



# Kartongin käyristyminen jatkojalostuksessa

Sami Pajunen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015  
Paperi -, -tekstiili -ja kemian-  
tekniikan koulutusohjelma  
International Pulp and Paper  
Technology

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperi-tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma  
International Pulp and Paper Technology

PAJUNEN, SAMI:

Kartongin käyristyminen jatkojalostuksessa  
44 sivua, joista liitteitä 5 sivua Toukokuu 2015

---

Työn tavoite oli selvittää, kuinka dispersiopäällystyskone vaikuttaa kartongin käyristymiseen. Taustana oli ongelma, että tietyt kartonkilaadut erityisesti pigmenttipäällystämättömät kartonkilaadut käyristyvät jalostusprosessin takia. Työ sisältää luottamuksellista aineistoa.

Tavoitteena on selvittää, mistä ilmiö johtuu ja kuinka käyryyttä voidaan hallita erilaisin menetelmin. Menetelminä käytettiin kartongin sisäisen kosteuden hallintaa, eli tässä tapauksessa dispersiopäällysteen kuivaamisesta tapahtuvan kosteuden haihtumisen minimointia höyrystämisellä ja kuivatusuunien lämmön säädöillä.

Lopputuloksena havaittiin, että kuivatusuunien lämpöjen laskemisella oli positiivinen vaikutus kartongin käyristymisen vähenemiseen. Liian alhaiset kuivatusuunien käyttölämpötilat kuitenkin voivat aiheuttaa kartongin blokkautumisen toiseen kerrokseen.

**ABSTRACT**

Tampereen Ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
International Pulp and Paper Technology

PAJUNEN SAMI

Curling at Conversion Factory  
Bachelor's thesis 44 pages, appendices 5 pages  
December/2014

---

Goal of the thesis work was to determine how dispersion coating machine affects curling of the used paperboard qualities. Problem in the background was that specific paperboard grades, especially uncoated board, curl in the converting process. Thesis work contains confidential material.

One goal was to determine why this phenomenon appears and how curling can be mastered with different methods. Methods used to prevent curling were to minimize the inner moisture content by adjusting the temperature of the drying ovens and evaporation of paperboard.

Lowering the coating production temperature gave a positive change to the curling problems. Too low temperature in the drying ovens will have negative result by blocking board layers together.

---

Key words: blocking, curling, dispersion, temperature

## SISÄLLYSLUOTTELO

1 JOHDANTO.....	6
2 Käyrityksen luonnehdinta.....	7
2.1 Mekaaninen käyrityminen (konesuuntainen käyrityminen) .....	7
2.2 Propellikäyrityminen.....	7
2.3 Poikkisuuntainen käyrityminen .....	8
2.4 Aaltoilevat reunat .....	8
2.5 Kireät reunat.....	8
3 KARTONGIN käyrityksen syitä valmistusvaiheissa.....	10
3.1 Kuituorientaation toispuolisuus.....	10
3.2 Anisotropia.....	11
3.3 Ilmankosteus ja lämpötila .....	12
3.4 Kartongin Z-suuntainen rakenne ja vaikutus käyritykseen .....	13
3.5 Kartongin rakenteen vaikutus käyritykseen .....	13
3.6 Rullanpohjakäyrityminen .....	15
3.7 Mekaaniset käyrityshallintatoimet.....	15
3.7.1 Mekaanisten käyrityshallintatoimien ongelmia.....	15
4 Päälysteiden (ekstruusio ja laminointi) vaikutus käyritykseen .....	17
4.1 Ekstruusio- ja laminoituminen.....	17
4.2 Dispersio- ja laminoituminen .....	19
4.3 Laminoituminen (kalvopäälyste).....	20
LÄHTEET.....	21

**ERITYISSANASTO**

<b>HDPE</b>	<b>Suurtiheyspolyeteeni</b>
<b>LDPE</b>	<b>Pientiheyspolyeteeni</b>
<b>Adheesio</b>	<b>Muovipäällysteen kiinnipysymisen mittari</b>
<b>krafliner</b>	<b>Kraflaineri, joka valmistetaan tuoreesta puusta</b>
<b>PP</b>	<b>Polypropeeni</b>
<b>Ekstruusiopäällystys</b>	<b>muovipäällystys</b>
<b>Bulkki</b>	<b>Tiheyden käänteisarvo</b>
<b>Dispersiopäällystys</b>	<b>Päällystysmenetelmä</b>

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella kartonkien käyristymiseen jatkojalostuksessa liittyviä syitä ja ongelmia. Kartongin käyristyminen aiheuttaa jatkojalostuksessa paljon ongelmia, jotka vaikuttavat suoraan tuotteen käytettävyyteen, esim. arkitettu kartonki ei välttämättä toimi oikein käyristymisen takia tai aiheuttaa ongelmia loppukäyttökohteessaan. Työssä tarkastellaan kuinka erilaiset päällysteet: (laminaatti, kalvolaminaatti ja liimapäällystetyt) muuttavat kartonkien rakennetta ja aiheuttaako prosessi käyristymistä.

Tässä työssä tutkitaan syitä siihen, miten kartongin käyristymisongelmia jatkojalostuskoneella pystyisi ehkäisemään tai vähentämään. Liiallisesta käyristymisestä aiheutuu ongelmia, jotka voivat tuottaa reklamointeja asiakkaalta. Laminaatit ja dispersiopäällystys muuttavat kartongin barrier-ominaisuuksia. Taivekartongit, joita tässä työssä suurimmaksi osaksi tutkitaan, ovat yleensä toispuolisia. Toispuolisuudesta aiheutuu pintojen erilainen käyttäytyminen. Kun toinen puoli päällystetään esim. polyeteenillä, aiheutuu tästä päällystetyn pinnan ilman- ja nesteenläpäisyn ominaisuuksien muutoksia, eli barrier-ominaisuuksien muutoksia.

Tarkoituksena on myös tarkastella, kuinka käyryydenhallintaan dispersiopäällystyksestä aiheutuvaa käyristymistä voidaan mekaanisin keinoin vähentää. Mekaanisessa käyryydenhallinnassa ongelmia aiheuttaa neliömassaltaan korkeiden kartonkien pigmenttipäällystetyn kartongin jäykkyys. Jäykkyys aiheuttaa mekaanisessa käyristymisen oikaisussa pigmenttipinnan murtumista, koska pigmenttipäällyste ei jousta samalla tavalla kuin kuitu.

Tämän työn alussa tutustutaan jalostuskoneeseen, jolla kyseiset testit ja koeajot tullaan tekemään. Jalostuskoneella tehdään dispersiopäällysteisiä kartonki- ja paperilaatuja.

## **2 KÄYRISTYMISEN LUONNEHDINTA**

Käyristyminen on kartongin tai paperin poikkeamista tasaisesta muodosta. Käyristyminen on erittäin tärkeä ongelma, koska käyristyminen voi aiheuttaa merkittäviä ongelmia jalostus- ja valmistusprosessissa. Tästä syystä asiakkaat yleensä antavat erittäin tarkat rajat käyristymisen suhteen. Koska taustalla on myös taloudelliset intressit, käyristymisongelmaan on tehty tutkimusta ja pyritty kehittämään malleja ja strategioita eliminoimaan tai vähentämään käyristymistä.

Käyristymiseen vaikuttaa monet eri tekijät, ja tästä syystä käyristyminen on kaikista vaikein laatukriteeri hallita ja merkittävä syy tuotannon rejektiin.

(Bortolin 2002, 18).

### **2.1 Mekaaninen käyristyminen (konesuuntainen käyristyminen)**

Tyypillisesti syy tämänkaltaiseen käyristymiseen on ns. ”mekaaninen muistijälki”, kun kartonki on rullattu hylsulle. Mekaaninen käyristyminen johtuu yleensä kartongin jonkin kerroksen venymisestä suhteessa muihin kerroksiin. Käyristyminen ei johdu kosteudesta eikä lämpötilanmuutoksesta. Liian pienelle hylsulle rullattu kartonki aiheuttaa käyristymistä. Kuvassa 1. on arkki konesuuntaan käyristynyt (Järvinen 2013, 22).

### **2.2 Propellikäyristyminen**

Kuvassa 1. on havainnekuva propellikäyristymisestä. Propellikäyristyminen johtuu yleensä kartongin kuituorientaatiosta eri kerrosten välillä. Suihku-viirasuhteella voidaan vaikuttaa eri kerrosten kuituorientaatioon. Matala neliöpainoiset laadut ovat herkimpiä propellikäyristymisen suhteen (Järvinen 2013, 24).

### **2.3 Poikkisuuntainen käyristyminen**

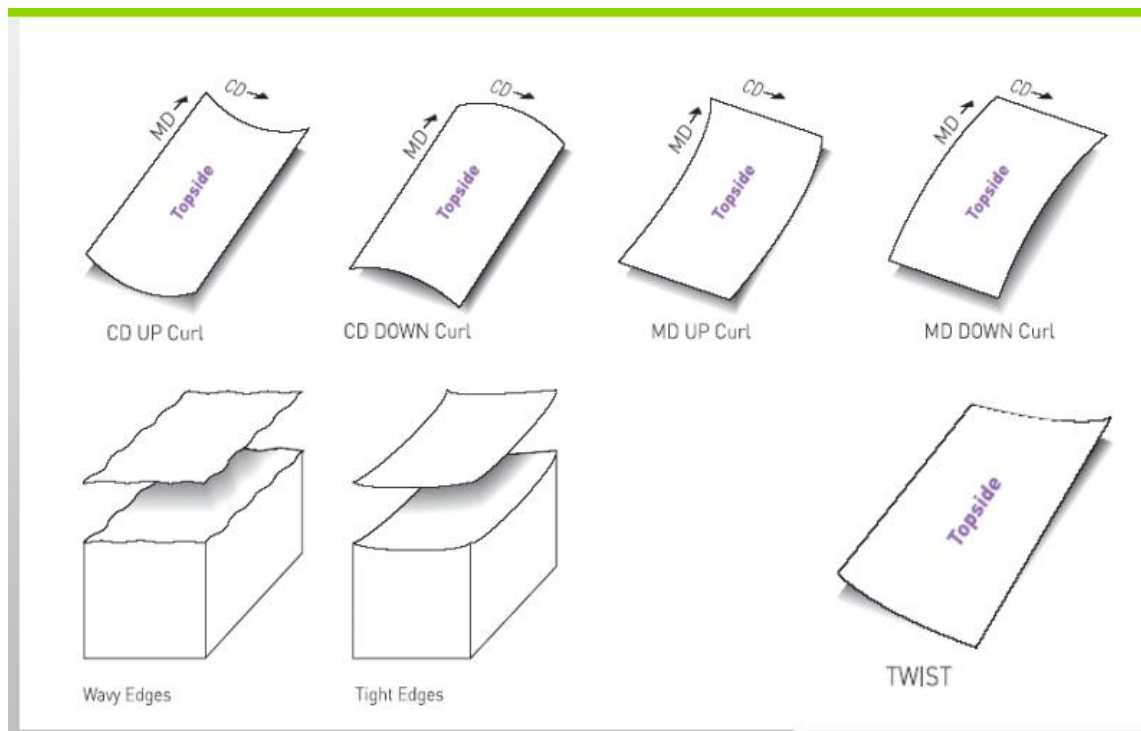
Kosteudesta johtuva käyristyminen, ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila tuotantotiloissa ja kartongin rakenteen sisäinen kosteus vaikuttavat poikkisuuntaiseen käyristymiseen. Kosteus poistuu kartongista päällystämättömältä puolelta aiheuttaen kuidujen kuitistumisen, joka aiheuttaa käyristymisen. Kartongin rakenteen sisäisen kosteuden lisääntyessä kuidut turpoavat ja poikkisuunnassa reunat nousevat ylöspäin. Kuvassa 1. esitetään poikkisuuntaisen käyristymisen muodot. Tämän tyyppinen käyristyminen on vakavin ongelma eri käyristymismuodoista, koska sen hallitseminen muualla kuin kartonkitehtaalla on vaikeaa. (Järvinen 2013, 22).

### **2.4 Aaltoilevat reunat**

Arkitettujen kartonkilaatujen reunat aaltoilevat. Syynä tähän on reunojen kosteuden absorbointi. Kuvassa 1. kuidut arkkien reunassa absorboivat kosteutta ja turpoavat. Keskellä arkkia kuidut eivät muuta muotoaan. Kartongin kosteus ja suhteellinen kosteus tuotantotiloissa eivät ole tasapainossa, joko kartongin rakenne on valmistettu liian kosteaksi tai suhteellinen ilmankosteus tuotantotiloissa on liian korkea (Järvinen 2013, 24).

### **2.5 Kireät reunat**

Reunat arkkilavoilla käyristyvä ylöspäin (kuvassa 1). Käyristymistä aiheuttavia syitä ovat epätasapainossa oleva kartongin rakenteen kosteus ja tuotantotilojen suhteellinen ilmankosteus. Kireät reunat voivat aiheuttaa ongelmia jatkojalostuksessa, kun arkkeja laitetaan esimerkiksi kotelokoneeseen. Kyseistä käyristymisen muotoa esiintyy joko poikki- ja konesuunnassa, mutta sitä voi myös esiintyä samanaikaisesti molempiin suuntiin. (Järvinen 2013, 24)



Kuva 1. Havainnointi kuva erilaisista käyrityksen muodoista kartongissa.

(L. Järvinen 2013, 22-24)

### **3 KARTONGIN KÄYRISTYMISEN SYITÄ VALMISTUSVAIHEISSA**

Kartonki on aina toispuolista esimerkiksi orientaation ja kuitusidosten määrän suhteen. Kosteuden muuttuessa kuitujen mitta, erityisesti paksuussuunnassa muuttuu. Kuitujen risteyskohdissa konesuuntaan olevien kuitujen mittamuutos välittyy poikkisuuntaan oleviin kuituihin. Kartongin valmistus rainanmuodostumisen jälkeen on periaatteessa vain vedenpoistoa paperirainasta (Hägglom-Ahnger, Komulainen 2006, 84).

Kartongin käyristymisestä voidaan käyttää samaa jaottelua kolmeen osaan kuin paperilaaduissa. Paperilaaduissa käyristyminen jaotellaan kolmeen osaan: valmistuksen jälkeinen käyryys, palautuva käyryys eli kosteuskäyristymä ja palautumaton käyristymä. Kosteuteen liittyvät ongelmat ovat merkittäviä tekijöitä, jotka aiheuttavat käyristymistä eri tuotanto- ja jatkojalostusvaiheissa (VTT/Knowpap 2010).

#### **3.1 Kuituorientaation toispuolisuus**

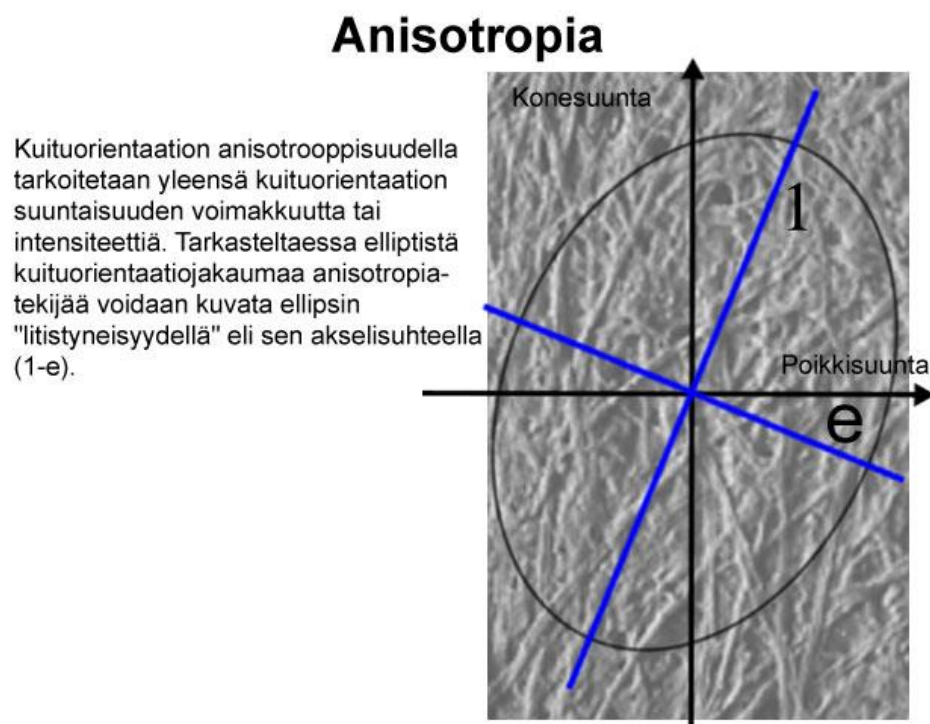
Kuituorientaatio vaikuttaa merkittävästi kartongin ominaisuuksiin ja ajettavuuteen. Kartongin pintojen toispuolisuus aiheuttaa materiaalissa muutoksia, koska pinnat reagoivat kosteuden muutoksiin erilailla. Kuituorientaatio tarkoittaa kuitujen suuntautumisen astetta paperin kone- tai poikkisuuntaan. Kuituorientaation toispuolisuuden ja käyristymisen yhteydestä on vähäinen määrä kvantitatiivista tietoa, koska orientaation toispuolisuuden mittaaminen on tehtäillä puutteellista johtuen mittausmahdollisuuksien vähäisyydestä.

Toispuolisuus kuituorientaatiossa johtuu kuitujen orientoitumisesta kartongin ala- ja yläpuolella enemmän joko kone- tai poikkisuuntaan. Silloin kun kartongin kuidut ovat orientoituneet kartongin yläpuolella enemmän konesuuntaan kuin kartongin alapuolella, kosteudenmuutoksen takia syntyvä suurempi poikkisuuntainen kuitujen turpoaminen aiheuttaa rainan yläpuolen suuremman muutoksen poikkisuuntaan ja vastaavasti suuremman poikkisuuntaisen kutistuman poistaessa vettä (VTT/Knowpap 2010).

### 3.2 Anisotropia

Kartongin anisotropialla tarkoitetaan rakenteessa ilmeneviä ominaisuuksien muutoksia riippuen siitä, mitataanko ominaisuudet paperin ylä- vai alapuolelta tai kone- vai poikkisuuntaan (Hägglom U. & Komulainen P. 2006, 268.) Kuvassa 2. on havainnollistettu mitä anisotropia tarkoittaa. Kuituorientaation suuntaisuus on yksi tärkeimmistä anisotrooppisuuden osatekijöistä. Anisotrooppisuudella ilmaistaan yleensä kuituorientaation suuntaisuuden voimakkuutta tai intensiteettiä.

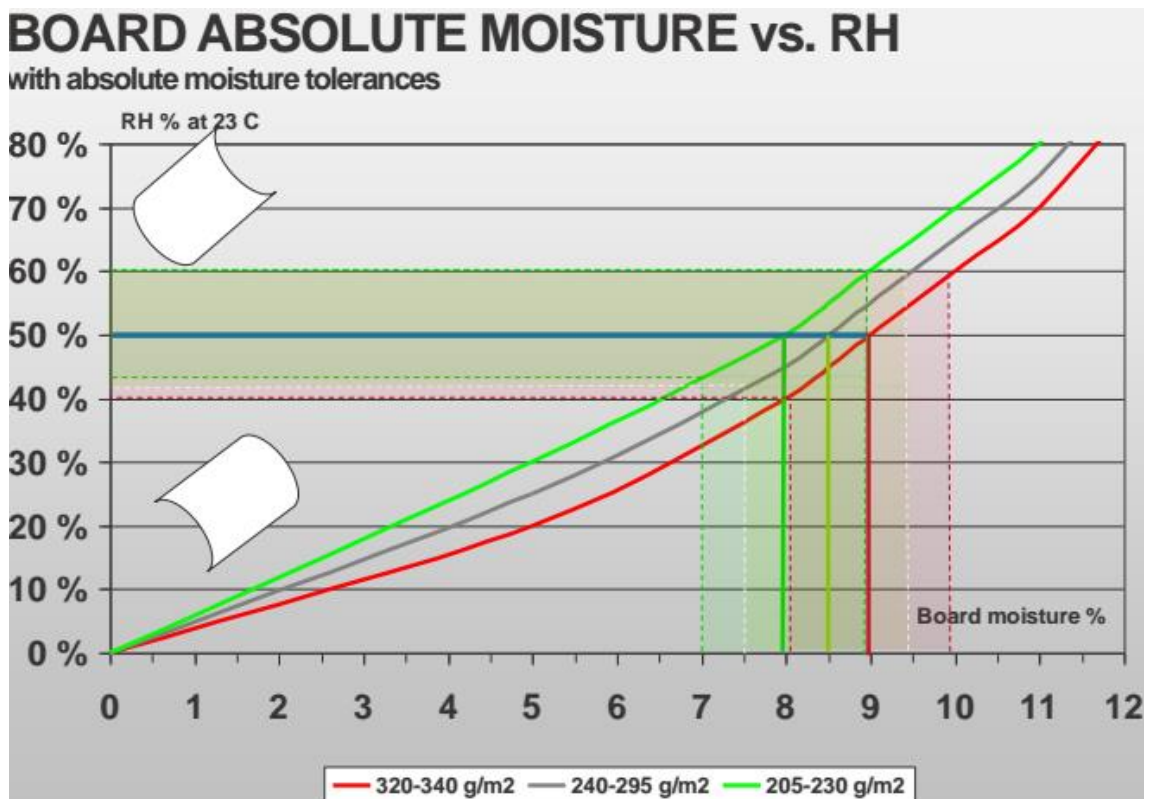
Kartongin tasonsuuntaisen rakenteen anisotropia voi aiheutua siitä, että erisuuntaiset kuidut poikkeavat toistaan esimerkiksi pituudeltaan tai käyryydeltään tai että kuitujen välisten sidosten lujuus riippuu suunnasta, jossa paperia rasitetaan. Kuidut kartonginrakenteen konesuunnassa muuttuvat poikkisuunnassa olevien kuitujen vaikutuksesta enemmän kuin poikkisuunnassa olevat kuidut. Muutos kartongin rakenteessa kuitutasolla konesuuntaan selittyy sillä, että poikkisuunnassa kuidut turpoavat ja turpoaminen aiheuttaa konesuuntaan orientoituneiden kuitujen mittamuutoksen. (VTT/Knowpap 2010)



Kuva 2. Kuituorientaation anisotrooppisuus (VTT/Knowpap 2014).

### 3.3 Ilmankosteus ja lämpötila

Kartongin sisältämät selluloosakuidut ovat hygroskooppisia, kuidut pyrkivät kosteustasapainoon ulkona vallitsevan kosteuden mukaan. Kuidut turpoavat ja kutistuvat riippuen vallitsevan ympäristön ilmankosteudesta ja lämpötilasta. Alla olevassa kuviossa 1, kuvataan absoluuttista ilmankosteutta suhteessa suhteelliseen ilmankosteuden muutokseen ja absoluuttisen kosteuden toleransseihin. Periaatteessa kartongin pitäisi olla kosteustasapainossa jatkojalostuslaitoksen ilmasto-olosuhteiden kanssa, mutta suuret muutokset vallitsevissa tehdasolosuhteissa voi aiheuttaa käyritymistä. Liian korkea tuotantolaitoksen lämpötila jatkojalostuksessa voi aiheuttaa kuitujen kutistumista ja suhteellisen ilmankosteuden vaihtelu joko kuitujen turpoamista tai kutistumista (VTT/Knowpap 2010).



Kuvio 1. Ilmankosteuden suhteellinen vaikutus kartonkiin (Järvinen . 2013, 4).

Tuotantotilojen olosuhteiden vaikutusta ei voi väheksyä, koska kartonkirullat liikkuvat paikasta toiseen ja varastointi eri paikoissa aiheuttaa muutoksia olosuhteisiin. Hyvin pakatut eli ilmatiiviisti pakatut kartonkirullat ja arkitetut kartonkilaput kestävät varas-

tointia paremmin, koska ne eivät päästä kosteutta karkaamaan kartongista. Kaikkialla ei vain ole mahdollisuuksia tähän, joten tehdasolosuhteiden dramaattinen vaihtuvuus voi vaikuttaa negatiivisesti kartongin ominaisuuksiin. Käyritystä voi ilmentyä, kun kartongin ei anneta ilmastoitua tarpeeksi ennen käyttöönottoa. Arkitetut kotelokartonkilaadut yleensä ovat jäykkiä, joten näkyvät muutokset lämpötila, ilmankosteuden ja varastointiolojen vaihdoksissa näkyvät herkemmin. Paperimassan määrästä johtuen kuiduissa on enemmän haihtuvaa vettä kuin ohuemmissa laaduissa. Siksi on tärkeää, että arkit saadaan pakattua ja lähetettyä mahdollisimman pian, tai pidettävä mahdollisimman hallituissa oloissa ja ilmatiiwiissä pakkauksessa (Järvinen 2013, 27).

### **3.4 Kartongin Z-suuntainen rakenne ja vaikutus käyryyteen**

Z-suuntaisella rakenteella tarkoitetaan kartongin paksuusprofiilia. Kerroksellisuus alkaa muodostua jo perälaatikossa, mutta itse rakenteen kerrostuneisuus kehittyy rainanmuodostuksessa. Z-suuntainen rakenne vaikuttaa kartongin käyritymiseen ja kupruiluun. Näitä voi tutkia useilla eri menetelmillä esim. palstautumis- ja revintämenetelmillä (Hägglom-Ahnger U. & Komulainen P. 2003, 55–57; Niskanen & Pakarinen 2008, 47–49). Merkittävimmät toispuolisuutta aiheuttavat tekijät ovat materiaalikoostumuksen vaihtelu kartongin paksuussuunnassa. Nämä tekijät ovat kuituorientaation epätasainen jakautuminen kartongin z-suunnassa sekä rainan ylä- ja alapintaa lähellä olevien kerrosten altistuminen kokoonpuristaville voimille eri puolien välillä (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 84–85).

### **3.5 Kartongin rakenteen vaikutus käyryyteen**

Kyseiset tuotannossa käytettävät kartongit ovat yleensä taivekartonkia ns. bulkkikartonkia. Tässä tapauksessa kyseessä on 210–340 g/m<sup>2</sup> kartonkilaadut, joita päällystetään lähinnä muovilla (Polyeteeni) tai dispersiopäällysteellä. Dispersio- ja laminoitipäällystys voi lisätä tai vähentää toispuoleisuutta, riippuen siitä onko kartonki pigmenttipäällystetty vai ei. Ongelmat esiintyvätkin silloin, kun pintojen välillä oleva kosteus ei pääse haihtumaan tasaisesti ja aiheuttaa näin poikkisuuntaista käyritystä. Taulukossa 1. on käytetyn kartonkilaadun tekniset tiedot. Kartongin rakenteen vaikutus käyritymiseen voidaan selittää niin, että toinen puoli muuttuu kartonkikoneella poikkisuunnassa pi-

temmäksi kuin toinen puoli, kartonki käyristyy sille puolelle joka jää jostain syystä lyhyemmäksi (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 84–85.)

Taulukko 1. Tekniset tiedot kotelokartonkilaadusta Simcote (Metsä Board 2010).

#### TEKNISEET TIEDOT

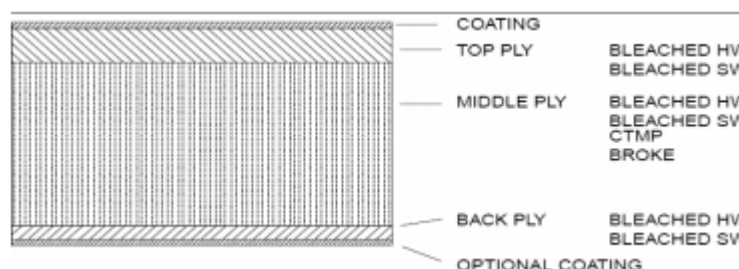
Pintapaino g/m <sup>2</sup>	ISO 536	± 2 %	295	320	340
Jäykkyys Bending CD mNm	ISO 2493	± 10 %	15,8	18,9	22,1
Jäykkyys Bending MD mNm	ISO 2493	± 10 %	31,0	37,8	45,2
Paksuus mm	ISO 534	± 3 %	0,550	0,600	0,650
Kosteus %	ISO 287	± 1,0	8,5	9,0	9,0
Sileyys	ISO 8791-4				
Valoisuus etupuoli %	ISO 2470	± 1			
Väri CIELAB L* maksimi	ISO 5631	± 1,0			
Väri CIELAB a* maksimi	ISO 5631	± 0,5			
Väri CIELAB b* maksimi	ISO 5631	± 1,0			
Veden imeytyminen maks. keskiarvo g/m <sup>2</sup>	ISO 535				
Veden imeytyminen g/m <sup>2</sup>	ISO 535				
Kilto %	TAPPI T 480	± 5			

Simcote on vahvasti päällystetty hiokkeellinen taivekartonki.

Bulkkinen kotelokartonki suojaaviin pakkauksiin: edulliset yksipuoliset painotyöt, kotelo, pussinsulkijat, olut- ja siiderityynyrien kaulukset, myymälämainonta.

Valmistaja: Metsä Board

Kuviossa 2. esiintyvään rakenteeseen tulee jatkojalostuksessa vielä kerros laminaattipäällystettä tai dispersiopäällystettä. Havainnekuva tyypillisestä taivekartongin rakenteesta alla olevassa kuvassa.



Kuvio 2. Tyypillinen rakenne taivekartongissa. (Metsä Board 2014)

### 3.6 Rullanpohjakäyristyminen

Rullanpohjakäyristyminen on yleisimpiä käyristymisen syitä. Paksuissa kartonkilaa-  
duissa tämän vaikutus korostuu, koska se on todella jäykkää materiaalia. Johtuen loppu-  
tuotteen käyttötavasta taivekartonki ei saa olla liian käyrä. Ongelmia tulee nuuttaukses-  
sa ja stanssaaminen voi olla erittäin hankalaa liiallisen käyristymisen takia. Rullanpoh-  
jakäyristyminen johtuu yleensä halkaisijaltaan liian pienestä hylsystä, liian vähäisestä  
konesuuntaan tapahtuvasta oikaisusta tai rulla siitä, että on ajettu liian lähelle rullanpoh-  
jaa. Käyryydenhallintaan mekaanisella puolella on mahdollista vaikuttaa pienen pinta-  
alan omaavien telojen käyttämisestä taivutukseen ja kireydenhallinta auttaa reunojen ve-  
nymästä johtuvan pinnan aaltoilujen kurissa pitämisessä. Taivutustelojen käyttö aiheut-  
taa kartongin pintaan mahdollisesti murtumia ja jälkiä, jotka aiheuttavat yleensä tuot-  
teen käyttökelvottomuuden (Järvinen 2013, 22–27).

### 3.7 Mekaaniset käyryydenhallintatoimet

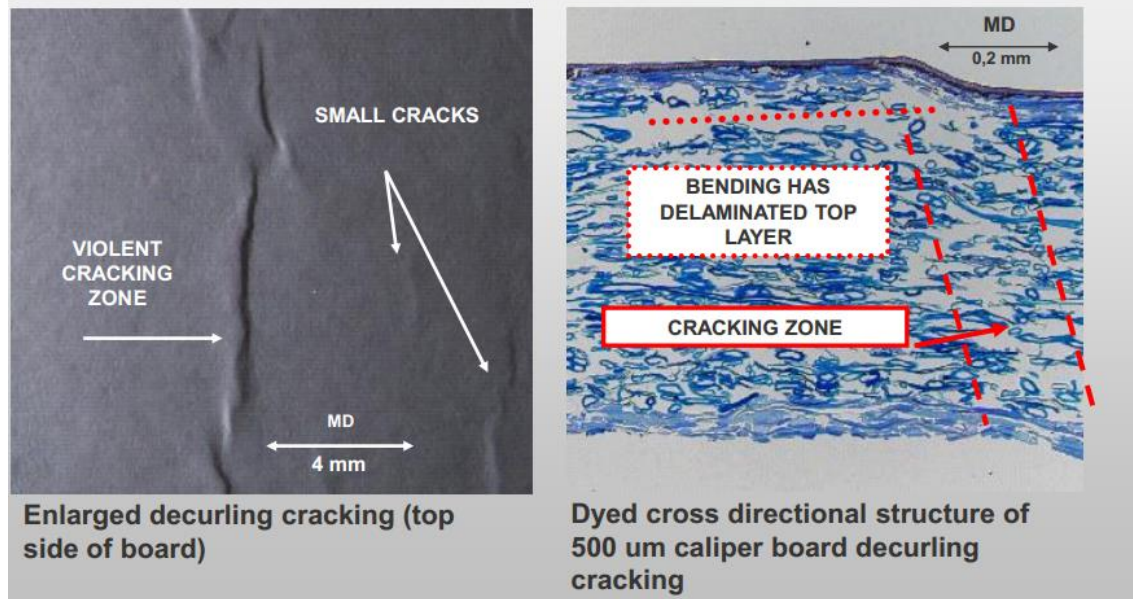
Kartongin käyryydenhallintaan on kehitelty erinäisiä ratkaisuja, joilla pyritään pitämään  
konesuuntainen käyryys annettujen raja-arvojen sisällä. Isot hylsyt vähentävät käyris-  
tymistä. Syy tähän on isompi halkaisija, joka vähentää käyryyttä. Myös rullanpohjan  
ajaminen pintaan vaikuttaa positiivisesti käyryydenhallintaan. Paksujen kartonkirullien  
pitäisi antaa asettua laminoinnin jälkeen, jotta kyseiset rullat asettuisivat vallitseviin  
ilmasto-olosuhteisiin. Pitämällä huolta tuotanto-olosuhteiden tasaisuudesta ympäri vuo-  
den (lämpötila ja ilmankosteus) vähenevät vuodenaikojen vaikutusten erot. Talvisin  
jatkojalostustehtaan, missä testit tehdään, on suhteellinen ilmankosteus alhaisempi kuin  
kesäisin ja tästä johtuen arkitetussa kartongissa voi käyryydessä esiintyä eroja eri vuo-  
denaikoina (Järvinen 2013, 27; VTT/knowpap 2010).

#### 3.7.1 Mekaanisten käyryydenhallintatoimien ongelmia

Liian pitkään varastoitu rulla suurentaa riskiä pinnan murtumiseen arkituksessa, koska  
mekaanista käyristymistä kartonkirullan ollessa pitkään rullalla aiheuttaa kartongin mu-  
kautuminen rullan muotoon. Liika käyryyden poistaminen oikaisulaitteella aiheuttaa  
murtumista. Pigmenttipintaan tulee murtumia ja painettaessa painokoneella murtuminen

ei ole hyväksyttävää. Oikaisulaitteita suositellaan käyttämään asteittain. Eli arkitusko-  
neella pitäisi olla 2-3 oikaisulaitetta, joilla voidaan tasaisesti taivuttaa kartonkia, ettei  
murtumia pääsisi esiintymään missään kerroksessa erityisesti pinnassa pigmenttipäälly-  
systerroksessa. Murtumaa havainnollistava kuva (kuvio 3.) suurennettuna, kun mekaa-  
ninen oikaisulaite on taivuttanut pintaan murtumia. (Järvinen 2013, 12).

## Enlarged decurling cracks



Kuvio 3. Suurenoskuva murtumasta kartongin pinnasta (Järvinen. 2013, 11).

## 4 PÄÄLLYSTEIDEN (EKSTRUUSIO JA LAMINOINTI) VAIKUTUS KÄY- RISTYMISEEN

Polyeteeni on ylivoimaisesti yleisin ekstruusiopäällystys laatu. Jalostajan on tiedostettava, että tärkein ominaisuus on käytettävän kartongin- tai paperilaadun kosteus. Kaikki muut ominaisuudet ovat riippuvaisia siitä (Karhuketo; Seppälä; Törn; Viluksela. 1999, 70-71).

Käyristymiseen vaikuttavia tekijöitä laminoinnissa ovat:

- lämpölaajeneminen
- kartonkiratojen erilainen kosteustaso
- yhdistettyjen ratojen erilainen kosteustaso
- rullassa syntyvä kaarevuus radan pituussuuntaan
- epäsymmetrinen rakenne

(Karhuketo; Seppälä; Törn; Viluksela. 1999, 54-55).

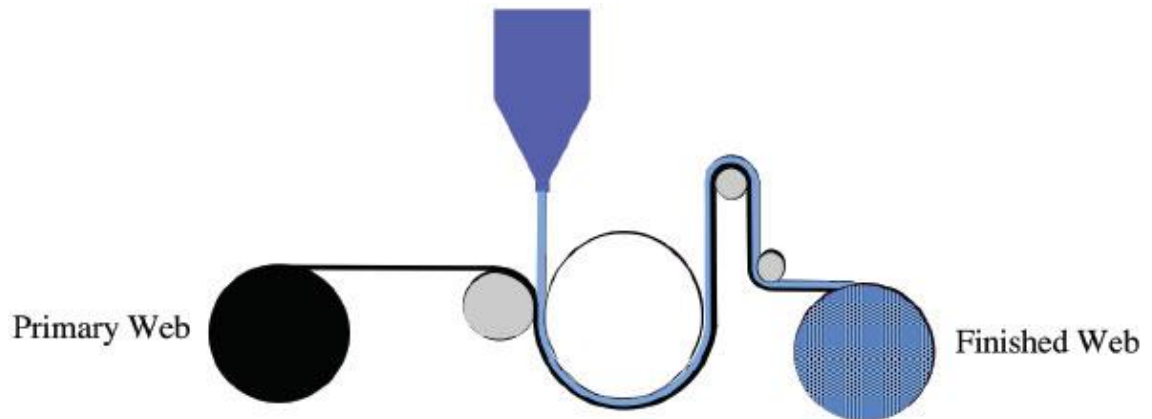
### 4.1 Ekstruusiopäällystys

Elintarviketeollisuuden käyttöön tulevia taivekartonkilaatuja ekstruusiopäällystetään erilaisilla muovilaaduilla, joista yleisin käytettävä laatu on polyeteeni (PE). Ekstruusiopäällystyksellä halutaan parannuksia barriääri-ominaisuuksiin. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi: veden ja vesihöyryn läpäisemättömyys, kaasujen läpäisyn estokerros ja aromien estokerros.

Kartongin kriittisimmät tekijät käyristymisen kannalta on prosessissa esiintyvät korkeat lämpötilat ja ekstruusiopäällystyksessä käytetyn muovilaadun lämpölaajeneminen. Päällystyksessä sulan muovin yhdistyessä paperiin lämpötila palautuu takaisin tehtaan lämpötilan tasolle, mutta muovipäällysteen kiinnittyminen kartongin taustaan tai pintaan tapahtuu sulassa tilassa. Kiinnittyminen tarvitsee korkean sulalämpötilan saavuttaakseen hyvän adheesion. Adheesiolla kuvataan päällysteen ja pohjaratana käytetyn kartongin kiinnittymistä toisiinsa (Karhuketo; Seppälä; Törn; Viluksela. 1999, 48–53).

Ekstruusiopäällystys voi lisätä kartongin toispuolisuuden vaikutusta, koska kartonki päällystetään tiheydeltään erilaisella materiaalilla, jolloin pintojen välinen tiheys voi

muuttua. Pääperiaatteeltaan ekstruusiopäällystys on yksinkertainen prosessi, jossa kaksi tai useampia ratoja liimataan yhteen, kuten kuvassa 3. esitetään.



Kuva 3. Yksinkertainen prosessikuva ekstruusiopäällystyksestä (Idspackaking 2014)

#### 4.1.1 Ekstruusiopäällystyksen käytettävät muovilaadut

Erilaisia muovilaatuja on monia ja niiden ominaisuudet eroavat käyttökohdeesta riippuen. Erityisesti polyeteenin (Polyolefiini) korkea saumauslämpötila noin 310-330 °C aiheuttaa muutoksia kartongissa ja päällystemäärät eivät aina ole tasaisia johtuen erilaisista saumaustavoista. Polyolefiinin kaltaisia muita muovilaatuja on polypropeenimuovit. Kartongin lujuusominaisuuksiin muovikalvokerroksella ei ole suurta merkitystä, itse asiassa monikerroksinen muovipäällyste voi jopa heikentää kartongin reppäisyjuuutta (Karhuketo; Seppälä; Törn; Viluksela 1999, 65–67).

Yleisimmin käytössä olevat muovilaadut ovat PE-LD, PE-HD ja Polypropeeni (PP). PE-LD on yleisin käytetty päällystysmuovilaatu ja on yli 50 vuotta vanha päällystyksessä käytetty muovilaatu. PE-LD- muovilaatu on helppo prosessoida ja se omaa hyvät kosteus barriääri-ominaisuudet ja saumausominaisuudet. Se on myös hinnaltaan hyvin kilpailukykyinen muovilaatu (Savolainen 1998, 150–151).

HD-PE on korkean tiheyden omaava muovilaatu ja sen barrier-ominaisuudet verrattuna PE-LD laadulla päällystettyyn kartonkiin ovat paremmat. HD-PE:n ominaisuudet tiiveyden osalta vesihöyrylle, rasvalle ja öljyille ovat parempia kuin PE-LD-laadulla. Po-

lypropeeni (PP) on tiiveysominaisuuksiltaan lähes samantasoinen kuin PE-HD, mutta hyvän adheesion saaminen kyseisellä muovilaadulla on hankalempaa. Polypropeenin kyky kestää mikrouunissa vallitsevia lämpötiloja lisää sen käyttömahdollisuuksia. (Karhuketo; Seppälä; Törn; Viluksela 1999, 68–69).

## 4.2 Dispersiopäällystys

Dispersiopäällystyksen hyötyjä ovat rasvatiiveys ja ilmanläpäisemättömyysominaisuudet. Se on yksi yleisimmistä vaihtoehdoista valmistaa rasvatiiviitä tuotteita, joita käytetään yleisesti elintarvikepakkaus tuotteissa. Dispersiopäällystyksessä yleisesti käytetään sauvakaavaria, joten päällystyksen tasaisuus ja kuivuminen lopulliseen muotoon tekee kartongin pintaominaisuuksille muutoksia. Dispersiolla tarkoitetaan sitä, että kyseiseen faasiin sekoittuu jotain toista faasia (olomuotoalue).

Polymeeridisversiota käytetään päällystyksessä ja niiden polymerointi tapahtuu vesifaasissa. Tämän hyviä puolia on, että se voidaan uudelleen liettää ja käyttää uudestaan, mutta vaikea kuumasaumautumattomuus on heikentävä tekijä. Näin voidaan tehdä, kun dispersiopäällystys on liitetty suoraan paperikoneeseen.

Dispersiopäällystyksessä käytetään styreeni-butadieenia, polyakrylaattia, vinydeeni-kloridia ja polivinyylisetaattia. Näitä muokataan sen mukaan mitä lopputuote vaatii. Dispersiopäällystys päällystysmenetelmä nä on kehitelty olemaan vaihtoehto tai korvata tavanomaista ekstruusiopäällystystä (Savolainen 1999, 81-94).

Käyritymistä voi muodostua liiman kuivatukseen tarvittun korkean lämpötilan takia. Silloin kun kuivatus toimii oikein ja olosuhteet ovat normaalit, silloin nämä eivät vaikuta käyritymiseen konesuunnassa kovin paljon, mutta poikkisuunnassa kartongin tai paperin pinnan aaltoilua voi ilmestyä johtuen epätasaisesta kuivatuksesta. Nämä ongelmat ovat vaikeita ratkaista, koska menetelmät kosteuden poistumisen hallintaan ovat rajalliset (VTT/knowpap 2010).

### **4.3 Laminointi (kalvopäällystys)**

Laminoinnissa suurin ero valmistusmenetelmässä on kalvon oleminen suoraan rullata-varana, joka liitetään kartonkiin yleensä joko liimalla tai muovilaminaatilla mm. polyeteeni. Nämä ovat yleensä erikoistuotteita, joten kyseinen tuote on vaativampi lujuus-, pinta -ja lämmönsieto-ominaisuuksiltaan.

## LÄHTEET

Hägglom-Ahnger U. & Komulainen P. 2006. Paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Opetushallitus. Gummerus Kirjapaino Oy.

Järvinen L. 2013. Troubleshooting in paperboard converting. Metsä Board.

VTT / Proledge Oy 2010. KnowPap versio 12.0 (12/2010)

Savolainen A. & Gullichsen J. & Paulapuro H. 1998. Paper and paperboard converting. Gummerus Oy, jyvaskylä.

Karhuketo H. & Seppälä M. J. & Törn T. & Viluksela P. Paperin ja kartongin jalostus. 2.painos, 2004. Opetushallitus

Kunnas E. Online-kuituorientaatiomittarin hyödyntäminen tarrapaperin taustan käyristymisen hallinnassa 2006. Opinnäytetyö

Pyroll Oy internetsivut  
[www.pyroll.com](http://www.pyroll.com) luettu 25.9.2014

Metsä Board Oyj internetsivut  
[www.metsaboard.com](http://www.metsaboard.com) luettu 21.8.2014

Stora Enso Oyj internetsivut  
[www.Storaenso.com](http://www.Storaenso.com) luettu 5.12.2014

PA-HU internetsivut  
[www.pahu.fi](http://www.pahu.fi) luettu 5.12.2014

Printing India internetsivut  
[www.printing-india.com](http://www.printing-india.com) luettu 1.12.2014

Gianantonio Bortolin, On Modelling and Estimation of Curl and Twist in Multi-ply Paperboard, Licentiate Thesis Stockholm, 2002