

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2021

Sonja Salminen

ELINKAARIARVIOINTI KIERRÄTYSMATERIAALISTA VALMISTETULLE T-PAIDALLE

Sonja Salminen

ELINKAARIARVIOINTI KIERRÄTYSMATERIAALISTA VALMISTETULLE T-PAIDALLE

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa elinkaariarviointi kierrätetystä tekstiilistä valmistetulle t-paidalle ja verrata tuloksia neitseellisestä puuvillasta valmistettuun t-paitaan. Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin, mistä etenkin puuvillaisten vaatteiden suuret hiilijalanjäljet muodostuvat sekä millaisia vaikutuksia vaateollisuudella ja pikamuoti-ilmiöllä on ympäristöön ja ihmiseen.

Elinkaariarviointia tehdään, jotta ymmärrettäisiin paremmin tuotteiden ympäristövaikutuksia kokonaisuuksia ja saadaan tietoa niiden kestävydestä. Aiheena se on hyvin ajankohtainen ja sen tarve lisääntyy koko ajan.

Ympäristövaikutusten selvittämisessä käytettiin apuna yrityshaastattelua ja Ecoinvent-tietokantaa, itse laskenta suoritettiin Excelillä. Elinkaarilaskennan perusteena käytettiin ISO 14040 -standardia, jossa on määritelty arviointia koskevat ohjeistukset. Lisäksi aineistonkeruumenetelmänä käytettiin kirjallisuuskatsausta. Opinnäytetyöhön kuuluva elinkaariarviointi toteutettiin osana Telaketju 2-hanketta.

Tutkimuksen tuloksista huomattiin, että puuvillan viljelyssä kuluu suuria määriä vettä, jolloin neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan vedenkulutus nousee suureksi. Kun taas kierrätetystä materiaalista valmistetun t-paidan tuottamisessa vettä ei kulu lähes laisinkaan. T-paitojen hiilijalanjäljessä ei ollut kovin suurta eroa.

ASIASANAT:

elinkaarianalyysi, puuvilla, tekstiiliteollisuus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental engineering

2021 | 31 pages

Sonja Salminen

LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR A T-SHIRT MADE OF RECYCLED MATERIAL

The aim of the thesis was to do a life cycle assessment on a t-shirt made of recycled textile and to compare the results with a t-shirt made of virgin cotton. In addition, we analyzed where the large carbon footprints of cotton clothing come from, the effects of the clothing industry and the fast-fashion phenomenon on the environment and people.

A life cycle assessment was carried out to understand better the environmental impact of products as a whole and to obtain information on their sustainability. As a topic, it is very relevant, and the need for it is growing all the time.

The company interview and the Ecoinvent database were used to determine the environmental impact. The calculation itself is performed with Excel. The life cycle calculation is based on the ISO 14040 standard, which defines the assessment guidelines. Furthermore, a literature review was used as a data collection method. The life cycle assessment included in the thesis has been carried out as part of the Telaketju 2 -project.

The results of the study revealed that cotton cultivation consumes large amounts of water, resulting in high water consumption for a t-shirt made of virgin cotton. Meanwhile producing a t-shirt made from recycled material consumes almost no water. However, there was hardly any difference in the carbon footprint of the T-shirts.

KEYWORDS:

life cycle assesment, cotton, textile industry

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 VAATETEOLLISUUS	9
2.1 Puuvilla raaka-aineena	9
2.2 Pikamuoti	11
3 ELINKAARIARVIOINTI	13
3.1 Elinkaariarvioinnin vaiheet	14
3.2 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely	17
3.3 Inventaarioanalyysi	17
3.4 Vaikutusarviointi	18
3.5 Tulosten tulkinta	19
4 ELINKAARIARVIOINNIN TOTEUTUS	20
4.1 Aineistonkeruu	20
4.2 Elinkaariarviointi tutkimusmenetelmänä	20
5 ELINKAARIARVIOINNIN TULOKSET	23
5.1 Elinkaariarvioinnista saadut tiedot	23
5.2 Tulosten tarkastelu	25
6 POHDINTA	27
LÄHTEET	29

KUVAT

Kuva 1. Puuvillan kukinto. Lähde: Caglayan Unal Sumer.	10
--	----

KUVIOT

Kuvio 1. Elinkaariarvioinnin vaiheet (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 24).	14
Kuvio 2. Esimerkki tuotejärjestelmästä (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 28).	15
Kuvio 3. Esimerkki tuotejärjestelmän yksikköprosessista (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 28).	16
Kuvio 4. Vaikutusarvioinnin vaiheet (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 36).	19
Kuvio 5. Arvioitavan t-paidan yksilöprosessit syötteineen ja tuotoksineen.	21
Kuvio 6. T-paidan hiilijalanjäljen jakautuminen.	24
Kuvio 7. Sähkön hiilijalanjälki yksilöprosessittain.	25

TAULUKOT

Taulukko 1. Elinkaari-inventaariosta saadut tiedot.	23
Taulukko 2. T-paitojen ympäristöpäästöt (Niinimäki ym. 2020, 193).	23
Taulukko 3. Kuljetuksen hiilijalanjäljen muodostuminen (European comission 2015).	24

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Sanasto	Sanan selitys (Lähdeviite)
Hiilidioksidiekvivalentti	CO ₂ e. Huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi muita merkittäviä kasvihuonepäästöjä kuten metaanin (CH ₄) ja ilokaasun eli dityppidioksidin (N ₂ O). (Sitra 2018)
Hiilijalanjälki	(CO ₂ ekv/kg). Ihmisen toiminnasta aiheutuneet päästöt. Raportoidaan usein hiilidioksidiekvivalenteina. (Sitra 2018)
Tonnikilometri	Mittayksikkö tavaraliikenteelle. Kun tonni tavaraa kuljetetaan maantietä pitkin yksi kilometri. (Tilastokeskus 2021.)

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
GWP100	Ilmaisee kasvihuonekaasun päästön aiheuttaman lämmitys-vaikutuksen suhteellisen voimakkuuden sadan vuoden kuluessa verrattuna hiilidioksidin (CO ₂) massayksikköä kohden (Tieteen termipankki 2021a)
IPCC	Intergovernmental Panel of Climitic Change eli hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (Tieteen termipankki 2021b)
Kg	Kilogramma
KWh	Kilowattitunti
MJ	Megajoule
PET	Polyetyleenitereftalaatti
R-PET	Kierrätetystä PET-muovista valmistettua polyesterikuitua (EarthHero 2017)
Tkm	Tonnikilometri

1 JOHDANTO

Kestävä kuluttaminen on ollut pinnalla jo pitkään. Kuitenkin vaateteollisuus kasvaa koko ajan ja kulutus on nousussa. Pikamuoti on tänä päivänä suuri ilmiö ja useilla suosituilla vaateketjuilla mallisto voi vaihtua jopa 52 kertaa vuodessa. Tuotteita ei ole tehty kestäväksi ja nimensä mukaisesti ne pyritään valmistamaan nopeasti ilman suurempaa laaduntarkkailua. Vaatteiden hajottua ne heitetään pois, jolloin niiden elinkaari päättyy. Keski-ikäinen suomalainen heittää vuodessa arviolta 13 kiloa tekstiilejä roskeen, vaikka ne voitaisiin kierrättää ja mahdollisesti jatkojalostaa uudeksi tuotteeksi (YLE 2017a).

Yhden tavallisen puuvillaisen t-paidan valmistamiseen kuluu arviolta noin 2720 litraa vettä, mikä riittää tavalliselle ihmiselle juomavedeksi yli 900 päivän ajaksi (Fairtrade 2019). Puuvilla on kuitenkin suosittu materiaali t-paitojen valmistukseen, sillä se on luja ja kestävä materiaali, se ei sähköisty, ei hiosta, ei venähdä ja se on pehmeä päällä. Sen viljelyyn liittyy kuitenkin veden kulutuksen lisäksi myös paljon muita epäkohtia. Puuvillakasvin viljelyssä käytetään paljon erilaisia torjunta-aineita, joiden pääsy vesistöihin pilaa lähialueiden pohjavesivarantoja ja viljelyyn yhdistetään sekä lapsi-, että pakkotyövoimaa (Eettisen kaupan puolesta ry 2016).

Tuotteiden ympäristövaikutuksia mitataan useilla erilaisilla mittareilla ja keinoilla, kuten elinkaariarvioinnilla. Elinkaariarvioinnin avulla pyritään selvittämään tuotteen ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajalta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin ympäristövaikutusten selvittämiseen tuotteen matkasta raaka-aineesta kauppaan.

Opinnäytetyön tavoitteena on suorittaa elinkaariarviointi kierrätetystä tekstiilistä valmistetulle t-paidalle ja verrata tuloksia neitseellisestä puuvillasta valmistettuun t-paitaan. Lisäksi tarkastellaan, mistä etenkin puuvillaisten vaatteiden suuret hiilijalanjäljet muodostuvat sekä millaisia vaikutuksia vaateteollisuudella on ympäristöön ja ihmiseen.

Ympäristövaikutusten selvittämisessä opinnäytetyössä käytettiin apuna yrityshaastattelua ja Ecoinvent-tietokantaa, itse laskenta suoritetaan Excelillä. Elinkaarilaskennan perusteena käytetään ISO 14040 -standardia, joissa on määritelty arviointia koskevat ohjeistukset. Luvussa 2 aineistonkeruumenetelmänä käytetään kirjallisuuskatsausta. Opinnäytetyöhön kuuluva elinkaariarviointi on toteutettu osana Telaketju 2 -hanketta. Hankkeen tarkoituksena on edistää tekstiilien kestävä tuotantoa, käyttöä ja kiertoa.

Opinnäytteen teoriaosuuteen saatiin tietoa erilaisten kirjallisuuskatsausten avulla. Tietoa haettiin Turun ammattikorkeakoulun Finna-hakupalveluiden kautta, josta saatiin pääsy Suomen standardisoimisliitto SFS ry:n tietokantoihin. Tietokannasta saatiin käyttöön ISO 14040 -standardi. Neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan hiilijalanjälki sekä paidan tuotannon vaatima vesimäärä ovat selvitetty tieteellisestä artikkelista. Puuvillaa ja pikamuotia käsittelevään teoriaosuuteen on saatu tietoa erilaisista verkkojulkaisuista ja selvityksistä sekä Gunilla Anderin kirjasta *Puuvillan likainen tarina* ja Outi Moilalan kirjasta *Tappajafarkut ja muita vastuuttomia vaatteita*.

Opinnäytetyössä käydään läpi teoriapohjaa ISO-standardin mukaisesti tehdyille elinkaarivertailuille sekä vaateteollisuuden aiheuttamien ongelmien syille puuvillan tuotannon ja pikamuodin kautta. Teoriaosuuden jälkeen luvussa 4 esitellään tutkimuksen toteutukseen liittyvä tutkimusmenetelmä, tutkimusongelmat sekä aineistonkeruumenetelmät. Näiden pohjalta esitellään tutkimuksesta saadut tulokset luvussa 5 sekä luvussa 6 pohditaan, mitä saadut tulokset tarkoittavat ja mitä niistä voidaan päätellä.

2 VAATETEOLLISUUS

Elinkaariarviot ovat yleistyneet, jotta saataisiin selville valmistettavien tuotteiden aiheuttamia päästöjä. Tässä kappaleessa tarkastellaan paremmin muotiteollisuuden suurien hiilidioksidipäästöjen aiheuttajia sekä pohditaan puuvillan viljelyn ja muotiteollisuuden vaikutuksia ihmiseen ja ympäristöön.

2.1 Puuvilla raaka-aineena

Puuvilla on kuitu, jota saadaan puuvillakasvin (*Gossypium*) siemenkarvoista. Eri maissa viljellään puuvillan eri lajikkeita. Valtaosa (90 %) viljelystä puuvillasta on *Gossypium hirsutum* -nimistä lajia (Ander 2011, 48). Viljeltävissä lajikkeissa suurimpana erona on puuvillan kuidun pituus. Karkeasti eroteltuna: mitä pidempi kuitu, sitä laadukkaampi kangas siitä saadaan. Luonnonkuiduissa, lukuun ottamatta silkkiä, on melko lyhyt kuidun pituus. (Reilu kauppa 2019; Eettisen kaupan puolesta ry 2016.) Kuvassa 1 on puuvillakasvin kukinto, josta puuvilla kerätään.

Puuvillan viljely vaatii suuria määriä vettä ja sen kasvatusprosessissa käytetään paljon erilaisia kemikaaleja. Kasteluvesien mukana pelloilta päätyy läheisiin vesistöihin kemikaaleja, jotka aiheuttavat ravinnekuormitusta. Rungas kastelu aiheuttaa pinta- ja pohjavesivarantojen ehtymisen ja jopa kokonaisten vesistöjen kuivumisen. Vain yhden kasvilajin viljely aiheuttaa maaperän köyhtymistä, jolloin alueesta tulee käyttökelvotonta viljelyyn. Lisäksi puuvillan viljely vie maa-alaa muiden kasvien, kuten ravintokasvien viljelyltä. Puuvillaa viljellään yli sadassa maassa, mutta yhdessä Kiina ja Intia viljelevät yli puolet maapallon puuvillasta. Koneellisesti puuvillan viljely ja keruu tapahtuu Yhdysvalloissa, Australiassa ja Euroopassa. Afrikan maissa, Kiinassa ja Intiassa poiminta tapahtuu pääosin käsin. (Reilu kauppa 2019; Eettisen kaupan puolesta ry 2016.)



Kuva 1. Puuvillan kukinto. (Lähde: Shutterstock. Tekijä: Horbert, J.)

Puuvilla on suosittu materiaali sen monipuolisten käyttöominaisuuksien vuoksi. Puuvillan viljely vaatii kuitenkin valtavia määriä vettä ja kemikaaleja. Yhden puuvillakilon tuottaminen vaatii 7 000–29 000 litraa vettä ja kasvin viljelyssä käytetään enemmän torjunta-aineita kuin minkään muun kasvin (WWF 2009). Lisäksi sen viljely on aiheuttanut suuria ympäristökatastrofeja kuten sademetsien hakkuita viljelysmaiden tieltä, eroosiota, vesistöjen saastumista ja kuivumista sekä maaperän köyhtymistä. Suurin puuvillan viljelyksen seurauksena aiheutunut ympäristökatastrofi lienee Aral-järven kuivuminen Turkmenistanin ja Uzbekistanin rajalla. (Eettisen kaupan puolesta ry 2016.)

Puuvillan viljelyssä käytetään paljon erilaisia kemikaaleja, kuten torjunta-aineita ja lannoitteita. Usein pelloilla työskentelevillä ei kuitenkaan ole tarvittavia varusteita, jotka suojaisivat heitä kemikaaleilta. Puuvillan viljelyyn on aina liittynyt paljon erilaisia ihmisoikeuskysymyksiä, kuten pakkotyötä ja lapsityövoimaa. Uzbekistanissa, Turkmenistanissa ja Tadžikistanissa hallitus määrittää vuosikiintiön puuvillan keruulle, jolloin useat opiskelijat ja työntekijät jättävät oppilaitoksensa ja työpaikkansa, jotta pääsevät keräämään osuutensa puuvillakiintiöön. (Reilu kauppa 2019; Eettisen kaupan puolesta ry 2016.)

Puuvillaa voi kierrättää. Kierrätys tehdään usein mekaanisesti eli kierrätetty materiaali revitään uudestaan kuiduksi. Mekaaninen kierrätys haurastuttaa ja lyhentää kuitua, jolloin se ei ole yhtä kestäväää kuin neitseellinen puuvilla. (Kamppuri ym. 2019, 8.) Tämän takia tuotteisiin lisätään usein muita materiaaleja, kuten luomupuuvillaa tai polyesteria (Cotton Works 2021).

Neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan ympäristöpäästöt muodostuvat suurimalta osalta puuvillan viljelystä ja tuotannosta, jolloin sekä hiilijalanjälki että kulutetun veden määrä muodostuvat suuriksi (Niinimäki ym. 2020, 193).

Opinnäytetyössäni arvioimani t-paidan materiaalina käytettiin osittain kierrätettyä puuvillaa, jota saadaan pääasiassa kahdesta eri lähteestä: teollisuuden ylijäämästä ja kuluttajien kiertoon laittamista, käytetyistä poistotekstiileistä. Poistotekstiilillä tarkoitetaan kuluttajalle tarpeetonta tekstiiliä, joka voi olla sekä ehjää että rikkiäistä. Tekstiilit voivat olla esimerkiksi vaatteita ja kodintekstiilejä. Kotitalouksien lisäksi poistotekstiilejä tulee pesuloista, työvaatevalmistajilta, kaupoista, hyväntekeväisyysjärjestöiltä sekä tekstiilipalvelujentuottajilta. Suomessa poistotekstiiliä syntyy vuosittain noin sata miljoonaa kiloa, josta suurin osa (80 %) päättyy poltettavaksi (STJM 2020).

Kuluttajilta saadun tekstiilijätteen haasteena on, että ne ovat usein jonkinlaisia sekoitteita, eikä materiaali ole välttämättä kokonaan tiedossa. Lisäksi erilaiset painatukset hankaloittavat kierrätysprosessia. Sen lisäksi, että kierrätetystä tekstiilijätteestä voidaan valmistaa vaatteita, tehdään niistä myös paljon erilaisia eristeitä, täytteitä ja komposiitteja. (Fab 2020.) Yleisesti ottaen, teollisuuden ylijäämät ovat helpompia jatkojalostaa, sillä ne ovat tasalaatuisempia ja materiaali on varmemmin tiedossa.

Poistotekstiilien erilliskeräys muuttuu Euroopassa pakolliseksi vuonna 2025 (STJM 2020c). Suomessa on jo edetty poistotekstiilien keräyksessä ja Paimioon avataankin keuhalla 2021 Pohjoismaiden ensimmäinen poistotekstiilien jalostuslaitos. Laitoksessa on tarkoitus jatkojalostaa sekä teollisuudesta että kotitalouksilta syntynyttä tekstiilijätettä. (STJM 2020a.)

2.2 Pikamuoti

Ihmiset kuluttavat ja ostavat tänä päivänä vaatteita enemmän kuin koskaan. On tavallista, että ostetaan uusia vaatteita vain yhtä tilaisuutta varten ja vaatetta käytetään vain kerran. Tämä on ongelma, sillä vaatetuotannossa suuri osa on niin sanottua pikamuotia. Pikamuodin määritelmään kuuluvat useasti vaihtuvat mallistot, halvat hinnat ja huono laatu. Pikamuoti sai alkunsa 1900-luvun lopulla ja sen suosio lähti rajuun nousuun 2000-luvun alussa. Suurimpia pikamuotibrändejä ovat Zara, H&M ja Uniqlo (Forbes 2021). Pikamuotimallistoihin otetaan vaikutteita isojen muotibrändien mallistoista ja julkisuuden henkilöiltä tai ne ovat jopa suoria kopioita niistä. Pikamuodille tyypillistä ovat suuret

massatuotannot ja se, että tuotteet siirtyvät suoraan tehtailta kauppaan ilman erityistä varastointia. Pikamuoti sanana tulee siitä, että pyritään saamaan uudet trendit tehtaalta kuluttajien saataville mahdollisimman nopeasti. Parhaimmillaan mallistot saadaan suunnitteluvaiheesta kauppaan reilussa parissa viikossa. (Good on you 2020; Bick ym. 2018.)

Muotiteollisuuden lasketaan aiheuttavan jopa 10 % koko maapallon hiilidioksidipäästöistä (Niinimäki ym. 2020, 189). Yksi paita voi kulkea pitkän matkan laivalla, lentokoneella ja rekalla ennen, kun se päätyy kuluttajalle. Vuonna 2010 Suomessa myytyjen vaatteiden suurin valmistusmaa oli Kiina: jopa 47 % Suomeen saapuvista vaatteista tulee sieltä. Vain kolmannes Suomeen saapuvista vaatteista oli peräisin Euroopasta. (Moilala 2013, 29.)

Työntekijät, jotka ovat suurimmaksi osaksi nuoria naisia (70 % - 80 %), joutuvat tekemään pitkiä päiviä surkeilla palkoilla. Olosuhteet tehtaissa ovat huonot ja työntekijät altistuvat suurille määrille kemikaaleja tuotannon eri vaiheissa. (Moilala 2013, 28.) Viime aikoina pinnalla on ollut työntekijöiden huonot olot tehtaissa. Vuonna 2013 sattuneesta Rana Plazan tehtaan romahduksessa kuoli yli tuhat ja loukkaantui yli 2 500 ihmistä (YLE 2017b). Onnettomuuden johdosta työntekijöiden olot vaatetehtaissa nousivat pinnalle. Onnettomuuden vuosipäivän aikoihin, huhtikuun lopulla, vietetään vaatevallankumouspäivää, jolloin kuluttajia kannustetaan kysymään yrityksiltä #whomademyclothes. Kampanjoinnin tarkoituksena on lisätä vaateteollisuuden vastuullisuutta ja tuotannon läpinäkyvyyttä kuluttajille. (STJM 2020b.)

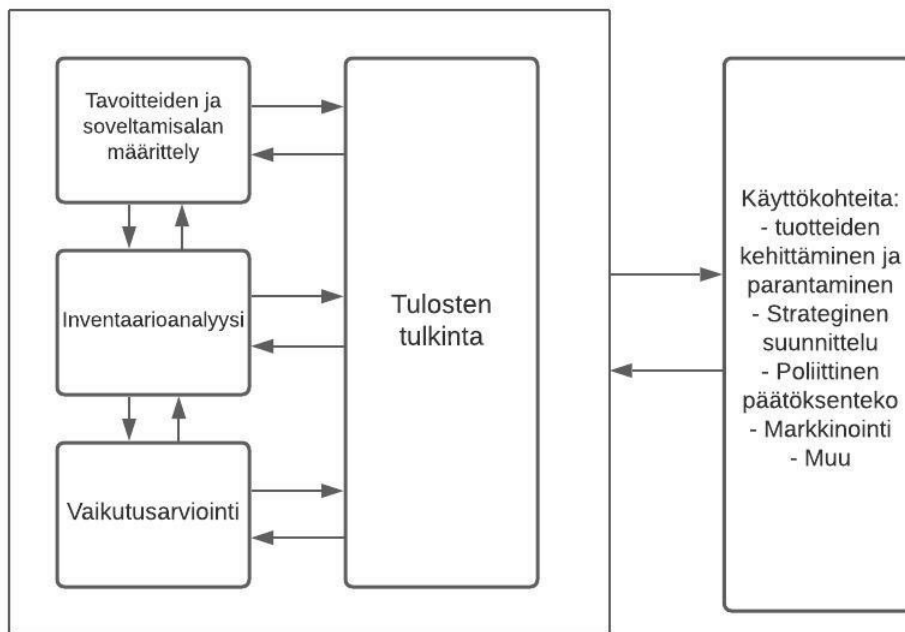
3 ELINKAARIARVIOINTI

Tässä kappaleessa kuvataan ISO 14040 -standardin mukaiset elinkaariarvioinnin vaiheet havainnollistavien kuvioiden avulla. Elinkaariarviointi eli LCA (Life Cycle Assessment) on tuotteen, eli minkä tahansa tavaran tai palvelun, ympäristövaikutusten laskentaa koko sen elinkaaren ajalta. Elinkaareen sisällytetään materiaalien hankinta luonnosta, materiaalien muokkaaminen, kuljetus, tuotteen valmistaminen, jakelu, käyttö, huolto, kierrättäminen ja hävittäminen. Elinkaariarviointia voidaan tehdä myös vain tietyistä tuotteen elinkaaren osuudesta. On myös mahdollista tarkkailla vain yhtä tai muutamaa päästöä, kuten esimerkiksi CO₂-päästöjä. Elinkaariarvioinnin vaiheet ja vaatimukset ovat lueteltu ISO 14040 -standardissa. (Suomen ympäristökeskus 2013.)

Elinkaariarviointia tehdään, jotta ymmärrettäisiin tavaran tai palvelun ympäristövaikutukset koko sen elinkaaren ajalta. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi erilaisissa päätöksenteoissa. Elinkaariarviointia varten on kehitetty erilaisia laskentaohjelmia, joiden avulla laskenta voidaan suorittaa. Tällaisia ovat esimerkiksi OpenLCA ja GaBi. Etenkin vaativampien valmistusprosessien arvioinnissa ohjelmat ovat suureksi avuksi, sillä yksilöprosesseja on usein paljon. Seuraavaksi käydään läpi elinkaariarvioinnin vaiheet.

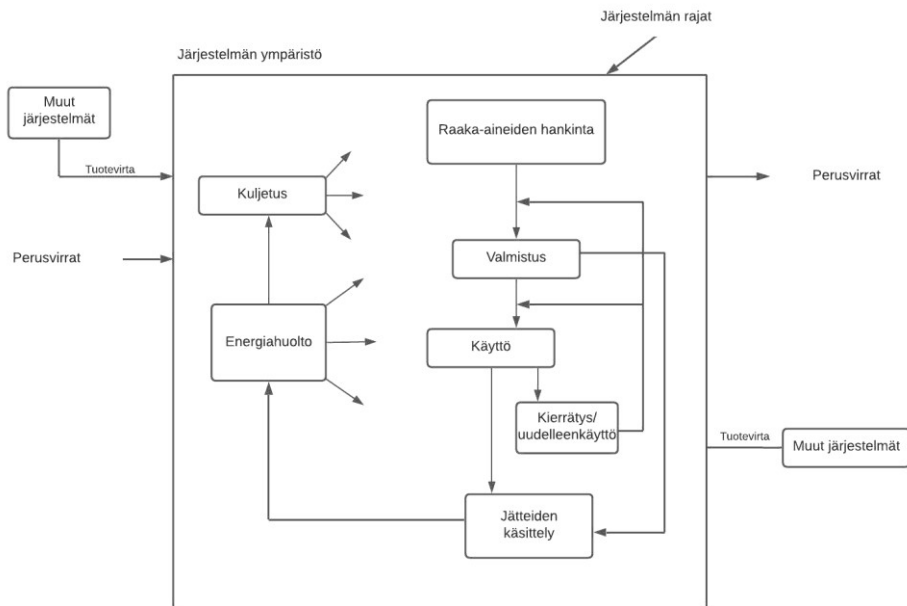
3.1 Elinkaariarvioinnin vaiheet

Elinkaariarvioinnissa on perinteisesti neljä vaihetta: elinkaariarvioinnin tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely (goal and scope), inventaarioanalyysivaihe (LCI), vaikutusarviointivaihe (LCIA) ja tulosten tulkintavaihe. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 26.) Kuviossa 1 on esitelty elinkaariarvioinnin vaiheiden suhteita toisiinsa.



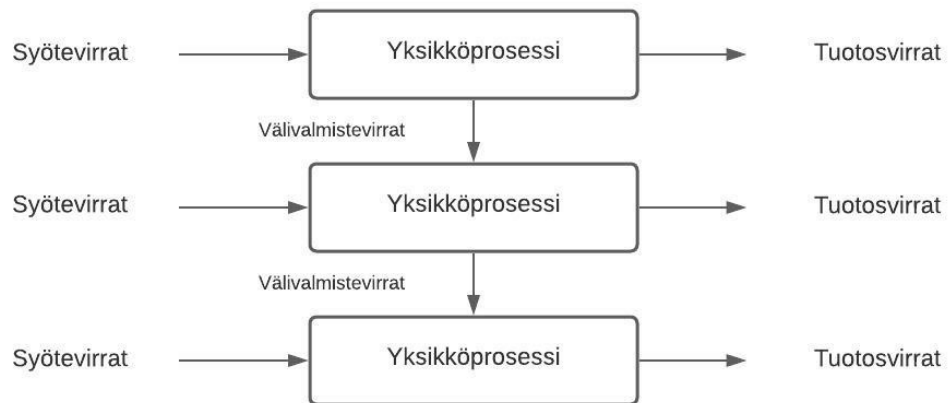
Kuvio 1. Elinkaariarvioinnin vaiheet (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 24).

Elinkaariarvioinnissa arvioitavaa tuotetta tai palvelua käsitellään tuotejärjestelmänä. Tuotejärjestelmät jaetaan edelleen yksikköprosesseihin. Kuviossa 2 on esimerkki tuotejärjestelmästä.



Kuvio 2. Esimerkki tuotejärjestelmästä (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 28).

Yksikköprosessit ovat tuotejärjestelmän osia, jotka yhdistetään toisiinsa välinevalmistevirroilla ja/tai jätteenkäsittelyyn johtavilla virroilla. Toisiin tuotejärjestelmiin yksikköprosessit yhdistetään tuotevirroilla, ympäristöön puolestaan perusvirroilla. Jakaminen yksikköprosesseihin auttaa tunnistamaan tuotejärjestelmään tulevien syötteiden (inputs) ja siitä lähtevien tuotosten (outputs) tunnistamista. Syötteitä ei aina käytetä syntyvän tuotteen komponenttina, jolloin niitä kutsutaan apusyötteiksi. Tällöin ne ovat vain osana yksikköprosessia. Yksikköprosessissa syntyy myös muita tuotoksia (perusvirtoja ja tuotteita). (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 26.) Kuviossa 3 esitellään esimerkki tuotejärjestelmän yksikköprosessisarjasta.



Kuvio 3. Esimerkki tuotejärjestelmän yksikköprosessista (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 28).

Tuotejärjestelmän toiminnallinen yksikkö (functional unit) tulee määrittää ennen arvioinnin suorittamista. Sen tarkoituksena on antaa vertailuyksikkö, johon syötteitä ja tuotoksia voidaan suhteuttaa. Yksikköä tarvitaan, jotta arvioinnin tulokset ovat vertailukelpoisia. Toiminnallinen yksikkö voi olla esimerkiksi yksi kilo tarkasteltavaa tuotetta. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 32.)

Järjestelmän rajat (system boundaries) puolestaan määrittävät, mitkä yksikköprosessit ovat mukana tuotejärjestelmässä. Ihanteellisessa tilanteessa tuotejärjestelmä mallinnettaisiin niin, että sen rajoilla olevat tuotokset ja syötteet olisivat perusvirtoja. Kuitenkaan sellaisia tuotoksia ja syötteitä, jotka eivät vaikuta merkittävästi tehtävän selvityksen johtopäätöksiin, ei tarvitse huomioida. Järjestelmän rajoja joudutaan monesti tarkentamaan selvityksen aikana. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 34.)

3.2 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

Elinkaariarvioinnin ensimmäisessä vaiheessa määritellään halutut tavoitteet ja soveltamisala (goal and scope). Tavoitteiden määrittelyssä selvennetään, miksi arviointi tehdään ja mihin käyttöön, mitä sillä halutaan saavuttaa, kenelle arviointi on suunnattu ja käytetäänkö tuloksia julkisesti esitettävissä vertailuväitteissä. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 32.)

Soveltamisalan määrittelyyn sisältyvät tarkasteltava tuotejärjestelmä, tuotejärjestelmän toiminnot (vertailuselvityksissä tuotejärjestelmien toiminnot), toiminnallinen yksikkö, järjestelmän rajat, alloikointimenettelyt, valitut vaikutusluokat sekä vaikutusarvioinnissa ja sitä seuraavassa tulkinnassa käytettävät menetelmät, tiedoille asetetut vaatimukset, olettamukset, rajoitukset, lähtötiedon laatuvaatimukset, kriittisen arvioinnin tyyppi (mikäli on käytössä) sekä selvityksestä vaadittavan raportin muoto ja tyyppi. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 32.) Huolellinen tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely helpottaa ja selkeyttää työtä arvioinnin seuraavissa vaiheissa.

3.3 Inventaarioanalyysi

Elinkaariarvioinnin toinen vaihe on inventaarioanalyysi eli LCI (Life Cycle Inventory). Sen tarkoituksena on koota yhteen kaikki tarvittava data jokaisesta tuotejärjestelmän osasta eli yksikköprosessista. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 24.) Tiedonkeruun lisäksi inventaarioanalyysiin kuuluu laskemista. Usein saadut tiedot eivät ole oikeassa yksikössä, jolloin niitä täytyy suhteuttaa käytössä olevaan toiminnalliseen yksikköön. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 34.) Tämä tapahtuu perinteisillä yksikkömuunnoksilla, sekä kerto- ja jakolaskujen avulla.

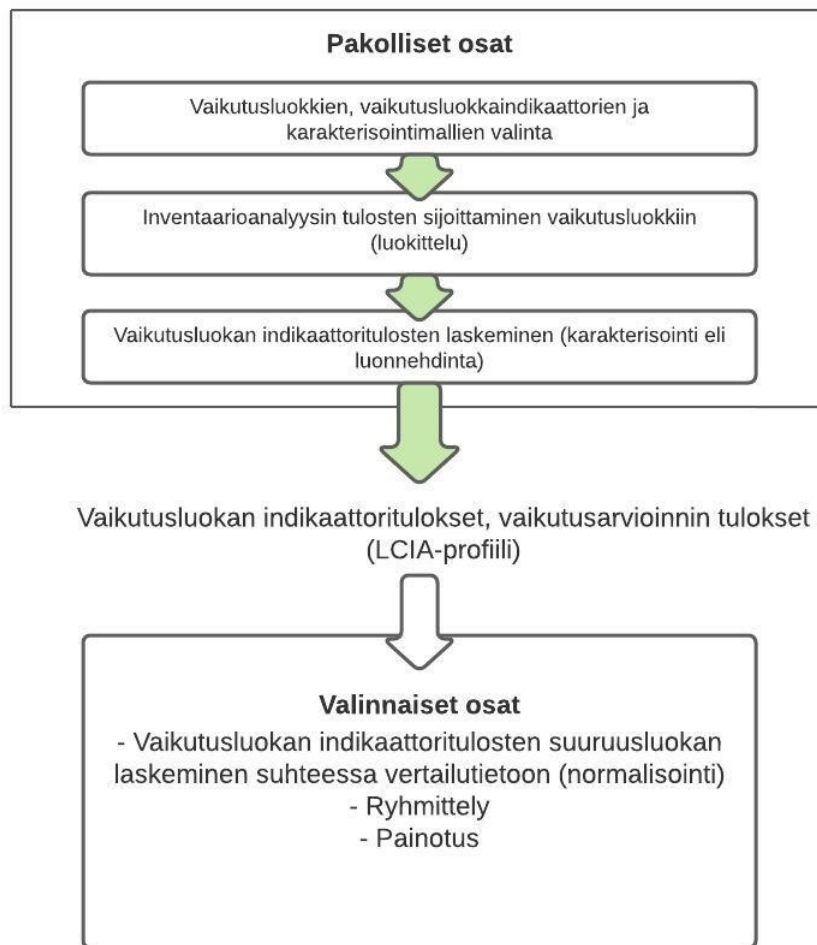
Inventaarioanalyysivaiheessa voi vielä tulla muutoksia esimerkiksi järjestelmän rajoihin. Tietojen kerääminen on usein koko prosessin vaativin ja aikaa vievin vaihe. Tietoja voidaan joutua keräämään useasta eri lähteestä. Jos tarkkaa tietoa jostakin vaiheesta ei ole saatavilla, voidaan käyttää eri LCI-tietokannoista saatavia arvoja.

3.4 Vaikutusarviointi

Kolmas vaihe on nimeltään vaikutusarviointivaihe eli LCIA (Life Cycle Impact Assessment). Sen tarkoitus on ymmärtää arvioitavan tuotteen ympäristövaikutusten laajuutta inventaarioanalyysistä saatujen tulosten avulla. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 34.) Vaikutusarvioinnissa on tärkeää, että saadut tulokset ja oletukset raportoidaan selkeästi, jolloin tulokset ovat mahdollisimman luotettavia ja läpinäkyviä.

Vaikutusarviointi jakautuu useaan eri vaiheeseen, jotka on esitelty kuviossa 4. Standardin mukaisesti vain kolme ensimmäistä vaihetta ovat pakollisia.

Vaikutusarviointivaihe jaetaan eri vaiheisiin monesta syystä: jokainen LCIA:n osa voidaan näin erottaa ja määritellä selkeästi, kukin vaikutusarvioinnin osa voidaan ottaa huomioon, jokaiselle vaikutusarvioinnin osalle voidaan tehdä laadun arviointi, jokaisessa arvioinnin osassa olevien arvojen käyttö ja subjektiivisuus voidaan jättää näkyviin kriittistä arviointia varten. Lisäksi jokaisessa arvioinnin osassa esiintyvä arvojen käyttö sekä arvovalinnat voidaan jättää näkyviin kriittistä arviointia ja raportointia varten. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 36.)



Kuvio 4. Vaikutusarvioinnin vaiheet (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 36).

3.5 Tulosten tulkinta

Elinkaariarvioinnin viimeisessä vaiheessa tarkastellaan inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tuloksia yhdessä. On myös mahdollista tarkastella ainoastaan inventaarioanalyysistä saatuja tuloksia, jolloin puhutaan elinkaari-inventaarioselvityksestä. Arvioinnista saatujen tulosten tulisi vastata arvioinnin ensimmäisessä vaiheessa määritellyjä tavoitteita ja soveltamisaloja. Tulosten tulkintaan sisältyy myös elinkaariarvioinnin tulosten esittäminen helposti ymmärrettävässä, johdonmukaisessa ja täydellisessä muodossa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006, 40.)

4 ELINKAARIARVIOINNIN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tavoitteena on suorittaa elinkaariarviointi kierrätetystä tekstiilistä valmistetulle t-paidalle ja verrata sen hiilijalanjälkeä sekä vedenkulutusta neitseellisestä puuvillasta valmistettuun t-paitaan. Elinkaariarviointi tehdään osana Telaketju 2 -hanketta. Osana opinnäytetyötä tehdyn elinkaariarvioinnin tulokset julkaistaan hankkeen loppuraportissa syksyllä 2021.

4.1 Aineistonkeruu

Elinkaariarvioinnin aineisto kerättiin yrityshaastatteluna sekä kirjallisuuskatsauksena. T-paidan valmistusprosessin tarkentamiseksi haastateltiin Pure waste Textiles Oy:n perustajaosakasta Jukka Pesolaa. Haastattelu toteutettiin sekä sähköpostitse että Teams-videokokouksena. Haastattelun avulla pyrittiin tarkentamaan t-paidan valmistusprosessia ja kuluttujen tuotosten määriä. Haastattelut suoritettiin kevään 2021 aikana. Osaa prosesseista on selvitetty tai tarkennettu Pure waste Textiles Oy:n teettämistä LCA- ja vastuullisuusraporteista.

Ecoinvent-tietokannasta saatiin arvoja, jotka jäivät uupumaan yrityshaastattelusta. Ecoinvent on maailman johtava LCI-tietokanta, jonka tarkoituksena on koota dataa eri teollisuuden prosesseista maailmanlaajuisen käyttöön. Sen tarjoaman datan avulla voidaan laskea ympäristövaikutuksia tuhansille eri tuotteille. Ensimmäinen versio Ecoinvent 1.0 julkaistiin vuonna 2003 (Ecoinvent 2021). Ohjelmiston nykyinen versio on 3.7.1, jota käytettiin myös tässä opinnäytetyössä. Elinkaariarvioinnin laskelmat tehtiin Excelissä.

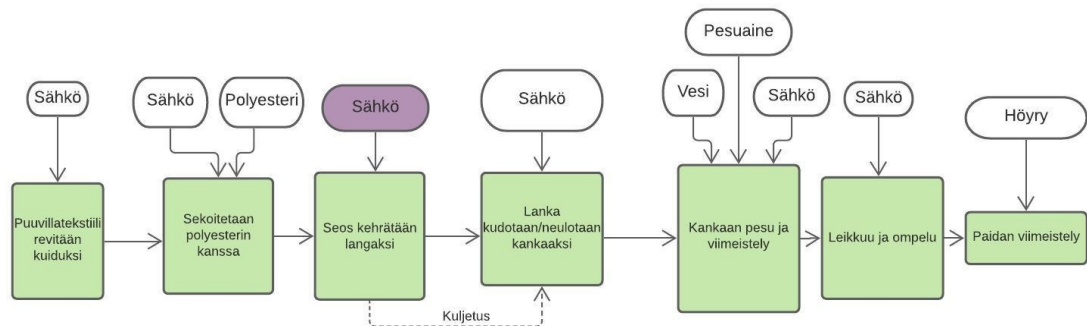
4.2 Elinkaariarviointi tutkimusmenetelmänä

Opinnäytetyön pääasiallisena tutkimusmenetelmänä on elinkaariarviointi, joka suoritetaan yrityshaastattelusta ja Ecoinvent-tietokannasta saatujen tietojen avulla. Elinkaariarviointi etenee luvussa 3 esitettyjen vaiheiden mukaisesti.

Arvioitavaksi tuotteeksi valikoitui Pure waste Textiles Oy:n valmistama, L-kokoinen (paino 200 g) t-paita, josta 60 % on mekaanisesti kierrätettyä puuvillaa ja 40 % kierrätetyistä muovipulloista valmistettua polyesteria (R-PET). Tämä tuote toimii selvityksen

toiminnallisena yksikkönä. Elinkaarilaskenta tehtiin Excelillä. Laskennassa käytettyä dataa saatiin pääasiassa yrityshaastattelusta ja Ecoinvent-tietokannasta (lukuun ottamatta revintää ja kuljetusta). Käytetyt arvot ovat keskiarvokulutuksia jokaisesta Intian tehtaan työvaiheesta. Muutoin käytettiin maailman keskiarvoa kyseisessä prosessissa. Hiilijalanjäljen karakterisointikertoimena käytettiin IPCC 2013 GWP 100a -kerrointa.

Arviointi tehdään niin sanotusti kehdestä portille (cradle to gate) eli vain itse paidan tuotannon osuudesta, jolloin kuljetus, käyttö, kierrätys ja hävittäminen jätettiin pois.



Kuvio 5. Arvioitavan t-paidan yksilöprosessit syötteineen ja tuotoksineen.

Vaatteen elinkaarta arvioidessa tutkitaan jokainen yksilöprosessi tuotantojärjestelmässä. Yllä olevassa kuviossa 5 on esiteltyä arvioitavan t-paidan yksilöprosessit syötteineen ja tuotoksineen.

Kierrätetystä puuvillasta valmistetun t-paidan valmistus alkaa tekstiilijätteestä. Pure Waste ei värjää heidän t-paitojaan, vaan tuotteen väri määräytyy tekstiilijätteen värin mukaan. Tehtaalle saapuva teollisuuden ylijäämästä saatu tekstiilijäte revitään karstoilla kuiduksi, jolloin se voidaan sekoittaa yhteen kierrätyspolyesterikuidun kanssa. Kun sekaan laitetaan polyesteria, tulee kehrätystä langasta vahvempaa ja valmiista tuotteesta kestävämpi. Pure wasterin käyttämä polyesteri on valmistettu kierrätetyistä muovipulloista. Tällä hetkellä sekoitteessa on 60 % puuvillaa ja 40 % polyesteria.

Valmis kuituseos kehrätään langaksi open-end-menetelmällä. Kehruu tapahtuu toisella puolella Intiaa, jolloin tähän vaiheeseen on laskettu kuljetuspäästöt. Lanka kudotaan ja neulotaan kankaaksi pyöröneuleena. Tämän jälkeen se viimeistellään Biowash-pesentsyymillä. Kyseistä pesentsyymiä ei löytynyt suoraan Ecoinvent-kirjastosta, mutta laskelmassa on käytetty vastaavaa tuotetta. Viimeistely pehmentää kangasta ja lisää sen

käyttömukavuutta. Viimeistely kangas leikataan ja ommellaan paidaksi, jonka jälkeen se viimeistellään silittämällä, kaasugeneraattorilla propaanista tuotetulla höyryllä (Pesola 2017). Kankaan leikkuussa syntyy jonkin verran leikkuujätettä, mutta koska nämä hyödynnetään teollisuudessa, ei niiden päästöjä lasketa tuotoksiin.

Pure Waste käyttää tehtaassaan 90 % uusiutuvaa energiaa, jolloin sähkön tuotannon päästöarvosta huomioidaan vain 10 %, lukuun ottamatta kuidun kehräystä langaksi, joka tapahtuu eri tehtaassa kuin muut prosessit. Koska kyseisessä tehtaassa käytetään uusiutumaton energiaa, lasketaan kehruuprosessin vaatiman sähkön hiilijalanjälki täydellä päästökertoimella. Matka (2696 km) näiden kahden tehtaan välillä on ainoa, jonka päästöt laskettu t-paidan hiilijalanjälkeen. (Pure Waste 2019.) Kuljetuksen on arvioitu tapahtuvan puoliperävaunulla, jonka kokonaismassa on 40 tonnia (VTT 2017). Kuljetuksen päästöissä on huomioitu lisäksi dieselin tuotannon päästöt. Tehtaassa on lisäksi käytössä oma vedenpuhdistusjärjestelmä. Yrityshaastattelussa saatujen tietojen mukaan kankaan viimeistelyprosessista käytettävästä vedestä on maksimissaan 30 % tuotetta vettä, jonka takia vedenkulutus on huomioitu vain 0,3-kertaisena (Pesola 2017).

Neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan (paino 250 g) hiilijalanjäljestä 8 % muodostuu puuvillan viljelystä. Puuvillan tuotanto kuluttaa koko paidan valmistukseen käytetystä vesimäärästä 92 % eli yhteensä 12m³. Koko paidan hiilijalanjälki, mukaan lukien myös kuljetukset kauppaan, myynti ja käyttövaihe, on yhteensä 2,6 kg hiilidioksidiekvivalenttia. Lähteessä on esitetty hiilijalanjäljen jakautuminen prosentteittain, jolloin voidaan laskea, että paidan tuotantovaiheet tuottaisivat yhteensä 77 % paidan hiilijalanjäljestä eli 1,54 (CO₂ ekv/kg). (Niinimäki ym. 2020, 193).

5 ELINKAARIARVIOINNIN TULOKSET

5.1 Elinkaariarviinnista saadut tiedot

Tässä kappaleessa on esitettyä elinkaariarviinnin eri vaiheista saadut tulokset taulukoiden ja kaavioiden avulla.

Taulukko 1. Elinkaari-inventaariosta saadut tiedot.

Input	Määrä	Yksikkö	Lisätietoja
Sähkö	0,902282	kWh	90 % uusiutuvalla energialla, loput Intian sähköverkon kertoimella (paitsi kehruu kokonaan uusiutumattomalla)
Pesuaine	0,082726	kg	Oletuksena käytettiin "non-ionic-surfactant"
Lämpöenergia	3,11	MJ	Tuotetaan kaasugeneraattorilla propanista
R-Pet	0,08	kg	Polyesterin päästöt kahdesta eri prosessista
Vesi (tuore)	0,9846	l	Oletuksena, että 30 % tuoretta vettä ja loput omasta kierrosta.

Taulukossa 1 on esitetty syötteiden (input) määrät toiminnallista yksikköä eli yhtä L-koosta, 60 % mekaanisesti kierrätetystä puuvillasta ja 40 % kierrätetystä polyesterista valmistettua t-paitaa kohden. Sähköä kuluu prosessissa yhteensä noin 0,90 kWh, pesuainetta noin 0,08 kg, lämpöenergiaa 3,22 MJ, polyesteria 0,08 kg ja vettä pyörästettynä yksi litra. Tiedot on kerätty elinkaari-inventaariossa, jonka takia määrät esitellään jo tässä vaiheessa, eikä vasta tuloksien esittelyssä.

Taulukko 2. T-paitojen ympäristöpäästöt (Niinimäki ym. 2020, 193).

	Kierrätysmateriaalista valmistettu t-paita (paino 200 g)	Neitseellisestä puuvillasta valmistettu t-paita (paino 250 g)
Hiilijalanjälki CO2 ekv/kg	1,165	1,54
Vedenkulutus (tuore) l	0,98	12 000

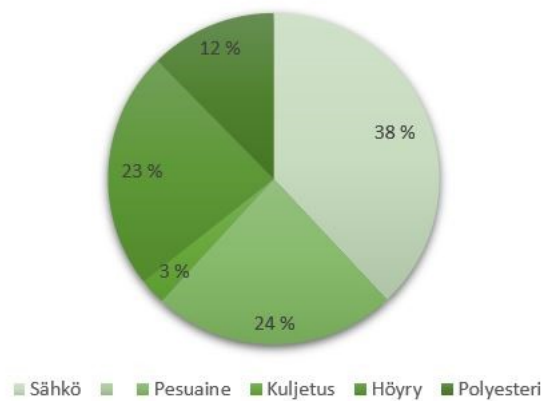
Taulukossa 2 on vertailtu neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan (250 g) ja kierrätetystä materiaalista valmistetun t-paidan (200 g) tuotannon hiilijalanjäljen ja vedenkulutuksen eroja. Kierrätysmateriaalista valmistetun t-paidan hiilijalanjälki on 1,165 CO₂ ekv/kg ja vedenkulutus 0,98 litraa. Neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan tuotannon hiilijalanjälki on 1,54 CO₂ ekv/kg ja vedenkulutus 12 000 litraa.

Taulukko 3. Kuljetuksen hiilijalanjäljen muodostuminen (European comission 2015).

	CO ₂ ekv/kg	Prosenttiosuus
Dieselin tuotannon hiilijalanjälki	0,00674	23 %
Dieselin polton hiilijalanjälki	0,02295	77 %
Hiilijalanjälki yhteensä	0,02967	100 %

Taulukossa 3 on esitetty kuljetuksen hiilijalanjäljen muodostuminen. 23 % (0,00674 CO₂ ekv/kg) hiilijalanjäljestä muodostuu dieselin tuotannosta. Loput 77 % (0,02295 CO₂ ekv/kg) muodostuu dieselin polton hiilijalanjäljestä. Yhteensä kuljetuksen hiilijalanjälki on 0,02967 CO₂ ekv/kg.

T-paidan hiilijalanjäljen jakautuminen



Kuvio 6. T-paidan hiilijalanjäljen jakautuminen.

Kuviossa 6 esitetään kaikkien syötöksien suhteet valmiin t-paidan hiilijalanjäljen muodostumiseen. Sähkön tuotanto muodostaa 38 % t-paidan hiilijalanjäljestä, pesuaineen

tuotanto 24 %, lämpöenergian (höyry) tuotanto 23 %, kierrätyspolyesterin tuottaminen pulloista kuiduksi 12 % ja kuljetus loput 3 %.

Sähkön hiilijalanjälki yksilöprosessittain



Kuvio 7. Sähkön hiilijalanjälki yksilöprosessittain.

Kaaviossa 7 näkyy, kuinka sähkön hiilijalanjälki jakautuu yksilöprosessittain. Kehruu, kudonta ja neulonta sekä leikkuu ja ompelu vaikuttavat eniten hiilijalanjälkeen, joista kehruprosessi selkeästi eniten. Sähkö valittiin esimerkiksi, sillä sitä kuluu useammassa kuin yhdessä prosessissa.

5.2 Tulosten tarkastelu

Selkein ero t-paitojen ympäristövaikutuksissa näkyy vedenkulutuksessa. Neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan tuotannon vedenkulutus on moninkertainen verrattuna kierrätysmateriaalista valmistettuun t-paitaan. Tämä johtuu etenkin puuvillan viljelyn vaatimista suurista vesimääristä. Koska t-paita valmistetaan kierrätetystä materiaalista, alkaa ympäristövaikutusten laskenta vasta, kun tekstiilijäte saapuu tehtaalte ja sitä aletaan käsittelemään. Tällöin vältetään paljon luonnonvaroja kuluttavat vaiheet kuten puuvillan viljely, jonka ansiosta esimerkiksi vedenkulutus jää melko pienelle tasolle verrattuna tavallisesta puuvillasta valmistettuun t-paitaan. Myös värjäysprosessin puuttuminen auttaa vähentämään kierrätyspaidan tuotantovaiheen vedenkulutusta huomattavasti.

Kierrätetystä materiaalista valmistetun t-paidan ja neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan hiilijalanjäljellä ei ollut kovin suurta eroa. Itse valmistusprosessi molemmilla

paidoilla on melko samanlainen, jonka takia ero ei synny suureksi. Todennäköisesti kierrätetystä materiaalista valmistetun t-paidan hiilijalanjälki on hieman pienempi vain sen takia, että tehtaassa käytetään uusiutuvaa energiaa, jolloin päästöjä ei synny. Tehtaassa, jossa kehruu langaksi tapahtuu, ei puolestaan käytetä uusiutuvaa energiaa, jonka takia kehruun osuus sähköntuotannon hiilijalanjäljestä on yksittäiseksi prosessiksi hyvin suuri.

Ennakkotietojen ja arvioinnissa saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että vaikka kierrätetystä materiaalista valmistetun t-paidan ympäristövaikutukset ovat huomattavasti pienemmät kuin vastaavan neitseellisestä materiaalista valmistetun, eivät ne kuitenkaan ole olemattomia.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa elinkaariarviointi kierrätetystä tekstiilistä valmistetulle t-paidalle ja verrata tuloksia neitseellisestä puuvillasta valmistettuun t-paitaan. Arviointi suoritetaan Ecoinvent tietokannan, Excelin, yrityshaastattelun sekä kirjallisuuskatsauksen avulla. Lisäksi opinnäytetyössä selvitetään kirjallisuuskatsausten avulla, mistä vaatteiden suuret hiilijalanjäljet muodostuvat sekä millaisia vaikutuksia vaateollisuudella on ympäristöön ja ihmiseen.

Selkein ero t-paitojen ympäristövaikutuksissa näkyy vedenkulutuksessa. Neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan tuotannon vedenkulutus on moninkertainen verrattuna kierrätysmateriaalista valmistettuun t-paitaan. Kierrätetystä materiaalista valmistetun t-paidan ja neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan hiilijalanjäljellä ei ollut kovin suurta eroa. Itse valmistusprosessi molemmilla paidoilla on melko samanlainen, jonka takia ero ei synny suureksi.

Puuvillan suuret ympäristövaikutukset johtuvat suurilta osin kasvin viljelyn vaatimasta suuresta vesi- ja kemikaalimäärästä. Lisäksi kasvatukseen liittyy eettisiä ongelmia kuten lapsi- ja pakkotyövoiman käyttöä. (Eettisen kaupan puolesta ry 2016). Pikamuodin ongelmia ovat etenkin työntekijöiden huonot työskentelyolot, huonolaatuiset vaatteet ja suuret kuljetusmatkat, jotka aiheuttavat kymmenesosan maapallon hiilidioksidipäästöistä. (Niinimäki ym. 2020, 189.)

Paras tapa pienentää omaa hiilijalanjälkeä vaatevalintoja miettiessä on suosia jo olemassa olevaa. Jo omistettujen vaatteiden elinkaarta voidaan pidentää pitämällä niistä hyvää huolta, pesemällä vain tarpeen mukaan ja huoltamalla vaatteita. Lisäksi tänä päivänä on olemassa paljon vaihtoehtoja uuden ostamiselle kuten esimerkiksi kirpputorit. Erilaisista vaatelainaamoista ja -vuokraamoista saa helposti vaihtelua, jos oman vaatekaapin sisältö alkaa kyllästyttämään. Jos jotakin halutaan ostaa uutena, ostetaan vain tarpeeseen ja suositaan laadukkaita, kestäviä materiaaleja. Tähän kierrätetyistä materiaaleista valmistetut tuotteet ovat hyviä valintoja.

Tutkimuksessa ongelmaksi nousi se, ettei elinkaariarviointia tehty suoraan arvioitavan tuotteen valmistajalle. Elinkaariarvioinnit kannattaa tehdä tiiviissä yhteistyössä arvioitavan tuotteen valmistajan kanssa, jolloin mahdollistetaan mahdollisimman tarkkojen ja totuudenmukaisten kulutusarvojen saanti.

Yksilöprosessien tuotoksien tarkkoja kulutusmääriä ei saatu valmistajalta, jonka takia niille jouduttiin etsimään keskiarvoja Ecoinventistä. Tuotantoprosessiin kuuluvien tuotoksien määrät ovat kuitenkin suhteessa niin pieniä, etteivät erot olisi varmasti olleet kovin suuria tarkoilla tiedoilla tehtyyn arviointiin verrattuna. Ecoinvent-tietokannasta ei saa julkaista suoria arvoja eikä datasettejä lisenssien takia. Tämän takia tuloksissa on esiteltyä vain joitakin arvioinnista saatuja tuloksia eikä esimerkiksi lähtöarvoja tai tarkkoja päästökertoimia.

Vertailussa käytetyn neitseellisestä puuvillasta valmistetun t-paidan paino ei vastaa kierätetystä puuvillasta valmistetun t-paidan painoa. Tämä vääristää tuloksia jonkin verran. Periaatteessa päästöt voitaisiin muuttaa jakolaskun avulla vastaamaan toisiaan, mutta ei voida taata, että saadut arvot olisivat luotettavia. Varmin tulos saadaan, kun kahta tuotetta vertailtaessa niistä saadut tiedot olisivat tasapainossa ja kaikki tuotannon prosessit olisivat selvillä.

Jos tuotteen valmistusprosessi olisi yhtään vaativampi, olisi elinkaariarviointi helpompi suorittaa siihen kehitetyllä ohjelmistolla. Ohjelmiston käyttö elinkaariarvioinnissa on hyvä seuraava askel elinkaariarvioinnin suorittamisessa. Tulevaisuudessa laskentaa voisi laajentaa arvioimalla eri ympäristöpäästöjä kuten, esimerkiksi päästöjä maaperään tai vesistöön.

LÄHTEET

Ander, G. 2011. Puuvillan likainen tarina. Suomentaja Petri Stenman. Helsinki: Like Kustannus Oy.

Bick, R., Halsey, E. & Ekenga, C.C. 2018. The global environmental injustice of fast fashion. *Environ Health* 17, 92. Viitattu 2.6.2021 <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0433-7>

Cotton Works. 2021. Recycled cotton. Viitattu 4.6.2021 <https://www.cottonworks.com/topics/sustainability/cotton-sustainability/recycled-cotton/>

Eettisen kaupan puolesta ry. Gerritsen, N., Harjunpää, J., Härri, A., Luoma, N., Rämö, J., Vasko, V. % Ylä-Anttila, A. 2016. Puuvillan polut globaalissa kaupassa. Viitattu 2.6.2021. https://eetti.fi/wp-content/uploads/2018/03/Puuvillan_polut_WEB.pdf

EarthHero 27.7.2017. What is the deal with rPET? Viitattu 1.6.2021 <https://earthhero.com/whats-the-deal-with-rpet/>

European comission, 2015. Study on actual ghg data for diesel, petrol, kerosene and natural gas. Viitattu 2.6.2021 <https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/Study%20on%20Actual%20GHG%20Data%20Oil%20Gas%20Executive%20Summary.pdf>

Ecoinvent, 2021. Viitattu 3.5.2021 <https://www.ecoinvent.org/home.html>

Fab 2021. Vanha t-paita takaisin langaksi ja vaatteeksi – Suomessa ratkotaan poistotekstiilin kierrätystä uudella bisneksellä. Viitattu 3.5.2021 <https://www.fablehti.fi/poistotekstiili/>

Fairtrade 2019. Top 10 Facts about Fairtrade cotton. Viitattu 3.5.2021 <https://www.fairtrade.org.uk/media-centre/blog/top-10-facts-about-fairtrade-cotton/>

Forbes 2021. Uniqlo intends to become the worlds top fashion retailer by distancing from H&M and Zara. Viitattu 2.6.2021 <https://www.forbes.com/sites/pamdanziger/2021/02/17/uniqlo-intends-to-become-the-worlds-top-fashion-retailer-by-distancing-from-hm-and-zara/?sh=7eb728856d9a>

Good on you 2020. What is fast fashion? Viitattu 19.5.2021 <https://goodonyou.eco/what-is-fast-fashion/>

Horbert, J. Shutterstock. 2021. Viitattu 2.6.2021. <https://www.shutterstock.com/fi/image-photo/cotton-plant-closeup-36655417>

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 2.6.2021. Saatavana: https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/24225719/VTT_R_00091_19.pdf

Moilala, O. 2013. Tappajafarkut ja muita vastuuttomia vaatteita. Helsinki: Into Kustannus Oy.

Niinimäki, K., Peters, G., Dalbo, H., Perry, P., Rissanen, T. & Gwilt, A. 2020. The Environmental price of fast fashion. *Nature*. Viitattu 3.5.2021 https://www.nature.com/articles/s43017-020-0039-9.epdf?sharing_token=UBThRdW8wLpkks7d28LGYtRgN0jA-iWel9jnR3ZoTv0NrTOAvTiqFxn1nfvvRGy-HkE4yF_jq14qyqvZZR_f1nYcp0dHRa9mDfKB4m8mVn197Sd5hcOjilJ0eAk6yitgphX3nBz9HOB1gRzPDHxnzRpUcWYg-CTaD-9u22qnukr93ICn638PDNSU0QuTOSRyyVORieRn_Y6oRaQXNP4hFt_Hbsx0139RODHpEYIT-BeD08QMNInCyQ4IP3mlj510a5xYBK0gzNaOdoCfDsf3dQ-QHVixVCLTUzZrGcyKpv-

[jXxl2CUvc-77btdN-5UVa3Xes4feav5FSjUeAXzXxikofA%3D%3D&tracking_referer=www.theguardian.com](https://drive.google.com/file/d/1Fw3xDDraxm2Y9ilTi6aexVihzFdZo1uP/view)

Pure Waste 2019. Sustainability Report. Viitattu 2.6.2021. <https://drive.google.com/file/d/1Fw3xDDraxm2Y9ilTi6aexVihzFdZo1uP/view>

Reilu kauppa 2019. Puuvillan tuotanto kurittaa ympäristöä – halvan paidan todellinen hinta ei näy kuluttajalle. Viitattu 3.3.2021 <https://reilukauppa.fi/puuvillan-tuotanto-kurittaa-ymparistoa-halvan-paidan-todellinen-hinta-ei-nay-kuluttajalle/>

Shutterstock

Sitra 26.6.2018. Mitä nämä käsitteet tarkoittavat? Viitattu 3.5.2021 <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>

Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14040:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. 2. Painos

Suomen tekstiili ja muoti (STJM) 5.3.2020a. Rester perustaa yritysten poistotekstiileille käsittelylaitoksen Suomeen. Viitattu 27.5.2021 <https://www.stjm.fi/uutiset/rester-poistotekstiilien-kasittelylaitos/>

Suomen tekstiili ja muoti (STJM) 20.4.2020b. Vaatevallankumous-viikkoa vietetään 20.4.2020-26.4.2020. Viitattu 19.5.2021 <https://www.stjm.fi/uutiset/vaatevallankumous-2020/>

Suomen tekstiili ja muoti (STJM) 2.6.2020c. Suomen Tekstiili & Muoti ry:n lausunto jätelain muuttamisesta. Viitattu 3.5.2021 <https://www.stjm.fi/tiedotteet-kannanotot-ja-lausunnot/suomen-tekstiili-muoti-ryn-lausunto-jatelain-muuttamisesta/>

Suomen Ympäristökeskus 2013. Viitattu 15.5.2021 [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotostuotantoketju#:~:text=Elinkaariarviointi%20eli%20LCA%20\(Life%20Cycle,aikaisten%20ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutusten%20analysointiin%20ja%20arviointiin.](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotostuotantoketju#:~:text=Elinkaariarviointi%20eli%20LCA%20(Life%20Cycle,aikaisten%20ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutusten%20analysointiin%20ja%20arviointiin.)

Tieteen termipankki 1.6.2021a. Nimitys: lämmityspotentiaali. Viitattu 3.5.2021 <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:l%C3%A4mmityspotentiaali>

Tieteen termipankki 1.6.2021b. Ympäristötieteet: Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli. Viitattu 3.5.2021 https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:Hallitustenv%C3%A4linen_ilmastonmuutospaneeli

Tilastokeskus 2021. Tieliikenteen tonnikilometri. Viitattu 2.6.2021 https://www.stat.fi/meta/kas/tieliikenteen_tkm.html

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT). LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. Päivitetty 6.7.2017. Viitattu 2.6.2021 <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kapptie.htm>

WWF 2009. Viitattu 3.5.2021 https://wwf.fi/app/uploads/t/n/b/edybxjbarhhpubilm3ukfag/sademetsa_kotonasi_netti.pdf

YLE 2019. Tilasto yllättää: Ostamme vaatteita enemmän kuin vuosiin, mutta halvemmalla – ”Osta harvoin ja laatua -kampanjointi on jäänyt pienten piirien ryhtiliikkeeksi”. Viitattu 3.5.2021 <https://yle.fi/uutiset/3-10649947>

YLE 2017a. Suomalainen heittää vuodessa 13 kiloa tekstiilejä roskeen – näin hankit hyvän mielen vaatekaapin. Viitattu 3.5.2021 <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2017/12/12/suomalainen-heittaa-vuodessa-13-kiloa-tekstiileja-roskeen-nain-hankit-hyvan>

YLE 2017b. Rana Plazan hikipajan omistajalle kolmen vuoden tuomio. Viitattu 19.5.2021
<https://yle.fi/uutiset/3-9803090>