luotettavuutta varmennetaan laaduntarkkailun avulla. Useimmat analyysilaitteet tai niiden yhteyteen suunnitellut tietokoneohjelmat pystyvät laskemaan säätöparametreja, joiden avulla kalibrointi suoritetaan. /7/

## 6.2 Kosteusmittauslaitteiston kalibrointi

Kalibroinnin tarkoitus on saada mittalaitteen antamat tulokset vastaamaan laboratorion referenssimittausten tuloksia muuttamalla mittalaitteen säätöarvoja. Tämä vaatii useiden koesarjojen tekemistä sekä laadunvalvontamittauksia tuotannon ollessa käynnissä. /9/

### 6.2.1 Mittalaitteen kalibrointiin vaikuttavat asetukset

Mittalaitteen kalibrointiin vaikuttavat asetukset ovat Span ja Trim. Eri tuotteiden kosteuden mittauksessa säätöarvot ovat erilaiset. Kalibrointi eli säätöarvojen uudelleenmääritys on tarpeellista, jos kosteusmittauslaitteiston antamat tulokset eivät vastaa halutulla tarkkuudella laboratoriossa tehtyjen referenssimittausten tuloksia. /9/

Span-arvo mahdollistaa kerrannaistekijän (multiplying factor) käytön laitteen alustavan mittaustuloksen esittämisessä. Oletusarvo on yleensä 1. /6/

Span-arvon muutos lasketaan kaavasta 4 /6/.

$$S_1 = S_0 \cdot \frac{lab_M}{G_M} \quad (4)$$

$S_1$  = Uusi Span -arvo (Span new)

$S_0$  = Alkuperäinen Span -arvo (Span old)

$lab_M$  = Laboratoriossa suoritettujen referenssimittauksien tulos, %

$G_M$  = Mittaustulos IG710:sta, %

Trim -arvo suurentaa tai pienentää mittalaitteen antamaa tulosta. Oletusarvo on yleensä 0. /6/

Trim -arvon muutos lasketaan kaavasta 5 /6/.

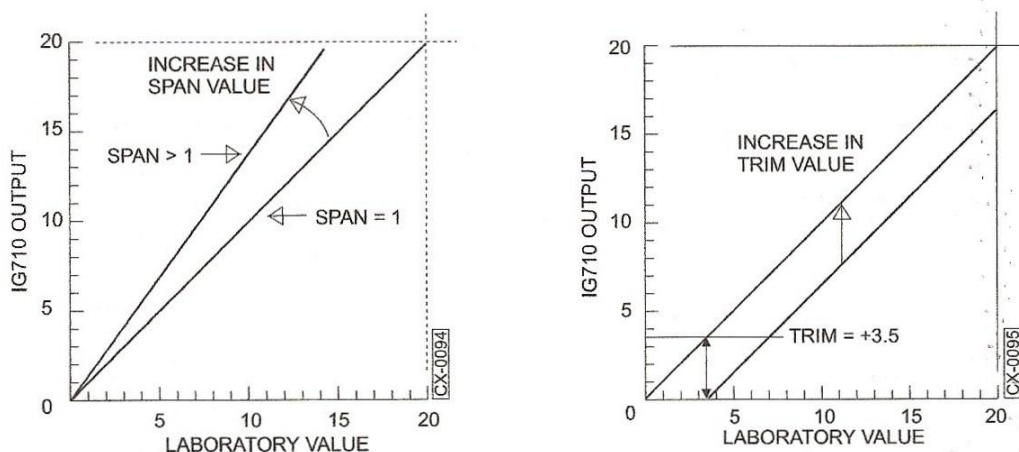
$$T_1 = T_0 \cdot \frac{lab_M}{G_M} \quad (5)$$

$T_1$  = Uusi Trim -arvo (Trim new)

$T_0$  = Alkuperäinen Trim -arvo (Trim old)

$lab_M$  = Laboratoriossa suoritettujen referenssimittauksien tulos, %

$G_M$  = Mittaustulos IG710:sta, %



Kuva 18. Span ja Trim -arvojen vaikutukset mittalaitteen antamiin mittaustuloksiin /9/

Span ja Trim -arvojen asetusten muuttaminen kosteusmittauslaitteistossa on kerrottu kappaleessa 5.4.2.

### 6.2.2 Uudet säätöarvot

Kalibroitu mittalaitteen tulos lasketaan kaavasta 6 /9/.

$$G = (\text{Span} \cdot \text{Base}) + \text{Trim} \quad (6)$$

$G$  = kalibroitu mittalaitteen tulos

Span = ennen kalibrointia mittalaitteessa ollut Span -arvo

Base = ennen kalibrointia mittalaitteessa olleet säätöarvot (esimerkiksi Span = 1 ja Trim = 0)

Trim = ennen kalibrointia mittalaitteessa ollut Trim -arvo

## 7 KOSTEUSANALYSAATTORI

Laboratoriomittaukset suoritettiin kosteusanalysaattorilla SDL F256A (Moisture Regain Oven). Kosteusanalysaattori vastaa standardeja EN 292/1, EN 292/2, ISO drg 11111 ja ISO 9002. /8/



Kuva 19. Kosteusanalysaattori /14/

## 7.1 Toimintaperiaate

Kosteusanalysointilaitteen toimintaperiaate analyysien osalta vastaa standardeja ISO 6741-1 ja ISO 9002 /8/.

Kosteusanalysointilaitteen osat ovat uuni, vaaka, kori, johon näyte asetetaan, ilmastointiputki ja ohjauspaneeli. Uuniin asetettava kori on kiinnitetty vaakaan, joka mittaa koko ajan korissa olevan näytteen massaa. Uuni lämmitetään haluttuun lämpötilaan ja näyte kuivuu uunissa halutun ajan. Näytteen alku- ja loppumassan perusteella voidaan laskea näytteen kosteusprosentti. /8/

## 7.2 Laitteen käyttö

Ennen näytteen asettamista koriin, kosteusanalysointilaitteen uuni lämmitetään haluttuun lämpötilaan (105°C). Vaaka nollataan, kun uuni on kuuma ja ilmastointiputken venttiili suljetaan. Näyte asetetaan sille varattuun koriin ja näytteen alkumassa (märkäpaino) merkitään muistiin. Kuivaus aloitetaan avaamalla ilmastointiputken venttiili ja käynnistämällä laite (Start). Kuivaus suoritetaan 10 minuutin jaksoissa, ja aina jokaisen jakson jälkeen näytteen massa eli välipaino merkitään muistiin. Kuivausjaksoja jatketaan, kunnes kahden viimeisen massan erotus on korkeintaan 0,05 %. Massojen erotus lasketaan kaavasta 7 ja tutkittavan näytteen kosteusprosentti lasketaan näytteen alku- ja loppumassan perusteella kaavasta 8. /8/

$$\text{Massojen erotus} = \frac{\text{välimassa} - \text{loppumassa}}{\text{välimassa}} \cdot 100 \% \leq 0,05 \% \quad (7)$$

$$\text{Näytteen kosteusprosentti} = \frac{\text{alkumassa} - \text{loppumassa}}{\text{alkumassa}} \cdot 100 \% \quad (8)$$



## 8 KOEAJOT

Koeajot kosteusmittauslaitteiston kalibrointia varten suoritettiin viidelle eri kangaslaadulle (kankaat A, B, C, D ja E). Koeajot toteutettiin kun tuotantolinja oli pysähdyksissä. Koeajojen tarkoituksena oli kalibroida kosteusmittauslaitteisto niin, että sen ja laboratoriossa tehtävien referenssianalyysien tulosten välillä olisi alle yhden prosentin ero ja kosteuden mittaus toimisi luotettavasti tuotannon ollessa käynnissä.

### 8.1 Koejärjestelyt

Koeajot suoritettiin tuotantolinjalla kosteusmittauslaitteiston ollessa omalla paikallaan. Laitteen suhteen ei tehty mitään erityisjärjestelyjä. Koejärjestelyillä pyrittiin mahdollisimman lähelle todellista tuotantotilannetta.

#### 8.1.1 Näytteiden valmistelu

Kustakin kangaslaadusta valmisteltiin jokaista koesarjaa varten 4 näytettä ja ne pakattiin sinetöityihin muovipusseihin. Näytteiden massat vaihtelivat kangaslaadusta riippuen. Massojen erot johtuivat kankaiden raaka-ainekoostumuksien, neliöpainojen ja leveyksien eroista. Koeajoja varten otettiin luotettavuuden varmistamiseksi mahdollisimman suuria näytteitä, jotka olivat helposti käsiteltävissä näytteenoton aikana. Käytännössä näytteiden kooksi vakiintui 1-1,5 metrin mittaisia näytepaloja, joiden leveydet olivat 180-1000 millimetriä.

Jokaisen koesarjan 1. näyte oli ns. rutikuiva näyte eli se oli kuivattu kosteusanalysointorissa ennen koeajon aloittamista. Näyte 2 oli huoneilmassa ollut näyte. Näytettä pidettiin huoneilmassa yön yli, jotta näytteen kosteuspitoisuus olisi tasainen näytteen joka kohdassa. Näytteet 3 ja 4 olivat kosteita näytteitä. Kosteat näytteet valmisteltiin ripustamalla ne yöksi tuotantolinjan karstapähän tai olosuhteiltaan vastaavaan paikkaan, jossa vallitseva ilman kosteus on normaalia huonekosteutta korkeampi. Näytteet saatiin tällä keinolla tasaisemmin kosteiksi kuin esimerkiksi suihkepallon avulla

kostuttamalla. Kosteiden näytteiden kosteuspitoisuudet vaihtelivat ripustuspaikan olosuhteiden mukaan.

Näytteet pakattiin sinetöityihin muovipusseihin ennen koeajon suoritusta, jotta kangaiden kosteuspitoisuus ei muuttuisi näytteen valmistelun ja varsinaisen koeajon suorituksen välillä.

### 8.1.2 Valmistavat toimenpiteet kosteusmittauslaitteistolla

Ennen koeajojen aloitusta kosteusmittauslaitteistoon luotiin reseptit kullekin tutkittavalle kangaslaadulle. Reseptien niminä käytettiin kangaslaadun nimeä (esimerkiksi A) ja neliöpainoa (esimerkiksi 45 g/m<sup>2</sup>). Uuden reseptin luomisesta on kerrottu kappaleessa 5.4.2.

## 8.2 Kokeiden suoritus

Kangaslaaduista A, B, C, D ja E otettiin kustakin tarvittava määrä koesarjoja, jotta kosteusmittauslaitteiston ja referenssimittausten tulokset vastaisivat toisiaan yhden prosentin tarkkuudella. Koesarjoja otettiin kangaslaadusta riippuen 3-5 kpl.

### 8.2.1 Mittaus kosteusmittauslaitteistolla

IG710:sta valittiin mitattavan kangaslaadun resepti. Reseptin valinnasta on kerrottu kappaleessa 5.4.2. Kun oikea resepti on valittu, Edit –painiketta painamalla ruutuun tulee mittausvalikko ja mittaus 1 eli kosteuden mittaus. Ruudussa näkyvät Span- ja Trim- alkuasetukset. Ensimmäisten koesarjojen alkuasetusarvoina (Span ja Trim old) on käytetty kosteusmittauslaitteiston aiemmista koeajoista saatuja arvoja. Muissa koesarjoissa alkuasetusarvot ovat edellisten kokeiden perusteella saatuja arvoja.

Koko koesarja (näytteet 1-4) suoritettiin samoilla Span ja Trim -arvoilla. Span ja Trim -arvojen alkuasetukset merkittiin kalibroitua varten tehtyyn Excel-taulukoon (liite 1) kohtiin Span old ja Trim old. Saatujen tulosten perusteella uudet Span ja

Trim -arvot laskettiin kalibrointitaulukon kohtiin Span new ja Trim new. Span new ja Trim new arvoja käytettiin vastaavasti seuraavan koesarjan alkuasetuksina. Kokeiden suorittamista jatkettiin kullakin laadulla siihen asti, kun kosteusmittauslaitteiston ja referenssimittausten tuloksissa oli alle yhden prosentin erot.

Jokainen näyte otettiin pois sinetöidystä muovipussista juuri ennen mittausta. Mittaus suoritettiin asettamalla näytekangas mittalaitteen valonsäteen alle, samaan kohtaan, jossa kangas kulkee kosteusmittarin ohi tuotannon ollessa käynnissä. Mittalaitteen antamat tulokset merkittiin kalibrointitaulukon sarakkeeseen IG710.

Näytteet pakattiin takaisin sinetöityihin muovipusseihin välittömästi mittauksen jälkeen, jotta kosteuspitoisuudet pysyisivät samoina myös referenssianalyysia varten. Jokainen koesarja pakattiin vielä omaan suurempaan pussiinsa, jotta ympäristön olosuhteet eivät vaikuttaisi näytteiden kosteuspitoisuuksiin koeajojen ja referenssimittausten välillä.

### 8.3 Näytteiden analysointi kosteusanalysointilaitteilla

Referenssianalyysina näytteiden kosteuspitoisuudet mitattiin kosteusanalysointilaitteilla. Sinetöidyissä muovipusseissa olevat näytteet kuljetettiin koesarjoittain laboratorioon tutkittavaksi. Huolellisella pakkaamisella yritettiin välttää mahdollisimman hyvin ympäristön vaikutukset näytteiden kosteuspitoisuuksiin. Referenssimittaukset suoritettiin saman päivän aikana kuin varsinaiset kalibrointimittaukset. Tällä yritettiin myös minimoida ulkoisten tekijöiden vaikutusta tuloksiin.

Näytteet tutkittiin laboratorion kosteusanalysointilaitteilla. Kosteusanalysointilaitteen käytöstä kerrotaan tarkemmin kappaleessa 7.2. Jokaisen näytteen alku-, väli- ja loppumassat merkittiin muistiin. Analyysia jatkettiin niin kauan, että kahden viimeisen massan erotus oli alle 0,05 %. Tulosten erotus laskettiin kaavalla 7. Tulosten perusteella näytteiden kosteuspitoisuudet laskettiin kaavan 8 avulla.

Referenssimittausten tulokset merkittiin kalibrointitaulukkoon (liite 1) sarakkeeseen Lab Oven. Kun koesarjan kaikki tulokset oli merkitty kalibrointitaulukkoon, uudet Span ja Trim –arvot laskettiin kohtaan Span new ja Trim new.

#### 8.4 Uusien säätöarvojen syöttäminen kosteusmittauslaitteistoon

Kun koesarjan näytteet oli tutkittu sekä kosteusmittauslaitteistolla että kosteusanalysointilaitteilla, kalibrointitaulukossa olevat uudet säätöarvot syötettiin kosteusmittauslaitteistoon. Säätöarvojen muuttamisesta on kerrottu kappaleessa 5.4.6. Uusia Span ja Trim –arvoja käytettiin seuraavan koesarjan alkuasetuksina. Koesarjoja otettiin kuitenkin kangaslaadulla niin monta, että kosteusmittauslaitteiston ja referenssimittausten antamat tulokset poikkesivat alle yhden prosentin toisistaan.

## 9 NÄYTESARJAT TUOTANNON OLLESSA KÄYNNISSÄ

Kalibroinnin jälkeen tutkittavista kangaslaaduista otettiin näytteitä tuotannon aikana. Tarkoituksena oli varmistaa kalibroinnin onnistuminen ja tutkia referenssimenetelmän avulla, toimivatko kalibrointiin käytetyt säätöarvot myös käytännön tuotantotilanteessa.

### 9.1 Koejärjestelyt tuotannon aikana

Tuotannon aikana otettujen näytteiden suhteen ei käytetty minkäänlaisia erikoisjärjestelyjä, vaan näytteet otettiin tuotannon käydessä normaalisti.

## 9.2 Näytteenotto tuotannon aikana

Tuotannon aikana otettujen näytteiden kosteuden mittaamisessa käytettiin kosteusmittauslaitteiston Sample –toimintoa. Toiminto mahdollistaa kosteuden keskiarvon mittaamisen tietyinä ajanjaksona.

Kosteuden mittaus aloitettiin painamalla kosteusmittauslaitteiston keskusyksiköstä Gauge Interface –painiketta näytön ollessa normaalitilassa. Näyttöön avautui ikkuna, jonka alareunasta valittiin Sample –toiminto. Sample –ikkunan ollessa auki, mittauksen aloitettiin painamalla Play –painiketta ja lopetettiin Stop -painikkeella.

Kosteuden mittaus aloitettiin puomin käännön yhteydessä ja sitä jatkettiin kunnes katkaisutoiminto katkaisi kuitukankaan ja se alkoi kerääntyä seuraavaan puomiin. Mittauksen loputtua Sample –toiminnon antama kosteuden keskiarvo, näytteenottoaika sekä kosteuden keskiarvon poikkeama kirjattiin mittauspöytäkirjaan (liite 3).

Näyte kerättiin välittömästi katkaisutoiminnon jälkeen rullan päällimmäisistä kerroksista samassa yhteydessä kun rulla otettiin alas koneelta ja pakattiin. Rullan päältä otettiin mahdollisimman suuri, mutta helposti käsiteltävissä ja tutkittavissa oleva näyte. Näytteenotto suoritettiin rullan päältä, jotta Sample –toiminnon ajoittaminen onnistuisi niin, että itse kangasnäyte olisi mahdollista ottaa samasta kohdasta kuin mistä kosteuspitoisuudet on mitattu.

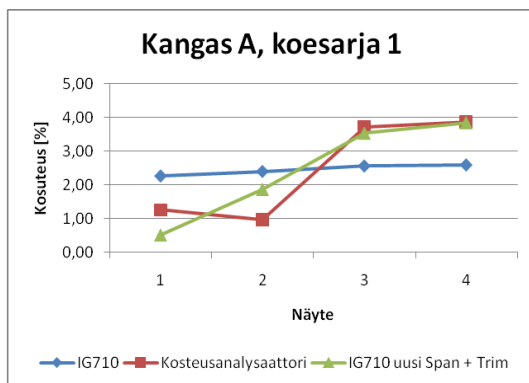
Näytteet otettiin rullasta, jonka kohdalle mittalaite on asetettu. Näytteet pakattiin mahdollisimman pian sinetöityihin näytempusseihin ja tutkittiin laboratorion kosteusanalysointorilla samalla tavalla kuin koeajojen yhteydessä.

Näytteet otettiin peräkkäisistä puomeista. Näin tuotannon aikana otetuista näytteistä saatiin myös muodostettua näytesarjoja. Tuotannon aikaisia näytteitä otettiin vain kahdesta kangaslaadusta, joita tuotantolinjalla ajettiin sen jälkeen kun kalibrointi oli saatu suoritettua koeajojen avulla. Tuotannon aikaiset näytesarjat ovat kankaista D ja E.

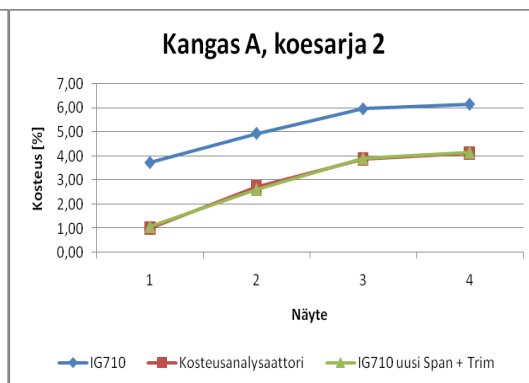
## 10 TULOKSET

Työn kokeellisen osan tavoitteina olivat tuotantolinjalla 43 olevan kosteusmittauslaitteiston kalibrointi ja käyttöönotto viidelle eri kangaslaadulle. Kalibrointi suoritettiin vertaamalla kosteusmittauslaitteiston antamia tuloksia laboratorioissa suoritettuihin referenssimittauksiin ja muuttamalla kosteusmittauslaitteiston Span ja Trim -arvoja niin, että tulokset vastaisivat toisiaan mahdollisimman tarkasti.

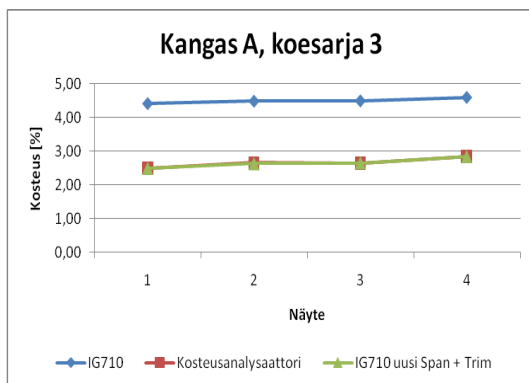
Työn tulokset ovat koeajojen eli kalibroinnin osalta seuraavissa kuvaajissa, joissa näkyvät kosteusmittauslaitteiston ja referenssanalyysien tulokset koesarjoittain. Kuvaajissa, kohdassa IG710 uusi Span ja Trim, näkyvät uusien Span ja Trim -arvojen avulla korjatut kosteuspitoisuudet.



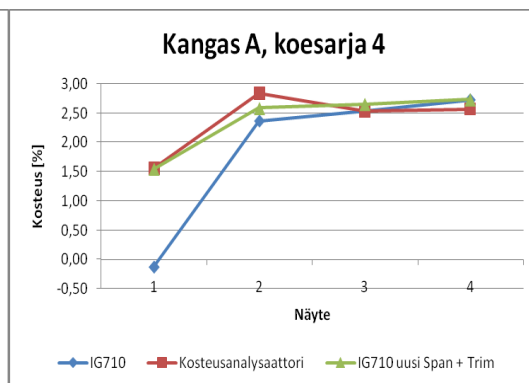
Kuva 20. Tulokset kankaan A koesarjasta 1



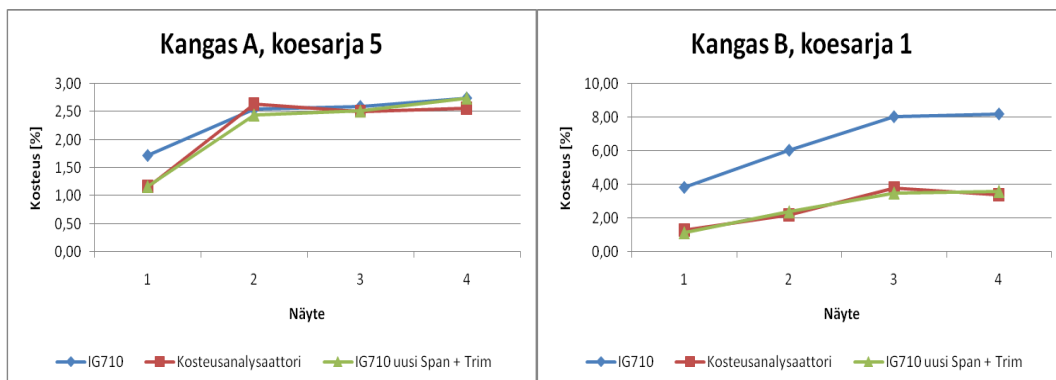
Kuva 21. Tulokset kankaan A koesarjasta 2



Kuva 22. Tulokset kankaan A koesarjasta 3

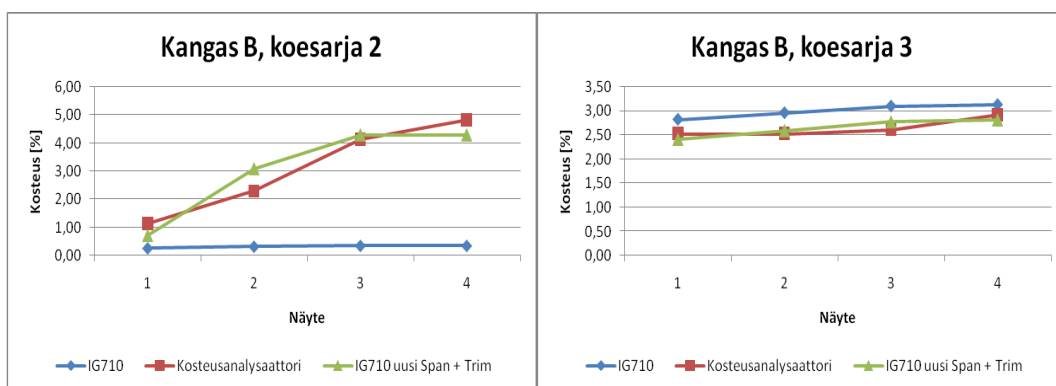


Kuva 23. Tulokset kankaan A koesarjasta 4



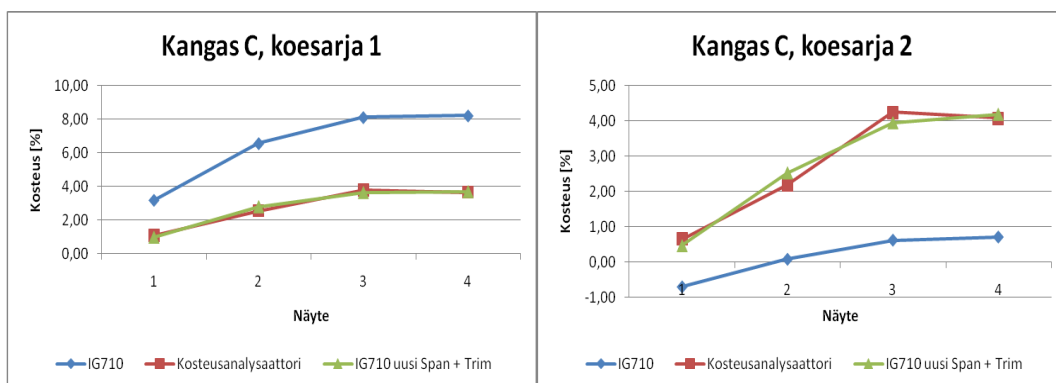
Kuva 24. Tulokset kankaan A koesarjasta 5

Kuva 25. Tulokset kankaan B koesarjasta 1



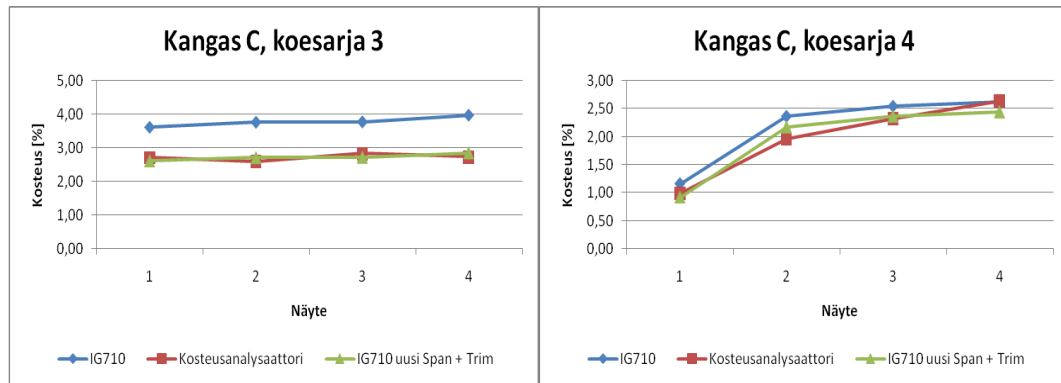
Kuva 26. Tulokset kankaan B koesarjasta 2

Kuva 27. Tulokset kankaan B koesarjasta 3



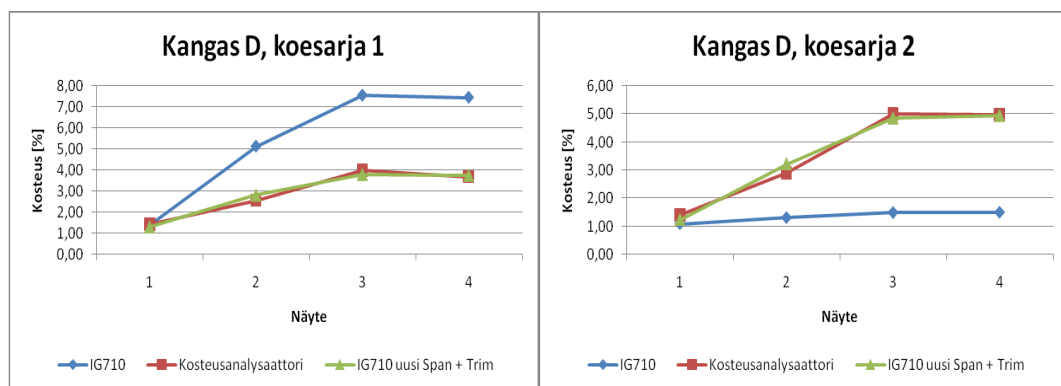
Kuva 28. Tulokset kankaan C koesarjasta 1

Kuva 29. Tulokset kankaan C koesarjasta 2



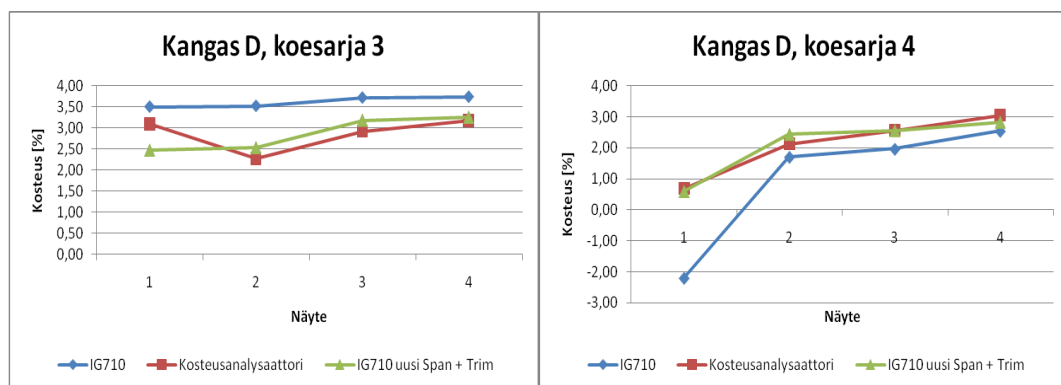
Kuva 30. Tulokset kankaan C  
koesarjasta 3

Kuva 31. Tulokset kankaan C  
koesarjasta 4



Kuva 32. Tulokset kankaan D  
koesarjasta 1

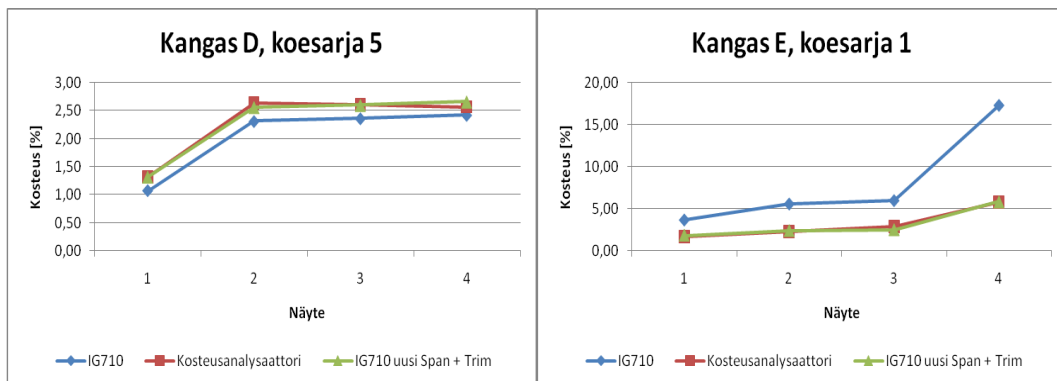
Kuva 33. Tulokset kankaan D  
koesarjasta 2



Kuva 34. Tulokset kankaan D  
koesarjasta 3

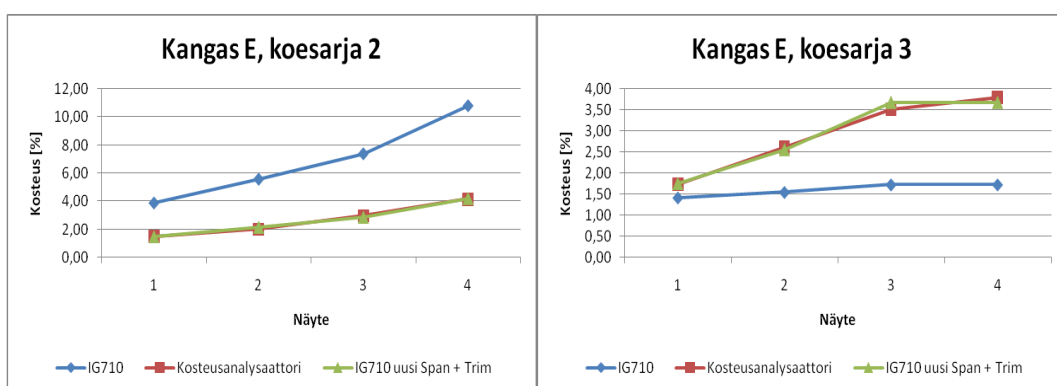
Kuva 35. Tulokset kankaan D  
koesarjasta 4





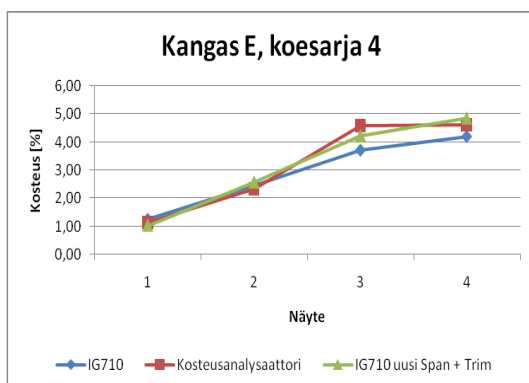
Kuva 36. Tulokset kankaan D koesarjasta 5

Kuva 37. Tulokset kankaan E koesarjasta 1



Kuva 38. Tulokset kankaan E koesarjasta 2

Kuva 39. Tulokset kankaan E koesarjasta 3



Kuva 40. Tulokset kankaan E koesarjasta 4

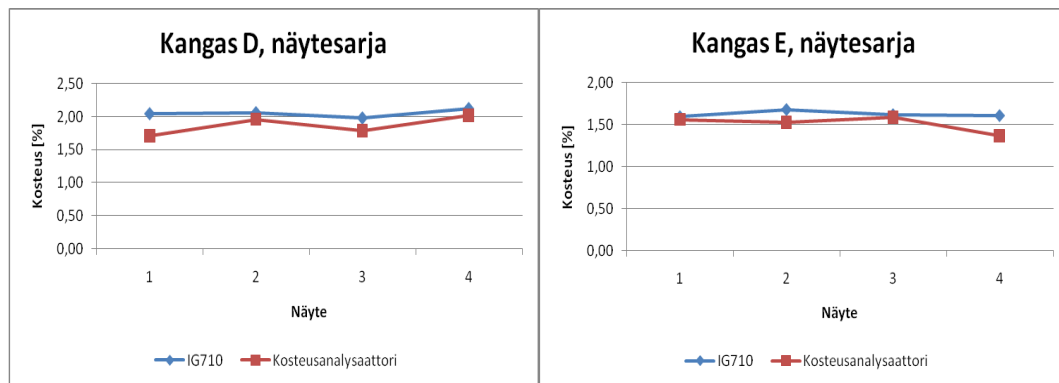
Kuvaajista voidaan havaita, että tulokset yhdenmukaistuvat koesarjojen edetessä ja tavoite alle yhden prosentin eroista IG710:n ja referenssianalyysien tulosten välillä saavutettiin kaikilla viidellä kangaslaadulla. Kalibroinnin eteneminen on yhtenäistä kangaslaadusta riippumatta siinä, että ensin Span ja Trim -arvojen avulla on saavutettu jonkinlaiset lineaariset erot IG710:n ja referenssianalyysien välillä (esimerkiksi kangas A, koesarjat 2 ja 3) ja sen jälkeen on päästy tavoitteiden mukaisiin tuloksiin (esimerkiksi kangas A, koesarjat 4 ja 5).

Koesarjojen kalibrointitaulukot ovat liitteessä 1. Sarakkeessa IG710 ovat kosteusmittauslaitteiston antamat mittaustulokset ja sarakkeessa Lab Oven referenssianalyysien tulokset. Kalibrointitaulukoissa näkyvät myös alkuperäiset ja korjatut Span ja Trim -arvot kohdissa Span old ja new sekä Trim old ja new. Sarakkeessa IG710 New Value on korjattujen Span ja Trim -arvojen perusteella lasketut korjatut kosteuspitoisuudet.

Koesarjoista tehtyjen referenssianalyysien mittauspöytäkirjat ovat liitteessä 2. Mittauspöytäkirjoissa ovat näytteiden alku-, väli- ja loppumassat sekä analyysien tuloksena saadut kosteuspitoisuudet, jotka on laskettu kaavan 8 avulla. Samat numeroarvot näkyvät myös kalibrointitaulukoiden sarakkeessa Lab Oven.

Kosteusmittauslaitteiston ja referenssimittausten väliset erot näkyvät liitteen 4 pylvädiagrammeissa, joissa on esitetty IG710:n sekä referenssianalyysien tulokset.

Seuraavissa kuvaajissa ovat tuotannon aikana otettujen näytesarjojen tulokset. Kuvaajissa näkyvät kosteusmittauslaitteiston ja referenssimittausten kosteuspitoisuudet sekä niiden väliset erot. Näytesarjojen mittauspöytäkirjat ovat liitteessä 3.



Kuva 41. Kankaan D näytesarjan tulokset

Kuva 42. Kankaan E näytesarjan tulokset

Kuvaajista voidaan havaita, että kosteusmittauslaitteiston kalibrointi on onnistunut, sillä erot referenssianalyysien kanssa ovat pienet. Tavoitteena olleet alle yhden prosentin erot kosteusmittauslaitteiston ja laboratoriossa tehtyjen referenssianalyysien välillä toteutuivat. Tarkoituksena oli ottaa kaikista kangaslaaduista näytesarjat tuotannon ollessa käynnissä, mutta se ei ollut mahdollista kuin kahden kangaslaadun osalta.

Tuotannon aikana otettujen näytesarjojen perusteella kosteusmittauslaitteistolle laadittiin validointisuunnitelma. Validointi varmistaa kalibroinnin luotettavuuden ja suunnitelman mukaan validointi tulisi suorittaa jokaiselle kalibroidulle kangaslaadulle kerran tai kaksi kertaa vuodessa. Kosteusmittauslaitteiston validointisuunnitelma on liitteessä 5.

## 11 VIRHEARVIOINTI

Tutkittavat näytteet pakattiin sinetöityihin näytepusseihin ennen koeajoja sekä välittömästi mittauksen jälkeen, mutta näytteiden kosteuspitoisuudet ovat voineet ehtiä hieman muuttumaan kosteusmittauslaitteistolla suoritettujen mittausten ja referenssi-

analyysien välillä. Kuivat näytteet ovat voineet imeä kosteutta huoneilmasta ja kosteista näytteistä on voinut haihtua kosteutta, vaikka mittauksen ja pussituksen välinen aika pyrittiin pitämään mahdollisimman lyhyenä.

Suurimmat virheet ovat tuotannon aikana otettujen näytteiden kosteuspitoisuuksissa. Liitteen 3 taulukoissa 27 ja 28 näkyvät Sample –toiminnon avulla otettujen kosteuspitoisuuksien keskiarvot sekä niiden poikkeamat. Poikkeamat ovat suuret varsinkin kankaan D näytteissä. Suuret poikkeamat johtuvat siitä, että kankaan kosteuspitoisuus ei ole sama kankaan joka kohdassa. Käytännössä on mahdotonta rakentaa tuotantolinjalle sellaista kuivausjärjestelmää, jolla kankaan kosteus saataisiin kauttaaltaan samanlaiseksi.

Joitakin virheitä sattui myös kosteusmittauslaitteiston Span ja Trim -arvojen kanssa. Tavoitteena oli käyttää aina edellisen koesarjan antamia arvoja seuraavan koesarjan alkuasetuksina. Inhimillisistä virheistä johtuen näin ei kuitenkaan käynyt jokaisen koesarjan kohdalla, joten Span ja Trim –arvojen käytössä on joitakin epä johdonmukaisuuksia. Epäjohdonmukaisuuksista huolimatta kalibrointi suoritettiin onnistuneesti.

## 12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kosteusmittauslaitteisto on toiminnassa ja mittaa kosteutta tavoitetarkkuudella opinäytetyön mukaisilla viidellä kangaslaadulla.

Kankaan optimaalista kosteuspitoisuutta ei määritetty. Optimaalisen kosteuspitoisuuden määrittäminen ja sen saavuttaminen riippuu monista tekijöistä ja vaatisi laajempaa tutkimusta. Kuitukankaan pakkaustapa, varastointiaika ja kuljetus on otettava huomioon, kuten myös asiakkaan toiveet kankaan kosteuspitoisuudesta. Lisäksi kuitukankaan kuivaukseen ja kuivaimen asetuksiin pitäisi kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Kosteusmittauslaitteiston sijoituspaikka kuivauksen jälkeen ennen kelakonetta on optimaalinen. Kuitukankaan kosteuspitoisuuden avulla voidaan tutkia jatkossa myös kuivaimen tehokkuutta ja asetuksia eri kuitukangaslaaduilla. Kuitukankaan kosteuden muutos kosteuden mittauskohdan jälkeen riippuu tuotantolinjalla vallitsevasta ilman kosteudesta. Talvella tuotantolinjan ilman kosteus on hyvin pieni eikä se vaikuta merkittävästi kankaan kosteuteen mittauspisteen jälkeen. Kesäaikana tuotantolinjan ilman kosteuspitoisuutta olisi hyvä valvoa, ettei se nouse suuremmaksi kuin kankaan kosteus mittauspisteessä.

### 13 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Tuotannollisista syistä kalibroinnin onnistuminen pystyttiin varmistamaan vain kahden kangaslaadun osalta ottamalla näytesarjat tuotannon ollessa käynnissä. Kalibroinnin onnistuminen myös muiden kangaslaatuojen osalta tulisi varmistaa ottamalla vastaavat näytesarjat myös niistä kangaslaaduista, joista niitä ei pystytty ottamaan opinnäytetyön suorittamisen aikana.

Kalibrointi suoritettiin viidelle kangaslaadulle, vaikka tuotantolinjalla 43 tuotetaan useampia erilaisia kangaslaatuja. Kalibroinnin voisi suorittaa kaikille tuotantolinjalla ajettaville kangaslaaduille.

Tuotantolinjalla työskentelevälle henkilökunnalle tulisi järjestää käyttökoulutus kosteusmittauslaitteiston käytöstä. Lisäksi laitteiston läheisyyteen voisi sijoittaa yksinkertaiset käyttöohjeet laitteiston toiminnoista, joita linjalla työskentelevät henkilöt tarvitsevat.

Kankaan kosteuspitoisuudet tuotannon aikana otetuissa näytesarjoissa olivat niin pienet, että jatkossa tuotantolinjan kuivaimen asetusten optimointi voisi olla ajan-

kohtaista. Kosteuspitoisuuden nostaminen esimerkiksi yhdellä prosentilla voisi vähentää kuivausuunin energiankulutusta ja samalla myös kuitukankaan sähköisyyttä.

Kuivaimen asetusten optimointia hankaloittaa tuotantolinjalla vallitsevan ilman kosteuden vaihtelut eri vuodenaikoina. Kuivaimen asetusten luominen erikseen jokaiselle tuotannossa olevalle kangaslaadulle olisi työlästä. Asetusten luominen esimerkiksi kankaan neliöpainojen mukaan tai erillisten talvi- ja kesäasetusten luominen voisi sen sijaan olla toteutettavissa, jos kankaiden raaka-ainekoostumusten eroista ei synny mittavaa eroa kankaan kuivaamiseen vaadittavaan tehokkuuteen.

Kosteusmittauslaitteiston antamaa tietoa kuitukankaan kosteuspitoisuudesta voidaan hyödyntää prosessin valvonnassa. Kuitukankaalle voidaan asettaa rajakosteus, jonka ylittyessä kosteusmittauslaitteisto hälyttää. Rajakosteuden määrittämisessä on huomioitava sekä asiakkaan toiveet että kuitukankaan laadulle asetetut vaatimukset. Kuitukangas ei saa olla niin kosteaa, että sen laatu heikkenee ja bakteerien lukumäärä kasvaa pakkauksen sisällä varastoinnin ja kuljetuksen aikana.

Yksittäisessä puomissa olevia kosteuspitoisuuden poikkeamia voidaan tarkastella kosteusmittauslaitteiston Sample –toiminnon avulla. Käynnistämällä näytteenotto Sample –toiminnolla heti puomin alusta ja jatkamalla sitä aina katkaisuun asti, pystyttäisiin selvittämään kosteuspitoisuuden poikkeama koko puomin matkalta. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että kyseiselle kangaslaadulle tehty kalibrointi on onnistunut, sillä koko puomista ei ole mahdollista tehdä referenssianalyyseja. Sama kosteuspitoisuuden poikkeamien tarkastelu on laajennettavissa koskemaan kokonaista tilausta niin, että esimerkiksi joka toinen tai joka kymmenes puomi tutkittaisiin tilauksen suuruudesta riippuen. Sample –toiminnon käytöstä on kerrottu tarkemmin kappaleessa 9.2.

## LÄHTEET

- /1/ Kortelainen, Jukka: J. W. Suominen Oy 1898-1982. Satakunnan Kirjateollisuus Oy, Pori 1983. 153 s. ISBN 951-99514-0-7.
- /2/ Turbak, Albin F. (editor): Nonwovens: Theory, Process, Performance and Testing. Tappi Press, Atlanta USA 1993. 255 p. ISBN 0-89852-265-X.
- /3/ Suominen Kuitukankaat Oy:n www-sivu [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.2.2009] Saatavissa: <http://www.suominen.fi/kuitukankaat>
- /4/ VTT, Nonwovenin määritelmiä, moniste. Suominen Kuitukankaat Oy.
- /5/ Nonwovens training course, kurssimateriaali. EDANA (European Disposables And Nonwovens Association). Bryssel 2007.
- /6/ IG710<sup>TM</sup> User Guide, kosteusmittauslaitteiston käyttöopas. Essex, United Kingdom 2006. 51 p.
- /7/ Jaarinen, Soili, Niiranen, Jukka: Laboratorion analyysitekniikka. Edita, Helsinki 2005. 223 s. ISBN 951-37-4445-0.
- /8/ Instruction Manual for the SDL F256A Moisture regain oven. Kosteusuunin käyttöohje. Italy 1998. 97 p.
- /9/ IG710<sup>TM</sup> Technical Reference Manual, kosteusmittauslaitteiston tekninen käyttöohje. Essex, United Kingdom 2007. 222 p.
- /10/ Härkönen, Sakari, Lähteenmäki, Ilkka, Välimaa, Taisto: Teollisuuden mittaustekniikka: Analyysimittaukset. VAPK-kustannus, Helsinki 1992. 162 s. ISBN 951-37-0874-8.
- /11/ Edana:n (European Disposables And Nonwovens Association) www-sivu [verkkodokumentti]. [Viitattu 7.4.2009] Saatavissa: <http://www.edana.org>
- /12/ Nakkilan kunnan www-sivu [verkkodokumentti]. [Viitattu 14.4.2009] Saatavissa: <http://www.nakkila.fi/?lang=fi&url=muut/historia.xml>
- /13/ Laitalainen, Tarja, Simonen, Tapio: Orgaaninen kvalitatiivinen analyysi. IR-analytiikka. VAPK-kustannus, Helsinki 1991. 81s. ISBN 951-37-0155-7.
- /14/ SDL Atlas Group: Kosteusuunivalmistajan www-sivu [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.4.2009] Saatavissa: <http://www.sdlatlas.com/assets/images/F256A.jpg>
- /15/ The University of Adelaide – Department of Chemistry: Adelaiden yliopiston www-sivu [verkkodokumentti]. [Viitattu 21.4.2009] Saatavissa: <http://www.chemistry.adelaide.edu.au/external/soc-rel/content/michelso.htm>
- /16/ Wikipedian www-sivu [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.5.2009] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Echelle-spektrometri>

/17/ Helsingin yliopiston tähtitieteen laitoksen www-sivu [verkkodokumentti].  
[Viitattu 6.5.2009] Saatavissa:  
[http://www.astro.helsinki.fi/opetus/kurssit/havaitseva/httpkI\\_8-9\\_spektrometria.pdf](http://www.astro.helsinki.fi/opetus/kurssit/havaitseva/httpkI_8-9_spektrometria.pdf)



## KALIBROINTITÄULUKOT

Taulukko 1. Kalibrointitaulukko kankaan A koesarjasta 1

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy					Date:	20.2.2009		
Product	A Koesarja 1								
					Old	New			
				Span	0,0334	0,3475			
				Trim	2,8640	6,7015			
					Span and zero changed		Trim only changed		
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff	
1	2,27	1,26	1,01	-17,78	0,52	-0,74	-0,59	-1,85	
2	2,40	0,96	1,44	-13,89	1,87	0,91	-0,46	-1,43	
3	2,56	3,70	-1,14	-9,10	3,54	-0,16	-0,30	-4,01	
4	2,59	3,86	-1,27	-8,20	3,85	-0,01	-0,27	-4,14	
rsd	0,1489	1,5490				0,6827		1,4160	
Average	2,4550	2,4463	0,0088	-12,2455	2,4463	Orthogonal Fit			
Stand Dev	0,1289	1,3415			1,3415	Slope	0,0961		
					Intercept	2,219873121			

Taulukko 2. Kalibrointitaulukko kankaan A koesarjasta 2

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	21.2.2009		
Product	A Koesarja 2							
					Old	New		
				Span	0,3475	0,4455		
				Trim	6,7015	4,8657		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	3,74	1,01	2,73	-8,52	1,07	0,06	-2,96	-3,97
2	4,94	2,73	2,21	-5,07	2,61	-0,12	-1,76	-4,49
3	5,95	3,86	2,09	-2,16	3,90	0,04	-0,75	-4,61
4	6,14	4,12	2,02	-1,62	4,15	0,03	-0,56	-4,68
rsd	1,1023	1,4132				0,0839		0,3197
Average	5,1925	2,9310	2,2615	-4,3424	2,9310	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,9546	1,2239			1,2239	Slope	0,7800	
					Intercept	2,906402889		

Taulukko 3. Kalibrointitaulukko kankaan A koesarjasta 3

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	23.3.2009		
Product	A Koesarja 3							
					Old	New		
				Span	0,4455	0,8559		
				Trim	6,7015	6,8862		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	4,42	2,50	1,93	-5,12	2,50	0,01	-2,28	-4,78
2	4,49	2,66	1,83	-4,96	2,64	-0,02	-2,21	-4,87
3	4,50	2,65	1,85	-4,94	2,66	0,01	-2,20	-4,85
4	4,60	2,84	1,76	-4,72	2,85	0,01	-2,10	-4,94
rsd	0,0741	0,1424				0,0132		0,0689
Average	4,5025	2,6613	1,8413	-4,9360	2,6613	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,0642	0,1233			0,1233	Slope	0,5205	
					Intercept	3,117381971		

Taulukko 4. Kalibrointitaulukko kankaan A koesarjasta 4

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	24.3.2009		
Product	A Koesarja 4							
					Old	New		
				Span	0,8559	0,3573		
				Trim	6,8862	4,4665		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	-0,13	1,56	-1,69	-8,20	1,54	-0,02	-7,02	-8,57
2	2,36	2,84	-0,48	-5,29	2,58	-0,26	-4,53	-7,36
3	2,54	2,53	0,01	-5,08	2,65	0,12	-4,35	-6,88
4	2,72	2,57	0,15	-4,87	2,73	0,16	-4,17	-6,73
rsd	1,3431	0,5606				0,1896		0,8357
Average	1,8725	2,3738	-0,5013	-5,8578	2,3738	Orthogonal Fit		
Stand Dev	1,1631	0,4855			0,4855	Slope	2,3958	
					Intercept	-3,814422615		

Taulukko 5. Kalibrointitaulukko kankaan A koesarjasta 5

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	26.3.2009		
Product	A Koesarja 5							
					Old	New		
				Span	0,3573	0,5499		
				Trim	4,6650	5,7071		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	1,72	1,16	0,56	-8,24	1,17	0,02	-2,95	-4,10
2	2,54	2,64	-0,10	-5,95	2,44	-0,20	-2,13	-4,77
3	2,59	2,51	0,08	-5,81	2,51	0,00	-2,08	-4,58
4	2,74	2,56	0,18	-5,39	2,74	0,18	-1,93	-4,49
rsd	0,4596	0,7074				0,1588		0,2789
Average	2,3975	2,2170	0,1805	-6,3462	2,2170	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,3980	0,6126			0,6126	Slope	0,6497	
					Intercept	0,957114191		

Taulukko 6. Kalibrointitaulukko kankaan B koesarjasta 1

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	18.2.2009		
Product	B Koesarja 1							
					Old	New		
				Span	0,0270	0,0151		
				Trim	1,0700	-0,3923		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	3,85	1,29	2,56	102,96	1,16	-0,13	2,78	1,49
2	6,05	2,18	3,87	184,44	2,39	0,21	4,98	2,80
3	8,04	3,78	4,26	258,15	3,50	-0,28	6,97	3,19
4	8,20	3,39	4,82	264,07	3,59	0,20	7,13	3,75
rsd	2,0397	1,1390				0,2469		0,9594
Average	6,5350	2,6595	3,8755	202,4074	2,6595	Orthogonal Fit		
Stand Dev	1,7665	0,9864			0,9864	Slope	1,7908	
					Intercept	1,772498711		

Taulukko 7. Kalibrointitaulukko kankaan B koesarjasta 2

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	21.2.2009		
Product	B Koesarja 2							
					Old	New		
				Span	0,0151	0,6001		
				Trim	0,3923	5,9678		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	0,26	1,14	-0,88	-8,76	0,71	-0,43	-0,13	-1,27
2	0,32	2,29	-1,97	-4,79	3,09	0,80	-0,07	-2,37
3	0,35	4,13	-3,78	-2,80	4,29	0,15	-0,04	-4,17
4	0,35	4,82	-4,47	-2,80	4,29	-0,53	-0,04	-4,86
rsd	0,0424	1,6861				0,6135		1,6466
Average	0,3200	3,0945	-2,7745	-4,7881	3,0945	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,0367	1,4602			1,4602	Slope	0,0252	
					Intercept	0,242135261		

Taulukko 8. Kalibrointikäyrä kankaan B koesarjasta 3

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	24.3.2009		
Product	B Koesarja 3							
					Old	New		
				Span	0,6001	0,7808		
				Trim	5,9678	6,5009		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	2,82	2,53	0,29	-5,25	2,41	-0,12	-3,15	-5,68
2	2,96	2,52	0,44	-5,01	2,59	0,06	-3,01	-5,53
3	3,10	2,61	0,50	-4,78	2,77	0,16	-2,87	-5,47
4	3,13	2,92	0,22	-4,73	2,81	-0,11	-2,84	-5,75
rsd	0,1424	0,1853				0,1386		0,1288
Average	3,0025	2,6428	0,3598	-4,9413	2,6428	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,1234	0,1605			0,1605	Slope	0,7686	
					Intercept	0,971332327		

Taulukko 9. Kalibrointikäyrä kankaan C koesarjasta 1

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	19.2.2009		
Product	C Koesarja 1							
					Old	New		
				Span	0,3490	0,1878		
				Trim	3,9770	1,4076		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	3,20	1,08	2,12	-2,23	0,99	-0,09	-0,78	-1,86
2	6,57	2,57	4,00	7,43	2,80	0,24	2,59	0,03
3	8,12	3,81	4,31	11,87	3,64	-0,17	4,14	0,33
4	8,22	3,67	4,56	12,16	3,69	0,03	4,24	0,58
rsd	2,3434	1,2612				0,1770		1,1088
Average	6,5275	2,7803	3,7473	7,3080	2,7803	Orthogonal Fit		
Stand Dev	2,0295	1,0922			1,0922	Slope	1,8581	
					Intercept	1,361635305		

Taulukko 10. Kalibrointitaulukko kankaan C koesarjasta 2

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	21.2.2009		
Product	C Koesarja 2							
					Old	New		
				Span	0,1878	0,4953		
				Trim	1,4076	6,0287		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	-0,70	0,64	-1,34	-11,22	0,47	-0,17	-2,11	-2,75
2	0,08	2,18	-2,10	-7,07	2,53	0,35	-1,33	-3,51
3	0,62	4,24	-3,62	-4,19	3,95	-0,29	-0,79	-5,03
4	0,71	4,07	-3,36	-3,71	4,19	0,11	-0,70	-4,77
rsd	0,6478	1,7084				0,2863		1,0752
Average	0,1775	2,7845	-2,6070	-6,5501	2,7845	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,5610	1,4795			1,4795	Slope	0,3792	
					Intercept	-0,878297106		

Taulukko 11. Kalibrointitaulukko kankaan C koesarjasta 3

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	23.3.2009		
Product	C Koesarja 3							
					Old	New		
				Span	0,4953	0,3204		
				Trim	6,0287	4,1795		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	3,61	2,72	0,89	-4,88	2,61	-0,10	-2,42	-5,14
2	3,76	2,60	1,16	-4,58	2,71	0,11	-2,27	-4,87
3	3,77	2,84	0,94	-4,56	2,72	-0,12	-2,26	-5,09
4	3,97	2,74	1,23	-4,16	2,85	0,11	-2,06	-4,80
rsd	0,1477	0,0956				0,1275		0,1669
Average	3,7775	2,7233	1,0543	-4,5451	2,7233	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,1279	0,0828			0,0828	Slope	1,5459	
					Intercept	-0,432438412		

Taulukko 12. Kalibrointitaulukko kankaan C koesarjasta 4

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	26.3.2009		
Product	C Koesarja 4							
					Old	New		
					Span	0,3204	0,3354	
					Trim	4,1795	4,0769	
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	1,16	0,99	0,17	-9,42	0,92	-0,07	-3,02	-4,01
2	2,36	1,96	0,40	-5,68	2,17	0,22	-1,82	-3,78
3	2,54	2,32	0,23	-5,12	2,36	0,05	-1,64	-3,95
4	2,62	2,64	-0,02	-4,87	2,44	-0,19	-1,56	-4,20
rsd	0,6821	0,7139				0,1738		0,1728
Average	2,1700	1,9735	0,1965	-6,2718	1,9735	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,5907	0,6183			0,6183	Slope	0,9554	
					Intercept	0,284565481		

Taulukko 13. Kalibrointitaulukko kankaan D koesarjasta 1

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	19.2.2009		
Product	D Koesarja 1							
					Old	New		
					Span	0,1270	0,0513	
					Trim	2,1880	1,6263	
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	1,41	1,43	-0,02	-6,13	1,31	-0,12	-0,78	-2,21
2	5,13	2,57	2,56	23,17	2,81	0,25	2,94	0,37
3	7,55	3,99	3,56	42,22	3,79	-0,20	5,36	1,37
4	7,45	3,68	3,77	41,43	3,75	0,07	5,26	1,58
rsd	2,8762	1,1618				0,1989		1,7427
Average	5,3850	2,9178	2,4673	25,1732	2,9178	Orthogonal Fit		
Stand Dev	2,4908	1,0062			1,0062	Slope	2,4755	
					Intercept	-1,837997906		

Taulukko 14. Kalibrointitaulukko kankaan D koesarjasta 2

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	21.2.2009		
Product	D Koesarja 2							
					Old	New		
					Span	0,0513	0,4633	
					Trim	1,6263	6,0800	
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	1,09	1,40	-0,31	-10,45	1,24	-0,17	-0,54	-1,94
2	1,31	2,90	-1,59	-6,17	3,22	0,32	-0,32	-3,22
3	1,49	4,99	-3,50	-2,66	4,85	-0,14	-0,14	-5,13
4	1,50	4,95	-3,45	-2,46	4,94	-0,01	-0,13	-5,08
rsd	0,1926	1,7393				0,2262		1,5485
Average	1,3475	3,5623	-2,2148	-5,4347	3,5623	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,1668	1,5062			1,5062	Slope	0,1107	
					Intercept	0,953044301		

Taulukko 15. Kalibrointitaulukko kankaan D koesarjasta 3

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	23.3.2009		
Product	D Koesarja 3							
					Old	New		
					Span	0,4633	1,4867	
					Trim	6,0800	10,7542	
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	3,50	3,09	0,42	-5,57	2,48	-0,61	-2,58	-5,67
2	3,52	2,27	1,25	-5,53	2,54	0,27	-2,56	-4,83
3	3,72	2,92	0,80	-5,09	3,18	0,26	-2,36	-5,28
4	3,74	3,17	0,57	-5,05	3,25	0,07	-2,34	-5,51
rsd	0,1275	0,4093				0,4164		0,3653
Average	3,6200	2,8605	0,7595	-5,3097	2,8605	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,1105	0,3544			0,3544	Slope	0,3116	
					Intercept	2,728554835		



Taulukko 16. Kalibrointitaulukko kankaan D koesarjasta 4

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	24.3.2009		
Product	D Koesarja 4							
					Old	New		
				Span	1,4867	0,6998		
				Trim	10,7542	6,7001		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	-2,21	0,69	-2,90	-8,72	0,60	-0,09	-12,96	-13,65
2	1,70	2,12	-0,42	-6,09	2,44	0,31	-9,05	-11,18
3	1,96	2,57	-0,61	-5,92	2,56	-0,01	-8,79	-11,36
4	2,54	3,05	-0,51	-5,53	2,83	-0,22	-8,21	-11,27
rsd	2,1670	1,0200				0,2269		1,1937
Average	0,9975	2,1075	-1,1100	-6,5627	2,1075	Orthogonal Fit		
Stand Dev	1,8767	0,8834			0,8834	Slope	2,1244	
					Intercept	-3,479761071		

Taulukko 17. Kalibrointitaulukko kankaan D koesarjasta 5

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	26.3.2009		
Product	D Koesarja 5							
					Old	New		
				Span	0,6998	0,6974		
				Trim	6,7001	6,9300		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	1,07	1,32	-0,25	-8,05	1,32	0,00	-5,63	-6,95
2	2,31	2,64	-0,33	-6,27	2,56	-0,08	-4,39	-7,03
3	2,36	2,62	-0,26	-6,20	2,60	-0,01	-4,34	-6,96
4	2,42	2,57	-0,15	-6,12	2,66	0,09	-4,28	-6,85
rsd	0,6482	0,6460				0,0737		0,0739
Average	2,0400	2,2860	-0,2460	-6,6592	2,2860	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,5614	0,5594			0,5594	Slope	1,0035	
					Intercept	-0,253933119		

Taulukko 18. Kalibrointitaulukko kankaan E koesarjasta 1

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	17.2.2009		
Product	E Koesarja 1							
					Old	New		
				Span	0,4280	0,1266		
				Trim	4,8840	2,1885		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	3,70	1,66	2,03	-2,78	1,84	0,17	-1,19	-2,85
2	5,59	2,28	3,31	1,64	2,40	0,11	0,70	-1,58
3	5,99	2,87	3,12	2,59	2,52	-0,35	1,11	-1,76
4	17,27	5,79	11,49	28,95	5,85	0,07	12,39	6,60
rsd	6,1727	1,8264				0,2401		4,3687
Average	8,1378	3,1513	4,9865	7,6022	3,1513	Orthogonal Fit		
Stand Dev	5,3457	1,5817			1,5817	Slope	3,3798	
					Intercept	-2,512770632		

Taulukko 19. Kalibrointitaulukko kankaan E koesarjasta 2

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	17.2.2009		
Product	E Koesarja 2							
					Old	New		
				Span	0,1266	0,0502		
				Trim	2,1885	0,8072		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	3,89	1,51	2,38	13,42	1,48	-0,03	1,70	0,19
2	5,57	2,03	3,54	26,74	2,15	0,12	3,39	1,35
3	7,38	3,00	4,38	40,99	2,87	-0,13	5,19	2,19
4	10,78	4,17	6,61	67,89	4,22	0,05	8,59	4,42
rsd	2,9516	1,1709				0,1074		1,7889
Average	6,9058	2,6785	4,2273	37,2611	2,6785	Orthogonal Fit		
Stand Dev	2,5562	1,0140			1,0140	Slope	2,5208	
					Intercept	0,153683859		

Taulukko 20. Kalibrointitaulukko kankaan E koesarjasta 3

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	20.2.2009		
Product	E Koesarja 3							
					Old	New		
				Span	0,0806	0,4968		
				Trim	2,0000	5,3345		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	1,42	1,74	-0,32	-7,20	1,76	0,02	-0,58	-2,32
2	1,55	2,61	-1,06	-5,58	2,56	-0,05	-0,45	-3,06
3	1,73	3,51	-1,78	-3,35	3,67	0,16	-0,27	-3,78
4	1,73	3,80	-2,07	-3,35	3,67	-0,13	-0,27	-4,07
rsd	0,1511	0,9313				0,1229		0,7818
Average	1,6075	2,9150	-1,3075	-4,8697	2,9150	Orthogonal Fit		
Stand Dev	0,1308	0,8065			0,8065	Slope		0,1622
					Intercept	1,134618742		

Taulukko 21. Kalibrointitaulukko kankaan E koesarjasta 4

Company Name:	Suominen Kuitukankaat Oy				Date:	21.2.2009		
Product	E Koesarja 4							
					Old	New		
				Span	0,4968	0,6435		
				Trim	5,3345	6,3230		
					Span and zero changed		Trim only changed	
Sample #	IG710	LAB Oven	Diff	Uncalib	IG710 New value	Diff	IG710 New Value	Diff
1	1,25	1,15	0,11	-8,22	1,03	-0,11	-4,08	-5,23
2	2,44	2,34	0,10	-5,83	2,57	0,23	-2,89	-5,23
3	3,71	4,58	-0,87	-3,27	4,22	-0,36	-1,62	-6,21
4	4,20	4,61	-0,41	-2,28	4,85	0,24	-1,13	-5,75
rsd	1,3267	1,7185				0,2926		0,4686
Average	2,9000	3,1695	-0,2695	-4,9004	3,1695	Orthogonal Fit		
Stand Dev	1,1489	1,4883			1,4883	Slope		0,7720
					Intercept	0,453170191		

## REFERENSSIANALYYSIEN MITTAUSPÖYTÄKIRJAT

Taulukko 22. Mittauspöytäkirja kankaan A referenssianalyyseista

Pvm	Koesarja	Näyte	alkumassa	massa 10 min	massa 20 min	massa 30 min	kosteus
-	-	-	g	g	g	g	%
20.2.2009	1	1	18,70	18,54	18,47	18,46	1,26
20.2.2009	1	2	19,72	19,51	19,53	19,53	0,96
20.2.2009	1	3	21,20	20,41	20,42	-	3,70
20.2.2009	1	4	21,62	20,76	20,79	20,78	3,86
21.2.2009	2	1	18,76	18,57	18,57	-	1,01
21.2.2009	2	2	22,88	22,26	22,25	-	2,73
21.2.2009	2	3	21,88	21,03	21,04	-	3,86
21.2.2009	2	4	21,98	21,08	21,07	-	4,12
23.3.2009	3	1	16,63	16,21	16,22	-	2,50
23.3.2009	3	2	24,65	24,00	23,99	-	2,66
23.3.2009	3	3	19,06	18,55	18,56	-	2,65
23.3.2009	3	4	14,95	14,52	14,53	-	2,84
24.3.2009	4	1	16,37	16,11	16,12	-	1,56
24.3.2009	4	2	24,85	24,14	14,15	-	2,84
24.3.2009	4	3	23,89	23,28	23,29	-	2,53
24.3.2009	4	4	23,17	22,57	22,58	-	2,57
26.3.2009	5	1	16,39	16,20	16,20	-	1,16
26.3.2009	5	2	26,33	25,63	25,64	-	2,64
26.3.2009	5	3	19,53	19,04	19,04	-	2,51
26.3.2009	5	4	20,51	19,99	19,98	-	2,56

Taulukko 23. Mittauspöytäkirja kankaan B referenssianalyyseista

Pvm	Koesarja	Näyte	alkumassa	massa 10 min	massa 20 min	massa 30 min	kosteus
-	-	-	g	g	g	g	%
19.2.2009	1	1	43,78	43,16	43,21	43,22	1,29
19.2.2009	1	2	43,82	42,86	42,87	-	2,18
19.2.2009	1	3	44,67	42,98	42,98	-	3,78
19.2.2009	1	4	44,16	42,67	42,66	-	3,39
21.2.2009	2	1	43,63	43,13	43,14	-	1,14
21.2.2009	2	2	43,82	42,81	42,82	-	2,29
21.2.2009	2	3	44,53	42,69	42,69	-	4,13
21.2.2009	2	4	45,04	42,98	42,96	-	4,82
24.3.2009	3	1	43,32	42,22	42,23	-	2,53
24.3.2009	3	2	44,19	43,08	43,07	-	2,52
24.3.2009	3	3	32,05	31,21	31,22	-	2,61
24.3.2009	3	4	32,76	31,80	31,81	-	2,92

Taulukko 24. Mittauspöytäkirja kankaan C referenssianalyyseista

Pvm	Koesarja	Näyte	alkumassa	massa 10 min	massa 20 min	massa 30 min	kosteus
-	-	-	g	g	g	g	%
19.2.2009	1	1	52,74	52,16	52,18	-	1,08
19.2.2009	1	2	53,36	52,00	51,98	-	2,57
19.2.2009	1	3	54,62	52,55	52,53	-	3,81
19.2.2009	1	4	54,71	52,71	52,70	-	3,67
21.2.2009	2	1	52,39	52,06	52,05	-	0,64
21.2.2009	2	2	53,38	52,10	52,20	52,21	2,18
21.2.2009	2	3	55,03	52,69	52,70	-	4,24
21.2.2009	2	4	55,11	52,86	52,87	-	4,07
23.3.2009	3	1	53,62	53,15	53,14	-	2,72
23.3.2009	3	2	54,18	52,77	52,77	-	2,60
23.3.2009	3	3	54,33	52,79	52,79	-	2,84
23.3.2009	3	4	54,62	53,12	53,13	-	2,74
26.3.2009	4	1	53,17	52,64	52,65	-	0,99
26.3.2009	4	2	55,99	54,89	54,90	-	1,96
26.3.2009	4	3	55,93	54,62	54,65	-	2,32
26.3.2009	4	4	56,53	55,03	55,05	-	2,64

Taulukko 25. Mittauspöytäkirja kankaan D referenssianalyyseista

Pvm	Koesarja	Näyte	alkumassa	massa 10 min	massa 20 min	massa 30 min	kosteus
-	-	-	g	g	g	g	%
19.2.2009	1	1	34,53	34,04	34,03	-	1,43
19.2.2009	1	2	35,62	34,70	34,71	-	2,57
19.2.2009	1	3	35,23	33,83	33,82	-	3,99
19.2.2009	1	4	35,33	34,03	34,03	-	3,68
21.2.2009	2	1	34,55	34,06	34,07	-	1,40
21.2.2009	2	2	35,72	34,68	34,69	-	2,90
21.2.2009	2	3	35,65	33,87	33,87	-	4,99
21.2.2009	2	4	35,74	33,97	33,97	-	4,95
23.3.2009	3	1	34,85	33,77	33,78	-	3,09
23.3.2009	3	2	35,73	34,81	34,92	34,92	2,27
23.3.2009	3	3	35,11	34,08	34,09	-	2,92
23.3.2009	3	4	35,01	33,90	33,90	-	3,17
24.3.2009	4	1	34,23	33,95	33,99	34,00	0,69
24.3.2009	4	2	35,54	34,69	34,78	34,79	2,12
24.3.2009	4	3	35,26	34,35	34,36	-	2,57
24.3.2009	4	4	36,53	35,41	35,42	-	3,05
26.3.2009	5	1	34,53	34,07	34,08	-	1,32
26.3.2009	5	2	35,79	34,85	34,84	-	2,64
26.3.2009	5	3	35,49	34,58	34,59	-	2,62
26.3.2009	5	4	35,22	34,31	34,32	-	2,57

Taulukko 26. Mittauspöytäkirja kankaan E referenssianalyyseista

Pvm	Koesarja	Näyte	alkumassa	massa 10 min	massa 20 min	massa 30 min	kosteus
-	-	-	g	g	g	g	%
17.2.2009	1	1	20,14	19,80	19,81	-	1,66
17.2.2009	1	2	19,94	19,49	19,48	-	2,28
17.2.2009	1	3	21,07	20,47	20,46	-	2,87
17.2.2009	1	4	21,42	20,16	20,18	20,18	5,79
17.2.2009	2	1	19,53	19,26	19,23	19,24	1,51
17.2.2009	2	2	20,91	20,43	20,48	20,49	2,03
17.2.2009	2	3	21,50	20,83	20,85	20,86	3,00
17.2.2009	2	4	21,70	20,79	20,80	20,79	4,17
20.2.2009	3	1	16,09	15,83	15,81	15,81	1,74
20.2.2009	3	2	16,64	16,23	16,21	16,20	2,61
20.2.2009	3	3	16,53	15,95	15,95	-	3,51
20.2.2009	3	4	18,17	17,48	17,48	-	3,80
21.2.2009	4	1	20,09	19,86	19,86	-	1,15
21.2.2009	4	2	16,45	16,06	16,07	-	2,34
21.2.2009	4	3	19,10	18,22	18,23	-	4,58
21.2.2009	4	4	19,34	18,54	18,53	-	4,61

## NÄYTESARJOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJAT

Taulukko 27. Mittauspöytäkirja kankaan D näytesarjan kosteuden mittaamisesta

Pvm	Näyte	Puomi	Rulla	Span	Trim	Näytteenottoaika	Kosteus	Poikkeama
-	-	-	-	-	-	s	%	%
9.4.2009	1	181	16	0,6974	6,9300	17	2,05	0,54
9.4.2009	2	182	16	0,6974	6,9300	25	2,06	0,68
9.4.2009	3	183	16	0,6974	6,9300	15	1,98	0,42
9.4.2009	4	184	16	0,6974	6,9300	18	2,12	0,74

Taulukko 28. Mittauspöytäkirja kankaan E näytesarjan kosteuden mittaamisesta

Pvm	Näyte	Puomi	Rulla	Span	Trim	Näytteenottoaika	Kosteus	Poikkeama
-	-	-	-	-	-	s	%	%
27.4.2009	1	58	16	0,6435	6,3230	31	1,59	0,20
27.4.2009	2	59	16	0,6435	6,3230	17	1,68	0,18
27.3.2009	3	60	16	0,6435	6,3230	18	1,62	0,17
27.4.2009	4	61	16	0,6435	6,3230	18	1,61	0,21

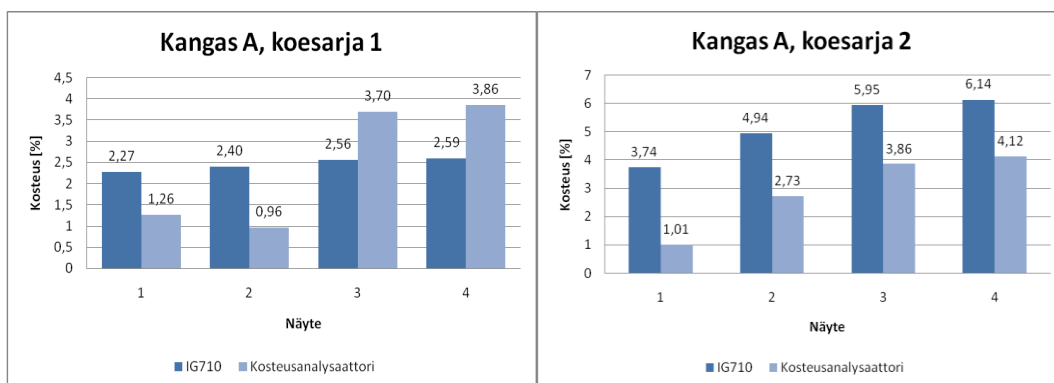
Taulukko 29. Mittauspöytäkirja kankaan D näytesarjan referenssianalyysistä

Pvm	Näyte	Puomi	Rulla	alkumassa	massa 10 min	massa 20 min	massa 30 min	kosteus
-	-	-	-	g	g	g	g	%
9.4.2009	1	181	16	43,00	42,26	42,27	-	1,71
9.4.2009	2	182	16	60,53	59,25	59,34	59,35	1,96
9.4.2009	3	183	16	99,53	97,75	97,78	-	1,78
9.4.2009	4	184	16	88,98	87,19	87,18	-	2,02

Taulukko 30. Mittauspöytäkirja kankaan E tuotannon aikana otetun näytesarjan referenssianalyysistä

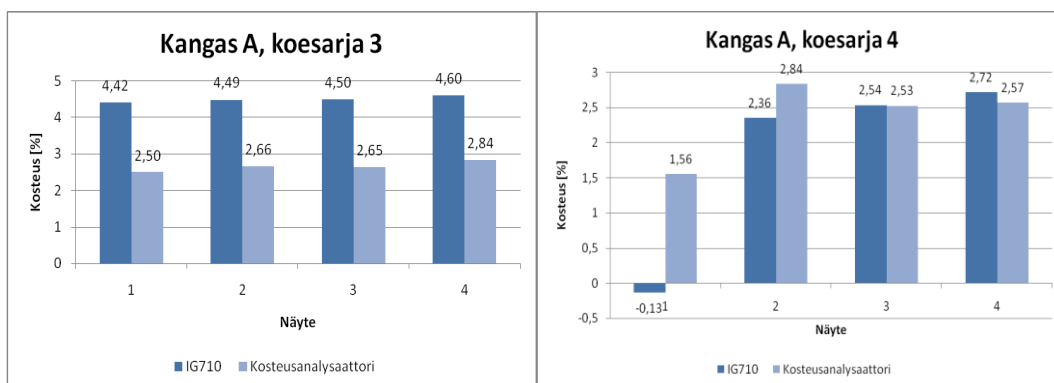
Pvm	Näyte	Puomi	Rulla	alkumassa	massa 10 min	massa 20 min	massa 30 min	kosteus
-	-	-	-	g	g	g	g	%
27.4.2009	1	58	16	41,91	41,25	41,26	-	1,56
27.4.2009	2	59	16	40,87	40,24	40,25	-	1,53
27.4.2009	3	60	16	51,19	50,37	50,38	-	1,59
27.4.2009	4	61	16	46,80	46,08	46,16	46,16	1,37

## IG710:N JA REFERENSSIANALYYSIEN TULOKSET



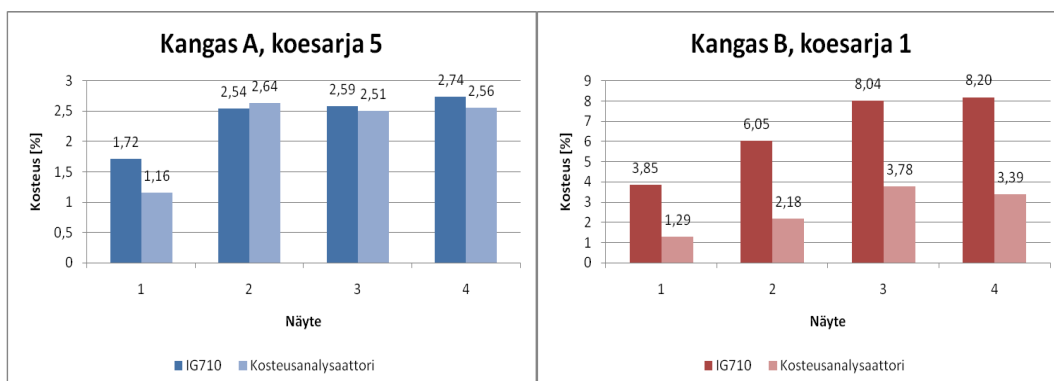
Kuva 43. Kankaan A koesarja 1

Kuva 44. Kankaan A koesarja 2



Kuva 45. Kankaan A koesarja 3

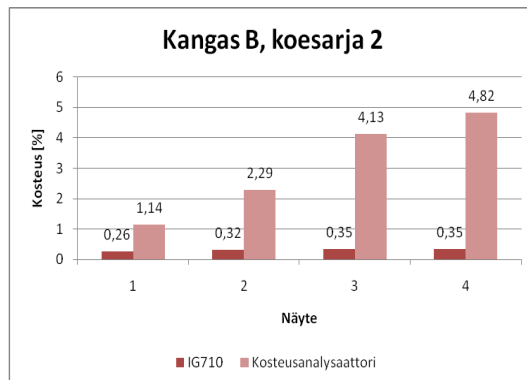
Kuva 46. Kankaan A koesarja 4



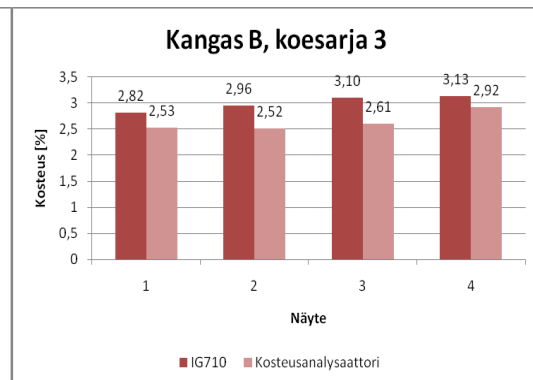
Kuva 47. Kankaan A koesarja 5

Kuva 48. Kankaan B koesarja 1

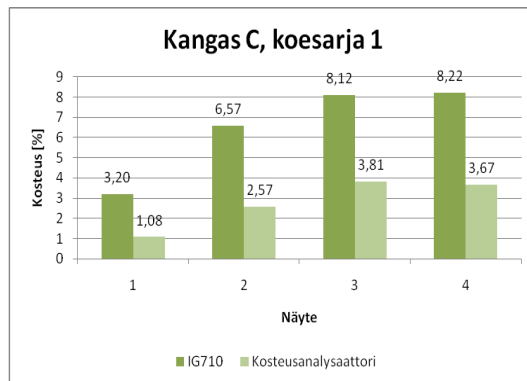




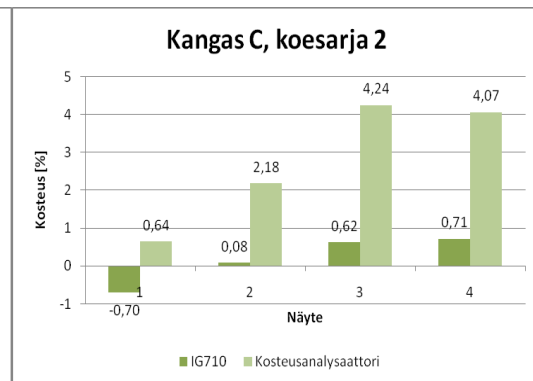
Kuva 49. Kankaan B koesarja 2



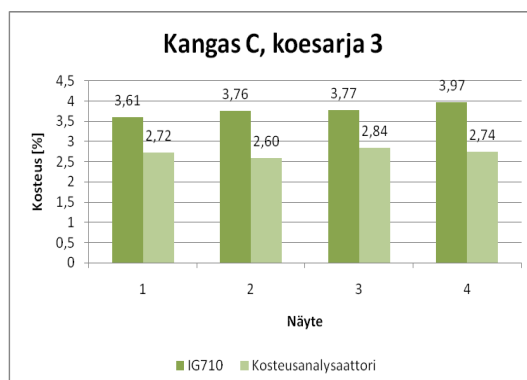
Kuva 50. Kankaan B koesarja 3



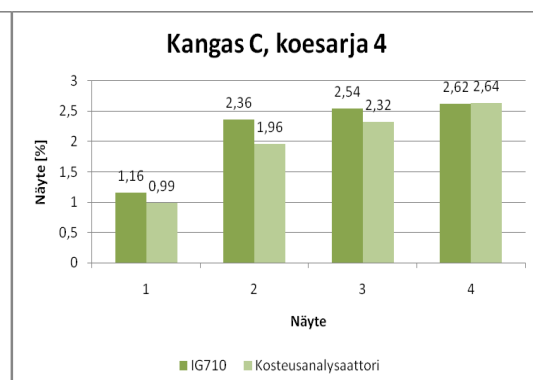
Kuva 51. Kankaan C koesarja 1



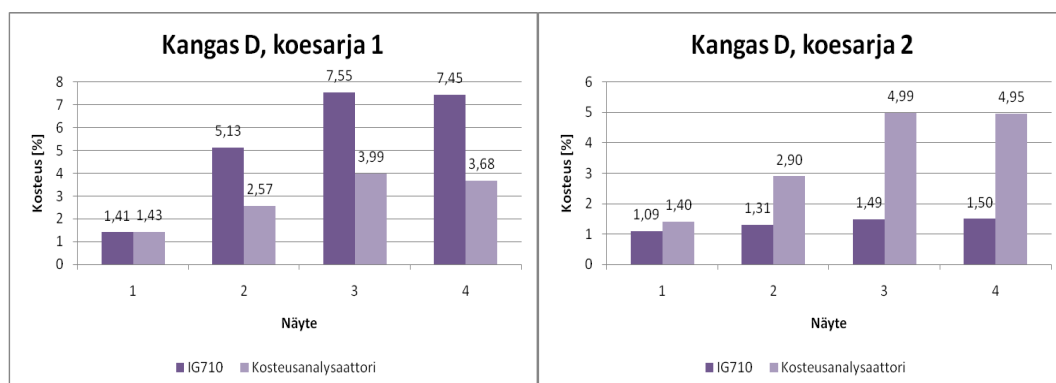
Kuva 52. Kankaan C koesarja 2



Kuva 53. Kankaan C koesarja 3

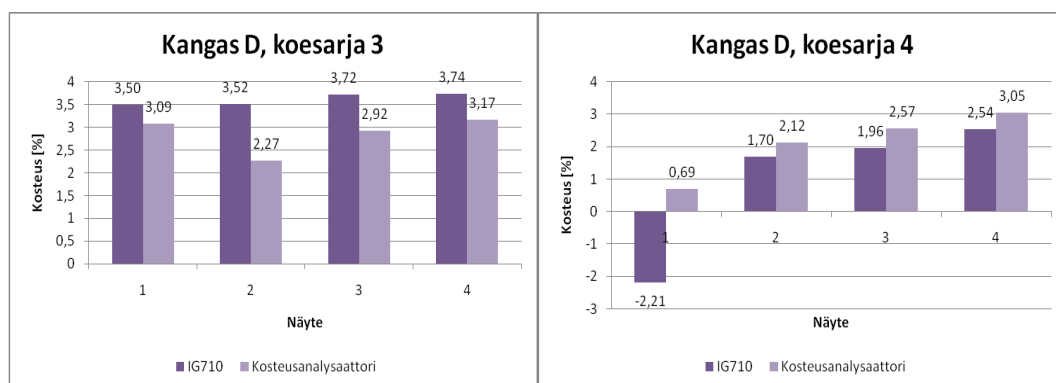


Kuva 54. Kankaan C koesarja 4



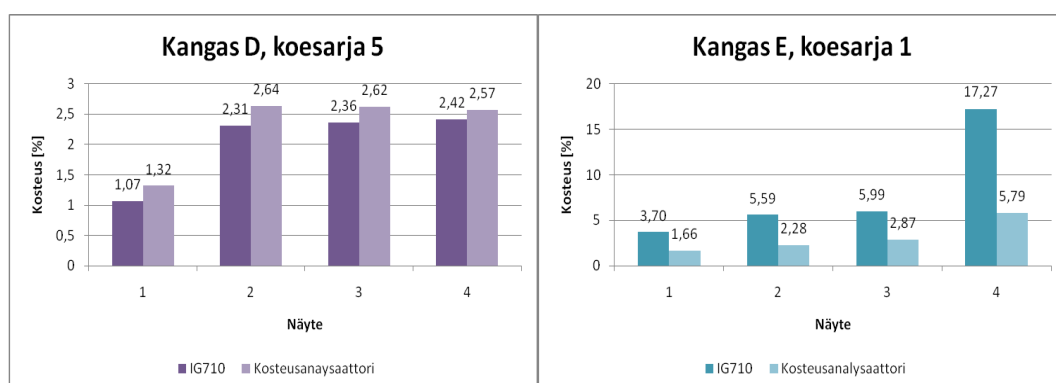
Kuva 55. Kankaan D koesarja 1

Kuva 56. Kankaan D koesarja 2



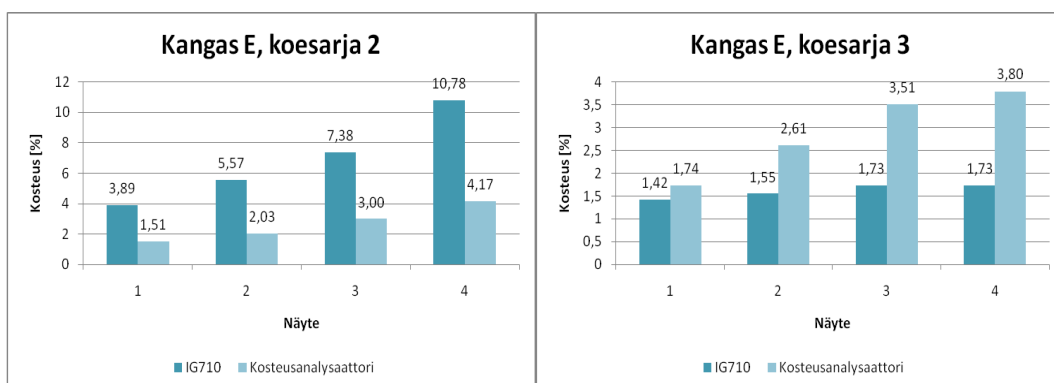
Kuva 57. Kankaan D koesarja 3

Kuva 58. Kankaan D koesarja 4



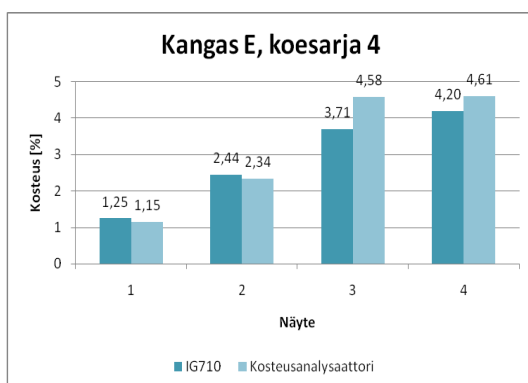
Kuva 59. Kankaan D koesarja 5

Kuva 60. Kankaan E koesarja 1

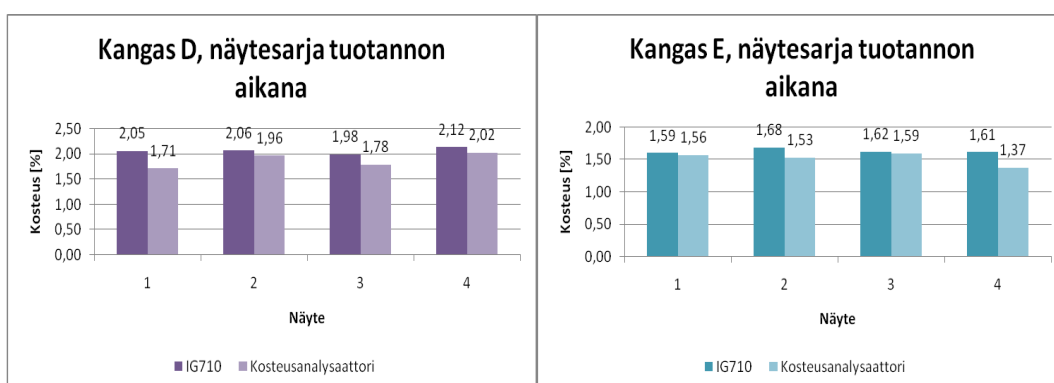


Kuva 61. Kankaan E koesarja 2

Kuva 62. Kankaan E koesarja 3



Kuva 63. Kankaan E koesarja 4



Kuva 64. Kankaan D näytesarja

Kuva 65. Kankaan E näytesarja

## KOSTEUSMITTAUSLAITTEISTON VALIDOINTISUUNNITELMA

Kosteusmittauslaitteiston validointi tehdään jokaiselle kalibroidulle kangaslaadulle erikseen tuotannon ollessa käynnissä. Validointi suoritetaan kosteusmittauslaitteiston Sample –toiminnon avulla. Näytteet otetaan vähintään 4 peräkkäisestä puomista.

### KOSTEUDEN MITTAUS:

- Painetaan Gauge Interface –painiketta näytön ollessa normaalitilassa.
- Valitaan Sample –toiminto näytön alareunasta.
- Mittaus aloitetaan painamalla Play –painiketta, kun puomin kääntö alkaa.
- Mittaus lopetetaan painamalla Stop –painiketta, kun katkaisu on suoritettu.
- Kosteuden keskiarvo, keskiarvon poikkeama ja näytteenottoaika kirjataan mittauspöytäkirjaan yhdessä tuotteen nimen, tilausnumeron sekä puomin ja rullan numeroiden kanssa.

### NÄYTTEET:

- Näytteet otetaan puomin päältä mittalaitteen kohdalla olevasta rullasta.
- Näytteet kerätään puomin alasoton yhteydessä.
- Näyte on mahdollisimman iso, kuitenkin sellainen, että se mahtuu näytepussiin. Otetaan jokaisesta tutkittavasta puomista kaksi 1-2 metrin pituista näytettä (rullan leveydestä riippuen, esimerkiksi 180 mm leveästä rullasta noin 2 m:n näyte)
- Näytteet otetaan hanskat kädessä ja laitetaan näytepusseihin. Näytepusseihin sinetöidään välittömästi kuten mikrobinäytteet.
- Näytepusseiden päälle merkitään kangaslaatu, tilausnumero sekä puomin ja rullan numerot.

