



Tekstiilien suljetun kierron test- bed

Vilma Lahti

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

LAHTI VILMA:
Tekstiilien suljetun kierron testbed

Opinnäytetyö 42 sivua
Toukokuu 2024

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, pystyykö TAMK toimimaan operaattorina suljetun kierron testbedissä sekä pystyykö tuni-organisaatio toimimaan yhteytenä yritysten ja palveluiden välillä pilotointiympäristön mahdollistamiseksi. Lisäksi tässä työssä perehdytään tekstiilien suljettuun kiertoon. Idea opinnäytetyön aiheeseen tuli Suomen Tekstiili & Muoti ry:ltä.

Tutkimusmetodina opinnäytetyössä toimii kirjallisuusselvitys sekä teemahaastattelut. Työssä tarkasteltiin tekstiiliteollisuuden ongelmia ja pohdittiin voisiko testbed olla ratkaisuna näihin. Työn teoreettisessa osiossa tarkasteltiin tekstiilien kierron yhteiskunnallista tilannetta sekä syvennyttiin tekstiilien kierrätykseen. Tutkimuksessa selvitettiin, mikä on suljettu kierto, testbed sekä mitä tarkoittaa yhden luukun periaate. Opinnäytetyössä myös pohdittiin lainsäädäntöä ja esiteltiin VTT:n tutkimusraportti, johon työ pohjautuu. Tämän jälkeen syvennyttiin haastatteluihin.

Opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa haastateltiin TAMK:n henkilökuntaa eri näkökulmista. Tutkimuksessa haastateltiin eri asemissa olevia henkilöitä ja lopulta haastatteluun päätyivät Ari Sivula, Hannu Koponen ja Maria Änkö.

Työn johtopäätöksiä voitiin todeta, että TAMK:n tekstiililaboratoriossa olisi hyvät mahdollisuudet yhteistyöhön eri toimijoiden välillä. Henkilökunta osoitti kiinnostuksensa testbediä kohtaan ja sen avaamiin uusiin mahdollisuuksiin. Testbedin esittelemät toimintamallit havaittiin tuotantoa tehostaviksi ja yhteistyön helpottuminen eri toimijoiden välillä koettiin tarpeellisena muuttuvassa yhteiskunnassa. TAMK:n tekstiililaboratorio ei tällä hetkellä pysty ottamaan operaattorin roolia. TAMK:n nettisivut olisivat kuitenkin hyvä mahdollisuus yritysten ja palveluiden kohtaamiseen.

Asiasanat: tekstiilien suljettu kierto, testbed, tekstiilien kierrätys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Bioproduct Engineering

LAHTI, VILMA:
Testbed for closed loop of textiles

Bachelor's thesis 42 pages
May 2024

The aim of this Bachelor's thesis is to establish if TAMK could act as an operator in a testbed of closed loop for textiles and if the tuni-organization could function as a link between companies and services to enable a piloting environment. This thesis also examines the closed loop of textiles. The idea of this thesis came from Suomen Tekstiili & Muoti ry.

The research methods used in this thesis are a literature review and focused interviews. The theoretical part is focused on observing the recycling of textiles, environmental impacts, the testbed and legislation. This thesis is based on VTT report and it is presented in the theoretical part as well.

Thesis experimental part is about interviewing TAMK employees from different perspectives and positions. The interviewed people were Ari Sivula, Hannu Koponen and Maria Änkö. In the focused interviews topics were about themes around this thesis.

In conclusion the testbed would have great opportunities functioning in the TAMK textile laboratory. The textile laboratory already makes cooperation with different companies. Although the laboratory doesn't have enough resources to be operator at this project unless they are given more resources to run it. Tuni-organization websites would be a great opportunity to companies and services to collab.

Key words: closed loop of textiles, testbed, textile recycling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TEKSTIILIEN KIERTO	9
	2.1 Tekstiiliteollisuuden ympäristövaikutukset.....	9
	2.2 Keskeisiä käsitteitä	10
	2.3 Tekstiilien kierrätysmenetelmät	11
	2.4 Kierrätetty tekstiilikuitu	14
	2.5 Tekstiilien kiertotalous	15
	2.6 Kierrätetyn tekstiilikuiden käyttäminen	17
	2.7 Tekstiilien suljettu kierto	18
	2.8 Testbed.....	22
	2.9 Yhden luukun periaate.....	22
	2.10 VTT:n tutkimusraportin esittely.....	23
	2.11 Lainsäädäntö.....	27
	2.12 Vaahtorainaus esimerkkinä.....	27
3	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	29
	3.1 Teemahaastattelu.....	29
	3.2 Tutkimuskysymykset	32
	3.3 Haastateltavien valinta	32
4	EMPIIRINEN TUTKIMUS JA TULOKSET	34
5	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET	39

ERITYISSANASTO

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
VTT	Valtion teknillinen tutkimuslaitos
Polymeeri	Koostuu hiilen ja vedyn atomeista, polymeeri on muovin tärkein osa
Monomeeri	Orgaaninen molekyyli, muodostaa synteettisiä polymeerejä
FTIR	Fouriermuunnettu infrapunaspektroskopia eli analyttinen menetelmä molekyylien funktionaalisten ryhmien tunnistamiseen
NIR	Lähi-infrapuna eli analysointimenetelmä, joka perustuu infrapunasäteilyyn
PLA	Polyaktidi eli uusiutuvista raaka-aineista valmistettu biohajoava termoplastinen alifaattinen polyesteri.
PHA	Polyhydroksialkanoaatti eli biopohjaiset ja biohajoavat polyesterit
Regeneroidut kuidut	Kuitu, joka on valmistettu selluloosasta, joka on peräisin nopeasti kasvavista puulajeista, kuten eukalyptus
Zero waste	Ajattelutapa, joka kannustaa vähentämään jätettä ja tavoittelemaan jätteeöntä elämäntapaa
Mikrokuitu	Synteettinen kuitu, saadaan pilkkomalla puukuitua pienemmäksi, erilaiset ominaisuudet, kuin tavallisella selluloosalla
Komposiitti	Materiaalien yhdistelmä, jossa materiaalit eivät ole liuenneet toisiinsa, mutta toimivat yhdessä esimerkiksi puu ja muovi

1 JOHDANTO

Tekstiili- ja muotiala elää valtavassa rakenteellisessa muutoksessa ja on globaalisti yksi suurimmista teollisuuden aloista. Tällä hetkellä vain noin prosentti vaateista kiertää takaisin uusien tekstiilituotteiden raaka-aineeksi. Tekstiilialan kiertäysratkaisut ovat kuitenkin kehittyneet viime vuosina kovaa vauhtia. (STJM 2021.)

Tekstiilien suljetun kierron arvoketju mahdollistaisi raaka-aineen tehokkaamman käyttämisen, jätteiden vähenemisen ja samalla se synnyttäisi uusia työpaikkoja Suomeen. Tosin se edellyttäisi myös huomattavia investointeja alkuvuosina. Resurssitehokkuuden periaatteiden mukaan tuotteita pitäisi käyttää niiden alkuperäisessä käyttötarkoituksessa mahdollisimman pitkään. Globaalit markkinat kuitenkin suosivat pikakulutusta ja siitä syntyy liian nopeasti hyödyntämättömiä jätteitä. Suljettu kierto on kiertotalouden mukainen toimintamalli, jossa tuotteiden sisältämät materiaalit kiertävät käytön jälkeen uusien vastaavien tuotteiden raaka-aineiksi. (STJM 2021.)

Tässä opinnäytetyössä selvitetään mahdollisuuksia saada tekstiilien suljetulle kierrolle ympäristö, jossa Tampereen ammattikorkeakoulu voisi toimia operaattorina mahdollisuuksien mukaan. Tutkimuksessa selvitetään TAMK:n toimenkuvaa sekä punnitaan mahdollisuuksia yhteistyöhön VTT:n, Suomen Tekstiili & Muotiry:n sekä Tampereen ammattikorkeakoulun välillä. Tavoitteena on selvittää, millaisia mahdollisuuksia TAMK:lla on toimia mukana testbedissä, jossa yritykset loisivat uusia palveluita, kehittäisivät toimintaansa sekä voisivat tarjota omia palveluitaan muille yrityksille. Tavoitteena on, että tekstiilien suljettu kierto tehostuisi ja olisi taloudellisesti kannattavaa. Tämä on globaali haaste ja yritysten ja yhteiskunnan tahtotila on puuttua tilanteeseen.

Petteri Orpon hallituksen valtionrahoituksen tavoitteena on laaja ja kokonaisvaltainen tutkimus- ja kehittämisohjelma. Tavoitteena on tukea yhteistyötä yritysten ja tutkimusorganisaatioiden kanssa, jotka samalla kehittävät murrosteknologioita sekä ratkaisuja yhteiskunnallisiin haasteisiin. "Kiertotaloudesta tehdään Suomen

talouden perusta. Valtakunnallisen kiertotalouden edistämishojelman toteuttamiseen ehdotetaan 1 milj. euroa.” (Valtion talousarvioesitykset 2023.) Tämä tutkimus on juuri nyt ajankohtainen ja merkityksellinen, koska myös valtio on herännyt asian merkityksellisyydestä ja ohjaa tutkimus- ja kehitysrahoja juuri tällaisille hankkeille. Hallituksen linjaukset korostavat Suomen menestystä globaalissa kilpailussa ja panostukset laitetaan talouskasvuun. Pääministeri Orpo lupasi jo syksyllä 2023 budjetissa lisää rahoitusta ja tukea yritysten kehitykseen ja tutkimustyöhön. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan määrärahojen yhteismäärä nousee vuoteen 2030 mennessä niin, että se on 1,2 % bruttokansantuotteesta. Tuet kohdennetaan yrityksille, jotka uskaltava toteuttaa kunnianhimoisia ja riskipitoisempia hankkeita ja jotka etsivät ratkaisuja yhteiskunnallisiin haasteisiin ja joissa huomioidaan kestävä kehitys ja digitalisaatio. (Valtion talousarvioesitykset 2023.) Tutkimusaihe on siis varsin ajankohtainen ja globaalista näkökulmasta radikaalin merkittävä.

Keskeisin rahoituksen periaate on yksityisten ja julkisten T&K- toimijoiden yhteistyön lisääminen, osajien riittävyyden varmistaminen koulutuksen tukemisella, tutkimus- ja teknologiainfrastruktuurien laaja tukeminen sekä kansainvälinen yhteistyö ja laajentamalla EU-hankkeita. (Kehysriihen päätökset valtion T&K-rahoituksen kohdennuksista vuosille 2025 - 2028, 2024.) Tavoitteena on myös saada uusia yrityksiä ottamaan suurempia riskejä moderneissa teknologisissa hankkeissa. (Kehysriihi 2024.)

Vaateteollisuus on havainnut asiakkaidensa kasvavan tietoisuuden ympäristön suojelemisesta ja vastuullisesta kulutuksesta ja kierrättämisestä. Yritykset pyrkivät toimimaan vastuullisesti ja ottavat kierrätyksen osaksi omaa markkinointiaan. Yritykset pyrkivät todistamaan kuluttajalle vastuullisesta toiminnastaan. H&M ja Zara ovat pyrkineet pienentämään hiilijalanjälkeä, korostavat vastuullisuutta, käyttävät kierrätysmateriaaleja, kehittävät standardeja ja selvittävät raaka-aineiden alkuperän. Kuitenkin aina löytyy väärinkäytöksiä. H&M korostaa tiedotteessaan, että kaikki sen käyttämä puuvilla on jäljitettävissä kierrätetyksi, luonnonmukaisesti viljeltyksi ja vastuulliseksi. (Pietarinen 2024.) Vaateketjut ymmärtävät, että asiakkaat ovat tietoisia ympäristökuormasta, ja tietoisesti tekevät viherpesua

imagonsa parantamiseksi. Kestävä kehitys, tekstiilien kierrätys ja raaka-aineiden alkuperä on siis myös taloudellisesti tullut merkittäväksi ja siihen erilaisia ratkaisuja myös tässä tutkimuksessa esiteltävään testbed etsii vastauksia.

Tämä opinnäytetyö tehdään VTT:n selvityksen pohjalta, jossa todetaan, että tekstiilien suljetun kierron testbed olisi tarpeellinen Suomessa ja se hyödyttäisi monia tahoja. Jotta testbed onnistuisi, on selvitettävä, pystytäänkö se toteuttamaan yhden luukun periaatteena TAMK:n nettisivuja hyödyntäen. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on siis syventyä tekstiilien suljettuun kiertoon, erilaisiin kierrätysmenetelmiin, arvoketjuun ja yhden luukun periaatteeseen. Samalla tutkimuksessa perehdytään ja selvitetään testbedin toimintaa.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, pystyykö Tampereen ammattikorkeakoulu toimimaan operaattorina näin suuressa projektissa sekä pystytäänkö TAMK:n nettisivuja hyödyntämään alustana eri organisaatioiden ja toimijoiden välillä. Työ rajautuu tekstiilien suljettuun kiertoon sekä arvoketjuun, erilaisiin kierrätysmenetelmiin sekä testbedin toimintaan ja yhden luukun periaatteeseen.

2 TEKSTIILIEN KIERTO

2.1 Tekstiiliteollisuuden ympäristövaikutukset

Maailmanlaajuinen tekstiilikuitujen tuotanto on lähes kaksinkertaistunut vuosien 2000 ja 2020 välillä. Pikamuoti on vauhdittanut vaatteiden tarjontaa, sesongit vaihtuvat useasti, tuotteita valmistetaan vain tietty määrä, jolloin saadaan painetta ostamiseen, tuotteet ovat erityisen halpoja ja niitä käytetään vain kerran; tätä kutsutaan halpamuodiksi. Pikamuoti on syynä kulutuksen lisääntymiseen ja siihen on osaltaan vaikuttanut sosiaalinen media. Vain noin yksi prosentti käytetyistä vaatteista kierrätetään uusiksi vaatteiksi. Eurooppalaisten tekstiilien kulutus on keskimäärin lähes 26 kiloa ja pois heitettyä tekstiiliä noin 11 kiloa. (Euroopan parlamentti 2020.) Ranska onkin laissa kieltänyt ultrapikamuodin keväällä 2024.

Tekstiilien ympäristövaikutukset ovat laaja-alaisia; luonnonvarat ylikuluttuvat, vedet pilaantuvat, kasvihuonekaasut kasvavat sekä tekstiilijätteet saastuttavat luontoa kaatopaikoilla. Tekstiilituotannossa käytetään paljon luonnon resursseja esimerkiksi vettä sekä maata puuvillan sekä muiden kuitujen kasvattamiseen. (Euroopan parlamentti 2020.)

Yhden puuvillapaidan valmistamiseen kuluu noin 2700 litraa vettä sekä noin 150 g hyönteismyrkkyjä ja lannoitteita. Koska viljellään intensiivisesti vain yhtä lajiketta, maaperä köyhtyy, vesistöt kuivuvat ja maaperä suolaantuu. Puuvillapensaiden lehdet pudotetaan myös kemiallisesti, jotta sato voidaan korjata koneellisesti ja tämäkin saastuttaa maaperää. (Mediawear Custom Apparel. n.d.)

Euroopan parlamentti arvelee, että noin 20 prosenttia maailman puhtaan veden pilaantumisesta johtuu tekstiilituotannon värjäys- ja viimeistyskemikaaleista. Muotiteollisuuden hiilidioksidipäästöjen osuus on noin 10 prosenttia koko maailman hiilidioksidipäästöistä, mikä on enemmän kuin kansainväliset lennot ja merikuljetukset yhteensä. (Euroopan parlamentti 2020.)

2.2 Keskeisiä käsitteitä

Suljettu kierto on kiertotalouden mukainen toimintamalli, jossa tuotteiden sisältämät materiaalit kiertävät käytön jälkeen uusien vastaavien tuotteiden raaka-aineeksi. Samalla pyritään minimoimaan jätteiden syntymistä ja hyödynnetään resurssit mahdollisimman tarkkaan. (STJM 2021.)

Lineaarinen malli perustuu materiaalien kuluttamiseen ja niiden hylkäämiseen käytön jälkeen. Perinteistä lineaarista mallia, jossa materiaaleja ei hyödynnetä uudelleen, käytetään yleisesti tekstiiliteollisuudessa. Nykyisellä kulutustasolla, tämä malli ei ole kestävä ja luonnonvarojen säästämiseksi on tärkeää saada materiaalit uudelleen kiertoon. (STJM 2021.)

Upcycling eli arvoa lisäävä kierrätys tarkoittaa hyödyntämättömän materiaalin muokkaamista siten, että sen arvo tai laatu paranevat. Upcycling perustuu kiertotalouteen, jossa materiaalit käytetään uudestaan eikä jätteitä pääse syntymään. Materiaalin saatavuuden epävarmuus ja vaihtelevuus ovat upcycling-prosessin haasteita. (Malleus 2022.)

Downcycling eli arvoa vähentävä kierrätys tarkoittaa poistettujen tekstiilien uudelleen käsittelyä. Se on termi, jota käytetään kuvaamaan kierrätettyjä tuotteita, jotka eivät ole rakenteellisesti yhtä vahvoja tuotteita kuin alkuperäiset, neitseellisestä materiaalista valmistetut tuotteet. Tässä kierrätysmenetelmässä materiaalin arvo laskee alkuperäiseen verrattuna. Syynä voi olla esim. erilaisten tekstiilien sekoittamisesta, jolloin tuotteen laatu laskee. Downcycling-materiaalista voidaan valmistaa erilaisia tuotteita kuin alkuperäiset tuotteet. Tällöin jätteiden määrä vähenee, vanhoista tekstiileistä saadaan uusia tuotteita, raaka-aineita saadaan kierrätettyä ja samalla saadaan säästettyä energiaa. Käytöstä poistettujen tekstiilien uudelleen käsittely kulutus- ja teollisuustuotteiksi tapahtuu yleensä mekaanisessa prosessissa. (Textile Enchange 2024.) Kierrätystaloudessa tavoitteena on tietenkin upcycling eli materiaalin arvon nostaminen kierrätyksessä.

Tekstiilijäte voidaan jakaa kahteen eri jätteeeseen: pre- ja post-consumer -jätteeeseen. Vaatetuotannossa pre-consumer-jätteet muodostuvat ennen kuin tuote

saapuu kuluttajalle eli valmistajien, laitosten ja tehtaiden valmistusprosessin aikana. Valmistusjäte syntyy kuitujen käsittelystä sekä valmiiden lankojen ja tekstiilien tuotannossa. Siihen kuuluu myös tekniset tekstiilit, vaatteet, leikkaustuotteet, reunukset, hylätyt materiaalit ja b-luokan vaatteet. Se voi olla myös yritysten myymätöntä varastoa, sekundaaria tai palautettuja tuotteita. Pre-consumer-jäte on puhdasta jätettä, tasalaatuisempaa ja laadukkaampaa uusiokäyttöön ja se pitäisi saada paremmin hyödynnettyä. Tekstiiliteollisuuden pitäisi hyödyntää se uutena mahdollisuutena tehostaa kestävä kehitystä. Usein se vielä joutuu turhaan hävitettäväksi kaatopaikalle tai poltettavaksi. Monet toimialat pyrkivät minimoimaan valmistuksen aikana syntyvää jätettä, mutta tuotantoketjut ovat pitkiä ja jätettä pääsee syntymään väistämättä. (Chavan 2014; Kineraja 2022.)

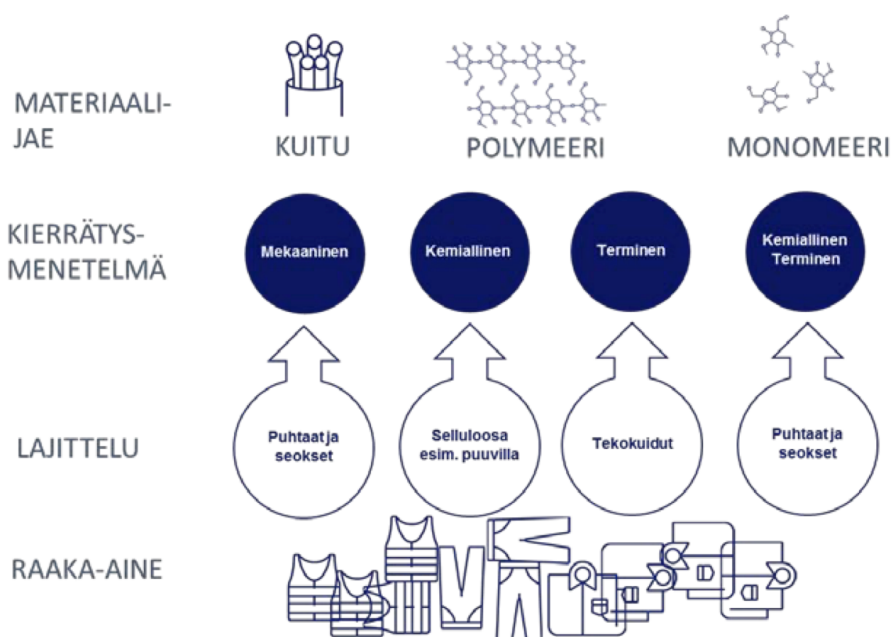
Kuluttajapoistotekstiilit eli post-consumer-tekstiilijäte syntyy tekstiilin elinkaaren lopussa eli se on tekstiilijätettä, joka syntyy tekstiilin käytön jälkeen. Kulutuksen jälkeinen tekstiilijäte koostuu kaikentyyppisistä vaatteista ja kodin tekstiileistä, joita kuluttaja ei enää tarvitse. Mikäli tekstiili on vielä laadultaan kohtuullisen hyvää, se voidaan kierrättää. Ongelmana on kuitenkin suuri lajittelun tarve, ja tekstiilit voivat olla likaisia ja hyvin kuluneita. Yritysten tekstiilijäte on helpompi kierrättää, koska se voi olla tasalaatuisempaa. Se voi olla esimerkiksi pyyhkeitä, lankanoita ja verhoja. (Chavan 2014; Kineraja 2022.)

2.3 Tekstiilien kierrätysmenetelmät

Tekstiilijätteen lajittelu on ensiarvoisen tärkeää, sillä se määrittää kullekin materiaalille soveltuvan kierrätysmenetelmän jakeen soveltuvuuden perusteella. Tällä voidaan taata kierrätetyn materiaalin haluttu laatu. (Kamppuri ym. 2019.)

Mekaanista kierrätystä käytetään uusien tuotteiden valmistukseen, jossa tekstiili avataan takaisin kuiduiksi. Puuvilla kierrätetään kemiallisesti, sillä se on sulamaton luonnonkuitu. Siinä selluloosa liuotetaan ja regeneroidaan selluloosamuuntokuiduksi samaan tapaan kuin kaupalliset selluloosamuuntokuidut viskoosi ja lyocell, jotka tehdään normaalisti puun selluloosasta. Tekokuidut, kuten polyesteri

ja polyamidi kierrätetään hajottamalla kuiturakenne termisesti sulattamalla polymeeritasolle tai kemiallisesti monomeeritasolle. Polymeerit sekä monomeerit on mahdollista prosessoida takaisin samanlaiseksi kuiduksi, kuin lähtömateriaali. Uudelleenkäyttöön kelpaamaton tekstiili voidaan konvertoida termisillä konversioprosesseilla muiksi kemikaaleiksi tai hyödyntää energiana. (Kamppuri ym. 2019.) Kuvassa 1 havainnollistetaan tekstiilien kierrätystä.



Kuva 1. Tekstiilien kierrätys (Kamppuri ym. 2019.)

Tekstiilien kierrättämisen ensimmäinen vaihe on lajittelu. Se ennakoii kierrätetystä materiaalista tehdyn lopputuotteen koostumuksen. Yleensä tekstiilijäte lajitellaan manuaalisesti kuidun koostumuksen, värin tai rakenteen mukaan. (Kamppuri ym. 2019.)

Poistotekstiileihin kuuluu tekstiilijäte sekä uudelleen käytettävät tekstiilituotteet. Tekstiilijätteen lajitteluun kehitetään koko ajan uusia menetelmiä. Käytännössä suurin osa tekstiilijätteistä voitaisiin jo kierrättää, mutta tätä varten se pitää lajitella, puhdistaa ja rikkoa ja se on usein pullonkaulana tehokkaassa tekstiilijätteen lajittelussa. Onneksi älykkäät tunnistus- ja lajittelulaitteet ja tekniikka kehittyvät tekoälyn mukana koko ajan.

Tekstiilijätteen arvo nousee, kun se saadaan lajiteltua ominaisuuksiensa mukaan. Näin se saadaan helpommin jalostettua uudeksi tuotteeksi. Lajittelua varten tekstiilit on tunnistettava. Lajittelu voi tapahtua käsin tai mekaanisesti erilaisilla koneilla. Käsinlajittelu on varsin tarkka ja huolellinen menetelmä erotella ja lajitella tekstiilijätettä. Ihminen oppii varsin nopeasti tunnistamaan eri kangaslaatuja. Lajittelu käsin perustuu pesulappujen informaatioiden perusteella ja käsin tunnistamalla. Tämä menetelmä on varsin hidas ja osa materiaaleista jää tunnistamatta, koska pesulaput ovat haalistuneet tai ne puuttuvat tekstiilistä, eikä aistinvarainen tunnistaminen voi mitenkään olla aivan tarkka. Myös pesulappujen tiedot eivät aina ole luotettavia. Käsinlajittelijalla voi olla apuna kannettavat materiaalisensorit kuten käsikäyttöiset FTIR- ja NIR-laiteet. (Kamppuri ym. 2019a, 22.)

Käsinlajittelussa harjaantunut lajittelija pystyy luotettavasti ja tehokkaasti tunnistamaan arvonsa säilyttävät materiaalit. Käsinlajittelussa kannattaakin keskittyä tuotteisiin, jotka tulee uudelleenkäyttöön. Käsinlajittelija erottaa tekstiilijätteen seasta myyntiin menevät tuotteet sekä kemikaaliriskiä sisältävät muut sopimattomat tekstiilit. Samalla lajittelijat voivat erotella muut tekstiilijätteeseen kuulumattomat asiat ja esineet. (Kamppuri ym. 2019b, 9.)

Koneellisella tunnistuksella tekstiilijätteen tunnistus ja lajittelu on huomattavasti nopeampaa ja taloudellisesti järkevämpää. Konetunnistuksessa käytetään usein NIR-teknologiaa. Se on nopea ja pystyy analysoimaan tekstiilin koostumuksen ilman kontaktia. Tekstiilimateriaalit koostuvat orgaanisista yhdisteistä. NIR-aallonpituusalueella orgaanisten yhdisteiden välisiä sidoksia tunnistetaan. Puuvilla ja polyesteri saadaan tehokkaasti tunnistettua mutta esimerkiksi kemikaalijäämiä koneellisella tunnistamisella ei havaita. Konenäkö pystyy lajittelemaan tekstiilijätteen myös värin ja muodon mukaan. (Kamppuri ym. 2019b, 24.)

Tekoäly, konenäkö ja koneoppiminen tulevat edesauttamaan tekstiilijätteiden mekaanista lajittelua. Syväoppimismenetelmää käytetään siihen, että tekstiilin laatua pystytään entistä tarkemmin tunnistamaan ja erottelemaan. Tästä seuraa

jätetekstiilien parempaa kierrätystä ja lajittelua ja resurssien säästämistä. Älykkeitä tunnistus- ja lajittelulaitteita ja tekniikkaa tarvitaan kiireesti. Tekoälytekniikka pystyy tunnistamaan ja lajittelemaan erilaisia materiaaleja tehokkaasti ja automaattisesti ja jo melkein virheettömästi. (Du, Zheng, Li, Liu, Wang, & Han 2022, 2.)

Primäärikierrätys eli suljetun kierron kierrätys on fyysikaalinen prosessi ja se tarkoittaa uuden tekstiilituotteen valmistamista. Tällöin tekstiilien ja tuotteiden ominaisuudet ovat samankaltaiset kuin alkuperäisellä materiaalilla. Materiaalit kerätään talteen ja käytetään samalaisessa tarkoituksessa, samassa muodossa tai samankaltaisena tuotteena. Primäärikierrätys edistää kiertotaloutta ja uusia raaka-aineita ei tarvita. (Antonov, Hussain, Kamboj & Podgursky 2021.)

Mekaaninen kierrätys tapahtuu tekstiilin kuitutasolla eli kangas- ja lankarakenteet puretaan takaisin kuiduiksi. Kun tekstiilit ovat samaa raaka-ainetta, niitä pystytään parhaiten hyödyntämään mekaanisessa kierrätyksessä. Ennen kierrätystä tekstiilin pitää käydä läpi muitakin prosesseja esimerkiksi keräyksen ja lajittelun. Ensiksi tekstiilimateriaalit murskataan, jauhetaan tai silputaan. Sen jälkeen hienot kuidut tai langat sekoitetaan lisäaineiden ja muiden polymeerimateriaalien kanssa. Tämä prosessi antaa tekstiilituotteelle homogeenisuutta ja helpottaa puhdistusta sekä muotoilua. (Antonov ym. 2021.)

Kuitukangastuotanto on helpoin ja vähiten energiaa vaativa tapa hyödyntää mekaanisesti kierrätettyä kuitua. Kemiallisessa ja termisessä kierrätyksessä polymeeri sulatetaan tai liuotetaan ja siitä tehdään uusia tekstiilikuituja. Tuotteen arvo kasvaa tai ominaisuudet paranevat verrattuna alkuperäiseen tuotteeseen, mutta energiaa kuluu enemmän kuin mekaanisessa kierrätyksessä. (Kuituus 2021.)

2.4 Kierrätetty tekstiilikuitu

Kierrätetty tekstiilikuitu on käytetystä tekstiilistä erotettua kuitua. Tekstiili palautetaan takaisin kuiduksi, josta se on alun perin valmistettu, joko mekaanisesti tai kemiallisesti. Raaka-aine vaikuttaa tekstiilikuitujen ominaisuuksiin, joten poisto-

tekstiilit lajitellaan ennen jalostusta. Poistotekstiili on tarpeeton tekstiili, joka kuitenkin sisältää sekä käyttökelpoiset, uudelleenkäytettävät tekstiilit että tekstiilijätteet. Tärkeintä on tunnistaa kuidun koostumus, jotta kierrätyskuidusta saadaan haluttuun käyttöön soveltuvaa. (Kuituus 2021.)

Kierrätettyä tekstiilikuitua voidaan hyödyntää kaikkialla, missä neitseellistäkin tekstiilikuitua hyödynnetään. Siitä voidaan valmistaa lähtötuotteita, arvokkaampia tai samanarvoisia tuotteita esimerkiksi vaatteita, lähtötuotetta matala-arvoisempia tuotteita esimerkiksi kuitukankaita, eristeitä tai komposiittituotteita. Langan ja siitä kankaan valmistus on kiertotalouden ja taloudellisen hyödyn kannalta ensisijaista. (Kuituus 2021.)

2.5 Tekstiilien kiertotalous

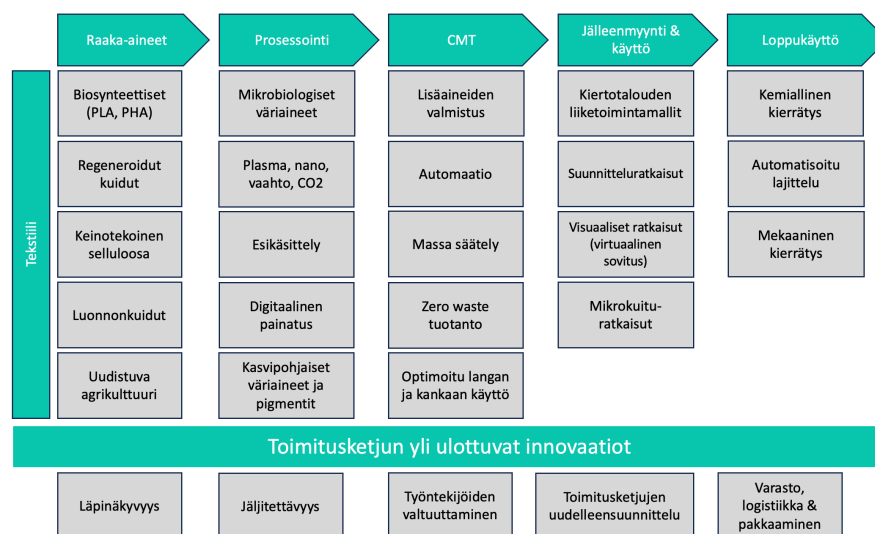
Kiertotalouden tavoitteena on säilyttää tuotteet, niiden sisältämät materiaalit käytössä pitkään. Samalla tavoitteena on valmistaa tuotteita, joista syntyy mahdollisimman vähän jätettä. Kiertotalouden kolme tärkeintä lähtökohtaa ovat uusiokäyttö, kierrätys sekä luonnonvarojen käytön vähentäminen. (Antonov, Husain Kamboj, & Podgursky 2021.)

Kiertotaloudella tarkoitetaan toimintaa, jossa materiaalit ja tuotteet kierrätetään mahdollisimman pitkään ja tehokkaasti kierrättämisen, uusikäytön ja uusien palveluiden avulla. Poistotekstiiliä syntyy valtavat määrät vuosittain ja sillä tarkoitetaan tekstiilejä, jotka soveltuisivat uusiokäyttöön tai tekstiilijätteet, jotka luokitellaan käytöstä poistettaviksi. Kiertotaloudessa kehitetään materiaalien tehokasta käyttöä tuotesuunnittelussa, elinkaarta pyritään pidentämään sekä edistetään tuotteiden uudelleenkäyttöä mm. korjaus- ja huoltopalveluilla ja second hand -kaupan avulla. Tekstiilien kiertotaloudessa on globaali markkinarako ja tällä hetkellä Suomessa on kierrätysteknologiahankkeita meneillä ja mahdollisuus pärjätä globaaleilla markkinoilla. (Tekstiilien kiertotalous 2022.)

Yksi kestävimmistä ja skaalautuvimmista keinosta kierrättää tekstiilejä on kuitujen välinen kierrätys eli tekstiilijätteen muuntaminen uusiksi kuiduiksi, joita sitten

käytetään uusien vaatteiden tai muiden tekstiilien valmistukseen. Puhtaan puuvillan mekaaninen kierrätys on jo vakiintunut ja tekniikka kehittynyt. Muut tekniikat, kuten polyesterin kemiallinen kierrätys, ovat olleet intensiivisen tutkimus- ja kehitystyön kohteena. Hedrich ja muut (2022) arvioivat, että 70 % tekstiilijätteestä voitaisiin kierrättää kuidusta kuiduksi. Loput 30 % vaatisivat avoimen kierron kierrätystä tai muita ratkaisuja synteetikaasun tuotantoa lämpökemiallisen kierrätyksen avulla. Nykyään kuitenkin alle prosentti kierrätetään kuidusta kuiduksi. (Hedrich, Janmark, Strand, Langguth & Magnus 2022.)

Colette van der Ven (2022) korostaa, että nykyisestä lineaarisesta talousmallista on siirryttävä kiertotalouteen, koska luonnonvarojen ehtyminen ja luontokato ovat edessä ihmisen tuotanto- ja kulutustavan vuoksi. Tekstiili- ja vaateteollisuuden ympäristöjalanjälki on valtava ja tekstiilien tuotanto ja kulutus kolminkertaistuu vuoteen 2050. Vaateteollisuuden arvoketjut ovat kansainvälisiä ja varsinkin kehitysmaat vastaavat tuotannosta. Tekstiilien kiertotalousvaatimukset tuottajamaissa täytyy saada EU:n lainsäädännön tasolle. Kehitysmaiden kierrätysaste riippuu teollisuuden ominaisuuksien mukaan. Bangladeshissa puuvillan kierrättäminen olisi helposti toteutettavissa, koska siellä on runsaasti saatavilla 100 % puuvillajätettä. Pitäisi keskittyä myös parempaan tuotesuunnitteluun ja hankkeisiin, jotka houkuttelevat investoimaan kierrätyskoneistoon ja -teknoologiaan. (Van der Ven 2022.) Alla olevassa kuvassa havainnoidaan toimitusketjun materiaaleja ja teknologioita.



Kuva 2. Tekstiilien kiertotalous (Fashion For Good 2019.)

Kehitysmaissa myös kiertotaloushankkeet konkretisoituvat valmistusprosessissa jätehuollon tai tuotantoprosessin resurssisyötteiden pienentämisenä. Näin yritetään pienentää ympäristöjalanjälkeä. Kuitenkaan itse tuotteessa ei huomioida uudelleenkäytettävyyttä tai kierrätettävyyttä. Kuitenkin eniten lisäarvoa kierrättämiseen tulisi huomioida jo alkupään suunnittelussa. (Van der Ven 2022.)

2.6 Kierrätetyn tekstiilikuiden käyttäminen

Kierrätettyä tekstiilikuitua voidaan käyttää siinä, missä neitseellistäkin tekstiilikuitua käytetään. Esimerkkejä kierrätetyn tekstiilikuidun käyttökohteista: kodin tekstiilit (tyynyt, peitteet), teollisuustekstiilit (ääneneristys, verhoilun taustamateriaali), pakkaustekstiilit (kuitukankaiset kääreet), urheilutekstiilit (kuitulujitetut komposiitit) ja suojavälinetekstiilit (kuitulujitteiset komposiitit). (Kuituus 2021.)

Aalto podcastissa Suomalainen, Rissanen ja Knuutila ottivat kantaa siihen, mitä kemikaaleja kierrätetyissä tekstiilikuiduissa saa tai kannattaa käyttää. On myös tärkeää tehdä rajaus, milloin tekstiilit kannattaa suosiolla hyödyntää polttojätteenä ja milloin tekstiilit kannattaa ottaa uudelleen kiertoon. On otettava huomioon, että kierrätys myös vaatii energiaa sekä kemiallinen kierrätys vettä ja kemikaaleja. Tärkein asia on elinkaaren pidentäminen ja se, että tuote olisi laadukas, jotta sitä ei tarvitse heti kierrättää uudelleen. Kierrättäminen ei itsessään ole päästötöntä. (Salminen 2021.)

Kun mietitään käyttökohteita tekstiilikuiduille, on pidettävä mielessä useammat kierrot. Kun tuotetta suunnitellaan, pitää pohtia, onko se houkutteleva kierrätyksen kannalta. Tähän vaikuttaa se, onko materiaalisekoitus helposti kierrätettävää. Esimerkiksi monomateriaalit ovat hyvin houkuteltavia kierrätettäviä, kun taas tekstiilimateriaali, jossa on neljää eri tekstiilikuitua esimerkiksi polyamidia, akryyliä, elastaania ja puuvillaa, ovat vaikeita kierrätettäviä. Haastetta lisää myös se, jos tekstiilin käyttötarkoitus on todella rajoitettu. (Salminen 2021.)

Podcastissa pohditaan myös sitä, että olisi hyvä, jos Suomessa aletaan kierrättää Suomen tekstiilijätettä, sillä kuljetukset lisäävät ympäristöhaittoja. Ihanteellista

kuluttajalle olisi, jos jo ostovaiheessa kuluttaja tietäisi, mihin tuote päättyy tämän käyttötarkoituksen päätyttyä. Esimerkiksi meneekö tuote polttokelpoiseen jätteen, kemialliseen kierrätykseen vai mekaaniseen kierrätykseen, mitä siitä syntyy ja mihin lopputuotteeseen se päättyy. (Salminen 2021.)

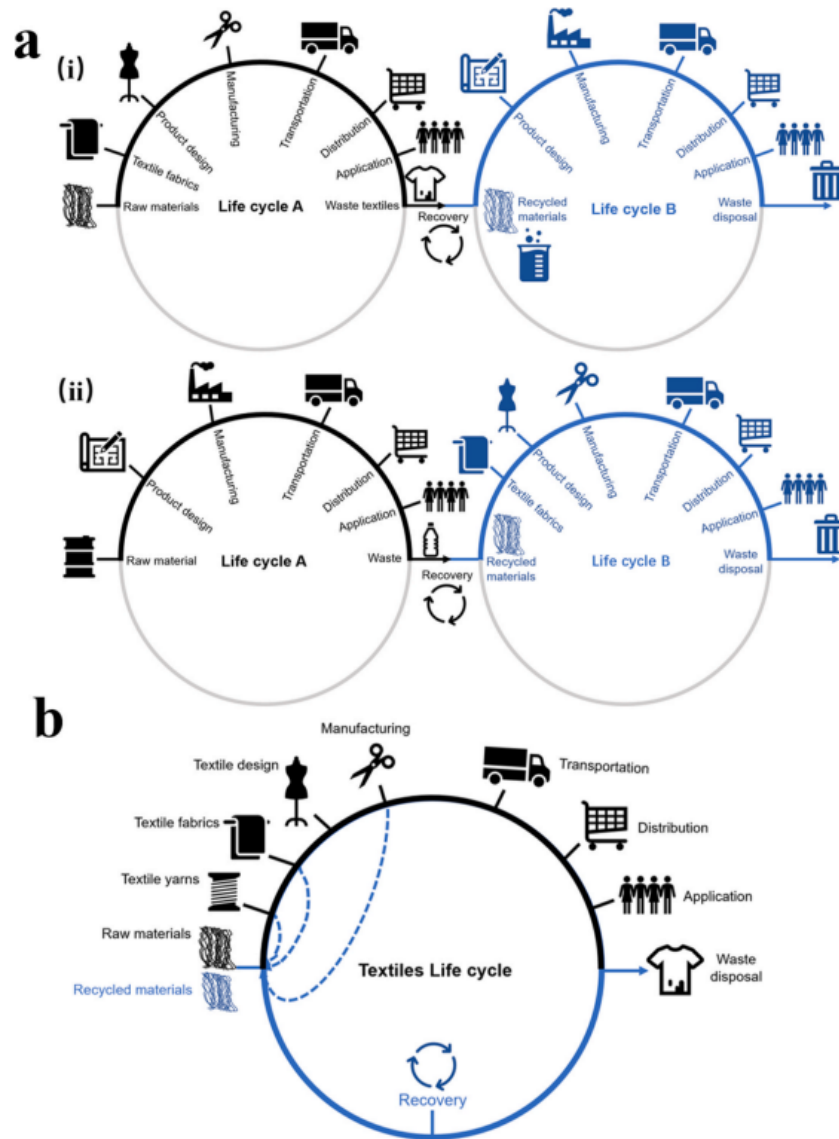
2.7 Tekstiilien suljettu kierto

Tekstiilien suljettu kierto tarkoittaa kiertotalouden mukaista toimintamallia, jossa käytetyt ja kerätyt materiaalit kierrätetään käytön jälkeen uusien tuotteiden raaka-aineiksi. ”Tekstiilien kohdalla tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että esimerkiksi vanha t-paita päättyy käytön jälkeen keräykseen, se käsitellään repimällä uudelleen kuiduiksi ja avattu kierrätyskuitu hyödynnetään uusien tekstiilituotteiden raaka-aineena”, sanoo Suomen Tekstiili & Muoti ry:n johtava asiantuntuja Satu-maija Levón. (STJM 2021.)

Ihmisten elintason parantuessa tekstiilien kulutus kasvaa ja samalla myös tekstiilijäte lisääntyy. Aikaisemmin on tutkimuksissa keskitytty tekstiilien kierrätyksen teknologiseen kehitykseen, elinkaariarvioihin ja sosioekonomisiin vaikutuksiin. Selkeää ja kattavaa esitystä ei ole tehty tekstiilien kierrätyksen nykyisestä teollistumisesta. Tekstiilien suljetun kierron kierrätys on tänä päivänä vaatimattomampaa kuin avoin kierrätys. Suljetulla kierrätyksellä saavutettaisiin huomattavasti korkeampi kierrätysaste tekstiilijätteen osalta. (Huang 2024,1.)

Tekstiilijätteen kierrätys voidaan luokitella kahteen eri tyyppiin - suljetun kierron kierrätys ja avoimen kierron kierrätys - sen perusteella, otetaanko kierrätetyt komponentit uudelleen osaksi tuotantoa. Suljetun kierron kierrätyksessä täytyy uudelleenkäyttää kierrätysmateriaaleja alkuperäisten tuotteiden tuotantosyklissä. Alla olevat kuvat esittävät avoimen ja suljetun kierron. Kierrätetyt tuotteet joutuvat lopulta arvoa vähentävään kierrätykseen, koska kierrätysmateriaalien laatu heikenee käsittelyjen aikana. Avoimen kierron kierrätys tarkoittaa, että tuotannossa on osana kierrätettyjä materiaaleja. (Huang 2024, 2 – 3.)

Kuvassa 3 avoimen kierron kierrätys on esitelty kohdassa a ja kohdassa b on suljetun kierron kierrätys. Avoimessa kerrossa tekstiilin raaka-aineena voi olla muukin kuin kangas tai kuidut. Tekstiilien suljetussa kierrossa poisheitetyn t-paidan sisältämät materiaalit otetaan uusien vastaavien tuotteiden raaka-aineeksi. Poisheitetyt tekstiilit otetaan uudelleen käyttöön ja tehdään niistä kierrätettyjä materiaaleja.



(a) Open-loop recycling, i: from waste textiles to waste disposal; ii: from non-textile waste to waste textile disposal. (b) Closed-loop recycling.

Kuva 3. Tekstiilien kierto (Huang 2024, 11.)

Nykyisten kierrätysmallien ja liiketoimintaympäristön analyysin perustella tekstiilijätteen kierrätystä pitäisi teollistaa edelleen. Ongelmia on täällä hetkellä useita. Tekstiilijäte on peräisin eri lähteistä ja sisältää sekoitettuja materiaaleja. Siksi on kehitettävä uutta ja kustannustehokasta menetelmää erottamaan ja ottamaan talteen tekstiilin eri osia. Ongelmana on myös laatu ja hyötykäytön rajallisuus. Tällä hetkellä merkittävä osa kierrätetystä tekstiilijätteestä on heikkolaatuista. Kuidut vahingoittuvat kierrätyksen aikana ja siksi vain osa kuiduista voidaan käyttää uudelleen. Tämä asettaa esteitä pienille ja keskisuurille kierrätysyrityksille, kun kustannukset nousevat. Jotta tekstiilijätteen kierrätys ja hyötykäyttö ja monipuolinen jalostus lisääntyisivät, täytyy myös koko ajan kehittää uusia kohteita kuten rakentamisessa, autoteollisuudessa, maataloudessa ja ympäristönsuojelussa. (Huang 2024, 11.)

Ongelmana on myös markkinointi ja sosiaalinen hyväksyntä. Kanadassa ja Alankomaissa on laaja hyväksyntä ja tietoisuus kierrätysmateriaaleista. Kehitysmaissa voidaan olla vielä tietämättömiä ja kokemattomia kierrätysmateriaaleista ja niiden hyötykäytöstä. Vaikka tietoisuus on lisääntynyt, tekstiilijätteen kierrätys on vielä suhteellisen vähäistä. Tämä vaatii kansainvälisten lainsäädäntöjen nopeampaa kehittämistä ja yhtenäistämistä, lisää tiedotuskampanjoita, koulutusaloitteita sekä poliittista tukea. Yritysten täytyy lisätä vastuullisuusraportointia, sertifiointeja, avoimuutta, jäljitettävyyttä ja valmistusprosessien näkyväksi tekemistä. Yritysten tulee lisätä jatkuvasti yleisön ympäristötietoisuutta ja tietoisuutta kulutuksen ympäristöä kuormittavasta osuudesta sosiaalisessa mediassa, verkkoaloilla, markkinointi- ja mainoskampanjoissa. (Huang 2024, 11.)

Kehitettävää on vielä toimijoiden ja organisaatioiden yhteistyössä. Tämä edellyttää monenlaista työnjakoa ja edistämistä eri vaiheissa: materiaalin tuotanto, suunnittelu, käsittely, valmistus, kuljetus, varastointi, jakelu, kierrätys ja uudelleenkäyttö. Integroimalla teollisuutta ja tutkimuslaitoksia, välittäjiä ja yrityksiä voidaan perustaa yhteistyölle perustuvia innovaatioita ja se helpottaisi mm. korkeakoulujen ja teollisuuden yhteisiä tutkimus- ja kehityshankkeita. (Huang 2024, 11.)

Tekstiilien suljettu kierto edellyttää myös hallituksilta poliittisia päätöksiä. Hallitus voisi tarjota tukea tekstiilijätteiden kierrätysteollisuuteen, jalostukseen ja kehittää uudelleenkäyttöverotusta. Samalla voidaan tukea pilottihankkeita, joissa yhteistyössä on koulutus, tutkimus ja tuotekehitys. Tämä yhteistoimijuus tukee johtavia yrityksiä kohti skaalautuvia ja standardoituja käytäntöjä. (Huang 2024, 11.)

Mekaaninen kierrätys nähdään edelleen skaalautuvampana ja eniten käytettynä tekstiili- ja vaateteollisuudessa verrattuna kemialliseen ja biologiseen kierrätykseen. Avoimen kierron kierrätys soveltuu laajemmin kaupallisille aloille. Suljetun kierron kierrätyksellä saavutetaan korkeampi kierrätysaste, mutta silti suljetun kierron kierrätyksen nykyinen teollinen mittakaava on pienempi. Toisaalta suljetulla kierron kierrätyksellä on korkeampi vaatimus tekstiilijätteille ja se tekee laajamittaisesta tuotannosta haastavaa. Lukuisista yrityksistä huolimatta tekstiilin kierrätyksen markkinaosuus on vielä suhteellisen pieni. Alan voidaan ennakoida kehittyvän seuraaviin suuntiin: talteenottoteknologia ja -laitteet, kustannusnäkökohdat, parannukset kierrätystuotteiden laatuun, monipuolinen hyödyntäminen ja laaja markkinoiden kattavuus. Tulevaisuudessa pitää kehittää tehokkaita, vähän kuluttavia kierrätysteknologioita yhteistyössä teollisuuden, hallituksen ja kuluttajan välillä kestävän kehityksen periaatteiden mukaan. (Huang 2024, 12.)

Laaja materiaalikirjo luo haasteita tekstiilin kiertoon. Kaikki vaatteet on lajiteltava ennen kierrätystä, sillä eri materiaaleilla on erilaiset kierrätysmenetelmät. (STJM 2021.) Eppingerin artikkelin mukaan nykyisillä kierrätysmenetelmillä saavutetaan vain kalliimpia lankoja ja kankaita. Jotta kierrätystekstiilien hinta saataisiin alas päin, pitäisi niitä olla saatavilla suuremmassa mittakaavassa sekä tasalaatuisimpina, sillä vaateteollisuus on vuosien saatossa kehittynyt massatuotannon optimointiin. (Eppinger 2022, 122.)

Ympäri maailmaa yritykset yrittävät jatkuvasti etsiä uusia teknologioita ja ekologisia vaihtoehtoja, joilla voitaisiin korvata nykyisiä neitseellisiä raaka-aineita, kuten polyesteriä sekä puuvillaa. (STJM 2021.)

2.8 Testbed

Testbed tarkoittaa testiympäristöjä tai kokeilualustoja. Näissä kokeiluympäristöissä yritykset voivat kokeilla uusia menetelmiä, tieteellisiä teorioita ja prosesseja. Samalla yritys voi saada palautetta ideoistaan ja kehittää edelleen omaa toimintaa. Testbedit on mahdollisuus myös kouluttaa ja perehdyttää yrityksiä tai muita testbedissä toimijoita. Kokeilualustat auttavat yrityksiä koulutus-, tutkimus- ja kehitystyössä. Testbedissä saadut käyttäjäkokemukset ja tutkimustulokset auttavat yrityksiä päätöksenteossa, ja se voi antaa suuntaa prototyyppien tekemiseen. Tavoitteena on samalla verkostoitua, laajentaa tunnettavuutta ja saada palvelut yhden luukun periaatteelle. (Klossner 2022.)

Testbedit antaa testialustan kokeilla ja testata tieteellisiä teorioita, uusia teknologioita ja toistettavia testauksia. Testialusta sanaa käytetään monilla tieteenaloilla, kun tehdään kokeellista tutkimusta tai prototyyppien kehittämistä. Testialustat on rakennettu prototyypeistä, ja niiden avulla saadaan lisätietoa järjestelmän toiminnasta. Testialustassa voi tutkia tiettyä osaa järjestelmästä, jota halutaan kehittää tai jalostaa. Testbed antaa realistisen kokeiluympäristön, jonka avulla voi parantaa järjestelmän toiminnallisuutta. Se tarjoaa mittauksia, joista voi saada kvalitatiivisia tuloksia. Testbed tarjoaa ympäristön, jossa suunnittelupäätökset voivat perustua sekä teoreettisiin että empiirisiin tutkimuksiin. Testialusta soveltuu käytettäväksi prototyyppien testaamiseen, kehittämiseen ja lopullisen suunnitelman hiomiseen. (Fortier & Michel 2023.)

2.9 Yhden luukun periaate

Yhden luukun periaate on yleistynyt viime vuosikymmeninä. Yhteiskuntamme ja sen palvelut ovat pirstoutuneet ja siiloutuneet eri toimijoille. Päätökset ovat monen eri hallinnon alla ja toimijat eivät tiedä toistensa päätöksistä. Ilmiö on tunnistettu yhteiskuntamme joka sektorilla. Tämä lisää byrokratiaa, hallinnollisia toimielimiä, vie rahaa ja aikaa. Tätä kerroksellisuutta on alettu purkaa ns. yhden luukun periaatteella.

Yhden luukun periaate tesbedissä pohjaa Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksille ja eri hankkeille. Luvat ja valvonta -hanke (2017) aloitti selvityksen toteuttaa lupahankkeita ns. yhden luukun periaatteella jo vuonna 2017. Tavoitteena oli kehittää ns. yhden luukun periaate, jolloin asiakas asioi vain yhden viranomaisen kanssa lupa-asioissa hallinnonaloista riippumatta. Viranomaisten toiminta pitää yhdistää mahdollisimman tiiviiksi ja tiedonkulkua lisätään eri toimijoiden välillä. Tavoitteena on toiminnan tehostaminen sekä säästöt. (Belinskij, Warsta, Ekroos, Soininen, Määttä, Pölönen, Heinonen, & Malin 2016, 1, 5.) Ympäristöllisten menettelyjen yhdentäminen lainsäädäntöhankkeeseen (ns. yhden luukun lainsäädäntöhanke) oli hanke, jossa konkretisoitiin ja tiivistettiin lupaprosesseja. Selvityksen mukaan jo pitkään on tunnustettu tarve harmonisoida säännöksiä ja korvata ne osittain yhdennetyillä lakisäännöksillä. (YM029:00/2016.)

Eritasoisia hankkeita ja projekteja on viime vuosina toteutettu melkein vuosittain., Näissä on uudistettu lupa- ja valvontatoimintaa ja kehitetty asiakaslähtöisyyttä ja prosessien yhteiskäyttöisyyttä. Tavoitteena on ollut myöskin helpottaa asiakkaan roolia tunnistamalla päällekkäisyyksiä ja turhia prosesseja. Tavoitteena on ollut myös parantaa viranomaisten yhteistyötä ja tiedonkulkua. (YMO35:00/2019.)

Yhden luukun mallissa voidaan nähdä eri osatavoitteita ja etuja kuten ennakovalvonta nopeutuu, hallinnollinen työ vähenee, lupamenettelyjen päällekkäisyys vähenee, viranomaisten yhteistyö tiivistyy ja muutoksenhakumenettely yksinkertaistuu. Samalla lupamenettelyjen päällekkäisyys vähenisi, kun lupamenettelyjen vaiheet koottaisiin yhteen. Digitalisaatiolla tavoitellaan palveluprosessien helpottamista ja taloudellista säästämistä. Näin sähköiset palvelut ja niiden kehittäminen liittyvät loogisesti yhden luukun periaatteeseen. (Belinskij 2016, 6, 137, 139; Warsta 2016, 5.)

2.10 VTT:n tutkimusraportin esittely

VTT toteutti esiselvityksen tekstiilien suljetun kierron testbedin rakentamisesta Suomeen. VTT toteutti hankkeen Suomen Tekstiili & Muoti ry:n kanssa yhteistyönä. Pilotoinnille ja testausympäristölle oli jo aikaisemmissa selvityksissä nähty

todellista tarvetta. Esiselvityksen tavoitteena oli selvittää yritysten tarpeita ja toiveita tällaisen hankkeen toteuttamiselle. Samalla selvitettiin yritysten mahdollisuuksia osallistua selvitykseen, pohtia rahoitusta ja mahdollisia toteutusmalleja. Tavoitteena oli siis muun muassa selvittää, mitä palveluita ja teknologioita yrityksillä jo on, mitä yhteistyötä he pystyvät tarjoamaan muille yrityksille, millaisia investointeja ollaan valmiita tekemään ja mikä olisi mahdollinen tarjoaman liiketoimintamalli. (Heikkilä ym. 2022, 1, 10.) Tekstiilien kierrättämiselle on nähty globaalia tarvetta ja VTT:n tehtävänä luonnollisesti on kehittää tätä teknologiaa.

Suomessa monet sairaanhoitopiirit (mm. Oulu ja Tampere), yliopistosairaalat, ammattikorkeakoulut ja kaupungit tarjoavat jo palvelujaan yrityksille testata niiden tuotteita ja palveluita aidoissa ympäristöissä. Helsingin kaupungin testbed teemoina on mm. EdTech, älyliikenne, rakentaminen, kiertotalouden kehittäminen sekä terveys ja hyvinvointi. (Testbed Helsinki 2024.) Testbed siis mahdollistaa yrityksille, tutkimuslaitoksille ja muille toimijoille testata tuotteita ja palveluita aidoissa olosuhteissa ennen tuotannon käynnistämistä.

VTT:n esiselvityksessä tekstiilien suljetun kierron testbedillä tarkoitettiin pilotointi- ja testausympäristöä. Testbed tarjoaisi yrityksille erilaisia palveluita ja työkaluja tuote-, prosessi- ja liiketoimintojen kehittämiseen, lisää systeemistä ymmärrystä yhteistyömahdollisuuksista ja samalla se antaisi työkaluja sosiaalisen vaikuttamisen mittaamiseen. (Heikkilä ym. 2022, 12.) Esiselvityksessä siis selvitettiin suljetun testbedin rakentamista Suomeen. Tavoitteena on kierrätyksen tehostaminen, raaka-aineiden tehokas hyödyntäminen, ympäristön suojeleminen, tekstiili- ja muotialan kansainvälistyminen, uusien työpaikkojen syntyminen ja uusien investointien syntyminen Suomeen. (Suomen Tekstiili ja Muoti 2021)

Esiselvityksen mukaan tekstiilien suljetussa kierrossa on ns. kolme päävaihetta: valmistus, käyttö ja kierrätys sekä niiden sisällä olevat toiminnot kuten mittaukset, testaukset ja validointi. Valmistusvaiheella tarkoitetaan käyttötekstiilien valmistamiseen kuuluvia vaiheita sekä kuitukankaiden ja teknisten kankaiden valmistus.

Käyttövaiheessa tarvitaan digitaalista osaamista ja ohjelmistoja. Kierrätysvaiheessa on valmistelevia osuuksia ja kierrätysprosesseja. (Heikkilä ym. 2022, 12 – 13.)

Esiselvityksessä pohdittiin myös organisointi- ja liiketoimintamalleja. Hallintojen roolina olisi vastata testbedin hallinnosta ja yhden luukun periaatteesta, markkinoinnista ja rahaliikenteestä. Palveluratkaisun kokoajalla on laaja kokonaiskuva tekstiilien arvoketjusta ja kiertosysteemistä. Hän voi antaa tukea kokeiluiden ja demonstraatioiden käyttämisessä. Palvelutarjoajien verkosto tuottaa ohjelmistoja, teknologiaa ja prosesseja sekä muita palveluita ja liikekonsepteja. Lisäksi saatetaan tarvita muita tukitoimia kuten logistiikkaa ja sellaista tietotaitoa, jota on vain ulkomailla. (Heikkilä ym. 2022, 14 - 15.) Ekosysteemimalli muistuttaa hie-man testbedin ideaa. Ekosysteemit antavat yrityksille mahdollisuuden innovoida, kasvaa ja menestyä kansainvälisillä markkinoilla. Ekosysteemimallissa ekosysteemit muodostuvat yritysten, tutkimuksen, julkishallinnon sekä kolmannen sektorin vuorovaikutukselle ja yhteistyölle. Ekosysteemin etuja ovat verkostoituminen, ketteryys ja yhteiskunnallisiin muutoksiin nopeasti vastaaminen. Business Finland auttaa ekosysteemejä tarjoamalla verkostoitumis-, kansainvälistymis- ja rahoituspalveluja. Globaalit megatrendit vaativat verkostoitumista, yhteistyötä suurempia palvelukokonaisuuksia. (Ekosysteemien rakentaminen 2024.)

Testbed voi tarjota palveluja kolmella eri tasolla riippuen yrityksen tarpeista, osaamisesta ja taloudellisesta tilanteesta. Esitettiin mm. avaimet käteen -periaatetta, jolloin palveluratkaisun kokoaja huolehtii koko prosessin suunnittelun, toteutuksen sekä raportoinnin yhden luukun periaatteella. Toteutuksen tukea voidaan myös tilata, jolloin palveluratkaisun kokoaja auttaa prosessin suunnittelussa ja toteutuksessa. Ohuin malli auttaa vain ohjaamalla yrityksen sopivien palveluntarjoajien luo. (Heikkilä ym. 2022, 15.)

Testbedin liiketoimintamalliksi hahmoteltiin kolmea eri vaihtoehtoa: yhteistoimintamalli (jäsenmaksuun perustuva), yritys/itsenäinen palvelujen tarjoaja (yhden luukun palvelu linkkinä toimijoiden välillä) tai näiden yhdistelmä. Esiselvityksessä

selvitettiin myös rahoitusmahdollisuuksia. Rahotusinstrumentteinä esitettiin tutkimusinfrastruktuuri- ja innovaatioklusterirahoitusta. Tutkimusrahoitus kohdistuu tutkimus- ja kehitystyöhön ja innovaatorahoituksen tavoitteena on tukea investointeja sekä tukea alkuvaiheen toimintaa. Business Finland voi myöntää tukea molemmissa tilanteissa osittain. (Heikkilä ym. 2022, 17 - 18.) Kehysriihessä 15.4.2024 on päätetty, että Business Finland kehittää yritysten rahoitusten ehtoja siten, että se tukee T&K-kehittämisen pitkäkestoista vahvistumista. Tavoitteena on kannustaa tekemään yhteistyötä eri toimijoiden välillä sekä tukea uusien innovaatioiden syntymistä. Ohjelma vielä painottaa, että lisärahoitusta kohdennetaan juuri tukemaan yritysten ja muiden tutkimusorganisaatioiden laajaa yhteistyötä toiminnan tutkimisessa, kehittämisessä ja laajentamisessa. (Kehysriihen päätökset valtion T&K-rahoituksen kohdennuksista vuosille 2025 – 2028, 2024.)

Esiselvityksessä selvisi, että yrityksiä kiinnostaa testaus- ja pilotointipalvelut kaikissa vaiheissa; valmistus, käyttö ja kierrätys monipuolisesti. Asiakkaita kiinnosti myös datan hallinta, mittaukset ja prosessoinnit. Samalla he ilmaisivat kiinnostuksensa myös tarjota omaa osaamistaan. Yrityksillä olisi tarjota tuotantomittakaavan laitteistoja, oppilaitoksilla laboratorioita ja VTT:llä pilot-mittakaavan laitteistoja. (Heikkilä ym. 2022, 123.)

Selvityksen perusteella havaittiin, että yritykset näkevät testibedin mahdollistajana kehittää kestävien materiaalien tuotteita, monipuolistaa innovaatioita, edistää yrityksen kilpailukykyä ja Suomen edelläkävijyyttä. Merkittävä hyöty kestävä kehityksen hengessä on myös kiertotalousosaamisen kehittyminen, yritysten verkostoituminen sekä EU-rahoituksen lisääntyminen Suomessa. (Heikkilä ym. 2022, 24 - 25.) Kun selvityksen tavoitteita ja loppupäätelmiä vertaa Orpon hallituksen ajatuksiin Suomen kehittämisen menetelmistä ja talouden kasvusta ja vaikkauttamisesta, kaikki näyttäisi toteutuvan tekstiilien suljetun kierron testbedissä.

2.11 Lainsäädäntö

Euroopan komissio esitteli vuonna 2022 uuden tekstiilistrategian, jonka mukaan tekstiileistä on määrä tehdä kestävämpiä, korjattavampia, uudelleenkäytettävempiä ja kierrätettävämpiä. Sen on määrä myös puuttua pikamuotiin sekä vauhdittaa alan innovaatioita. Siihen sisältyy myös vaatimuksia tekstiilien ekologisemmasta suunnittelusta, selkeämmästä tiedon jakamisesta sekä digitaalisesta tuotepasista. Yrityksiä vaaditaan myös kantamaan vastuunsa sekä toimimaan hiili- ja ympäristöjalanjälkensä minimoimiseksi. (Euroopan parlamentti 2020.)

Vuonna 2024 Euroopan parlamentti esitti muutoksia tekstiilijätettä koskeviin sääntöihin ja tämä jätedirektiivin muutos toisi mukanaan lisää vastuuta valmistajille. Kaikkien tekstiilien valmistajien sekä yritysten, jotka tuovat tuotteita EU:n sisämarkkinoille tulee vastata tekstiilien keräämisen, lajittelun sekä kierrätyksen kuluista. Tämän lisäksi vuoden 2025 alusta alkaen EU-maiden tulee erilliskerätä tekstiilit uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen. (Euroopan parlamentti 2020.)

2.12 Vaahtorainaus esimerkkinä

VTT toteutti samankaltaisen hankkeen, joka alkoi helmikuussa 2015. Siinä VTT muutti Jyväskylän kuitutuotteiden pilot-mittakaavan tutkimusympäristön vaahtorainaukseen soveltuvaksi. Tämä tapahtui Euroopan aluekehitysrahaston rahoituksella vuosina 2012 - 2013. Hanke käynnistettiin kansainvälisen teollisuuskonsonin kanssa, projektin budjetti oli 3,6 miljoonaa euroa ja sen tarkoitus oli edistää teknologian kaupallistamista.

Projekti sai miljoonan euron rahoituksen Euroopan aluekehitysrahastolta Keski-Suomen liiton kautta. Sen tavoitteena oli myös nopeuttaa teknologian siirtoa tuotantomittakaavaan. Hankkeessa selvitettiin, miten nykyiset paperi- ja kartonkikoneet voidaan muuttaa vaahtorainaukseen soveltuviksi. Projektin taustalla on se, että tarvitaan uusia tuotteita ja varsinkin tuotteita, jotka voivat korvata muovinkäyttöä. Siilasto kertoo: ”Monissa maissa joidenkin muovipohjaisten tuotteiden käyttö on kielletty kokonaan.” (Tronberg 2018.)

Vaahtorainaus on kuitupohjaisten tuotteiden valmistusprosessi ja siinä käytetään veden sijasta vesipohjaista vaahtoa. Vaahtorainauksella saavutetaan uusia materiaaleja, jotka ovat helposti kierrätettäviä ja niiden valmistamiseen menee vähemmän vettä sekä energiaa. Projekti on auttanut yrityksiä saavuttamaan kestävä kehityksen tavoitteita. VTT:n vaahtorainauspilotin ansiosta on syntynyt uusia ratkaisuja, esimerkiksi Paptic yhtiö, joka tuottaa kestäviä pakkausmateriaaleja. (VTT n.d.)

3 TUTKIMUSMENETELMÄ

3.1 Teemahaastattelu

Teemahaastattelu ei etene tarkkojen ja valmiiden kysymysten kautta vaan kohdentuu tiettyihin ennalta suunniteltuihin teemoihin. Teemahaastattelu eroaa avoimesta haastattelusta, sillä se on astetta strukturoidumpi sekä aihepiirit ja teemat ovat haastateltaville samoja. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004 197 – 198.) Tässä haastattelussa pyritään pitämään vapaalle puheelle tilaa sekä tärkeää on ihmisten omat tulkinnat, näkökulmat sekä heidän merkityksenantonsa.

Teemahaastattelut vaativat huolellista aihepiiriin perehtymistä sekä haastateltavien tilanteen tuntemista, jotta haastattelut pystytään kohdentamaan juuri oikeisiin teemoihin. Haastatteluissa tärkeää on siis sisältö- ja tilanneanalyysi. Haastattelussa on operatinalisoitava tutkimusaihe sekä tutkimuskysymykset. Jotta saataisiin aineistoa kiinnostuksen kohteena olevista asioista, myös haastateltavat on valittava harkiten. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006)

Yleisin tapa kerätä laadullista aineistoa on haastattelu. Haastattelulla voidaan laadullisen tutkimuksen lisäksi kerätä kvantitatiivista aineistoa haastattelun toteutuksesta riippuen. Haastattelu on vuorovaikutusta haastateltavan ja haastattelijan välillä, mutta haastattelu etenee tutkijan aloitteesta ja on hänen johdattelemaansa. (Eskola & Suoranta 2008, 85.)

Haastattelu on ainutlaatuinen tiedonkeruumenetelmä, koska aineistoa kerätessä voidaan hyödyntää vuorovaikutuksen joustavuutta. Haastatteluissa haastateltava on subjekti ja hän pystyy kuvailemaan omaan työhönsä liittyviä asioita vapaasti ja monipuolisesti. Haastattelutilanteessa voidaan tarkentaa, selventää ja syventää vastauksia, huomioida nonverbaalikkaa, antaa vastaajalle vapaampi mahdollisuus kuvailla ilmiöitä, jolloin tieto voi olla ennakoimatonta ja vastaukset voivat synnyttää aivan uudenlaista tietoa. Haastattelun etuna on myös se, että vastaajiksi suunnitellut henkilöt saadaan mukaan tutkimukseen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004 197 – 198.)

Eskola & Suoranta (2008) jakavat haastattelun neljään eri haastattelutyyppiin. Hyvin yleisesti käytetty on strukturoitu haastattelu eli lomakehaastattelu. Siinä kysymykset ovat muotoiltu ja esitetty samalla tavalla kaikille haastateltaville. Myös vastausvaihtoehdot on annettu suoraa. Puolistrukturoidussa haastattelussa taas kysymykset ovat kaikille samoja, mutta siinä ei käytetä valmiita vastausvaihtoehtoja. Teemahaastattelussa käydään läpi ennalta suunniteltuja teemoja, kaikki ennalta suunnitellut aihepiirit käydään läpi haastattelijan ohjaamana, mutta niiden järjestys ja laajuus vaihtelee. Avoimeksi haastatteluksi kutsutaan sellaista haastattelua, kun haastattelija ja haastateltava käyvät keskustelua aiheesta, kaikki haastateltavat eivät käy läpi aina samoja teema-alueilta. Avoin haastattelu on kaikista vapain ja siihen määräytyy ainoastaan aihe. (Eskola & Suoranta 2008, 86 – 87.) Eri haastattelut tuovat esille eri tiedot, joten on tärkeää valita haastattelutyyppi tutkimusongelmasta riippuen.

Omassa opinnäytetyössä olen valinnut menetelmäksi teemahaastattelun, ja siksi haluan perehtyä merkitysten syntymiseen ja tulosten kriittiseen tulkintaan. Minulla on selkeä tutkimusongelma ja rajattu aihe, jossa haluan tietoa juuri tietyistä käytännön asioista. Näin ollen haastateltavalta kysytään selkeästi rajatut kysymykset ja näihin menetelmiin perehtyminen auttaa tulevassa työssäni.

Teemahaastattelu on strukturoitua haastattelua avoimempi. Aihepiirit ja teemat ovat tutkijalla ja usein myös haastateltavalla tiedossa, mutta kysymysten täsmällinen ilmiasu ja järjestys puuttuvat. (Hirsjärvi ym. 2004, 198 – 198.)

Tutkimushaastattelujen analysointi alkaa materiaalin jäsentelyllä ja luokittelulla. Haastateltava usein puhuu muustakin kuin tutkittavasta aiheesta. Tutkijan on kiinnitettävä myös huomio siihen, mistä ei puhuta. Pietilä korostaa analyysissä sen merkitystä, että analyysissä on huomioitava kaikki se, mitä ei sanota ääneen vaan mikä ilmenee implisiittisesti. Yksi luokittelun periaate voi olla, kuinka suoraan ja kiertelemättä kysymyksiin vastataan. Tutkijan on myös huomioitava, pu-

huuko vastaaja haastattelijalle vai ryhmälle, syntykö konsensusta vai erimielisyyksiä. Diskurssianalyyssissä siis pureudutaan puhetapoihin ja miksi tietynlaista puhetta tuotetaan. (Pietilä 2010.)

Seuraavaksi tutkijan on ryhdyttävä tulkitsemaan aineistoa eli analyyssissä on siirryttävä abstraktimmalle tasolle. Havainnot pitää kytkeä teoriataustaan ja muihin tutkimuksiin. Kahden eri tutkimusaineiston vertaaminen pakottaa tutkijaa tarkastelemaan kriittisesti tuloksia. Monipuolisemmat diskurssit estävät tutkijaa väärilestemästä tuloksia. Samalla vois syntyä sellaista tietoa, mitä ei edes oletettu löytyvän. (Pietilä 2010.)

Tehdessäni haastattelututkimusta, minun tulee olla tietoinen tilanteen reunaehdoista, omista oletuksistani ja vuorovaikutustilanteen lainalaisuuksista. Pietilän diskurssianalyysi antaa välineitä tarkastella oman tutkimuksen suunnittelemista, toteutusta, omaa osallistumista, tulosten jäsentelyä ja tulkintaa.

Aineistoja voidaan tarkastella indikaattoreina tai todistuksina. Indikaattorin ajatellaan olevan todellista ja rehellistä tietoa siihen aiheeseen, johon tietoa etsitään. Haastatteluissa ei kerrota, mihin kysymyksillä tähdätään ja näin voidaan olettaa, että haastateltava puhuu totta, koska ei voi tietää, millaisia vastauksia tutkija haluaa. Haastattelu voidaan nähdä rehellisenä ja tarkkana kuvauksena todellisudesta, jota tutkitaan. (Alasuutari 2007, 95 – 96.)

Lähdekriittisyyttä voidaan parantaa kahdella eri keinolla: mekanistinen ja humanistinen menetelmä. Mekanistisessa metodissa haastateltavalle ei kerrota esim. miksi tiettyjä kysymyksiä esitetään tai miten heitä tarkkaillaan. Humanistinen metodi on monilta osin vastakkainen keino. Siinä tutkijasta tulee läheinen tutkittavan kanssa. Menetelmät eivät ole toisiaan poissulkevia. (Alasuutari 2007, 97.)

Alasuutari korostaa, ettei ole metodia, joka takaisi haastatteluissa absoluuttista totuutta. Muuttujia on aina paljon. Sanoilla on aina eri merkitys eri ihmisille. Tutkimusten kysymykset pitäisi aina muotoilla mahdollisimman neutraalisti ja esittää samat kysymykset haastateltaville. Tutkijan pitäisi myös tunnistaa huumori ja ironia vastauksissa ja huomioida implisiittiset viestit. Lähdekritiikki edellyttää tutkijan

kriittistä asennetta tutkittaviin ja saatuihin vastauksiin. Samalla suhtaudutaan kriittisesti vastaajan intentioihin ja luotettavuuteen. Haastateltava ei ehkä halua kertoa arkaluontoisia asioita tai haluaa esittää itsestään kuva, jonka olettaa haastattelijan haluavan. (Alasuutari 2007, 98, 102.)

Omassa teemahaastattelumenetelmässä joudun ottamaan kantaa edellä esitettyihin reunaehtoihin. On kiinnostavaa nähdä, kuinka onnistun motivoimaan haastateltavat, kuinka hyvin onnistun laatimaan neutraalit kysymykset, saanko materiaalin jäsenneilyä ja huomaanko myös implisiittiset viestit. Pietilän ja Alasuutarin tekstit auttavat jäsentämään tulevaa työtäni ja herättävät pohtimaan kriittisesti omaa asemaani ja ennakoasenteitani.

3.2 Tutkimuskysymykset

Teemahaastatteluissa ei ole valmiita tutkimuskysymyksiä vaan pyritään avoimeen keskusteluun teeman aiheista. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin löytämään ratkaisua siihen, pystyykö Tampereen ammattikorkeakoulu toimimaan operaattorina tekstiilien suljetun kierron testbedissä. Tutkimuskysymykset liittyvät tähän aiheeseen ja teemaan.

Haastateltavien kanssa keskusteltiin esimerkiksi siitä, ovatko TAMK:n nettisivut pelkästään koulun sisäisiä asioita varten vai pystyykö sieltä myös löytämään eri yrityksistä ja niiden tarjoamista palveluista tietoja. Millaisia vaatimuksia julkisen sektorin rahoitus asettaa. Pystyykö tällaista projektia ylipäätään toteuttamaan korkeakoulun kanssa yhteistyössä. Teemat keskittyivät opinnäytetyön muihinkin osa-alueisiin esimerkiksi tekstiiliteollisuuden murrokseen, kiertotalouteen, tekstiiliteollisuuden ympäristövaikutuksiin, muuttuvaan lainsäädäntöön, VTT:n raporttiin tekstiilien suljetun kierron testbedistä sekä sen haasteisiin, mahdollisuuksiin ja kansainväliseen merkitykseen.

3.3 Haastateltavien valinta

Teemahaastatteluihin valittiin TAMK:n henkilökuntaa mahdollisimman monipuolisesti ja eri tason toimijoita sekä pyrittiin löytämään henkilöt, jotka osaisivat vas-

tata yksityiskohtaisesti kysymyksiin. Tutkimukseen valittiin henkilöitä, joilla on kokemusta alasta, tuntevat testbedin käytännössä ja pystyvät arvioimaan sen käytettävyyttä TAMK:ssa.

Teemahaastattelussa tutkimuksen aihe ja teema on rajattu, mutta kysymykset ovat avoimia ja niiden järjestys voi muuttua tilanteen mukaan. Haastattelija saa myös tilanteessa tehdä lisä- ja tarkentavia kysymyksiä. Tässä tutkimuksessa empiirinen aineisto hankittiin teemahaastattelulla. Haastattelut toteutettiin teamsin välityksellä välimatkojen takia. Ennen haastattelua haastateltaviin oltiin sähköpostitse yhteydessä, esiteltiin opinnäytetyön aihe, tavoite ja perustelut haastattelulle. Aiheen käsittely ja sen näkökulma riippui haastateltavan koulutuksesta ja asemasta ja roolista TAMK:ssa. Opinnäytetyössä selvitettiin TAMK:n mahdollisuuksia olla osallisena testbedissä. Haastateltavilla oli eri tulokulma aiheeseen, joten haastateltavat ovat heterogeeninen tutkimuskohde ja näin ollen teemahaastattelu on looginen vaihtoehto. Haastattelun teemat valikoituivat teoreettisen viitekehysten pohjalta ja haastattelut etenivät teemojen mukaan. Teemojen sisällä kysymysten järjestys ja laajuus vaihteli haastateltavien koulutuksen ammatin ja kokemuksen mukaan.

Haastateltavien valinta toteutui hyvin, sillä tutkimuksessa saatiin näkökulmia niin operatiiviselta tasolta kuin myös esimiestasolta. Teemahaastatteluissa päästiin haastattelemaan liiketoimintapäällikkö Hannu Koposta, joka vastaa tutkimus-, kehittämis-, innovaatio- sekä osaamistoiminnasta, vararehtori Ari Sivulaa, joka vastaa tutkimus-, kehittämis-, innovaatio- sekä osaamistoiminnasta ja Maria Änköä, joka vastaa TAMK:n tekstiililaboratoriosta.

4 EMPIIRINEN TUTKIMUS JA TULOKSET

Teemahaastattelun osalta keskityttiin TAMK:n henkilökuntaan ja pyrittiin löytämään asiaan perehtyneet henkilöt, joilla on kokemusta ja tietoa työnsä puolesta. Ari Sivula vastaa tutkimus-, kehittämis- ja osaamistoiminnasta. Hän johtaa TAMK:n ydintoimintoa, johon kuuluvat TKI-hankkeet, ulkoinen rahoitus, liiketoiminta sekä kansainvälisyys. Sivulan mielestä TAMK:lla on loistavat mahdollisuudet saada aikaan erittäin laajoja tuloksia systemaattisella kehittämisellä yhdessä eri toimijoiden kanssa. Tähän liittyy vahvasti muun muassa ulkoisen rahoituksen kasvattaminen TAMK:ssa ja hankkeiden tulosten laajamittainen hyödyntäminen. Sivulan mukaan tuni-organisaation nettisivut ovat muun muassa myös yrityksiä varten. Testbed voisi hyödyntää tuni-organisaation nettisivuja, jotta yritykset voisivat löytää tarvittavat prosessit ja laitteet. TAMK tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia tutkimus-, kehittämis- ja innovaatioyhteistyöhön yrityksille ja yhteisöille.

Ari Sivula myös kertoi, että tuni-organisaation nettisivut toimivat myös alustana yrityksille sekä palveluntarjoajille. Näin tekstiilien suljetun kierron alustana voisi toimia tuni-organisaation nettisivut. Otin myös yhteyttä RYB-yksikön johtajaan Jouko Lähteenmäkeen, jonka yksikössä tekstiililaboratorio toimii. Tavoitteena oli saada tietoa resurssi mahdollisuuksista, mutta valitettavasti en saanut vastausta.

Seuraava haastateltava oli Tutkimis-, kehittämis-, innovaatio ja osaamistoiminta-tulosalueen liiketoimintapäällikkö Hannu Koponen. Koponen vastaa TAMK:n kansainvälisestä ja kansallisesta liiketoiminnasta. Koposen mukaan TAMK:lla on hyvät mahdollisuudet toimia yhteistyössä yritysten kanssa, sillä organisaatiossa toimii osaavaa henkilökuntaa sekä tekstiililaboratorio on ollut mukana monissa yhteistöissä yritysten kanssa. Koposen mukaan TAMK haluaa tukea tekstiiliteollisuuden murrosta ja olla mukana parantamassa Suomen tekstiilien kiertotaloutta. Koponen otti esiin haastattelussa VTT:n jo toteuttaman vaahtorainaus projektin, joka oli todella onnistunut. Vaahtorainauksessa tuotteena on uusia tasaisia ja kevyitä selluloosakuitutuotteita.

Tekstiiliteollisuudella on vakavat ympäristövaikutukset, joita testbed voisi toiminnallaan ehkäistä. Koposen mukaan on tärkeää, että testbed hyödyttäisi kaikkia,

eikä pelkästään yhtä ja tiettyä yritystä. Testbed toiminta rahoitetaan julkisen sektorin rahoituksella, jolloin se rajaa testbedin toimintaa yleishyödyttäväksi koko Suomen kannalta. Testbedin etuina on tietenkin tekstiilijätteen hallinta sekä se, että uusiutumattomia luonnonvaroja tullaan säästämään sen ansiosta. VTT:n raportin mukaan monet yritykset näkisivät testbedin hyödyllisenä. Koponen painottaa, että testbed voisi lisätä myös Suomen kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla ja olisi myös kustannustehokasta ja ympäristöystävällistä, että Suomen tekstiilijäte kierrätettäisiin Suomessa. Suomi voisi olla edelläkävijä tekstiili- ja muotiteollisuuden järjestelmätason muutoksessa.

Haastateltaessa Hannu Koposta selvisi, että TAMK on erityisen kiinnostunut yritysten kanssa yhteistyöstä ja ainut haaste olisi se, miten voidaan varmistaa, että testbed ei pelkästään hyödyttäisi yhtä yritystä tai toimijaa, koska testbed toimisi kuitenkin julkisen sektorin rahoituksella. Kopsen haastattelussa käy ilmi, kuinka TAMK pyrkii aktiivisesti kehittämään uudistuvaa teknologiaa, haluaa olla edistämässä kestävästä kehitystä ja on vastuullinen toimija. Koposen vastauksissa toistuu testbedin tavoitteet ja tarkoitus.

Seuraavana haastattelin laboratorioinsinööri Maria Änköä, joka vastaa TAMK:n tekstiililaboratoriosta, rakennetusta ympäristöstä sekä biotaloudesta. Änkö kertoo, että VTT on ollut jo aiemmin yhteydessä eri yrityksiin kyselyn kautta, ja tässä kyselyssä tekstiililaboratorio ilmaisi olevansa kiinnostunut yhteistyöstä tekstilien suljetun kierron testbediin. Änkökin huomauttaa, että tekstiiliteollisuus on saavuttamassa murrosta ja on tärkeää, että Suomi on osallisena siinä ja jopa edelläkävijänä. Koska Änkö vastaa tekstiililaboratoriosta, hän on päivittäin tekemisissä testlabin ajatusten ja tavoitteiden kanssa. Änkö on työnsä kautta konkreettisesti havainnut, kuinka lainsäädäntöä päivitetään ja kuinka se näkyy myös heidän toiminnassaan ja tavoitteessaan kehittää uusia menetelmiä vastaamaan muuttuvaa lainsäädäntöä. Änkö huomauttaa, että tekstiilialan murroksessa tarkoituksena on siirtyä kohti kiertotaloutta ja pois lineaarisesta mallista. Tuotteiden suunniteltu vanheneminen kuuluu myös lineaariseen malliin, jossa tuotteen käyttöikä on tarkoituksella rajallinen. Tuotteiden elinkaarta on pidennettävä, jotta jätteen määrä vähenee. Tuotteiden materiaalit pyritään hyödyntämään uudelleen, jolloin ne saavat lisäarvoa.

Änkö huomauttaa, että tunin nettisivuilla on kattavasti tietoa tekstiililaboratorion palveluista, laitteistosta sekä hinnastosta. Laboratorio tarjoaa puolueetonta ja standardinmukaista testaus- ja tuotekehityspalvelua. Palvelut toimivat laboratoriomittakaavassa ja sisältävät langankehruta ja kertausta, käytössä on myös karstaus- ja neulayksikkö. Änkön mukaan testbedin vaatimukset ja toimintaperiaatteet sopisivat hyvin tekstiililaboratoriossa toteutettaviksi. Tekstiililaboratoriossa on monipuolinen laitekanta ja ammattitaitoinen henkilökunta se on myös toiminut yli kolmekymmentä vuotta testauspalveluna. Tekstiililaboratoriossa voi esimerkiksi testata hankauslujuutta, nyppyntymistä, kuitulujuutta, vedenhylkivyyttä, hengittävyyttä, murtolujuutta sekä repeämislujuutta. Änkö muistuttaa, että TAMK:lla on pitkä kokemus yhteistöistä eri yritysten ja toimijoiden kanssa. Testbedin ideana on tarjota tilat yrityksille testata omaa ideaansa ja tällaista työtä on jo laboratoriossa tehty jo vuosia.

Maria Änköä haastateltaessa tuli ilmi, että tekstiililaboratorio tarjoaa yrityksille erilaisia prosesseja sekä tuni-nettisivuilta löytyy kaikki prosessit sekä hinnat. Laboratorion työntekijöillä ei vain ole resursseja toimia operaattorina ja pyörittää näin isoa pilotointiympäristöä. Jos TAMK:lle saataisiin tarpeeksi resursseja palkata työntekijä hoitamaan testbedin operatiivista puolta, pilotointiympäristö saataisiin järjestettyä TAMK:lle.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, pystyykö TAMK toimimaan operaattorina suljetun kierron testbedissä sekä pystyykö tuni-organisaatio toimimaan yhteytenä yritysten ja palveluiden välillä pilotointiympäristön mahdollistamiseksi. Lisäksi tässä työssä perehdyttiin tekstiilien suljettuun kiertoon, mikä toimi teoriataustana testbedin sisällöille. Haastattelujen perusteella havaittiin, että TAMK olisi halukas toimimaan operaattorina, mutta tällä hetkellä se on taloudellisesti mahdotonta, koska ei ole resursseja. Samoin tutkimuksessa selvisi, että tuni-organisaation nettisivut on loistava paikka esitellä testbediä ja toimia verkostointialustana ja informaatiokanavana.

Tutkimuksia on tehty paljon tekstiilijätteen kierrättämisestä ja keräämisestä, lajittelusta, jalostamisesta ja kierrätetystä tekstiilistä on kehitetty erilaisia uusiokäyttötuotteita. Kuitenkin laajamittaisen yhteistyön tutkiminen ja mahdollistaminen on vielä tutkimatta ja kesken. Siihen VTT yritti tällä pilottihankkeellaan vastata. Vaikka tekstiiliteollisuuden ympäristöä kuormittavat tekijät on tunnistettu ja tunnistettu, globaalisti asiaa ei ole vielä osattu ratakaista. EU:n lainsäädäntö pyrkii vastaamaan tähän haasteeseen ja valtiot yrittävät toteuttaa lakeja. Jätteen keräämistä kehitetään ja tiivistetään. Raaka-aineiden käsittelyyn rakennetaan uusia laitoksia ja teknologiaa kehitetään siten, että tekstiilijätteen lajittelu helpottuisi ja tehostuisi.

Opinnäytetyössä perehdyttiin tekstiiliteollisuuden ympäristövaikutuksiin, kiertotalouteen, tekstiilijätteen kierrätysmenetelmiin, kierrätetyn tekstiilijätteen hyödyntämiseen, lainsäädäntöön sekä VTT:n tekstiilijätteen suljetun kierron testbediin. Opinnäytetyön tarkoituksena ei ollut kehittää uusia menetelmiä tai teknologiaa, vaan kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen avulla perehtyä tekstiilijätteen suljettuun kiertoon, sen haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Samalla teoriataustaa heijastettiin VTT:n esiselvitykseen tekstiilien suljetun kierron testbedistä.

Opinnäytetyössä selvisi, että tekstiilien suljettua kiertoa yritetään kehittää monilla tasoilla. Tekstiiliteollisuus tuottaa globaalisti valtavasti jätettä, kuluttaa paljon

energiaa ja saastuttaa luontoa. Suljetun kierron tavoitteena on vähentää luonnonvarojen kulutusta ja tuotannossa syntyviä päästöjä. Tällä hetkellä vain murtoosa vaatteista kiertää takaisin raaka-aineiksi ja tähän etsitään uusia teknologisia ratkaisuja. Suomessa on vuosikymmeniä etsitty erilaisia mahdollisuuksia tekstiilien kierrätykseen sekä kehitetty uusia raaka-aineita tekstiileihin.

Opinnäytetyön empiirisessä osuudessa selvitettiin teemahaastatteluilla TAMK:n asiantuntijoilta organisaation mahdollisuutta osallistua suljetun kierron testbediin. Haastatteluissa selvisi, että Suomessa on jo vuosia kehitetty erilaisia kiertotalouden teknologioita. Eri toimijat näkevät testbedin tarpeellisuuden ja hyödyn omassa tuotannossaan ja palveluissaan. Yritykset, yliopistot ja ammattikorkeakoulut sekä VTT näkevät testbedin lisäävän kestävien tekstiilimateriaalien ja -tuotteiden kehittämistä sekä kiertotalousosaamisen kehittymistä. Samalla se antaa loistavat olosuhteet testata omia tuotteitaan, teknologiaa, verkostoitua ja tarjota omia palveluitaan muille toimijoille.

Aihe on erittäin ajankohtainen ja antaa aihetta jatkotutkimuksiin. Tekstiilein suljettu kierto on tulevaisuutta ja se on ratkaistava mahdollisimman nopeasti. Kuluttajien vastuullisuus korostuu tulevaisuudessa ja he ovat kiinnostuneita tuotteen koko tuotantoprosessista alkumateriaalista lopputuotteiksi. Suomalainen Upright Project mittaa yhtiöiden ulkoista nettovaikutusta, mikä tarkoittaa hyvää ja huonoa vaikutusta ympäristöön ja maailmaan. Ympäristökysymykset, ihmisoikeuskysymykset ja kestäväkehitys on yritysten keino profiloitua tiedostaville kuluttajille.

LÄHTEET

Alasuutari, P. 2007. Laadullinen tutkimus. Tampere: Vastapaino.

Antonov M., Hussain A., Kamboj N., Podgursky V. 2021. Circular economy approach to recycling technologies of postconsumer textile waste in Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. 70, 1, 82-92. Artikkel. Viitattu 20.3.2024. https://www.researchgate.net/publication/349039096_Circular_economy_approach_to_recycling_technologies_of_post-consumer_textile_waste_in_Estonia_A_review

Belinskij, A., Warsta, M., Ekroos, A. Soininen, N., Määttä, T., Pölönen, I., Heinonen, H. & Malin, K. 2016. Yhden luukun periaatteen toteuttaminen ympäristöasioissa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. Viitattu 16.4.2024. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79590/yhden%20luukun%20periaatteen%20toteuttaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chavan, J. 2014. Environmental Sustainability through Textile Recycling. Journal of Textile Science & Engineering. Viitattu 28.1.2024. <https://pdfs.semanticscholar.org/1904/daaa41cebc1c380ed09b007d1ced8546debf.pdf>

Du, W., Zheng, J., Li, W., Liu, Z., Wang, H., & Han, X.. 2022. Efficient Recognition and Automatic Sorting Technology of Waste Textiles Based on Online Near infrared Spectroscopy and Convolutional Neural Network. Viitattu 22.2.2024. <https://pdf.sciencedirectassets.com/271808/1>

Ekosysteemien rakentaminen. 2024. Viitattu 2.5.2024. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/ekosysteemien-rakentaminen>

Euroopan parlamentti. 2020. Tekstiilituotannon ja -jätteen vaikutus ympäristöön. Viitattu 20.3.2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20201208STO93327/tekstiilituotannon-ja-jatteen-vaikutus-ymparistoon>

Eskola, J. & Suoranta, J. 2008. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere, Vastapaino.

Fashion For Good. 2019. Investing in textile innovation. Viitattu 13.3.2024. https://fashionforgood.com/wp-content/uploads/2019/10/FashionForGood_Investing-in-Textile-Innovation_October.pdf

Fortier, P. & Michel, H. 2023. Testbeds as modeling tools. Viitattu 20.2.2024. <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/testbed>

Hedrich, S., Janmark, J., Strand, M., Langguth, N. & Magnus K.-H. 2022. Scaling textile recycling in Europe – turning waste into value

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2004. Tutki ja kirjoita. Tammi: Jyväskylä.

Huang, X., Tan, Y., Huang, J., Zhu, G., Yin, R., Tao, X. ja Tian, X. 2024. Industrialization of open- and closed-loop waste textile recycling towards sustainability. *Journal of Cleaner Production* 436 (2024) 140676. Viitattu 3.3.2024. <https://pdf.sciencedirectassets.com/271750/1-s2.0-S0959652623X00523>

Kamppuri, T., Pitkänen, M., Heikkilä, P., Saarimäki, E., Cura, K., Zittig, J., Knuutila, H. & Mäkiö, In 2019b. Tekstiilimateriaalien soveltuvuus kierrätykseen. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tutkimusraportti Nro VTT-R-0091-19. Viitattu 25.2.2024. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/24225719/VTT_R_00091_19.pdf

Kineraja, A. 2022. Pre-consumer vs Post Consumer Waste. Viitattu 29.1.2024. <https://www.reelpaper.com/blogs/reel-talk/post-consumer-waste>

Kehysriihen päätökset valtion T&K-rahoituksen kohdennuksista vuosille 2025-2028. Viitattu 17.4.2024 <https://valtioneuvosto.fi/documents/10616/199806183/>

Klossner, K. 2022. Testbed, kokeilualusta, testiympäristö - rakaalla lapsella on monta nimeä. Viitattu 1.3.2024. <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/blogit/2021/testbed-kokeilualusta-testiymparisto--rakkaalla-lapsella-on-monta-nimea>

Kuituus 2021. Mitä kierrätetty tekstiilikuitu on ja mihin sitä voi käyttää? Viitattu 13.3.2024. <https://kuituus.aalto.fi/mita/>

Luukka, T. 2024. Hallitus aikoo suunnata enemmistön tutkimusrahoista yrityksille. *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/politiikka/art-2000010360404.html>

Malleus, P. 2022. Upcycling: Vaatteiden toinen elämä. (s.17-18) E-kirja. Viitattu 14.3.2024. <https://www.storytel.com/fi/books/upcycling-vaatteiden-toinen-elama-1713535>

Mediawear Custom Apparel. n.d. Hyödyllistä tietoa puuvillasta. Viitattu 25.3.2024. <https://www.customapparel.fi/tietoa-puuvillasta.html>

Pietarinen, H. 2024. Selvitys: "Vastuullinen" puuvilla yhteydessä metsäkatoon. *Helsingin Sanomat* A 28.

Pietilä, I. 2010. Ryhmä- ja yksilöhaastattelun diskurssiivinen analyysi. Kaksi aineistoa erilaisina vuorovaikutuksen kenttinä. Teoksessa J. Ruusuvuori, P. Nikander & M. Hyvärinen (toim.) Haastattelun analyysi. Tampere: Vastapaino. E-kirja <https://www.ellibslibrary.com/reader/9789517685023>

Suomen Tekstiili & Muoti. 2021. Tekstiilien suljetun kierron arvoketju – mistä on kyse ja miten siihen päästään Suomessa? Viitattu 10.3.2024. <https://www.stjm.fi/uutiset/tekstiilien-suljetun-kierron-arvoketju-mista-on-kyse-ja-miten-siihen-paastaan-suomessa/>

Salminen A. 2021. Podcast 3: Kierrätyskuidun käyttökohteiden kirjo on yhtä laaja kuin neitseellisenkin. Viitattu 12.04.2024. <https://kuituus.aalto.fi/kierratyskuidun-kayttokohteiden-kirjo-on-yhta-laaja-kuin-neitseellisenkin/>

Testbed Helsinki. Viitattu 3.5.2024. <https://testbed.he.fi>

Tornberg T. 2018. Muovin valtakausi loppuu – sellu tunkee tilalle. Yle artikkeli. Viitattu 23.4.2024. <https://yle.fi/a/3-10014700>

TEM026:00/2017. Luvat ja valvonta -hanke. Viitattu 16.4.2024. <https://tem.fi/hanke?tunnus=TEM026:00/2017>

Tekstiilien kiertotalous. 2022. Suomen tekstiili ja muoti. Viitattu 2.3.2024. <https://www.stjm.fi/palvelut-ja-tietoa-yrityksille/tekstiilien-kiertotalous/>

Textile Enchange. 2024. Viitattu 3.3.2024. <https://textileexchange.org/glossary/downcycling/>

Valtion talousarvioesitykset 2023. Viitattu 18.4.2024. <https://budjetti.vm.fi/index/sisalto.jsp?year=2024&lang=fi&maindoc=/2024/tae/hallituksenEsitys/hallituksenEsitys.xml&opennode=0:1:3:31:>

Valtioneuvoston viestintäosasto Valtiovarainministeriö 19.9.2023. <https://vnk.fi/documents/10616/146554548/P%C3%A4%C3%A4ministeri+Orpon+hallituksen+budjettiriihen+keskeisi%C3%A4+p%C3%A4%C3%A4t%C3%B6ksi%C3%A4.pdf/b490068c-8994-ed5f-96c2-3b6a96fa67a2?t=1695201491502>

Van der Ven, Coletta. 2022. Circular innovation and ecodesign in the textiles sector. Viitattu 2.3.2024. <https://www.sitra.fi/julkaisut/kiertotalouden-innovaatiot-ja-ekologinen-suunnittelu-tekstiilialalla/#esipuhe>

VTT n.d. Vaahtorainauksen kehitysympäristö. Viitattu 23.4.2024. <https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/vaahtorainauksen-kehitysymparisto>

Warsta, M. 2016. Sähköinen asiointi yhden luukun mallissa. Taustaselvitys. Ympäristöllisten lupamenettelyjen yhden luukun palveluiden toteuttamisvaihtoehdot –hanke. Consulting Oy. Viitattu 14.4.2024. https://valtioneuvosto.fi/documents/1927382/2158283/Taustaselvitys_S%C3%A4hk%C3%B6inen+asiointi.pdf/d29b55fc-a35c-44ba-a587-985d87d8e629

YMO29:00/2016. Ympäristöllisten menettelyjen yhdentäminen lainsäädäntöhankkeeseen (ns. yhden luukun lainsäädäntöhanke). Viitattu 15.4.2024. <https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=YMO29:00/2016>

YMO35:00/2019. Ympäristöllisten lupamenettelyjen yhteensovittamisen projekti. Viitattu 16.4.2024. <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YMO35:00/2019>