

Kierrätysmateriaaleista valmistettujen kankaiden kestävyysominaisuudet

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka

2021

Enni Arvez

Tiivistelmä

Tekijä(t) Arvez, Enni	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2021
	Sivumäärä 44	
Työn nimi Kierrätysmateriaaleista valmistettujen kankaiden kestävyysominaisuudet		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Kirsti Cura, johtava asiantuntija, Telaketju2-hanke, LAB-ammattikorkeakoulu		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä selvitettiin kierrätysmateriaaleista valmistettujen kankaiden kestävyysominaisuuksia. Tutkittavana oli eri yrityksiltä saadut kuusi kangasta. Niiden soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin arvioitiin tulosten perusteella. Toimeksianto työhön saatiin Telaketju2-hankkeelta.</p> <p>Työ jakaantui teoriaosuuteen sekä kokeelliseen osioon. Teoriaosuus keskittyi tekstiilin kierrätykseen sekä sen ominaisuuksiin ja laatuun. Kokeellinen osio koostui kankaiden laboratoriotestauksesta sekä tulosten raportoinnista ja analysoinnista.</p> <p>Tutkimustuloksia verrattiin kankaiden laatusuositukseen. Vertailun perusteella testattujen kankaiden käyttöä vaatetustarkoituksiin tulisi tutkia lisää. Kankaiden lujuus- ja repeämisominaisuudet olivat hyvällä tasolla, mutta ne kutistuivat loimen suuntaan huomattavasti. Suurin osa kankaista nyppyntyi helposti. Kankaiden epätasainen laatu näkyi monen kankaan kohdalla niistä leikattujen rinnakkaisnäytteiden tulosten vaihteluna. Testit antoivat alustavia tuloksia, joiden pohjalta voidaan suunnitella uusia tutkimuksia kierrätyskankaille, miettiä niille käyttökohteita sekä jatkaa niiden ominaisuuksien kehittämistä haluttuun suuntaan.</p>		
Asiasanat tekstiili, kierrätys, kangas, laatusuositus, testaus		

Abstract

Author(s) Arvez, Enni	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2021
	Number of Pages 44	
Title of Publication Durability properties of fabrics made from recycled materials		
Name of Degree Engineer (UAS)		
Name, title and organization of the client Kirsti Cura, Chief Specialist, Telaketju2 Project, LAB University of Applied Sciences		
Abstract <p>The aim of the thesis was to investigate the durability properties of fabrics made from recycled materials. Six fabrics from different companies were studied. Based on the results, the suitability of the fabrics for different end uses was evaluated. The thesis was commissioned by the Telaketju2 Project.</p> <p>The thesis was divided into a theory section and a study section. The theory section focused on textile recycling, textile properties and the quality of textiles. The study section consisted of fabric laboratory testing, as well as reporting and analyzing the results.</p> <p>The study results were compared to quality recommendations for fabrics. Based on that comparison, the suitability of fabrics for clothing purposes should be studied more. The tensile and tear properties of the fabrics were at a good level, but they shrank considerably in the warp direction when washed. Most of the fabrics became pilled easily. There were differences in some of the results between the samples cut from a fabric, which showed the uneven quality of the fabrics. The tests gave preliminary results that can be utilized as a basis for later studies, as well as for finding end uses for fabrics made from recycled materials and keeping on developing their properties in the desired direction.</p>		
Keywords textile, recycling, fabric, quality recommendation, testing		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tekstiilin kierrätys	2
2.1	Kierrättämisen tarkoitus	2
2.2	Poistotekstiili.....	2
2.3	Tekstiilin erilliskeräys	5
3	Tekstiilin laatu.....	7
3.1	Laadun määrittely	7
3.2	Tekstiililaadun arviointi.....	8
3.3	Laatusuosituksset.....	10
4	Kierrätysmenetelmät ja niiden vaikutus kuidun laatuun	11
4.1	Yleiskuvaus eri materiaaleille sopivista kierrätysmenetelmistä.....	11
4.2	Mekaaninen kierrätysprosessi	12
4.3	Kemiallinen kierrätysprosessi	13
4.4	Terminen kierrätysprosessi.....	14
5	Tekstiilin ominaisuudet.....	16
5.1	Mekaaniset ominaisuudet	16
5.2	Tekstiilin testaus	18
6	Kankaiden testaus	19
6.1	Tutkittavat materiaalit.....	19
6.2	Käytetyt menetelmät ja standardit.....	21
7	Tulokset ja niiden analysointi	24
7.1	Kankaiden tarkastelu	24
7.2	Suurin voima ja sen aiheuttama venymä	25
7.3	Repeämisvoima.....	28
7.4	Hankauskestävyys.....	29
7.5	Värinkesto	32
7.6	Mittapysyvyys pesussa	33
7.7	Nyppyntyminen	34
8	Yhteenveto	37
	Lähteet	39

1 Johdanto

Nykyinen muotikulttuuri lisää tekstiilijätteen määrää ja ympäristölle aiheutuvaa kuormitusta. Vaatteiden lyhytikäisyys, nopeasti vaihtuva muoti ja puutteellinen tekstiilin kierrätys ovat luoneet globaalin ongelman. Tähän on kuitenkin havahduttu ja toimia tilanteen parantamiseksi on jo monin paikoin tehty. Painetta muutokseen tulee myös päättäjiltä, sillä Euroopan unionin jäsenvaltioiden tulee järjestää tekstiilin erilliskeräys vuoden 2025 alusta alkaen (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2018/851 11 §, kohta 1).

Kun tekstiilin kierrätys lisääntyy erilaisten kierrätysprosessien avulla, on hyvä tietää, mihin ja minkälaisiin tarkoituksiin kierrätystekstiileitä voitaisiin hyödyntää. Pelkkä tekstiilin kierrättäminen ei riitä, vaan kierrätysprosesseista saadulle kierrätyskuidulle tulee löytää käyttökohteita. Testaamalla tekstiileitä saadaan tärkeää tietoa niiden ominaisuuksista ja soveltuvuudesta eri käyttötarkoituksiin (Collier & Epps 1999, 14–15).

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Telaketju2-hankkeelle. Kyseessä on yhteistyöverkosto, joka toiminnallaan kehittää tekstiilin kierrätystä. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää yritysten kierrätysmateriaaleista kudottujen kankaiden kestävyysominaisuuksia. Testaamalla kankaita halutaan saada alustavia testituloksia, joita voidaan hyödyntää kierrätyskankaiden käyttökohteita arvioitaessa.

Internetin tieteellisiin artikkeleihin suunnatuista hakupalveluista on vaikea löytää tutkimuksia, joissa olisi testattu pelkästään eri kierrätysmateriaaleista valmistettujen kudottujen kankaiden kestävyysominaisuuksia ja vertailtu niiden arvoja vastaaviin neitseellisiin kankaisiin tai yleisiin tekstiilin laatusuosituksiin. Tämä osoittaa, että kierrätyskankaiden ominaisuuksista tehtyjä tutkimuksia ei ole vielä laajemmin saatavilla.

Teoriaosuus ja kokeellinen osio muodostavat opinnäytetyön kokonaisuuden. Teoriaosuus käsittelee tekstiilin kierrätystä ja kierrätysmenetelmiä, tekstiilin ominaisuuksia sekä laatu-käsitystä. Kokeellisessa osiossa testataan kuudesta eri kankaasta repeämis- ja lujuusominaisuuksia, värin- sekä hankauksen kestoa ja nyppyyntymistä. Näitä ominaisuuksia testataan eri tekstiilistandardeja mukaillen. Saatujen tulosten perusteella arvioidaan kankaiden soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin. Arvioinnissa käytetään apuna muun muassa Euratex Technical Clothing Groupin (2006) kankaille ja vaatteille määrittämiä laatusuosituksia.

2 Tekstiilin kierrätys

2.1 Kierrättämisen tarkoitus

Nykyisellä muotiteollisuudella on monia haitallisia vaikutuksia ympäristölle ja yhteiskunnalle. Ala tuottaa maailman hiilidioksidipäästöistä noin 10 prosenttia ja jätevesistä lähes 20 prosenttia. Tekstiilin tuotannon kaksinkertaistuessa vuosien 2000 ja 2014 aikana, on tekstiilin käyttöikä sen sijaan puolittunut. (United Nations Economic Comissions for Europe 2018.) Tämä kuvastaa hyvin nykymuodin toimintamallia, jossa tekstiilituotteita ostetaan paljon, käytetään hetken aikaa ja sen jälkeen poistetaan käytöstä. Tämä ei ole kestävää toimintaa, ja tilanteen parantamiseksi tekstiilin uudelleenkäyttöä ja kierrätystä pyritään tehostamaan.

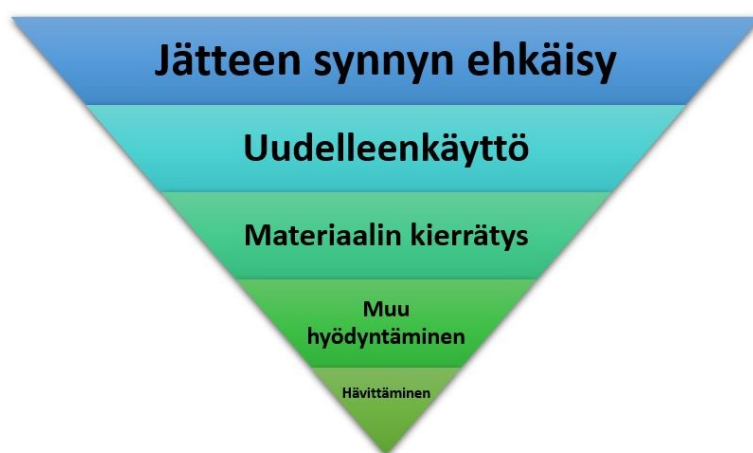
Luonnonvarojen ylikulutukseen perustuva talouskasvu ja hyvinvointi ovat johtaneet kestävyyskriisiin. Tämän kriisin selättämiseen esitetään hiilineutraalin kiertotalouden käyttöönottoa, jonka avulla tuotannon ja kulutuksen aiheuttamaa painetta maapallon kantokyvyille voitaisiin pienentää. Kiertotalouden ideana on, että materiaaleja ei hukata hävittämällä, vaan niitä hyödynnetään erilaisiin käyttötarkoituksiin mahdollisimman pitkään. Tällä pyritään hillitsemään luonnonvarojen kulutusta. Tuotteiden kierrätys, jakaminen, lainaaminen ja korjaaminen ovat osa toimivaa kiertotaloutta. (Valtioneuvosto 2021, 26.)

Euroopan komissio (2021, 2–3) on luonnostellut strategiaa, jonka avulla pyritään tarjoamaan alueen tekstiiliteollisuudelle puitteet kestävää kehitystä tukevan ja kilpailukykyisen toiminnan mahdollistamiseksi. Aloitteessa mainitaan mahdollisten tavoitteiden asettamisesta tekstiilin kierrätyksen ja keräyksen tehostamiseksi entisestään. Suunnitelmalla halutaan löytää keinoja, jotka vahvistaisivat arvoketjujen läpinäkyvyyttä ja avoimuutta, tukisivat ympäristövelvoitteiden hoitoa ja turvaisivat ihmisoikeuksien toteutumista.

2.2 Poistotekstiili

Poistotekstiiliä on kaikki se tekstiili, mikä on jäänyt omistajalleen tarpeettomaksi. Tähän luokituu sekä käyttökelpoiset tekstiilituotteet kuin sellaisenaan uudelleenkäyttöön sopimaton tekstiilijäte. Tekstiiliteollisuudessa syntyy myös leikkuujätettä, jolla tarkoitetaan leikkuuprosessissa muodostuvaa ylijäämämateriaalia. Jossain tapauksissa kyseinen ylijäämämateriaali voidaan luokitella sivutuotteeksi, jota jätelain mukaiset hallinnolliset menettelyt eivät koske. (Salmenperä 2017, 2.) Poistotekstiilit voivat olla peräisin kotitalouksista, pesuloista, teollisuuden sivuvirroista, työvaatteiden valmistajilta, kauppojen poistoista, tekstiilipalvelujen tuottajilta sekä esimerkiksi hyväntekeväisyystoimijoiden tekstiilijätteestä. (Kokkonen 2020b, 5.)

Jätehierarkian etusijajärjestyksessä (kuvio 1) korkeimmalla sijalla on jätteen synnyn ehkäisy. Kamppuri ym. (2019, 5) toteavat raportissaan, että jätteen määrää voidaan vähentää poistotekstiilin tehokkaalla uusiokäytöllä, joka menee etusijajärjestyksessä kierrätyksen edelle. Poistotekstiilille löytyy paljon hyödyntämiskohteita kiertotaloudessa. Tekstiiliä voidaan käyttää uudelleen sellaisenaan, tai siitä voidaan luoda uusia tekstiilituotteita hyödyntämällä siitä saatavaa kangasta ja muita tarvikkeita. Vaikka kuvion 1 mukaisesti kierrätys on vasta kolmantena etusijajärjestyksessä, ei kaikkea tekstiiliä mitenkään pystytä hyödyntämään suoraan uusiokäyttöön. Siksi toimivia kierrätysprosesseja täytyy olla saatavilla. (Kamppuri ym. 2019, 5.)



Kuvio 1. Jätehierarkian etusijajärjestys (mukailtu Euroopan komissio 2008, Heikkilä 2020a mukaan)

Poistotekstiilistä voidaan valmistaa esimerkiksi parkettilattioiden alusmattoja, tai sitä voidaan käyttää komposiitin yhtenä raaka-aineena. Autoteollisuudessa poistotekstiiliä voidaan käyttää äänieristeissä, pehmusteissa ja kojelautojen komposiittirakenteissa. Monilla kotimaan yrityksillä on jo paljon kokemusta keräysmateriaalien käytöstä. Yksi näistä yrityksistä on Dafecor, joka on hyödyntänyt tuotannossaan tekstiiliteollisuuden ylijäämiä jo 1990-luvulta lähtien. (Turunen 2020, A 41.) Jätehuoltoon saapuvalle poistotekstiilijätteelle tehdään laaduntarkistus, jonka perusteella tekstiili ohjataan kohti oikeaa hyödyntämiskanavaa. Lounais-Suomen Jätehuoltoon päätyvästä poistotekstiilistä hyvälaatuisimmat myydään yhtiön poistotekstiilimyymälässä, osa menee pienyrityksiin uusien tuotteiden valmistusta varten ja kiertoon kelpaamattomat materiaalit hyödynnetään energiana jätteenpolttolaitoksissa. (Lounais-Suomen Jätehuolto.)

Tekstiilipoistot Suomessa

Suomessa vuosittaiset vaatteiden ja kodintekstiilien hankintamäärät liikkuvat noin 70 000 tonnissa, mikä tarkoittaa 13 kiloa tekstiilituotteita asukasta kohden. Melkein tämän saman verran tekstiilejä myös poistuu käytöstä joka vuosi. Hieman yli viidennes näistä tekstiileistä päätyy lahjoituksina hyväntekeväisyyteen, joista suurin osa käytetään uudelleen joko Suomessa tai ulkomailla. (Dahlbo ym. 2015, 8.) Poistotekstiilistä suunnilleen 80 prosenttia kulkeutuu siis sekajätteen mukana jätteenpolttolaitoksiin energiaksi (Mäki 2018). Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (2018, 23) tekemän kotitalouksien sekajätteen koostumustutkimuksen mukaan vuonna 2018 tekstiilien ja jalkineiden osuus kaikesta pääkaupunkiseudun sekajätteestä oli 5,8 prosenttia.

Dahlbo ym. (2015, 19, 28, 30) toteavat TEXJÄTE-hankkeen raportissaan, että tekstiilijätettä muodostuu eniten juuri kotitalouksissa. Yhtenä osana kyseistä hanketta kuluttajille teetettiin vuonna 2013 sähköinen kysely, jolla pyrittiin saamaan tietoa kuluttajien tekstiilipoistoista sekä kierrätystottumuksista. Kyselyn perusteella miltei jokainen vastaaja kierrättää käyttökelpoiset vaatteensa. Suurin osa tekstiilituotteista lahjoitetaan hyväntekeväisyyteen. Hankkeessa tehtiin tiedustelu myös suurimpiin hyväntekeväisyysjärjestöihin päätyvän tekstiilin liikkeistä ja määristä. Tulosten mukaan vuonna 2012 noin viidennes järjestöille saapuvista tekstiileistä meni sellaisenaan uusiokäyttöön Suomessa ja noin puolet päätyi muihin maihin.

Lähes kaikki hotellien, sairaaloiden ja ravintoloiden käyttämät tekstiilituotteet vuokrataan pesuloilta, minkä vuoksi laitostalouksien tekstiilipoistoihin keskittyvä kysely suunnattiin suoraan viidelle suurimmalle pesulalle. Vuoden 2012 aikana näistä pesuloista muodostui tekstiilipoistoja 473 000 kilon verran, joista miltei 70 prosenttia lajiteltiin energiajätteeseen ja hieman yli 30 prosenttia päätyi materiaalihyödyntämiseen. Vain alle puoli prosenttia kaikesta poistetusta tekstiilistä meni sellaisenaan uudelleenkäyttöön. (Dahlbo ym. 2015, 17–18.)

Huttusen (2014, 22, 33–35) tekemän opinnäytetyön yhtenä tarkoituksena oli selvittää kotimaisten tekstiileitä valmistavien yritysten leikkuujättemääriä. Kyselyyn vastanneista 20 toimipisteestä 12:lla kaikki syntyvä tekstiilijäte päätyi energiahyödyntämiseen vuonna 2013. Toisaalta monissa näistä toimipisteistä oli raportoimatonta tai sisäistä kierrätystä, jota ei ollut otettu tässä huomioon. Vastanneiden yhteenlaskettu tekstiilijättemäärä oli samaisena vuonna 496 tonnia. Vaikka tekstiiliä päätyi eniten energiajätteeksi, löytyi valtaosalla vastanneista kiinnostusta kierrätyksen parantamiseen.

Tekstiilipoistot ulkomailta

Maailman tekstiiliteollisuuden on arvioitu tuottaneen 92 miljoonaa tonnia tekstiilijätettä vuonna 2015 ja määrän arvioidaan nousevan jopa 148 miljoonaan tonniin vuonna 2030 (The Boston Consulting Group & Global Fashion Agenda 2017, 10, 12). Kaiken tekstiilituotannon kokonaismateriaalipanoksesta vain 13 prosenttia päätyy käytön jälkeen jollain tavalla kiertoon. Jos puolestaan tarkastellaan pelkkien vaatekappaleiden uusiokäyttöön tai kierrätykseen menevää osuutta, nousee maailman keskimääräinen keräysaste noin 25 prosenttiin. Vaatteiden kierrätyksessä ja uudelleenkäytössä on kuitenkin maiden välillä mittavia eroja. (Ellen MacArthur Foundation 2017, 20, 37.)

Erilliskeräykseen päätyvää poistotekstiiliä syntyy Euroopan Unionin alueella 2,8 miljoonaa tonnia vuodessa (Suomen Tekstiili & Muoti ry 2020). Yhdysvalloissa ja Kiinassa vaatteiden keräysaste liikkuu 10-15 prosentin tuntumassa, kun taas Saksassa käytöstä poistetuista vaatteista keräykseen päätyy jopa 75 prosenttia. Kaikissa maissa ei vielä ole sellaista infrastruktuuria, joka mahdollistaisi tekstiilin keräyksen. Tämä puuttuu etenkin monista Afrikan ja Aasian maista. Monesti korkean tulotason maista kuljetetaan käytettyjä vaatteita juuri niihin maihin, joissa infrastruktuuri on heikko. Toimivien keräysjärjestelmien puute tekstiiliä vastaanottavissa maissa johtaa siihen, että uusiokäyttöön tarkoitetut vaatteet kulkeutuvat suurelta osin kaatopaikalle tai niitä hyödynnetään raaka-aineena vähempiarvoisissa käyttökohteissa. (Ellen MacArthur Foundation 2017, 37.)

2.3 Tekstiilin erilliskeräys

Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin neuvosto ovat asettaneet jäsenvaltioilleen tekstiilin erilliskeräysvelvoitteen vuoteen 2025 mennessä. Velvoitteen tarkoituksena on edistää jäsenvaltioissa tapahtuvaa tekstiilin kierrätystä ja uudelleenkäyttöä. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2018/851 11 §, kohta 1.) Suomessa poistotekstiiliä aloitetaan keräämään omana jakeenaan jo vuonna 2023 (Mäki). Jotta tarpeettomaksi käyneitä tekstiilejä voitaisiin hyödyntää, on oleellista kehittää tekstiilin jatkojalostukseen soveltuvia järjestelmiä. Lounais-Suomen Jätehuolto on koordinoinut poistotekstiilin keräyskokeilua, jonka avulla on pystytty kerryttämään tarpeellista tietoa poistotekstiilin hyödyntämismahdollisuuksista. Poistotekstiilin keräykseen, lajitteluun sekä prosessointiin on valmistauduttu hyvin Suomessa, mutta ongelmaksi voi osoittautua sellaisten tahojen löytyminen, jotka haluavat ja pystyvät hyödyntämään kuluttajilta saatua poistotekstiiliä. (Knuutila ym. 2018.)

Lounais-Suomen Jätehuolto kehittää yhdessä kuntien jätelaitosten sekä Telaketju-verkoston kanssa valtakunnallista kuluttajien poistotekstiilien keräyskonseptia, joka mahdollistaisi koko Suomen kattavan poistotekstiilin keräysjärjestelmän vuoteen 2023 mennessä. Kuntien

omistamien jätelaitosten tehtävänä on hoitaa vastualueidensa kuluttajien poistotekstiilin keräys ja esilajittelu. Keräyspaikan läheisyydessä tapahtuva esilajittelu vähentää turhaa kuljetusta ja pienentää tekstiilin pilaantumisriskiä, koska ylimääräinen siirtely ja varastointi jäävät pois. Tämän jälkeen esilajiteltu tekstiili toimitetaan jalostuslaitokseen. Lopullisen poistotekstiilin jalostuslaitoksen on tarkoitus toimia Turun Topinpuistossa, mutta sitä ennen toimintaa testataan Paimioon sijoitettavassa poistotekstiilien käsittelylinjastossa. (Kokkonen 2020b, 2–4, 6, 10–11.)

Paimiossa aloittaa toimintansa myös poistotekstiiliä käsittelevä jalostuslaitos vuoden 2021 aikana. Laitoksen rakennuttajana toimii Rester Oy, joka tulee käsittelemään laitoksessa teollisuuden hukkamateriaalia sekä yritysten poistotekstiiliä. Samaan kiinteistöön tulee vuokralle aikaisemmin mainittu Lounais-Suomen Jätehuollon poistotekstiilien käsittelylinjasto. Laitoksessa on mahdollista käsitellä jopa 12 000 tonnia poistotekstiiliä. Siitä saadaan lopulta kierrätyskuitua, jota voidaan hyödyntää teollisuudessa monien eri tekstiilien ja materiaalien raaka-aineena. (Lounais-Suomen Jätehuolto ym. 2020.)

Kunnat eivät ole vastuussa yritystoiminnan kautta syntyvästä poistotekstiilin keräyksestä. Yritysten tulee itse huolehtia toiminnassa syntyvän jätteen, tässä tapauksessa tekstiilijätteen, vastaanottopalveluista. Tätä varten on kehitetty Materiaalitori.fi-portaali, josta toiminnanharjoittaja voi löytää tarvitsemansa jätehuoltopalvelun. Tarvittaessa käsittely- ja vastaanottopalvelu hoidetaan Lounais-Suomen Jätehuollon kautta, mutta vain tietyin ehdoin. (Kokkonen 2020a, 9.)

Suomen Tekstiili & Muoti ry (2020) on ehdottanut yhdessä neljän eurooppalaisen sisarjärjestön sekä Euratexin kanssa tekstiilikierrätyksen keskittymien eli hubien perustamista viiteen eri Euroopan unionin jäsenvaltioon, joista yksi olisi Suomi. Syntyvästä poistotekstiilimäärästä halutaan hyötykäyttöön mahdollisimman suuri osa, ja tähän ratkaisuksi on nyt kaavailtu koko Euroopan kattavaa järjestelmää poistotekstiileille. Suomeen mahdollisesti sijoitettavaan kierrätyskeskittymään voitaisiin tuoda tekstiiliä ympäri Pohjois-Eurooppaa. Järjestelmällä pyritään kehittämään poistotekstiilien hyödyntämistä sekä helpottamaan Euroopan komission kiertotaloussuunnitelman toteutusta. (Suomen Tekstiili & Muoti ry 2020.)

3 Tekstiilin laatu

3.1 Laadun määrittely

Yleensä kun halutaan kuvailla tuotteen laatua, puhutaan joko hyvälaatuisesta tai huonolaatuisesta tuotteesta. Hyvälaatuinen tuote mielletään kestäväksi, käyttötarkoitukseen sopivaksi ja se täyttää sille asetetut odotukset. Huonolaatuinen tuote koetaan sen sijaan ominaisuuksiltaan heikommaksi, ja se voi tämän vuoksi esimerkiksi hajota käytössä hyvälaatuista herkemmin. Toisaalta vaikka jonkun mielestä tuote olisi hyvälaatuinen, ei se välttämättä ole sitä kaikille, koska laadun tulkitsemiseen vaikuttaa voimakkaasti jokaisen ihmisen subjektiivinen kokemus asiasta. Laadun määrittelemisen ei siis selkeästikään ole helppoa. Kotimaisten kielten keskuksen (2020) laatiman sanakirjan mukaan laadulla tarkoitetaan jonkun asian tai esineen ominaisuuksia, eli sille tyypillistä kvaliteettia, luonnetta ja olemusta.

Laadun määrittelyssä voidaan käyttää apuna erilaisia lähestymistapoja. Laatu voidaan jakaa objektiiviseen ja subjektiiviseen laatuun tai sitä voidaan käsitellä neljästä eri lähtökohdasta käsin. Tuotteella odotetaan olevan tietyt ominaisuudet, joiden vuoksi se soveltuu hyvin käyttötarkoitukseensa. Nämä ominaisuudet määrittävät tuotteen objektiivista laatua. Subjektiivisella laadulla tarkoitetaan puolestaan sitä käsitystä laadusta, mitä käyttäjän omat kokemukset muovaavat. Jokainen yksilö siis käsittää ja määrittää laadun omasta näkökulmastaan katsottuna. (Räisänen ym. 2017, 236.) Tähän subjektiiviseen laatuun liittyy aikaisemmin kuvattu huomio siitä, kuinka saman tuotteen laatu voidaan käsittää eri tavoin. Voitaisiin siis ajatella, että tuotteen ominaisuudet asettavat raamit laadulle, mutta laatuikäisyyttä täydentää ihmisen henkilökohtainen näkemys ja kokemus tuotteesta.

Muita lähestymistapoja laadun tarkastelemiseen ovat tuotelähtöinen, käyttäjälähtöinen, arvolähtöinen sekä tuotantolähtöinen ja valmistuskeskeinen lähestyminen. Tuotelähtöisessä lähestymistavassa laatu määritetään tuotteen ominaisuuksien kautta. Tuotteen ominaisuuksia mitataan esimerkiksi standardien mukaisilla testeillä, ja niistä saatujen tulosten perusteella tuotteen laatua arvioidaan objektiivisesti. (Räisänen ym. 2017, 236.)

Käyttäjälähtöisessä lähestymisessä on samaa kuin subjektiiviseen laatuun perustuvassa määrittelyssä, eli siinä tuotteen laatu määräytyy henkilökohtaisista näkemyksistä käsin. Tässä lähestymistavassa laatua tarkastellaan esimerkiksi sen perusteella, millaista käyttöä tai hyötyarvoa tuote käyttäjälleen tuo. Monesti käyttäjät määrittelevät tuotteen laadun myös sen mukaan, minkä hintainen tuote on ja mitä rahalle saadaan vastineeksi. Kokemukseen siitä, onko tuote hintansa väärsti, vaikuttaa tuotteen ominaisuuksien lisäksi muun muassa tuotetta valmistavan yrityksen arvomaailma. Tällainen lähestymistapa on arvolähtöinen. Laatua voidaan lähestyä vielä tuotannon ja valmistuksen näkökulmasta. Tällöin tuotteen

laatukriteerit tulevat valmistajan ja yrityksen suunnalta, jolloin asetettuja kriteereitä ohjailee laadun lisäksi toiminnan kannattavuus. (Räisänen ym. 2017, 236.)

3.2 Tekstiililaadun arviointi

Änkö (2018) kuvailee blogitekstissään laatukäsitystä osittain myös tekstiililaboratorion näkökulmasta käsin. Tekstiilituotteen laatua saatetaan arvioida sen mukaan, mistä raaka-aineesta se on valmistettu tai miten hyvin se on ommeltu. Tekstiilimateriaaleja testaavalle laboratoriolle laatu on kuitenkin paljon muutakin, eikä tuotteen laatua pystytä aina määrittelemään raaka-ainetietojen, hinnan tai tuotteen visualisoinnin perusteella. Blogissa pohditaan, että jos tuote soveltuu hyvin käyttötarkoitukseensa, on sen laatu tällöin kohdallaan.

Vaate valmistetaan tiettyä käyttötarkoitusta varten, jolloin siihen käytettävät raaka-aineet valitaan sen mukaisesti. Oikean raaka-aineen valinnalla on vaikutusta valmistettavan tekstiilin laatuun, mutta se ei yksinään määritä sitä. Samasta raaka-aineestakin voi syntyä laadultaan vaihtelevaa kuitua, kuten esimerkiksi puuvillasta saatava parempilaatuinen pidempi kuitu tai heikkolaatuinen lyhyempi kuitu. Blogissa todetaan lisäksi, että vaatteen pitkäikäisyys ja ekologisuus ovat osa laatua. (Änkö 2018.)

Björk (2014, 78–80) selvitti Pro gradu -työssään, millaisia näkemyksiä suomalaisilla naiskuluttajilla on laadukkaasta vaatteesta. Tutkimuksen lomakekyselyyn vastasi 169 naista. Tulosten mukaan merkittävimmät syyt laadukkaan vaatteen hankintaan ovat parempi hinnan ja laadun kohtaaminen sekä ympäristönäkökulma. Laadukas vaate koetaan pitkäikäisyyden vuoksi hintansa arvoiseksi sekä ympäristöystävällisemmäksi valinnaksi. Tämän tutkimuksen tuloksissa tuli esille jo monesti aikaisemminkin esitetty asia, eli laatukäsityksen linkittyminen käyttötarkoitukseen; kun vaate toimii käyttötarkoituksessaan moitteettomasti, on kyseessä tällöin laadukas tuote. Kuviossa 2 on eritelty työssä esitetyt vaatteen laatuominaisuuksien pääkategoriat ja niihin vaikuttavat tekijät. Vastausten perusteella näistä tärkein vaatteen laatua määrittelevä ominaisuus on kestävyys.



Kuvio 2. Laatuominaisuuksien pääkategoriat ja osatekijät (mukailtu Björk 2014, 81)

Yksittäisen kuluttajan voi olla vaikea tunnistaa, milloin kyseessä on laadukas vaate. Vaateen valinnassa on hyvä kiinnittää huomiota vaateen materiaaleihin, jotka selviävät pesulappuun kurkistamalla. Toisaalta samankin materiaalin sisällä voi olla laatueroja, joten pelkkä materiaalin selvittäminen ei aina riitä. Laadun arviointia tukeekin vaateen konkreettinen tunnustelu sekä ompelujäljen tarkastus. On hyvä muun muassa testata, palautuuko neule takaisin venytyksen jälkeen ja miltä se ylipäättään tuntuu. Napakka kangas on yleisesti yksi laadukkaan vaateen ominaisuuksista. Ompelujälki kertoo taas omalta osaltaan vaateen laadusta, koska huolellisesti ja siististi tehty ompelutyö kuvastaa usein koko tuotteen laadukkuutta. (Kekäle.)

Lähtökohtaisesti vaatteissa kannattaa suosia luonnonkuituja kuten villaa ja pellavaa. Tekokuitujen käyttö mahdollistaa vaatteiden edullisemmän hintatason, mutta laatuun se voi vaikuttaa negatiivisesti. Toisaalta tekokuidut voivat parantaa tietyissä käyttötarkoituksissa kangasominaisuuksia, jolloin niiden käyttö on perusteltua. Esimerkiksi polyamidin käyttö tekee neuleesta joustavampaa ja kestävämpää, mutta sen osuus vaateen materiaaleista tulisi pysyä alle 30 prosentissa. (Kekäle.) Myös tekstiiliasiantuntija Cura (2018) arvioi, että laadukkaan neuleen olisi hyvä koostua ainakin 70-prosenttisesti luonnonkuiduista (Rantalainen 2018). Keinokuiduista akryyli nousi monessa eri lähteessä vältettävien materiaalien listalle, koska se nyppyyntyy helposti ja tekee vaatteesta resuisen näköisen (Cura 2018, Rantalaisen 2018 mukaan; Kekäle; Saramäki, Kierrätyskeskuksen mukaan).

3.3 Laatusuositukset

Erilaisia standardeja on kehitetty turvaamaan tuotteiden laatu ja turvallisuus. Kun jokin tuote on standardien mukainen, on se silloin tuotettu yleisesti hyväksytyjä toimintatapoja noudattaen. Standardit voivat olla kansallisia, eurooppalaisia tai maailmanlaajuisia. Turvallisuuden tai terveyteen liittyvät standardit ovat yleensä pakollisia, koska niillä on monesti yhteys myös lainsäädäntöön. Suurinta osaa muista standardeista suositellaan noudatettavan, mutta kyseessä on suositus ei vaatimus. (Pylkkänen.) Tekstiilialaa ohjaavat myös monet eri standardit. Standardisoimisyhdistys TEVASTA ry:n ja Suomen Standardisoimisliiton (2017) esitteeseen on koottu yhteen tärkeimpiä tekstiilistandardeja, jotka liittyvät muun muassa tuotteen turvallisuuteen, laatuvaatimuksiin ja ominaisuuksien sekä laadun määrittelyyn. Tämän työn kokeellisessa osiossa on käytetty tekstiilin ominaisuuksien ja laadun määrittelyyn tarkoitettuja standardeja, joista tarkemmin luvussa 6.2.

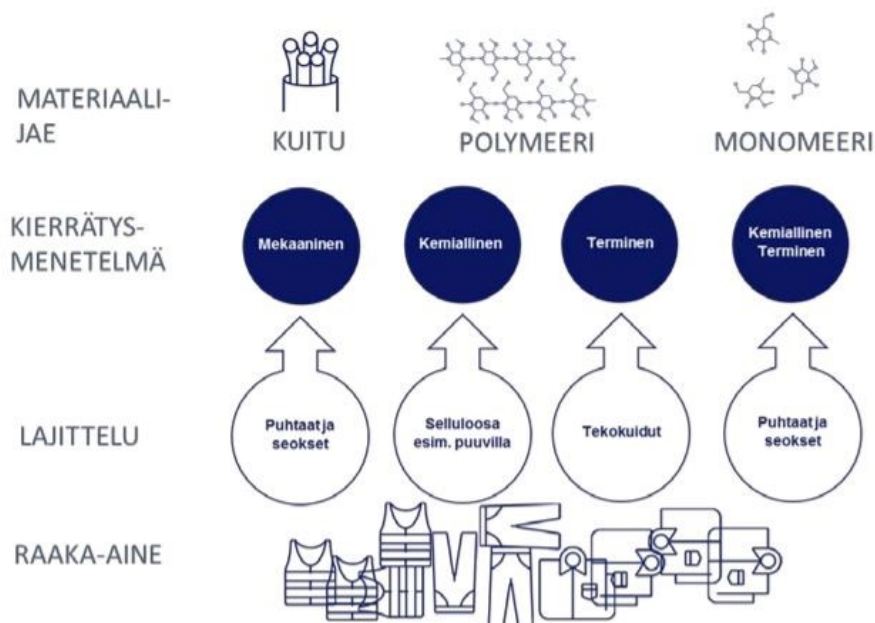
Euratex Technical Clothing Group (2006, 13, 67) on tehnyt suosituksia, joiden avulla pyritään määrittelemään, millaisia ominaisuuksia juuri tietyllä vaatekappaleella tulisi olla. Eri vaatteille on omat minimilaatustandardinsa (minimum quality standard). Vaatekappaleet on jaettu 11:een eri kategoriaan, ja jokaiselle on määritetty huolto-ominaisuudet, värinpitävyys, fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet sekä mitanpitävyys. Kategorioista lähempään tarkasteluun otetaan jacket ja coat, koska opinnäytetyössä testataan toimikkaita ja palttinaa, joiden voitaisiin ajatella soveltuvan vaikka takkikankaaksi.

Takit voidaan yleisemmin luokitella kevyeen ja korkeintaan lantiolle asti ulottuvaan takkiin (jacket) sekä jyrkempään ja pidemmälle ulottuvaan takkiin (coat) (Land's End). Näiden kahden kategorian väliltä löytyy eroja Euratex Technical Clothing Groupin (2006, 67–68) suosituksissa. Kevyemmälle takille ei suositella lainkaan vesipesua, mutta jyrkemmän takin voi suositusten mukaan pestä 40 asteessa. 20 dekanewtonia on määritetty molemmille takkilaaduille murtolujuudeksi. Kevyemmän takin venymäprosentti tulisi olla välillä 12,5-40 ja paksumman takin välillä 12,5-50. Hankauslujuuden minimisuositus on molemmissa sama, eli yhdeksän kilopascalin kuormituksella 16 000 kierrosta.

4 Kierrätysmenetelmät ja niiden vaikutus kuidun laatuun

4.1 Yleiskuvaus eri materiaaleille sopivista kierrätysmenetelmistä

Tekstiilin kierrätykseen voidaan käyttää termistä eli lämpöön perustuvaa, mekaanista tai kemiallista kierrätysprosessia. Poistotekstiilin materiaali on ensin tunnistettava, jotta se pystytään kierrättämään prosessien kautta takaisin eri teollisuudenalojen raaka-aineeksi. (Heikkilä 2020b.) Alla olevassa kuviossa 3 havainnollisesta, mitä materiaalijaetta syntyy käyttämällä eri kierrätysmenetelmiä ja raaka-aineita. Kamppurin ym. (2019, 5) mukaan kierrätysmenetelmän valintaan vaikuttaa tekstiilin materiaali, joka määrittää lajitteluvaiheessa. Oikean menetelmän valinnalla halutaan turvata kierrätysmateriaalin toivotunlainen laatu.



Kuvio 3. Raaka-aineen lajittelu, kierrätysmenetelmät ja syntyvä materiaalijae (Kamppuri ym. 2019, 5)

Seuraavissa luvuissa käydään tarkemmin läpi eri kierrätysmenetelmien toimintamekanismeja ja niiden vaikutuksia kuidun laatuun. Alla oleva taulukko 1 toimii hyvänä johdantona aiheeseen, koska siitä löytyy tietoa neljän eri kierrätyskuidun soveltuvuudesta mekaaniseen ja kemialliseen kierrätykseen sekä kierrätyskuidun ominaisuuksista neitseelliseen kuituun verrattuna.

Kuitutyyppi	Yleiskuvaus	Mekaaninen kierrätys	Kemiallinen kierrätys
Kierrätetty polyesteri	Käyttökohde huomioiden kierrätyspolyesteri soveltuu ominaisuuksiltaan käytettäväksi neutseellisen polyesterin tavoin, kunhan kierrätettävä materiaali on puhdasta (esimerkiksi PET-pullojen puhtaus ja väri).	Voidaan kierrättää vain muutamia kertoja, koska tällä kierrätysmenetelmällä on haitallisia vaikutuksia molekyyliarakenteeseen.	Materiaalia voidaan kierrättää moneen kertaan ja laatu saadaan vastaamaan neutseellista polyesteriä, mutta menetelmänä vielä kallis ja vähän käytetty.
Kierrätetty polyamidi /nailon	Kierrätetty polyamidi voi olla ominaisuuksiltaan neutseellisen polyamidin tasosta, mutta kierrätys on haastavaa, koska kierrätettävä polyamidi on usein liian heterogeenistä.	Vähän käytetty menetelmä.	Materiaalia on mahdollista kierrättää moneen kertaan ja laatu on hyvää, mutta menetelmä heikosti saatavilla.
Kierrätetty puuvilla	Kierrätettävä puuvilla on usein värjättyä ja mekaanisesta prosessista syntyvä kierrätysmateriaali moniväristä, jolloin sen jatkokäsittely vaikeutuu.	Puuvillakuidun katkeaminen prosessin aikana tekee siitä laadultaan neutseellista kuitua heikompaa. Soveltuu lähinnä sekoitteisiin.	Voitaisiin mahdollisesti hyödyntää lähtöaineena viskoosin ja lyocelin valmistuksessa.
Kierrätetty villa	Villaa on kierrätetty jo pitkään mekaanisesti.	Kierrätetty villa on lyhyempää katkokuitua kuin neutseellinen villa (paitsi jos kierrätetään vain kerran). Villasta voidaan tehdä sekoitteita, jolloin kierrätysvillan osuus saa olla enimmillään noin 70 %.	Ei käytettävissä.

Taulukko 1. Kierrätettyjen kuitujen yleiskuvaus ja soveltuvuus kierrätysprosesseihin (mukailtu Rengel 2017, 15)

4.2 Mekaaninen kierrätysprosessi

Mekaanisella kierrätysmenetelmällä saadaan kuitua repimällä tekstiilimateriaali uudelleen auki. Kuidun rakenne kuitenkin kärsii repimisestä, mikä vaikuttaa negatiivisesti kuidun laatuun. (Suomen Tekstiili ja Muoti ry.) Vaikka neutseellinen kuitu on laadultaan mekaanisesti kierrätettyä kuitua parempaa, löytyy kierrätyskuidulle paljon käyttökohteita. Monissa tilanteissa mekaanisesti kierrätetyn kuidun laatu on täysin riittävää, ja sitä pystytään käyttämään neutseellisen kuidun sijasta. Aurasen opinnäytetyötä varten teetettyjen haastattelujen perusteella kierrätetyn tekstiilin laatu tulee olla yhtä hyvää kuin neutseellisen tekstiilin, jotta tuote menisi kaupaksi. Yrityksissä kierrätyskuitu mielletään monesti neutseellistä kuitua halvemmaksi vaihtoehdoksi, vaikka näin ei suinkaan aina ole. (Auranen 2018, 20.)

Sekä luonnonkuituja että tekokuituja voidaan kierrättää mekaanisella menetelmällä (Dahlbo ym. 2015, 34). Helppointa on kierrättää sellaista tekstiiliä, joka on valmistettu vain yhdestä ja samasta materiaalista. Teollisuudesta tulevan tekstiilijätteen eli pre consumer -jätteen sisältö on usein hyvin selvillä ja lajittelu on suoritettu jo lähtöpaikassa, mikä tekee jätteen kierrätyksestä vaivattomampaa. Myös monista laitostalouksista tulevan tekstiilijätteen koostumus on suhteellisen tasalaatuista. Ongelmaksi osoittautuu lähinnä kuluttajilta saatu post consumer -tekstiilijäte, jonka materiaalikoostumus voi vaihdella jokaisen tekstiilituotteen kohdalla. Monet kierrätykseen tulevat tekstiilit ovat eri materiaalien sekoitteita, mikä

vaikeuttaa huomattavasti niiden käsittelyä. Tärkeää on tietää, mitä materiaaleja tekstiili tarkalleen ottaen sisältää. Jos esimerkiksi tekstiiliin sisältämästä polyesteristä tai elastaanista ei olla tietoisia ja tämän takia esimerkiksi avauskoneen säätöjä ei ole asetettu oikein, saattaa kierrätysprosessissa tapahtua odottamattomia vaaratilanteita. Tekstiilin lajitteluperusteena voidaan mekaanisessa kierrätyksessä käyttää kuitukoostumuksen ohella myös värin tai kangasrakenteen mukaista jaottelua. (Auranen 2018, 21–23.)

Lajittelun jälkeen tekstiilijäte siirtyy prosessissa eteenpäin. Seuraavana vuorossa on tekstiilin leikkuu, joka tehdään yleisimmin giljotiinileikkurilla. Tämän jälkeen syntynyt tekstiilisiilppu aukaistaan kuiduksi repimällä. Tekstiiliä voidaan joutua repimään auki useita kertoja, jotta haluttu lopputulos saadaan aikaiseksi. Toisaalta on järkevää varoa tarpeetonta kuitujen repimistä, koska kuitu lyhenee jokaisella avauskerralla. (Auranen 2018, 23–24.) Sitten kuitu vielä karstataan, ja lopulta syntyneestä kierrätyskuidusta voidaan valmistaa kuitukangasta tai lankaa (Dahlbo ym. 2015, 35).

Langan kehruuseen vaikuttaa kolme eri kuituominaisuutta: pituus, hienous sekä vetolujuus. Mekaanisessa kierrätyksessä on tyypillistä, että kuidun pituus lyhentyy. Tällä menetelmällä valmistettu kuitu on monesti liian lyhyttä soveltuakseen yksinään langan kehruuseen, jolloin mukaan täytyy sekoittaa neitseellistä kuitua. Teollisuuden tekstiilijätteestä valmistettua kierrätyskuitua voidaan käyttää sellaisenaan langan ja kankaan valmistukseen, vaikkakin polyesterin lisäämisellä halutaan usein turvata materiaalin lujuus ja hienous. Telaketju-hankkeessa teetettiin demokehruu, joka antoi hyvää tietoa mekaanisesti kierrätetyn kuidun soveltuvuudesta langaksi. Testissä kuluttajien tekstiilijätteestä valmistettu kierrätyskuitu soveltui langan kehruuseen vain, jos sen joukkoon sekoitettiin neitseellistä kuitua. Esimerkiksi hyvälaatuista lankaa saatiin sekoitteella, jossa puolet oli kierrätyspolyesteriä ja puolet neitseellistä puuvillaa. (Auranen 2018, 29–32.)

4.3 Kemiallinen kierrätysprosessi

Kemiallisessa kierrätyksessä tekstiili hajoaa kemiallisten reaktioiden vaikutuksesta kuiduiksi tai synteettisiksi lähtöaineiksi. Kierrätysmenetelmää voidaan käyttää selluloosapohjaisille sekä synteettisille tekstiileille. (Dahlbo ym. 2015, 35.) Puuvillan kemiallinen kierrätys tehdään liuotuksella. Siinä käytettävä raaka-aine tulee olla lähes täysin puhdasta puuvillaa (97–98 %). Liuotuksesta saadaan lopputuotteena selluloosamuuntokuitua, josta pystytään tekemään lankaa ja kuitukangasta neitseellisen selluloosamuuntokuidun tavoin. (Kamppuri ym. 2019, 18.)

Synteettisten kuitujen kemiallinen kierrätys tapahtuu polymeeriketjun pilkkomisella monomeeritasolle kemiallisia reaktioita hyödyntäen. Monomeerit voidaan muuttaa joko takaisin

polymeereiksi polymeroimalla tai ne voidaan hyödyntää lähtöaineena muiden kemikaalien valmistukseen. Vaikkakin tämänhetkiset yleisesti käytetyt kierrätysmenetelmät soveltuvat ainoastaan puhtaille materiaaleille, on uusia kemiallisia kierrätystapoja myös sekoitemateriaaleille kehitteillä. (Kamppuri ym. 2019, 22.)

4.4 Terminen kierrätysprosessi

Termisessä kierrätyksessä käytetään menetelmänä sulatusta, jossa materiaali sulaa lämmön vaikutuksesta takaisin polymeereiksi. Sulatusmenetelmällä voidaan kierrättää synteettisiä kuituja, kuten polyesteriä ja polyamidia. Leikkuuvaiheen jälkeen silputusta tekstiilistä valmistetaan sulatuksella granulaatteja, joista voidaan tehdä joko uudelleen tekstiilikuitua tai käyttää niitä raaka-aineena muiden muovituotteiden valmistamiseen. (Kamppuri ym. 2019, 19.)

PET-pulloista eli polyetyleenitereftalaatista valmistetuista pulloista tuotetaan tekstiiliteollisuuden tarpeisiin kierrätyspolyesteriä. Kuidun valmistaminen tällä tavalla on kannattavaa, koska itse raaka-aine on edullista, hiilidioksidipäästöt ovat matalat ja energiankulutus myös vähäisempää. Kierrätykseen päätyvät pullot eivät sisällä pelkkää PET:iä, jolloin niiden mukana kulkeutuvat epäpuhtaudet vaikuttavat syntyvän kierrätyspolyesterin ominaisuuksiin. Pääsääntöisesti PET-pullojen kierrätys tapahtuu mekaanisen kierrätysmenetelmän avulla, mutta kemiallisiakin kierrätystapoja on olemassa. (Telli & Özdil 2015, 47–48.) Vaikka pullojen kierrätyksessä puhutaan mekaanisesta kierrätyksestä, on kyseessä silti sulatukseen pohjautuva menetelmä (Kamppuri ym. 2019, 19).

Telli ja Özdil (2015, 51–52, 58–59) toteavat tutkimusartikkelissaan, että tulosten perusteella PET-pulloista kierrätetty polyesterikuitu ja neitseellisen polyesterikuitu eivät ole ominaisuuksiltaan samanveroisia. Muun muassa neitseellisen polyesterin murtolujuus (ks. luku 5.1) on kierrätettyä polyesteriä korkeampi, ja hankaustesteissä massanmenetys on neitseellisellä polyesterillä vähäisempää. Tämä ei kuitenkaan estä hyödyntämästä kierrätyspolyesteriä muiden materiaalien kanssa sekoitteena. PET-pulloista kierrätetyn kuidun sekoittaminen esimerkiksi puuvillaan ei juurikaan heikentänyt laatua, ja oleellista onkin löytää kankaan käyttökohteeseen soveltuva neitseellisen ja kierrätyskuidun välinen suhde. (Telli & Özdil 2015, 51–52, 58–59.)

Kierrätykseen tuleva materiaali jaotellaan värin ja materiaalin perusteella. On hyvin olennaista tehdä lajittelu onnistuneesti, koska pienetkin poikkeamat materiaalin värin tai koostumuksen suhteen vaikuttavat lopputulokseen. Vaikka sekaan päätyisi vain vähän väärän väristä materiaalia, vaikuttaa se lopulliseen väriin haitallisesti. Materiaalin mekaaniset ominaisuudet puolestaan heikentyvät, jos sekaan joutuu koostumukseltaan erilaista

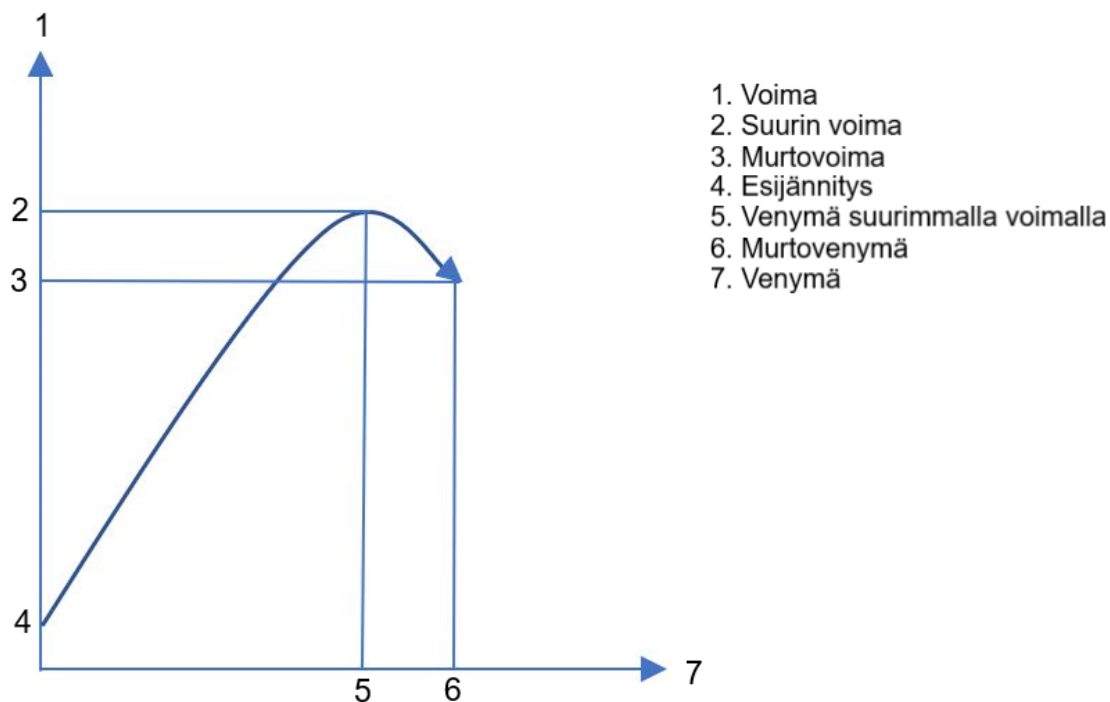
materiaalia. Polymeeriä ei voida myöskään rajoittamattomasti kierrättää, koska jokaisen kierrätysjakson aikana sen molekyyliaino alenee ja kiteisyys muuttuu. Kuluttajien tekstiilipöistojen kierrättäminen termisesti on haastavaa, koska esimerkiksi sataprosenttinen polyesteri voi osoittautua molekyyliainoilla vielä liian heterogeeniseksi. (Kamppuri ym. 2019, 20.)

5 Tekstiilin ominaisuudet

5.1 Mekaaniset ominaisuudet

Vaikuttavia tekijöitä tekstiilin kestävyyteen ovat kuituraaka-aineen lisäksi lanka- ja kangasrakenne. Kuidun mekaaniset ominaisuudet voidaan ilmoittaa muun muassa murto- tai hankauslujuutena, kimmoisuutena, venymänä ja elastisuutena. (Räisänen ym. 2017, 13–14.) Tässä osiossa käsitellään tarkemmin mekaanisia ominaisuuksia, koska opinnäytetyön kokeellisen osion testaus painottui näihin ominaisuuksiin. Tekstiileistä voidaan kuitenkin määrittää monia muitakin eri ominaisuuksia, joihin lukeutuvat esimerkiksi tekstiilin värinkesto-ominaisuudet, mittamuutokset eli venymä tai kutistuma pesussa sekä nyppyyntyminen (Markkula 1999, 272, 277, 280).

Murtolujuudella (breaking strength) kuvataan etenkin jännityksen aiheuttamaa maksimikuormitusta, jonka materiaali pystyy kestävään rikkoutumatta (Merriam-Webster). Monesti kuulee puhuttavan myös vetolujuudesta, jota esimerkiksi Hanna-Riitta Kymäläinen Helsingin yliopistosta käyttää tekstiilimateriaalin lujuteen ja sen mittaukseen liittyvässä diaesityksessään (Kymäläinen). Toisaalta kankaiden lujuusominaisuuksien mittausta ohjeistavassa standardissa SFS-EN ISO 13934-1 puhutaan murtovoimasta (kuvio 4), joka määritetään materiaalin katkeamishetkellä. Vetolujuustestin tulos ilmoitetaan näytteeseen kohdistuneen suurimman mitatun voiman (kuvio 4) sekä sen aiheuttaman venymän keskiarvojen mukaan. Murtovoiman ja -venymän keskiarvot ilmoitetaan tarvittaessa. Tulos ilmoitetaan newtoneina. (SFS-EN ISO 13934-1 2013, 14, 20, 22.)



Kuvio 4. Voima-venymäkäyrä (mukailtu SFS-EN ISO 13934-1 2013, 12)

Edellä mainittujen lähteiden perusteella murtolujuuden, vetolujuuden ja murtovoiman tarkoituksena on siis määrittää materiaalin lujuusominaisuuksia. Yksi vaikuttava tekijä kuidun lujuuteen on kosteus, sillä se lisää monien kuitujen venyvyyttä. Kosteus kasvattaa luonnon selluloosamuuntokuitujen lujuutta, koska kosteammassa niiden rakenteesta tulee paremmin muovattavaa. Sen sijaan muiden kosteutta imevien kuitujen lujuus huononee kosteuden vaikutuksesta. Lujuus tulisikin mitata standardien määrittelemässä ilmastokosteudessa ja lämpötilassa, jottei kosteus pääse vaikuttamaan saatuihin tuloksiin ja sitä kautta vaikeutamaan vertailua muihin tutkimuksiin. (Räisänen ym. 2017, 14.)

Mekaanista kestävyyttä voidaan arvioida myös hankauslujuuden perusteella. Se kertoo, miten tekstiili reagoi hankaukseen. Jos hankauslujuus on korkea, tekstiiliin kohdistuva hankaava voima ei riko tekstiilin pintaa niin nopeasti. Kankaan tai kuidun venymä puolestaan voidaan mitata vetokuormituksella. Venymällä ilmoitetaan, kuinka monta prosenttia materiaalin pituus kasvaa vetokuormituksessa lähtöpituuteen verrattuna. Murtovenymällä kuvataan murtumishetken aikaista kankaan tai kuidun venymää. Kuitu venyy sitä enemmän, mitä kosteampaa se on. (Räisänen ym. 2017, 15.)

5.2 Tekstiilin testaus

Tekstiilien käyttökohteet ovat sellaisia, joissa tiettyjen ominaisuuksien merkitys korostuu. Olennaista on esimerkiksi se, onko tekstiili kestäväää tai minkälainen sen käyttömukavuus on. Myös muun muassa tekstiilin ulkonäöllä, turvallisuudella ja huollettavuudella on suuri painoarvo. Nämä tekstiilin ominaisuudet taas määräytyvät kuidun ominaisuuksien, lanka- ja kangasrakenteen sekä tehtyjen viimeistysten mukaan. (Räisänen ym. 2017, 9.) Alla olevassa taulukossa 2 on luokiteltu, minkälaisia asioita kankaasta voidaan selvittää.

Veden läpäisy	Testataan, millä veden paineella vesi alkaa läpäisemään kankaan pinnan.
Vesihöyryn läpäisy	Testataan höyryn läpäisevyyttä tietyssä ajassa.
Tuulen pitävyys	Testataan, miten ilma läpäisee kankaan.
Kulutuksen kesto	Hankaus-, repäisy-, repeämis-, murto- sekä puhkaisulujuuden testaus.
Muodonpitävyys	Selvitetään mittamuutokset testaamalla kankaan elastisuus, ryppyjen muodostuminen ja oikeneminen sekä muovattavuus.
Nyppyntyminen	Testataan, nyppyntyykö kankaan pinta hankauksesta.
Värinkesto	Värjäysten ja painotöiden värinkeston testaus esimerkiksi hankauksen tai pesun avulla.
Mittapysyvyys, kutistumattomuus	Testataan, miten lämpö, kosteus tai mekaaninen käsittely vaikuttavat loimi- ja kudesuunnassa kankaan kutistumiseen.

Taulukko 2. Kankaan ominaisuuksien testaus (mukailtu Eberle ym. 2002, 108)

Tekstiileitä testataan monista eri syistä. Yksi testauksen tarkoitus on selvittää, mitä ominaisuuksia tekstiilillä on ja miten ne soveltuvat suunniteltuun käyttötarkoitukseen. Valmistajat ja organisaatiot ovat muodostaneet käyttökohteiden mukaan tekstiileille laatuvaatimuksia, jotka helpottavat kankaan soveltuvuuden arviointia. Laadun tarkkailu tapahtuu juuri testaamisen kautta. Testeillä pyritään osoittamaan kuluttajille, että kyseinen tuote täyttää siltä vaaditut laatuvaatimukset. Erilaiset testausmenetelmät tukevat myös tuotekehittelyä sekä antavat hyödyllistä tietoa kuidun ja kankaan käyttäytymisestä. (Collier & Epps 1999, 14–15.)

Materiaaleille voidaan tehdä vertailuun perustuvia testauksia. Tällöin yritys voi esimerkiksi verrata testeillä muutaman eri tavarantoimittajan kankaita keskenään, ja valita niistä omalle tuotteelle sopivimman kankaan. Lisäksi tekstiilituotteita voidaan testata vikojen löytämistä varten. Kun tuotteiden viat määritetään, pystytään tuotetta kehittämään parempaan suuntaan. Valtio asettaa omat vaatimuksensa tekstiilituotteille. Jotta pystytään todistamaan, että tuote on asetusten mukainen, pitää sen käydä hyväksytysti läpi pakolliset testaukset. (Collier & Epps 1999, 15–16.)

6 Kankaiden testaus

6.1 Tutkittavat materiaalit

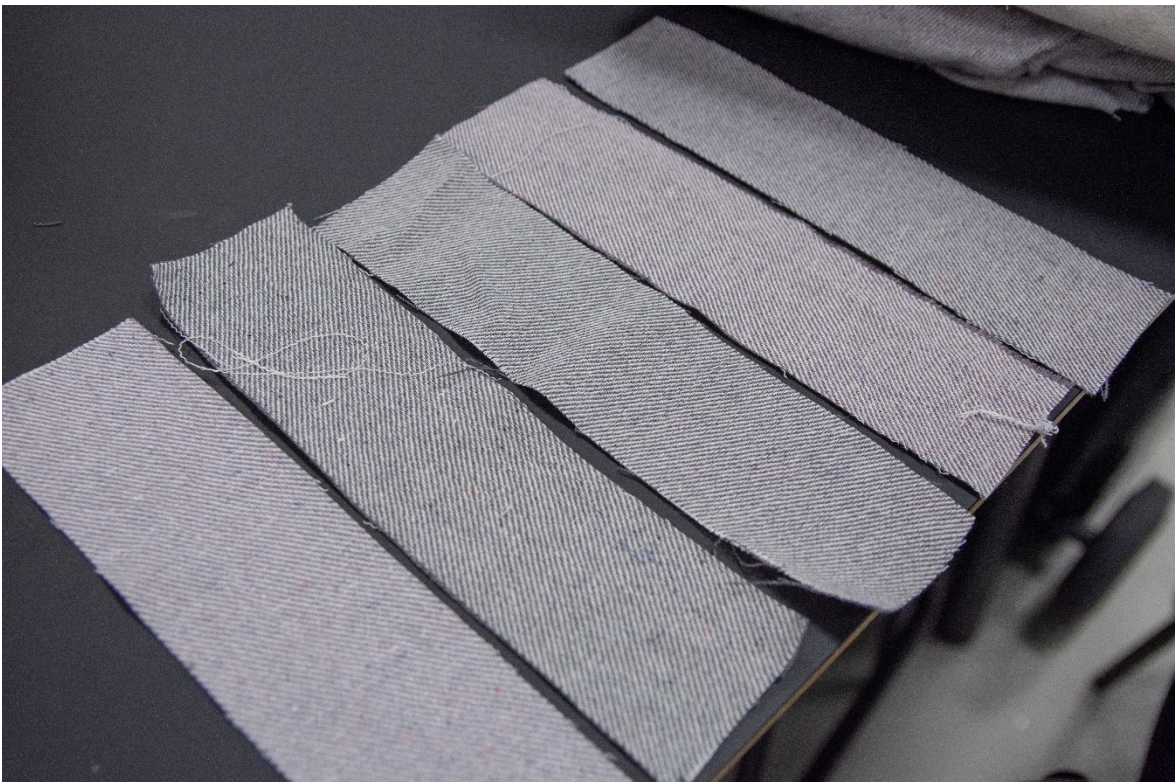
Tutkittavana oli kuusi eri kudottua kangasta. Kaikissa kankaissa oli ilmoitettujen tietojen mukaan sama loimilanka, eli 50 prosenttia kierrätettyä PET:iä ja 50 prosenttia kierrätettyä puuvillaa. Kudelangasta 30 prosenttia koostui kierrätetystä PET:stä ja loput 70 prosenttia eri lähtökohdista kerätystä kierrätysmateriaalista, pääosin puuvillasta:

- ESP1 käsin lajiteltu puuvilla / toimikas
- ESP3 NIR-tunnistettu puuvilla ja 3 prosenttia jotain muuta / palttina
- ESP8 työvaatteista kierrätetty polyesteri ja puuvilla / toimikas
- ESP10 neuleet mix / toimikas
- ESP14 puuvilla ja elastaani / toimikas
- ESP15 polyesteri 40 prosenttia ja puuvilla 60 prosenttia / toimikas.

ESP3 on palttina (kuva 1), jossa loimilanka menee vuoroin kudelangon ali ja yli. Tällä tavalla sidospisteitä muodostuu molemmin puolin suurin mahdollinen määrä. Muut kankaat ovat sen sijaan toimikkaita (kuva 2), joiden ominaispiirre on vinottain kulkevat toimiviivat ja sidospisteitä muodostuu harvemmin kuin palttinassa. (Eberle ym. 2002, 72–74.)



Kuva 1. Palttinakangas ESP3 (Marttila & Rouhiainen 2021)



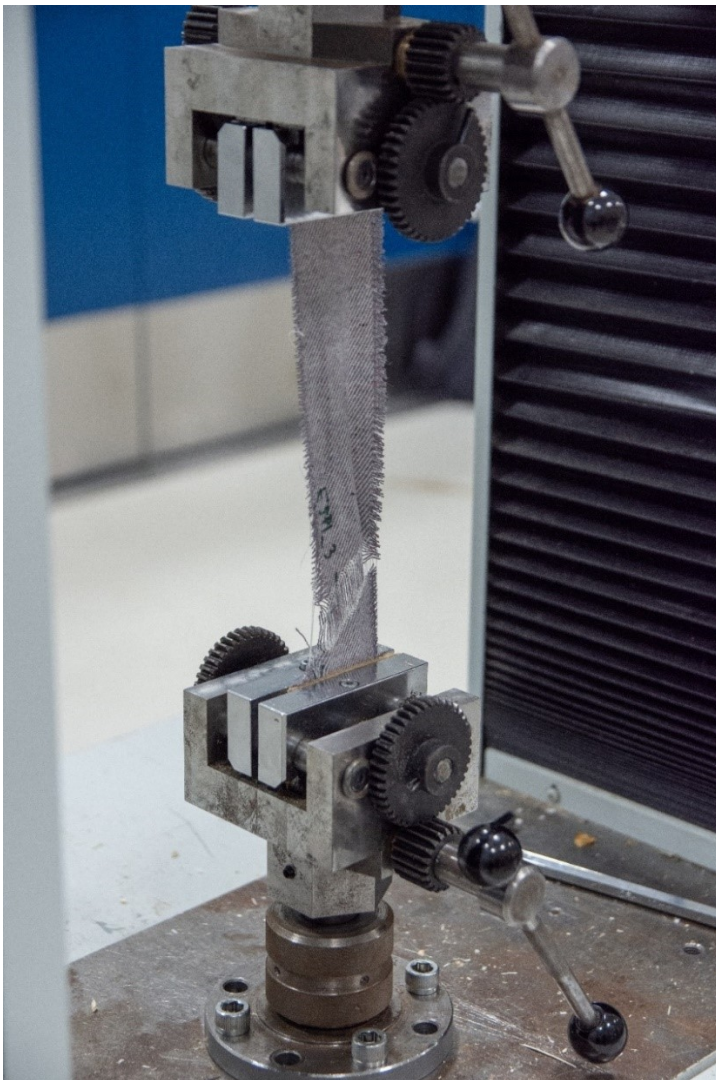
Kuva 2. Toimikaskankaista leikatut näytekappaleet (Marttila & Rouhiainen 2021)

6.2 Käytetyt menetelmät ja standardit

Tutkimusmenetelmänä oli kankaiden testaus standardeihin pohjautuvin menetelmin. Laboratorion testaus- ja ilmastointiolosuhteet eivät vastanneet standardin SFS-EN ISO 139 (2005, 10) vaatimuksia. Testauspäivinä lämpötila vaihteli laboratoriossa 19,7-22,8 celsiusasteen ja kosteus 6-30,3 prosentin välillä. Kankaita testattiin helmi-maaliskuussa 2021.

Suurin voima ja sen aiheuttama venymä

Kankaisiin kohdistuvaa suurinta voimaa ja sen aiheuttamaa venymää testattiin standardia SFS-EN ISO 13934-1 (2013) mukaillen. Vetokokeet on tehty Shimazdu-laitteella (kuva 3), jossa voima-anturina on SLFL-100 kN.



Kuva 3. Suurimman voiman ja sen aiheuttaman venymän testaaminen Shimadzu-laitteella (Marttila & Rouhiainen 2021)

Koska kaikissa kankaissa oli sama loimi, testattiin voimaa ja venymää loimen suuntaan vain ESP1:stä ja ESP3:sta. Kaikista kankaista testattiin viisi eri näytettä kuteen suuntaan. Jotta kankaat saatiin pidettyä hyvin kiinni leuoissa vetokokeen ajan, käytettiin tiivistysmateriaalina puukuitulevystä leikattuja palasia. Ne asetettiin kankaan molemmin puolin sileä pinta kangasta vasten. Standardin SFS-EN ISO 13934-1 (2013, 14, 18) mukaan tiivistysmateriaaleiksi sopivat nahka, paperi, kumi tai muovi. Mittapituutena käytettiin 200 millimetriä ja testausnopeutena 20 millimetriä minuutissa. Muutamaa kangasnäytettä testattiin nopeudella 100 millimetriä minuutissa. Testausnopeuden muutoksella ei havaittu olevan suurta vaikutusta tuloksiin.

Repeämisvoima

Kankaiden repeämisvoima testattiin standardia SFS-EN ISO 13937-3 (2000) mukaillen. Repeämiskokeessa käytettiin murtovoiman ja murtovenymän tapaan Shimazdua. Jokaisesta kankaasta testattiin kolme näytettä kuteen suuntaisesti. Kankaiden loimilangan ollessa kaikissa kankaissa sama, testattiin repeämisvoimaa loimen suuntaan vain ESP8:sta sekä ESP3:sta. Molemmista kankaista otettiin kolme näytettä.

Hankauskestävyys

Kankaiden hankauskestävyyttä testattiin mukaillen standardia SFS-EN ISO 12947-2 (2016). Jokaisesta kankaasta otettiin kaksi rinnakkaisnäytettä. ESP14:n kohdalla testi jouduttiin uusimaan ja samalla testattiin ESP1:stä kaksi lisänäytettä, koska ensimmäisen testin aikana syntyi epäily heikon kohdan päätyemisestä näytteeseen.

Testauksessa käytettiin nimellispaineena yhdeksää kilopascalialia. Kankaan tyyppiä määriteltiin nukaton kudottu kangas, jolloin kriteerit langan katkeamiseksi ovat kahden erillisen langan meneminen poikki. (SFS-EN ISO 12947-2 2016, 7, 14.) Hankauskestävyyden lisäksi näytteistä arvioitiin ulkonäön muutoksia sekä painohäviötä.

Värinkesto

Pesun aikaista kankaiden värinkestoä testattiin mukaillen standardia SFS-EN ISO 105-C06 (2010). Testauksessa olisi kyseisen standardin SFS-EN ISO 105-C06 (2010, 10) mukaisesti pitänyt näytteen toiselle puolelle kiinnittää polyesterikangas ja toiselle puuvillakangas, mutta tässä testissä käytettiin molemminpuolisesti puuvillaa. Testiä ei silti koettu tarpeelliseksi uusiksi, koska testattavat kankaat luokiteltiin väriltään vaaleiksi ja värin irtoaminen kankaista oli minimaalista. Jokaisesta kankaasta testattiin kaksi rinnakkaisnäytettä. Testikankaat ja näytekangas kiinnitettiin toisiinsa teräsniiteillä. Testausmenetelmänä oli A1S ja

testauksessa käytettiin teräskuulia. Testattaville näytteille ei tehty etikkahappokäsittelyä. (SFS-EN ISO 105-C06 2010, 16, 18.) Pesuaineena käytettiin James H. Healin standardin ISO105 C01-C05 saippuaa.

Hankauksen aikaista värinkestoa testattiin mukaillen standardia SFS-EN ISO 105-X12 (2016). Kankaista leikattiin kaksi näytettä, joista toista hangattiin kuivaa ja toista märkää hankausliinaa vasten. Käytetyn hankaimen paino oli 9 newtonia ja kynnen halkaisija oli 16 millimetriä.

Molempien värinkestotestien näytteet arvioitiin mukaillen standardia SFS-EN ISO 20105-A02 (1995). Näytteet arvioitiin tarkoitukseen soveltuvassa valokaapissa. Arvioijia oli kaksi, jotta arvioinnissa ei käytettäisi vain yhden ihmisen subjektiivista näkemystä.

Mittapysyvyys pesussa

Kankaiden mittapysyvyyttä pesussa testattiin mukaillen standardia SFS-EN ISO 6330 (2012) ja mittamuutokset määriteltiin mukaillen standardia SFS-EN ISO 3759 (2011). Jokaisesta kankaasta leikattiin kaksi näytettä, ja tämän lisäksi kankaista ESP8 ja ESP10 leikattiin vielä erilaista kuivausasettoa varten yhdet lisänäytteet. Testipesukone oli A-tyyppiä ja käytetyn pesuohjelman tunnus oli 4N (SFS-EN ISO 6330 2012, 26). Täytepyykkinä jouduttiin käyttämään polyesteri-täytepyykin lisäksi testattavista kankaista leikattuja palasia, jotta saavutettiin standardin SFS-EN ISO 6330 (2012, 18) mukainen kahden kilon paino.

Ensimmäinen pesutesti tehtiin ilman pesuainetta ja näytteet kuivattiin riippukuivauksella ilman, että loimen tai kuteen suuntaa huomioitiin kuivauksessa. Ensimmäisessä pesutestissä näytteitä oli jokaisesta kankaasta yksi eli yhteensä kuusi näytekappaletta. Toisessa pesutestissä käytettiin ECE Non Phosphate Reference Detergent (A) -pesuainetta, ja näytteet kuivattiin riippukuivauksella (SFS-EN ISO 6330 2012, 20). Tässä pesutestissä näytekappaleita oli yhteensä kahdeksan.

Nyppyntyminen

Kankaiden nyppyntymistä testattiin ja arviointiin standardia SFS-EN ISO 12945-2 (2020) sekä standardia SFS-EN ISO 12945-4 (2020) mukaillen. Näytteitä arvioitiin vain nyppyntymisen osalta. ESP14:stä ja ESP15:stä testattiin kaksi näytettä ja muista kankaista yksi näyte. Hankauskankaana oli villakangas ja punnuksena 260 grammaa (SFS-EN ISO 12945-2 2020, 13, 8).

Neliömassa

Kankaiden neliömassa määritettiin mukaillen standardia SFS 3192 (1974). Jokaisesta kankaasta leikattiin saksilla yksi neliön kokoinen pala, joka punnittiin tasovaa'alla.

7 Tulokset ja niiden analysointi

7.1 Kankaiden tarkastelu

Kankaille tehtiin silmämääräinen tarkastelu (kuvio 5), jossa arvioitiin subjektiivisesti kankaiden nyppyyntymisasastetta sekä tehtiin muita huomioita kankaasta. Nyppyyntymisen arvioinnissa käytettiin apuna standardi EMPA SN 198525 mukaisia kudotusta kankaasta otettuja valokuvia. Nyppyyntymisaste arvioitiin standardissa SFS-EN ISO 12945-4 (2020, 7) mainitun asteikon mukaisesti. Käytetty arviointiasteikko on 1-5, jossa viisi tarkoittaa ei muutosta alkuperäiseen ja yksi puolestaan hyvin voimakasta nyppyyntymistä.

ESP1	<ul style="list-style-type: none"> • Nyppyyntyminen 4 • Paljon erivärisiä kuituja
ESP3	<ul style="list-style-type: none"> • Nyppyyntyminen 5 • Muutamia väriraitoja
ESP8	<ul style="list-style-type: none"> • Nyppyyntyminen 4 • Langan epätasaisuuksia, muutamia punaisia kuituja
ESP10	<ul style="list-style-type: none"> • Nyppyyntyminen 5 • Metallilankoja, tasainen ja karhea pinta
ESP14	<ul style="list-style-type: none"> • Nyppyyntyminen 5
ESP15	<ul style="list-style-type: none"> • Nyppyyntyminen 4 • Valkoisia kuituja

Kuvio 5. Kankaiden silmämääräinen tarkastelu

Silmämääräinen tarkastelu osoitti, että monen testikankaan lähtötilanne oli jo valmiiksi hieinan nyppyinen. Mekaanisessa kierrätysprosessissa puuvillakuidut katkeilevat, joka vaikuttaa heikentävästi kuidun laatuun (Rengel 2017, 15). Testattavat kankaat on valmistettu eri lähteestä tulevista kierrätysmateriaaleista, jonka alkuperäisestä laadusta ei ole varmuutta. Näillä edellä mainituilla seikoilla on huomattavaa vaikutusta kankaiden ulkonäköön.

Kankaista leikattiin neliömetrin kokoiset palaset, jotka punnittiin. Kankaiden neliömassat on ilmoitettu taulukossa 3. Virhemarginaaliksi määritettiin ± 1 grammaa. Suurin neliömassa on ESP3:lla eli $309 \text{ g} / \text{m}^2$ ja pienin puolestaan ESP15:llä $210 \text{ g} / \text{m}^2$. Kun kankaita tarkasteltiin tunnun ja näön perusteella, havaittiin, että ESP3 oli selkeästi muita kankaita jyrkemmän ja paksumman tuntuinen. Neliömassan vaikutus tuotteen tuntuun onkin huomattava. Mitä

suurempi neliömassa on raaka-aineiltaan samanlaisilla tuotteilla, sitä vahvemmassa tuotteesta on yleensä kyse. (Markkula 1999, 271.)

Neliömassa	ESP1	ESP3	ESP8	ESP10	ESP14	ESP15
g / m ²	230	309	224	233	235	210

Taulukko 3. Kankaiden neliömassat

7.2 Suurin voima ja sen aiheuttama venymä

Kankaiden lujuutta arvioitiin kankaisiin kohdistuvan suurimman voiman ja sen aiheuttaman venymän avulla. Taulukossa 4 ja 5 on ilmoitettu jokaisen kankaan vetolujuustestistä saatujen tulosten keskiarvot ja keskihajonnat. Taulukossa 4 olevat tulokset on saatu kohdistamalla veto kuteen suuntaisesti ja puolestaan taulukon 5 tulokset kohdistamalla veto loimen suuntaisesti. Pienin murtovoima on ESP1:llä 370 newtonia ja suurin ESP14:llä 520 newtonia.

Lujuus	ESP1 kude	ESP3 kude	ESP8 kude	ESP10 kude	ESP14 kude	ESP15 kude
Voima keskiarvo	370 N	490 N	480 N	490 N	520 N	500 N
Voima keskihajonta	21,1	56,8	26,9	32,1	35,0	41,5
Venymä keskiarvo	16,4 %	14,8 %	22,2 %	18,6 %	17,8 %	18,6 %
Venymä keskihajonta	1,17	0,36	1,32	1,13	1,60	1,30

Taulukko 4. Suurimman voiman ja sen aiheuttaman venymän keskiarvot sekä keskihajonnat kuteen suuntaisesti

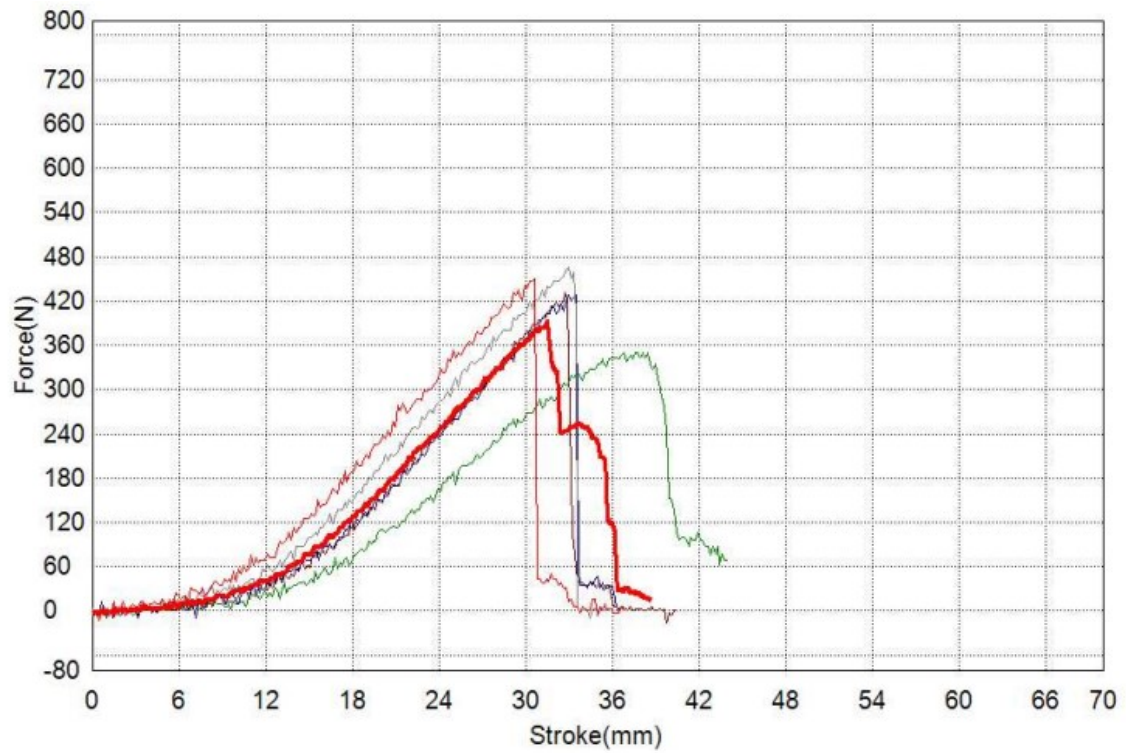
Lujuus	ESP1 loimi	ESP3 loimi
Voima keskiarvo	425 N	480 N
Voima keskihajonta	44,6	9,48
Venymä keskiarvo	16,8 %	26,5 %
Venymä keskihajonta	1,45	0,97

Taulukko 5. Suurimman voiman ja sen aiheuttaman venymän keskiarvot sekä keskihajonnat loimen suuntaisesti

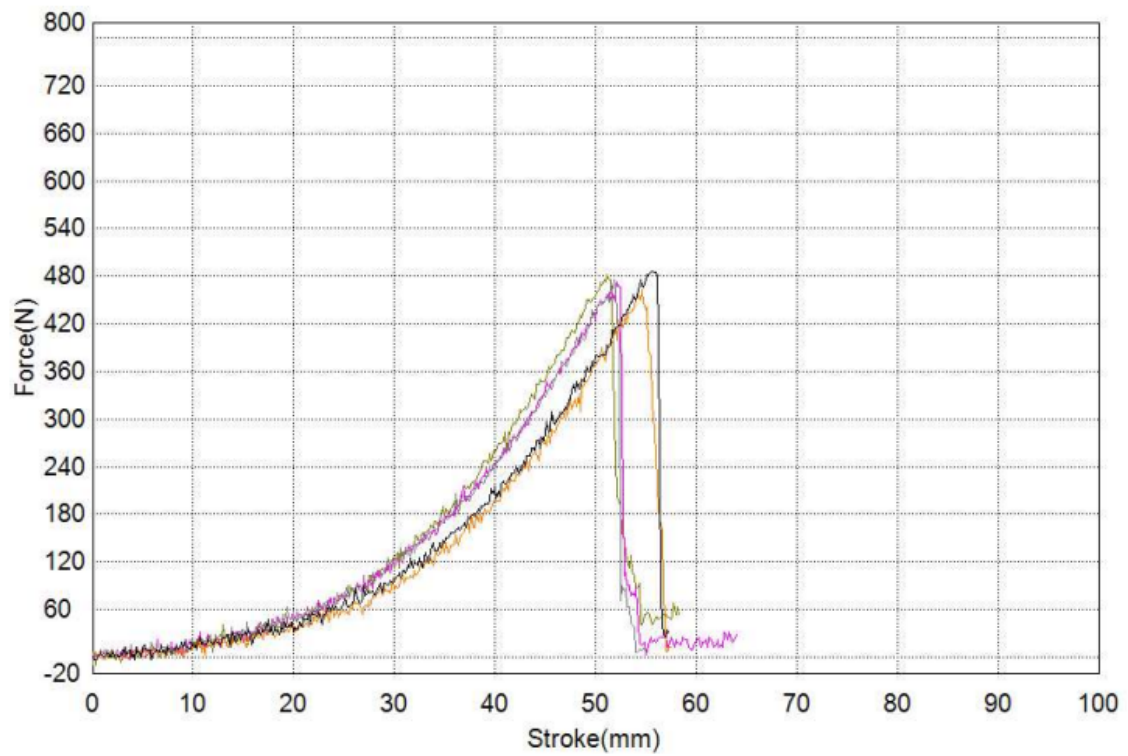
Euratex Technical Clothing Groupin (2006, 67) ohjeistuksen mukaan murtovoiman minimi-laatustandardi takille on 150 newtonia ja murtovenymän 12,5-40 prosenttia. Markkula (1999, 281) on koonnut Suomen Standardisoimisliiton laatuvaatimusstandardeista taulukon, jossa korkein murtokuormituksen minimilaatustandardi on housukankaalle asetettu 400 newtonia. Tämän työn lujuusominaisuudet on ilmoitettu suurimman voiman ja siitä aiheutuvan venymän mukaan, mitkä kuvastavat kankaan lujuusominaisuuksia. Näin ollen jos mitattuja arvoja verrataan lähteiden viitearvoihin, osoittautuvat kankaat lujuusominaisuuksiltaan hyväksi. Lujuuden näkökulmasta kankaat sopisivat moniin eri käyttötarkoituksiin.

Vaikka kaikissa kankaissa oli sama loimi, voidaan testitulosten perusteella (taulukko 5) päätellä, että kankaan sidoksella on voinut olla vaikutusta venymään. ESP3:n venymä loimen suuntaan on selkeästi suurempi kuin ESP1:llä, vaikka kankaiden loimilangat ovat koostumukseltaan samat.

Kuviot 6 ja 7 havainnollistavat kangasnäytteisiin kohdistuvaa voimaa venymän funktiona. Esimerkiksi otettiin ESP3:n ja ESP1:n loimen suuntaan tehdyt vetokokeet. Käyriä tarkasteltaessa voidaan havaita, että samasta kankaasta otettujen näytteiden välillä on vaihtelua. Varsinkin ESP1:n kohdalla yksi näytteistä (vihreä käyrä) venyi muihin näytteisiin verrattuna suhteellisen pitkään ennen murtumista. Testaustilanteessa ei huomattu, että näyte olisi millään tavalla luistanut leuoista tai muutoin tapahtunut virhe mittauksessa. Toisaalta näin poikkeava tulos voisi johtua juuri jonkinlaisesta mittausvirheestä. Jos mittausvirhettä ei ole tapahtunut, voitaisiin ajatella, että vaihtelu kuvastaa kierrätyskankaan laadun epätasaisuutta. ESP1:n kuteeseen käytetty puuvilla on lajiteltu käsin, minkä voitaisiin ajatella lisäävän väärin tai laadultaan epätasaisien materiaalien päätymistä mukaan kierrätysprosessiin.



Kuvio 6. ESP1:n loimen suuntaan tehtyjen testien voima venymän funktiona



Kuvio 7. ESP3:n loimen suuntaan tehtyjen testien voima venymän funktiona

7.3 Repeämisvoima

Jokaiselle näytteelle on laskettu repeämisvoima manuaalisesti standardin SFS-EN ISO 13937-3 (2000, 10) mukaisesti. Taulukoissa 6 sekä 7 on koottu yhteen jokaiseen näytteeseen kohdistuva repeämisvoima kuteen suuntaisesti ja taulukossa 8 loimen suuntaisesti. Yksittäisen näytteen suurin repeämisvoima kuteen suuntaisesti on 39 newtonia ESP15:llä ja pienin 11 newtonia ESP3:lla. Palttinänäytteisiin kohdistuva repeämisvoima on selkeästi pienempi muihin kangasnäytteisiin verrattuna, minkä voidaan olettaa johtuvan kankaan rakenteen eroavaisuuksista.

Repeäminen	ESP1_1 kude	ESP1_2 kude	ESP2_3 kude	ESP3_1 kude	ESP3_2 kude	ESP3_3 kude	ESP8_1 kude	ESP8_2 kude	ESP8_3 kude
Repeämisvoima	23 N	30 N	30 N	11 N	16 N	12 N	38 N	34 N	35 N

Taulukko 6. Kangasnäytteiden repeämisvoimat kuteen suuntaisesti

Repeäminen	ESP10_1 kude	ESP10_2 kude	ESP10_3 kude	ESP14_1 kude	ESP14_2 kude	ESP14_3 kude	ESP15_1 kude	ESP15_2 kude	ESP15_3 kude
Repeämisvoima	33 N	32 N	31 N	36 N	35 N	34 N	36 N	39 N	34 N

Taulukko 7. Kangasnäytteiden repeämisvoimat kuteen suuntaisesti

Repeäminen	ESP3_1 loimi	ESP3_2 loimi	ESP3_3 loimi	ESP8_1 loimi	ESP8_2 loimi	ESP8_3 loimi
Repeämisvoima	20 N	26 N	28 N	32 N	39 N	38 N

Taulukko 8. Kangasnäytteiden repeämisvoimat loimen suuntaisesti

Laatusuosituksen mukaan takkien tulisi kestää 12 newtonin repeämisvoima. Housujen kohdalla suositus on istuvuuden mukaan joko 15 tai 16 newtonia. Euratexin repeämisvoimalle asettamat suositukset on laadittu siten, että testauksessa käytettäisiin standardin EN ISO 13937-1 mukaista ballistista heilurimenetelmää. (Euratex Technical Clothing Group 2006, 48.) Tämä opinnäytetyö tehtiin mukailien standardia SFS-EN ISO 13937-3, jossa testataan siiven muotoisia koepaloja. Näin ollen Euratexin suositukset eivät ehkä ole täysin

verrannollisia tämän menetelmän kanssa. Jos kuitenkin saatuja tuloksia verrataan Euratexin suosituksiin, sopisivat kankaat moniin eri käyttötarkoituksiin.

7.4 Hankauskestävyys

Hankauskestävyys on ilmoitettu taulukoissa 9 ja 10 jokaiselle testatulle näytteelle erikseen sekä jokaisen kankaan näytteiden alin kierroslukema on lihavoituna. Suurin yksittäisen näytteen hankauskestävyys on ESP1:llä. Kyseinen testi lopetettiin 30 000 kierroksen jälkeen, mutta kangasnäyte olisi mahdollisesti voinut kestää vielä pidempään. Alin yksittäisen näytteen hankauskestävyyden kierroslukema on 8000 kierrosta palttinakangas ESP3:lla. Siitä otetut kaksi näytettä saivat verrattain matalamman tuloksen kuin muiden kankaiden näytteet. Kun nyppyyntymistä arvioitiin hankauskierrosten välissä, osoittautui palttina kuitenkin kankaista vähiten nyppyyntyväksi.

Hankaus	ESP1_1	ESP1_2	ESP1_3	ESP1_4	ESP3_1	ESP3_2	ESP8_1	ESP8_2
Kierroslukema	14 000	25 000	≥ 30 000	10 000	8000	10000	16 000	20 000

Taulukko 9. Kierroslukema viimeisen tarkastusvälin kohdalla ennen rikkoutumista

Hankaus	ESP10_1	ESP10_2	ESP14_1	ESP14_2	ESP15_1	ESP15_2
Kierroslukema	25000	25000	27 000	20 000	20 000	16 000

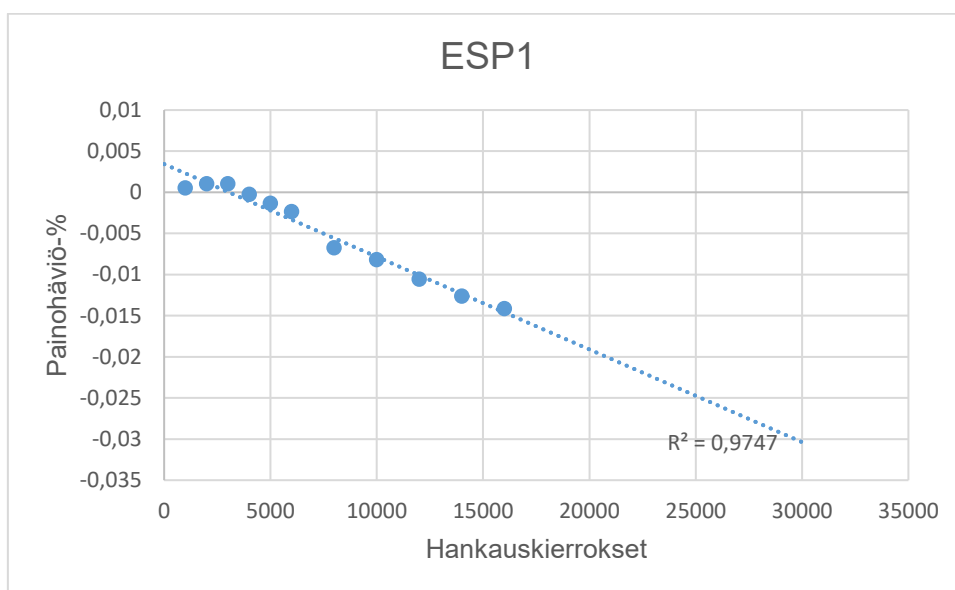
Taulukko 10. Kierroslukema viimeisen tarkastusvälin kohdalla ennen rikkoutumista

Saatujen tulosten vaihtelu on suurta kangasnäytteiden välillä. ESP1:n tuloksissa on havaittavissa huomattavaa vaihtelua, minkä voidaan olettaa johtuvan osittain näytteen rispaantumisesta reunoilta. Toisaalta yksi selittävä tekijä samasta kankaasta otettujen näytteiden eroihin on itse kankaan materiaali. Testitulosten suuri vaihtelu osoittaa, että testatuissa kierätyskankaissa on havaittavissa laadullista epätasaisuutta.

Kun näytteistä tarkasteltiin rikkoutumisen merkkejä, huomattiin selkeää eroa loimi- ja kudelangon välillä. Rikkoutunut lanka osoittautui lähes aina loimilangaksi. Änkön (2018) mukaan materiaalien lujuusominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä puuvillan joukkoon muun muassa polyesteriä. Näin ollen tulos oli hieman odottamaton, koska monien testattujen kankaiden kohdalla loimilangassa PET:n osuus oli kudelangaa suurempi. Lähtökohtainen

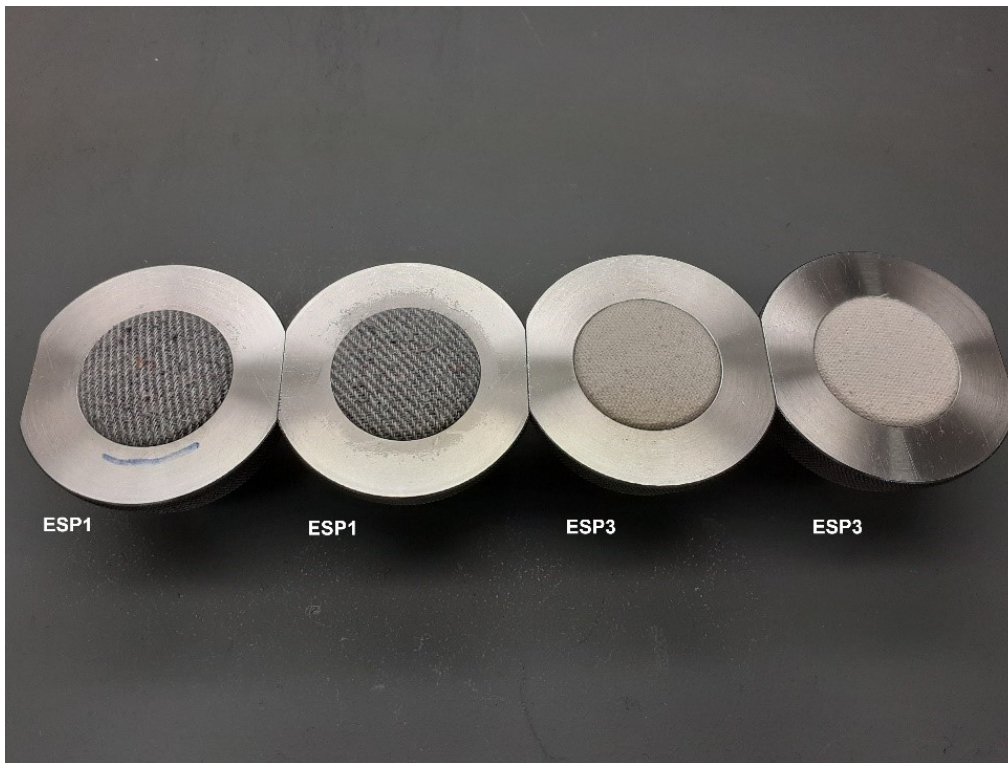
olettaus siis oli, että enemmän kierrätettyä PET:iä sisältävä lanka kestäisi hankausta paremmin.

Näytteitä punnittiin tarkastuskierroksien kohdalla. Esimerkkinä tarkasteluun on otettu ESP1:n painohäviö. Kuvio 8 havainnollistaa hankauskierroksien ja painohäviön välisen suhteen. Painoa tulee hieman lisää alussa, koska kangaspala nyppyyntyy ja kerää ympäriltä pölyä. Tämän jälkeen nyypt alkavat hankautua pois ja paino laskea. Kuvion trendiviiva osoittaa, että painohäviö kasvaa hankauskierroksien edetessä. Korrelaatiokerroin on 0,97, eli painohäviöprosentin ja hankauskierrosten välinen riippuvuus on suurta.

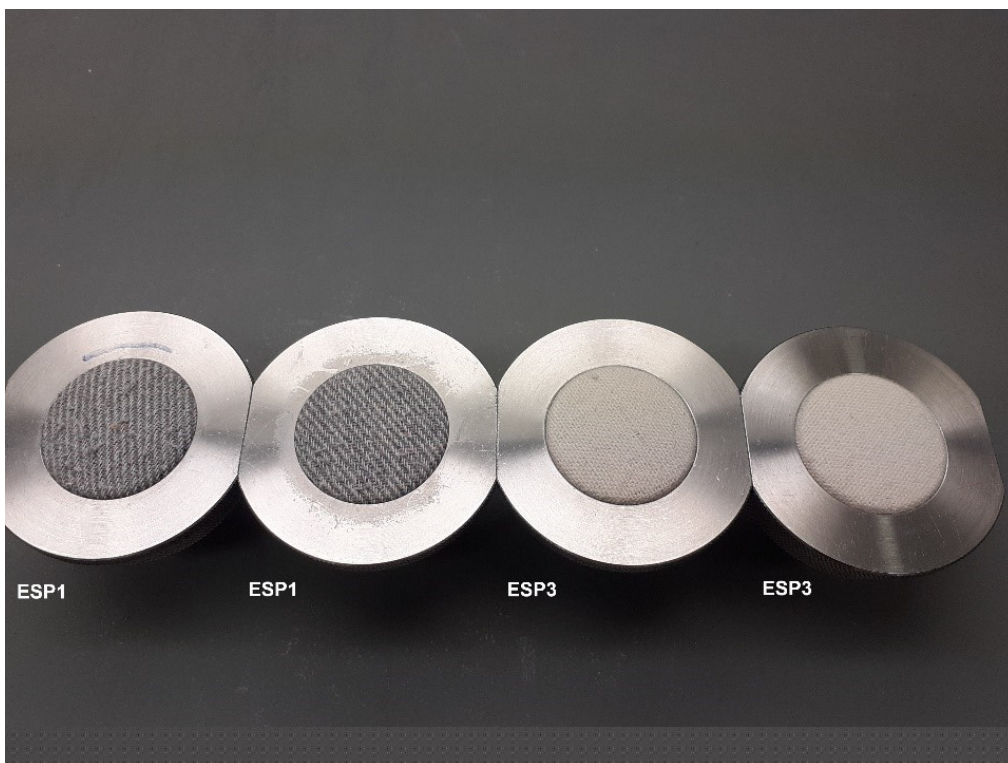


Kuvio 8. Hankauskierrosten suhde painohäviöprosenttiin

Sekä kevyen että paksumman takkikankaan hankauskestävyyden minimilaatustandardi on 16 000 kierrosta. Housukankaan minimilaatustandardiksi on määritetty 20 000 kierrosta. (Euralex Technical Clothing Group 2006, 51.) Testauksissa saatujen tulosten (taulukko 9–10) perusteella monien kankaiden hankauskestävyys voisi riittää takkikankaaksi ja osan jopa housukankaaksi. ESP3:n hankauskestävyys ei puolestaan täyttänyt näiden käyttötarkoitusten laatusuosituksia. Sen hankauskestävyys saavuttaa ainoastaan neuleille asetetun minimilaatustandardin, joka on 8000 kierrosta (Euralex Technical Clothing Group 2006, 51). Kuvissa 6 ja 7 on nähtävillä ESP1:n ja ESP3:n muutokset 1000 ja 10 000 kierroksen jälkeen. Kuvista voidaan huomata, että ESP3 on selkeästi vähemmän nyppyyntynyt kuin ESP1, vaikka kangas itsessään rikkoutui testissä nopeammin.



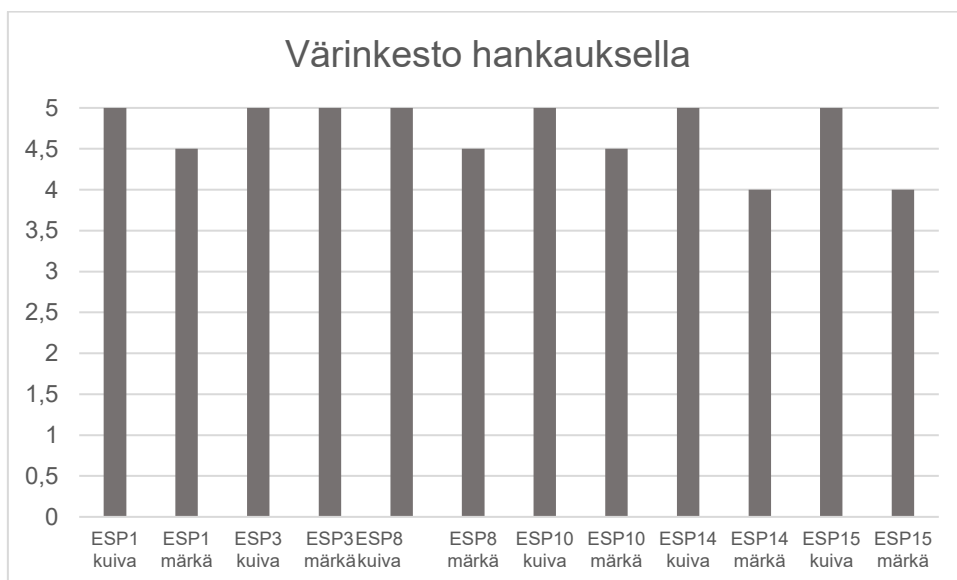
Kuva 4. Hankaustestin tulos 1000 hankauskierroksen jälkeen



Kuva 5. Hankaustestin tulos 10 000 hankauskierroksen jälkeen

7.5 Värinkesto

Testatut kankaat voidaan luokitella väriltään vaaleiksi, joten voitiin jo etukäteen olettaa, että värin irtoaminen on vähäistä. Tulosten perusteella hankauksella (kuvio 9) väriä irtoaa ainoastaan puuvillaisen hankausliinan ollessa märkä. Arviointiasteikkona on 1-5, jossa viisi tarkoittaa ei minkäänlaista muutosta ja yksi suurinta muutosta alkuperäiseen verrattuna (SFS-EN ISO 20105-A02 1995, 3–4). Suurinta värin irtoaminen on ESP14:llä ja ESP15:llä, joissa jokaisessa värin hankauksenkeston tulos märkänä on neljä. Markkulan (1999, 274) mukaan suurimmalle osalle tuotteista värin hankauskestävyyttä voidaan pitää tarpeeksi hyvänä, kun tulos on märkänä minimissään 2-3 ja kuivana 3-4.



Kuvio 9. Värinkeston testaaminen hankauksella

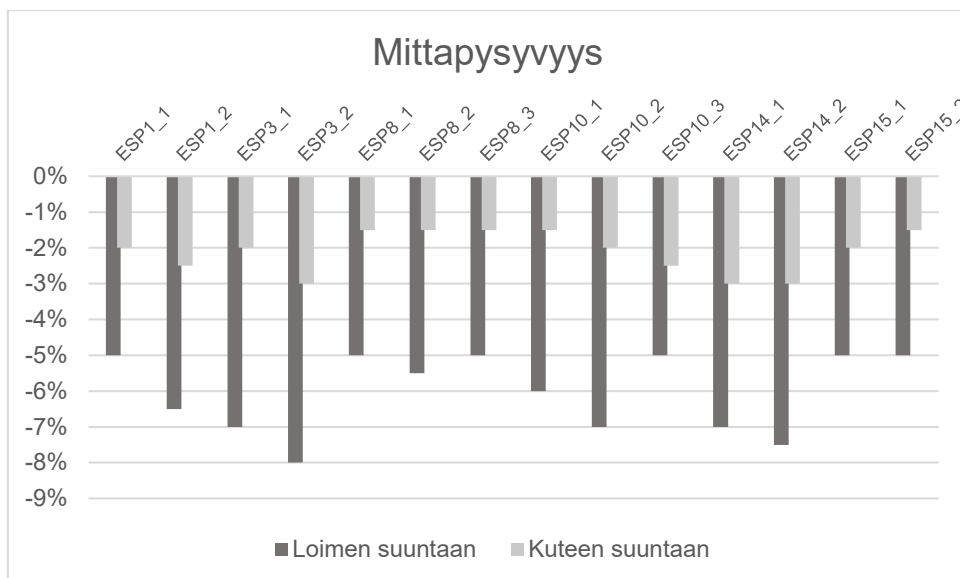
Pesussa värin irtoaminen näytekanasta puuvillakankaaseen oli hyvin vähäistä (kuvio 10). Euratex Technical Clothing Groupin (2006, 38) mukaan kaikkien pestävien kankaiden värinmuutos saisi olla korkeintaan neljä. Tämän suhteen kankaita voitaisiin hyödyntää eri käyttötarkoituksiin.



Kuvio 10. Värinkeston testaaminen pesussa

7.6 Mittapysyvyys pesussa

Kuviossa 11 on ilmoitettu kankaiden mittapysyvyyden muutos mitattuna loimen sekä kuteen suuntaisesti. Jokaisen kankaan ensimmäisellä (_1) tuloksella tarkoitetaan ensimmäistä pesutestiä, jossa ei käytetty pesuainetta eikä otettu huomioon kuteen tai loimen suuntaa kuivauksessa. Ensimmäisen pesutestin aikana kankaat kutistuivat hieman vähemmän kuin toisen pesutestin aikana. Suurin kutistuma tapahtui kaikissa kankaissa loimen suuntaisesti, tarkoittaen 5-8 prosentin kutistumaa. ESP8:sta ja ESP10:stä otettiin lisäksi kolmannet näytteet, jotka kuivattiin kude pystysuorassa. Tällä ei havaittu olevan suurta vaikutusta tuloksiin.



Kuvio 11. Kankaiden kutistuma pesussa

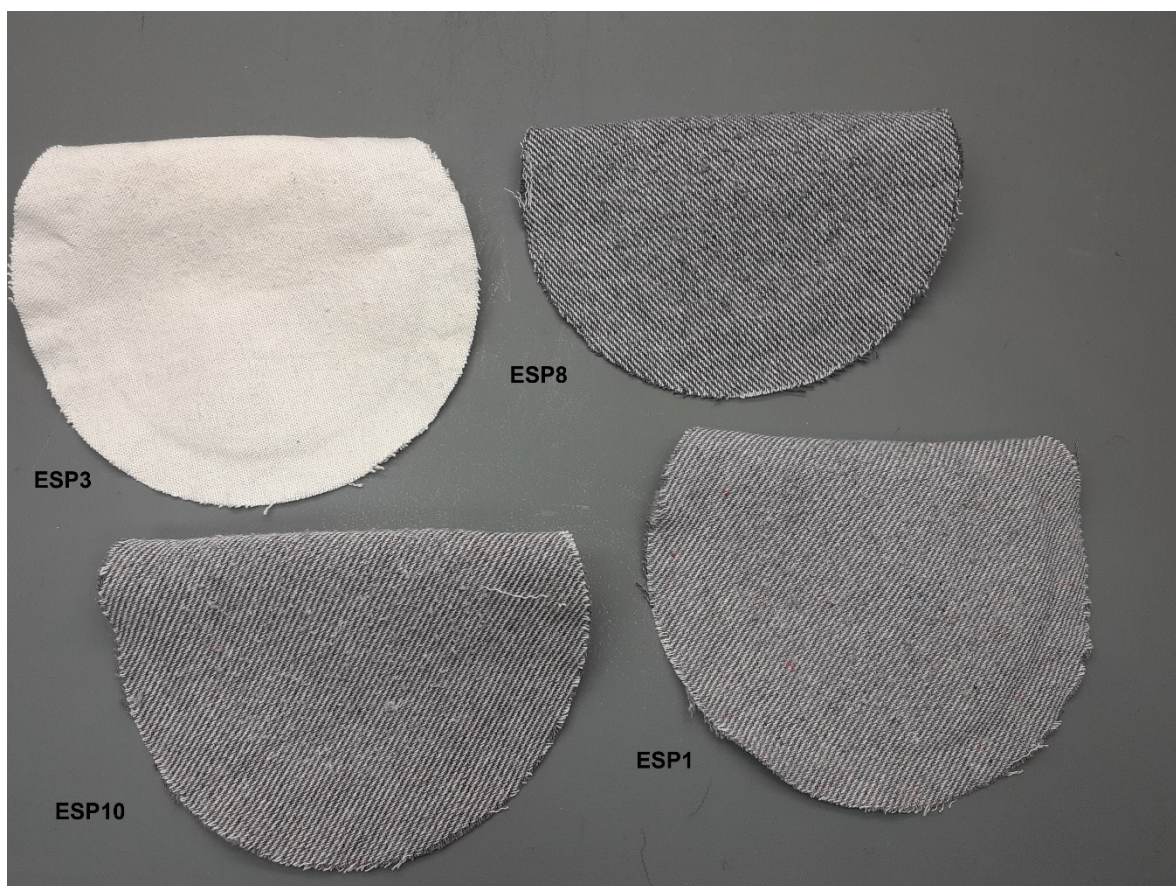
Saadut tulokset osoittavat, että varsinkin kutistuminen loimen suuntaan oli pesussa voimakasta. Takkien kohdalla suositus on asetettu vain raskaammille takeille, mikä tarkoittaa pituus- ja leveysuunnassa kahden prosentin kutistumaa. Sama kutistumaprosentti on asetettu myös housukankaille. (Euratex Technical Clothing Group 2006, 54.) Suomen Standardisointiliiton laatuvaatimusstandardeista on muodostettu taulukko, johon on listattu erilaisille kankaille mittamuutosten maksimi-arvot. Ainut tuote, johon kankaat mittamuutosten perusteella soveltuisivat, on vuodeliinakankaaksi. (Markkula 1999, 278.) Niille määritelty maksimikutistuma loimen suuntaisesti on kahdeksan ja kuteen suuntaisesti neljä prosenttia (SFS 3676 1976, 1). Voidaan kuitenkin olettaa, että kutistuminen on suurinta juuri ensimmäisessä pesussa. Jos kankaista haluttaisiin tehdä vaatteita, voisi kankaiden esipesu ennen ompelua auttaa.

7.7 Nyppyntyminen

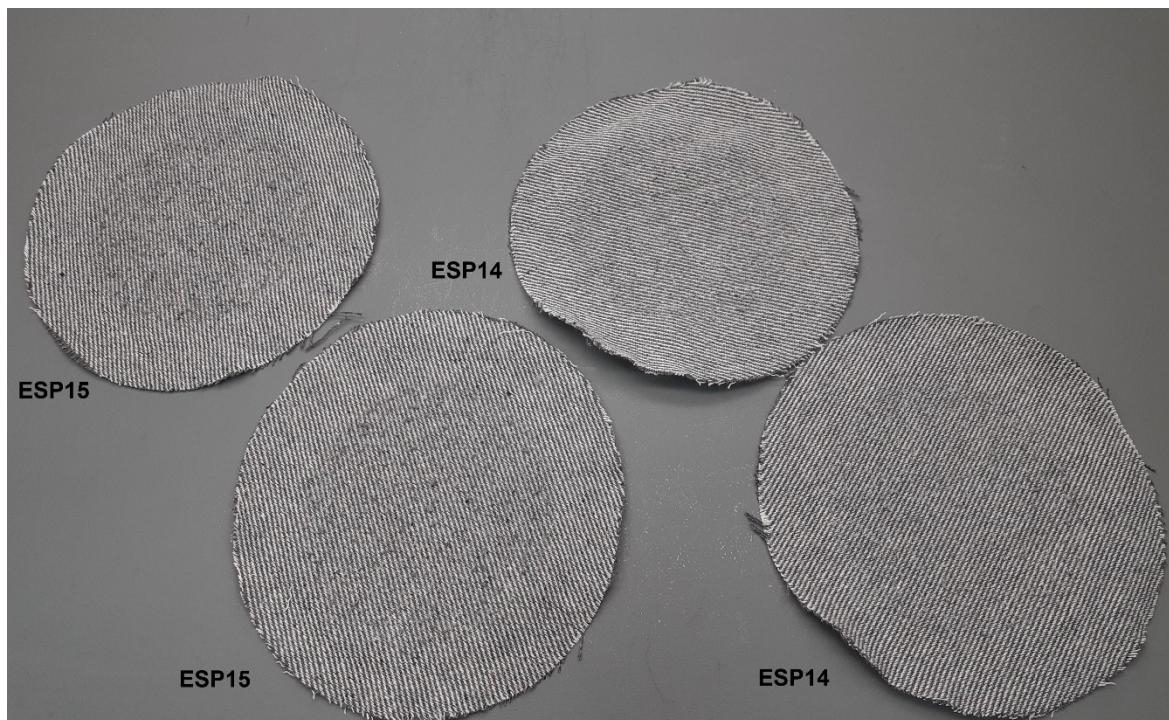
Taulukkoon 11 on koottu yhteen jokaisesta kankaasta otettujen näytteiden nyppyntyemis-arvo. Nyppyntyymistä on arvioitu kohdassa 7.1 selitetyn arviointiasteikon mukaisesti. Eniten nyppyntyymistä havaittiin ESP15:llä (kuva 9) ja hitain muutos kankaan pinnassa tapahtui ESP3:lla (kuva 8). 1000 kierroksen kohdalla osassa kankaista huomattiin jo selkeää nyppyntyymistä.

Hankaus- kierrokset	ESP1_1	ESP3_1	ESP8_1	ESP10_1	ESP14_1	ESP14_2	ESP15_1	ESP15_2
125	4,5	5	4,5	4	4	4	4	4
500	4	4,5	4,5	4	4	4	4	4
1000	4	4,5	4	4	3,5	3,5	2,5	3
2000	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	2,5
5000	3,5	4	3	3,5	3	3	2	2
7000	2,5	3	3	3	3	2,5	2	2

Taulukko 11. Kankaiden nyppyntyminen



Kuva 6. Testissä tapahtunut nyppyntyminen 7500 hankauskierroksen jälkeen



Kuva 7. Testissä tapahtunut nyppyyntyminen 7500 hankauskierroksen jälkeen

Kudottujen kankaiden minimilaatustandardi 2000 kierroksen jälkeen on nyppyyntymisarvo neljä (Euralex Technical Clothing Group 2006, 54). Tämän suosituksen täyttää testien mukaan ainoastaan ESP1 ja ESP3. Toisaalta rinnakkaisnäytteitä ei otettu, joten tulokset kuvaavat nyppyyntymistä vain yhden näytteen osalta. Kuten kohdassa 7.1 tulee ilmi, monien kankaiden lähtötilanne oli valmiiksi hieman nyppyinen. Tämä antoi aavistuksen siitä, että kankaat saattaisivat nyppyyntyä merkittävästi.

Björkin (2014, 63–64) tutkimustulosten mukaan tuotteen kokonaislaatua arvioitaessa otetaan huomioon myös tuotteen ympäristöystävällisyys. Näin ollen voidaan ajatella, että tuotteiden ympäristöystävällisyys painaa vaakakupissa, kun tehdään valintoja tuotteiden välillä. Jos kierrätetty kangas kuitenkin kestää, voisiko nyppyyistä ulkonäköä pitää vain yhtenä ominaisuutena, joka ei estäisi vaatteiden käyttöä. Yksi suurin etuhan kierrätyskankailla on juuri niiden ympäristöystävällisyys.

8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää kierrätysmateriaaleista valmistettujen kankaiden ominaisuuksia ja soveltuvuutta eri käyttökohteisiin. Työhön kuului olennaisena osana kokeellinen osio, jossa kankaiden kestävyysominaisuuksia testattiin laboratoriossa standardeja mukaillen. Kun kankaille tehtiin aluksi silmämääräinen tarkastelu, voitiin osassa kankaita havaita valmiiksi nyppyyisyyttä tai muuta epätasaisuutta. Kankaiden nyppyyisyys korostuikin nopeasti hankaus- ja nyppyyntymistesteissä, joissa nyppyjä nousi esiin miltei kaikkien kankaiden kohdalla jo ensimmäisen tuhannen kierroksen jälkeen.

Tuloksien mukaan kankailla on verrattain hyvät lujuus- ja repeämisominaisuudet. Voidaan päätellä, että kierrätetyn PET:n ja kierrätetyn puuvillan suhde näyttäisi olevan niissä hyvin optimaalinen näiden ominaisuuksien kannalta. Kankaat kestivät suhteellisen hyvin hankausta, mutta osassa kankaista tulokset vaihtelivat huomattavasti rinnakkaisnäytteiden välillä. Kankaissa tapahtui kutistumista pesussa ja merkittävin muutos tapahtui loimen suunnasta. Väriin irtoaminen kankaista oli vähäistä.

Epävarmuustekijöitä testauksiin toivat tekijälle täysin uusien menetelmien omaksuminen nopealla aikataululla. Testattavien kankaiden paljous sekä ajan rajallisuus aiheuttivat sen, että rinnakkaisnäytteiden lukumäärä ei kaikkien testien suhteen ollut optimaalinen. Kaikki edellä mainitut seikat ovat voineet vaikuttaa tutkimustulosten luotettavuuteen. Käytössä ei myöskään ollut neitseellisiä verrokkikankaita, joiden avulla tulosten luotettavuutta olisi voitu arvioida paremmin.

Näiden tutkimustulosten perusteella testatut kankaat eivät kaikkien ominaisuuksien osalta täytä kankaille määritellyjä laatusuosituksia. Suurimpana ongelmana on kankaiden epätasainen laatu, joka näkyy monissa testituloksissa arvojen vaihteluna saman kankaan sisällä. Tässä kohdin on äärimmäisen tärkeää, että kankaille on asetettu tietyt laatusuosituksia, joita voidaan verrata testattavien kankaiden tuloksiin. Vaikka laatu on osittain subjektiivinen käsite, helpottavat erilaiset suositukset laadun arviointia.

Kokeellisen osion testeillä saatiin kuitenkin hyödyllistä tietoa siitä, minkälaisia kestävyysominaisuuksia tämänkaltaisilla kierrätyskankailla on. Testauksista saatiin alustavia tuloksia, joiden perusteella tutkimusta voidaan jatkaa eteenpäin. Tulevaisuudessa tutkimuksissa voisi olla hyödyllistä kiinnittää enemmän huomiota kankaiden nyppyyntymiseen sekä mittamuutoksiin. Kankaista kannattasi testata myös enemmän rinnakkaisnäytteitä, mikä lisäisi tulosten luotettavuutta. Kierrätyskankaiden käyttö tulee varmasti tulevaisuudessa lisääntymään, koska jo yksinomaan tekstiilin kierrätyksen kasvu lisää syntyvän kierrätysmateriaalin

määrää. Kaikki lisätieto kierrätyskankaiden laadusta on arvokasta, jotta tuotekehittely etenee oikeaan suuntaan.

Lähteet

- Auranen, A. 2018. Tekstiilijätteestä mekaanisesti kierrätetty kuitu ja sen soveltuvuus eri prosesseihin. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 12.1.2021. Saatavissa <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018102916315>
- Björk, H. 2014. Laatu vaatteessa. Vaatteen laatukäsite kuluttajan näkökulmasta. Lapin Yliopisto. Pro Gradu -tutkielma. Viitattu 1.2.2021. Saatavissa <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ula-201405261204>
- Collier, B.J. & Epps, H.H. 1999. Textile Testing and Analysis. London: Prentice-Hall International (UK) Limited.
- Dahlbo, H., Aalto, K., Salmenperä, H., Eskelinen, H., Pennanen, J., Sippola, K. & Huopalainen, M. 2015. Tekstiilien uudelleenkäytön ja tekstiilijätteen kierrätyksen tehostaminen Suomessa. Ympäristöministeriö. Raportti. Viitattu 8.1.2021. Saatavissa <http://hdl.handle.net/10138/155612>
- Eberle, H., Hermeling, H., Hornberger, M., Kilgus, R., Menzer, D. & Ring, W. 2002. Ammattina vaate. Helsinki: WSOY.
- Ellen MacArthur Foundation 2017. A new textiles economy: Redesigning fashion's future. Ellen MacArthur Foundation. Raportti. Viitattu 15.1.2021. Saatavissa <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy-Full-Report-Updated-1-12-17.pdf>
- Euratex Technical Clothing Group 2006. Recommendations concerning characteristics and faults in fabrics to be used for clothing. Euratex Technical Clothing Group. Viitattu 9.2.2021. Saatavissa <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/stjm/ECLA-suositus-kankaiden-laatuvaatimukset-2006.pdf>
- Euroopan komissio 2021. EU strategy for textiles. Roadmap. Euroopan komissio. Viitattu 9.2.2021. Saatavissa <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12822-EU-strategy-for-sustainable-textiles>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/851. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Viitattu 4.1.2021. Saatavissa <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0851>
- Heikkilä, P. 2020a. Miten poistotekstiiliä lajitellaan? Telaketju. Viitattu 11.1.2021. Saatavissa <https://telaketju.turkuamk.fi/tietoiskut/miten-poistotekstiileita-lajitellaan/>

Heikkilä, P. 2020b. Tekstiilien kierrätysmenetelmät. Telaketju. Viitattu 19.1.2021. Saatavissa <https://telaketju.turkuamk.fi/tietoiskut/tekstiilien-kierratysmenetelmat/>

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. Pääkaupunkiseudun sekajätteen koostumus vuonna 2018 – Kotitalouksien sekajätteen koostumustutkimuksen loppuraportti 2018. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. Raportti. Viitattu 12.1.2021. Saatavissa https://kivo.fi/wp-content/uploads/Lajittelututkimus_HSY_2018.pdf

Huttunen, H-M. 2014. Tekstiiliteollisuuden leikkuujätteen määrä ja hyödyntäminen : Suomalaisessa vaatetus- ja tekstiiliteollisuudessa. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 14.1.2021. Saatavissa <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014090813811>

Kamppuri, T., Heikkilä, P., Pitkänen, M., Saarimäki, E., Cura, K., Zitting, J., Knuutila, H. & Mäkiö, I. 2019. Tekstiilimateriaalien soveltuvuus kierrätykseen. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tutkimusraportti Nro VTT-R-0091-19. Viitattu 11.1.2021. Saatavissa https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/24225719/VTT_R_00091_19.pdf

Kekäle. Laadukkaiden vaatteiden jäljillä. Kekäle. Viitattu 2.2.2021. Saatavissa <https://www.kekale.fi/laadukkaat-vaatteet>

Kierrätyskeskus. Rinna Saramäki "Laadukas vaate - sen tuntomerkit ja elinympäristö". Kierrätyskeskus. Viitattu 2.2.2021. Saatavissa https://www.kierratyskeskus.fi/tietoa_meista/ajankohtaista/rinna_saramaki_laadukas_vaate_-_sen_tuntomerkit_ja_elinymparisto.3932.news

Knuutila, H., Virta, M., Ilmonen, S. & Mäkiö, I. 2018. Tekstiilien erilliskeräysvelvoite tulee – olemmeko valmiita? Telaketju. Viitattu 4.1.2020. Saatavissa <https://telaketju.turkuamk.fi/uutiset/tekstiilien-erilliskeraysvelvoite-tulee-olemmeko-valmiita/>

Kokkonen, M. 2020a. Poistotekstiilin jalostuslaitos. Telaketju. Yritysten poistotekstiilitreffit 12.3.2020. Viitattu 8.1.2021. Saatavissa https://telaketju.turkuamk.fi/uploads/2020/03/6884d28e-lsjh-marko-kokkonen_poistotekstiilin-jalostuslaitos.pdf

Kokkonen, M. 2020b. Poistotekstiilin valtakunnallinen keräys. Lounais-Suomen Jätehuolto. Viitattu 5.1.2020. Saatavissa: https://telaketju.turkuamk.fi/uploads/2020/08/5d8cc5d4-poistotekstiilin-valtakunnallinen-kerays_lsjh.pdf

Kotimaisten kielten keskus 2020. Laatu. Kotimaisten kielten keskus ja Kielikone Oy.

Viitattu 27.1.2021. Saatavissa

<https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/#/laatu?searchMode=all>

Kymäläinen, H-R. Lujuus. Helsingin yliopisto. Luentokalvot. Viitattu 9.2.2021. Saatavissa

<https://www.edu.helsinki.fi/kvy/tekstiilentestaus/luennot/HRK/kalvot/lujuus.pdf>

Land's End. Coat vs Jacket: How to Know the Difference. Land's End. Viitattu 9.2.2021.

Saatavissa <https://www.landsend.com/article/whats-the-difference-between-a-coat-and-jacket/>

Lounais-Suomen Jätehuolto. Poistotekstiilit. Lounais-Suomen Jätehuolto. Viitattu

13.1.2021. Saatavissa: <https://www.lsjh.fi/fi/jatelaji/poistotekstiilit/>

Lounais-Suomen Jätehuolto, Rester Oy & Paimion kaupunki 2020. Pohjoismaiden ensimmäinen laajamittainen poistotekstiilien jalostuslaitos avataan Paimioon 2021.

Lounais-Suomen Jätehuolto. Viitattu 12.1.2021. Saatavissa

<https://www.lsjh.fi/fi/pohjoismaiden-ensimmainen-laajamittainen-poistotekstiilien-jalostuslaitos-avataan-paimioon-2021/>

Markkula, R. 1999. Tekstiilitieto. 9. uudistettu painos. Porvoo: WSOY.

Marttila, T. & Rouhiainen, O. 2021. Materiaalitestaus.

Merriam-Webster. Breaking Strength. Merriam-Webster.com dictionary. Viitattu 26.1.2021.

Saatavissa <https://www.merriam-webster.com/dictionary/breaking%20strength>

Mäki, S. Mihin kierrättää vanhat vaatteet ja kodin tekstiilit? Suomen Tekstiilin & Muoti ry.

Viitattu 9.4.2021. Saatavissa [https://www.stjm.fi/toiminta-](https://www.stjm.fi/toiminta-alueemme/vastuullisuus/kiertotalous/mihin-kierrattaa-vanhat-vaatteet-ja-kodintekstiilit/)

[alueemme/vastuullisuus/kiertotalous/mihin-kierrattaa-vanhat-vaatteet-ja-kodintekstiilit/](https://www.stjm.fi/toiminta-alueemme/vastuullisuus/kiertotalous/mihin-kierrattaa-vanhat-vaatteet-ja-kodintekstiilit/)

Mäki, S. 2018. Tekstiilien kiertotalous kiinnostaa – kuinka päästä mukaan? Suomen

Tekstiili & Muoti ry. Viitattu 11.1.2021. Saatavissa <https://www.stjm.fi/uutiset/tekstiilien-kiertotalous-kiinnostaa-kuinka-paasta-mukaan/>

Pylkkänen, K. Standardisointi. Suomen Tekstiili & Muoti Ry. Viitattu 4.2.2021. Saatavissa

<https://www.stjm.fi/toiminta-alueemme/standardisointi/>

Rantalainen, E. 2018. Tekokuituriepuja ja kuitumuhjua, eikä vaate välttämättä kestä edes yhtä pesua – vaateostoksilla on vaikea olla vastuullinen. Yle. Viitattu 2.2.2021. Saatavissa

<https://yle.fi/uutiset/3-10401150>

Rengel, A. 2017. Recycled Textile Fibres and Textile Recycling. Federal Office for the Environment. Raportti. Viitattu 3.2.2021. Saatavissa

<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/wirtschaft-konsum/externe-studien-berichte/Recycled-Textile-Fibres-and-Textile-Recycling.pdf.download.pdf/study-on-recycled-textiles-and-textile-recyclability-ch.pdf>

Räisänen, R., Rissanen, M., Parviainen, E. & Suonsilta, H. 2017. Tekstiilien materiaalit. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab.

Salmenperä, H. 2017. Poistotekstiileihin kytkeytyvät juridiset ja hallinnolliset tulkinnat sekä menettelyt. SYKE. Viitattu 8.1.2021. Saatavissa https://storage.googleapis.com/turku-amk/2018/02/termit-ja-lainsaadanto_syke.hannasalmenpera.2017.pdf

SFS-EN ISO 139 2005. Tekstiilit. Ilmastoinnissa ja testauksessa käytettävät vakio-olosuhteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/12300.html.stx>

SFS-EN ISO 12947-2 2016. Tekstiilit. Kankaiden hankauksenkestävyyden määrittäminen Martindalemenetelmällä. Osa 2: Näytteen rikkoutumisen määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/480374.html.stx>

SFS-EN ISO 13934-1 2013. Tekstiilit. Kankaiden lujuusominaisuudet. Osa 1: suurimman murtovoiman ja murtovenymän määrittäminen liuskatestimenetelmällä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/234749.html.stx>

SFS-EN ISO 13937-3 2000. Tekstiilit. Kankaiden repeämisominaisuudet. Osa 3: repeämisvoiman määrittäminen siiven muotoisilla koepaloilla (single tear method). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/12321.html.stx>

SFS-EN ISO 3759 2011. Tekstiilit. Näytteiden valmistelu, merkitseminen ja mittaus mittamuutosten määrittämistä varten. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/3/188391.html.stx>

SFS 3192 1974. Tekstiilit. Tasomaisten tekstiilituotteiden neliömäärän ja juoksumetrimäärän määrittäminen. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/3/1109.html.stx>

SFS-EN ISO 6330 2012. Tekstiilit. Tekstiilien testauksessa käytettävät kotipesun ja kuivauksen menetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/6/199973.html.stx>

SFS-EN ISO 20105-A02 1995. Tekstiilit. Värinkestot. Osa A02: harmaa-asteikko värinmuutoksen arvostelemiseksi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/2/9405.html.stx>

SFS-EN ISO 105-C06 2010. Tekstiilit. Värinkestot. Osa C06: värien pesunkesto koti- ja pesulapesussa. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/167858.html.stx>

SFS-EN ISO 12945-4 2020. Textiles. Determination of fabric propensity to surface pilling, fuzzing or matting. Part 4: Assessment of pilling, fuzzing or matting by visual analysis. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/945910.html.stx>

SFS-EN ISO 12945-2 2020. Textiles. Determination of fabric propensity to surface pilling, fuzzing or matting. Part 2: Modified Martindale method. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/946956.html.stx>

SFS-EN ISO 105-X12 2016. Textiles. Tests for colour fastness. Part X12: Colour fastness to rubbing. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 23.2.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/417170.html.stx>

SFS 3676 1976. Vuodeliinakankaat. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 24.3.2021. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/3/1320.html.stx>

Standardisoimisyhdistys TEVASTA ry & Suomen Standardisoimisliitto 2017. Tunnetko tärkeät tekstiilistandardit? Standardisoimisyhdistys TEVASTA ry & Suomen Standardisoimisliitto. Viitattu 4.2.2021. Saatavissa <https://stjm.s3.eu-west-1.amazonaws.com/uploads/20170308084432/Tunnetko-tekstiilistandardit.pdf>

Suomen Tekstiili & Muoti ry. Kiertotalouden termit tutuiksi. Suomen tekstiili & Muoti ry. Viitattu 20.1.2021. Saatavissa <https://www.stjm.fi/toiminta-alueemme/vastuullisuus/kiertotalous/kiertotalouden-termit-tutuiksi/>

Suomen Tekstiili & Muoti ry 2020. Suomeen halutaan EU:n tekstiilien kierrätyshubi – mahdollisuus tuhansiin työpaikkoihin. STT Viestintäpalvelut Oy. Viitattu 18.1.2021. Saatavissa <https://www.sttinfo.fi/tiedote/suomeen-halutaan-eun-tekstiilien-kierratyshubi-mahdollisuus-tuhansiin-tyopaikkoihin?publisherId=29646195&releaseId=69894336>

Telli, A. & Özdil, N. 2015. Effect of recycled PET fibers on the performance properties of knitted fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(2). Viitattu 22.1.2021. Saatavissa <https://doi.org/10.1177/155892501501000206>

The Boston Consulting Group (BCG) & Global Fashion Agenda (GFA) 2017. Pulse of the Fashion Industry. GFA & BCG. Raportti. Viitattu 15.1.2021. Saatavissa <https://www.globalfashionagenda.com/publications-and-policy/pulse-of-the-industry/>

Turunen, J. 2020. Suomi tavoittelee tekstiilijätteen kierrätyslaitosta. *Helsingin Sanomat* 48/2020, A 40–A 41.

United Nations Economic Commission for Europe 2018. UN Alliance aims to put fashion on path to sustainability. United Nations Economic Commission for Europe. Viitattu 12.1.2021. Saatavissa <https://unece.org/forestry/press/un-alliance-aims-put-fashion-path-sustainability>

Valtioneuvosto 2021. Uusi suunta. Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi. Valtioneuvosto. Valtioneuvoston julkaisu 2021:1. Viitattu 13.1.2021. Saatavissa <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-658-7>

Änkö, M. 2018. Laadukkaat vaatteet – mitä ne ovat? TAMK-blogi 17.9.2018. Viitattu 28.1.2021. Saatavissa <https://tamk-blogi.tamk.fi/laadukkaat-vaatteet-mita-ne-ovat/>