

# Lämpömuovattavan tekstiilimateriaalin käyttö huonekalukomponenteissa

Case-tutkimus: Isku Interior Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Materiaalitekniikka  
Tekstiili- ja vaateustekniikka  
Opinnäytetyö AMK  
Kevät 2016  
Susanna Ikonen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Materiaalitekniikka

IKONEN, SUSANNA:

Lämpömuovattavan  
tekstiilimateriaalin käyttö  
huonekalukomponenteissa  
Case-tutkimus: Isku Interior Oy

Tekstiili- ja vaatetustekniikan opinnäytetyö, 89 sivua, 5 liitesivua

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää lämpömuovattavan tekstiilimateriaalin käyttömahdollisuuksia huonekalukomponenttien valmistuksessa. Lämpömuovattavien tekstiilikomponenttien tuotantoon haluttiin hyödyntää mahdollisuuksien mukaan vanerin lämpömuovaukseen tarkoitettua Grada-linjastoa. Linjaston soveltuvuutta tekstiilin lämpömuovaukseen tarkasteltiin paitsi linjaston rakenteen, myös tekstiilin käyttö- ja muovausominaisuuksien kautta. Opinnäytetyö toteutettiin Isku Interior Oy:n toimeksiantona.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin lämpömuovausta materiaalin työstömenetelmänä sekä lämpömuovattavien tekstiilimateriaalien ominaisuuksia ja muovausmahdollisuuksia huonekaluteollisuuden alalla. Isku-Yhtymän arvoja noudattaen selvitettiin myös synteettisen ylijäämätekstiilin ja valmiin lämpömuotoillun huonekalukomponentin kierrätys- ja uusiokäyttömahdollisuudet Suomessa.

Toiminnallinen osio keskittyi lämpömuovattavan tekstiilin työstöominaisuuksien ja tuotantomahdollisuuksien tutkimiseen. Lämpömuovattavan tekstiilimateriaalin ominaisuuksia tarkasteltiin tekstiilintestausmenetelmien ja muovautuvuuteen keskittyvien käyttökokeiden avulla. Pyrkimyksenä oli valmistaa kestäviä, edullisia ja innovatiivisia huonekalukomponentteja jopa yhdellä puristuksella monivaiheisen tuotannon sijaan.

Toimeksiantajan pyynnöstä Iskun tuotantoa käsittelevät luottamukselliset teoreettiset osat ja opinnäytetyön toiminnallinen osio ovat salaisia eikä niitä ole liitetty julkiseen versioon.

Asiasanat: tekstiilin lämpömuovaus, huonekalukomponentti, polyesteri, PET-huopa, kolmiulotteinen tekstiili, synteettisen tekstiilikuidun kierrätys



## KÄSITTEET

### AMORFINEN

Kiinteä aine, jonka atomijärjestys ei ole järjestäytynyt. Ei selkeää sulamispistettä, pehmenee melko hitaasti lämmitettäessä.

### BIKOMPONENTTIKUITU

Kuitu, joka valmistetaan kehräämällä kahta tai useampaa erilaista polymeeri- eli muovimassaa yhteen. Tekniikka mahdollistaa kuituominaisuuksien yhdistämisen ja parantamisen.

### CE-MERKINTÄ

Tuotteen valmistajan tai jälleenmyyjän osoitus viranomaisille siitä, että tuote täyttää direktiivien oleelliset turvallisuusvaatimukset. CE-merkintä mahdollistaa vapaan markkinoinnin Euroopan talousalueella.

### FILAMENTTI

Jatkuva, katkomaton tekokuitu tai silkkikuitu. Yksittäisestä filamentista käytetään nimitystä monofilamentti; kahdesta tai useammasta yhteen kierretystä filamentista käytetään nimitystä multifilamentti.

### GRADA

UPM:n kehittämä, lämmön ja paineen avulla muotoiltava, puumateriaali. Materiaali koostuu koivuviilusta ja liimakalvosta.

### HUONEKALUKOMPONENTTI

Huonekalun osa tai rakenneos, esimerkiksi istuin.

JOUTSENMERKKI

Pohjoismaiden yhteinen ympäristömerkki, jonka tavoitteena on edistää kestävää kehitystä. Joutsenmerkityn tuotteen tai palvelun on täytettävä elinkaariajatteluun perustuvat tiukat ympäristövaatimukset.

ISO 9001

Sertifikaatti, joka osoittaa, että yrityksen laadunhallintajärjestelmän prosessit ovat vaatimusten mukaiset.

ISO 14001

Ympäristöjohtamisen sertifikaatti, joka sisältää monipuolisen viitekehyksen ympäristöjärjestelmistä materiaalivirtoihin ja ympäristömerkintöihin.

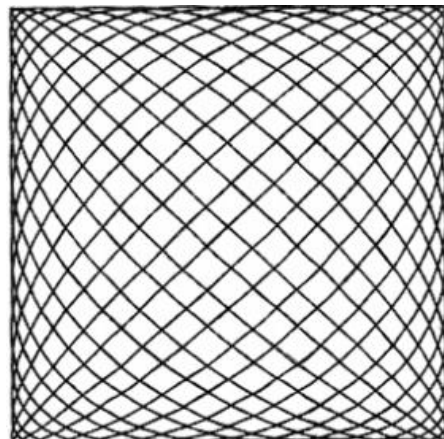
KESTOMUOVI

Lämmittämällä uudelleen muovattava muovimateriaali.

KITEINEN

Kiinteä aine, jonka molekyylit ovat asettuneet säännölliseen ja toistuvaan rakenteeseen. Muuttuu kiinteästä sulaksi tyypillisesti pienellä lämpötilan muutoksella.

LISSAJOUS-KUVIO



NON-WOVEN	Tekstiiliteollisuuden käyttämä nimitys materiaalista, jota ei ole kudottu eikä neulottu. Non-woven koostuu pitkistä kuiduista, jotka on sidottu yhteen joko kemikaalisen tai mekaanisen prosessin avulla tai käyttäen apuna lämpöä tai liuottimia.
ORGAANINEN JÄTE	Esimerkiksi paperi, pahvi, muovi, puu ja muut biohajoavat ainekset, joiden orgaanisen aineksen pitoisuus orgaanisen hiilen kokonaismääränä tai hehkutushäviönä on yli 10 %.
PET	Polyeteenitereftalaatti. Tekstiiliteollisuudessa tunnetaan kuidutettuna nimellä polyesterikuitu, esiintyy myös lyhenteillä PES, PL, PE.
PETg / G-PET	Glykoli-modifioitu polyesteri. Alempi muovauslämpötila kuin PET:lla: 125 – 160 °C. Ei kristallisoidu lämmön vaikutuksesta.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
SELLULOOSA	Kasvien perusrakennusaine, jota saadaan monista kasvipohjaisista lähteistä, kuten puuvillasta, pellavasta ja hampusta.
SERTIFIOINTI	Toiminnan tai laatu järjestelmän puolueetonta arviointia ennalta määritettyjen kriteerien ja standardien

	avulla. Sertifiointiin toteutuessa annetaan sertifikaatti eli todistus laadun vaatimustenmukaisuudesta.
STANDARDI	Toistuvalla toiminnalla määritelty yhteinen, kirjallinen, toimintatapa, jonka standardisoinnista huolehtiva ylempi toimielin on hyväksynyt. Luonteeltaan standardi on suositus, mutta viranomaistahot voivat edellyttää niiden käyttöä esimerkiksi kuluttajan tai ympäristön suojelemiseksi.
SYNTEETTINEN KUITU	Ihmisen kehittämä tekokuitu, jota valmistetaan kemiallis-fysikaalisin menetelmin.
TERMOPLASTINEN	Lämpömuovattava materiaali.
ÖKO-TEX 100	Kansainvälinen tekstiilien testaus- ja sertifiointijärjestelmä, joka rajoittaa haitallisiksi todettujen tekstiilikemikaalien käyttöä. Sertifikaatti osoittaa, ettei tuote sisällä haitallisia torjunta-aine-, raskasmetalli- tai formaldehydijäämiä.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ISKU INTERIOR OY	3
3	LÄMPÖMUOVAUS	5
3.1	Kylmä- ja kuumapuristus	8
3.2	Lämpömuovaus Iskulla	11
3.3	Lämpömuovauksen hyödyt vaiheistettuun huonekaluteollisuuteen verrattaessa	12
4	LÄMPÖMUOVATTAVAT TEKSTIILIMATERIAALIT	15
4.1	Polyesteri	17
4.1.1	Valmistus	18
4.1.2	Ominaisuudet	20
4.1.3	Käyttökohteet	21
4.2	Materiaali A	22
4.3	Materiaali B	23
5	MATERIAALITESTAUS	24
5.1	Hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindalemenetelmällä, SFS-EN ISO 12947	25
5.2	Nöyhtäytymis- ja nyppyyntymisalttiuden määrittäminen, SFS-EN ISO 12945-2	25
5.3	Muovautuvuus	25
5.4	Paineen vaikutus lämpömuovaukseen	25
5.5	Kutistuvuus	25
5.6	Verhoilukankaan kiinnittäminen lämmön avulla	25
5.7	Kuoleutuvuus	25
5.8	PET-huovan kylmäpuristus Grada-linjastolla	25
5.9	Materiaaliominaisuuksien yhteenveto	25
6	KOMPONENTIN RAKENNE	26
6.1	Komponentin muut lähtöaineet	26
6.2	Komponenttien saumaus	27
7	PET-TUOLI	28
8	SYNTEETTISEN TEKSTIILIJÄTTEEN KIERRÄTYS SUOMESSA	29
8.1	Syntheettisten kuitujen kierrättäminen	30

8.2	Lämpömuovatus huonekalukomponentin kierrätysmahdollisuudet	33
9	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	43

## 1 JOHDANTO

Suomen johtava julkisten tilojen ja kotien kalustaja Isku on viime vuosina vastannut materiaalien ja työtapojen kehittymiseen massiivisin investoinnein. Helmikuussa 2016 se ilmoitti panostavansa tehtaansa modernisointiin, logistiikkaan, laatuun ja energian säästöön yli 20 miljoonaa euroa. Samalla julkistettiin Iskun uusi logo (kuvio 1.), joka on osa yritysilmmeen uudistamista nuorekkaammaksi, modulaarisemmaksi ja dynaamisemmaksi. (Isku 2016b.)



KUVIO 1. Iskun uusi yritysilmme julkaistiin Tukholman huonekalumessuilla 9.2.2016

Uudistuva tuotanto keskittyy neljään tuotekategoriaan: School, Office, Health ja Home. Uudistuksen myötä Lahden tehtaiden toiminnot keskitetään yhteen tehtaaseen, jonne hankitaan moderneja tuotantolinjoja ja työstökoneita. Konekannan uudistamisen lisäksi innovatiivisten kotimaisten materiaalien käyttömahdollisuuksia kartoitetaan sekä raaka-ainevalmistajien että paikallisten toimijoiden kanssa. Pyrkimyksenä on selvittää materiaalien soveltuvuus laadukkaiden ja kestävien huonekalukomponenttien valmistukseen. (Isku 2016b.)

Parhailtaan sisäänajettavan Grada-linjaston käyttökapasiteetin ja muotoilutekniikan mahdollisuuksien myötä on herännyt ajatus lämpömuovattavien tekstiilien käyttömahdollisuuksista

huonekalukomponenttien tuotannossa. Lämpömuovaus on vanhimpia kestopuovin muovausmenetelmiä, mutta tekstiilin hyödyntäminen lämpömuovausprosessin avulla on vielä melko tuntematon menetelmä, eikä siitä ole saatavilla painettuja teoksia tai erityisesti tekstiilin muovausprosessiin keskittyviä tieteellisiä julkaisuja.

Tässä opinnäytetyössä perehdytäänkin lämpömuovaukseen menetelmänä ja materiaalin muovaustapana pääasiassa kestopuovien teorian kautta. Koottua informaatiota pyritään soveltamaan tekstiilin lämpömuovaamisen käytäntöön. Tarkasteltavia tekstiilejä on kaksi: non-woven PET-huopa ja kolmiulotteinen polyesterineulos. Tekstiileille tehdään erilaisia lämpömuovauskokeiluja, ja niiden ominaisuuksia kartoitetaan ja tutkitaan paitsi lähtömateriaalina, myös lämpömuovattuna komponenttina.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää toimiva ja taloudellinen työtapa tekstiilin lämpömuovaamiseen Grada-linjaston avulla sekä kartoittaa lämpömuovattavan tekstiilin mahdollisuuksia huonekaluteollisuuden komponenteissa. Parhaimmillaan lämpömuovattavasta tekstiilistä voidaan saavuttaa yhdellä puristuksella esteettinen, innovatiivinen ja ergonominen pehmytkaluste, joka kestää sekä käyttöä että aikaa.

Iskun arvojen mukaisesti toiveena on lämpömuovattun huonekalukomponentin kierrättäminen ensisijaisesti uusiomateriaaliksi. Opinnäytetyössä selvitetäänkin sekä synteettisen tekstiilin että lämpömuovattun huonekalukomponentin uusiokäyttö- ja kierrätysmahdollisuuksia Suomessa.

## 2 ISKU INTERIOR OY

Isku Interior Oy on vuonna 1928 perustetun Isku-Yhtymä Oy:n alaisuudessa toimiva lahtelainen liiketoimintayhtiö. Toimialallaan julkisten tilojen eli erilaisten työ- oppimis- ja hoivaympäristöjen sisustajana ja kalustajana Isku Interior on Suomen johtavin. (Isku 2016a.)

Isku Interiorilla on Suomen kattava aluemyyntiverkosto, jonka lisäksi sillä on omat myyntiyhtiöt Arabiemiirikunnissa, Venäjällä, Puolassa, Latviassa, Liettuassa ja Virossa. Lisäksi yhtiöllä on jälleenmyyjä sekä Ruotsissa että Tanskassa. Vuonna 2014 Isku Interior työllisti 108 henkilöä ja sen liikevaihto kasvoi edellisestä vuodesta 28 % nousten 73,6 miljoonaan euroon. (Kauppalehti 2015, Balance Consulting / PRH Kaupparekisterin 2015 mukaan; Isku 2016a.)

Interiorin tuotevalikoimaan kuuluu erilaisia istuimia, työtuoleja, pöytiä, säilytyskalusteita sekä seinäkkeitä. Se tarjoaa yrityksille yksilöllisiä ja räätälöityjä sisustusratkaisuja esimerkiksi elinkaaripalvelun muodossa. Elinkaaripalvelu sisältää tuotteiden suunnittelun, rahoituksen, kuljetuksen, seurannan, huolenpidon ja vanhojen kalusteiden kierrätyksen. Palvelulla mahdollistetaan yrityksen laadukas sisustus sitomatta siihen pääomaa. (Isku Interior 2016.)

Isku määrittelee intranetissään (Isku 2016a) toimintansa eettisyyttä, ekologisuutta ja laatua seuraavalla tavalla:

*Hyvin suunniteltu, muotoiltu ja valmistettu kaluste ja sisustuskokonaisuus kestää aikaa, käyttöä ja kulutusta. Se miellyttää silmää ja toimii vielä vuosien päästä. Se on eettistä ja ekologista suomalaista muotoilua.*

*Isku-laatu tarkoittaa viimeistelyä tuotesuunnittelua, ammattimaista käsityötaitoa, tarkasti testattuja materiaaleja ja ympäristöystävällistä tuotantoa. Oma tehtaamme Lahdessa takaa minimaalisen ympäristön kuormituksen. Lyhyet kuljetusmatkat, oikein valitut raaka-aineet ja materiaalien kierrätys ovat tuotannossamme itsestäänselvyyksiä.*

Isku noudattaa toiminnassaan ISO 9001 -laatujärjestelmää ja se sai ISO 14001 -sertifikaatin ensimmäisenä huonekaluteollisuuden alalta. Nykyään koko Iskun tuotanto on PEFC-sertifioitua eli kaiken käytettävän puun alkuperä tunnetaan ja se on kestävän kehityksen periaatteiden mukaan tuotettua. Lisäksi tuotannossa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan uusiomateriaaleja ja materiaalivirtojen ylijäämiä pyritään minimoimaan kaikilla tuotannon aloilla. (Isku 2016a.)

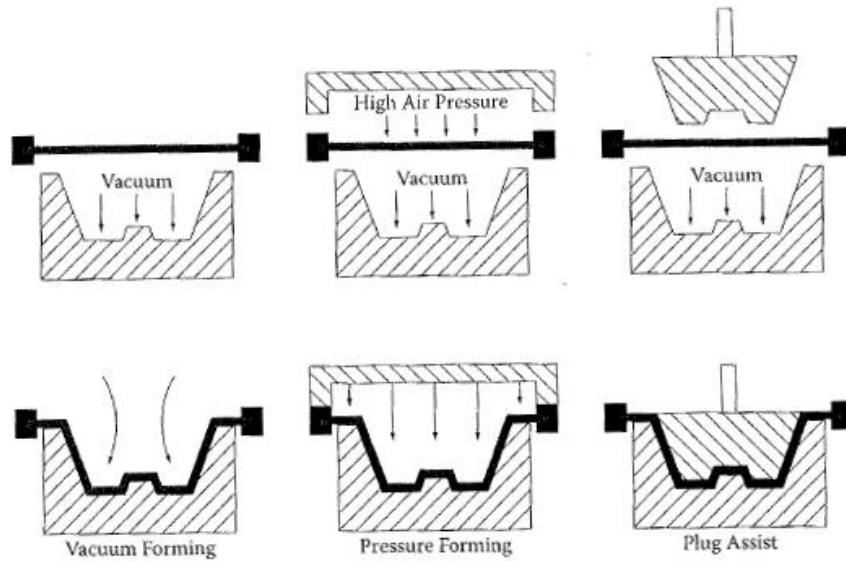
### 3 LÄMPÖMUOVAUS

Lämpömuovaus on vanhimpia tunnettuja tapoja muokata kestopuoleja. Yksinkertaistettuna se perustuu tuotantoprosessiin, jossa materiaalilevy lämmitetään yleensä 0 – 20 °C pehmenemispisteen yläpuolelle, minkä jälkeen se muovataan ja jäädytetään muotin avulla haluttuun muotoon. Muovauksen jälkeen aihio viimeistellään lopulliseksi tuotteeksi. (Wang 2011, 7.)

Lämpömuovauksen juuret ulottuvat aina antiikin Roomaan, jossa kuumasta öljystä muovattiin simpukoiden avulla ruokailuvälineitä. Varsinainen teollinen lämpömuovaus sai alkunsa 1800-luvun lopussa, kun lämpömuovaamalla alettiin valmistaa vauvojen helistimiä ja pururenkaita. Muovaustekniikka säilyi ennallaan aina 1930-luvulle saakka, jolloin uudet muovimateriaalit ja muovien laajentuneet käyttömahdollisuudet uudistivat tuotantoprosessia. (Cybulski 2009, 64.)

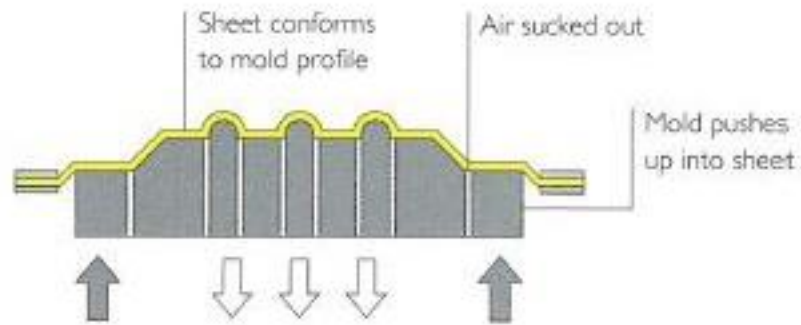
Toisen maailmansodan jälkeen muovin käyttömäärässä ja -sovelluksissa koettiin uusi nousu. Jo 1950-luvun puolivälissä lämpömuovattut muoviosat korvasivat mm. perinteiset puu- ja nahkaproteesit. Viime vuosikymmeninä erityisesti lämpömuovattujen elintarvikepakkausten käyttö on kasvattanut lämpömuovauksen suosiota. Nykyään lämpömuovaus onkin yleisimpiä levymateriaalien muovausmenetelmiä. (Cybulski 2009, 64.)

Lämpömuovattavia levymateriaaleja ovat muovien lisäksi metallit, puu ja nykyään myös tekstiili. Menetelmänä lämpömuovaus perustuu siihen, että levymateriaali lämmitetään yli pehmenemislämpötilan, mutta alle sulamispisteen. Tämä mahdollistaa levyn muovaamisen muotin, lämmön ja paineen avulla uuteen ulkomuotoon. Työstettävästä materiaalista tai niiden yhdistämisestä riippuen prosessivariaatioita ja -nimityksiä on useita. Menetelmiä yhdistää kuitenkin se, kuinka lämmön avulla pehmitettyä materiaalia muovataan. Muovausperiaatteen perusteella työtävät (kuvio 2.) voidaan jakaa alipaine- ja ylipainemuovaukseen sekä kuuma- ja kylmäpuristukseen. (Chanda & Salil 2009, 42.)

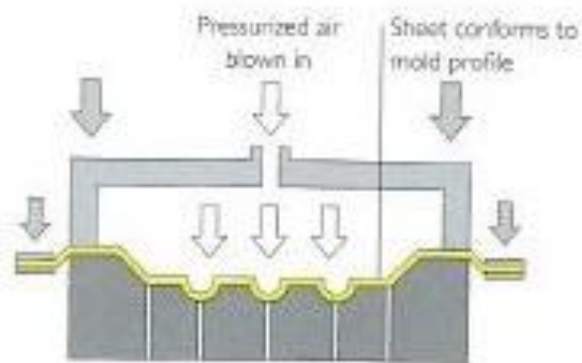


KUVIO 2. Lämpömuovauksen työtavat: alipaine- ja ylipainemuovaus ja kuumapuristus (Cybulski 2009, 63)

Alipaine- eli tyhjiömuovauksessa lämmitetty levy imetään alipaineen avulla muotin pintaan, jolloin materiaali mukautuu tarkasti muotin muotoihin. Alipainemuovausta havainnollistetaan tarkemmin kuviossa 3. Ylipaine- eli puhallusmuovauksen (kuvio 4.) muotoilutapa on hyvin samanlainen kuin alipainemuovauksen, mutta siinä alipaineen sijaan levy painetaan muottiin lämmön ja paineen avulla. Ali- ja ylipainemuovauksen merkittävin ero on siinä, että ylipainemuovauksen läpimenoaika on nopeampi ja sen avulla saavutetaan parempi mittatarkkuus. (Järvinen 2008, 191; Chanda & Salil 2009, 42 – 43.)



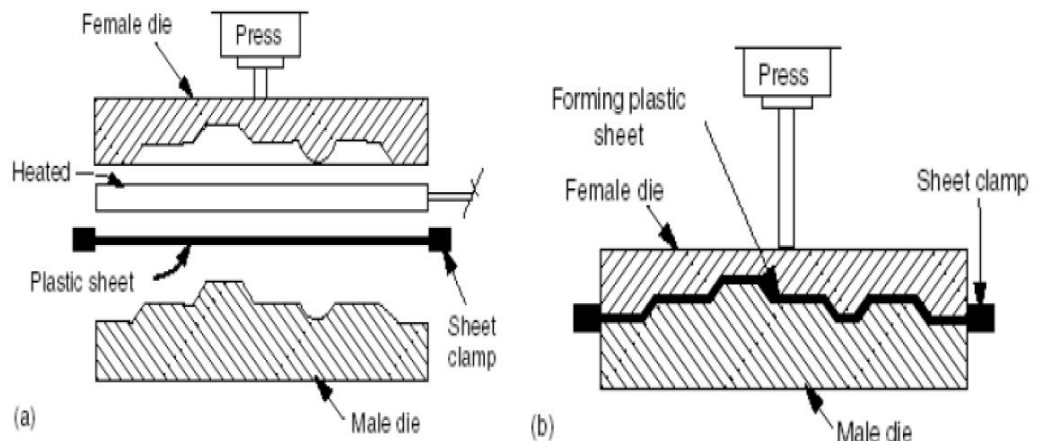
KUVIO 3. Alipainemuovaus (Thompson 2011, 23)



KUVIO 4. Ylipainemuovaus (Thompson 2011, 26)

Kuumapuristus (kuvio 5.) puolestaan perustuu lämmitetyn levyn muotoiluun kaksipuolisen, lämmitetyn, muotin avulla (Chanda & Salil 2009, 43 – 44). Kylmäpuristus on periaatteeltaan muotoin samanlainen kuin kuumapuristus, mutta siinä materiaalilevy lämmitetään uunin avulla ja puristetaan muotoon kylmien muottien avulla (Volar Plastic 2016). Kylmä- ja kuumapuristus ovat mielestäni toistaiseksi lämpömuovausmenetelmistä ainoita, jotka soveltuvat kaksipuoleisen muottinsa ja tekstiilimateriaalin luonteen vuoksi tekstiilin lämpömuovaamiseen. Tämän vuoksi

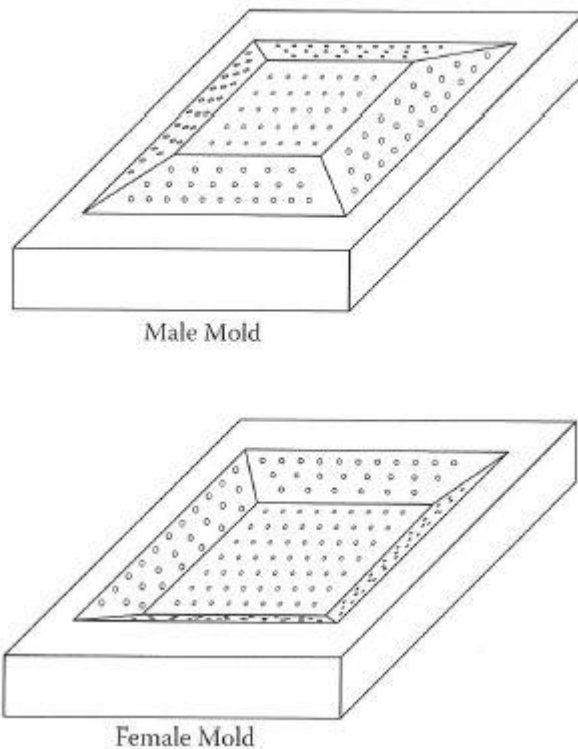
opinnäytetyössä keskitytäänkin nimenomaan kuuma- ja kylmäpuristukseen ja niiden mahdollisuuksiin huonekalukomponenttien valmistuksessa.



KUVIO 5. Kuumapuristus (Wang 2016, 7)

### 3.1 Kylmä- ja kuumapuristus

Kuumapuristus eli muottiaavusteinen lämpömuovaus perustuu menetelmään, jossa materiaalilevy kuljetetaan kaksiosaiseen puu- tai metallimuottiin. Muotti koostuu kuumennetusta uros- ja naarasmuotista (kuvio 6.), joiden välissä levy lämpenee ja muotoutuu haluttuun muotoon. Muovattavaa kappaletta jäähdytetään muottiin johdettavan veden tai paineen avulla, jolloin se jäähmettyy takaisin pysyvään olomuotoon. Kuumapuristettu materiaali toistaa erittäin hyvin muotin muotoja, joten sen avulla saavutetaan erinomainen mittatarkkuus. (Chanda & Salil 2009, 43 – 44.) Menetelmä soveltuu teknisten, kuitumaisten tuotteiden valmistukseen, kun niiltä halutaan esimerkiksi erityisiä lämmönkesto- tai lujuusominaisuuksia (Volar Plastic 2016).

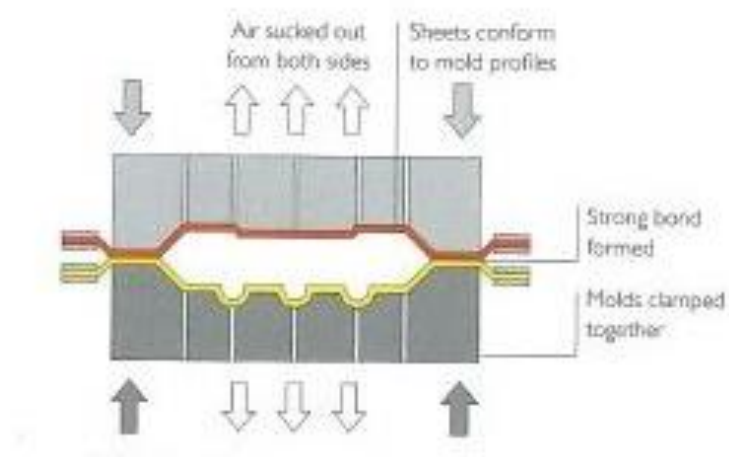


KUVIO 6. Uros- ja naarasmuotit (Cybulski 2009, 69)

Lämmitettyyn materiaalilevyyn ja kylmiin muotteihin perustuvaa kylmäpuristusmenetelmää puolestaan käytetään pehmeiden kuitumaisten tuotteiden valmistukseen. Materiaali on useimmiten 100 % PET-huopa, jonka pintaan voidaan lämmitysprosessin aikana halutessa yhdistää värillinen pintahuopa. Kylmäpuristus on parhaimmillaan tuotteissa, joissa halutaan yhdistää tyylikäs ulkonäkö äänenvaimennusominaisuuksiin. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi verhouspaneelit, ääntä eristävät seinäkkeet ja tuolien osat. (Volar Plastic 2016.)

Kuumapuristuksen ja alipaineen avulla on myös mahdollista muovata kahta materiaalilevyä samanaikaisesti. (kuvio 7.) Lämmitetyt levyt imetään alipaineen avulla omiin muottipuoliskoihinsa. Kun levyt ovat muotoutuneet, ne puristetaan reunoista tiiviisti kiinni toisiinsa jälkilämmön avulla. Levyjen

väliin jäävä ontto tila voidaan ennen viimeistä puristusta täyttää esimerkiksi vaahdolla. (Thompson 2011, 28.)



KUVIO 7. Kahden materiaalilevyn samanaikainen muotomuovaus (Thompson 2011, 28)

### 3.2 Lämpömuovaus Iskulla

Tuotantoon parhaillaan sisäänajettava, lämpömuovattavan puulevyn työstämiseen tarkoitettu, Iskun Grada-linjasto edustaa maailman moderneinta tuotantoteknologiaa. Lämpömuovauksen, robottiteknologian ja konelinjan yhdistävä linjasto nopeuttaa kalusteiden valmistusta jopa 60 %. Perinteiseen tapaan nähden aseteaika pienenee 90 minuutista 9 minuuttiin. (Isku 2006b.)

Grada-linjastolla tuotettavien komponenttien valmistus perustuu prosessiin, jossa puulevy ja sen sisältämä liimakalvo lämmitetään puristimen välissä muovauslämpötilaan. Lämmityksen jälkeen levy puristetaan muotoon muotissa, joka samanaikaisesti jäähdyttää levyn. Kovettuvan liiman ansiosta komponentti pysyy muodossaan. (UPM Grada 2000; Lindroos 2016.)

Idea tekstiilin lämpömuovauksesta syntyi materiaalilähtöisesti muotoilija Henri Halla-ahon aloitteesta. Halla-aho on kiinnostunut perinteisesti akustiikkapaneeleissa käytettävän lämpömuovattavan PET-huovan käyttömahdollisuuksista erilaisissa istuinrakenteissa. Materiaalin muovattavuus erilaisiin kovuus- ja tiheysasteisiin sekä sen yhdistäminen muihin lämpömuovattaviin tekstiilimateriaaleihin tarjoaa potentiaalisia mahdollisuuksia huonekalukomponenttien valmistuksessa. Toistaiseksi kirjallisuudesta ei ole löydettävissä sovelluksia pelkän lämpömuovattavan tekstiilin käytöstä huonekalukomponenttien kerrosrakenteissa eikä tietoa siitä, että kukaan olisi yhdistänyt samassa tuotteessa lämpömuovattavaa PET-huopaa ja kolmiulotteista neulosta. (Halla-aho 2016a.)

Grada-linjaston valmistuskapasiteetti ja moderni valmistustekniikka tarjoavat mahdollisesti jo olemassa olevan työväliseen lämpömuovattavien tekstiilikomponenttien valmistukseen (Halla-aho 2016a).

### 3.3 Lämpömuovauksen hyödyt vaiheistettuun huonekaluteollisuuteen verrattaessa

Yksi lämpömuovauksen suurimmista eduista verrattuna muihin teollisuuden tuotantotapoihin on mahdollisuus tuottaa lähes mittavalmiita komponentteja lyhyellä läpimenoajalla ja pienin tuotantokustannuksin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotteet voidaan prosessissa valmistaa lopulliseen muotoon tai hyvin lähelle sitä yhdessä työvaiheessa. Lämpömuovaus mahdollistaa tuotteen mittatarkan kolmiulotteisen muodon, mutta myös pintamuotoilun ja kuvioinnin. (Valmistaja B 2013.)

Lämpömuovattavat materiaalit itsessään ovat edullisia ja kevyitä, joten niiden hankinta- ja kuljetuskustannukset sekä materiaalina että valmiina tuotteena ovat matalat (TPI 2013). Materiaalin edullisuuden lisäksi mittavalmiisiin komponentteihin perustuva tuotanto säästää sekä aikaa että tuotantoon sidottua pääomaa. Toisin kuin suurin osa muovausmenetelmistä, lämpömuovaus käyttää pääasiassa yksiosaista muottia kaksi- tai useampiosaisen sijaan, mikä pienentää työvälinekustannuksia merkittävästi. (Cybulski 2009, 66.)

Vaikka lämpömuovattavat huonekalukomponentit vaativatkin kuumapuristukseen kaksipuolisen muotin, lämpömuovattavan komponentin valmistuksen taloudellinen ja ajallinen hyöty verrattuna ns. perinteiseen huonekalutuotantoon on merkittävä.

Kokeilujen (luku 5.) perusteella voidaan todeta, että lämpömuovattu istuinkomponentti on mahdollista valmistaa rakenteesta (luku 6.) riippuen Grada-linjaston avulla jopa 5 minuutissa, minkä jälkeen reunat ja kiinnitysreiät viimeistellään leikkaamalla ja istuin heloitetaan. Valmistuksen kokonaisaika on siis lyhimmillään noin 10 minuuttia, kun taas vaiheittain kootun, vastaavan rakenteen omaavan istuimen läpimenoaika on noin 22 – 25 minuuttia.

Lämpömuovattujen tekstiili-istuimen valmistuskustannus puolestaan on täysin materiaalivalinnoista riippuen joko matalampi, korkeampi tai samalla

tasolla kuin perinteisellä tavalla valmistetulla istuimella. (Tervonen 2016; Viljaniemi 2016.)

Perinteisellä työtavalla valmistettavan istuimen kokoaminen koostuu Iskun tehtaalla kahdeksasta työvaiheesta:

- aihion valmistus
- nestaus eli kaksiakselinen jysrintä ja poraus
- mahdollinen muotopuristus
- kankaan leikkaus
- ompelu
- vaahtomuovin asetus ja liimaus
- verhoilu
- heloitus.

Valmistuksen läpimenoaika vaiheittain kootulle istuimelle on tuotannossa noin kuusi vuorokautta. Absoluuttinen läpimenoaika eli istuimen työstöön kuluva aika on tästä kuitenkin vain noin 2 %. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että 98 % tuotantoon kuluvasta ajasta perustuu siirtämiseen ja odottamiseen. (Viljaniemi 2016.)

Lämpömuovatun istuimen absoluuttinen läpimenoaika on valmistustekniikasta ja rakenteesta (Luku 6.) riippuen noin 50 % lyhempi kuin vaiheittain rakennetussa istuimessa. Grada-linjaston ja kuumapuristuksen avulla valmistetun rakenteen työvaiheet keskittyvät käytännössä kahdelle koneelle, mikä lyhentää myös valmistuksen logistiikka- ja odotusaikaa yli puolella.

Jos lämpömuovatussa rakenteessa ei käytetä verhoilukangasta ja lämpömuovattavat tekstiilit tilataan määrämittäisinä tai rullalla, jäävät esimerkiksi paloittelu ja kankaan leikkaus työvaiheista pois.

Käytännössä kolmikerroksisen, kahdesta lämpömuovattavasta tekstiilimateriaalista koostuvan, lämpömuovattun komponentin työvaiheet ovat:

- kylmäpuristus
- kuumapuristus
- viimeistely eli leikkaus ja rei'itys
- heloitus.

Kylmäpuristamalla valmistetaan rakenteen muotoa ja kovuutta vaativat osat, eli alin ja ylin kerros, kun taas kuumapuristuksen avulla kerrokset saumataan yhteen komponentiksi. Kuumapuristuksen periaatteesta poiketen komponenttia ei prosessissa lämmitetä sen lämpöherkän rakenteen vuoksi, vaan saumaaminen tapahtuu pelkän lämmitetyn muotin avulla.

Lämpömuovattavan tekstiilin käyttö mahdollistaa huonekalukomponenttien valmistamisen myös yhdellä puristuksella. Parhaiten yhteen puristuskertaan perustuva menetelmä soveltuu koviin levymäisiin komponentteihin tai paksun materiaalilevyn kylmäpuristukseen. Paksun materiaalilevyn kylmäpuristus mahdollistaa pehmeän ja kovan pinnan yhdistämisen samassa komponentissa. Jos yhdellä puristuksella tavoitellaan kerrosrakennetta, tulee komponentin koostua pelkästään PET-huovasta, jota saumataan kuumapuristuksen avulla haluttuun muotoon. Yhden puristuksen metodi edellyttää lähtömateriaaleilta riittävää tiheysastetta ja kovuutta tai vaihtoehtoisesti mahdollisuutta kiinnittää rakenne runkoon siten, että se kannattelee itseään riippumaton tapaan.

Samana materiaalin tai lähtöaineen hyödyntäminen useissa eri tekstuuriin ja kovuusasteen omaavissa kerroksissa helpottaa paitsi tuotteen kierrätystä, mutta edustaa myös täysin uudenlaista ja innovatiivista ajattelu- ja valmistustapaa huonekaluteollisuuden alalla.

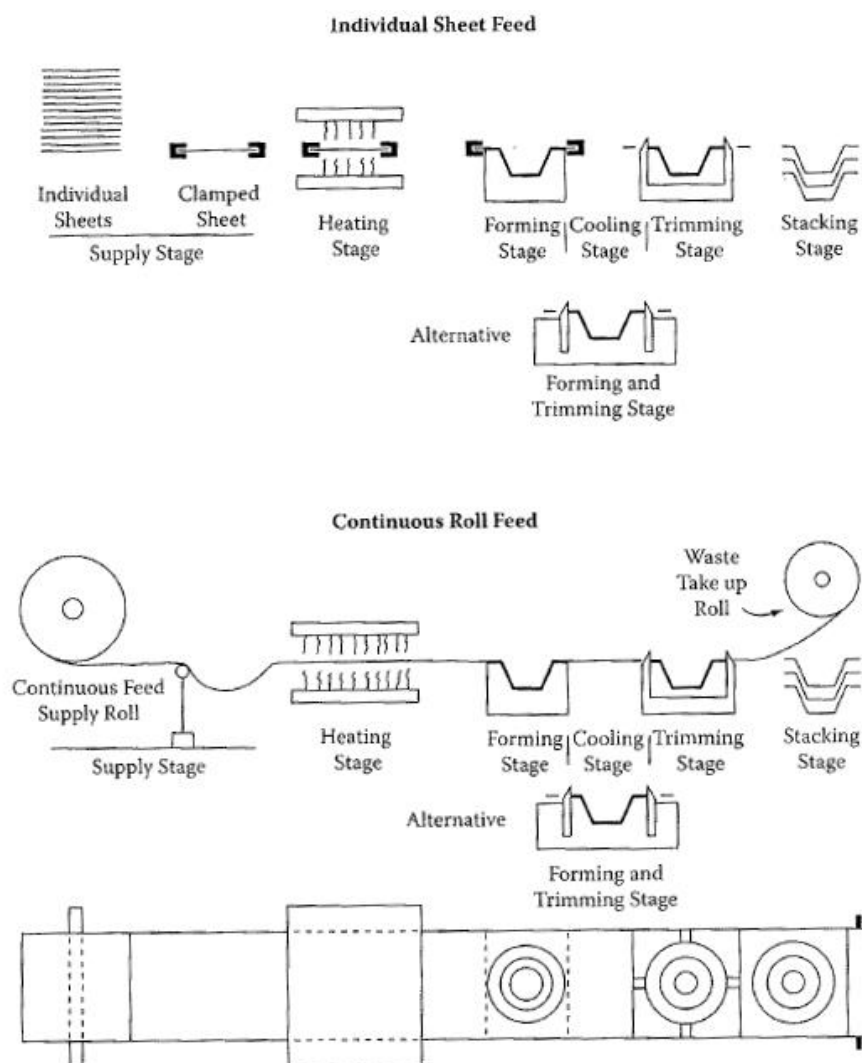
#### 4 LÄMPÖMUOVATTAVAT TEKSTIILIMATERIAALIT

Lämpömuovauksen tarjoamat sovellukset ja hyödyt ovat olleet muoviteollisuuden käytössä jo vuosisatojen ajan, mutta lämpömuovattavan tekstiilin käyttömahdollisuudet huonekaluteollisuudessa on havaittu synteettisten tekstiilien kehityksen myötä vasta 2000-luvulla. Vaikka autoteollisuus on käyttänyt PET-huopaa komponenteissaan jo vuosikymmeniä, on se käsitellyt huopaa tekstiilin sijaan muovina.

Lämpömuovattavat tekstiilimateriaalit rakentuvat kuidutetusta polyeteenitereftalaatista eli polyesteristä. Lähtökohtaisesti kaikkia polyesterejä on mahdollista muovata lämmön avulla niiden lämpöön perustuvan valmistustavan ansiosta. Poikkeuksena on kuitenkin kudottu polyesteritekstiili, jonka korkea pehmenemispiste ja kudoksen rakenne eivät sovellu rakenteensa vuoksi lämpömuovaukseen, jollei sitä yhdistetä toiseen polyesterimateriaaliin. Polyesterikuidun valmistusta, rakennetta ja ominaisuuksia käsitellään tarkemmin luvussa 4.1.

Rakenteellisesti lämpömuovattavat tekstiilit jaetaan non-woveniin ja neulokseen. Neuloksen pysyvä elastisuus ja monipuoliset tekniset ominaisuudet mahdollistavat monipuolisten teknisten huonekalukomponenttien ja terveydenhuollon sovellusten valmistuksen. Non-wovenin etuna on muotoon puristettavuus pehmeästä tekstiilistä jopa kovaksi, muovimaiseksi, levyksi. (Valmistaja B 2013; Valmistaja A 2016.)

Lämpömuovattavaa tekstiiliä valmistetaan sekä arkkeina että rullina materiaalipaksuuden ja valmistettavan tuotteen koon mukaan. Arkkit ovat yleensä paksumpia kuin rullalle valmistettavat materiaalit ja ne soveltuvat erinomaisesti suurien kappaleiden ja pienten erien valmistukseen. Rullamateriaalia puolestaan käytetään valmistettaessa suuria eriä pienempiä tuotteita. Materiaalien kulkua lämpömuovausprosessissa on kuvattu kuviossa 8. (Cybulski 2009, 59.)



KUVIO 8. Arkin ja rullamateriaalin kulku lämpömuovausprosessissa (Cybulski 2009, 60)

Tässä kappaleessa tarkastellaan paitsi polyesteria kuituna, myös kahta kierrätyspolyesterista valmistettua lämpömuovattavaa tekstiiliä valmistajan antamien tietojen valossa. Materiaalien käyttö- ja muovausominaisuuksiin syvennytään materiaalitestausten ja käyttökokeiden avulla luvussa 5.

#### 4.1 Polyesteri

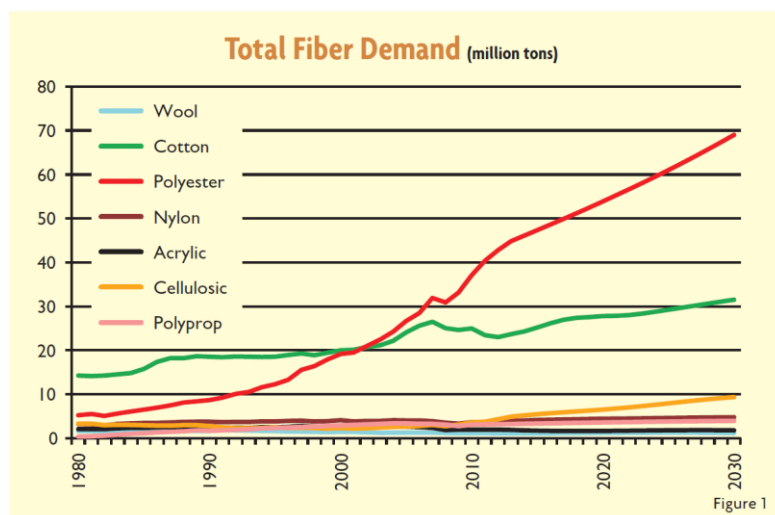
Luonnossa esiintyviä polyestereita, esimerkiksi lakkakirvojen erittämää sellakkaa, on hyödynnetty jo tuhansia vuosia mm. muumioiden balsamoinnissa. Nykymuotoinen synteettinen polyesteri syntyi kuitenkin vasta 1900-luvulla, ja sen mahdollisuuksin erilaisissa tekstiilisovelluksissa on herätty toden teolla vasta viime vuosikymmeninä. (Fibersource 2016.)

Synteettisen polyesterin historia ulottuu vuoteen 1926, jolloin W.H. Carothers tutki DuPontin palveluksessa suurimolekyylisiä aineita ja löysi polyesterin. Kuitu ei kuitenkaan soveltunut tekstiilikuiduksi ja tutkimukset jatkuivat polyamidien kehittelyllä. (Boncamper 2011, 302 – 303; Fibersource 2016.)

Carothersin tutkimuksista kiinnostuneet englantilaiset kemistit J.R. Whinfield ja J.T. Dickson jatkoivat kuitenkin Carothersin aloittamaa tutkimustyötä ja patentoivat PET:n lopulta vuonna 1941. Myöhemmin samana vuonna polyesterin tuotantomenetelmän kehittänyt Imperial Chemical Industries Ltd aloitti sen kaupallisen valmistuksen nimellä Terylene. (Boncamper 2011, 302 – 303; Fibersource 2016.)

Vuonna 1947 patentti myytiin yhdysvaltalaiselle DuPontille, joka jatkoi polyesterin valmistusta kauppanimellä Dacron. Varsinainen kaupallisen polyesterin valmistus alkoi Yhdysvalloissa vuonna 1951, jolloin se esiteltiin yleisölle taianomaisena materiaalina, joka ei vaadi silitystä. (Boncamper 2011, 302 – 303; Fibersource 2016.)

Nykyään polyesteri on maailman eniten tuotettu yksittäinen tekstiilikuitu, jota valmistetaan ympäri maailmaa yli 150 kauppanimellä. Viimeisen kymmenen vuoden aikana polyesterin tuotantomäärä on kaksinkertaistunut. Vuonna 2004 polyesterin tuotanto oli 46,1 miljoonaa tonnia, joka on noin 40 % kaikesta kuitutuotannosta ja 72 % synteettisten kuitujen tuotannosta. Polyesterin tuotantomäärän kasvua muihin tekstiilikuituihin nähden havainnollistetaan kuviossa 9. (Boncamper 2011, 301 – 303; IHS 2014.)



KUVIO 9. Kuitutuotannon kysynnän kasvu (Textileworld 2015)

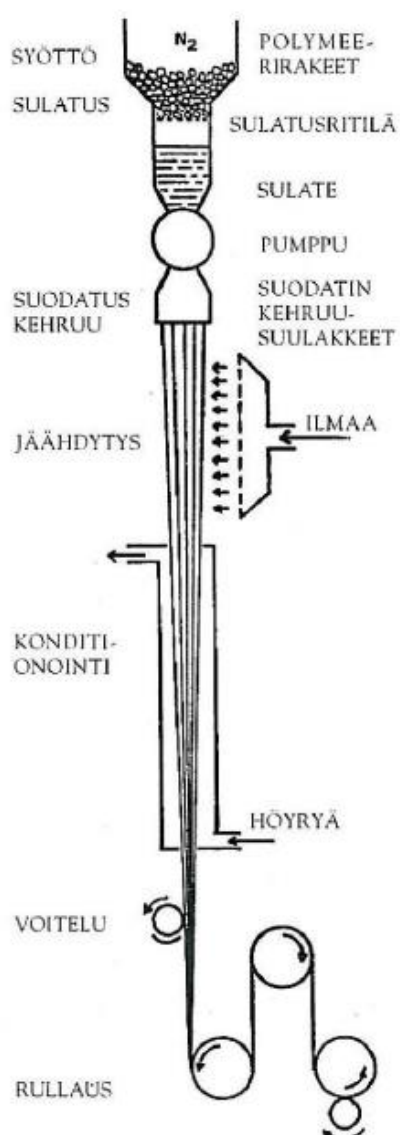
#### 4.1.1 Valmistus

Eräs yleisimmin tekstiiliteollisuudessa käytetyistä polyestereista on polyetyleenitereftalaatti. Polyesterikuitu muodostuu kiteisistä ja amorfisista osista, joiden suhdetta voidaan muuttaa melko helposti esimerkiksi lämmön avulla. (Boncamper 2011, 304.)

Mineraaliöljypohjainen neutseellinen polyesteri valmistetaan sulakehruumenetelmän (kuvio 10.) avulla (Boncamper 2011, 277 – 279). Nykyisin valmistetaan paljon myös kierrätettyä polyesteriä, jonka käsittely ja valmistusmenetelmä eivät juurikaan eroa neutseellisen kuidun valmistuksesta. Polyesterin kierrätystä käsitellään tarkemmin luvussa 8.

Sulakehruu on synteettisten kuitujen valmistusmenetelmistä halvin ja nopein. Prosessissa polymeerirakeet sulatetaan ja puristetaan kehrusuulakkeiden läpi. Syntyneet filamentit kiinteitetään kuiduiksi jäähdyttämällä niitä ilmavirran avulla. Kuitua voidaan modifioida moolimassan muutoksen, venytyksen, lisäaineiden ja jälkikäsittelyn avulla.

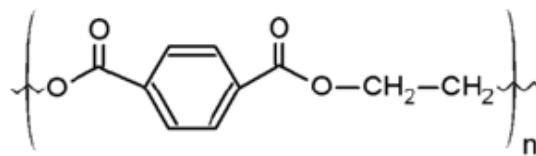
Näin voidaan vaikuttaa mm. kuidun lujuuteen, väriin ja teknisiin ominaisuuksiin. (Boncamper 2011, 304 – 305; TUT 2010, 48.)



KUVIO 10. Sulakehruun periaate (Boncamper 2011, 278)

#### 4.1.2 Ominaisuudet

Polyesteri on tiiviin rakenteensa (kuvio 11.) ja kemiallisen stabiiliutensa ansiosta hyvin kestävä sekä kemikaalien että käyttöolosuhteiden suhteen. Polyesterin valmistusprosessi mahdollistaa hyvin erilaisten teknisten ja visuaalisten ominaisuuksien integroimisen kehrättävään kuituun. Tällaisia ovat esimerkiksi erikoiskiharat, ontot, antistaattiset, nukkaantumattomat ja mikrokuidut. (Boncamper 2011, 305 – 310.) Käyttösovellusten suunnittelun kannalta keskeisimmät ominaisuudet on koottu taulukkoon 1.



KUVIO 11. Polyeteenitereftalaatin (PET) kemiallinen rakenne (TUT 2010, 135)

TAULUKKO 1. Polyesterin ominaisuudet (Boncamper 2011, 305 – 310)

<b>POLYESTERI</b>	<b>Arvo/Arvio</b>	<b>Selite</b>
<b>Kuituhienous</b>	22 - 1100 dtex	Mikrokuiduista hyvin paksuihin filamentteihin.
<b>Kuitupituus</b>	Jatkuva tai katke	Yli puolet polyesterista valmistetaan jatkuvina filamentteina.
<b>Tiheys</b>	1,38 g/cm <sup>3</sup>	Keskiraskas kuitu.
<b>Vetolujuus</b>	3.7 - 4.4 cN/tex	Luja kuitu. Valmistetaan normaali- ja erikoislujana.
<b>Murtovenymä</b>	30 - 38 %	
<b>Kosteuslisä</b>	0,50 %	Erittäin alhainen, ei vaikuta kuidun käyttäytymiseen.
<b>Pehmenemislämpö</b>	230 -240 °C	
<b>Sulamislämpö</b>	250 -260 °C	
<b>UV-valonkesto</b>	Erinomainen	Erinomainen UV-valonkesto.
<b>Vedenkesto</b>	Erinomainen	Ei vaikuta ominaisuuksiin.
<b>Alkalinkesto</b>	Huono	Väkevät alkalit kuumina vahingoittavat kuitua.
<b>Orgaanisten liuottimien kesto</b>	Erinomainen	Eivät vaikuta ominaisuuksiin.
<b>Haponkesto</b>	Hyvä	Laimeina ja kylminä eivät juuri vahingoita, mutta jo huoneenlämpöinen rikkihappo vahingoittaa.
<b>Valkaisuaineenkesto</b>	Erinomainen	Ei vaikuta ominaisuuksiin.
<b>Värjäys</b>	Vaikeaa	Tiiviin rakenteen ja kemiallisen stabiiliuden vuoksi vaatii värjäysolosuhteilta korkeaa painetta tai turvotainneita.
<b>Homeen- ja mikrobienkesto</b>	Hyvä	Eivät vaurioita
<b>Staattisuus</b>	Huono	Alhainen kosteussisältö, joten sähköistyy helposti.
<b>Lämmöneristävyys</b>	Vaihtelee	Täysin riippuvainen valmistetun kuidun rakenteesta. Hienoilla ja ontoilla sekä teksturoiduilla kuiduilla parhaat lämpöä eristävät ominaisuudet.

#### 4.1.3 Käyttökohteet

Polyesteria käytetään tekstiiliteollisuudessa paitsi sellaisenaan, myös erilaisina sekoitteina, joissa sen osuus on yleensä vähintään 50 %.

Polyesteri on muotonsa pitävä, kestävä ja helppohoitoinen materiaali. Kuituna se on modifioitavissa käyttötarkoituksen mukaan, mikä lisää sen mahdollisuuksia kaikilla teollisuuden aloilla. (Boncamper 2011, 311.)

Noin puolet valmistetusta polyesterista käytetään vaatetustarkoituksiin sekä kankaana että neuloksena. Polyesterin suosio vaatetusteollisuudessa selittyy materiaalin edullisuuden lisäksi sen helppohoitaisuudella: polyesteri on rypistymätön, helposti puhdistettava sekä pesun jälkeen nopeasti oikeneva ja kuivuva. Materiaalin edullisuus

mahdollistaa myös valmiin tuotteen edullisen myyntihinnan. (Boncamper 2011, 311.)

Kankaana polyesteria käytetään vaatetuksen lisäksi erilaisissa kodin- ja taloustekstiileissä, mutta myös monissa teknisissä tuotteissa, kuten hihnoissa ja suodattimissa. Neuloksena polyesteri on suosittu esimerkiksi sukissa, alusvaatteissa, verhoilumateriaaleissa ja teollisina tuotteina mm. hyvinvointi- ja huonekaluteollisuudessa. (Boncamper 2011, 311.)

Neule- ja kangastuotteiden lisäksi polyesterista valmistetaan kuitukankaisia tuotteita, mattoja, köysiä, vanua ja täytteitä. (Boncamper 2011, 311.)

#### 4.2 Materiaali A

Materiaali A on akustiikkamateriaaliksi kehitetty kierrätetyistä PET-pulloista ja kangasjätteestä valmistettu non-woven polyesterihuopa. Huopaa valmistetaan valkoisena ja harmaan eri sävyissä 5 – 100 mm paksuisena levynä. Huovan tiheys voidaan määrittää käyttötarkoituksen mukaan: neliöpaino vaihtelee 200 – 3000 g/m<sup>2</sup> välillä. Huopalevy voidaan halutessa laminoida tekstiilillä, mutta sen voi kiinnittää toiseen materiaaliin myös sellaisenaan. (Valmistaja A 2016.)

Lämpömuovattuna polyesterihuopa on muotonsa pitävä ja jäykkä. Kauniin pintatekstuurinsa ja UV-valon keston ansiosta sitä voidaan hyödyntää huonekalukomponenteissa rakenteiden lisäksi myös pintana. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi muotoon puristettuina istuimina mutta myös huonekalurakenteissa tukevinä elementteinä. Äänieristävän ominaisuutensa ansiosta polyesterihuopa sopii erinomaisesti käytettäväksi sermeihin ja akustiikkalevyihin, joissa sitä käytetään lähinnä kankaalla verhoiltuna. (Valmistaja A 2016.)

### 4.3 Materiaali B

Materiaali B on kolmiulotteinen polyesterineulos. Se koostuu teknisestä ylä- ja alapinnasta, jotka pidetään määritellyllä etäisyydellä toisistaan niiden väliin kudottujen elastisten filamenttien avulla. Rakennetta kutsutaan myös sandwich-rakenteeksi. Neulosta on mahdollista valmistaa eri paksuisina ja jopa yli 200 cm levyisenä levynä. Materiaalia voidaan kutoa sekä avoimella että suljetulla pintarakenteella useissa eri väreissä. Neuloksen elastisuusaste on valittavissa pehmeästä kiinteään ja samalle alueelle voidaan valmistaa erilaisia elastisuusasteita. Materiaali on vesipestävä ja desinfioitava. (Valmistaja B 2016.)

Materiaali B:n rakenteella on kyky säädellä lämpöä ja kosteutta, minkä lisäksi se on kestävästi elastinen jopa 55 mm:n korkuisissa osissa. Rakenteeseen on mahdollista integroida niveliä, ja sitä voidaan täyttää erilaisilla materiaaleilla. Rakenteen erinomaisen palautuvuuden, muistin ja käyttömukavuuden ansiosta se soveltuu huonekaluteollisuuden alalla erityisen hyvin istumiseen ja makaamiseen tarkoitettuihin tuotteisiin, akustiikkalevyihin ja erilaisiin sairaalasovelluksiin. (Valmistaja B 2016.) Neuloksen pintaverenkiertoa aktivoiva rakenne ehkäisee tehokkaasti esimerkiksi makuuhaavojen syntymistä (Maahantuoja 2016).

Materiaali B on CE-merkitty ja sille on myönnetty Öko-Tex 100 -standardi. Yritys noudattaa toiminnassaan ISO 9001:2008 -standardia. (Valmistaja B 2016.)

## 5 MATERIAALITESTAUS

Tekstiilien käyttö- ja työstöominaisuuksien määrittelemiseksi on kehitetty lukuisia erilaisia menetelmiä, joista useimmat on standardisoitu ja julkaistu SFS-standardeina. Teollisuudessa niiden käyttö erityisesti tuotekehityksen ja -suunnittelun tukena auttaa ymmärtämään materiaalin käyttäytymistä määritellyissä olosuhteissa sen käyttötarkoitusta silmällä pitäen. (Boncamper 2011, 65.)

Standardisoidut tekstiilintestausmenetelmät on suunniteltu laboratoriossa toteutettaviksi. Vain laboratoriossa voidaan ylläpitää standardin määrittelemiä vakio-olosuhteita. Vakio-olosuhteilla tarkoitetaan huoneilmaa, jonka lämpötila on  $20\pm 2$  °C ja suhteellinen kosteus  $65\pm 2$  %. (ISO 139.)

Tässä opinnäytetyössä toteutettavat standardia mukailevat testit tarkastelevat Materiaali A:n ja Materiaali B:n hankauskestävyyttä sekä nöyhtäytymis- ja nyppyyntymisalttiutta Martindale-laitteiston avulla. Standarditestien lisäksi tutkitaan tekstiilin lämpökäyttäytymistä muovauslämpötilojen, -paineen, muovautuvuuden ja kutistuvuuden osalta.

Materiaalitestaus suoritetaan standardin mukaisin menetelmin ja laittein Lahden ammattikorkeakoulun tekstiililaboratoriossa. Standardin määrittelemiä vakio-olosuhteita ei ole suhteellisen kosteuden eikä lämpötilan osalta mahdollista toteuttaa. Polyesterin kosteuslisä on kuitenkin erittäin alhainen, 0,5 %. Kosteudella ei siis ole juurikaan vaikutusta materiaalin käyttäytymiseen. (Boncamper 2011, 306.)

Toimeksiantajan pyynnöstä materiaalitestausprosessit- ja tulokset ovat salaisia eikä niitä ole liitetty julkiseen versioon.

- 5.1 Hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindale-menetelmällä, SFS-EN ISO 12947
- 5.2 Nöyhtäytymis- ja nyppyyntymisalttiuden määrittäminen, SFS-EN ISO 12945-2
- 5.3 Muovautuvuus
- 5.4 Paineen vaikutus lämpömuovaukseen
- 5.5 Kutistuvuus
- 5.6 Verhoilukankaan kiinnittäminen lämmön avulla
- 5.7 Kuoleutuvuus
- 5.8 PET-huovan kylmäpuristus Grada-linjastolla
- 5.9 Materiaaliominaisuuksien yhteenveto

## 6 KOMPONENTIN RAKENNE

Materiaalitestauksen ja lämpökäyttämiskokeilujen perusteella huonekalukomponenteille voidaan hahmottaa useita erilaisia verhoilukankaasta, Materiaali A:sta ja Materiaali B:stä koostuvia kolmikerrosrakenteita.

Toimeksiantajan pyynnöstä komponenttirakenteen tuotekehitystä ja tuotantoa käsittelevät osiot ovat salaisia eikä niitä ole liitetty julkiseen versioon.

### 6.1 Komponentin muut lähtöaineet

Lähtökohtaisesti komponentin rakenteissa on mahdollista käyttää muitakin kuin suoranaisia lämpömuovattavia materiaaleja, jos ne ovat 100 % polyesteriä. Koska komponentista halutaan kokonaisuena kierrätettävä, on materiaalin oltava mahdollisimman puhdasta eli läpeensä samaa materiaalia (Koivuniemi 2016a). Polyesterit on valmistettu sulakehräämällä, joka jo itsessään on lämpömuovausprosessi. Jos polyesteritekstiilin rakenteen sulavan aineksen osuus on vähintään 5 %, voidaan sitä lämpömuovata ja kiinnittää lämmön avulla esimerkiksi PET-huopaan (Edin 2016b). Materiaalien muovauslämpötilat voivat kuitenkin vaihdella merkittävästi ja materiaalien lämpökäyttäytyminen erota paljon toisistaan. Käytännössä tämä mahdollistaa mm. polyesteripehmusteen ja ompelulangan käytön osana rakennetta. Myös kontaktiiman käyttö esimerkiksi verhoilun kiinnittämiseen on mahdollista, jos sen degeneroitumispiste on alhaisempi kuin polyesterin (Koivuniemi 2016a.)

Toimeksiantajan pyynnöstä komponentin muiden lähtöaineiden tuotekehitystä ja tuotantoa käsittelevät osiot ovat salaisia eikä niitä ole liitetty julkiseen versioon.

## 6.2 Komponenttien saumaus

Toimeksiantajan pyynnöstä komponenttisaumauksen tuotekehitystä ja tuotantoa käsittelevät osiot ovat salaisia eikä niitä ole liitetty julkiseen versioon.

## 7 PET-TUOLI

Toimeksiantajan pyynnöstä PET-tuolin tuotekehitykseen ja tuotantoon liittyvä informaatio on salaista eikä sitä ole liitetty julkiseen versioon.

## 8 SYNTEETTISEN TEKSTIILIJÄTTEEN KIERRÄTYS SUOMESSA

Suomessa syntyy vuositasolla noin 2 miljoonaa tonnia jätettä, josta yli 50 milj.kg on tekstiili- ja 140 milj.kg muovijätettä. Tekstiili- ja muovijäte hajoaa luonnossa hitaasti, yleensä useita kymmeniä vuosia, joten sen lajitteluun ja hyödyntämiseen on pyritty löytämään vaihtoehtoisia sijoitustapoja kaatopaikan sijaan. (Aalto 2012; Suomen tekstiili & muoti ry 2016.)

Vuoden 2016 alusta voimaan tullut Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (VNa 331/2013), ns. orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto, asettaa mm. palavan muovi- ja tekstiilijätteen kierrätykselle uusia haasteita. Asetus estää orgaanisen jätteen sijoittamisen tavanomaisille kaatopaikoille. (PHJ 2016)

Uuden asetuksen tarkoituksena on hyödyntää aiempaa tehokkaammin orgaanista jätettä paitsi energiaksi, myös uusiomateriaaliksi. Vaikka uusiotuotannossa säästetään raaka-ainetta, ovat tekstiili- ja muovijätteen uusiokäytön mahdollisuuksien hidasteena Suomessa sen kalliit kustannukset. Uusiomuovin lajittelu- ja valmistusprosessi on kallista, vaikka muovijäte raaka-aineena onkin neitseellistä raaka-ainetta edullisempaa. Lisäksi sen käyttökohteet ovat vielä verrattain rajalliset. Tekstiilijätteen lajittelu puolestaan on sekoitemateriaalien ja lisätarvikkeiden, kuten nappien, takia hankalaa ja työvoimalähtöisyyden vuoksi kallista. Uusiokäyttöön keskittyneet yritykset sijaitsevat Etelä-Suomessa, mikä lisää materiaalikuljetuksista aiheutuvia kustannuksia. Vuonna 2012 kotimaisesta tekstiilijätteestä uudelleenkäyttöön saatiin alle 2 %. (Jurkko 2015; Suomen tekstiili & muoti ry 2016.)

Tekstiilijätettä uusiokäyttävät kotimaiset yritykset hyödyntävät materiaalia esimerkiksi rakennusteollisuuden ja maatalouden tarpeisiin erilaisiksi kuitukankaiksi ja suojamatoiksi. Selluloosapohjaisesta jätetekstiilistä kehitetään parhaillaan kaupalliseen tuotantoon soveltuvaa kierrätettyä tekstiilikuitua VTT:n, Aalto-yliopiston ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyössä, mutta synteettisen uusiokuidun valmistajia Suomessa ei vielä ole. Synteettinen tekstiilijäte hyödynnetään Suomessa pääasiassa

energianlähteenä. Sen uusiokäyttö Suomessa on vielä hyvin vähäistä, vaikka polyesteria muovina kierrätetään jo tehokkaasti teollisuuden tarpeisiin. (VTT 2014; Alijoki & Åström-Kupsanen 2015.)

Kierrätyksen kannalta tehokkainta olisi käyttää materiaaleja sellaisenaan tai ainakin olla sekoittamatta luonnonkuituja synteettisiin kuituihin, mikä tarkoittaa automaattisesti tekstiilijätteen päätymistä polttoon.

Ekologisuuden ja kierrätysmateriaalien arvostuksen kasvun myötä myös kierrätysmateriaalin ulkonäön voisi hyvinkin liittää osaksi tuotteiden estetiikkaa sen sijaan, että materiaalin alkuperä pyritään peittämään valkaisemalla tai värjäämällä.

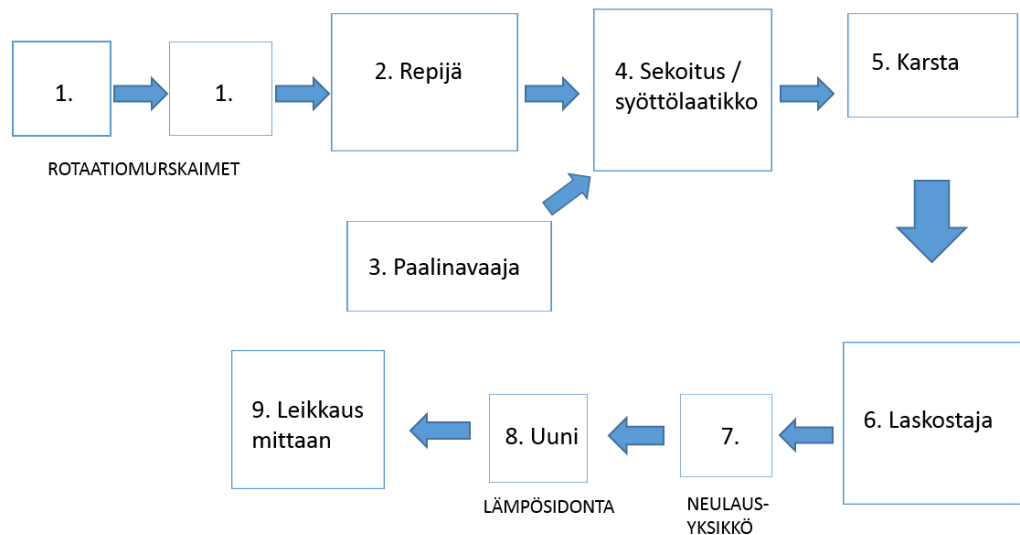
### 8.1 Synteettisten kuitujen kierrättäminen

Suomessa synteettinen tekstiilijäte kierrätetään pääasiassa energiakäyttöön, vaikka jätelain hierarkiassa poltto onkin vasta toissijainen vaihtoehto. Synteettiset kuidut soveltuvat puhtautensa ja suuren energia-arvon vuoksi paremmin poltettaviksi kuin luonnonkuidut tai selluloosapohjaiset muuntokuidut. Polton aikana synteettiset kuidut hajoavat pääosin vedeksi ja hiilidioksidiksi. (Järvinen 2008, 163; Mustonen & Talvenmaa 2011)

Tekstiilin uusiokäyttöön Suomessa erikoistuneita yrityksiä on vähän ja ne ovat keskittyneet pääasiassa luonnonmateriaalien hyödyntämiseen tai kuitukankaiden valmistukseen rakennusteollisuuden ja maatalouden tarpeisiin. Synteettistä uusiolankaa ja -kangasta kudotaan vain ulkomailla, lähinnä teollisuuden ylijäämämateriaalista. Tuotemahdollisuuksia kierrätysraaka-aineesta valmistetuille tuotteille on paljon, mutta niiden valmistusta rajoittavat raaka-aineen saatavuus ja hinta sekä valmistettävien tuotteiden laatuvaatimukset. (Mustonen & Talvenmaa 2011.)

Uusiokäyttöön tähtäviä, synteettisille materiaaleille sopivia, kierrätystapoja on kolme: mekaaninen, termien ja kemiallinen kierrätys. Mekaanisessa työtavassa (Kuvio 12.) materiaali kuitutetaan prosessointilaitteiston avulla uudelleen, minkä jälkeen siitä valmistetaan

monivaiheisessa prosessissa kuitukangasta tai kehrätään lankaa. Kuitujen hyödyntäminen on mahdollista käytännössä vain yhdestä materiaalista, esimerkiksi puuvillasta, valmistetuille tuotteille. Monet tekstiilituotteet ovat sekoitemateriaaleja eivätkä nyky menetelmät vielä mahdollista niiden erottelusta kierrätysprosessissa. (Mustonen & Talvenmaa 2011; Suomen tekstiili & muoti ry 2016.)



KUVIO 12. Esimerkki kuitukankaan mekaanisesta valmistusprosessista (Mustonen & Talvenmaa 2011)

Terminen kierrätys puolestaan perustuu siihen, että kierrätyskuitu sulatetaan ja uudelleen käytetään muovituotteiden raaka-aineena esimerkiksi muovilevyissä ja suojuomeissa. Termisessä prosessissa kuidun elastisuusominaisuudet heikkenevät eivätkä kuidut ole enää laadultaan riittäviä tekstiilituotteisiin. (Mustonen & Talvenmaa 2011.)

Kemiallisen prosessin avulla kuiduista voidaan valmistaa uudelleen alkuperäisen kaltaisia tekstiilituotteita. Prosessissa tekstiilijäte palautetaan alkuperäisiksi lähtöaineiksi kemiallisten reaktioiden avulla, jolloin siitä voidaan sulakehrätä uusi tekstiilikuitu. (Mustonen & Talvenmaa 2011.)

Lämpömuovattaville tekstiileille luo erityistä lisäarvoa niiden ekologisuus. Tekstiilit on valmistettu kierrätysraaka-aineista ja valmiina komponenttina ne ovat edelleen 100 % kierrätettävissä uusiomateriaaliksi. Lämpömuovattavien tekstiilikomponenttien kohdalla toteutuu nimenomaan ns. kehdestä kehtoon –ajattelu, eli idea siitä, että jo tuotetta suunniteltaessa otetaan huomioon materiaalin soveltuvuus uuden tuotteen raaka-aineeksi ympäristöä kuormittavan ja vaikeasti hyödynnettävän jätteen sijaan. Ajattelutapaa voidaan kutsua myös suljetuksi kierroksi, koska sen on tarkoitus hyödyntää lähtömateriaalia loputtomasti uudelleen. Tarkoituksena on tuottaa taloudellisia, ekologisia ja yhteiskunnallisesti kestäviä ratkaisuja, jotka ovat samaan aikaan kekseliäitä ja esteettisiä. (Worldwatch 2004.)

Uusiomateriaalin laadun mukaan prosessissa tehdään kahtiajako up- ja downcyclingiin. Upcyclingilla tarkoitetaan sellaista jätteen uusiokäyttöä, jossa kierrätysmateriaalista valmistetaan uusia, laadultaan tai ympäristöarvoltaan alkuperäisen vertaisia tai alkuperäistä parempia materiaaleja tai tuotteita. Downcyclingilla tarkoitetaan puolestaan tilannetta, jossa raaka-ainetta hyödynnetään aiempaa käyttöarvoa pienempiarvoisiin käyttötarkoituksiin. (Braungart & McDonough 2009, 109 – 112.)

## 8.2 Lämpömuovattun huonekalukomponentin kierrätysmahdollisuudet

Lämpömuovattavan tekstiilimateriaalin kierrättämiseen kokonaisena huonekalukomponenttina sisältyy useita materiaalilähtöisiä haasteita. Sen energiahyötykäyttö on yksinkertaista ja helppoa, mutta materiaalikierrätys ei ole yhtä yksinkertainen prosessi (Koivuniemi 2016b). Vaikka materiaali A ja materiaali B ovat 100 % kierrätettäviä tekstiilejä, niiden hyödyntäminen tekstiilikuituna ilman kemiallista kierrätysprosessia on Suomessa melko lailla mahdotonta. Tekstiilikierrätyksen ensisijaisena haasteena on, että kun tekstiiliä lämpömuovataan saumaksi tai muutoin jäykäksi rakenteeksi, sen kuidut sulautuvat yhteen niin kovaksi ja tiiviiksi, ettei siitä voida enää mekaanisesti erotella tekstiilikuituja.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Suomessa uusiokäytettäviä kuituja ei kyetä materiaalin ja prosessin asettamien rajoitusten takia upcyclamaan vaan ne downcyclataan käyttöarvoltaan alempiin käyttökohteisiin. Suomessa onkin lähtökohtaisesti helpompaa ja edullisempaa ajatella PET-huonekalukomponentin kierrätystä muovijätteenä, vaikka se sisältäisikin myös kuidutettua polyesteria huopana, kankaana tai neuloksena. Koska sekä polyesteritekstiilin että -muovin lähtöaine on polyeteenitereftalaatti, käyttäytyvät ne kierrätysprosessissa käytännössä samalla tavalla.

Riihimäellä toimiva Ekokemin muovijalostamo on Iskulle maantieteellisesti lähin muovia uusiokäyttävä yritys. Se valmistaa muovijätteestä CIRCO-kierrätysraaka-ainetta, -rouhetta ja -muoviprofiileja (kuva 1.) teollisuuden tarpeisiin (Ekokem 2016). Ekokem myös kerää ja välittää PET-jätettä kolmannelle osapuolelle, koska ei hyödynnä sitä itse. PET:n käsittely on ulkoistettu pääasiassa sen vaatiman korkean sulamislämmön takia, Ekokemin uusiokäyttämät polyolefiinit sulavat huomattavasti polyesteriä alhaisemmissa lämpötiloissa. (Koivuniemi 2016b.)



KUVA 1. Ekokemin CIRCO-kierrätysmuoviprofiileja (Ekokem 2016)

PET-huonekalukomponentin kierrätyksen lähtökohtana ja vaatimuksena on, että materiaali on mahdollisimman puhdasta eikä mielellään sisällä esimerkiksi G-PET:ia, jonka sulamislämpötila on 30 °C PET:ia ja PES:ia korkeampi. Jos komponentin rakenteessa on käytetty liimaa, sen tulisi degeneroitua eli hajota selkeästi alemmassa lämpötilassa kuin polyesterin. Se, kuinka jäykkä ja sitkeä rakenne on, vaikuttaa myös siihen, kuinka rakenne saadaan pienennettyä ja murskattua jatkokäsittelyä varten. (Aikolon 2016; Koivuniemi 2016a.)

Huonekalukomponentin kierrätys on Koivuniemen (2016b) mukaan teknisesti mahdollista: komponentti voidaan rakenteensa puolesta murskata lastuksi ja puhdistaa, minkä jälkeen se voidaan uusiokäyttää. Ensisijaisesti sen uusiokäyttö tulisi todennäköisesti tapahtumaan johonkin toiseen muovijakeeseen yhdistettynä, koska kierrätettävät PET-määrät olisivat melko pieniä. Kierrätysprosessin kannalta ainoa haittaava materiaalitekijä voi olla Materiaali B:n rakenne: kangaskerrostien välissä kulkeva yhdestä pitkästä filamentista koostuva kolmiulotteinen neulos voi pahimmassa tapauksessa kietoutua liikkuvien osien ympäri ja rikkoa murskauslaitteen.

## 9 YHTEENVETO

Lämpömuovattavien tekstiilimateriaalien keveys, helppo työstettävyys ja innovatiivisuus huonekaluteollisuuden alalla tarjoavat rajattomat mahdollisuudet materiaalin käytön kehittämiseen ja erilaisten huonekalukomponenttien suunnitteluun. Erityisesti huopamateriaalin etuna on, että siitä voidaan valmistaa yhtäläillä pehmytkomponentteja kuin kovia, kantavia rakenteitakin. Koska lämpömuovattava tekstiili ei vaadi suojakseen erillistä verhoilumateriaalia, mahdollistaa se kierrätystekstiilin persoonallisen ulkonäön hyödyntämisen sellaisenaan.

Uskon vahvasti, että lämpömuovattava tekstiili tulee olemaan yksi Isku Interiorin tulevaisuuden materiaaleista. Se on materiaalina erittäin monipuolinen, helposti muovattava ja soveltuu yhtäläillä pehmytkalusterakenteisiin kuin erilaisiin levymäisiin komponentteihin ja yksityiskohtiinkin. Lisäksi lämpömuovattavat tekstiilit tarjoavat tuotteille ekologisen ja akustisen lisäarvon. Edullisen raaka-ainehinnan ja nopean tuotannon läpimenoajan ansiosta se on myös taloudellisesti kannattava materiaali.

Lämpömuovattavan huovan etuna on ehdottomasti sen monikäyttöisyys sekä yhdisteltävyys erilaisiin levymäisiin materiaaleihin. Akustoivan ominaisuutensa vuoksi Materiaali A:ta voidaan yhdistää esimerkiksi kaappien takaseiniin, tuolipintoihin sekä esimerkiksi työpöytien pohjaan. Huovan kiinnittäminen onnistuu materiaalista riippuen joko pelkän lämmön tai lämmön ja kontaktiilman avulla. Huopa voi olla materiaaliyhdistelmissä käyttökohteesta riippuen niin tukeva kuin pehmustavakin elementti.

Kolmiulotteisen neuloksen mahdollisuudet puolestaan piilevät mielestäni sen ainutlaatuisessa rakenteessa, joka hengittävänä ja pintaverenkiertoa aktivoivana soveltuu erityisesti erilaisiin hoivapuolen sovelluksiin sekä toimistojen pehmustettuihin työtuoleihin. Materiaali B:a voidaan siis paitsi käsitellä osana lämpömuovattavaa huonekalukomponenttia, myös perinteisen tekstiiliteollisuuden tapaan ommellen. Tämä mahdollistaa

esimerkiksi erilaisten pintaverenkiertoa aktivoivien irtopäällisten ja istuintyyntyjen valmistuksen.

Muovauskokeilujen perusteella sekä tekstiilimateriaalien että Grada-linjaston hyödyntämismahdollisuudet vaikuttavat lupaavilta.

Tekstiilikomponenttien tuotannon haasteet keskittyvät pääasiassa materiaalille soveltuvan muottitekniikan kehittämiseen sekä ihanteellisen muovauslämpötilan ja -paineen löytämiseen halutun kovuusasteen ja pintarakenteen saavuttamiseksi. Levymäisten osien valmistus Iskun omalla tehtaalla onnistunee pelkän prosessin kehittämisen kautta, mutta kolmikerrosrakenteisten istuimien kohdalla lienee taloudellisinta harkita yhteistyömahdollisuutta esimerkiksi paikallisten muovikomponenttivalmistajien kanssa.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet:

Boncamper, I., Hämeen Ammattikorkeakoulu. 2011. Tekstiilioppi, kuitu-  
raaka-aineet. Tampere: Tammerprint Oy.

Braungart, M., McDonough W. 2009. Cradle to Cradle, re-making the way  
we make things. London: Vintage.

Chanda, M., Salil, K. 2009. Plastics fabrication and recycling. Boca Raton:  
CRC Press.

Cybulski, E. 2009. Plastic conversion processes, a concise and applied  
guide. Boca Raton: CRC Press.

ISO 139. 2005. Standard atmospheres for conditioning and testing.  
Geneve: The International Organization for Standardization

Järvinen, P., Muovifakta Oy. 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo:  
WS Bookwell Oy.

Järvinen, P., Muovifakta Oy. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell  
Oy.

Suomen Standardisoimisliitto SFS RY. 2001. SFS-käsikirja 27 – 2. 5.  
Painos. Helsinki: Kyriiri Oy.

Thompson, R. 2011. Product and furniture design (The Manufacturing  
guide). China: Toppan Leefung Printing Limited.

Wang, Z. 2011. Knitted fabric reinforced thermoplastic in thermoforming.  
Lehigh University. Degree of Master of Science in mechanical engineering  
and mechanics. Thesis.

### Elektroniset lähteet:

Aalto, K., Kuluttajatutkimuskeskus. Suomen tekstiilivirrat 2012 [viitattu  
28.1.2016]. Saatavissa:

<http://www.syke.fi/download/noname/%7B69C30C08-A133-47F0-83B2-97474EA69A66%7D/100890>.

Aikolon Yhtiöt. 2016. PETG [viitattu 11.2.2016]. Saatavissa:

<http://www.aikolon.fi/tuotteet/optiset-muovit/petg>.

Alijoki, V., Åström-Kupsanen, M. Yle, Kuningaskuluttaja. 2015. Vaatejäte roskiksen kautta savuna ilmaan [viitattu 28.1.2016]. Saatavissa:

<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/03/12/vaatejate-roskiksen-kautta-savuna-ilmaan>.

DNV GL Group. 2016. Hallinta- ja johtamisjärjestelmät, Laatu [viitattu

22.1.2016]. Saatavissa:<http://www.dnvba.com/fi/Sertifointi/Hallinta-ja-johtamisjarjestelmat/Laatu/Pages/ISO-9001.aspx>.

Ekokem. 2016. Muovix [viitattu 29.1.2016]. Saatavissa:

<http://www.muovix.fi/fi/>.

Valmistaja B. 2016.

Esser, G. 2016. Re: Materiaali B and recycling [sähköpostiviesti].

Vastaanottaja Ikonen, S. Lähetetty 22.1.2016.

Fiber Source. 2016. A short history of manufactured fibers [viitattu

27.1.2016]. Saatavissa: <http://www.fibersource.com/f-tutor/history.htm>.

Halla-aho, H. 2016b. PET-istuinkomponentti kuvat [sähköpostiviesti].

Vastaanottaja Ikonen, S. Lähetetty 10.3.2016.

Valmistaja A. 2016.

IHS. 2014. Chemical economics handbook. Polyester fibers [viitattu

27.1.2016]. Saatavissa: <https://www.ihs.com/products/polyester-fibers-chemical-economics-handbook.html>.

Isku. 2016a. Yritysesittely [viitattu 20.1.2016]. Saatavissa Iskun

Intranetissä.

Isku. 2016b. Isku investoi Lahden tehtaaseensa yli 20 miljoonaa ja uudistaa yritysilmeeensä [viitattu 9.2.2016]. Saatavissa:

<https://www.isku.fi/tyoymparistot/uutiset/view/1454998233919>.

Isku Interior Oy. 2016. Työympäristöt [viitattu 21.1.2016]. Saatavissa:

<https://www.isku.fi/tyoymparistot/1.1>.

Joutsenmerkki. 2016. Tietoa kuluttajille [viitattu 21.1.2016]. Saatavissa:

<http://joutsenmerkki.fi/joutsenmerkki/>.

Jurkko, K. Yle Uutiset, kotimaa. 2015. Uusi asetus hämmentää –mitä tapahtuu kymmenille miljoonille kiloille tekstiilijätettä? [viitattu 28.1.2016].

Saatavissa:

[http://yle.fi/uutiset/uusi\\_asetus\\_hammentaa\\_mita\\_tapahtuu\\_kymmenille\\_miljoonille\\_kiloille\\_tekstiilijatetta/7761014](http://yle.fi/uutiset/uusi_asetus_hammentaa_mita_tapahtuu_kymmenille_miljoonille_kiloille_tekstiilijatetta/7761014).

Jyväskylän Yliopisto. 2016. Laatusanastoa [viitattu 21.1.2016]. Saatavissa:

<https://www.jyu.fi/yliopistopalvelut/laatu/ohjaus/laatusanastoa>.

Kauppalehti. 2015. Tulostiedotteet. Isku Interior Oy:n tulos ja liikevaihto vahvassa kasvussa [viitattu 21.1.2016]. Saatavissa:

<http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/tulostiedote/tiedote.jsp?selected=kaikki&oid=20150801/14400838034340>.

Koester, L. 2003. Thermoforming & die cutting of recycled/virgin PET sheet [viitattu 2.2.1016]. Saatavissa:

[http://www.burchamintl.com/papers/petpapers/34\\_gpec03.pdf](http://www.burchamintl.com/papers/petpapers/34_gpec03.pdf).

Koivuniemi, M. 2016a. Re: Lämpömuovatus PET-materiaalin kierrättäminen [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Ikonen, S. Lähetetty 19.1.2016.

Maahantuojaja. 2016. Materiaali B.

Mustonen, M., Talvenmaa, P. Tampereen teknillinen yliopisto. 2011.

Tekstiilien kierrätys ja hyötykäyttö – mahdolliset teknologiat [viitattu 28.1.2016]. Saatavissa:

<http://www.poistotekstiilit.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/TTY%20t%20ekstiilikierro%20-%20A4tysesitys%2022112011.pdf>.

Niiranen, J. 2012. Tekokuitujen ominaisuudet ja tunnistus.

Poikkileikkausmenetelmä ja ATR-tekniikka. Vantaa: Metropolia ammattikorkeakoulu, Laboratorioala [viitattu 20.1.2016]. AMK-opinnäytetyö.

Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/50342/tekokuit.pdf?sequence=1>.

PHJ, Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. 2016. Orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto [viitattu 28.1.2016]. Saatavissa:

<http://www.phj.fi/yritykset/orgaanisen-jatteen-kaatopaikkakielto>.

Science Partner Technical Institute of Sweden. Reaction to fire of construction products [viitattu 20.1.2016]. Saatavissa:

[http://www.sp.se/en/index/services/firetest\\_building/firetest\\_building/FMVSS302/Sidor/default.aspx](http://www.sp.se/en/index/services/firetest_building/firetest_building/FMVSS302/Sidor/default.aspx).

Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. 2016. Standardi tutuksi [viitattu 21.1.2016]. Saatavissa:

[http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi).

Suomen tekstiili & muoti ry. 2016. Tekstiilien kierrätys ja hyötykäyttö [viitattu 10.2.2016]. Saatavissa:

<http://www.stjm.fi/toimiala/vastuullisuus/tekstiilien-kierratys-ja-hyotykytto.html#.Vrr8EE1f2Uk>.

Tervonen, A. 2016. Re: Matti ja Logo [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Ikonen, S. Lähetetty 7.3.2016.

Textile world. 2015. Man-made fibers continue to grow [viitattu 21.1.2016].

Saatavissa: <http://www.textileworld.com/textile-world/fiber-world/2015/02/man-made-fibers-continue-to-grow/>.

TPI Custom Solutions. 2013. Thermoforming [viitattu 25.1.2016].

Saatavissa: [http://www.tpicustomsolutions.com/cap\\_thermo.html](http://www.tpicustomsolutions.com/cap_thermo.html).

Turvallisuus- ja kemikaavirasto. 2015. CE-merkintä [viitattu 21.1.2016].  
Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/toimialat/kuluttajaturvallisuus/ce-merkki/>.

TUT, Tampereen teknillinen yliopisto. 2010. Muovit vaatetustekniikassa [viitattu 27.1.2016]. Saatavissa:  
<https://www.tut.fi/ms/muo/polyko/materiaalit/LAMK/pruju.pdf>.

TUT, Tampereen teknillinen yliopisto. 2011. Tekstiilien kulutuskoelaitteistot [viitattu 27.1.2016]. Saatavissa: <http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistosta/laitokset/materiaalioppi/tutkimus/tutkimuslaitteet/kulumistestaus/tekstiilien-kulutuskoelaitteistot/index.htm>.

UPM Grada 2000. 2014. Product info [viitattu 20.1.2016]. Saatavissa:  
[http://www.upmgrada.com/userData/upmgrada/pdf/UPM\\_Grada2000\\_FI\\_082014\\_LR.pdf](http://www.upmgrada.com/userData/upmgrada/pdf/UPM_Grada2000_FI_082014_LR.pdf).

VNa 331/2013. 2013. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista [viitattu 3.2.2016]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>.

Volar Plastic Oy. 2016. Kylmä- ja kuumapuristusmenetelmät [viitattu 23.2.2016]. Saatavissa:  
<http://www.volarplastic.fi/index.php?cpage=tuotantomenetelmat&sub=kuumapuristus>.

Worldwatch. 2004. Braungart, M., McDonough, W. The Cradle-to-Cradle Alternative [viitattu 7.3.2016]. Saatavissa:  
<http://bibvir2.uqac.ca/archivage/17833301.pdf>.

Öko-tex. 2016. Certification [viitattu 22.1.2016]. Saatavissa:  
<https://www.oeko-tex.com/en/manufacturers/certification/certification.html>.

Suulliset lähteet:

Edin, A. 2016a. Markkinointipäällikkö. Valmistaja A. Haastattelu 29.1.2016.

Edin, A. 2016b. Markkinointipäällikkö. Valmistaja A. Luento 10.3.2016.

Halla-aho, H. 2016a. Muotoilija. Isku Interior Oy. Haastattelu 15.2.2016.

Koivuniemi, M. 2016b. Tuotantopäällikkö. Ekokem. Haastattelu 17.2.2016.

Laine, T. 2016. Ostaja. Isku Teollisuus. Haastattelu 24.2.2016.

Lindroos, T. 2016. Prosessi- ja kehitysinsinööri. Isku Interior Oy.  
Haastattelu 15.2.2016.

Uimonen, J. 2016. Tuotantopäällikkö. Volar Plastic. Haastattelu 23.2.2016.

Viljaniemi, J. 2016. Tuotteistuspäällikkö. Iskun Interior Oy. Haastattelu  
11.2.2016.

Muut lähteet:

Valmistaja B. 2013. Materiaali B product information. Esite.

## LIITTEET

Toimeksiantajan pyynnöstä opinnäytetyön liitteet ovat salaisia eikä niitä ole liitetty julkiseen versioon.