LANGAN KEHRUUMENETELMÄN VAIKUTUS NEULOKSEN OMINAISUUKSIIN

Kati Lehtonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Tekstiilitekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Tekstiilitekniikka

LEHTONEN, KATI:
Langan kehruumenetelmän vaikutus neuloksen ominaisuuksiin

Opinnäytetyö 87 sivua, joista liitteitä 36 sivua
Huhtikuu 2015

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia langan kehruumenetelmiä ja niiden vaikutuksia neuloksen ominaisuuksiin. Työssä testattiin ja vertailtiin neuloksia, joiden valmistukseen käytetyt langat oli kehrätty eri menetelmillä. Testattavat neulokset olivat työn teettäjän Orneule Oy:n valmistamia.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa on esitelty luonnonkuitu- ja tekokuitulankojen yleisimmät valmistusprosessit. Lisäksi on selvitetty, millaisia vaikutuksia eri kehruumenetelmillä on langan ja valmiin tekstiilin ominaisuuksiin. Työssä on myös kuvattu neuloksille tehdyt testaukset ja niiden tuloksiin vaikuttavat sellaiset asiat kuin kuidun ja langan ominaisuudet.

Kokeellisessa osuudessa testattiin kymmentä vaatetuskäyttöön tarkoitettua neulosta ja kahta sairaalan potilasvaatetukseen tarkoitettua neulosta. Neuloksista selvitettiin hankauksenkesto, nyppyyntyminen ja mittapysyvyys. Testaukset tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratoriossa standardien mukaisesti.

Testattujen neulosten tuloksia verrattiin verrokkineuloksiin, jotka poikkesivat toisistaan vain kehruumenetelmän osalta. Lisäksi selvitettiin, kuinka hyvin tulokset vastasivat Euroopan tekstiili- ja vaatetusorganisaatio Euratexin määrittelemiä laatusuosituksia.

Tulosten perusteella kehruumenetelmällä on vaikutusta testattuihin ominaisuuksiin, varsinkin hankauksenkestoon ja nyppyyntymiseen. Tulokset vastaavat myös hyvin kirjallisuudesta saatuja tietoja kehruumenetelmien vaikutuksista.

Opinnäytetyön tarkat testaustulokset ja liitteet ovat luottamuksellisia, joten ne on poistettu julkisesta versiosta.

Asiasanat: kehruu, langan valmistus, kehruumenetelmät, katkokuitulangat, filamentit

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Textile Technology

LEHTONEN, KATI:
The Effect of Yarn Spinning Method on the Qualities of Knitted Fabrics

Bachelor's thesis 87 pages, appendices 36 pages
April 2015

The purpose of this thesis was to explore different yarn spinning methods and their effects on the qualities of knitted fabrics. The tested materials were compared with the same, differently spun raw material. The subject was given and the test materials provided by the manufacturer Orneule Oy.

The theoretical part consists of the most common principles of yarn making from natural and synthetic fibers. It also explores how different yarn spinning methods affect the qualities of yarn and knits.

In the empirical part of the thesis ten materials for clothing and two materials for patient clothing were tested. Tests included abrasion, pilling and dimensional stability in washing. All materials were tested by the standards in the textile laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The test results were compared with each other and the quality recommendations of European Textile and Apparel Organization Euratex.

The test results show that the spinning method has an effect on the tested qualities. The results also correspond quite well with the information gathered from literature.

The precise test results and appendices of this thesis are classified and therefore not published.

Key words: spinning, yarn making, spinning methods, staple fiber yarns, filament yarns

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 6
2 ORNEULE JA NEULOKSET 7
3 KUIDUN, LANGAN JA KIERTEEN MÄÄRITTELY 8
3.1 Tekstiilikuidut 8
3.1.1 Kuituhienous 8
3.1.2 Kuitupituus 9
3.1.3 Kuitulujuus 9
3.1.4 Muut kuidun ominaisuudet 9
3.2 Lankojen luokittelu 10
3.2.1 Kehrätyt langat 10
3.2.2 Filamenttilangat 11
3.3 Kierre 11
4 LANGAN VALMISTUS 13
4.1 Kehruumenetelmät 13
4.1.1 Rengaskehruu 14
4.1.2 Kompaktikehruu 16
4.1.3 Open-end-roottorikehruu 16
4.1.4 Open-end-kitkakehruu 18
4.1.5 Ilmakehruu 18
4.1.6 Vortex-kehruu 19
4.1.7 Muut 20
4.2 Filamenttilangan valmistus 21
4.2.1 Sulakehruu 21
4.2.2 Kuivakehruu 22
4.2.3 Märkäkehruu 23
5 KEHRUUMENETELMIEN VERTAILU 25
5.1 Tuotantotekijät 25
5.2 Langan ominaisuudet 26
5.3 Valmiin tekstiilin ominaisuudet 30
5.4 Langan käyttömahdollisuudet 31
6 NEULOSTEN TESTAAMINEN 33
6.1 Nyppyyntyminen 33
6.2 Hankauksenkesto 34
6.3 Mittapysyvyys 36
6.4 Neulosten laatusuositukset 37
7 TESTATTAVAT MATERIAALIT 39

7.1 Laadut 2007, 2720 A ja 2720 B 39
7.2 Laadut 2704 ja 2963 40
7.3 Laadut 2817 ja 9689 40
7.4 Laadut 2662, 2980 A ja 2980 B 41
7.5 Laadut 2978 ja 3531 42
8 POHDINTA 43
LÄHTEET 44

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on tutkia langan kehruumenetelmän vaikutusta neuloksen ominaisuuksiin. Tarkoituksena on selvittää, kuinka langan kehruumenetelmä vaikuttaa esimerkiksi hankauksenkestoon ja nyppyyntymiseen. Työn tilaaja on neuloksia valmistava Orneule Oy. Testattavien neulosten käyttötarkoitukset ovat vaatetus- ja sairaalatekstiilit. Verrattavissa neuloksissa on sama sidos ja materiaali, mutta lanka on kehrätty eri tavalla.

Teoriaosuudessa selvitetään langan ominaisuuksia ja kehruumenetelmiä. Langan ominaisuuksiin vaikuttavat valmistustavan lisäksi kuidun ominaisuudet. Yleisimmät langan kehruutavat esitellään ja niiden vaikutuksia langan ja tekstiilien ominaisuuksiin verrataan keskenään. Testattavat materiaalit ja niille tehdyt testaukset esitellään. Lisäksi selvitetään, miten kuidun, langan ja materiaalin ominaisuudet vaikuttavat testaustuloksiin.

Testausosiossa verrataan neulosten mittamuutos-, nyppyyntymis- ja hankauksenkestoarvoja verrokkimateriaalien kesken. Selvitetään myös, vastaavatko testaustulokset Euroopan tekstiili- ja vaatetusorganisaatio Euratexin laatusuosituksia niiden käyttötarkoitusten osalta. Lisäksi selvitetään kuinka hyvin testaustulokset vastaavat teoriaosuudessa saatuja tietoja kehruumenetelmien vaikutuksista.

2 ORNEULE JA NEULOKSET

Orneule Oy on perustettu vuonna 1978 Orivedellä. Yritys valmistaa neuloksia ja on Suomen suurin metrineulosten valmistaja. Myynnistä noin 10 % menee vientiin Venäjälle, Baltiaan, Ruotsiin ja Saksaan. Orneule valmistaa pääasiassa raakaneulosta, jonka värjäyksestä ja viimeistyksistä vastaavat alihankkijat. Orneule Oy:n tuotteet valmistetaan ja viimeistellään Suomessa. (Orneule 2015d)

Orneule valmistaa neulokset asiakkaiden tarpeiden mukaan. Varastolaaduista löytyy yleisimpiä neuloslaatuja, kuten singleä ja collegea. Lisäksi Orneuleella tehdään neuloksia työ- ja urheiluvaatetukseen, alusvaatteisiin ja lastenvaatteisiin. Yritys valmistaa myös erikoisneuloksia muun muassa kaiuttimiin, kengänvuoriin, patjanpäällisiin sekä palosuojattuihin väli- ja alusasuihin. (Orneule 2015c)

Orneuleen neuloksiin käytettyjä materiaaleja ovat muun muassa puuvilla, viskoosi, bambu, lyocell, villa ja monet synteettiset kuidut. Yleisimpien kuituraaka-aineiden lisäksi voidaan neuloksissa hyödyntää erikoiskuituja, kuten paloturvallisia Nomex®- ja Trevira CS® -kuituja, lämpöä eristävää THERMOLITE®-kuitua sekä kosteutta siirtävää COOLMAX®-kuitua. (Orneule 2015b)

Orneule kiinnittää tuotannossaan huomiota ekologisuuteen. Valmistukseen käytetyt langat ovat Öko-Tex 100 -standardoituja ja valikoimista löytyy ympäristöystävällisiä materiaaleja, kuten bio-orgaanisesti viljeltyä puuvillaa ja lyocell-kuitua. Orneule pyrkii valmistamaan laadukkaita ja pitkäikäisiä neuloksia. (Orneule 2015a)

3 KUIDUN, LANGAN JA KIERTEEN MÄÄRITTELY

3.1 Tekstiilikuidut

Tekstiilikuidulta vaaditaan määrättyjä ominaisuuksia. Kuidun kehruu langaksi on mahdollista, kun kuidut voivat kiertyä toistensa ympäri ja kuitua voidaan venyttää. Kuitupituuden ja -paksuuden välisen suhteen täytyy olla vähintään 1000:1. Kehrättävän kuidun vähimmäispituuden on oltava 10 mm. Tekstiilikuiduilta vaaditaan lisäksi lujuutta, joustavuutta ja kimmoisuutta. (Boncamper 2011, 27.)

Kuidut jaetaan luonnonkuituihin ja tekokuituihin. Luonnonkuidut saadaan luonnosta ja niistä valmistetaan kehräämällä lankaa. Tekokuidut valmistetaan tekstiilikuiduksi erilaisilla kemiallisilla ja fysikaalisilla prosesseilla. (Boncamper 2011, 11.)

Langan kehruun kustannuksista yli puolet koostuu raaka-aineesta. Kuidun ominaisuuksilla on siis suuri merkitys raaka-aineen valinnassa. Tärkeimmät vaikuttavat ominaisuudet kehruun kannalta ovat kuidun hienous, pituus ja lujuus. Lisäksi kuidun venyvyydellä ja puhtaudella on merkitystä kuidun kehrättävyyteen. (Klein 2014a, 13.)

3.1.1 Kuituhienous

Kuituhienous ilmaisee kuidun painon suhteen kuitupituuteen. Hienous voidaan ilmoittaa esimerkiksi tex-, dtex- tai Micronaire-arvolla riippuen raaka-aineesta. Kuituja on oltava poikkileikkauksessa vähintään 30, mutta yleensä niitä on yli sata, mikä on lähellä vähimmäisrajaa melkein kaikissa uusimmissa kehruumenetelmissä. Hienous vaikuttaa kehruutavan valintaan, langan lujuuteen ja tasaisuuteen. Tuottavuuteen hienous vaikuttaa langan murtumisasteen kautta. (Klein 2014a, 13.)

Kuidun halkaisijan kasvaessa myös kuidun jäykkyys lisääntyy. Jäykkyys vaikuttaa kuidun kehrättävyyteen ja valmiin tekstiilin ominaisuuksiin, kuten laskeutuvuuteen, tuntuun ja pehmeyteen. Mitä hienompaa kuitu on, sitä hienompaa lankaa siitä saadaan valmistettua. (Kozlowski 2012, 353.)

3.1.2 Kuitupituus

Kuitupituus vaikuttaa kehruutavan valintaan, langan tasaisuuteen ja karvaisuuteen. Langan valmistuksessa kuidun pituudella on merkitystä varsinkin karstauksessa ja hahtuvan venytyksessä. Pituudella on vaikutus kehrätyn langan hienouteen, lujuuteen ja venymiseen. Pituus vaikuttaa myös valmiin tuotteen tuntuun ja kiiltoon (Fourne 1999, 743; Klein 2014a, 14.)

Langan tuotannossa kuitupituus vaikuttaa murtumiseen, hävikin määrään, kierremäärään ja kehruuolosuhteisiin. Tärkeintä on kuidun pituus karstauksen jälkeen, koska kuidut eivät saa lyhentyä liikaa, jotta kehruu langaksi onnistuu. (Klein 2014a, 14.)

3.1.3 Kuitulujuus

Kuitulujuudella on usein suurin vaikutus raaka-aineen valinnassa. Tekstiilikuidun lujuuden tulee olla keskimäärin 6 cN/tex, mutta kierteiden vaikutuksesta lujuudeksi riittää vähintään 3 cN/tex. Kuitulujuus on riippuvainen kosteudesta. Esimerkiksi puuvillan ja pellavan lujuus kasvaa märkänä, mutta polyamidin, viskoosin ja villan lujuus heikentyy. (Klein 2014a, 17.) Luonnonkuitujen lujuutta saadaan lisättyä valmistamalla sekoitteita tekokuitujen, kuten polyesterin kanssa (Reijonen 1993, 19).

3.1.4 Muut kuidun ominaisuudet

Kuidun venyvyys ja jäykkyys vaikuttavat kehrättävyyteen. Kuitu voi venyä pysyvästi, jolloin se ei palaudu alkuperäiseen pituuteensa. Elastinen kuitu palautuu mittaansa venymisen jälkeen. Murtovenymä kuvaa kuidun katkeamista venymisen seurauksena. Venymä ilmoitetaan prosentteina lähtöpituudesta. (Klein 2014a, 18.)

Kuidun jäykkyys vaikuttaa varsinkin langan valmistuksen pyörivissä, kierteen muodostavissa vaiheissa. Liian jäykkä kuitu ei sitoudu kunnolla, tekee langan karvaiseksi tai se saattaa jopa irrota. Jäykkyys riippuu kuituaineesta sekä kuitupituuden ja -hienouden suhteesta. (Klein 2014a, 18.)

Kuidun puhtauteen vaikuttavat epäpuhtauksien, neppien ja pölyn määrä. Epäpuhtauksia ovat muun muassa kasviperäiset jäämät, hiekka, rasva, öljy ja terva. Epäpuhtaudet aiheuttavat ongelmia tuotannossa varsinkin karstauksessa ja venytyksessä. Pöly vaikuttaa useisiin tekijöihin tuotannossa, sekä langan epätasaisuuteen ja katkeiluun. (Klein 2014a, 19–20.)

3.2 Lankojen luokittelu

Lanka voidaan määritellä pitkäksi kuitusäikeeksi. Se voi koostua joko kierretyistä kuiduista tai jatkuvista, rinnakkain asettuneista filamenteista. Rakenteeltaan lanka voi olla yksinkertainen, kerrattu tai kertokerrattu. (Mogahzy 2009, 240–241.) Yleensä langat jaetaan kehrättyihin lankoihin ja filamenttilankoihin, joiden valmistusmenetelmiä hyödyntämällä tehdään myös yhdiste- ja tehostelankoja (Hatch 1993, 263).

Langan valmistusmenetelmä määräytyy käytetyn raaka-aineen mukaan. Synteettisistä kuiduista saadaan muodostettua yhtenäistä filamenttilankaa, kun taas luonnonkuiduista kehrätään lankaa. Silkki on ainoa luonnonkuitu, josta saadaan filamenttilankaa suoraan silkkiperhosen kotelosta kelaamalla. Sen sijaan tekokuiduista voidaan tehdä myös katkokuitulankaa katkomalla kuitu haluttuun mittaan. (Talvenmaa 2002, 35.)

Langan ominaisuudet riippuvat yhtä paljon käytetyn raaka-aineen ominaisuuksista kuin langan rakenteesta. Vaikuttavia rakenteellisia tekijöitä ovat muun muassa kuitujen määrä langan poikkileikkauksessa, kuitujen asettuminen ja sitoutuminen langassa sekä langan kierre. (Klein 2014a, 49.)

3.2.1 Kehrätyt langat

Kehrätyt langat valmistetaan luonnonkuiduista tai katkotuista tekokuiduista tai niiden sekoitteista. Kuidut vaativat usean käsittelyvaiheen ennen varsinaista kehruuta, mukaan lukien sekoituksen, puhdistuksen, avauksen ja venytyksen. Kehruussa kuiduista muodostetaan lankaa kierteen tai valekierteen avulla. (Iyer, Mammel & Schäch 1995, 195; Mogahzy 2009, 241.)

Kuidun valmistelun perusteella langat voidaan jakaa puuvillatyyppisiin kampa- ja karstalankoihin sekä villatyyppisiin kampa- ja karstalankoihin (Mogahzy 2009, 243). Puuvillatyyppisiä kampa- ja karstalankoja valmistetaan puuvillan lisäksi selluloosakuiduista, kuten viskoosista, modaalista ja lyocellista. Sekoitteena puuvillan kanssa voidaan käyttää esimerkiksi polyesteriä ja pellavaa. Villatyyppisiä lankoja valmistetaan villan lisäksi sekoitteena usein polyesterin ja polyakryylin kanssa, joita voidaan käyttää myös yksinään langan valmistukseen. Kehruumenetelmän perusteella langat voidaan jakaa rengas-, open-end- ja ilmakehrättyihin lankoihin. (Reijonen 1993, 18; Iyer ym. 1995, 196–197.)

3.2.2 Filamenttilangat

Filamenttilanka tehdään yhdestä tai useammasta jatkuvasta filamenttisäikeestä. Langassa jokainen filamentti on samanpituinen kuin varsinainen lanka. Yksisäikeiset filamentit ovat monofilamenttilankoja ja useampisäikeiset multifilamenttilankoja. Vaatetuskäyttöön tarkoitetut multifilamenttilangat voivat sisältää vain kaksi tai kolme säiettä tai jopa 50 säiettä. (Horrocks & Anand 2000, 55.)

Filamentin muodosta riippuen lanka on joko litteä tai kuohkea. Litteässä langassa filamentit asettuvat suoraan ja rinnakkain langan akselin suuntaisesti. Langan pinta on usein sileä. Kuohkeissa langoissa filamentit ovat joko kiharrettuja tai ne on sotkettu keskenään. Kuohkea lanka valmistetaan yleensä teksturoimalla filamentin pintaa kihartamalla tai muodostamalla siihen kieppejä tai lenkkejä. Litteitä lankoja voidaan teksturoida huokoisuuden, pehmeyden ja joustavuuden saavuttamiseksi. (Horrocks & Anand 2000, 55–56.)

3.3 Kierre

Kierteen tarkoitus on sitoa yksittäiset kuidut kiinni toisiinsa, jotta voidaan muodostaa jatkuvaa lankaa. Kierremäärä kertoo, kuinka monta kertaa lanka kiertyy akselinsa ympäri tuuman, metrin tai senttimetrin matkalla. Kierremäärä langassa voi olla mitätön, alhainen, kohtuullinen tai korkea. (Hatch 1993, 287.)

Kehrätyillä langoilla on yleensä kohtuullinen kierremäärä, noin 50–65 kierrettä/cm. Sen sijaan esimerkiksi multifilamenttilankojen kierremäärä on usein mitätön, vain 1–10 kierrettä/cm. Filamentteja ei tarvitse kiertää, koska lanka on jo valmiiksi jatkuvaa. Kiharrettuihin filamentti- ja kehruulankoihin voidaan käyttää korkeaa kierremäärää, 100–200 kierrettä/cm. Alhaista kierremäärää, 15–30 kierrettä/cm käytetään yleensä katkokuiduista valmistettuihin neulelankoihin. (Hatch 1993, 287.)

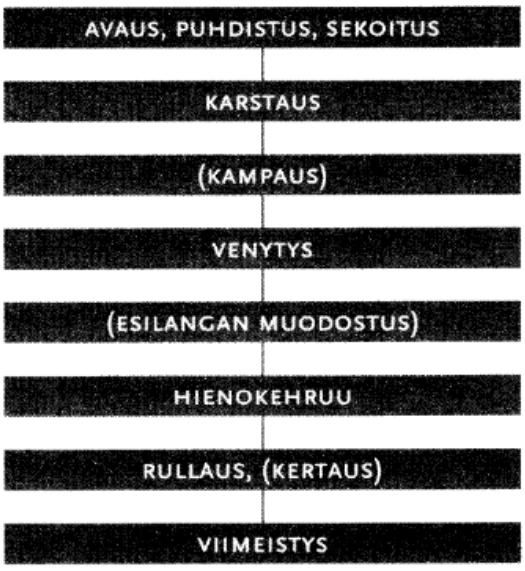
Kierre muodostetaan lankaan kehruussa esimerkiksi värttinän, roottorin tai rullien avulla. Langassa voi olla Z- tai S-kierre, riippuen langan kiertämissuunnasta. Kehrätyn langan lujuutta voidaan lisätä nostamalla kierremäärää. Lanka voi olla myös valekierrettyä, jolloin kehruuprosessissa kierteen suunta vaihtuu ja ikään kuin avaa kuituihin aiemmin muodostuneen kierteen. Kierre muodostuu silloin vain osittain langan ytimeen tai pintaan, ei koko lankarakenteeseen. (Klein 2014a, 53, 56.)

4 LANGAN VALMISTUS

Langan valmistus voidaan jakaa kehrätyn langan ja tekokuituisen filamenttilangan valmistamiseen. Opinnäytetyössä keskitytään puuvillatyyppisten lankojen yleisimpiin ja testattavien materiaalien kannalta olennaisiin kehruumenetelmiin. Menetelmät jaettiin ennen alkuperäisen raaka-aineen, kuten puuvillan ja villan mukaan, koska luonnonkuidut vaativat erilaisen käsittelyn ennen varsinaista kehruuta. Nykyisin kehruumenetelmien jaottelu raaka-aineen mukaan ei ole tarpeen, koska eri menetelmiä käytetään myös tekokuitulankojen valmistuksessa.

4.1 Kehruumenetelmät

Kuitujen kehruuperiaate on pysynyt samana alusta asti. Ensin kuidut karstataan hahtuvaksi, jota venytetään ja johon muodostetaan haluttu kierre. Kuvassa 1 on esitetty langan kehruun vaiheet. Kampaus, esilangan valmistus ja kertaus koskevat vain osaa kehruumenetelmistä. (Talvenmaa 2002, 36.) Käsittelyvaiheet ovat hieman erilaisia eri kuiduilla ja käsittelyihin käytetyt koneet poikkeavat toisistaan. Esimerkiksi villa- ja puuvillakuitujen rakenne on hyvin erilainen. Villa vaatii useampia karstaus- ja kampausvaiheita, jotta se voidaan kehrätä langaksi.



KUVA 1. Langan kehruun vaiheet (Talvenmaa 2002, 36)

Avausvaiheessa kuidut avataan ja puhdistetaan. Kuitupaaleista syötetään avauskoneille nypittyä kuitua, joka kulkeutuu ilmavirran mukana eri vaiheiden läpi. Avauksen ja puhdistuksen tarkoituksena on erottaa tiiviiksi puristetut kuidut toisistaan ja sekoittaa eri paalien kuidut keskenään. Lisäksi kuiduista poistetaan mahdolliset epäpuhtaudet. Puhdistus on nopeampaa, jos kuitumateriaali on pitkää ja hienoa. (Markula 2001, 142.)

Puhdistuksen jälkeen kuidut karstataan. Kuidut syötetään karstauskoneeseen, jossa ne kulkeutuvat piikkivalssien ja levyjen välistä. Kuidut erottuvat yksittäisiksi ja suoristuvat. Karstaus poistaa avauksesta jäljelle jääneet epäpuhtaudet sekä liian lyhyet kuidut. Karstauksen ansiosta kuiduista muodostuu hahtuvaa. (Markula 2001, 142.)

Kampalankaa valmistettaessa kuidut esivenytetään. Hahtuvasta tehdään tasainen ja kuidut pyritään saamaan mahdollisimman yhdensuuntaisiksi. Kampauksen tarkoitus on poistaa hahtuvasta liian lyhyet kuidut ja loput epäpuhtaudet. (Markula 2001, 142). Kampaus vaikuttaa myös langan tasaisuuteen ja lujuuteen. Valmiin tekstiilin ominaisuuksista kampaus vaikuttaa muun muassa sileyteen, ulkonäköön ja tuntuun. (Klein 2014b, 11.)

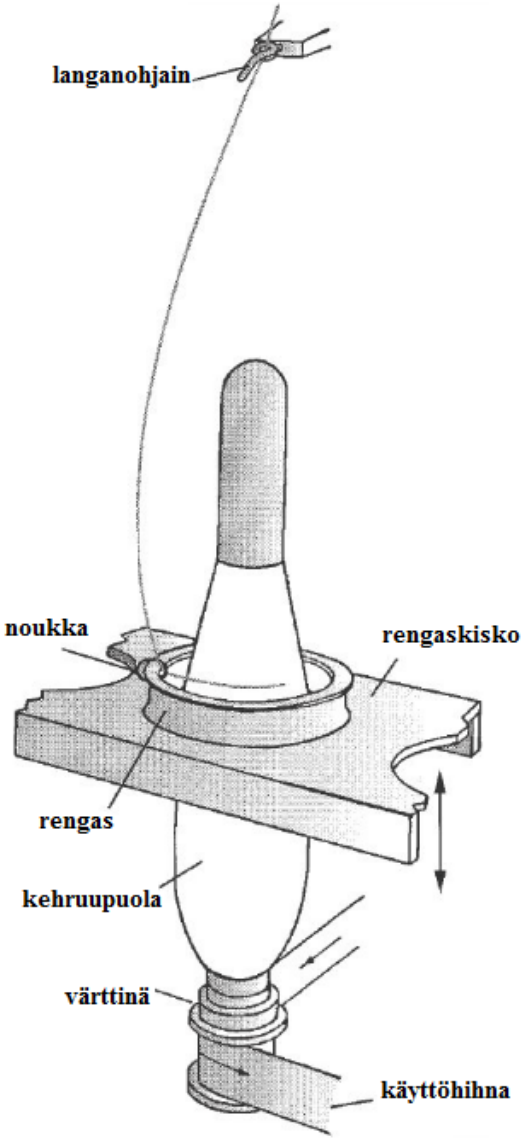
Venytyksellä hahtuvasta pyritään saamaan mahdollisimman tasaista kuitunauhaa. Venytys suoristaa kuituja, mikä saa ne asettumaan helpommin rinnakkain. Sekoitelankoja valmistettaessa voidaan venytysvaiheessa yhdistää kuidut syöttämällä hahtuvat yhdessä venytyskoneeseen. Venytyskoneesta tulevasta hahtuvasta voidaan jo kehrätä lankaa, mikä on uusimmilla kehruumenetelmillä seuraava vaihe. Rengaskehruukoneet eivät kuitenkaan pysty käsittelemään hahtuvaa suoraan, vaan siitä täytyy ensin valmistaa esilankaa. Hahtuvaan muodostetaan ensin kierre, joka pitää kuidut kasassa, jotta varsinainen kehruu voidaan aloittaa. (Klein 2014b, 44, 57.)

4.1.1 Rengaskehruu

Rengaskehruu kehitettiin Yhdysvalloissa vuonna 1828 ja se on vanhin käytössä olevista kehruumenetelmistä. Menetelmä on kehittynyt ja tuottavuus kasvanut huomattavasti vuosien aikana, mutta kehruun periaate on pysynyt samana alusta lähtien. Menetelmä tunnetaan myös klassisena ja perinteisenä kehruutapana. Rengaskehruu kehitettiin alun

perin puuvillan kehruuta varten, mutta nykyisin sitä käytetään kaikkien kuitujen kehräämiseen. (Iyer ym. 1995, 195; Klein & Stalder 2014, 11.)

Rengaskehruu muodostuu esikehruusta, rengaskehruusta ja puolauksesta. Venytyskoneesta saatava hahtuva esivenytetään siipikehruukoneessa, missä hahtuvaan muodostuu lievä kierre. Venytyksen jälkeen hahtuva kulkeutuu siipivarrelle ja ohjautuu puolalle. Hahtuvaan muodostuu yksi kierre jokaista siiven kierrosta kohden. Siiven pyörimisnopeus on korkeintaan n. 1300 – 1500 kierrosta minuutissa riippuen hahtuvan syöttönopeudesta. Esikehruuta hidastaa puolien vaihto, koska siipivarret täytyy irrottaa. Kone täytyy myös pysäyttää kokonaan, jos hahtuva katkeaa. Esikehrätty lanka siirretään kehiötelineeseen, josta se syötetään rengaskehruukoneeseen, jonka toiminta on esitetty kuvassa 2. (Wulfhorst, Gries & Veit 2006, 89, 91.)

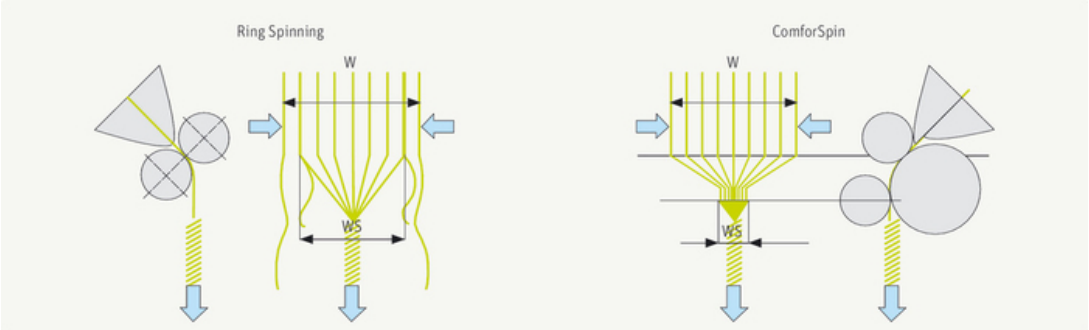


KUVA 2. Rengaskehruun toimintaperiaate (Horrocks & Anand, 2000 44, muokattu)

Esilanka kulkeutuu venytyskentän läpi ja ohjautuu puolalle, jota värttinä pyörittää kierteen muodostamiseksi. Lanka kiertyy kerran jokaista renkaan ympäri kulkevaa noukan kierrosta kohden. Kierteiden määrää voidaan säätää muuttamalla kehruupuolan kierrosnopeutta ja langan syöttönopeutta. (Iyer ym. 1995, 198; Wulfhorst ym. 2006 91.)

4.1.2 Kompaktikehruu

Vuonna 1999 esitelty kompaktikehruu on hieman muutettu versio rengaskehruusta ja se kehitettiin korjaamaan rengaskehrätyn langan heikkouksia. Perinteisessä rengaskehruussa kuitujen sijoittuminen saattaa välillä olla heikkoa ja pinta voi jäädä karvaiseksi, mikä heikentää langan lujuutta. Kehruukolmio (kuva 3) ei saa kerättyä kaikkia sisään syötettyjä kuituja, jolloin jälkeen jääneet kuidut joko katoavat tai kiinnittyvät huonosti. (Alagirusamy & Das 2010, 57, 128.)



KUVA 3. Kehruukolmio rengaskehruussa ja Rieterin ComforSpin-kompaktikehruussa (Klein & Stalder 2014, 57)

Kompaktikehruussa kehruukolmio pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi. Kuidut tiivistetään reikätelan ja imun avulla, jotta kaikki kuidut kulkeutuvat kolmion läpi ja asettuvat lankarakenteeseen. Kuvassa 3 näkyy vasemmalla rengaskehruun ja oikealla konevalmistaja Rieterin kehittämän kompaktikehruun kehruukolmioiden ero. (Wulfhorst ym. 2006, 92; Klein & Stalder 2014, 57.)

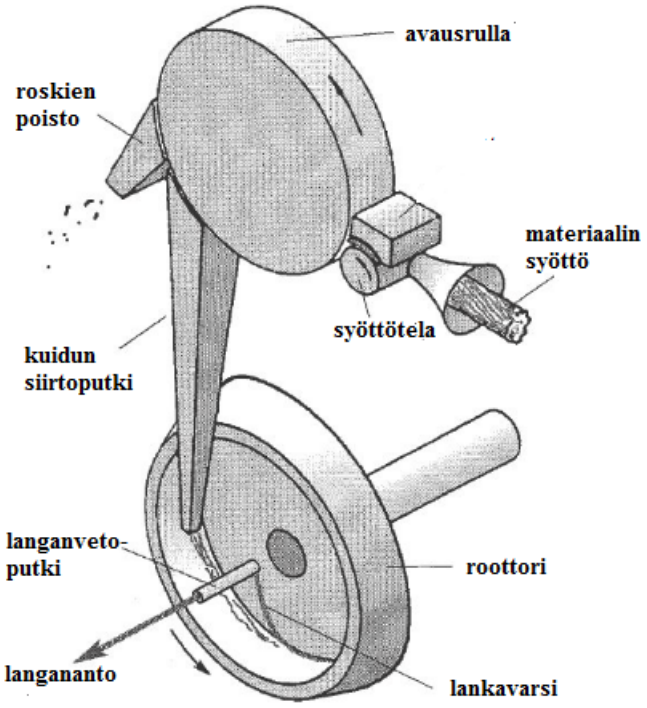
4.1.3 Open-end-roottorikehruu

Open-end- eli irtopääkehruu aloitetaan esilangan sijaan suoraan venytyskoneesta saatavasta hahtuvasta. Hahtuva erotetaan yksittäisiksi kuiduiksi ennen varsinaista kehruuta.

Open-end-kehruun johdannaisia ovat muun muassa roottori- ja kitkakehruu. (Iyer ym. 1995, 200.)

Roottorikehruu esiteltiin vuonna 1967 vaihtoehtona rengaskehruulle. Rengaskehruussa kierteen muodostus on riippuvainen lankakehiön pyörimisnopeudesta. Roottorikehruussa kierteen muodostus ja kehiminen on erotettu, jolloin ainoastaan langanpäiden tarvitsee pyöriä kierteen muodostamiseksi. Menetelmä mahdollistaa erittäin nopean kierteen muodostuksen rengaskehruuseen verrattuna. (Horrocks & Anand 2000, 46.)

Roottorikehruuseen voidaan käyttää karstattua, venytettyä tai kammattua hahtuvaa. Venytyskoneesta tulevan hahtuvan kuidut syötetään telojen välistä avausosioon, jossa kuidut erotetaan toisistaan avausrullan avulla. Erotettu aines kulkeutuu ilmavirran mukana kuitukanavaan, josta se ohjautuu roottoriin. (Wulfhorst ym. 2006, 93.) Roottorikehruun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 4.

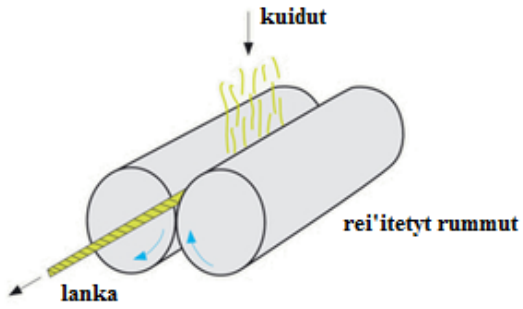


KUVA 4. Roottorikehruun toimintaperiaate (Horrocks & Anand 2000, 46, muokattu)

Pyörivässä roottorissa kuidut asettuvat keskipakoisvoiman ja lankavarren ansiosta roottorin seinämään muodostaen renkaan roottorin uraan. Lankavarsi pyörii yhdessä roottorin kanssa ja muodostaa joka kierroksella yhden kierteen lankaan. Valmis lanka vedetään putken kautta ulos roottorista puolattavaksi. (Horrocks & Anand 2000, 47.

4.1.4 Open-end-kitkakehruu

Kitkakehruu kehitettiin 1970-luvulla ja sen tunnetuin versio on Fehrerin DREF-menetelmä. Ensin venytyskoneesta saatava hahtuva avataan karstarullan avulla. Kuidut kulkeutuvat ilman mukana kahteen kitkarumpuun, joissa ilmavirta imee kuidut rumpujen pintaan kiinni. (Alagirusamy & Das 2010, 68.) Kitkakehruun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 5.

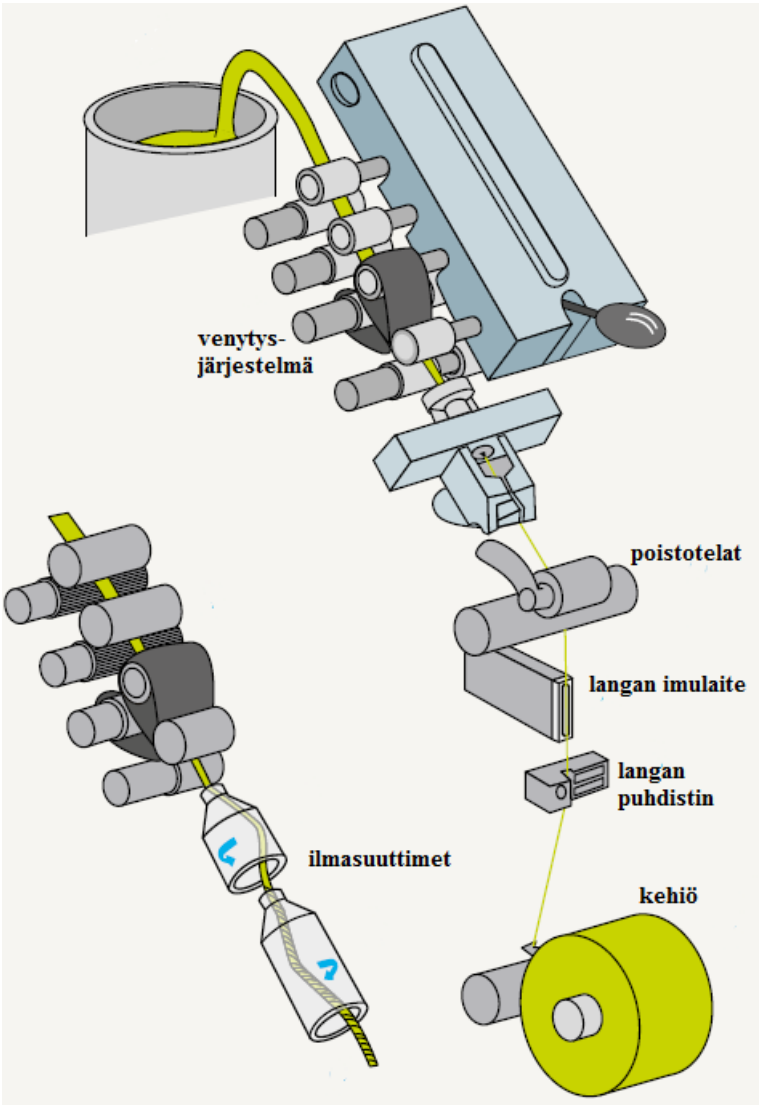


KUVA 5. Kitkakehruun toimintaperiaate (Stalder 2014, 17, muokattu)

Rummut pyörivät samansuuntaisesti kiertäen kuituja mekaanisen kitkan avulla. Rei’itettyjen rumpujen imu poistaa samalla kuiduista epäpuhtauksia. Kuiduista muodostunut lanka vedetään rumpujen akselin suuntaisesti ja kuljetetaan suoraan kartiolle. (Alagirusamy & Das 2010, 68; Stalder 2014, 17.)

4.1.5 Ilmakehruu

Ilmakehruuteknologia esiteltiin jo 1963, mutta suosionsa se saavutti vasta 1980-luvulla japanilaisen konevalmistaja Muratan kehittämänä. Alkuperäisessä ilmakehruussa käytettiin vain yhtä jettiä, eli ilmasuutinta. Lanka ei kuitenkaan ollut tarpeeksi lujaa ja Muratan kehittämään versioon laitettiin kaksi vastakkaista suutinta. (Horrocks & Anand 2000, 51.) Kuvassa 6 on Muratan valmistaman ilmakehruukoneen toimintaperiaate.

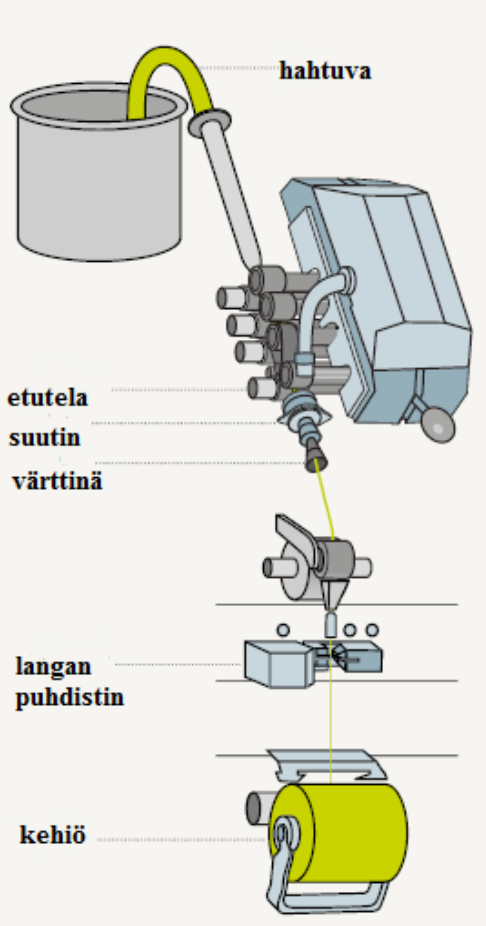


KUVA 6. Ilmakehruu Murata MJS (Stalder 2014, 34, muokattu)

Hahtuvan kuidut venytetään rullavenytyskoneella joko kolmella tai neljällä rullaparilla, mistä kuidut johdetaan suuttimille. Ensimmäinen suutin muodostaa valekierre-efektin, jonka toinen suutin purkaa. Kuidut kietoutuvat tiiviisti ytimen ympäri, koska pinnalle jäävät kuidut kiertyvät eri suuntaan kuin sisällä olevat. Muodostunut lanka kehitään suoraan puolalle. Prosessi on nopea, koska esikehruuta ja erillistä puolausvaihetta ei tarvita. (Rouette 2001, 47; Alagirusamy & Das 2010, 71.)

4.1.6 Vortex-kehruu

Tavallisen ilmakehruun kehittyneempi version on Muratan kehittämä vortex-kehruu, joka esiteltiin vuonna 1997. Koneen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Vortex-kehruu Murata MVS (Stalder 2014, 41, muokattu)

Ensin hahtuva venytetään venytyskentässä, josta kuidut imetään suuttimeen. Suuttimen ilmapyörre eli vortex pyörittää kuidut värttinän ympäri. Pyörre kiertää kuidunpäät sisältä ulospäin muodostaen rengaskehrätyn langan tyyppisen rakenteen. Kiertynyt lanka vedetään värttinän akselin suuntaisesti suoraan kehiölle. (Alagirusamy & Das 2010, 72–73.)

4.1.7 Muut

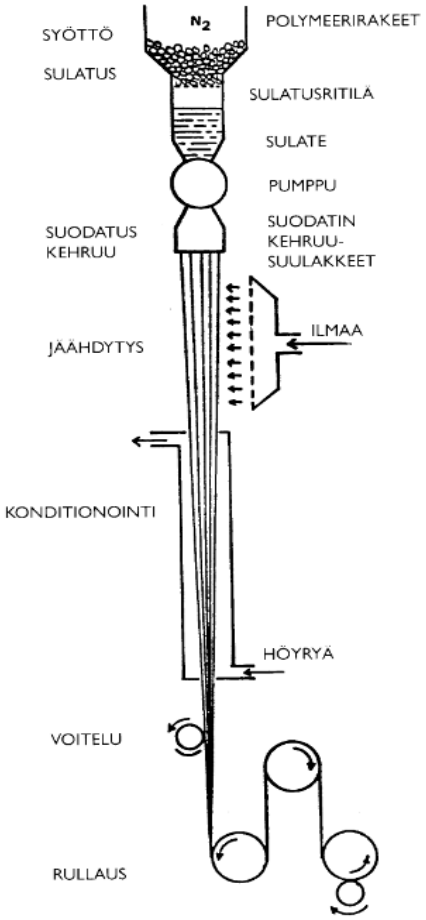
Kehitteillä on useita kehruumenetelmiä, jotka ovat lähinnä open-end- ja ilmakehruun johdannaisia. Lisäksi on useita yhdiste- ja tehostelankoja varten kehitettyjä kehruumenetelmiä, joissa hyödynnetään perinteisiä menetelmiä. Yhdistelanka voi olla päällystekehrätty, jossa erillisen kuitusäikeen ympäri kierretään filamentti tai kehrätty lanka. Ydinkehrätyssä langassa ytimen ympäri kierretään erillisiä kuituja. (Hatch 1993, 300.)

4.2 Filamenttilangan valmistus

Filamenttia valmistetaan tekokuiduista, jotka jaetaan muuntokuituihin, synteettisiin kuituihin ja epäorgaanisiin kuituihin. Synteettiset kuidut, kuten polyesteri, polyamidi, akryyli ja elastaani valmistetaan pääosin sula- ja kuivakehruulla. Muuntokuidut, kuten viskoosi, modaali ja lyocell valmistetaan märkäkehruulla. Epäorgaanisia lasi- ja hiilikuituja käytetään lähinnä teknisissä tekstiileissä, eikä niitä voida käyttää nykyisissä langanvalmistusmenetelmissä. (Talvenmaa 2002, 24) Harvinaisempia menetelmiä tekokuitujen valmistuksessa ovat kuiva-märkäkehruu ja dispersiokehruu. (Markula 2001, 83.)

4.2.1 Sulakehruu

Sulakehruulla valmistetaan polyesteri-, polyamidi- polyeteeni- ja polypropeenikuituja (Markula 2001, 83). Kuvassa 8 on esitetty sulakehruuprosessin vaiheet.

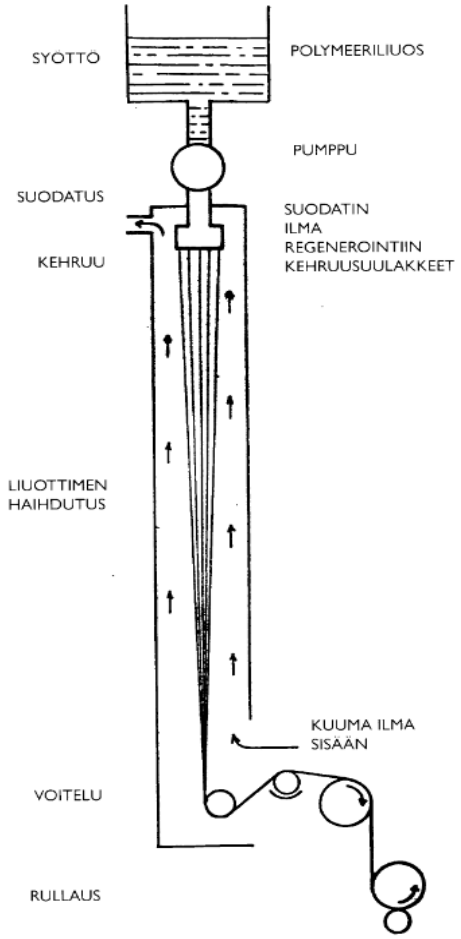


KUVA 8. Synteettisten kuitujen valmistus sulakehruulla (Boncamper 2011, 278)

Ensin polymeeri, joka on usein raemuodossa, sulatetaan. Sulanut massa puristetaan kehruusuulakkeiden rei'istä ja jähmetetään ilman avulla kuiduksi. Kuidut joko venytetään jatkuvaksi filamentiksi tai pätkitään katkokuiduksi. (Talvenmaa 2002, 27–29.)

4.2.2 Kuivakehruu

Kuivakehruuta käytetään akryyli-, asetaatti-, triasetaatti- ja klorokuitujen valmistukseen. Menetelmällä voidaan valmistaa myös modakryyliä ja elastaania. (Markula 2001, 83.) Prosessi on kuvan 9 mukainen.



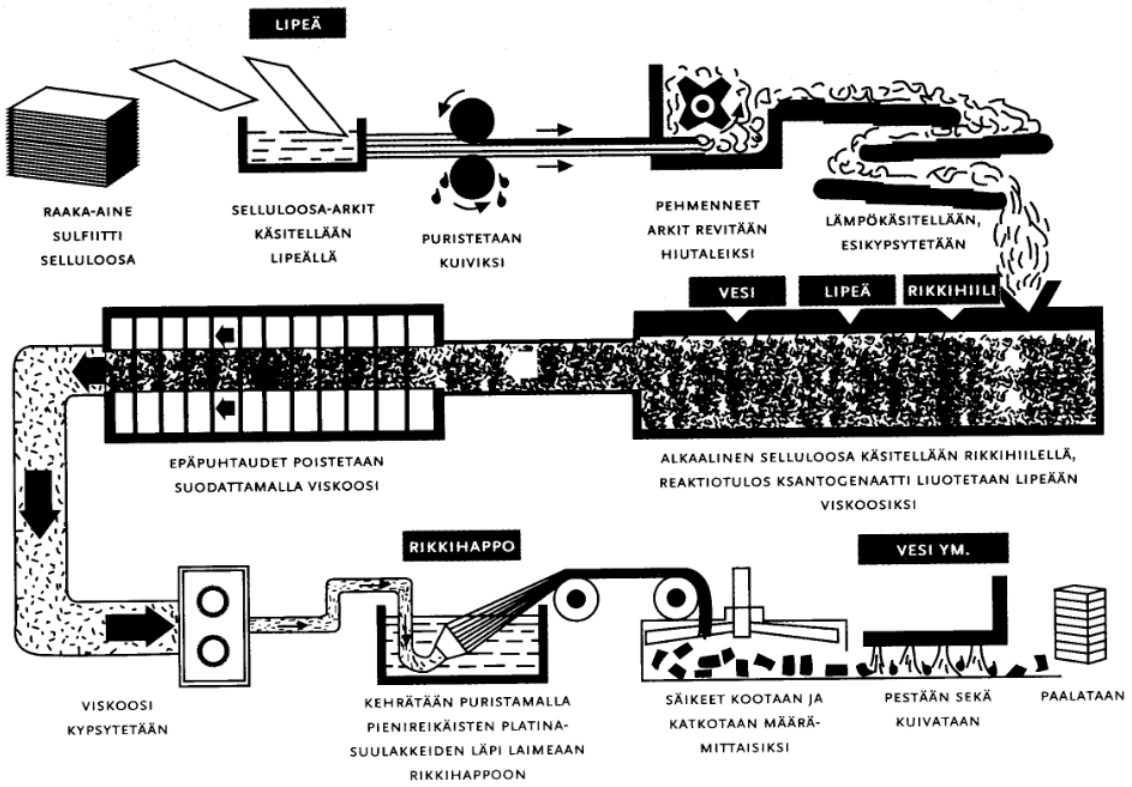
KUVA 9. Kuivakehruuprosessi (Boncamper 2011, 278)

Kuivakehruussa kehruuliuos kulkeutuu kohti kehruuputkea, jossa usean suodattamisen jälkeen se lämmitetään 90–140 asteiseksi. Liuos kulkee rei'itetyn kehruusuulakkeen läpi, jossa puriste kuivuu kuuman kaasun ja typen vaikutuksesta. Filamentiksi tarkoitettu lanka puolataan suoraan ja kehrättäväksi tarkoitettu lanka venytetään ja kuivataan, jonka jälkeen se pätkitään katkokuiduksi. (Bunsell 2009, 504.)

4.2.3 Märkäkehruu

Märkäkehruu sai alkunsa 1900-luvun alussa, kun kupro-selluloosasta valmistettiin filamenttia saostamalla vesialtaassa. Menetelmä kehittyi viskoosin valmistukseen ja nykyisin sitä käytetään selluloosapohjaisten muuntokuitujen valmistuksessa. (Fourne 1999, 498.) Menetelmällä voidaan valmistaa myös akryyli-, modakryyli- ja elastaanikuituja (Markula 2001, 83).

Märkäkehruu tunnetaan myös viskoosimenetelmänä, jonka valmistusprosessi on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Viskoosikuitujen valmistusprosessi (Talvenmaa 2002, 25)

Puusta valmistettu liukoselluloosa merseroidaan ja esikypsytetään, jonka jälkeen se liuotetaan lipeään rikkihiilen avulla. Liuos suodatetaan epäpuhtauksien poistamiseksi. Saatu kehruuliuos puristetaan kehruusuulakkeiden läpi ja jähmetetään kuitumuotoon. Viskoosikuidut voidaan valmistaa filamentteina tai kehrätä katkokuitumuodossa. (Talvenmaa 2002, 23.)

Modaalia valmistetaan viskoosimenetelmällä. Kuprokuidun valmistusprosessi on myös hyvin samankaltainen, mutta kehruuliuoksessa käytetään kupariyhdisteitä. Lyocellin valmistusprosessi on viskoosimenetelmää ekologisempi, eikä sen valmistus kuormita ympäristöä niin paljon. Veden tarve valmistuksessa on paljon vähäisempää kuin viskoosilla. (Talvenmaa 2002, 23.)

Sula-, kuiva- ja märkäkehruun lisäksi tekokuituja voidaan valmistaa myös kuiva-märkäkehruulla ja dispersiokehruulla. Kuiva-märkäkehruuta käytetään erikoislujien kuitujen, kuten polyeteenin ja aramidikuitujen valmistukseen. Harvinaista dispersiokehruuta käytetään fluorokuitujen ja keraamisten kuitujen valmistuksessa. (Markula 2001, 83.)

5 KEHRUUMENETELMIEN VERTAILU

Raaka-aineella on suurin vaikutus kehruutavan valintaan. Tekstiilin käyttötarkoitus asettaa myös vaatimukset materiaalin laatuominaisuuksille. Langan kehruumenetelmiä voidaan vertailla kuidun ominaisuuksien ja valmiin langan mukaan. Tuotannon kannattavuus ja tuotantovaiheiden määrä vaikuttavat myös kehruumenetelmän valintaan. Vertailussa keskitytään kehrättyihin lankoihin.

5.1 Tuotantotekijät

Roottorikehruu on nopeampaa kuin rengaskehruu, koska esilankaa ei tarvitse erikseen valmistaa. Tuotantokulut ovat siten myös pienemmät. Lankaan ei myöskään muodostu niin paljon solmuja kuin rengaskehruussa. Roottorikehruu ei vaadi erillistä puolausvaihetta. Lanka kehitään suoraan kartioille tai sylinterimuotoisille kehiöille, jotka ovat heti valmiina myytäväksi tai tuotettavaksi eteenpäin. Roottorilangan laatua heikentävät mahdolliset kuituihin jääneet epäpuhtaudet, jotka voivat kerääntyä suljetun roottorin sisään. Kuituaineksen puhtaudella on roottorikehruussa suurempi merkitys kuin rengaskehruussa. (Horrocks & Anand 2000, 46; Ernst 2014, 84.)

Roottorikehruun tavoin myös ilmakehruu ja vortex-kehruu ovat täysin automatisoituja, joten tuotanto on halpaa. Esikehruuta ja erillistä puolausta ei myöskään tarvita, joten kulut ovat paljon pienemmät kuin rengaskehruussa. (Stalder 2014, 36.) Ilmakehruun ja vortex-kehruun tuotantonopeus on 3–5 kertaa korkeampi kuin roottorikehruussa ja jopa 10–20 kertaa korkeampi kuin rengaskehruussa. (Textile School 2014.)

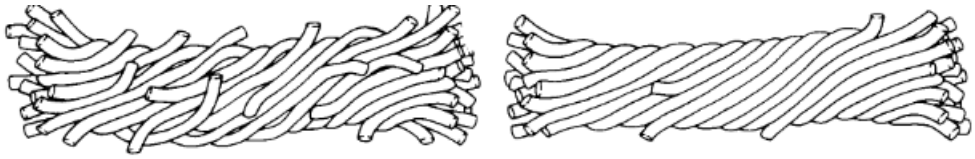
Myös kitkakehruutuotanto on nopeampaa ja halvempaa kuin rengaskehruulla, eikä erillistä puolausta tarvita. Kehruuprosessin pitäminen vakiona on kuitenkin hankalaa ja kehruunopeuden nostaminen vaikuttaa langan tasaisuuteen ja lujuuteen. (Stalder 2014, 20.) Kitkakehruussa voidaan hyödyntää hyvin lyhyttä kuituainesta, jonka kehruu muilla menetelmillä ei ole mahdollista (Hatch 1993, 269).

Kompaktikehruu perustuu rengaskehruuseen, joten tuotanto poikkeaa lähinnä kehruukolmion osalta. Kompaktikehruun hyöty rengaskehruuseen verrattuna tulee esille kui-

tenkin vain pitkiä ja hienoja kuituja käytettäessä. Karkeiden kuitujen tuotanto ei ole niin tehokasta ja lyhyet kuidut saattavat tukkia kuituja tiivistävien telojen reiät. (Alagirusamy & Das 2010, 129.) Rengas- ja kompaktikehruukoneilla voidaan valmistaa myös ydinkehrättyjä lankoja. Slubi- eli laikkulankoja voidaan tehdä rengas-, kompakti- ja roottorikehruukoneilla. (Walraf 2012.)

5.2 Langan ominaisuudet

Rengaskehrätty lanka voi olla kammattua tai karstattua (kuva 11). Karstalangassa kuidut eivät sijoitu niin yhdensuuntaisesti kuin kampalangassa. Karstalangan kuidut ovat keskimäärin lyhyempiä kuin kampalangassa, joten lanka tuntuu karkeammalta. Kampalangassa pitkät kuitusäikeet asettuvat paremmin vierekkäin muodostaen sileän pinnan. (Hatch 1993, 266.)



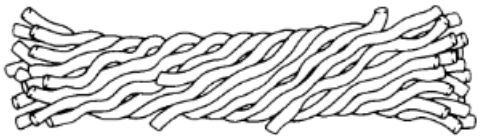
KUVA 11. Rengaskehrätty karsta- ja kampalanka (Hatch 1993, 266)

Rengaskehruussa kierre muodostuu ulkoa sisäänpäin. Kuidut eivät kierry niin tiukasti langan ytimessä, joten kierre muodostuu enemmän pintaan. Lanka on lujaa, mutta pinnalla olevat, jännittyneemmät kuidut eivät kestä hankausta, minkä seurauksena lanka ei pysy enää kasassa. (Klein 2014a, 50–51.) Vaikka rengaskehrätyn langan kierre ei ole täysin tasainen langan kuidut ovat kuitenkin hyvin suoristuneita ja asettuneet vierekkäin (Horrocks & Anand 2000, 42).

Rengas- ja kompaktikehruulla voidaan kehrätä oikeastaan kaikkia kuituja. Kompaktikehruu soveltuu kuitenkin paremmin pitkille ja hienoille kuiduille. Kompaktikehrätty lanka on tavalliseen rengaskehrättyyn lankaan verrattuna lujempaa ja venyvämpää. Langan karvaisuus on vähäisempää, mikä lisää hankauslujuutta. (Klein & Stalder 2014, 12, 58.)

Open-end-lanka muodostuu selkeästi harvemmin asettuneemmista kuiduista kuin rengaskehrätty lanka. Roottorilanka (kuva 12) kuitenkin muistuttaa rengaskehrättyä puuvil-

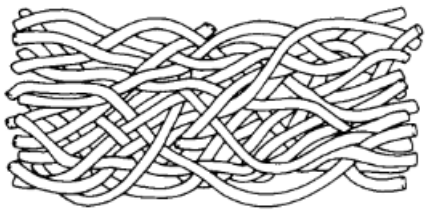
laa, koska kuidut asettuvat samansuuntaisesti ja pinta on siten tasainen. Roottorilanka voi olla kammattua tai karstattua. (Hatch 1993, 266.) Suurin osa roottorilangoista valmistetaan puuvillasta, mutta menetelmällä voidaan valmistaa lähes kaikkia kuituja (Ernst 2014, 13).



KUVA 12. Roottorikehrätty lanka (Hatch 1993, 266)

Roottorikehruussa kierre muodostuu sisältä ulospäin. Langan rakenne on tiiviimpi ja samalla kovempi sisällä, mutta pinnalla kierre on vähäisempi. Lanka ei ole niin luja, mutta kestää paremmin hankausta. (Klein 2014, 50–51) Roottorilangassa kierteen muodostuminen ei ole tasaista ja langan ulommat kerrokset ovat kiertyneempiä kuin sisemmät. Rengaskehrättyyn lankaan verrattuna roottorilanka on heikompaa ja pinta on karvaisempi. (Horrocks & Anand 2000, 46.)

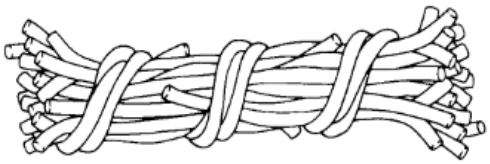
Kitkakehrätyillä langoilla (kuva 13) kuitujen asettuminen on heikkoa. Kehruuprosessissa tapahtuva äkillinen nopeusmuutos saa kuidut taipumaan eivätkä ne järjestäydy hyvin. Kuidut eivät myöskään sitoudu toisiinsa hyvin langan muodostavan alhaisen jännitteen vuoksi. Lujuusominaisuudet ovat heikot ja kitkakehruuta käytetäänkin lähinnä karkeiden kuitujen kehräämiseen. (Horrocks & Anand 2000, 48.)



KUVA 13. Kitkakehrätty lanka (Hatch 1993, 266)

Kitkakehrätty lanka kihartuu helposti. Roottorikehrättyyn lankaan verrattuna tuntu on kuitenkin parempi ja pehmeämpi ja lanka näyttää sileältä. (Stalder 2014, 20.) Lankarakenteen kannalta kitka- ja roottorikehrätyt langat ovat säännöllisempiä ja tasaisempia kuin rengaskehrätty lanka (Hatch 1993, 269).

Ilmakehrätyn langan (kuva 14) ydin on kierteetön, minkä uskotaan ehkäisevän langan nyppyyntymistä. Hankaus voi aiheuttaa nyppyjä, mutta ne eivät jää lankaan kiinni, koska varsinaista kierrettä ei ole. Ilmakehrätyn langan pinta ei ole kovin karvainen. Lanka ei kutistu helposti ja kestää hyvin pesua. (Textile School 2014.)

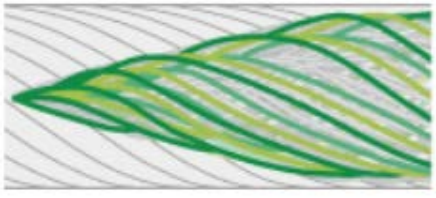


KUVA 14. Ilmakehrätty lanka (Hatch 1993, 266)

Ilmakehrätyssä langassa päällyskuidut ovat kierteisiä, joten ne eivät sijoitu tasaisesti langan pituudelle. Ilmakehrätyn langan lujuusominaisuudet ovat heikommat kuin rengas- ja roottorikehrätyillä langoilla, mutta silti hyvät. Korkeampi kierremäärä lisää langan lujuutta, mutta samalla altistaa enemmän taipumiselle. (Textile School 2014.)

Ilmakehruuta käytetään tekokuitu- ja puuvilla-tekokuitusekoitelankojen valmistuksessa. Kampapuuvillaa ei kannata kehrätä yksinään, koska langan lujuus on jopa 50–70 % heikompaa rengaskehrättyyn verrattuna. Ilmakehruuseen soveltuvalta kuidulta vaaditaan korkeaa lujuutta, alhaista taivutuksen kestävyyttä ja helppoa kierrettävyyttä. Pitkät ja hienot kuidut parantavat langan ominaisuuksia. (Stalder 2014, 35.)

Vortex-kehrätyn langan (kuva 15) lujuus on rengas- ja roottorikehrättyjen lankojen väliltä, riippuen kehrätyn kuidun pituudesta. Tasaisuudeltaan vortex- ja rengaskehrätty lanka ovat lähes samankaltaisia. (Stalder 2014, 47.)



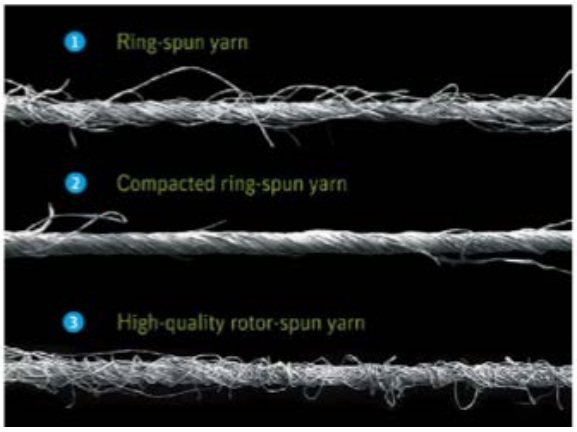
KUVA 15. Vortex-kehrätyn langan rakenne (Muratec 2015b)

Vortex-lankojen karvaisuus on vähäisempää kuin rengaskehrätyillä. Kuidunpäät pysyvät rakenteen sisällä, ikään kuin piilossa. Lujuus on ehkä heikompi kuin rengaskehrätyillä, mutta karvaisuuden vähäisyys, hyvä hankauksenkesto ja laatuvikojen vähäisyys

ovat toivottuja ominaisuuksia langalle. Nyppyyntyminen on myös vähäistä. (Stalder 2014, 48.)

Vortex-kehruuta voidaan käyttää kammatun ja karstatun puuvillan kehräämiseen. Lisäksi sillä valmistetaan puuvilla-sekoitelankoja mm. pellavan, akryylin, polyesterin ja modaalin kanssa. Se soveltuu myös hyvin viskoosin, lyocellin, modaalin, akryylin ja polyesterin kehräämiseen. (Muratec 2015a.)

Kompakti- ja ilmakehrätyistä langoista ei irtoa paljon kuituja kankaiden ja neulosten valmistuksessa, koska langan pinta ei ole kovin karvainen. Kuvassa 16 on kuvattuna ylhäältä alaspäin rengas-, kompakti- ja roottorikehrätyt langat. (Walraf 2012.)



KUVA 16. Rengas-, kompakti- ja roottorikehrätyt langat (Walraf 2012, muokattu)

Kuvasta 16 näkee selvästi lankojen eron pinnan karvaisuudessa. Kompaktikehrätty lanka on selvästi tasaisin. Kuvassa 17 on vortex- ja ilmakehrätyn langan lähikuvat. Vortex-langan kiertyminen on tasaisempaa ja lankarakenne vaikuttaa säännöllisemmältä kuin ilmakehrätyllä langalla.



KUVA 17. Vortex- ja ilmakehrätyt langat (Basal & Oxenham 2003, muokattu)

Taulukkoon 1 on koottu yhteenvetona eri menetelmien hyviä ja huonoja puolia langan ominaisuuksien kannalta. Lankojen ominaisuuksia on verrattu yleisimpään, rengaskehrättyyn lankaan.

TAULUKKO 1. Langan ominaisuudet rengaskehrättyyn lankaan verrattuna

menetelmä:	edut:	haitat:
rengas	+ hyvä vetolujuus + tasaisuus + alhainen jäykkyys	- karvaisuus - kihartuu helposti
kompakti	+ alhaisempi karvaisuus + parempi lujuus + tasaisempi + parempi hankauksenkesto	- soveltuu lähinnä pitkille ja hienoille kuiduille
roottori	+ parempi hankauksenkesto + ei kiharru niin helposti + värjättävyys parempi, vaatii vähemmän väriä + lankarakenne säännöllinen ja tasainen	- korkeampi kitkakerroin, haittana neulelangoissa - vetolujuus heikompi - jäykempi
kitka	+ pehmeä tuntu + sileä ulkonäkö + rakenne kokonaisuudessaan tasainen ja säännöllinen	- alhainen lujuus - kihartuu helposti
ilma	+ tasainen, kuten rengaskehrätty + hyvä hankauksenkesto + ei nyppyynny helposti + ei kiharru helposti + kutistuvuus rengaskehruun tasoista	- heikompi - jäykempi - kovempi - ei taivu helposti
vortex	+ alhainen karvaisuus + tasainen + hyvä hankauksenkesto + ei nyppyynny helposti	- jäykempi - heikompi

5.3 Valmiin tekstiilin ominaisuudet

Kompaktikehrätyllä langalla on monelta osin paremmat ominaisuudet valmiissa tekstiilissä rengaskehrättyyn lankaan verrattuna. Kankaan lujuus ja hankauksenkesto ovat paremmat ja nyppyyntyminen on vähäisempää. Kankaan kiilto on myös parempi ja tuntu pehmeämpi. (Klein & Stalder 2014, 59.)

Roottorikehrätyllä tekstiilillä on muun muassa parempi hankauksenkesto, parempi ilmaläpäisykyky ja korkeampi kosteudenimukyky kuin rengaskehrätyllä tekstiilillä. Lanka myös kutistuu pesussa vähemmän. Huonoja puolia roottorikehruussa verrattuna rengaskehruuseen valmiin kankaan kannalta ovat muun muassa alhaisempi lujuus, kovempi tuntu ja himmeämpi kiilto. (Ernst 2014, 87.)

Neuloksissa roottorikehruu on kasvattamassa suosiotaan. Roottorikehrätyn neuloksen tuntua on pidetty yleisesti karkeana, mutta oikealla viimeistyksellä tuntu pehmenee. Esimerkiksi t-paitatrikoissa roottorikehrätyn langan käyttö on yleistynyt. Langan tasaisuus ja vähäiset virheet soveltuvat hyvin tasaiselle neulokselle. (Ernst 2014, 87.)

Vortex-kehrätystä langasta valmistettu tekstiili nyppyyntyy selvästi vähemmän kuin rengaskehrätystä langasta valmistettu tekstiili. Lisäksi vortex-tekstiili kutistuu vähemmän, on tasaisempi, värjäytyy paremmin ja läpäisee ilmaa paremmin. Vetomurtolujuus ja repäisylujuus ovat alhaisempia kuin rengaskehrätyllä tekstiilillä. Sileys, kiilto ja pehmeys ovat myös vähäisempiä vortex-tekstiilillä. (Stalder 2014, 48.)

5.4 Langan käyttömahdollisuudet

Rengaskehruuta voidaan pitää kaikkein monipuolisimpana kehruutapana, koska lankaa voidaan käyttää lähes kaikissa tekstiileissä neuleista kankaisiin (Mogahzy 2009, 244). Rengaskehrättyjä lankoja käytetään esimerkiksi vaatetuksessa, neuletuotteissa, sisustuksessa, laadukkaissa pyyhkeissä, alusvaatteissa sekä ompelulangoissa (Alagirusamy & Das 2010, 83–84). Kompaktikehrättyjä lankoja käytetään rengaskehrätyn langan tavoin. Kompaktikehruussa käytetään kuitenkin hienompia kuituja kuin tavallisessa rengaskehruussa, joten kompaktilangasta voidaan valmistaa korkealaatuisempia tuotteita.

Roottorikehrättyjä lankoja käytetään usein denim-tuotteissa, farkuissa, ulkovaatetuksessa, froteepyyhkeissä sekä neuleissa (Alagirusamy & Das 2010 83–84). Lanka soveltuu myös hyvin työvaatteisiin, vuodevaatetukseen, flanellikankaisiin ja urheiluvaatetukseen (Ernst 2014, 85).

Kitkakehrättyjä lankoja käytetään lähinnä teknisissä tekstiileissä, kuten tulelta ja viilloilta suojaavissa tekstiileissä. Myös geotekstiileissä, komposiiteissa, suodattimissa,

letkuissa, köysissä ja verhoilutekstiileissä käytetään kitkakehrättyjä lankoja. (Alagirusamy & Das 2010 83–84.) Kitkakehrätyistä langoista voidaan valmistaa myös huopia, pöytäliinoja ja päiväpeitteitä. Se sopii myös takki- ja farkkukankaisiin. (Hatch 1993, 269.)

Ilma- ja vortex-kehrätyt langat soveltuvat pääosin samoihin käyttötarkoituksiin. Ilmakehrättyjä lankoja käytetään vaatetukseen, verhoihin, sisustustekstiileihin ja sukkatuotteisiin (Alagirusamy & Das 2010 83–84). Vortex-kehrätyt langat sopivat hyvin neulomiseen ja kutomiseen. Niistä voidaan valmistaa muun muassa lakanoita, pyyhkeitä, verhoja ja pöytäliinoja. Vaatetuskäytössä lanka soveltuu hyvin trikooneuloksiin, painetuksi kankaaksi, työ- ja sotilasvaatetukseen. (Stalder 2014, 49.)

6 NEULOSTEN TESTAAMINEN

Neulosten tyypillisiä testauksia ovat nyppyyntyminen, hankauksenkesto, mittapysyvyyden selvittäminen sekä värin valon-, hien- ja pesunkestot. Opinnäytteen tilaajan kanssa sovittiin tehtävistä testauksista, jotka parhaiten tukevat työn tavoitteiden toteutumista. Neuloksista testattiin nyppyyntyminen, hankauksenkesto ja mittapysyvyys standardien mukaisesti. Kaikki testit tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun tekstiililaboratoriossa standardin SFS-EN ISO 3759 (2011) mukaisissa vakio-olosuhteissa.

6.1 Nyppyyntyminen

Tekstiili nyppyyntyy, kun sen pintaan muodostuu kuidunpäistä sekoittuneita nyppyjä. Nyppyyntymiseen vaikuttavat kuidun, langan ja materiaalien ominaisuudet. Nypyt voivat jäädä kiinni tuotteen pintaan pysyvästi tai irtautua materiaalista riippuen. (Änkö 1999, 39.)

Kuidun raaka-aine vaikuttaa nyppyyntymiseen. Varsinkin sähköistyvät materiaalit, kuten tekokuidut, nyppyyntyvät helposti altistuessaan hankaukselle. Esimerkiksi villaa muistuttava akryyli nyppyyntyy erittäin nopeasti käytössä. Lyhytkuituiset langat nyppyyntyvät, koska kuidut asettuvat langassa harvemmin ja kuidunpäät nousevat herkästi pintaan. Lyhytkuituisessa langassa on määrällisesti enemmän pintaan nousevia kuidunpäitä kuin pitkäkuituisissa langoissa. (Änkö, 1999, 40.)

Kuitulujuus saa nypyn pysymään kiinni materiaalin pinnassa. Nyppy ei siis irtoa hankauksen vaikutuksesta. Mitä parempi taivutuslujuus kuidulla on, sitä helpommin nyppyjä muodostuu ja ne jäävät kiinni tuotteen pintaan. Tekokuiduista varsinkin polyamidi ja polyakryyli nyppyyntyvät taivutuslujuutensa vuoksi helposti. (Änkö 1999, 42.)

Langan ominaisuuksista kierremäärä ja kertaaminen vaikuttavat nyppyyntymiseen. Korkea kierremäärä vähentää nyppyyntymistä, koska kierre estää kuidunpäiden nousun lankarakenteesta pintaan. Harvemmin kierretyssä langassa kuidunpäät irtoavat helpommin altistuessaan hankaukselle. Neulokset nyppyyntyvät kudottuja kankaita helpommin, koska käytetyt langat ovat löysemmin kierrettyjä. (Änkö 1999, 43.)

Kerrattu lanka nyppyyntyy vähemmän kuin kertaamaton, koska kuidut asettuvat tiukemmin kiinni toisiinsa. Kierresuunnan vaihto lisää entisestään kuitujen lukittumista tiiviimmin toisiinsa. Materiaalin sidoksella on myös vaikutus nyppyyntymiseen. Pitkät lankajuoksut materiaalin pinnassa lisäävät nyppyyntymistä, koska rakenne ei ole tiivis ja kuidut pääsevät helpommin irtoamaan langasta. Materiaalin tiheyttä lisäämällä nyppyyntyminenkin on vähäisempää. (Änkö 1999, 43–44.)

Nyppyyntyminen testattiin standardin SFS-EN ISO 12945-2 (2001) mukaan soveltaen. Standardista poikettiin siten, että kolmen koepalan sijaan käytettiin kahta koepalaa materiaalia kohden. Hankausalustoina käytettiin testattavaa neulosta. Materiaaleista leikattiin halkaisijaltaan 14 cm:n kokoiset näytteet, jotka asetettiin pidikkeisiin. Testaus tehtiin nelipäisellä Martindale-laitteistolla (kuva 18) ja käytetty paino oli 153 g.



KUVA 18. Martindale, nyppyyntyminen (VirtuaaliAMK 2009a)

Neuloksia hangattiin määrätyin kierrosvälein, joiden jälkeen nyppyyntymisen määrä arvioitiin visuaalisesti. Arvioinnissa hyödynnettiin standardin mukaisia sanallisia kuvauksia ja valokuvattuja arvosteluasteikkotauluja. Arviointiasteikko on 1–5, joista 5 on paras.

6.2 Hankauksenkesto

Hankauksenkesto kertoo kuinka hyvin tekstiili kestää toistuvaa, pintaan kohdistuvaa rasitusta. Tulos ilmoitetaan kierroksina ja mitä suuremman kierrosmäärän tekstiili saa, sitä paremmin se kestää hankausta. Hankauksenkestoon vaikuttavat kuidun, langan ja materiaalin ominaisuudet. (Änkö 1999, 8.)

Kuituraaka-aineella on suuri merkitys hankauslujuuteen. Luonnonkuitujen hankauslujuus ei yleensä ole kovin hyvä. Lujuutta voidaan kuitenkin parantaa yhdistämällä luon-

nonkuitu jonkun kestävän tekokuidun, kuten polyesterin kanssa. Kuidun pituudella, tasaisuudella, hienoudella ja kitkalla on myös merkitystä lujuuteen. Pitkästä kuidusta saadaan kehrättyä lujempaa lankaa, koska kuidut pystyvät kietoutumaan pitkän matkan langan muodostamiseksi. Pitkissä kuiduissa on lyhyisiin kuituihin verrattuna suurempi kitka, joka pitää kuidut tiiviimmin ja lujemmin koossa. (Änkö 1999, 9.)

Langan ominaisuuksista eniten hankauslujuuteen vaikuttavat valmistusmenetelmä, kierteiden määrä ja langan kertaaminen. Kerrattu lanka on aina lujempaa kuin yksinkertainen lanka, koska kerrattu lanka kiertyy enemmän ja kierteet muodostuvat tasaisemmin langan ympäri. Tiheäkierteisessä langassa kuidut asettuvat tiiviisti toisiaan vasten ja lankarakenne on kestävä. (Änkö 1999, 11.)

Materiaalin sidos vaikuttaa hankauksenkestoon. Neuloksissa sidoksen vaikutus on pienempi kuin kudotuissa kankaissa, koska neulos on joustavampi rakenteeltaan. Neuloksen pehmeä pinta mukautuu paremmin hankaavaan rasitukseen, eikä siten kulu niin helposti kuin kudottu kangas. Mitä sileämpi sidoksen muodostama pinta on, sitä paremmin se kestää kulutusta. Pitkät lankajuoksut ja kohokuvioiset sidokset vähentävät tekstiilin hankauslujuutta. (Änkö 1999, 12.)

Neulosten hankauksenkesto määritettiin rakennevauriomenetelmällä standardin SFS-EN ISO 12947-2 (1999) mukaan soveltaen. Koepaloja oli neljän sijasta kaksi. Kierrosvälien suuruutta ei selvitetty esitestillä, vaan se arvioitiin neuloksen materiaalin perusteella. Hankausalustana käytettiin standardinmukaista villakangasta ja hankausalusta vaihdettiin 50 000 kierroksen välein. Testauslaboratorion suosituksesta sovittiin, että testaus lopetetaan 100 000 kierrokseen. 100 000 kierrosta vaatetuskankaalle on niin korkea tulos, ettei sen ylittävä määrä tuo varsinaisesti mitään lisäarvoa tulokselle.

Testaukset suoritettiin Martindale-laitteistolla. Neuloksilla käytetty hankauspaino on 9 kPa. Kierrosvälit olivat 5000 ja 2000. Kun näytteissä ilmeni selkeästi harventuneita kohtia, kierrosväliä pienennettiin. Verrokkimateriaalit testattiin samoin kierrosvälein. Hankauksenkestotulos ilmoitetaan kierrosmääränä, 500 kierroksen tarkkuudella. Neuloksen testaus päättyy, kun yksi lanka katkeaa ja neulokseen muodostuu reikä. Lopullinen tulos saatiin laskemalla keskiarvo kahden näytteen tuloksista.

6.3 Mittapysyvyys

Mittapysyvyys kertoo, kuinka paljon materiaalin mitat muuttuvat pesun ja kastelun jälkeen. Muutos on yleensä kutistumista, venymistä tai vanumista. (VirtuaaliAMK 2009b.) Neulokset venyvät ja kutistuvat helposti pesuissa. Mittamuutosten selvittämisellä pyritään vaikuttamaan siihen, ettei kutistuma tai venymä ole liian suurta. Neulosten kohdalla kuivaamistavalla on myös vaikutusta venyvyyteen. Neulokset olisikin aina hyvä kuivata tasossa ja asetella omaan muotoonsa pesun jälkeen.

Mittamuutokseen vaikuttavat ensisijaisesti kuitumateriaalin ominaisuudet. Materiaalin ominaisuuksista kutistumiseen ja venymiseen vaikuttavat muun muassa sidos, kosteudenimukyky ja valmistuksen aikana lankaan kohdistuva venytys. (VirtuaaliAMK 2009b.)

Mittamuutokset selvitettiin standardin SFS-EN ISO 5077 (2008) mukaisesti kolmesta koepalasta. Laatujen 2720 A ja B mittamuutokset selvitettiin kahdesta koepalasta. Koepalat valmisteltiin standardin SFS-EN ISO 3759 (2011) mukaisesti leikkaamalla materiaalista 50 x 50 cm:n kokoiset palat, joihin merkattiin noin 35 cm:n välein mittauskohdat. Neulokset pestiin pesuohjeen mukaisesti ja kaikkien näytteiden pesulämpötila oli 60 °C. Linkousnopeus oli 800 kierrosta/min ja standardipesuainetta käytettiin 50 ml.

Pesun jälkeen näytteiden annettiin kuivua tasossa, minkä jälkeen merkkivälit mitattiin uudelleen. Jokaisen näytteen tuloksista saatiin keskiarvot, joista laskettiin mittamuutosprosentit kaavan 1 avulla seuraavasti:

$$\frac{x_t - x_o}{x_o} \times 100 \qquad (1)$$

jossa x_0 on alkuperäinen mitta;
x_t on käsittelyn jälkeinen mitta (SFS-EN ISO 5077 2008).

Keskiarvotulos ilmoitetaan 0,5 %:n tarkkuudella. Kutistuminen ilmaistaan miinusmerkillä (-) ja venyminen plusmerkillä (+). (SFS-EN ISO 5077 2008.)

6.4 Neulosten laatusuositukset

Testaustuloksia verrattiin Euroopan vaatetus- ja tekstiiliorganisaatio Euratexin vaatetuskankaiden laatusuosituksiin vuodelta 2006. Neulosten osalta suositukset on jaettu viiteen eri osioon käyttötarkoituksen mukaan. Ensimmäiseen osioon kuuluvat housut, shortsit ja uima-asut, toiseen osioon päällysvaatteet ja urheiluvaatteet, kolmanteen osioon yläosat ja hameet, neljänteen osioon yöasut, alusasut ja vuorineulokset. Viides osio koostuu paksummista neulemateriaaleista. (Euratex 2006, 51.)

Standardin EN-ISO 12947-2 (1999) mukaiselle hankauksenkestolle Euratex on määritellyt taulukon 2 mukaiset minimivaatimukset (Euratex 2006, 51).

TAULUKKO 2. Euratexin laatusuositukset

Hankauksenkeston minimivaatimukset, 9 kPa	
kierrosmäärä	neuloksen käyttötarkoitus
20 000	housut, shortsit, uima-asut
16 000	takit, anorakit, hiihto-, urheiluasut
12 000	paidat, hameet, puserot
10 000	pyjamat, yöasut, alusasut, vuorit
8 000	neuleet (villapaita/college)

Standardin EN-ISO 12945-2 (2001) mukaisen nyppyyntymisen laatusuositukset koskevat kaikkia neulostyyppejä. Minimivaatimukset on annettu kierrosmäärittäin taulukon 3 mukaisesti. (Euratex 2006, 52.)

TAULUKKO 3. Euratexin laatusuositukset

Nyppyyntymisen minimivaatimukset	
kierrosmäärä	tulos, kaikki neulokset
125	3–4
500	3
1000	2–3

Neulosten pesun aiheuttamia mittamuutoksia varten Euratex on määritellyt seuraavat minimivaatimukset: pituus- ja leveyssuuntainen kutistuma korkeintaan - 6 % ja venymä korkeintaan + 2 % (Euratex 2006, 54).

Testattavissa neuloksissa on myös sairaalan potilasvaatetukseen tarkoitettu materiaali, jonka tuloksia verrataan standardin SFS-ENV 14237 (2003) vaatimuksiin. Potilasvaate-

tuksen mittamuutosten suositukset vastaavat Euratexin laatusuosituksia. Standardin EN ISO 12945-2 (2001) mukaisen nyppyyntymisen laatusuositus on 2000 kierroksen jälkeen väh. 4. Potilasvaatetuksen hankauksenkestolle ei ole erillistä suositusta, joten sitä verrataan Euratexin suosituksiin. (SFS-ENV 14237 2003.)

7 TESTATTAVAT MATERIAALIT

Testattavat materiaalit esitellään omissa osioissaan yhdessä verrokkilaadun kanssa. Keskenään verrattavien neulosten käyttötarkoitus, sidos sekä materiaalit ovat samat, mutta kehruumenetelmä vaihtelee. Laadut on esitetty numeroin, jotka työn tilaaja on ilmoittanut. Kaikkien materiaalien suositeltu pesulämpötila on 60 C°, ei rumpukuivausta.

7.1 Laadut 2007, 2720 A ja 2720 B

Laatujen 2007 ja 2720 (kuva 19) neulokset on tarkoitettu vaatetuskäyttöön. Materiaalina on puuvilla/polyesteri-sekoitelanka (50/50 %). Sidoksena on tavallinen single-neulos. Laatu 2007 on rengaskehrätty ja neliöpaino on 180 g/m². Laatu 2720 A:n lanka on vortex-kehrättyä ja neliöpaino on 200 g/m². Laatu 2720 B:n lanka on ilmakehrättyä ja neuloksen neliöpaino on 200 g/m².



KUVA 19. Laadut 2007, 2720 B ja 2720 A

Kehruumenetelmien lisäksi neulokset eroavat toisistaan raitojen koon ja toisen raidan värin mukaan. Värin vaikutuksen ei pitäisi olla merkittävä, koska langat ovat muuten samat.

7.2 Laadut 2704 ja 2963

Laatujen 2704 ja 2963 (kuva 20) neulos on tarkoitettu vaatetuskäyttöön. Sidoksena on single ja materiaali on puuvilla/modaali/Lycra (96/4 %). Neulos on neulottu puuvilla/modaali-langalla, jonka kanssa on syötetty samanaikaisesti elastaanilanka joka toisella rivillä.

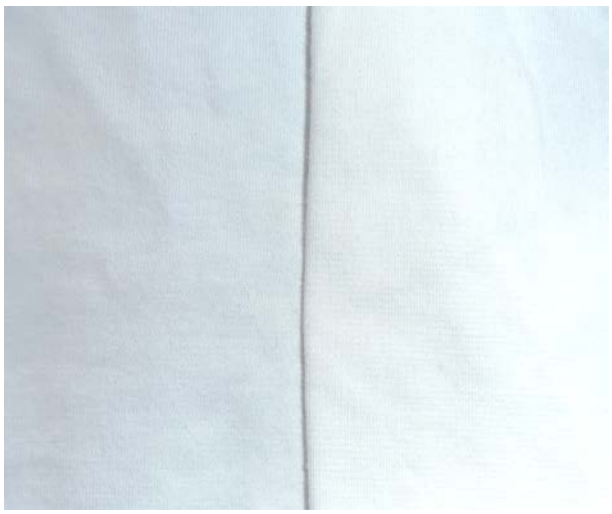


KUVA 20. Laadut 2704 ja 2963

Laatu 2704:n puuvilla/modaali-lanka on kompaktikehrättyä ja neliöpaino on n. 200 g/m². Laatu 2963:n puuvilla/modaali-lanka on vortex-kehrättyä ja neliöpaino on myös 200 g/m².

7.3 Laadut 2817 ja 9689

Laatujen 2817 ja 9689 (kuva 21) neulokset on tarkoitettu vaatetuskäyttöön ja materiaalina on puuvilla/Lycra (96/4 %). Neulonnassa on syötetty joka toisella rivillä puuvillalangan kanssa samanaikaisesti Lycra-lanka. Sidos on molemmissa laaduissa single.

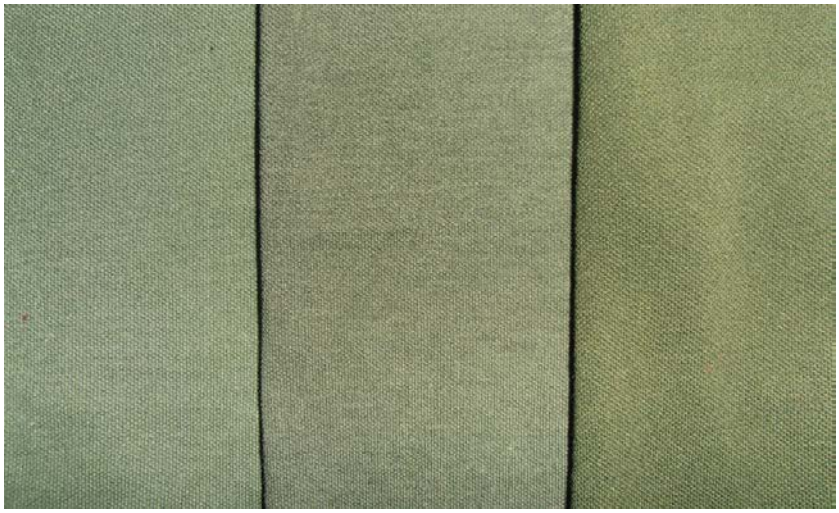


KUVA 21. Laadut 2817 ja 9689

Neulos 2817:n puuvillalanka on valmistettu kompaktikehruulla ja neliöpaino on 180 g/m². Neulos 9689:n puuvillalanka on valmistettu rengaskehruulla ja neliöpaino on 200 g/m².

7.4 Laadut 2662, 2980 A ja 2980 B

Laadut 2662, 2980 A ja B on esitetty kuvassa 22. Neulosta käytetään naisten vaatetukseen. Sidoksena neuloksissa on pikee ja materiaalina on puuvilla/polyesteri-sekoitelanka (50/50 %).



KUVA 22. Laadut 2662, 2980 B ja 2980 A

Laatu 2662:n lanka on valmistettu rengaskehruulla ja neliöpaino on 185 g/m². Laadut 2980 A ja B ovat molemmat vortex-kehrättyjä. Laadut 2980 A ja B ovat muuten samat, mutta eri paikoissa värjätyt. A:n neliöpaino on 215 g/m² ja B:n 220 g/m².

7.5 Laadut 2978 ja 3531

Laadut 2978 ja 3531 on tarkoitettu sairaalan potilasvaatetukseen, kuten yöasuihin. Neulosten materiaalina on puuvilla/polyesteri-sekoitelanka (50/50 %) ja sidos on single.

Laatu 2978:n lanka on vortex-kehrättyä ja neliöpaino on 165 g/m². Laatu 3531:n lanka on rengaskehrättyä ja neliöpaino 170 g/m². Näytteet laaduista ovat kuvassa 23.



KUVA 23. Laadut 3531 ja 2978

8 POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää, miten langan kehruumenetelmä vaikuttaa neuloksen laatuominaisuuksiin. Aiheen rajaaminen pelkästään testattujen materiaalien kehruumenetelmiin ei tuntunut riittävältä, joten teoria sisältää myös esittelyt muista yleisimmistä kehruumenetelmistä sekä tekokuitujen valmistuksesta.

Teoriaosuutta selvittäessä sai paljon uutta tietoa eri kehruumenetelmistä ja niiden eroista. Aiheen selvittämistä hankaloitti hieman suomenkielisen lähdeaineiston vähyys. Osa menetelmistä on myös kehittynyt valtavasti viimeisten vuosikymmenten aikana, joten osa aiemmin langan laatua heikentävistä tuotantoprosessien ongelmista on jo korjattu tai niitä on kehitetty. Ajankohtaisen ja luotettavan tiedon löytäminen oli tärkeää. Lisäksi eri lähdeaineistoissa käytettiin eri nimityksiä kehruumenetelmistä kehruukoneiden valmistajista ja menetelmän kehittäjistä riippuen.

Teoriaosuuden tietoja tuki neulosten testaaminen. Suunnitellut testaukset oli rajattu hyvin, koska kehruumenetelmällä on eniten vaikutusta juuri hankauksenkestoon ja nyppyyntymiseen. Muita kehruumenetelmän vaikutusta selventäviä testejä olisi ollut esimerkiksi varsinaisen langan ominaisuuksia, kuten murtolujuutta mittaavat testit.

Kattavamman tuloksen olisi saanut, jos kaikista neuloksista olisi ollut versiot kaikista yleisimmistä kehruumenetelmistä. Verrokkipareina vertaaminen on selkeää, mutta antaa vain osittaisen kuvan eri kehruumenetelmistä. Olisi myös mielenkiintoista tietää, kuinka paljon kehruumenetelmien vaikutukset muuttuisivat eri raaka-aineita käytettäessä.

LÄHTEET

Alagirusamy, R., Das, A. 2010.Technical Textile Yarns – Industrial and Medical Applications. Cambridge: Woodhead Publishing.

Basal, G., Oxenham, W. 2003. Vortex spun yarn vs. air-jet spun yarn. AUTEX Research Journal, Vol. 3 (3), 99. Luettu 19.03.2015.
http://autexrj.com/cms/zalaczone_pliki/1-03-3.pdf

Boncamper, I. 2011. Tekstiilioppi – Kuituraaka-aineet. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Bunsell, A.R. 2009. Handbook of Tensile Properties of Textile and Technical Fibres. Cambridge: Woodhead Publishing.

Ernst, H. 2014. The Rieter Manual of Spinning Volume 5 – Rotor Spinning. Wintherthur: Rieter Machine Works Ltd.

Euratex. 2006. Recommendations concerning characteristics and faults in fabrics to be used for clothing. Technical Clothing Group.

Fourne, F. 1999. Synthetic Fibers – Machines and Equipment Manufacture, Properties. Munich: Hanser Publishers.

Hatch, K. 1993. Textile Science. St Paul, MN: West Publishing Company.

Horrocks, A.R., Anand, S.C. 2000. Handbook of Technical Textiles. Cambridge: Woodhead Publishing.

Iyer, C., Mammel, B. & Schäch, W. 1995. Circular Knitting: technology, process, structures, yarns, quality. 2. painos. Bamberg: Meisenbach GmbH

Klein, W. 2014a. The Rieter Manual of Spinning Volume 1 – Technology of Short-staple Spinning. Wintherthur: Rieter Machine Works Ltd.

Klein, W. 2014b. The Rieter Manual of Spinning Volume 3 – Spinning Preparation. Wintherthur: Rieter Machine Works Ltd.

Klein, W. & Stalder, H. 2014. The Rieter Manual of Spinning Volume 4 – Ring Spinning. Wintherthur: Rieter Machine Works Ltd.

Kozlowski, R. 2012. Handbook of Natural fibres, Volume 1 – Types, Properties and Factors Affecting Breeding and Cultivation. Cambridge: Woodhead Publishing.

Markula, R. 2001. Tekstiilitieto. 9–10. painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Mogahzy,Y. E. El. 2009. Engineering textiles: Integrating the design and manufacture of textile products. Cambridge: Woodhead Publishing.

Muratec. 2015a.Vortex produces a variety of yarn. Luettu 1.4.2015
http://www.muratec-vortex.com/vortex02/?lang=en

Muratec. 2015b. Yarn structure of vortex. Luettu 1.4.2015. http://www.muratec-vortex.com/vortex01/?lang=en

Orneule Oy. 2015a. Ekologisuus. Luettu 22.3.2015. http://www.orneule.fi/?p=tietoa:ekologisuus

Orneule Oy. 2015b. Kuidut ja raaka-aineet. Luettu 22.3.2015. http://www.oneule.fi/?p=tietoa:kuidut_ja_raaka-aineet

Orneule Oy. 2015c. Tuotantolaadut. Luettu 22.3.2015. http://www.orneule.fi/?p=neulokset:tuotantolaadut

Orneule Oy. 2015d. Yritys. Luettu 22.3.2015. http://www.orneule.fi/?p=orneule:yritys

Reijonen, A. 1993. Puuvillatyyppiset Langat. Tekstiililehti 3/1993, 18–19.

Rouette, H-K. 2001. Encyclopedia of Textile Finishing. Berlin: Springer.

SFS-EN ISO 12945-2. Tekstiilit. Kankaiden nöyhtääntymis- ja nyppyyntymisalttiuden määrittäminen. Osa 2: Muunnettu Martindale-menetelmä. 29.1.2001. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 12947-2.Tekstiilit. Kankaiden hankauksenkestävyyden määritys Martindale-menetelmällä. Osa 2: Näytteen rikkoutumisen määritys. 30.6.1999. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 139/A1. Tekstiilit. Ilmastoinnissa ja testauksessa käytettävät vakio-olosuhteet. 23.1.2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 3759. Tekstiilit. Näytteiden valmistelu, merkitseminen ja mittaus mittamuutosten määrittämistä varten. 31.10.2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 5077. Tekstiilit. Mittamuutosten määrittäminen pesussa ja kuivauksessa. 23.6.2008. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-ENV 14237. Tekstiilit terveydenhoidossa. 27.1.2003. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Stalder, H. 2014. The Rieter Manual of Spinning Volume 6 – Alternative Spinning Systems. Wintherthur: Rieter Machine Works Ltd.

Talvenmaa, P. 2002. Tekstiilit ja ympäristö. 2. painos. Tampere: Tekstiili- ja vaatetusteollisuus ry.

Textile School. 2014. Air-Jet Spinning. Luettu 10.11.2014. http://www.textileschool.com/articles/146/air-jet-spinning

VirtuaaliAMK. 2009a. Tekstiilien testaus. Nyppyyntyminen. Julkaistu 2.10.2009. Luettu 23.3.2015.

http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030507/1086702378009/1086704903807/1092231071999/1092231798669.html

VirtuaaliAMK. 2009b. Tekstiilien testaus. Mittamuutos. Julkaistu 2.10.2009. Luettu 23.3.2015. http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030507/1086702378009/1086704903807/1092231071999/1092231766248.html

Walraf, E. 2012. Best Spinning Process Depends on the Material. Julkaistu 22.2.2012. Luettu 19.3.2015. http://cottonpromotion.org/features/best-spinning-process-depends-on-the-material/

Wulfhorst, B., Gries, T. & Veit, D. Textile Technology. 2006. Hanser Publishers.

Änkö, A. 1999. TAMK: Tekstiilitietoutta – Tekstiilimateriaalien testausta. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu