



Jessica Brandelin

3D-ohjelman käytön vaikutukset ekotehokkuuteen vaatteiden tuotekehitysprosessissa

Toimeksiantaja: Pure Waste Textiles Oy

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Vestonomi AMK

Vaatetusalan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

11.04.2023

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Jessica Brandelin
Otsikko:	3D-ohjelman käytön vaikutukset ekotehokkuuteen vaateen tuotekehitysprosessissa
Sivumäärä:	57 sivua
Aika:	11.04.2023
Tutkinto:	Vestonomi AMK
Tutkinto-ohjelma:	Vaatetusalan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	-
Ohjaaja(t):	Suunnittelujohtaja Krista Korkiakoski Lehtori Marjaana Tanntu

Ilmastonmuutoksen hallinta vaatii kestäväen kehityksen ratkaisuja myös tekstiili- ja vaatetusosalalla. Näitä ratkaisuja on pyritty löytämään muun muassa digitalisaatiosta, josta yksi vaihtoehto on 3D-suunnitteluohjelmien käyttöönotto. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan ja käsitellään 3D-suunnitteluohjelmien käyttöönoton mahdollisia vaikutuksia vaateen tuotekehitysprosessiin ekotehokkuuden näkökulmasta.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pure Waste Textiles Oy. Tutkimus on toteutettu laadullisena tutkimuksena, tarkemmin kehittämistutkimuksena, jota toteutetaan kirjallisuuskatsausta hyödyntäen. Laajan kirjallisuuskatsauksen avulla on tuotettu teoriaosuus tuotekehitysprosessin, 3D-suunnitteluohjelmien ja ekotehokkuuden aiheista. Kehittämistutkimuksen tavoitteena on luoda prosessiehdotus Pure Waste Textiles Oy:n tuotekehitysprosessiin, jossa 3D-suunnitteluohjelmat otettu käyttöön.

Teoriaosuuden analysoinnin tuloksena voidaan todeta, että 3D-suunnitteluohjelmien käyttöönotolla on vaikutuksia tekstiili- ja vaatetusalan yritysten pyrkiessä ekotehokkuuteen. On kuitenkin ymmärrettävä vaateteollisuuden prosessien laajuus ja kompleksisuus. 3D-suunnitteluohjelmien hyödyntämisen parhaat vaikutukset saadaan aikaiseksi vain ottamalla kokonaisvaltaisesti huomioon myös alan muut ongelmat, kuten ylituotanto ja tuotantoketjujen haasteet. 3D-suunnitteluohjelmat voivat olla tukena näidenkin ongelmien ratkaisussa, jos niiden käyttö saadaan laajaan käyttöön.

Kehittämistutkimuksena on luotu kaksiosainen prosessiehdotus, jossa vaihtoehtoina on annettu matalan kynnyksen osittainen 3D-suunnitteluohjelman käyttöönotto sekä kokonaisvaltainen ohjelman integrointi toimeksiantajan tuotekehitysprosessiin.

Avainsanat: 3D-ohjelmat, Tuotekehitysprosessi, Ekotehokkuus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author(s): Jessica Brandelin
Title: The Impact of the Use of 3D Software on Eco-Efficiency
Number of Pages: 57 pages
Date: 11 April 2023

Degree: Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme: Fashion and Clothing
Specialisation option: -
Instructor(s): Head of Design Krista Korhikoski
Lecturer Marjaana Tantt

Tackling climate change requires sustainable development solutions also in the textile and clothing industry. These solutions have been explored, for example, through digitalization, one of the options being the use of 3D fashion design software. This thesis studies and discusses the potential impact of the use of 3D fashion design software on the garment development process from an eco-efficiency perspective.

The commissioner of the thesis is Pure Waste Textiles Ltd. The research is carried out as a qualitative study, more precisely as a development study, which is based on a literature review. An extensive literature review has been used to produce a theoretical section on the topics of the product development process, 3D fashion design programs and eco-efficiency. The aim of the development study is to create a process recommendation for the product development process at Pure Waste Textiles Ltd, where 3D fashion design software has been integrated.

As a result of the analysis of the theoretical part, it can be concluded that the use of 3D fashion design software has an impact on the textile and clothing companies' efforts to achieve eco-efficiency. However, the scale and complexity of the processes in the clothing industry must be understood. The best impact of the use of 3D fashion design software can only be achieved if other problems in the sector, such as overproduction and challenges in the production chain, are also taken into account in a global way. 3D fashion design software can help to solve these problems if it is widely used.

As a development study, a two-part process recommendation has been created, with the options of a low-threshold partial introduction of 3D fashion design software and full integration of the software into the client's product development process.

Keywords: 3D software, Product development process, Eco-efficiency

The originality of this thesis has been checked using Turnitin Originality Check service.

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön lähtökohdat	2
2.1	Toimeksiantaja	2
2.2	Tutkimuskysymys.....	4
2.3	Tutkimuksen viitekehys.....	5
2.4	Tutkimusmenetelmät.....	6
2.5	Hakusanat ja fraasit	6
3	Vaateen tuotekehitysprosessin vaiheet	7
3.1	Esiselvitys ja ideointi	8
3.2	Esituotanto	9
3.3	Valmistus ja laadunhallinta	11
4	3D-ohjelmat	12
4.1	Käsitteistö.....	12
4.2	Yleisimmät 3D-ohjelmat.....	14
4.2.1	CLO Virtual Fashion	14
4.2.2	Browzwear	17
4.2.3	Optitex.....	18
4.2.4	Tuka3D.....	19
4.3	3D-ohjelmien periaatteet.....	20
5	Ekotehokkuus	21
5.1	Materiaali- ja energiatehokkuus	22
5.2	Ekotehokkuus osana kestävästä kehitystä	23
5.2.1	Kestävä kehitys.....	23
5.2.2	Kiertotalous ja elinkaariarviointi.....	25
5.3	Euroopan tavoitteet ekotehokkuuteen.....	28
5.4	3D-ohjelmat ja ekotehokkuus	30
5.4.1	Case: Halti	31
6	Tuotekehitysprosessin kehittäminen.....	31
6.1	Toimeksiantajan tuotekehitysprosessi	32

6.2	3D-ohjelmien soveltaminen tuotekehitysprosessissa	36
6.2.1	Osittaisen käyttöönoton malli	38
6.2.2	Kokonaisvaltainen integrointi	41
6.3	Vaikutukset ekotehokkuuteen.....	45
7	Johtopäätökset	47
	Lähteet	50

1 Johdanto

Tekstiili- ja muotiala on suuren murroksen keskellä hiilineutraaliutta tavoittelevan uuden ilmastolain astuttua Suomessa voimaan 1.7.2022 (Ilmastolaki 2022). Kestävän kehityksen ratkaisuja on etsitty muun muassa digitalisaatiosta, joka erityisesti COVID-19 pandemian aikana tuli osaksi monien yritysten toimintaa sektorista riippumatta. Koska digitalisaatio ja vastuullisuus ovat linkittyneet toisiinsa, niiden odotetaan trendinä kasvavan. (Lichtenthaler 2021, 65.) Potentiaalisena ratkaisuna vastuullisempaan tuotekehitysprosessiin on muun muassa vaatetusalalla esitetty 3D-suunnitteluohjelmien käyttöönottoa, minkä avulla mallikappaleiden ja tekstiilijätteen määrää voisi mahdollisesti vähentää sekä koko tuotantoprosessin pituutta lyhentää (Papahristou & Bilalis 2017, 213).

Tämä opinnäytetyö käsittelee yhteyksiä tuotekehitysprosessissa käytettävien digitaalisten työvälineiden ja ekotehokkuuden välillä. Aihe on rajattu 3D-suunnitteluohjelmien käyttöönoton mahdollisuuksien tarkasteluun tuotekehitysprosessissa kestävään kehitykseen pyrkivälle yritykselle. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pure Waste Textiles Oy. Pure Waste tunnistaa ja tunnustaa tekstiili- ja vaatetusalan ongelmat avoimesti, ja sitä kautta he pyrkivät omilla toimillaan löytämään jatkuvasti parempia ja ympäristölle kestävämpiä tapoja toimia (Bengs 2021, 5). Koska tänä päivänä kestävä kehitys ja vastuullisuus ovat välttämätön perusta tuotteiden suunnittelussa ja etenkin tuotekehitysprosessissa (Xue & Huang 2022, 8), on perusteltua tutkia uusia tapoja näiden toteutumiseen. Yksi suurimpia tekstiili- ja muotialalla toimivien kansainvälisten brändien ja muotitalojen haasteita on tuotantoketjun hallinnan ja tuotekehitysprosessin muuttaminen vastuulliseksi ja ympäristölle kestäväksi. Koska nämä prosessit ovat hyvinkin linkittyneitä toisiinsa, tulee kiinnittää erityistä huomiota juuri niiden hallintaan ja tarkasteluun tavoitellessa vastuullisuutta (Fung, Chan, Choi & Liu 2021, 13).

Opinnäytetyö suoritetaan laadullisena tutkimuksena ja tarkemmin sanottuna kehittämistutkimuksena. Kehittämisen tukena toimiva tutkimusosio tehdään kirjalli-

suuskatsauksena. Jotta kehittämistutkimuksen tavoitteena valmistettava prosessiehdotus on mahdollinen, opinnäytetyössä tulee teoriaosuuden olla mahdollisimman laaja-alainen. Siksi teoriaa on koottu kolmesta eri aihepiiristä: Ensiksi vaateen tuotekehitysprosessista ja prosessin eri vaiheista ja toiseksi 3D-ohjelmien käytöstä tekstiili- ja vaatetusalailla ja siitä, millä tavoin niitä voidaan ottaa osaksi tuotekehitysprosessia. Kolmas aihepiiri käsittelee ekotehokkuutta, sekä miten ekotehokkuus näkyy osana kestävästä kehityksestä. Lisäksi tarkastellaan, millainen on Euroopan Unionin rooli ekotehokkuuteen pyrkiessä, ja mikä on ekotehokkuuden ja 3D-suunnitteluohjelmien suhde toisiinsa.

Kirjallisuuskatsauksena luodun teoriapohjan avulla ja toimeksiantajan tuotekehitysprosessia peilaten on tavoitteena selvittää, millaisia mahdollisia vaikutuksia 3D-suunnitteluohjelmien käytöllä on tuotekehitysprosessiin ekotehokkuuden näkökulmasta. Opinnäytetyön kehittämistutkimuksen tarkoituksena on luoda lopuksi prosessiehdotus toimeksiantajayritykselle ekotehokkaampaan tuotekehitysprosessiin 3D-suunnitteluohjelmia hyödyntämällä.

2 Opinnäytetyön lähtökohdat

Tässä osassa käydään läpi opinnäytetyön toimeksiantajan esittely ja opinnäytetyön aiheen valikoituminen. Lisäksi avataan toimeksiantajalle aikaisemmin valmistettua projektia, jonka pohjalta opinnäytetyötä osittain myös tehdään. Tämän jälkeen esitellään tutkimusongelma ja -kysymykset, tutkimuksen viitekehys, opinnäytetyön tutkimusmenetelmät sekä käytetyt hakusanat ja fraasit.

2.1 Toimeksiantaja

Pure Waste Textiles Oy on vuonna 2013 perustettu helsinkiläinen yritys, jonka lähtökohdaksi on valmistaa tekstiilijätteestä kierrätettyä materiaalia ja siitä edelleen ajattomia ja kestäviä vaatteita (Pure Waste 2023a). Tuotteita valmistetaan Pure Wasten omaan myyntikanaviin, sekä myös erikseen yritysasiakkaille. Tuotteiden suunnittelu tapahtuu Helsingissä, jossa ne ohjeistetaan tuotantoon Inti-

aan. Intiassa toimiva Vardhan Industries on Pure Wasten pitkäaikainen yhteistyökumppani, jonka omistaja toimii myös Pure Waste Textiles Oy:n yhtenä osakkaana. (Korkiakoski 2023.) Yrityksen suhde vastuullisiin valintoihin sekä kestävään kehitykseen on vahva. Pure Waste Textiles Oy:n yksi suurimmista strategisista tavoitteista on tuoda tekstiili- ja vaateteollisuuden ongelmat ihmisten tietoisuuteen ja sitä kautta ohjata käyttäjiä tekemään vastuullisempia valintoja. (Bengs 2021, 4.)



Kuva 1. CLO-ohjelmalla luotu 3D-tuotekirjasto Pure Waste Textiles Oy:lle. Vasemmalla ja renderöity esityskuva SWO-tuotteesta oikealla.

Opinnäytetyön aihe valikoitui osana opintoihin sisältyvää yritys yhteistyöprojektiä, jossa loin itsenäisesti Pure Waste Textiles Oy:lle 3D-tuotekirjaston CLO-ohjelmaa käyttäen. Projektissa valmistettiin kahdeksasta yrityksen tuotteesta digitaaliset 2D-kaavat, jotka aseteltiin 3D-mannekiinin päälle. Tuotteet simuloitiin 3D-tuotteiksi, joista renderöitiin myös kuvia erilliseen käyttöön. 3D-tuotekirjasto

on tallennettu Pure Wasten tietokantoihin niin, että se on valmis käyttöönotettavaksi. Toimeksiantaja tarjosi minulle projektin toteuttamiseen tarvittavat materiaalit, laitteet, CLO-ohjelman sekä tilat. Projektin tarkoitus oli luoda taustatyö ja mahdollisimman matala kynnyksellä opinnäytetyössä luotavan prosessiehdotuksen käyttöönottoon.

Toimeksiantaja on kiinnostunut mahdollisuudesta ottaa 3D-ohjelma osaksi tuotekehitysprosessia, jonka vuoksi edellä mainitun 3D-projektin sekä tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä esiselvitystä siten, että ohjelmien käyttöönotto olisi yritykselle mahdollisimman helppoa. Kehittämistutkimuksena luodussa prosessiehdotuksessa otetaan huomioon yrityksen mahdollisuudet 3D-ohjelman käyttöönotolle ja aikaisemman projektin aikana luodut mallinnukset. Opinnäytetyön osatavoitteena on tämän osalta esitellä myös mahdollisia ratkaisuja siihen, kuinka 3D-tuotekirjaston sisältöä voi hyödyntää tuotekehitysprosessissa ja millaisia vaikutuksia sen käyttöönotolla on ekotehokkuuden näkökulmasta. Lisäksi luodaan myös prosessiehdotus, jossa tarkastellaan mahdollisuuksia 3D-ohjelman kokonaisvaltaiseen integrointiin toimeksiantajan tuotekehitysprosessiin hyödyntäen kaikkea 3D-suunnitteluohjelmien tarjoamia mahdollisuuksia.

2.2 Tutkimuskysymys

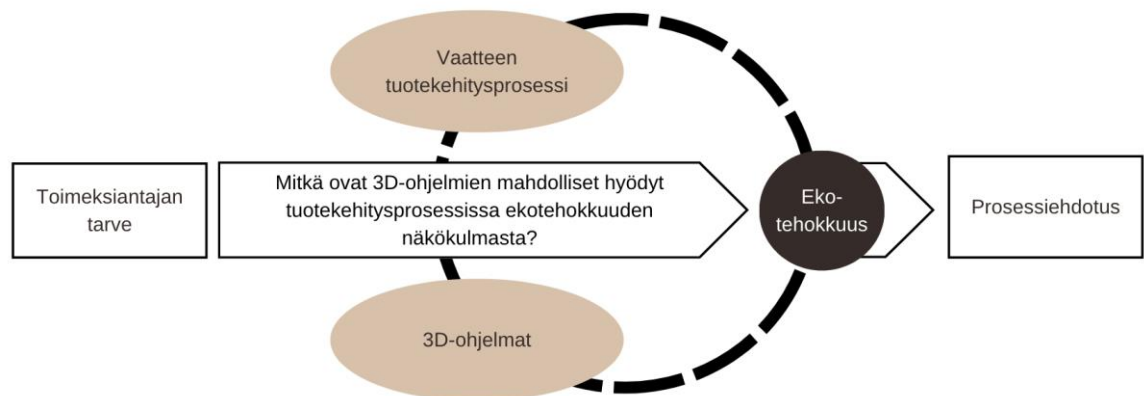
Opinnäytetyön tavoitteena on vastata asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Tässä opinnäytetyössä tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Millaisia toimintoja 3D-ohjelmat vaatetusalaan tarjoavat käyttäjälleen, ja missä tuotekehitysprosessien vaiheissa niitä voidaan hyödyntää?
- Mitkä ovat 3D-ohjelmien käyttöönoton mahdolliset vaikutukset yrityksen tuotekehitysprosessiin ekotehokkuuden näkökulmasta?

Koska toimeksiantajayrityksen arvomaailma keskittyy ympäristöystävällisten ratkaisujen ja innovaatioiden ympärille, on tavoitteena luoda nykyiselle tuotantoprosessille uusi prosessiehdotus, jossa 3D-ohjelmat ovat käytössä.

2.3 Tutkimuksen viitekehys

Tässä osiossa avataan opinnäytetyön tutkimuksen sisältöä ja viitekehys. Tutkimuksen viitekehyksellä tarkoitetaan tutkimusasetelmaa, jolla osoitetaan opinnäytetyön sisällön teoriatausta, tutkimuksen kulku ja tavoitteet.



Kuvia 2. Opinnäytetyön tutkimuksen viitekehys

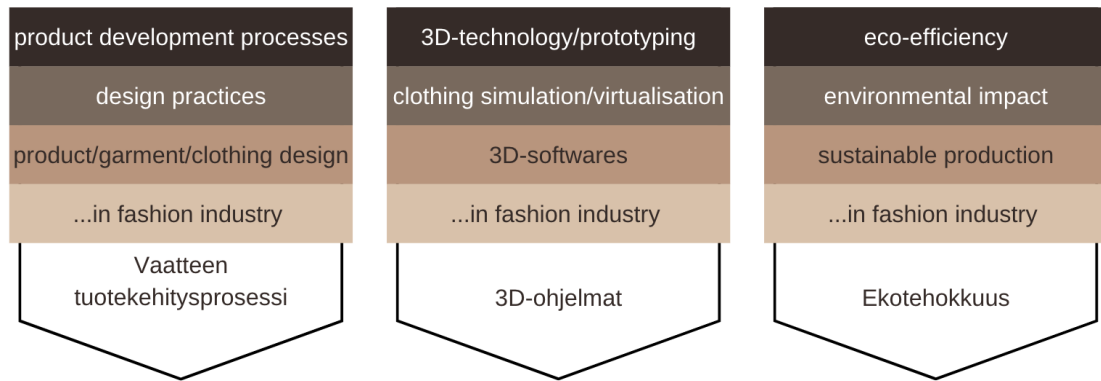
Opinnäytetyön tutkimuksen viitekehys esitetään kuvassa 2, jossa osoitetaan tutkimuksen kokonaisuus ja tutkimusasetelma. Opinnäytetyö suoritetaan kehittämistutkimuksena keskittyen vaateen tuotekehitysprosessiin ja 3D-ohjelmien mahdollisuuksiin ekotehokkuuden näkökulmasta. Opinnäytetyön lähtökohtana on toimeksiantajan tarve tiedolle, millä tavoin 3D-ohjelmia voisi hyödyntää heidän tuotekehitysprosessissaan. Tutkimus koostuu kirjallisuuskatsauksena luoduista teoriaosuuksista, joissa tarkastellaan, mitkä ovat vaateen tuotekehitysprosessin periaatteet ja millaisia vaiheita se sisältää. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, millä tavoin 3D-ohjelmia voisi tuotekehitysprosessin eri vaiheissa hyödyntää. Sen jälkeen opinnäytetyössä vielä arvioidaan, millaisia vaikutuksia 3D-ohjelmien käyttöönotolla on tuotekehitysprosessin ekotehokkuuteen. Lopussa luodaan teorian pohjalta ja toimeksiantajan omaa tuotekehitysprosessia peilaten prosessiehdotus, jossa 3D-suunnitteluohjelmat on otettu käyttöön.

2.4 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä on laadullinen tutkimus, ja se toteutetaan tekemällä kehittämistutkimus. Kehittämistutkimus on toiminnallinen tutkimustapa, jonka avulla luodaan toimeksiantajayrityksen toimintaa kehittävä tuotos (Vilkka 2021). Kehittämistutkimuksen toteuttamiseksi valmistetaan kirjallisuuskatsauksena suoritettu tutkimusosio, joka sisältää teoriaosuudet vaateen tuotekehitysprosessista, 3D-ohjelmista ja ekotehokkuudesta. Opinnäytetyön tavoitteena on löytää vastaukset aiemmin esiteltyihin tutkimuskysymyksiin teoriaosuuksien analysoinnin pohjalta, sekä esitellä kehittämistutkimuksen avulla luotu yrityksen toimintoja kehittävä prosessiehdotus ekotehokkaammasta tuotekehitysprosessista 3D-ohjelmien käytön avulla. Aineistoa on saatu myös toimeksiantajalta yksityisenä tiedonantona, jossa käsitellään Pure Wasten tuotekehitysprosessin vaiheita. Tämän toimeksiantajan tuotekehitysprosessin pohjalta voidaan tutkia, millä tavoin 3D-ohjelma sopii heidän käyttöönsä sekä missä prosessin vaiheissa siitä saadaan parhaimmat hyödyt ekotehokkuuteen.

2.5 Hakusanat ja fraasit

Opinnäytetyön teoriaosuutta lähestytään kolmen eri osa-alueen pohjalta: vaateen tuotekehitysprosessi, 3D-ohjelmat ja ekotehokkuus. Siksi myös kirjallisuutta etsiessä, käytetyt hakusanat ja fraasit ovat jaettu kolmeen eri osa-alueeseen. Hakukoneina on pääsääntöisesti käytetty MetCat FINNA:n, eli Metropolia ammattikorkeakoulun kirjaston verkkopalvelun tietokantoja Kansalliskirjaston kokoelmista sekä kansainvälisistä e-aineistoista, sekä Google Scholarista. Lisäksi on haettu artikkeleita alan sivustoilta, mediasta sekä etenkin 3D-ohjelmien omilta internet-sivuilta ja muista verkkolähteistä.



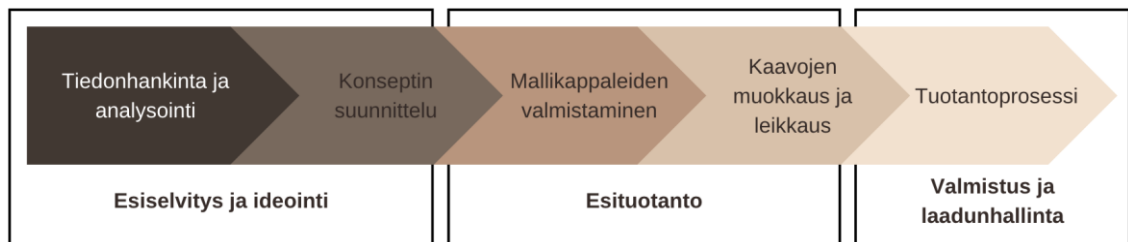
Kuva 3. Opinnäytetyö on jaettu kolmeen eri aiheeseen. Tässä on jokaisella aiheella lajiteltuna omat luettelot käytetyistä hakusanoista ja fraaseista.

Vaateen tuotekehitysprosessiin liittyvää kirjallisuutta etsittiin hakusanoin sekä fraasein “product development processes”, “design practices” sekä “product/garment/clothing design”. 3D-ohjelmien tiedonkeruussa kirjallisuutta haettiin sanoilla “3D-technology/prototyping”, “clothing simulation/virtualisation” ja “3D-sofwares”. Lopuksi kolmannen aiheen, eli ekotehokkuuden, hakusanoina käytettiin “eco-efficiency”, “environmental impact” ja “sustainable production”. Kaikkien aihepiirien hakuja suodatettiin liittyväksi tekstiili- ja muotialaan, usein lisäämällä hakutoimintoon “in fashion industry”. Hakusanoja on käännetty myös suomen kielelle, mutta suurin osa kirjallisuudesta on ollut englanniksi. Kirjallisuutta löytyi myös lisää hakusanoilla etsittyjen teosten lähdeluetteloista.

3 Vaateen tuotekehitysprosessin vaiheet

Tässä osiossa tarkastellaan vaateen tuotekehitysprosessia. Tämän osion tavoitteena on kertoa, mitä tuotekehitysprosessi tarkoittaa, miksi sitä tarvitaan ja millaisia vaiheita se sisältää. Kehittämistutkimuksen perspektiivistä tämän osion tarkoituksena on saada selville, tuotekehitysprosessin periaatteet ja vaiheet, jotta myöhemmin on helpompi tulkita, millä tavoin 3D-ohjelmia voidaan siinä hyödyntää.

Tuotekehitysprosessilla tarkoitetaan tuotteen muotoilun ja suunnittelun läpikäyvä tapahtumasarjaa niin, että tuote vastaisi mahdollisimman hyvin kohderyhmän ja markkinoiden tarpeita (Baukh 2023). Kansainväliset yritykset kilpailevat toistuvasti asiakkaista, jolloin nopea muuntautuminen ja mukautuminen paineistaa yrityksiä jatkuvaan innovointiin ja tuotteiden kehittämiseen. Tämän vuoksi tieto tuotekehitysprosessin sisällöstä ja siitä, kuinka siitä saa mahdollisimman sujuvan, on yrityksille kilpailullinen etu. (Schlick & Demissie 2016, 1.) Tuotekehitys mielletään usein yksinkertaiseksi ja suoraksi prosessiksi ajatuksesta tuotannon kautta valmiiksi tuotteeksi. Vaatteen tuotekehitysprosessissa kuitenkin vaaditaan laajaa yhteistyötä niin yrityksen sisällä, kuin ulkopuolellakin. (Armstrong & LeHew 2011, 38.) Tämän osion tarkoituksena on selventää, mikä vaatteen tuotekehitysprosessi on ja millaisia haasteita se voi sisältää. Aihetta tarkastellaan kirjallisuuden avulla sekä myös toimeksiantajan näkökulmasta.



Kuva 4. Tuotekehityksen viisi eri vaihetta ja opinnäytetyössä käytetty prosessin jako kolmeen osioon.

Vaatteen tuotekehityksen voi jakaa karkeasti viiteen osaan: tiedonhankinta ja analysointi, konseptin suunnittelu, mallikappaleiden valmistaminen, kaavojen muokkaus ja leikkaus sekä tuotantoprosessi (Dissanayake & Sinha 2015, 99). Tässä opinnäytetyössä nämä vaiheet on vielä jaksotettu kolmen eri otsikon alle: esiselvitys ja ideointi, esituotanto sekä valmistus ja laadunhallinta, sillä monet vaiheet kulkevat osittain päällekkäin tai edestakaisesti prosessin aikana.

3.1 Esiselvitys ja ideointi

Tuotteen suunnittelussa ja muotoilussa on otettava huomioon brändin strateginen visio, kohderyhmän tarpeet, suunnittelijoiden työvälineet sekä resurssit.

Esiselvitykseen sisältyy tiedonhakua trendeistä, materiaaleista ja materiaalien saatavuudesta. Tämän lisäksi budjetti sekä ulkoisten markkinoiden tilanne tulee selvittää. (Armstrong ym. 2011, 38.) On tärkeää, että tuotekehityksen aikana hahmotetaan tuotteen tarkoitus ja se, mitä aikaisempia ongelmia sen kehittämisen tulee ratkaisemaan (McKelvey & Munslow 2012, 81). Tuotantoprosessin ajoittamista pohtiessa tulee myös hahmottaa, että materiaalin valmistus voi viedä paljon aikaa. Siksi on tärkeää, että värit sekä materiaalien koostumukset ovat tiedossa tulevalle mallistolle joskus jopa 18 kuukautta aikaisemmin ennen valmiin malliston julkaisupäivää. Etenkin, jos kyseessä on täysin uuden kuidun tai kuituvariantin kehittäminen ja suunnittelu, prosessi voi kestää useita vuosia. (Tyler, Heeley & Bhamra 2006, 321.) Kun edellä mainitut asiat alkavat olla selvillä, on seuraavana vaiheena idean eli tässä tapauksessa vaateen hahmottelu ja visualisointi. Tätä hahmottelua tehdään usein suunnittelutiimissä. Monien luonnosteluiden jälkeen tuote viedään eteenpäin mahdollisesti erillisen teknisen suunnittelijan työpöydälle. Vaatteesta valmistellaan tasokuvat eli tekniset piirustukset ja -ohjeistukset, joiden avulla tehtaille kommunikoidaan valmistustavasta. (Baukh 2023.) Päällekkäiset vastualueet vaativat jatkuvaa yhteistyötä eri tahojen kanssa läpi tuotekehitysprosessin. Suunnittelijoiden, tekstiili- ja vaatevalmistajien sekä ostajien välillä kulkee jatkuvasti sekä visuaalista että kirjoitettua informaatiota. Vaikka brändeillä onkin suunnittelijatiimit usein omasta takaa, tuotantoketjun jakautuminen maailmanlaajuisesti eri osiin tekee tiedon jaosta ja ymmärtämisestä haastavampaa. (Goworek 2010, 656.)

3.2 Esituotanto

Mallikappaleita valmistetaan useita kappaleita tuotekehitysprosessin edetessä, jolloin niihin voi usein tulla muutoksia muotoilun ja tuotannon prosessien välillä (Sari & Asad 2019, 703). Mallikappaleiden tarkoituksena on nähdä tuote kolmiulotteisena, jolloin sen siluetti, mittasuhteet ja mahdolliset yksityiskohdat hahmotetaan paremmin (McKelvey ym. 2012, 82). Tuotekehityksen aikana tarvittavia mallikappaleita ovat muun muassa:

- *“Proto sample”* on ensimmäinen mallikappale, jolla testataan idean toimivuus käytännössä. Mallikappaleen ei tarvitse olla viimeistelty tai valmistettu varsinaisesta materiaalista, sillä tarkoituksena on lähinnä vain nähdä mittasuhteiden sopivuus ja kaavojen toimivuus. (Sarkar 2018.)
- *“Fit sample”* on mallikappale, jolla varmistetaan tuotteen oikea istuvuus. Joskus *“proto sample”* ja *“fit sample”* voivat olla sama mallikappale, jos tuote on yksinkertainen tai kyseessä on aikaisemman tuotteen tuotekehitys. (Sarkar 2018.) Tähän mallikappaleeseen voi tulla suuriakin muutoksia, sillä istuvuuden ja oikeiden mittasuhteiden löytäminen voi vaatia useita prototyyppejä (Kochar 2021). Muutoksista ilmoitetaan tehtaalle muokkaamalla ja kommentoimalla aikaisempia teknisiä ohjeistuksia (Baukh 2023). Seuraavaksi mallikappaleita valmistetaan muutosten mukaisesti varsinaista materiaalia käyttäen useista eri ko’oista, jotta mittojen sarjontataulukko voidaan hyväksyä toimivana (Kochar 2021).
- *“Salesman sample”* on markkikointimateriaalina käytettävä mallikappale. Näiden mallikappaleiden avulla mallistoa tai tuotetta myydään jälleenvyyjille tai muulle yritysasiakkaalle. Mallikappale vastaa varsinaista vaatetta materiaaleineen ja yksityiskohtineen. (Sarkar 2018.)
- *“Pre-production sample”*:n tarkoitus on osoittaa tulevan tuotannon laatu. Tämä mallikappale valmistetaan vielä ennen varsinaisen laajan tuotannon aloittamista sisältäen kaikki edellisiin protoihin kommentoidut toiveet ja muutokset. Kun tämä esituotantonäyte hyväksytään, tehdas aloittaa tuotannon. (Sarkar 2015.)
- *“Shipman sample”* on tehtaan lähettämä satunnainen näytekappale tuotannosta. Tämän avulla voidaan varmistaa jatkuva laadunhallinta. (Sarkar 2018.)

Sillä, kuinka vaatteiden kaavoitus on tuotekehitysprosessissa järjestetty, on suuri merkitys koko tuotantoprosessin kulkuun. Kaavojen valmistus ja muokaus voidaan joko tehdä talon sisällä tai tehtävä voidaan ulkoistaa erilliselle kaavoitukseen erikoistuneelle palvelulle tai niin sanotun täyden palvelun tarjoavalle tuotteen valmistavalle tehtaalle. Yrityksen sisällä työskentelevän oman mallimestarin mahdollisina hyötyinä ovat selkeä kohderyhmän tarpeiden tunnistaminen ja kaavojen nopeampi toimivuuden testaaminen. Usein nämä yritykset luovat tuotteilleen digitaalisten kaavojen lisäksi myös omat sarjontasäännöt ja mittataulukot kohderyhmän mukaiseksi. Ulkoistamisen vaihtoehtoina oleva kaavoituspalvelu on usein paikallinen, mikä auttaa etenkin silloin, jos yritys ei ole kiinnostunut investoimaan omaan mallimestariin ja digitaalisten kaavoitusohjelmien lisensseihin. Kolmantena vaihtoehtona on tuotantotehtaiden tarjoama "Full-Service", joka sisältää tuotteiden kaavoituksen, sarjonnan sekä mitoitusten luonnin. Tällöin vaaditaan usein enemmän mallikappaleita, sillä yrityksen ja tehtaan näkemys voi olla erilainen ohjeistuksista huolimatta. (Keiser & Garner 2008, 298–299.)

3.3 Valmistus ja laadunhallinta

Vaatteen valmistavalla tehtaalla voi olla useampi eri vastuualue tuotekehitysprosessin aikana. Tehtaan vastuulla voi usein olla huolehtia materiaaleista, kuten kankaiden tai neulosten ja lankojen saatavuudesta, tapahtuvasta työstä sekä työntekijöistä tehtaan eri tehtävissä sekä tehtaasta ympäristönä, tarvittavista laitteista ja niiden huollosta sekä toimivuudesta. Kokonaisen malliston erilliset tuotteet saatetaan valmistaa eri tehtailla, sillä tehtaiden konekanta voi muodostua tai työtapa erikoistua vain tietyn vaatteiden valmistamiseen. (Jeffery & Evans 2011, 2, 62–63.) Ennen kuin vaatteiden tuotanto käynnistetään, on oltava selvillä, että kaavoitus on onnistunut niin, että vaatteiden mittasuhteet ja mitoitukset ovat toimivia jokaisessa tuotettavassa koossa. On hyväksyttävä vaatteiden toiminnalliset ja visuaaliset rakenteet ja se, kuinka ne on mallikappaleissa ratkaistu. Lisäksi tuotettava kappalemäärä tulee tietää ja selvittää yhdessä muun muassa jälleenvyyjien kanssa. (Keiser ym. 2008, 484.)

Tuotannon aikana tehdas lähettää satunnaisia “*shipment sampleja*”, joilla varmistetaan laadun jatkuva ylläpito (Kochar 2021). Laadun tarkkailussa tehtaan mallikappaleista tarkastetaan esimerkiksi materiaalin väri ja laatu sekä ompeleet. Näiden lisäksi laaduntarkkailuun voi liittyä myös niska-, pesu- ja riippulappujen tarkastus. (Baukh 2023.) Laaduntarkkailu on tuotekehitysprosessin kulmakiviä (Keiser ym. 2008, 382–383). Koska tuotekehityksen tarkoituksena on kohderyhmän tarpeiden paras mahdollinen kohtaaminen (Baukh, 2023), ymmärrys kohderyhmän laatuvaatimuksista ja odotuksista hinta-laatusuhdetta kohtaan ovat tuotekehitysprosessissa huomattavan keskeisessä roolissa (Keiser ym. 2008, 382–383).

4 3D-ohjelmat

Tässä kohtaa opinnäytetyötä käsitellään teoriaa 3D-ohjelmista. Osio aloitetaan avaamalla 3D-ohjelmiin liittyvää käsitteistöä, jotta on helpompi ymmärtää jatkossa mitä niillä tarkoitetaan. Kappaleiden tarkoituksena on selventää, mitkä ovat yleisimmät käytettävät ohjelmat ja kertoa lyhyesti, millaisia ominaisuuksia ne tarjoavat käyttäjälleen. Lisäksi kuvataan 3D-ohjelmien periaatteita ja käyttöä tekstiili- ja vaatetusalailla. Näiden tietojen pohjalta on helpompi hahmottaa, millä tavoin 3D-ohjelmia voi hyödyntää tuotekehitysprosessissa.

4.1 Käsitteistö

- “*2D*” eli kaksiulotteinen. Sanaa käytetään puhuttaessa digitaalisista kaavoista, eli 2D-kaavoista, jotka ovat käytössä 3D-ohjelman sisällä. Näitä kaavoja voidaan myös valmistaa digitaalisesti erillisissä kaavoitusohjelmissa ja siirtää sellaisenaan 3D-ohjelmaan käsiteltäviksi. (Roberts-Islam 2021.)
- “*Tech Pack*” on tuotantoon tarvittava ohjeistus vaatteesta. Sen tarkoituksena on osoittaa vaatteen tekniset ja rakenteelliset ratkaisut mahdollisimman selkeästi, jotta tehdas osaa valmistaa tuotteen oikein. Tech Pack si-

sältää usein tuotteen viivapiirustukset, materiaali- ja lisätarviketiedot, värit, mahdolliset printit ja kuosit sekä muut tarvittavat tiedot valmistusta varten. (Kochar 2023.)

- “3D”:llä tarkoitetaan kolmiulotteista. Tässä tapauksessa 3D:hen viitataan silloin, kun puhutaan 3D-ohjelmista eli tietokoneohjelmista, joissa on mahdollista mallintaa kolmiulotteisia vaatekappaleita. (Nikolic 2020; Roberts-Islam 2021.) Lisäksi 3D-ohjelman sisällä on usein erillinen 3D-ikkuna, jossa vaatteiden virtuaalinen muotoilu tapahtuu (Nikolic 2020).
- “Avatar” on kolmiulotteinen hahmo, minkä päälle voidaan sovittaa vaatteita 3D-ohjelmassa virtuaalisesti. Avattaret esittävät usein miehiä, naisia tai lapsia, mutta jossain tapauksissa avatar voi olla myös esimerkiksi 3D-mallinnettu kaluste tai eläin. Ohjelmien sisällä on usein avattaria valmiina, mutta niitä voidaan myös itse ladata tai luoda muissa 3D-muotoiluohjelmissa. Yleensä ohjelmien omat avattaret ovat ihmisten oikeissa mittasuhteissa ja yleisten mittataulukoiden mukaisia hahmoja. Niiden asentoja voidaan muuttaa ja myös tarvittaessa animoida. (Nikolic 2021.)
- “Tension Map” osoittaa vaatteiden väljyyden avattaren päällä. Sen avulla voidaan selvittää vaatteiden istuvuus myös eri asennoissa. Jos Tension Map näyttää jossain vaatteiden osassa kireyttä, on helppo muokata kaavaa jatkossa paremmin istuvaksi. (Barrera 2022.)
- “Renderöinti” on prosessimenetelmä, jossa ohjelma luo lopullisen videon, kuvan tai animaation. 3D-suunnitteluohjelmissa reaaliaikaista renderöintiä tapahtuu 3D-ikkunassa jatkuvasti, muun muassa vaatetta sovitettaessa avattaren päällä. Lopullisen realistisen kuvan tai animaation renderöinti 3D-ohjelman sisällä voi usein kestää useista minuuteista tunteihin. Renderöity kuva on tarkka ja sisältää kaikki yksityiskohdat sekä tekstuurit. (Browswear 2023f.)

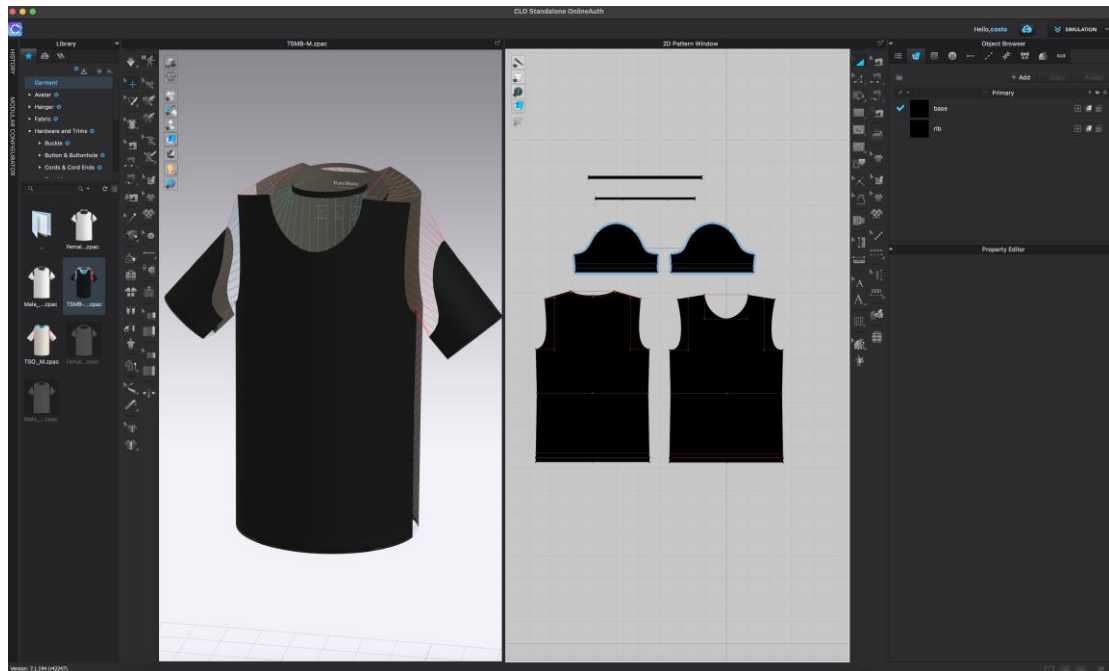
- “*Pilvipalvelu*” on verkossa oleva ja laitteistosta ulkopuolinen palvelu, joka tarjoaa tilan säilöä ja jakaa sisältöä (Liimatta 2021). Pilvipalvelu 3D-ohjelmien lisänä on yleensä yrityksen organisaatiolle tarjottu verkossa toimiva väylä helpottamaan työskentelyä eri toimijoiden kesken.
- “*Metaverse*” on verkossa toimiva 3D-universumi. Se on sosiaalinen ja useita virtuaalisia tiloja yhdistävä ympäristö tai yhteisö. Metaversessä voi muun muassa pelata, tehdä ostoksia ja sosialisoida. (Meta 2023.)

4.2 Yleisimmät 3D-ohjelmat

Tässä osiossa esitellään lyhyesti yleisimpiä vaatetusosalalle suunnattuja 3D-ohjelmia. Ohjelmat esitellään yksitellen, kertoen millaisia toimintoja ja mahdollisia lisäosia ne sisältävät. Lopuksi pohditaan ohjelmien eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä.

4.2.1 CLO Virtual Fashion

2010 vuonna ensimmäisen versionsa saanut CLO on vaatteiden 3D-suunniteluohjelma. Saman kehittäjän aikaisemmin luotu 3D-ohjelma *Marvelous Designer* tuli tutuksi enimmäkseen pelimaailmassa, mutta kehittäjän huomattessa vaatetusalan digitalisaation kehityksen ja tarpeen 3D-muotoilulle, CLO sai alkunsa. (CLO 2023.)



Kuva 5. CLO 3D-ohjelman näkymä, jossa vasemmalla 3D- ja oikealla 2D-ikkunat. Kuvassa paidan mallinnusta Pure Waste Oy:lle tehdyn projektin osalta.

- **CLO3D** on 3D-ohjelma, jossa digitaalisista 2D-kaavoista voidaan simuloida kolmiulotteisia vaatteita. Ohjelmassa on päänäkymässä kaksi ikkunaa: vasemmalla 3D-ikkuna simuloitaville tuotteille ja oikealla 2D-ikkuna kaavoille (Kuva 6). Ohjelman sisällä on jo valmiiksi materiaaleja, joiden ominaisuudet toistuvat oikean fyysisen materiaalin lailla, mutta ohjelmassa voi myös muokata ja luoda omia materiaaleja haluamallaan ominaisuuksilla ja tekstuureilla. Lisäksi CLO3D tarjoaa vaatteen lisätarvikkeita ja mahdollisuuden hyvinkin yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Vaatteita voi simuloida avattaren päälle 3D-ikkunassa ja renderöidä kuvia esimerkiksi markkinointikäyttöön. (CLO 2023.) Ohjelma tarjoaa myös mahdollisuuden muuntaa tiedostot Metaverseen sopiviksi (CONNECT 2023a).
- **CLO-Vise** on lisäosana tilattava PLM-järjestelmä yrityksille. PLM eli “Product Lifecycle Management” -järjestelmään kuuluu pääsy materiaali-, väri- ja tuotekirjastoihin sekä muun datan, kuten sarjonnan ja mitoitusten

hallintaan. Järjestelmän on tarkoituksena mahdollistaa katkeamaton yhteys CLO:n muiden ohjelmistojen ja lisäosien kautta niin, että ne ovat keskenään yhteensopivia ja nopeasti löydettävissä. (CLO-Vise 2023.)

- **CLO-SET** on verkossa toimiva pilvipalvelu, jonka tavoitteena on yhdistää suunnittelijat, tekniset suunnittelijat, 3D-mallintajat sekä myynnin ja hankinnan toimijat. Tavoitteena on luoda yhteinen digitaalinen ympäristö tuotantoketjun vaiheisiin, jotta kommunikointi jokaisen osa-alueen välillä olisi mahdollisimman helppoa. (CLO-SET 2023.)
- **CONNECT CLO-SET** on lisäosa CLO-SET palvelulle, jonka tavoitteena on tarjota verkkoympäristö ja -yhteisö digitaalisen muodin harrastajille sekä ammattilaisille. CONNECT CLO-SET on tarkoitettu suunnittelijoiden omien digitaalisesti luotujen tuotteiden markkinapaikaksi. Siellä on myynnissä kokonaisten vaatekappaleiden ohella asusteita, lisätarvikkeita ja materiaaleja, jotka ovat tarkoitettu muun muassa omien 3D-suunniteltujen tuotteiden lisäosiksi tai rekvisiitaksi. (CONNECT 2023b.)
- **JINNY** tarjoaa 3D-vaatesuunnitteluun tarkoitettun ohjelman yksinkertaistetulla ja pelimäisellä otteella. Sen käyttämiseen ei tarvita kaavoitusosaamista. Omia luomuksia voi esitellä CONNECT-palvelun kautta ja myöhemmin jopa myydä eteenpäin. (CONNECT 2023c.)

Vaikka CLO Virtual Fashion tarjoaa kaavoitukseen ja sarjontaan liittyviä ominaisuuksia, siitä jää tunne, että sen tarkoitus on enemmän keskittyä tarjoamaan nopea ja helppo ympäristö luovaan suunnitteluun kuin antaa työkaluja tarkempaan tekniseen prosessiin. CLO:n käyttö on yleensä suositumpaa täysin digitaalisiin ympäristöihin tarkoitettujen 3D-vaatteiden luonnissa. Esimerkiksi suomalaisen Kerry Murphyn Amsterdamissa perustetun täysin digitaalisen muotitalon tuotteet luotiin ensin CLO:ta käyttäen (Hecker 2022). CLO:n kannustaminen virtuaalisen muodin ja Metaversen pariin näkyy myös heidän tarjoamassa JINNY-ohjelmassa. CLO 3D on mahdollista saada ilmaiseksi kokeiluun. Kokei-

luversion voi ladata heti, eikä sen käyttöönotolle tarvitse erillistä hakemusta. Lisäksi CLO on näistä esitellyistä 3D-suunnitteluohjelmista edullisin vaihtoehto, ja saatavilla on yritys- ja yksityiskäytölle tarkoitettujen kuukausilisenssien lisäksi myös erilliset opiskelijahinnat.

4.2.2 Browzwear

Browzwear on 2000-luvulla alkunsa saanut yritys, joka tarjoaa erityisesti vaatealan tarpeisiin suunniteltuja 3D-ohjelmistoja. Näihin ohjelmistoihin lukeutuu:

- **VStitcher** on 3D-suunnitteluohjelma, jossa voi suunnitella kolmiulotteisia vaatteita joko ohjelman sisällä luoduista tai muualta siirretyistä digitaalisista 2D-kaavoista. Ohjelma on myös Adobe-yhteensopiva, jonka vuoksi on mahdollista myös siirtää esimerkiksi viivapiirustuksia tai muita digitaalisia materiaaleja Adoben omissa tiedostomuodoissa. VStitcherissä 2D-kaavat simuloidaan 3D-ikkunassa avattaren päälle. Digitaaliseen vaateeseen lisätään ompeleet ja muut suunnitellut rakenteet sekä lisätarvikkeet. Simuloinnissa voidaan tarkastella vaatteen istuvuutta käyttämällä ”Tension map” -ominaisuutta sekä tarkastella vaatetta muun muassa eri väreissä ja eri materiaaleja käyttäen. (Browzwear 2023b.)
- **Lotta** on myös 3D-suunnitteluohjelma, mutta ilman 2D-ikkunaa. Se on virtuaalinen ympäristö vaatteen nopealle ja luovalle muotoilulle 3D-ominaisuuksia hyödyntäen. Ohjelma helpottaa esimerkiksi värien ja materiaalien testailua sekä väri- ja mallivalikoimien luontia yhteisöllisesti, eikä sen käyttöön vaadita varsinaista kaavoitusosaamista. (Browzwear 2023c.)
- **Stylezone** on Browzwearin pilvipalvelu, jossa voi jakaa suunnitteluprosessin sisältöä esimerkiksi yrityksen jäsenten sekä jälleenmyyvien asiakkaiden kesken (Browzwear 2023d).

- **Fabric Analyzer** on yrityskäyttöön tarkoitettu laite, jolla voidaan virtualisoida fyysinen materiaali. Laite tulkitsee materiaalin painoa, elastisuutta sekä muita ominaisuuksia (Browzwear 2023e).

VStitcher 3D-suunnitteluohjelma on yksi suosituimmista yrityskäytössä olevista 3D-ohjelmista, ja se tarjoaakin kattavasti kaiken tarvittavan. VStitcheristä on tarjolla myös Indie-versio, joka on mahdollista saada ilmaiseksi kokeilukäyttöön. Tämä mahdollisuus varmasti madaltaa kynnystä ohjelman testaamiseen, sekä helpottaa itsenäistä opiskelua sen parissa. Version käyttöoikeuden saamiseksi on kuitenkin lähetettävä hakemus ja muuten yksityiskäyttöön ohjelmaa ei ole tarjolla.

4.2.3 Optitex

Optitex on suunnitteluohjelma, joka on tarjonnut 2D- ja 3D-työkaluja yhteensovittuna toimitusketjunhallintaan jo vuodesta 1988. Ohjelma on suunniteltu tekstiili- ja muotialan tarpeisiin, ja soveltuukin vaatesuunnittelun lisäksi myös muun muassa kalustetekstiilien simulointiin. Optitex sisältää 2D-kaavaohjelman, jossa voi valmistaa kaavat alusta saakka itse, tai siirtää kaavat muista digitaalisista kaavoitusohjelmista. Kaavoja voidaan muokata ja sarjoa, sekä luoda leikkusuunnitelman sekä tuotantoon tarkoitettun "Tech pack":n. Valmiit 2D-kaavat voidaan simuloida 3D-ikkunassa kolmiulotteiseksi tuotteeksi ohjelmiston sisällä. 3D-ohjelmassa voi valita materiaalit, värit sekä lisätä tarvittavat yksityiskohdat ja lisätarvikkeet. Optitex tarjoaa lisäksi fotorealistic renderöintimahdollisuuden, printtien sekä kuosien mallintamisen Adobe-yhteensopivuuden huomioiden. Yrityskäyttöön Optitexilla on myös laite fyysisen materiaalin testaamiseen ja siirtämiseen virtuaaliseen muotoon. (Optitex 2023a.) Ohjelmistolla on myös oma pilvipalvelu O/Cloud jolla voidaan jakaa tuotetietoja muun muassa asiakkaiden kanssa sekä helpottaa malliston kokoamista ja visualisointia. Pilvipalvelun tarkoitus on helpottaa yhteydenpitoa tuotantoketjun eri vaiheissa, sekä mahdollistaa muun muassa tuotteiden kommentoinnin ja virtuaalisten mallikappaleiden historian selailun, jolloin tuotekehitysprosessia on helpompi hallita. (Optitex

2023b.) Optitex on pitkän historian omaava vaatetusalan ohjelma, joka on ottanut selkeästi huomioon yritysten tarpeet monesta eri näkökulmasta. Tarkastellessa ohjelmaa huomaa sen painotuksen olevan digitaalisen kaavoituksen parissa, jonka vuoksi ohjelman yleisilme vaikuttaa hyvin tekniseltä ja hankalalta oppia. Uskon, että Optitex sopii sellaisille yrityksille käyttöön, jossa on jo henkilö, jolle se on tuttu.

4.2.4 Tuka3D

Tuka3D on verrattain uusi ohjelma, sillä se on julkaistu vasta 2022. Sen on luonut vuodesta 1995 toiminut yritys Tukatech. Yrityksen tavoitteena on ollut alusta saakka toimia digitalisaation edelläkävijänä tarjoten digitaalisia työkaluja nimenomaan vaatetusosalalle. Ohjelma toimii kuukausimaksulla ja tarkoitettu vain yrityskäyttöön. Tuka3D:n tarkoituksena on tarjota väline digitaalisten mallikappaleiden luontiin, tavoitteenaan vähentää yritysten fyysisten mallikappaleiden määrää. Digitaalisten kolmiulotteisten vaatteiden luomisen lisäksi niitä voi sovittaa avattaren päällä, luoda animaatioita sekä digitaalisia valokuvauksia. 3D-suunnitteluohjelman lisäksi TukaTech tarjoaa paljon muita digitaalisia työvälineitä yrityksille, kuten digitaalisen kaavoitusohjelman, sekä laitteistoa, kuten muun muassa kaavatulostimia ja laser-leikkurin. (TukaTech 2023.) Tuka3D on uusi kilpailija ja siksi vaikeassa asemassa, vaikka se onkin suhteellisen samalainen muiden 3D-ohjelmien kanssa. Muut 3D-suunnitteluohjelmat ovat panostaneet paljon visuaaliseen kiinnostavuuteen ja laatuun, mitkä varmasti vaikuttavat kilpailuasetelmaan. TukaTech on alun perin keskittynyt tarjoamaan muita vaatetusosalalle tärkeitä palveluita ja laitteistoja, mutta tämän opinnäytetyön rajauksen näkökulmasta ne eivät ole kiinnostavia.

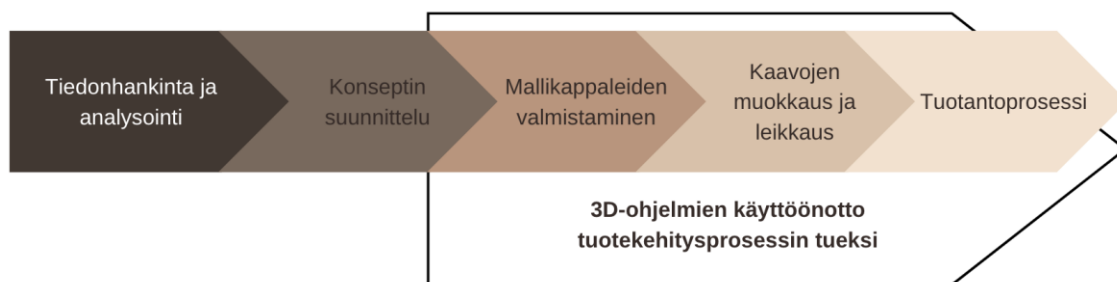
Ohjelmilla on keskenään paljon yhteistä ja vähäiset eroavaisuudet liittyvät lähinnä painotuksiin. Kuitenkin yksi merkittävä ero 3D-ohjelmien välillä on se, että CLO ja Browzwear sopivat sekä Mac että Windows käyttäjille, kun taas Optitex ja Tuka3D soveltuu ainoastaan Windows -käyttöjärjestelmälle. Lisäksi CLO ja Browzwear ovat näistä ainoita, jotka tarjoavat käyttölisenssin myös yksityiseen

käyttöön, eikä pelkästään yrityskäyttöön. CLO on näistä ohjelmista edullisin, jonka vuoksi myös kynnys sen käyttöönoton testaamiselle on matalampi.

4.3 3D-ohjelmien periaatteet

Tässä luvussa avataan 3D-ohjelmien periaatteita ja roolia tekstiili- ja vaatetusalan prosesseissa. Tavoitteena on selvittää millä tavoin 3D-ohjelmia hyödynnetään käytännössä, sekä millaisiin tuotekehitysprosessin vaiheisiin niiden käyttöönotto voi vaikuttaa.

Monet kansainvälisesti tunnetut yritykset ja brändit ovat jo ottaneet 2D- ja 3D-ohjelmat tuotekehitys- ja suunnitteluprosessien osaksi. Vaatteen visualisoinnin lisäksi 3D-ohjelmia käytetään myös kaavojen luomisen ja prototyyppien valmistamisen yhteydessä. (Lee 2022, 5.) 3D-ohjelmien periaatteina on tarjota virtuaalinen tila vaatteiden suunnitteluun, muotoiluun sekä mittasuhteiden muokkaamiseen, kaavoittamiseen ja kaavojen kuositteluun. Lisäksi saman ohjelman sisällä on mahdollisuus vaatteen virtuaaliseen sovittamiseen ja simulointiin 3D-avattaren päällä. (Spahiu, Manavis, Kazlacheva, Almeida & Kyratsis 2021, 4.) Näiden ohjelmien hyödyntämisen tavat vaatetusalan yrityksissä toimitusketjun hallinnassa ja suunnitteluprosesseissa voidaan karkeasti jakaa kolmeen ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä 3D-teknologiaa käytetään vain osittaisesti, esimerkiksi tukemaan perinteistä fyysisten tuotteiden tuotantoprosessia ja hyödyntämällä virtuaalista visualisointia markkinoinnissa. Toisessa ryhmässä fyysisten tuotteiden tuotantoprosessi on täysin digitalisoitu ja virtuaaliset vaatteet valmistetaan fyysisiksi tuotteiksi vain tilauksesta. Kolmannessa tapauksessa fyysisiä vaatteita ei enää ole, vaan koko tuotanto perustuu virtuaaliseen muotiin. (Casciani, Chkanikova & Pal 2022, 780.) Opinnäytetyön toimeksiantajan tarpeisiin 3D-ohjelman käyttö olisi ensimmäisen ryhmän mukaista, eli 3D-ohjelmia käytetään pääsääntöisesti osana fyysisten tuotteiden tuotantoprosessissa. Siksi tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tämän ensimmäisen ryhmän mukaista 3D-ohjelmien käyttöä.



Kuva 6. Tuotekehitysprosessi, joka on jaettu karkeasti viiteen eri vaiheeseen. Kuviossa osoitetaan lisäksi prosessin kolme vaihetta, eli mallikappaleiden valmistaminen, kaavojen muokkaus ja leikkaus, sekä tuotantoprosessi, joissa 3D-ohjelman käyttöönotto tuotekehityksen tueksi olisi mahdollisesti hyödyllistä.

3D-ohjelmien käyttö antaa mahdollisuuden nähdä suunnitellun vaateen kolmiulotteisesti ennen fyysisen tuotteen valmistamista. Näiden ohjelmien tarkoituksena on tunnistaa muun muassa prosessin aikaisessa vaiheessa tehdyt vaateen rakenteelliset virheet, varmistaa vaateen istuvuus sekä tehdä tarvittavia muokkauksia ilman fyysisiä sovitettavia mallikappaleita. Tällä tavoin on mahdollista siis vähentää ylimääräisten mallikappaleiden valmistamisen määrää, ja kun mallikappaleiden määrä vähenee, tuotantokehitysprosessia on mahdollisuus näin ollen ajallisesti lyhentää. Nykypäivän tuotannossa tuotetuista vaatteista jopa 37 % ei koskaan päädy kivijalka- tai verkkokaupan kautta asiakkaalle. 3D-ohjelmien käytöllä tuotekehitysprosessissa ei ainoastaan vähennetä mallikappaleiden määrää, vaan sen avulla voidaan myös optimoida myyntiä jälleenmyyjille niin, että kohderyhmän tarpeisiin vastataan paremmin. (Mattson Culafic 2021.) Kun mallistojen myynti tapahtuu vain esittämällä 3D-mallinnettuja tuotteita jälleenmyyjille, tarkentavien muutosten teko on helpompaa ja nopeampaa.

5 Ekotehokkuus

Opinnäytetyön kolmannen teoriaosuuden aiheena on ekotehokkuus. Ekotehokkuudella tarkoitetaan tuotantoa, jossa luonnonvarojen käyttö on mahdollisimman vähäistä, kuitenkin aiheuttamatta tuotannon merkittävää kutistumista (Ahtela 2006). Tässä osiossa avataan ekotehokkuutta osana materiaali- ja

energiatehokkuutta sekä kestäväää kehitystä ja elinkaariarvioinnin sekä kiertotalouden käsitteitä. Lisäksi avataan Euroopan Unionin tavoitteita yritysten pyrkiessä ekotehokkuuteen sekä kuinka 3D-ohjelmat ja ekotehokkuus ovat suhteessa toisiinsa. Näiden aiheiden käsittelyn tavoitteena on selventää, kuinka ekotehokkuuteen liittyvät keskeisimmät käsitteet ovat vaikutuksissa tekstiili- ja vaatetusalaan sekä mitkä ovat 3D-ohjelmien käyttöönoton mahdolliset vaikutukset ekotehokkuuteen tuotekehitysprosessissa.

5.1 Materiaali- ja energiatehokkuus

Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan materiaalien kuluttamisen optimointia. Optimoinnilla voidaan tarkoittaa muun muassa tuotteen elinkaaren pidentämistä, tuotteen massan keventämistä, tuotantoketjussa tapahtuvan hävikin pienentämistä, tuotteen uudelleenkäyttöä, kierrätystä sekä myös jo kierrätetyn materiaalin uudelleenhyödyntämistä. (Worrell, Allwood & Gutowski 2016, 592.) Lisäksi tuotantomenetelmien edistämällä on vaikutuksia materiaalitehokkuuteen (Eskola & Motiva Oy 2008). Tekstiili- ja vaatetusalaalla näitä tuotantomenetelmiä ovat tuotannossa tapahtuvan jätteen minimointi, eli esimerkiksi leikkuujätteen vähentäminen selkeän leikkuusuunnitelman avulla tai leikkuujätteen hyödyntämistä uudelleen toisaalla. Lisäksi materiaalitehokkuutta voidaan lisätä muun muassa tuotesuunnittelulla ja uusilla liiketoimintamalleilla. (Worrell ym. 2016, 592.) Vuosien varrella vastuu on siirtynyt yhä enemmän suunnittelijalle, mitä tulee vastuulliseen ja näin ollen myös materiaalitehokkaan vaatteiden suunnitteluun. Suunnittelijan koetaan olevan kansainvälisten tuotantoketjujen ja kuluttajien välissä. Suunnittelijalla on selkeästi valtaa vaikuttaa kuinka vaatteet ovat tuotettu sekä millaisia vaatteita ostetaan ja kulutetaan. (Vezzoli, Conti, Marci & Motta 2022, 31–33.) Materiaalitehokkaan vaatesuunnittelun keskiössä on vaatteiden monikäyttöisyys ja sen saaminen näin mahdollisimman intensiiviseen käyttöön. Lisäksi vaatteessa käytettävien ympäristölle haitallisten aineiden käytön ja kemikaalikuorman minimointi, materiaalikulutuksen minimointi ja materiaalin valinta niin, raaka-aineiden tuotannon ympäristön kulutus on mahdollisimman pieni. Vaatteet tulisi valmistaa mahdollisimman helposti kierrätettäviksi ja purettaviksi sekä energiatehokkaasti. (Vezzoli ym. 2022, 138.)

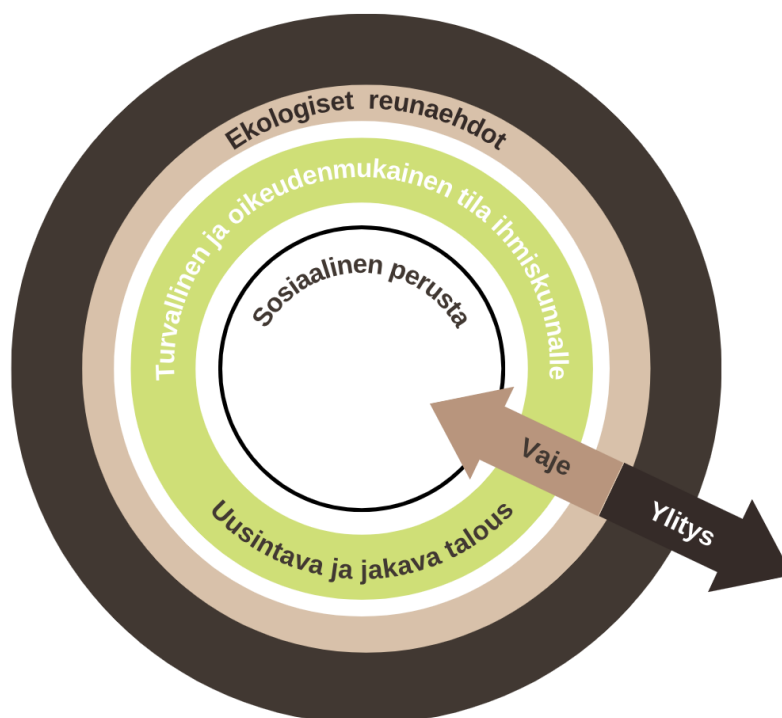
Energiatehokkuudella tarkoitetaan mahdollisimman vähäistä energian käyttöä ilman tuotannon heikkenemistä tai hidastumista. Energiatehokkuuteen pyrkiminen on yksi helpoimpia tapoja tehdä tuotantoa ympäristöystävällisemmäksi ja myös taloudellisemmäksi. Energiatehokkaaseen tuotantoon päästään muun muassa käyttämällä uusiutuvia energianlähteitä, vähän energiaa kuluttavia laitteita ja esimerkiksi hyväksikäyttämällä tehtaan laitteiden ja prosessien tuottamaa lämpöä muuhun käyttöön. Energiatehokkuuteen liittyy myös kuljetusten muokkaaminen vähäpäästöisemmäksi. Kuljetuksessa aiheutuviin päästöihin voidaan vaikuttaa lyhentämällä kuljetettavien tuotteiden välimatkaa ja vähentää määriä sekä valitsemalla esimerkiksi junakuljetus lentorahdin sijaan. (EESI 2023.)

5.2 Ekotehokkuus osana kestävää kehitystä

Toimeksiantajana toimiva Pure Waste on yritys, joka tähtää kestäväan kehitykseen ja kiertotalouteen. Siksi tässä kohtaa avataan mitä tällaiset toimintamallit tarkoittavat, jotta voidaan tunnustaa, tuoko 3D-ohjelmien käyttö mahdollisesti lisää ekotehokkuutta jo vastuullisille toimintaperiaatteille. Ekotehokkuus on osa kestävää kehitystä, ja sitä voidaan tutkia sekä kehittää muun muassa elinkaarivaihtelun ja kiertotalouden avulla.

5.2.1 Kestävä kehitys

Koska opinnäytetyön toimeksiantajan, Pure Waste Textiles Oy:n, tavoitteena on toimia tekstiili- ja muotialalla kestäväan kehityksen mukaisesti, on tärkeää tietää mitä kestäväällä kehityksellä tarkoitetaan. Kestävä kehityksen tarkoituksena on turvata mahdollisimman tasa-arvoiset elinolosuhteet nykyisille sekä myös tulevaisuuden sukupolville. Sen päämäärä on huomioida tasavertaisina päätöksenteossa niin ihminen, ympäristö kuin talous. (Ympäristöministeriö 2023.) Kestävää kehitystä voidaan havainnoida esimerkiksi Katy Raworthin kestävyysdonitsin muodossa, jossa esitellään kestäväan kehityksen kolmiulotteisuus: Sosiaalinen-, ympäristöllinen- ja taloudellinen kestävyys (Kestäväkehitys.fi 2023).



Kuva 7. Yksinkertaistettu ja suomennettu kuvitus Kate Raworthin kestävyysdonitsista, jolla kuvataan kestävän kehityksen kolmea ulottuvuutta (Raworth 2017).

Kuvassa 7 esitetään donitsin sisimmällä osalla ihmisen sosiaalinen perusta. Sosiaalisena perustana pidetään hyvinvoinnin kannalta ihmisille välttämättöminä yhteiskunnallisina asioina, kuten oikeus veteen, ruokaan ja asumiseen. Lisäksi muun muassa terveys, oikeus työhön ja koulutukseen ovat osana sosiaalista perustaa. Uloimpana donitsissa kuvataan niitä asioita, jotka vaikuttavat maapallon kantokykyyn. Nämä asiat ovat ihmisten itse aiheuttamia päästöjä tai luonnon kulutusta. Näitä ovat esimerkiksi ilmastonmuutos, makean veden käyttö, maankäytönmuutokset, ilmansaasteet sekä ympäristölle haitallinen kemikaalikuormitus. Donitsin keskelle on kuvailtu alue, jolla kestävä kehitys toteutuu. Kuten mainittu, kestävä kehitys vaatii sosiaalisen perustan ja ekologiset reunaehdot tasarvoiselle elämälle sukupolvelta toiselle. Taloudella ja millä tavoin taloutta toteutetaan, on kuitenkin suuri rooli kestävän kehityksen toteutumiselle ja sitä pidetäänkin kestävän kehityksen mahdollistajana. Talouden avulla mahdollistetaan ihmisten hyvinvoinnille välttämättömän sosiaalisen perusta, mutta se myös kuluttaa ympäristöä ja käyttää luonnonvaroja. (Kestäväkehitys.fi 2023.)

Sosiaalinen-, ympäristöllinen- ja taloudellinen kestävyys ovat kaikki keskinäisriippuvaisia ja siksi kestäväen kehitykseen pyrkiminen on haasteellista. Kun talous perustuu uusintavalle ja jakavalle taloudelle, jonka tavoitteena on vähentää luonnonvarojen liikakäyttöä ja ympäristön kuormitusta samalla kun tarjotaan sosiaalisesti, ympäristöllisesti, kuin taloudellisestikin turvallinen ja oikeudenmukainen tila ihmiskunnalle, on mahdollista ylläpitää kestävää kehitystä. (Kestävakehitys.fi 2023.) Materiaali- ja energiatehokkailla ratkaisuilla voidaan mahdollistaa taloudellinen kestävyys ekologisten reunaehtojen ehdoilla.

Kestäväen kehityksen toteutumiselle on luotu myös kansainvälisiä mittareita ja tavoitteita. Muun muassa YK:lla on tavoiteohjelma¹, jonka tarkoituksena on edistää kestävää kehitystä kansainvälisesti. Ohjelmassa on luotu 17 päätavoitetta muun muassa köyhyyden poistamisesta, vastuullisen kulutuksen ja tuotannon kehittämistä sekä ympäristön suojelusta. (United Nations 2023a.) Esimerkiksi tekstiili- ja vaatetusala koskettaa näistä tavoitteista muun muassa vastuullisen kulutuksen ja tuotannon kehitys, jossa keskitytään erityisesti maailmanlaajuisten tuotantoketjujen haasteisiin ja niiden aiheuttamiin ympäristöongelmiin (United Nations 2023b). Tekstiili- ja vaatetusalan hiilidioksidipäästöt ovat 3–10 prosenttia koko maailman hiilidioksidipäästöistä ja samalla ala tuottaa suuren määrän jätettä. Jotta tekstiili- ja vaatetusalan siirtyminen kestäväen kehityksen malliin olisi mahdollinen, koko tuotantoprosessia tulisi muuttaa ja kehittää. (Motte & Ostlund 2022, 1.)

5.2.2 Kiertotalous ja elinkaariarviointi

Kiertotaloudella tarkoitetaan talousmallia, jossa kulutus perustuu tuotteiden jakamisen, vuokraamisen ja kierrättämisen palveluihin omistamisen sijaan. Tämän mallin tavoitteena on saada tuotteet ja materiaalit mahdollisimman tehokkaaseen ja pitkäaikaiseen käyttöön, jolloin talouskasvu ei olisi enää riippuvainen ekologisten reunaehtojen ylittämisestä ja näin ollen ympäristön kulutuksesta.

¹ The Agenda 2030 for Sustainable Development. United Nations 2015.

Kiertotalouden toimintamalleja tekstiili- ja vaatetusalailla ovat esimerkiksi tekstiilijätteen ja hukan minimointiin tähtäävä tuote- ja palvelusuunnittelu, vaatteiden vuokraus- ja korjauspalvelut, uudelleenkäyttö ja kierrätys. (Sjöstedt 2018.) Kiertotaloutta pidetään yhtenä tekstiili- ja muotialan tärkeimmistä ilmiöistä. Tekstiili- ja muotialalla sovellettavia kiertotalouden malleja ovat muun muassa nämä Harmsenin, Schefferin ja Bosin (2021, 95–96.) esittelemät neljä tapaa:

- *“Rethink”*: uusien liiketoimintamallien kehitys, kuten vaatteiden vuokraus ja tuotteen käyttöön pitkäaikaistaminen esimerkiksi erilaisilla huolto- ja korjauspalveluilla ja kierrätysmahdollisuuksiin keskittyvällä suunnittelulla. Lisäksi kuluttajien ostokäyttäytymisen muutos niin, että laatu korvaa määrän ja vaatteiden käyttökerrat lisääntyvät.
- *“Reuse”*: kierrätettyjen materiaalien käyttö ja käytettyjen tuotteiden uudelleen myynti ja käyttö. Tavoitteena on, että vaate voi vaihtua omistajalta toiselle ja olla uudelleenkäytössä useamman kerran. Sitten kun vaate ei ole enää käyttökelpoinen sellaisenaan, sen materiaalia voidaan silti vielä hyödyntää muun muassa matonkuteiksi tai räteiksi.
- *“Recycle”*: tällä tarkoitetaan kuidun kierrätystä, poly- ja monomeerien kierrätystä sekä kierrätettyjen kuitujen uudelleenkäyttöä.
- *“Recover”*: käytetyn tuotteen tai sen materiaalin hyödyntäminen energiaksi. Tämä on vaatteiden viimeinen sijoituspaikka, jos muuta tapoja elinkaaren pidentämiselle ei löydy. (Harmsen ym. 2021, 95–96.)

“Cradle-to-cradle” eli kehdestä kehtoon on tuotesuunnittelumalli, jossa materiaali ja tuote suunnitellaan jatkuvaan kiertoon (McDonough 2023). Tarkoituksena on jo tietää suunnitellessa, mitä tuotteelle tapahtuu käytön päätyttyä. Eli tuotteen hävittämisen sijaan, sen materiaalia voisi kierrättää käyttöön johonkin muualle, esimerkiksi uuden tuotteen materiaaliksi, jolloin materiaalin elinkaari jatkuu. Kun pyritään luomaan uusia ekotehokkaampia ratkaisuja muun muassa tuote-

kehitysprosessille, haastavia ja eniten ympäristökuormaa aiheuttavia prosesseja voi auttaa tunnistamaan tuotteelle luotu elinkaariarviointi. Jotta voidaan selkeästi havaita mihin elinkaaren vaiheisiin tuotekehitysprosessissa tapahtuva toiminnallinen muutos mahdollisesti vaikuttaa, täytyy tunnistaa tuotekehitysprosessin vaiheiden lisäksi vaatteen koko elinkaaren vaiheet. Tällöin voidaan myös arvioida kyseisen yksikköprosessin ympäristövaikutuksia ja nähdä potentiaalinen seuraus ekotehokkuuteen. Vaatteen elinkaaren saa selville tekemällä elinkaariarvioinnin.

LCA eli *“Life Cycle Assessment”* eli elinkaariarviointi on kestävästä kehitystä ja ekotehokkuutta mittaava työväline, jonka avulla voidaan selvittää tuotteen kokonaisvaltaiset ympäristövaikutukset sen elinkaaren ajalta. Elinkaariarvioinnin tavoitteena on löytää tuotteen elinkaaren aikana tapahtuvista prosesseista keskeisimmät kehityskohteet ja arvioida mahdollisia vaikutuksia, jos järjestelmään tehdään muutoksia. Elinkaariarvioinnille on olemassa sitä käsitteleviä standardeja, joiden tarkoituksena on muun muassa määrittellä elinkaariarvioinnin periaatteet ja vaatimukset, opastaa tiedonkeruun jälkeiseen raportointiin sekä kuinka elinkaariarvioinnin tuloksia tulisi lopulta tulkita. Tavoitteena on saada selville tuotteen elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset sekä tarkastella millaisiin vaikutusluokkiin ne kohdistuvat. Vaikutusluokkia ovat esimerkiksi maankäyttöön, luonnonvarojen ehtymiseen, happamoitumiseen ja otsonikatoon liittyvät ympäristövaikutukset, mitkä lopulta vaikuttavat myös ihmisen terveyteen luonnonympäristön ja luonnonvarojen käytön lisäksi. (Antikainen 2010, 11–25.)

Tekstiilien ja vaatteiden elinkaarianalyysissä täytyy eritellä jokainen elinkaaren aikana tapahtuva yksikköprosessi. Yksikköprosesseista tarkastellaan hiilijalanjäljen, vesijalanjäljen sekä kemikaalikuorman määriä ja niiden ympäristövaikutuksia ja millaisiin LCA:n määrittelemiin vaikutusluokkiin ne kohdistuvat. Vaatteiden elinkaaren yksikköprosesseja ovat muun muassa:

- Viljely, sadonkorjuu ja käsittelyt
- Kuidunvalmistus

- Langan kehräys, valkaisu, värjäys, kudonta tai neulonta ja viimeistelyt
- Kankaan leikkuu, ompelu ja viimeistelyt
- Lisätarvikkeet, riippulaput ja pakkaus
- Kuljetukset ja varastoinnit
- Jälleenmyynti

Vaateen elinkaaren vaiheet, ja etenkin materiaalinvalmistuksen vaiheet voivat olla erilaiset kuidusta riippuen. Esimerkiksi synteettiset kuidut valmistetaan täysin teollisesti ja luonnonkuidut tarvitsevat maankäyttöä viljelyyn. (Hackett 2015, 56–82.) Riippuen elinkaariarvioinnin rajauksesta, sitä voidaan lisäksi tarkastella vielä jälleenmyynnin jälkeen, mutta on usein haasteellista tietää ja arvioida kuluttajan toimintaa. Yksikköprosessit, jotka tapahtuvat kuluttajan toimesta ovat, esimerkiksi vaateen käyttö ja huolto, kierrätys ja mahdollinen uudelleenkäyttö sekä vaateen lopullinen hävittäminen. (Antikainen 2010, 38–39.) Jos kaikki nämä sekä aiemmin esitetyt vaiheet otetaan huomioon elinkaarianalyysia tehdessä, sitä kutsutaan nimellä *“cradle-to-grave”* rajaukseksi (European Environment Agency 2023). Kuitenkin tällainen lineaarinen tuotantoketju on tekstiili- ja vaatetusosalalla hyvin ympäristöä kuluttava malli. Siksi on ehdotettu, että siirtymisen kiertotalouteen ja jopa täysin suljettuun kiertoon, olisi alan osalta erittäin tärkeää. (Motte & Ostlund 2022, 1.)

5.3 Euroopan tavoitteet ekotehokkuuteen

Euroopan Unioni yhdessä jäsenmaidensa kanssa etsivät kaiken aikaa ratkaisuja kestävämpään ja turvallisempaan elämään. Jokainen ihminen on jatkuvasti tekemisissä tekstiilien ja vaatteiden kanssa elämänsä aikana. Koska tekstiili- ja vaatetuotantoa ei voida tästä syystä vain lopettaa, on löydettävä ympäristölle kestävä keinot sen toteuttamiseen. Tekstiili- ja vaatetusosalalla materiaalitehokkuuteen pyrkiminen tällä hetkellä vaatii päämäärätietoista vihreän siirtymän ja

digitalisaation loikkaa. On muun muassa tunnistettava tuotteen koko elinkaareen liittyvät haasteet sekä tukea ympäristölle kestävämpien tekstiilikuitujen ja materiaalien kehitystyötä (Euroopan Komissio 2022, 11). Materiaalitehokkuus ei ole käsitteenä uusi, vaan materiaalitehokkaaseen tuotantomalliin on pyritty jo pitkään, kuten esimerkiksi Euroopan Unionin Eurooppa 2020 –strategiassa². Strategian tarkoituksena oli ohjata yrityksiä tekemään rakenteellisia ja teknologisia muutoksia resurssitehokkaan ja vähähiilisen talouden saavuttamiseksi (Amanatidis 2022).

Liiallinen kulutus ja resurssien liikakäyttö sekä saastuttaminen ovat esimerkkejä ihmisten aiheuttamista ympäristöongelmista. Tekstiili- ja muotialalla tämä tarkoittaa sitä, että on entistä tärkeämpää pyrkiä vastuullisiin ratkaisuihin. Eli tuotteiden ympäristölle aiheuttama vaikutus tulee minimoida. Siksi tulisi painottaa vastuulliseen suunnitteluun sekä ympäristölle kestävämpien materiaalien käyttöön. (Ljungberg 2005, 477.) Ongelmat, joita Euroopan Unionin tekstiilistrategiassa³ otetaan esille, ovat pikamuodin ja ylikulutuksen lisäksi muun muassa tekstiilien käyttöajan lyhyys ja materiaalien laatu. Aikaisemmin tuotteiden uudelleenkäyttöön ja korjaamiseen ei ole kannustettu, eikä niiden pitkäaikaisuus tai kierrätysmahdollisuudet ole olleet alkuperinkään suunnittelun tavoitteena. Siksi EU:n tekstiilistrategian tavoitteena on saada tekstiili- ja muotiala siirtymään kohti kiertotaloutta, sekä yrityksiä tarttumaan ekotehokkaampien innovaatioiden ja teknologioiden käyttöön. (Euroopan Komissio 2022, 1 & 9.) Esimerkiksi pelkästään Suomessa tuotetaan tekstiilijätettä vuosittain jopa 85 miljoonaa kiloa. Suurin osa tekstiileistä ja vaatteista Suomessa päätyy hyväntekeväisyysjärjestöille, mutta niistä lahjoituksista vain noin 15 % on käyttökelpoisia uudelleen myytäviksi. Tämä voidaan tulkita niin, että Suomessa tekstiilijätettä lähinnä kierrätetään hyväntekeväisyysjärjestöjen kautta. (Dahlbo, Rautiainen, Savolainen, Oksanen, Nurmi, Virta & Pokela 2021, 34–35.)

² Eurooppa 2020, Älykkään, kestävä ja osallistavan kasvun strategia 2010

³ Euroopan Komission tiedonanto parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Kestäviä ja kiertotalouteen perustuvia tekstiilejä koskeva EU:n strategia 30.03.2022

Aikaisemmin opinnäytetyössä todettiin, että jopa 37 % tuotetuista vaatteista ei päädy edes asiakkaalle asti (Mattson Culafic 2021). Tällainen tuotantotapa ei ole millään tavoin materiaalitehokasta. Euroopan Unionin tekstiilistrategiassa tätä asiaa käsitellään niin, että yritysten tulisi olla velvoitettuja avoimempaan viestintään myymättä jääneiden tuotteiden määristä sekä kertoa miten myymättä jääneet vaatteet ja tekstiilit ovat poistettu. Komissio haluaa selvityksen poistettujen vaatteiden ja tekstiilien jatkokäsittelystä, eli onko ne otettu tuotannossa uudelleenkäyttöön, kierrätetty, poltettu vai viety kaatopaikalle. Mahdollisesti tulevaisuudessa, komissiolla voisi olla valtuudet kieltää myymättä jääneiden vaatteiden ja tekstiilien hävittäminen. EU:n tekstiilistrategiassa painotetaan myös digitaalisten työkalujen ja teknologian merkitystä tavoitteiden saavuttamiseksi. (Euroopan Komissio 2022, 5.) Euroopan Unioni pyrkii siis entistä aktiivisemmin ohjaamaan yrityksiä valitsemaan ekotehokkaampia tapoja toimia muun muassa tekstiilistrategian avulla. Tekstiilistrategialla osoitetaan materiaali- ja energiatehokkaampien toimintamallien olevan järkevää ympäristönäkökulman lisäksi myös taloudellisesti.

5.4 3D-ohjelmat ja ekotehokkuus

Uskotaan, että 3D-mallintamisen hyödyntämisellä on ympäristöön ja sosiaaliin vastuullisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Papahristoun ja Bilaloksen mukaan 3D-ohjelmien käyttöönotolla tuotekehitysprosesseissa tai jopa laajemmin vaateusialalla voitaisiin vähentää suuria määriä alan aiheuttamia päästöjä sekä tekstiilijätettä. 3D-ohjelmistojen käyttöönotolla voidaan mahdollisesti vähentää tarvittavien tuotantonäytteiden määrää, jos vain perinteisen tuotekehitysprosessin jatkuvasta näytteiden edestakaisesta lähettelystä uskalletaan samalla päästä eroon. (Papahristou & Bilalis 2017, 212–213.) Siirtymällä tuotekehitysprosessissa täysin digitaaliseen mallikappaleiden valmistamiseen, yritykset voivat mahdollisesti vähentää tekstiilijätettä jopa 80 % (Browzwear 2023a; Browzwear 2023b), mikä tarkoittaa merkittävää materiaalitehokkuuden parantamista. Bengs kertoo Pure Waste Oy:n varastoinnin, myynnin sekä asiakaskunnan sijaitsevan Euroopassa. Koska tuotanto sijaitsee Italiassa, huomiota tulee kiinnittää erityi-

sesti kuljetusmuotoihin ja kuljetusten määriin, sekä edistää energiatehokkaampaa tuotantoketjun hallintaa. Toimeksiantajayrityksellä puolet kuljetuksista aiheutuvista päästöistä tulee lentorahdeista. Tätä perustellaan sillä, että kiireellisissä tapauksissa lentoteitse tapahtuva kuljetus on välttämätön. (Bengs 2021, 21.) Jos kaikki lentoteitse tapahtuva kuljetus johtuu fyysisten mallikappaleiden käytöstä, voidaan tehdä oletus, että tarvittavien mallikappaleiden määrää vähentämällä esimerkiksi 3D-ohjelmia hyödyntäen, tuotantoketjun energiatehokkuutta voitaisiin parantaa.

5.4.1 Case: Halti

Halti on suomalainen, korkealaatuisia ulkoiluvaatteita, kenkiä ja varusteita valmistava brändi. Yrityksen suunnittelun lähtökohtana on käytännöllinen ja liikkumiseen tarkoitettu vaatetus, ajattomalla ulkonäöllä. (Halti 2023.) Halti on siirtynyt käyttämään 3D-ohjelmaa osana tuotekehitysprosessia yli viisi vuotta sitten, osana päätöstä ratkoa mallikappaleisiin liittyvää vastuullisuusongelmaa. Haltin Head of Operation, Laura Roman, kertoo Fab-lehden vuoden 2020 haastattelussa 3D-suunnitteluprosessin alkavan, kun mallimestarin luodut kaavat syötetään 3D-ohjelmaan. Ohjelmassa kaavoista luodut vaatteet puetaan avattaren päälle, jossa vaatteeseen voidaan tehdä vielä muutoksia. Ohjelmaan saa myös ladattua oikeat materiaalit, niin että niiden ominaisuudet ovat tunnistettavissa. Laura Roman kertoo, että ennen siirtymistä 3D-ohjelmien käyttöön, yhden tuotteen tuotekehitysprosessissa saatettiin lennättää mallikappaleita tehtaan ja suunnittelijan välillä jopa neljä kertaa. Nyt 3D-ohjelmaa käyttäessä tuotekehitysprosessin aikana riittää usein tuotteesta vain yksi mallikappale. Lisäksi suunnitteluprosessin aika on lyhentynyt ja luonnonvaroja säästynyt. (Roman 2020.)

6 Tuotekehitysprosessin kehittäminen

Tässä kappaleessa käydään läpi toimeksiantajan tuotekehitysprosessi ja analysoidaan läpikäytyjä teoriaosuuksia. Osion tavoitteena on analysoida jo käytyjä

teemoja kehittämistutkimusta silmällä pitäen niin, että saadaan vastaukset opinäytetyön tutkimuskysymyksiin, sekä luotua prosessiehdotus ekotehokkaammasta tuotekehitysprosessista toimeksiantajalle 3D-ohjelmia hyödyntäen.

6.1 Toimeksiantajan tuotekehitysprosessi

Tässä osiossa tutustutaan lähemmin toimeksiantajan tuotekehitysprosessiin. Koska toimeksiantaja tuottaa myös tekstiilimateriaalinsa itse, on tärkeää ottaa huomioon myös materiaalin tuotekehitysprosessi. Sain toimeksiantajayritykseltä yksityisen tiedoksiannon sähköpostitse suunnittelujohtajalta, missä tuotekehitysprosessista on kerrottu Pure Waste Textiles Oy:n suunnittelutiimin näkökulmasta.

Pure Wasten omien tuotteiden tuotekehitysprosessi perustuu pitkälti Classic-malliston tuotteiden ajoittaiseen päivittämiseen. Varsinaisia uusia tuotteita ei välttämättä suunnitella vaan pyritään kehittämään tuotteita pienin lisäyksin ajankohtaiseen tyyliin sopivaksi. Koska suuri osa toimeksiantajan asiakkaista koostuu yrityksistä, tuotekehitystä tapahtuu asiakkaan toiveen mukaisesti. Suunnittelutiimillä on usein suuri vastuu uuden projektin alkuvaiheessa, varsinkin silloin, jos asiakkaalla ei ole minkäänlaista kokemusta tekstiilien tai vaatteiden tuottamisesta. Asiakkaan kanssa käydään tarkasti läpi mitä he oikeasti haluavat, mitä Pure Wasten materiaalien mahdollisuudet sekä ominaisuudet ovat ja millaisia tuotteita Pure Waste on aikaisemmin tuottanut. Tämän kartoituksen ja ideoinnin jälkeen suunnittelutiimi piirtää Illustratoria käyttäen luonnoksia tuotteista ja mahdollisista printeistä (Korkiakoski 2023.)

“Yksi vahvuuksistamme on aina ollut se, että asiakkaiden ei tarvitse olla tekstiili- ja vaatetusalan ammattilaisia tilataksaan meiltä heidän suunnittelemaansa tuotteita. Riittää, että heillä on idea ja edes jonkinlainen ajatus siitä mitä haluavat. Osa asiakkaistamme on alan ammattilaisia ja he toimittavat tuotteiden ohjeistukset ja mahdollisesti jopa kaavatkin valmiina tiedostoina. Tällöin asiakkaalta saatuun

materiaalin tutustutaan tarkoin ja tarvittaessa muokataan ohjetiedostoja muotoon, jota yleisemmin käytämme tehtaamme kanssa.”
(Korkiakoski 2023.)

Kun tuote on suunniteltu ja hyväksytty, oli kyseessä sitten asiakkaalle luotu tai sitten omiin myyntikanaviin suunniteltu tuote, aloitetaan näytevaihe. Pure Waste Textiles Oy on tehnyt yhteistyötä yli kymmenen vuoden ajan Vardhan Industriesin kanssa, joten monet käytänteet ovat jo vakiintuneet. Jotta tuotekehitysprosessi sujuu mahdollisimman hyvin, on tärkeää luoda tarvittavat dokumentit aina samalla tavalla ja käyttäen yhteistä verkossa toimivaa seurannan ja hallinnan ohjelmaa. Näin varmistetaan yhteisymmärrys ja selkeä prosessin kulku. Tehtaalle lähetettäviin dokumentteihin kuuluu muun muassa ohjeistukset, jotka sisältävät tuotteen mittataulukon ja kokojen sarjonnan sekä Illustratorilla valmistetut tuoteohjeet, eli viivapiirroksiset sisällyttäen tarvittavat kuvatut yksityiskohdat ja rakenteet. Mahdolliset printit sekä niska-, pesu ja riippulaput ohjeistetaan myös Illustratoria käyttäen. Tavoitteena on lähettää mahdollisimman tarkat ja painovalmiit PDF-tiedostot. Toimeksiantajan tuotteet valmistetaan Intiassa. Vuosien saatossa tehtaalle on kertynyt Pure Wasten tuotteista laaja kaavakirjasto erinäisten tuotekehitysprosessien tuloksena. Tehtaalla työskentelee 2–4 kaavamestaria, jotka piirtävät kaavat käsin. Jos asiakkaalla on kaavat jo valmiina digitaalisina tiedostoina, ne on mahdollista tulostaa ostopalveluna, jotta ne saadaan käyttöön. (Korkiakoski 2023.)

Tuotekehitysprosessin aikana tarvitaan usein seuraavat näytteet: “proto/fit sample” eli sovitusnäyte, “salesman sample” (SMS) eli myyntimiesnäyte, “pre-production sample” (PP) eli esituotantonäyte sekä “shipment sample” eli tuotannon satunnaisnäyte. Joskus saatetaan tarvita useampi sovitusnäyte, jotta säävytetaan tuotteen oikea istuvuus ja mittasuhteet. Tehdas lähettää näytteet Pure Wasten toimistolle Helsinkiin kuriirilla (UPS:n tai DHL:n kuljetuspalveluilla). Kun näytteet saapuvat ne tarkastetaan. Tarkastukseen kuuluu muun muassa mittojen tarkastaminen sekä rakenteiden vertailu tehtaalle annettuihin ohjeisiin tai edellisiin kommentteihin. Lisäksi voidaan tarvittaessa pyytää myös asiakkaan kommentit, muutosehdotukset tai hyväksyntä ennen seuraavaa vaihetta. Jos

mallikappaleessa on jotain muutettavaa, mittataulukkoita ja ohjeistuksia kommentoidaan sekä lähetetään takaisin palautteena tehtaalte. Tehdas tekee tarvittavat muutokset ja lähettää uuden näytteen. Näytevaihe voi kestää viikoista useampiin kuukausiin, riippuen siitä millainen tuote on kyseessä. Jos tarkoituksena on tuottaa asiakkaalle lisätilaus tai asiakas tilaa Pure Waste Textiles Oy:n olemassa olevista malleista, pelkkä PP-sample usein riittää. Jos tuotannon aloituksella on kiire, saatetaan printeistä ja niska-, pesu ja riippulapuista pyytää vain erilliset näytteet, jotka ei ole varsinaisissa tuotteissa kiinnitettyinä. Esimerkiksi "print strike off –sample", millä tarkoitetaan erilliselle kangaspalalle valmistettua printtinäytettä. (Korkiakoski 2023.)

“Tuotteen näytevaihe on saatu päätökseen, kun se vastaa pyydettyä niin mitoiltaan, rakenteeltaan kuin yksityiskohdiltaankin. Tällöin tuote on valmis tuotantoon.” (Korkiakoski 2023.)

Kun mallikappale vastaa haluttua, tuotanto voi alkaa. Tällöin tehtaan kanssa neuvotellaan tilaukselle tuotantoaika. Tehdas vastaa muun muassa materiaalien valmistuksesta ja myös tarvittaessa lankojen ostosta sekä kankaan neulonnasta tai kudonnasta, lisätarvikkeiden hankinnasta ja usein myös tarvittavien niska-, pesu- ja riippulappujen valmistuksesta. Tehtaan vastuulla on vaateen tuotantoketju, sisältäen leikkuun, mahdollisen printtauksen, tuotteiden ompelun, viimeistelyn, pakkaamisen sekä ennalta sovittuun satamaan tai terminaaliin toimittamisen. (Korkiakoski 2023.)

Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksen Pure Waste Textiles Oy:n tuotteiden suunnittelu tapahtuu Helsingissä, materiaalin valmistaminen ja vaatteiden ompelu pääsääntöisesti Intiassa Pure Wasten yhteistyökumppanin Vardhan Industriesin tehtaalla (Pure Waste 2023a). Tekstiili valmistetaan kerätystä leikkuujätteestä, joka on lajiteltu värien mukaisesti, eli erillistä värjäysprosessia ei tarvita (Pure Waste 2023b). Yrityksen tuotekehitystä tehdään uusien mallien suunnittelun lisäksi myös testaamalla erilaisia lankojen sekä materiaalien koostumuksia ja värejä. Materiaalien tuotekehityksen pyrkimyksenä on muun muassa hyväksikäyttää kerätystä tekstiilijätteestä ylijäävää materiaalia, esimerkiksi niitä värejä,

jotka eivät ole käytössä Classic-mallistossa. Pure Wasten tuotteet suunnitellaan suurimmalta osin unisex-kokoihin yksinkertaisella tyyllillä huomioiden yritysasiakkaan sekä tavallisen kuluttajan tarpeet. Tuotteiden tuotekehitysprosessissa on ajateltu myös helppoa kierrätettävyyttä, joten niistä on jätetty pois ylimääräiset lisätarvikkeet ja koristeet. (Bengs 2021, 13.)

Tuotekehitysprosessin alkuvaiheiden tiedonhankinnalla ja konseptin suunnittelulla on suuri merkitys siihen, miten ja kuinka paljon tuotetta valmistetaan. Lisäksi on tärkeää olla selvillä ajankohtaisista sesongin ja kohderyhmän tarpeista sekä trendeistä, jotta materiaalien hankinta ja vaateen tuotanto voidaan ajoittaa oikein, eikä mahdollisia hutimallistoja synny. Haasteita tuotekehitysprosessiin tuo globaalit tuotantoketjut. Kun tuotantoketju jakautuu kansainvälisesti ja usean eri henkilön vastuulle, informaation kulku voi heikentyä. Tämän ongelman Pure Waste on ratkaissut luomalla pitkäaikaisen yhteistyösuhteen Vardhan Industriesin kanssa, jolloin vakiintuneet käytänteet varmistavat yhteisymmärryksen sekä taatun laadun. Tuotantoketjut ovat suuri osa tuotekehitysprosessia, siksi niiden hallinta ja kehittäminen on myös tärkeää tavoitellessa vastuullisuutta. Tuotekehitysprosessin ja tuotantoketjun hallinnan ympäristöä kuluttaviin haasteisiin liittyy muun muassa mallikappaleiden valmistamisen määrä, kuljetusmuodot ja kuljetusten etäisyydet. Muita tuotannollisia ongelmia ovat etenkin ylituotanto, tekstiilijätteen määrä ja myymättä jääneet tekstiilit- ja vaatteet.

Pure Wasten tuotantomalli ei vastaa varsinaisesti perinteistä kausittaista tuotantoa, vaan tuotteita valmistetaan asiakkaiden tilauksesta. Tällä ei kuitenkaan tarkoiteta yksittäiskappaleita, vaan tilauksen tulee täyttää minimimäärä. Tuotannon rytmi voi siis vaihdella, sillä yrityksellä ei ole selkeää kausittaista mallistokiertoa. Omiin myyntikanaviin tulevat tuotteet ovat usein Classic-mallistoa tai pienempiä erikoiseriä, joiden tuotekehitysprosessit eivät kausikohtaisestikaan suuremmin muutu. Tuotekehitystä tehdään tältä osin esimerkiksi materiaalin värien osalta, jolloin saadaan mahdollisesti muun muassa trendivärejä myyntiin.

6.2 3D-ohjelmien soveltaminen tuotekehitysprosessissa

Tässä kohtaa opinnäytetyötä kootaan teorian pohjalta tietoa, kuinka 3D-ohjelmia voidaan soveltaa tuotekehitysprosessissa. Tavoitteena on vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, eli millaisia toimintoja 3D-ohjelmat vaatetus-alalla tarjoavat käyttäjälleen, ja missä tuotekehitysprosessien vaiheissa niitä voidaan hyödyntää? Kappaleessa käsitellään teemaa toimeksiantajan tuotekehitysprosessia peilaten. Lisäksi esitellään kehittämistutkimuksena tuotettu prosessiehdotus. Prosessiehdotusta käsitellään kahdessa tasossa: Osittaisen 3D-ohjelman käyttöönoton mallina sekä kokonaisvaltaisena 3D-ohjelman integrointina. Osittaisen käyttöönoton mallilla tarkoitetaan mahdollisuutta matalan kynnyksen kokeiluun jo aikaisemmin CLO-suunnitteluohjelmalla luotuja 3D-kirjaston tuotteita hyödyntäen. Tavoitteena on osoittaa millaisia vaikutuksia ja hyötyjä osittaisella 3D-ohjelman käyttöönotolla voi olla. Toisessa tasossa analysoidaan millä tavoin 3D-suunnitteluohjelman kaikki tarjoamat ominaisuudet ja lisäosat voisi integroida kokonaisvaltaisesti Pure Wasten tuotekehitysprosessiin olettaen mahdollisuudet muutoksiin toimeksiantajan Suomen, kuin Intian toimipisteissä.

Tässä osiossa esiteltävissä prosessiehdotuksissa on käytetty CLO3D-suunnitteluohjelmaa. Käytin CLO-suunnitteluohjelmaa myös aikaisemmassa 3D-tuotekirjasto projektissani Pure Wastelle. Koska 3D-tuotekirjasto on jo valmiina CLO-suunnitteluohjelman sisällä sekä Pure Waste Textiles Oy:n omissa tietokannoissa, CLO:n käyttöönotto on toimeksiantajayritykselle mahdollisesti helpompaa. Päädyin käyttämään CLO:ta aiemmin esitellyssä projektissa, sillä sen ohjelman käyttö oli minulle entuudestaan tuttua. Uskon myös, että CLO-suunnitteluohjelma sopii toimeksiantajan tarpeisiin sen monipuolisuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi. CLO ohjelma kattaa hyvin kaiken tarpeellisen, eikä sen valinnalla varsinaisesti menetä mitään merkittävää, mitä jokin toinen 3D-ohjelma tarjoaisi eri tavoin. Eroavaisuudet esimerkiksi CLO:n ja Browzwearin välillä ovat lähinnä käyttäjäkokemuksessa, joten siinä mielessä molempien ohjelmien testaaminen yrityksessä, ja sitä kautta valinnan tekeminen olisi myös varteenotettava keino 3D-ohjelmaa valittaessa.

Pure Wasten asiakkaiden tarpeisiin suunniteltavien tuotteiden tuotekehitysprosessi kerrotaan alkavan niin, että asiakkaille esitetään viivapiirroksia ja printtiedotuksia. Nämä voisivat olla etenkin tekstiili- ja vaatetusala ymmärtämättömille haasteellisia hahmottaa. Tuotteen materiaalin ominaisuudet, väljyys, istuvuus ja muut yksityiskohdat eivät käy ilmi tasokuvista. 3D-suunnitteluohjelmalla luotu mallikappale antaisi realistisemmän kuvan tuotteesta, sen rakenteista ja käytettävän materiaalin ominaisuuksista. Luomalla 3D-näytekappaleen jo tuotekehitysprosessin alkuvaiheessa, tuote voitaisiin esitellä muun muassa eri väreissä sekä eri materiaaleja käyttäen. Uuden asiakasprojektin alkuvaiheessa 3D-mallinnettun vaatteen esittely toimisi tuotekehitysprosessissa etenkin, jos kyseessä olisi Pure Wasten oman malliston tuotteita, joihin tehdään muutoksena vain esimerkiksi yritysasiakkaan logo printattuna. Printin skaalaaminen ja asettelu, sekä ohjelmasta suoraan saatavat mitat printin koosta ja sijainnista tehtaalle tehtävää ohjeistusta varten nopeuttaisi työskentelyä sekä helpottaisi asiakkaan ymmärrystä miltä tilattu tuote tulisi todellisuudessa näyttämään. 3D-ohjelman käytöllä olisi myös markkinointiin liittyvä etu. Tuotteiden havainnollistaminen 3D-teknologiaa hyödyntäen voisi lisätä kiinnostavuutta sekä nopeuttaa konseptin suunnittelun ja tuotteen muotoilun prosesseja.

Toimeksiantajan käyttämien mallikappaleiden määrä on tyypillinen, mutta helposti vähennettävissä. Suunnittelujohtaja Krista Korkiakoski kertoi Pure Wasten yleisimpien tuotekehitysprosessien perustuvan jo olemassa olevien tuotteiden pieniin muokkauksiin ja kehittämiseen ajankohtaisemmiksi. Tällaisten pienten muutosten tekeminen 3D-suunnitteluohjelmaa hyödyntämällä voisi vähentää esituotannossa valmistettavien fyysisten mallikappaleiden määrää tai parhaimmassa tapauksessa niistä voisi luopua kokonaan. Tuotteeseen tehtyjä mittamuutoksia voisi visualisoida 3D-ohjelman avattaren päällä, jotta saataisiin selville muutosten vaikutukset tuotteen mittasuhteisiin, istuvuuteen ja muutenkin ulkonäköön. Tämän avulla voitaisiin luoda muokatut ohjeistukset tuotteesta tehtaalle, ilman ensimmäistä sovitusnäytettä, sillä muutosten vaikutukset ovat jo tiedossa. Myös enemmän muutoksia vaativat tuotekehitysprosessit nopeutuvat 3D-suunnitteluohjelmaa käyttämällä, sillä esimerkiksi yksityiskohtien sijainnit, koko ja miltä ne tuotteessa näyttävät nähdään jo 3D-muotoillusta tuotteesta.

6.2.1 Osittaisen käyttöönoton malli

Kuten aikaisemmin on esitelty, loin Pure Wastelle 3D-tuotekirjaston heidän eniten käytetyistä ja myydyistä tuotteista. Tällä osittaisen CLO-suunnitteluohjelman käyttöönoton mallilla esitellään, kuinka nämä 3D-tuotekirjaston tuotteet voisi ottaa käyttöön sellaisenaan sekä miten niiden hyödyntämien vaikuttaa toimeksiantajan tuotekehitysprosessiin.

Kuten jo aikaisemmin opinnäytetyössä on esitelty, yhtenä osatavoitteista oli myös saada aikaisemman projektin aikana luodut 3D-mallinnukset käyttöön. Projektissa mallinsin CLO3D-suunnitteluohjelmalla kahdeksan toimeksiantajan tuotetta. Näitä malleja olivat lyhyt- ja pitkähihainen T-paita, huppari ja collegepaita, kaikki "regular" ja "loose"-istuvuuksilla. Näistä tuotteista on valmiit 2D-kaavat ja 3D-mallinnukset Pure Wasten tietokannoissa. Tiedostot on tallennettu niin, että ne voidaan avata CLO-ohjelmassa, ja tarvittaessa luoda kopiot muokattavaksi.



Kuva 8. Tuotekehitysprosessin vaiheet esitettynä, sekä mihin vaiheisiin osittainen 3D-ohjelman käyttöönotto vaikuttaa. Prosessissa on otettu huomioon valmiiksi luotu 3D-tuotekirjasto.

Konseptin suunnittelu

CLO-suunnitteluohjelma voisi olla mukana prosessissa jo konseptin suunnittelun aikana. CLO3D-ohjelma nopeuttaisi erilaisten mallien ja variaatioiden suunnittelua. Se antaisi mahdollisuuden muun muassa asiakkaiden toivomien printtien, värien tai vaikka taskujen testailuun, sekä myyntimateriaalin luontiin, joko käyttäen valmiita 3D-tuotekirjaston tuotteita tai muokkaamalla ja kuosittelemalla niiden 2D-kaavoja esimerkiksi asiakkaan toiveiden mukaisiksi. 3D-mallinnettu tuote toimisi hyvin jo siis myyntimiesnäytteenä. Renderöimällä kuvia tai animaatioita valmistetuista 3D-tuotteista voisi luoda yhtenäisen katalogin suunnitelluista tuotteista, jota olisi helppo muokata asiakkaiden tarpeiden mukaiseksi.

Mallikappaleiden valmistaminen

3D-mallikappaleita on jo luotuna valmiiksi, ja niistä voisi nähdä niiden istuvuuden sekä eri väri variaatiot. Jos jo valmiiksi luodut 3D-tuotekirjaston tuotteet olisivat sellaisenaan ilman istuvuuteen vaikuttavia muutoksia myyty joko omiin myyntikanaviin tai yritysasiakkaalle, mutta esimerkiksi uudella printillä, pelkkä *"print strike-off"* -näyte voisi riittää. Kankaalle tehdyllä printinäytteellä saataisiin tieto siitä, kuinka printin värit toistuvat eri väristen materiaalien päällä. Kuitenkin printin oikea koko ja sijainti tuotteessa varmistettaisiin CLO3D-suunnitteluohjelmassa.

Jo osittaisen käyttöönoton suurimpana hyötynä olisi fyysisten mallikappaleiden määrän vähentäminen, sillä jo suunnittelijan pöydällä voitaisiin tarkistaa mittojen paikkansapitävyys ilman varsinaisten kaavojen ja vaatteen valmistamista. Tällä tavoin voitaisiin välttyä ainakin ensimmäiseltä sovituskäytänneltä ja mahdolliselta fyysiseltä myyntimiesnäytteeltä.



Kuva 9. Renderöidyt kuvat Pure Wasten 3D-mallinnetuista pitkä- ja lyhythihaisista T-paidoista.

Kaavojen muokkaus ja leikkaus

3D-ohjelmaan valmiiksi luotujen tuotteiden 2D-kaavoja voisi hyödyntää myös monimutkaisempien ja uusien tuotteiden tuotekehitysprosessissa. 3D-tuotekirjaston tuotteiden 2D-kaavoja voisi helposti muokata ja kuositella CLO-suunniteluohjelmassa. Näitä valmiita kaavoja voisi siis hyödyntää sekä olemassa olevien, että uusien tuotteiden tuotekehitysprosessissa. Koska toimeksiantajan tapauksessa tehtaalla kaavat valmistetaan käsin, kommunikointi tehtaan ja suunnittelun henkilöstön välillä tapahtuisi edelleen perinteiseen tapaan PDF-ohjeistuksien välityksellä. CLO3D:tä käytettäisiin lähinnä suunnittelijan työtä helpottavana työkaluna tuotekehitysprosessissa. CLO-ohjelmassa valmistettuja kaavoja ei sellaisenaan lähettäisi tehtaalle, vaan ne jäävät suunnittelijalle. Nykyisten 3D-tuotekirjaston tuotteiden 2D-kaavat ovat valmistettu valmiiden tuotteiden mittojen mukaisesti.

Osittaisen käyttöönoton mallissa, jossa toimeksiantaja ottaisi käyttöön jo valmiiksi luodut 3D-tuotekirjaston tuotteet, voisi vaikuttaa etenkin mallikappaleiden

määrän vähentämiseen. Lisäksi visualisointi 3D-tekniologialla mahdollistaisi selkeämmän kommunikaation asiakkaan, markkinoinnin ja suunnittelijan välillä, sillä 3D-mallinnettu tuote antaa realistisemman kuvan siitä, mitä aiotaan toteuttaa. Tuotekehitysprosessista voisi saada tällä tavoin myös nopeamman, jolloin mahdollisilta kiireellisiltä rahtilauksilta voitaisiin välttyä. Lisäksi uuden teknologian hyödyntäminen voisi antaa myös positiivisen kuvan yrityksestä ja lisätä kiinnostusta yhteistyöhön.

6.2.2 Kokonaisvaltainen integrointi

CLO-suunnitteluohjelma tarjoaa monenlaisia välineitä yrityksen tarpeisiin. Integroimalla koko ohjelman käytön toimeksiantajan tuotekehitysprosessiin vaatisi enemmän toiminnallisia muutoksia, jonka käyttöönotto vaatii enemmän aikaa kuin ensimmäisen osittaisen käyttöönoton mallin toteuttaminen. Seuraavaksi esittelen millä tavoin kokonaisvaltainen CLO-suunnitteluohjelman integrointi yrityksen tuotekehitysprosessiin tapahtuu.



Kuva 10. Kokonaisvaltaisen CLO3D-ohjelman integroinnin vaikutusalue tuotekehitysprosessin vaiheisiin.

Seuraavaksi esitellään CLO3D-suunnitteluohjelman käyttöönottoon vaadittavat muutokset, sen tarjoamat välineet ja käytön vaikutukset tuotekehitysprosessin eri vaiheissa yksitellen:

Tiedonhankinta ja analysointi

Kun tulevaa mallistoa tai yksittäistä tuotetta varten tehdään esiselvitystä, valitut materiaalit ja lisätarvikkeet voitaisiin luoda ja lisätä CLO3D-ohjelman *CLO-Vi-seen*, eli tietokantoihin. 3D-suunnitteluohjelmaan voisi tehdä jokaiselle mallistolle omat kansiot tarvittavine sisältöineen, jolloin olisi helpompi tarkastella, jos esimerkiksi samaa materiaalia ja väriä haluaisi testata uudessa mallissa myöhemmin.

CONNECT CLO-SET on laaja yhteisö ja galleria, jossa voisi käydä inspiroitumassa ja hahmottamassa trendien suuntauksia. Sieltä voisi myös löytää sekä hankkia lisätarvikkeita tai materiaaleja muun muassa avattaren stailaamiseen, jos tarkoituksena olisi luoda esimerkiksi uskottavaa markkinointimateriaalia.

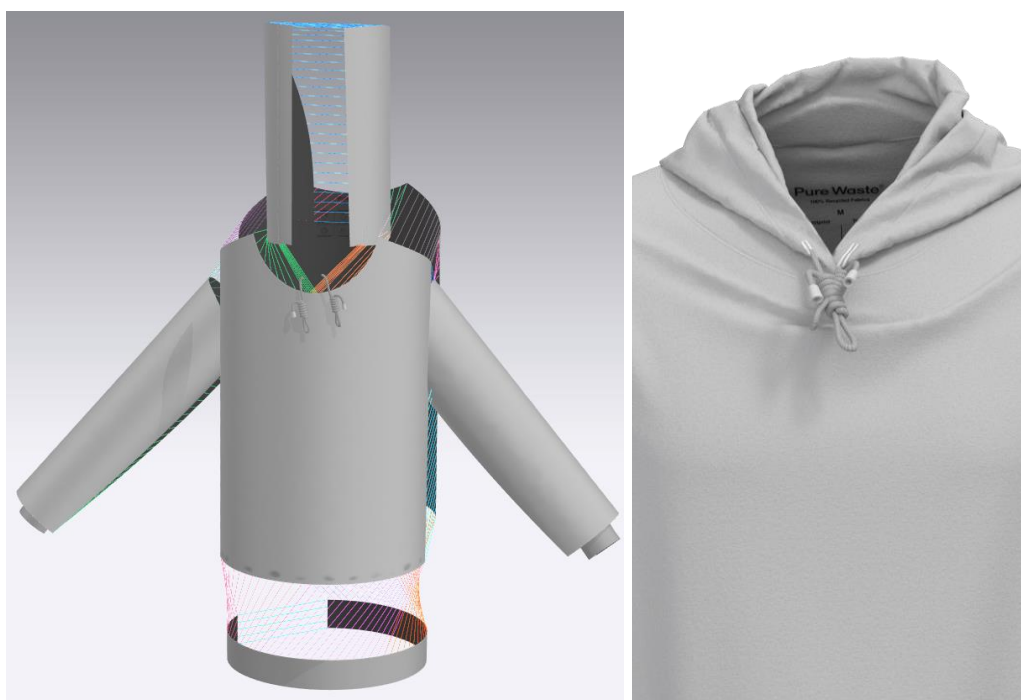
Konseptin suunnittelu

Kuten osittaisen käyttöönoton mallissa osoitettiin, CLO-ohjelmaa voitaisiin hyödyntää jo konseptin suunnitteluvaiheessa. Lisäksi *CONNECT* pilvipalvelu tarjoaisi alustan esimerkiksi suunnittelijoiden ja markkinoinnin henkilöstön välille, jonka avulla kommunikointi ja tuotteiden kommentointi voisi tapahtua.

3D-ohjelman käyttö antaisi lähes rajattomat mahdollisuudet erilaisten konseptien suunnitteluun. Se voisi mahdollistaa myös mallistot vain digitaalisissa ympäristöissä ja osallistumisen muun muassa digitaalisiin näytöksiin ja messuihin. Esimerkiksi digitaalisten erikoismallistojen tai -tuotteiden myynti *JINNY*-palvelua hyödyntäen. 3D-mallinnukset voivat luoda kiinnostavaa markkinointimateriaalia ja pidemmälle vietyinä tehdä virtuaalisen sovittamisen tai vaatteiden pukemisen *Metaversessä* mahdolliseksi.

Mallikappaleiden valmistaminen

3D-ohjelman käyttö kulminoituu erityisesti mallikappaleiden valmistamisen prosessin nopeuttamiseen, ja käyttöönoton vaikutukset näkyvät eniten esivalmistusvaiheessa kokonaisuudessaan. Kuten osittaisen käyttöönoton mallissa jo kuvailtiin, mallikappaleiden luonti 3D-ohjelmaa käyttäen, mahdollistaisi muutosten tekemisen nopeammin ja printtien, värien sekä materiaalien testailun.



Kuva 11. CLO3D-ohjelmassa luotu asetelma hupparin 2D-kaavoista, jotka omellaan yhteen (vasemmalla). Renderöity kuva, jossa näkyy sisäpuolen niska-printti ja muita yksityiskohtia (oikealla).

Etenkin monimutkaisempien uusien tuotteiden tuotekehitysprosessissa 3D-ohjelman käyttöönotto voisi olla hyödyksi monestakin syystä. Hankalien rakenteiden sekä yksityiskohtien sijainnit ja koot saataisiin helpommin visualisoitua oikeissa mittasuhteissa CLO3D-suunnitteluohjelmassa, kuin esimerkiksi luonnosten ja viivapiirustusten pohjalta. Erityisesti tällaisten tapausten kohdalla tuotekehitysprosessi voi vaatia monia mallikappaleita, mutta 3D-mallikappaleiden

avulla, määrät vähenisivät. Lisäksi saataisiin nopeasti selville, olisiko siitä mahdollista tehdä materiaalitehokkaampi muun muassa kaavoituksen osalta, tai olisiko tuote ylipäättään mallistoon sopiva.

Kaavojen muokkaus ja leikkaus

Kaavat valmistettaisiin CLO3D-ohjelmassa, jossa tapahtuisi myös sarjonta ja mittataulukoiden hallinta. Tämä vaatisi mallimestarin, joka olisi osana tuotekehitystiimiä. Tässä skenaariossa Intian tehtaalla ei tapahtuisi enää kaavoitusta, vaan kaavat lähetettäisiin sinne joko tulostettavaksi ostopalvelun kautta tai hankittaisiin tehtaalle oma kaavatulostin. Tällä tavoin ei vaadittaisi 3D-osaamista Intiassa, ja mallimestarin luodut kaavat voidaan sellaisenaan tulostaa tehtaalla paikan päällä. Koska 2D-kaavoja olisi sovitettu avattaren päällä eri asennoissa jo 3D-ohjelmassa, tiedettäisiin tuotteen olevan istuvuuksiltaan ja mittasuhteiltaan oikeanlainen.

Tuotantoprosessi

CLO-ohjelman *CONNECT*-pilvipalvelussa voitaisiin reaaliajassa seurata tuotekehitysprosessin ja tuotantoprosessin kulkua, sekä päivittää *CLO-Visen* tietokantoihin muun muassa mallistossa käytettävien värien, materiaalien ja lisätarvikkeiden tilanne. Tuotantoprosessi Intiassa tulisi olemaan hieman erilainen. Vaikka tehdas olisi edelleen vastuussa materiaalin hankinnasta ja tuotteiden valmistamisesta, kaavoitus ei enää tapahtuisi siellä käsin, eikä mallikappaleita valmistettaisi todennäköisesti niin paljon kuin ennen. CLO3D-ohjelmassa luotujen 2D-kaavojen toimivuus tulisi tietenkin tarkastaa myös fyysisten tuotteiden osalta esimerkiksi tilaamalla *“pre-production sample”* eli esituotantonäyte ennen massatuotannon aloittamista.

Laadunhallinta

Tuotekehitysprosessissa, jossa 3D-suunnitteluohjelma olisi käytössä, laadunhallinta pohjautuisi silti edelleen fyysisten tuotteiden tarkasteluun digitaalisten

kaavojen ja mallinnusten päivittämisen lisäksi. Vaikka tässä prosessiehdotuksessa kaavoituksesta, mitoituksista ja sarjonnasta vastaa erillinen mallimestari, näytteet valmistetaan edelleen Intiassa, jolloin muun muassa ohjeistuksissa tai mittataulukoissa tapahtuvat näppäilyvirheet voivat olla mahdollisia.

Kokonaisvaltainen CLO-suunnitteluohjelman integrointi vaatisi Pure Wastelta muutoksia nykyisiin PLM-järjestelmiin sekä prosessin uudelleensuunnittelun käytäntöön sopivaksi. Kokonaisvaltainen integrointi sopisi aloittavalle yritykselle tai yritykselle, jossa on huomattu selkeä tarve yhdistää kaikki järjestelmät ja uudistaa prosessit. Muutosta voisi myös tehdä vähitellen, kun huomataan 3D-suunnitteluohjelman hyödyt, ja sen käytöstä tulee luontevampaa.

6.3 Vaikutukset ekotehokkuuteen

Tässä luvussa tarkastellaan teoriapohjaa sekä kehittämistutkimuksena luotuja prosessiehdotuksia ekotehokkuuden näkökulmasta. Tavoitteena on siis vastata opinnäytetyön toiseen tutkimuskysymykseen, eli mitkä ovat 3D-ohjelmien käyttöönoton mahdolliset vaikutukset yrityksen tuotekehitysprosessiin ekotehokkuuden näkökulmasta?

Pure Waste Textiles Oy:n tavoitteena on toimia kestävän kehityksen mukaisesti ja sen toiminta perustuukin kiertotalouteen. Pure Wasten tuotteissa käytettävät materiaalit ovat 100 % kierrätettyä ja ne ovat valmistettu tekstiilijätteestä ja ylijäämästä. Lisäksi tuotteet pyritään suunnittelemaan niin, että ne ovat jatkossa helpompi kierrättää. Intiassa tapahtuvaa tuotantoa perustellaan sillä, että raaka-aineen alkuperä sijoittuu myös sinne. Tällöin tekstiilimateriaaliin tarvittavaa raaka-ainetta ei sellaisenaan tarvitse kuljettaa eri maiden välillä. Pitkä välimatka Intian tehtaalta Helsingin toimistolle ja varastolle aiheuttaa kuitenkin kiireellisten näytteiden lennättämisen meri- tai maakuljetuksen sijasta. Tämän haasteen ratkaisua voidaan tarkastella joko aikataulutuksellisen ongelman kohtaamisella tai mallikappaleiden määrän vähentämisellä. Lisäksi päällekkäiset tuotekehitysprosessit eri asiakkaiden kanssa, ja näin ollen erilaisiin tarpeisiin vastaaminen luovat helposti aikataulullisia haasteita tuotekehitysprosessin alkupäähän.

Kuten teorian pohjalta voidaan todeta, 3D-ohjelmien käytöllä voidaan puuttua tekstiili- ja vaatetusalan yhteen suurimmista haasteista – tekstiilijätteeseen. On kyse sitten tuotannon leikkuujätteestä, ylimääräisistä tai epäonnistuneista mallikappaleista tai myymättä jääneistä tuotteista, 3D-ohjelmien käyttöönotto voi olla ratkaisu materiaalitehokkaampaan tuotekehitysprosessiin. Kuten digitaaliset kaavoitusohjelmat, myös 3D-ohjelmat auttavat materiaalin kulutuksen optimointiin muun muassa luomalla vähiten leikkuujätettä tuottavan leikkuusuunnitelman kaavoille, sekä lisäksi on useasti jo mainittu mahdollisuus mallikappaleiden määrän vähentämiselle. Kun tekstiilimateriaalin kulutusta voidaan vähentää merkittäviä määriä, sen vaikutus tulee näkymään koko tuotteen elinkaaren päästöissä. Ympäristön kuormitus pienenee, kun yhden tuotteen tuotekehitysprosessi vaatii vähemmän materiaalia.

Kun käytössä on uutta teknologiaa ja digitalisoitu prosessi, varmistetaan energiatehokkuus käyttämällä uusiutuvia energianlähteitä ohjelmaa pyörittävissä laitteistoissa. Energiatehokkuutta lisäisi myös kuljetusten vähentyminen, joka tarkoittaa myös muun muassa tuotteen elinkaaren aikana tapahtuvien päästöjen mahdollista pienentymistä ja näin ollen myös kestäväen kehityksen osoittamien ekologisten reunaehtojen parempaa huomiointia. Opinnäytetyössä ei kuitenkaan ole otettu huomioon muun muassa CLO-ohjelman käytössä olevien serverien energiankulutusta, eikä tarkkoja lukuja varsinaisesta energian kulutuksesta tämän osalta ole.

Osittainen käyttöönotto voisi olla sopiva Pure Wasten kaltaiselle yritykselle, jossa tuotteet ovat suhteellisen yksinkertaisia. 3D-suunnitteluohjelman käyttöönotto toimisi lähinnä työkaluna suunnitteluprosessissa sekä auttaisi mallikappaleiden vähentämisessä, ja toimisi osana muun muassa markkinointimateriaaleja. Osittaisen käyttöönoton mallin ja kokonaisvaltaisen integroinnin välillä ei välttämättä ole edes suuria eroja ekotehokkuuden näkökulmasta. Materiaalitehokkuuteen liittyvät eroavaisuudet tulevat lähinnä siinä, että kaavoituksesta aiheutuva paperijätettä saataisiin mahdollisesti vähennettyä siirryttäessä digitaalisten kaavojen tulostamiseen. Lisäksi ohjelman laskemat leikkuusuunnitelmat

minimoivat leikkuujätteen määrän, ja ylipäätään tekstiilimateriaalin määrä vähennee mallikappaleiden valmistamisen vähenemisen mukana. Kokonaisen integraation etuna on monimutkaisempien uusien tuotteiden tuotekehitysprosessin aikataulun lyhentäminen ja tuotekehitysprosessin etenemisen seuranta yhteisesti yhden ohjelman kautta.

7 Johtopäätökset

Tässä kappaleessa kerrataan tutkimuskysymyksiin löytyneet vastaukset ja muut opinnäytetyön aikaansaadut johtopäätökset. Lisäksi pohditaan opinnäytetyön luotettavuutta ja onnistumista.

Tekstiili- ja vaatetusalan tuotekehitysprosessit vaativat uudistusta ilmasto- ja ympäristöystävällisempää tulevaisuutta varten. Tuotekehitys- sekä tuotantoprosessit ovat alalla usein lineaarisia ja täynnä ympäristöä kuluttavia vaiheita. Tähän haasteeseen on pyritty löytämään vastuullisempia ratkaisuja muun muassa uuden ekotehokkaamman teknologian kautta. Yhtenä mahdollisuutena on esitetty siirtymistä entistä digitaalisemmaksi, sekä hyödyntämään 3D-teknologiaa vaatteiden suunnittelu- ja tuotekehitysprosesseissa.

3D-suunnitteluohjelmat tarjoavat välineitä tuotekehitysprosessin digitalisointiin ja vaateen realistiseen visualisointiin. Niiden käyttöönotto on merkityksellisintä juuri mallikappaleiden vähentämisen ja tuotekehitysprosessin nopeuttamisen näkökulmista. Luomalla 3D-mallinnettuja vaatteita, saadaan nopeasti tietoa tuotteen istuvuudesta, mittasuhteista ja ylipäätään visuaalisesta ilmeestä sovitettaessa sitä avattarelle. Tuotetta voidaan testata eri asennoissa ja eri kokoilla hahmoilla. 3D-suunnitteluohjelmassa voidaan luoda yksityiskohtaisia vaatteita muun muassa eri väreissä tai eri materiaaleja käyttäen. 3D-ohjelmien avulla voidaan lisäksi renderöidä aidon oloisia kuvia ja videoita vaatteista esimerkiksi markkinointikäyttöön. 3D-ohjelman käytöllä tuotekehitysprosessissa voidaan saada aikaan merkittäviä materiaali- ja energiatehokkuuteen vaikuttavia muutoksia, esimerkiksi materiaalin käytön vähentämisen sekä tekstiilijätteen minimoinnin osalta. Kun vuosittain suuria määriä mallikappaleita lennätetään

maiden välillä, mallikappaleiden vähentäminen on energiatehokasta ja ympäristön kestävyuden kannalta järkevämpää.

Koska tekstiili- ja vaatetusalan maailmanlaajuiset tuotantoketjut ja toimintamallit ovat monimutkaisia ja vaikeasti hahmotettavissa, on hyvä ymmärtää, ettei koko siirtymää ekotehokkaampaan toimintaan tehdä 3D-ohjelmien käyttöönotolla, vaan se vaatii kokonaisvaltaista asennemuutosta niin yrityksiltä kuin kuluttajiltakin. Minusta on tärkeää, että Euroopan Unioni on luonut strategioita ekotehokkaammalle tekstiili- ja vaatetusosalalle. Pidän sitä erittäin tervetulleena askeleena, että alan haasteisiin todellakin kiinnitetään enemmän huomiota ja sitä pyritään säätelemään. Kyseessä on kuitenkin laajoja ympäristövaikutuksia aiheuttava ja useisiin vaikutusluokkiin vaikuttava teollisuudenala, jonka haasteisiin täytyy löytää ratkaisuja. Ekotehokkaampaa tuotekehitysprosessia tavoitellessa, tulee aktiivisesti myös pyrkiä kohti kestäväen kehityksen toimintamalleja, hyödyntää kiertotalouden innovaatioita ja tunnistaa vaateen elinkaaren ympäristöä kuluttavimmat vaiheet. Tuotekehitysprosessista saadaan kokonaisvaltaisesti ympäristöystävällisempi ja ekotehokkaampi, jos yrityksellä on jo taustalla motivaatiota ja tarkoituspäisyyttä materiaali- ja energiatehokkuuteen, sekä halua siirtyä kohti vihreämpää tulevaisuutta. Tällä tavoin myös 3D-ohjelmien käyttöönotosta voidaan saada paras tulos irti ekotehokkuuden näkökulmasta.

Toimeksiantajalle luotiin kahden tason prosessisuunnitelma, joista ensimmäinen perustui jo valmiina olevan 3D-tuotekirjaston tuotteiden käyttöönotolle, ja toinen tilanteeseen, jossa 3D-ohjelma integroitaisiin täysimittaisesti yrityksen käyttöön. Kummassakin prosessimallissa hyöty painottuu mallikappaleiden 3D-visualisointiin fyysisten mallikappaleiden sijasta, jolloin tuotekehitysprosessista saadaan ekotehokkaampi. Ensimmäisen osittaisen käyttöönoton malli on helposti saavutettavissa ja 3D-ohjelman käyttöönotto tehty toimeksiantajayritykselle mahdollisimman helpoksi. Toinen kokonaisvaltainen integrointi vaatisi yritykseltä suuria muutoksia, jotka koskettaisivat Suomen toimipisteen lisäksi myös Intiaa. Siksi sen käyttöönoton vaatiminen vaatisi aikaa ja lähempää tarkastelua siitä, onko se todellisuudessa kaiken vaivan arvoinen, jos osittaisella käyttöönotolla saadaan jo merkittäviä ekotehokkuuteen vaikuttavia muutoksia aikaiseksi.

Opinnäytetyö on toteutettu laadullisena tutkimuksena, kirjallisuuskatsausta hyödyntäen. Tutkimus on kehittämistutkimus, jonka tavoitteena oli luoda laajan teoriapohjan avulla prosessiehdotus toimeksiantajayritykselle. Opinnäytetyön lähteinä toimii laaja otanta alan tutkimuksia, kirjallisuutta sekä Internet-lähteitä, jotka ovat kaikki sisällytetty asianmukaisesti lähdeluetteloon. Lähteitä ja niiden sisältöä on tarkasteltu kriittisesti. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi yksityisenä tiedonantona saatu toimeksiantajan tuotekehitysprosessi antoi tutkimuksen tulokselle selkeän pohjan, johon prosessiehdotuksen pystyi rakentamaan. Opinnäytetyöstä on kuitenkin rajattu pois muun muassa 3D-ohjelmien serverien kulutus, joten siltä osin ei voida suoraan väittää, että 3D-ohjelmien käyttöönotto olisi suoraan ekotehokkaampi ratkaisu, vaikka sillä paljon vaikutuksia siihen tuotekehitysprosessin näkökulmasta onkin.

Olen ollut Pure Waste Textiles Oy:lla työharjoittelussa aiemmin ja minulle on tullut tutuksi yrityksen tuotekehitysprosessin käytänteet. Tämän lisäksi yksilöllisen työelämänprojektin osalta loin 3D-tuotekirjaston CLO-ohjelmalla Pure Wasten käyttöön. Koska olen itse ollut juuri tämän yrityksen kanssa tekemisissä jo aikaisemmin vastaavien teemojen osalta, opinnäytetyön tekeminen tuntui tärkeältä, kiinnostavalta ja myös hyödylliseltä. Kiinnostus 3D-ohjelmia ja vastuullista muotia kohtaan on ollut useita vuosia, ja päätös opinnäytetyön aihepiiristä on muhinut mielessä jo ennen korkeakouluopintojen alkua. Opinnäytetyön teorian teemat ovat laajoja ja niihin voisi uppoutua hyvinkin syvälle. Sain aiheen kuitenkin rajattua niin, että jokaisesta teemasta saatu tieto on hyödyksi lopputuloksen saamiseksi ja prosessiehdotuksen luomiseksi. Aihe on edelleen ajankohtainen ja kiinnostava, sekä uskon opinnäytetyön olevan hyödyllinen sovellettavaksi myös muille yrityksille, kuin vain toimeksiantajan käyttöön.

Lähteet

Ahtela, T. 2006. Vihreä Lanka. Enemmän irti: Mitä on ekotehokkuus?

<<https://www.vihrealanka.fi/node/1292>> Luettu: 03.03.2023

Amanatidis, G. 2022. Euroopan Parlamentti. Resurssitehokkuus ja kiertotalous.

<<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/76/resurssitehokkuus-ja-kiertotalous>> Luettu: 06.03.2023

Antikainen, R. 2010 Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Ympäristökeskuksen raportteja 7/2010

Armstrong, M. & LeHew, M. 2011. Sustainable Apparel Product Development: In Search of a New Dominant Social Paradigm for the Field Using Sustainable Approaches. Fashion Practice 2011. Vol. 3, Issue 1. DOI:

<https://doi.org/10.2752/175693811X12925927157018>

Barrera, T. 2022. The Techfashionista. What Is The Best 3D Clothing Design Software In 2022? 5 Amazing Options. <<https://thetechfashionista.com/best-3d-clothing-design-software/>> Luettu: 24.03.2023

Baukh, O. 2023. Design: The ultimate guide to product development in fashion. Techpacker. <<https://techpacker.com/blog/design/the-ultimate-guide-to-product-development-in-fashion/>>Luettu: 02.03.2023

Bengs, H. 2021. Sustainability Report 2021. Finland, Helsinki: Pure Waste Textiles Oy

Browzwear 2023a. Why Browzwear? Browzwear for Apparel manufacturing. <<https://browzwear.com/solutions/manufacturer-solutions/>> Luettu 09.03.2023

Browzwear 2023b. Products. VStitcher. <<https://browzwear.com/products/v-stitcher/>> Luettu: 2023

Browzwear 2023c. Products. Lotta. <<https://browzwear.com/products/lotta/>> Luettu: 13.03.2023

Browzwear 2023d. Products. Stylezone. <<https://browzwear.com/products/style-zone/>> Luettu 13.03.2023

Browzwear 2023e. Products. Fabric Analyzer. <<https://browzwear.com/products/fabric-analyzer/>> Luettu 13.03.2023

Browzwear 2023f. Blog: What Are the Benefits of 3D Rendering in the Fashion Industry? <<https://browzwear.com/benefits-of-3d-rendering/>> Luettu: 24.03.2023

Casciani, D; Chkanikova, O. & Pal, Rudrajeet 2022. Exploring the nature of digital transformation in the fashion industry: opportunities for supply. Chains, business models, and sustainability-oriented innovations. Taylor & Francis Group: Sustainability: Science, practice and policy 2022. Vol. 18. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/15487733.2022.2125640>

CLO 2023. Our Story. <<https://www.clovirtualfashion.com/story>> Luettu: 16.03.2023

CLO-SET 2023. About Us. <<https://style.clo-set.com/aboutus>> Luettu: 16.03.2023

CLO-Vise 2023. Enterprise. Clo-Vise. <<https://www.clo3d.com/ko/enterprise/clo-vise>> Luettu: 16.03.2023

CONNECT 2023a. CLO-SET Metaverse <<https://connect.clo-set.com/metaverse>> Luettu: 19.03.2023

CONNECT 2023b. CLO-SET. <<https://connect.clo-set.com/>> Luettu: 19.03.2023

CONNECT 2023c. CLO-SET JINNY. <<https://connect.clo-set.com/jinny>> Luettu: 19.03.2023

Dahlbo, H; Rautiainen, A; Savolainen, H; Oksanen, P; Nurmi, P; Virta, M. & Pokela, O. 2021. Textile flows in Finland 2019. Turku University of Applied Sciences. Turku 2021. <<https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167873.pdf>>

Dissanayake, G. & Sinha, P. 2015. An examination of the product development process for fashion remanufacturing. Elsevier B.V. 2015. DOI: [dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.008](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.008)

EESI 2023. Environmental and Energy Study Institute. Energy Efficiency. <<https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description>>

Eskola P. & Motiva Oy. 2008. Materiaalitehokkuuskatselmuksilla kustannussäästöjä ja ympäristöetuja. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/2651/Materiaalitehokkuuskatselmuksilla_kustannussaastoja_ja_ymparistoetuja.pdf>

Euroopan Komissio 2022. Kestäviä ja kiertotalouteen parustuvia tekstiilejä koskeva EU:n strategia. Bryssel 30.03.2022 <https://eur-lex.europa.eu/source.html?uri=cellar:9d2e47d1-b0f3-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF>

Fung, Y-N; Chan, H-L; Choi, T-M. & Liu, R. 2021. Sustainable product development processes in fashion: Supply chains structures and classifications. Hong Kong: International Journal of Production Economics Vol. 231.

Goworek, H. 2010. An investigation into product development processes for UK fashion retailers. Emerald Group Publishing Limited: Journal of Fashion Marketing and Management Vol 14. No. 4.

Hackett, T. 2015. A Comparative Life Cycle Assessment of Denim Jeans and a Cotton T-Shirt: The Production of Fast Fashion Essential Items From Cradle to Gate, University of Kentucky.

Halti 2023. Haluamme saattaa ihmisen lähemmäs luontoa.

<<https://www.halti.fi/pages/haluamme-saattaa-ihmisen-lahemmas-luontoa>> Luettu: 15.03.2023

Harmsen, P; Scheffer M. & Bos H. 2021. Textiles for Circular Fashion: The Logic behind Recycling Options. MDPI. Sustainability 2021, 13(17), 9714. DOI: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/17/9714>

Hecker, M. 2022. We are the Stitch. The Fabricant. 24.06.2022

<<https://www.wearthestitch.com/post/the-fabricant>> Luettu: 18.03.2023

Ilmastolaki. 2022. Finlex. Ilmastolaki 423/2022. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220423>> 2 §

Jeffery M. & Evans Nathalie 2011. Costing for the Fashion Industry. Berg 2011

Keiser, S. J. & Garner M. B. 2008. Beyond Design: The Synergy of Apparel Product Development. Fairchild Publications, INC. New York

Kochar, S. 2021. Manufacturing: 12 types of garment samples you should know about for apparel production. Techpacker. <<https://techpacker.com/blog/manufacturing/12-types-of-garment-samples-you-should-know-about-for-apparel-production/>> Luettu: 02.03.2023

Kochar, S. 2023 What is a tech pack? <<https://techpacker.com/blog/design/what-is-a-tech-pack/>> Luettu: 24.03.2023

Korkiakoski, K. 2023. Henkilökohtainen tiedonanto: sähköposti 22.03.2023

Lee, Y. A. 2022. Leading Edge Technologies in Fashion Innovation. Springer Nature Switzerland AG 2022. Palgrave Studies in Practice: Global Fashion Brand Management. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-91135-5>

Ljungberg, L. Y. 2005. Materials selection and design for development of sustainable products. Elsevier. ScienceDirect, Materials and Design 28, 2007, 466–479.

Lichtenthaler, U. 2021. Digitainability: The Combined Effects of the Megatrends Digitalization and Sustainability. Germany: Journal of Innovation Management. Issue 9 No. 2 DOI: https://doi.org/10.24840/2183-0606_009.002_0006

Liimatta A. 2021. Pilvipalvelut: Tiedä tärkeimmät. Termit. <<https://www.tie-toevry.com/fi/blogi/2021/05/pilvipalvelut-tieda-tarkeimmat-termit/>> Luettu: 24.03.2023

Mattson Culafic, E. 2021. Creation Fields: a Company set to revolutionize the fashion industry with CLO. <<https://clovirtualfashion.blog/2021/11/09/creation-fields-a-company-set-to-revolutionize-the-fashion-industry-with-clo/>> Luettu: 16.03.2023

McDonough, W. 2023. Cradle-to-Cradle <<https://mcdonough.com/cradle-to-cradle/>>

McKelvey, K. & Munslow, J. 2012. Fashion Design: Process, innovation & practice, 2nd edition. John Wiley & Sons Ltd, United Kingdom

Meta 2023. About Meta. Metaverse. <<https://about.meta.com/metaverse/>> Luettu: 24.03.2023

Motte de la H. & Ostlund A. 2022. Sustainable Fashion and Textile Recycling. MDPI. Special Issue, Sustainability 2022, 14(22), 14903; DOI: <https://doi.org/10.3390/su142214903>

Nikolic N. 2020. 5 Things about 3D digital sampling for fashion you may not have known. <<https://www.taas.nyc/blog/5-things-about-3d-digital-sampling-for-fashion-you-may-not-have-known>> Luettu 24.03.2023

Nikolic N. 2021. 3D digital avatars for fashion. <<https://www.taas.nyc/blog/3d-digital-avatars-for-fashion>> Luettu 24.03.2023

Optitex 2023a. Products. 2D and 3D CAD software. <<https://optitex.com/products/2d-and-3d-cad-software/>> Luettu: 13.03.2023

Optitex 2023b. Products. O/Cloud. <<https://optitex.com/products/o-cloud/>> Luettu 13.03.2023

Papahristou, E. & Bilalis, N. 2017. Should the fashion industry confront the sustainability challenge with 3D prototyping technology. International Journal of Sustainable Engineering. Vol. 10. No. 4–5. DOI: <https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1348563>

Pure Waste 2023a. About Us. <<https://purewaste.com/about-us/?v=f0aa03aaca95>> Luettu: 11.01.2023

Pure Waste 2023b. Production. <<https://purewaste.com/production/?v=f0aa03aaca95>> Luettu: 23.2.2023

Raworth, K. 2017. What on Earth is the Doughnut? <<https://www.kateraworth.com/doughnut/>> Luettu: 24.03.2023

Roberts-Islam B. 2021. Going Rogue: Is Fashion's Next Generation Of Talent Skipping 2D In Favour Of 3D? Julkaistu: 25.02.2021 <<https://www.theinterline.com/2021/02/25/going-rogue-is-fashions-next-generation-of-talent-skipping-2d-in-favour-of-3d/>> Luettu: 24.03.2023

Roman, L. 2020. Suomen Tekstiili ja Muoti Ry. Fabmedia. Ekologista ja heppoa, tämän takia 3D- suunnittelusta kannattaa syttyä. 11.2020 <<https://www.stjm.fi/fabmedia/tulevaisuus/ekologista-ja-helppoa-taman-takia-3d-suunnittelusta-kannattaa-syttya/>> Luettu: 15.03.2023

Sari, R. P. & Asad, N. 2019. New Product development processes in the fashion industry. Emerald Publishing Limited: Journal of Islamic Marketing. Vol. 10. No. 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/JIMA-02-2018-0033>

Sarkar, P. 2015. PP-sample - What it is and importance of PP-sample in garment industry. Julkaistu: 26.10.2015 <<https://www.onlineclothingstudy.com/2015/10/pp-sample-what-it-is-and-importance-of.html>> Luettu: 24.03.2023

Sarkar, P. 2018. 14 different types of garment samples. Julkaistu: 26.08.2018 <<https://www.onlineclothingstudy.com/2018/08/14-different-types-of-garment-samples.html>> Luettu: 24.03.2023

Schlick, C. & Demissie, B. 2016. Product Development Projects. Springer International Publishing Switzerland 2016. DOI: [10.1007/978-3-319-21717-8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21717-8)

Sjöstedt, T. 2018. Sitra: Mitä nämä käsitteet tarkoittavat? <<https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>>

Spahiu, T; Manavis, A; Jazlacheva, Z; Alkmeida H. & Kyratsis, P. 2021. Industry 4.0 for fashion products – Case studies using 3D technology. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. Bristol Vol. 1031 Iss. 1. 2021. DOI: [10.1088/1757-899X/1031/1/012039](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1031/1/012039)

TukaTech 2023. Tuka3D. <<https://tukatech.com/tuka3d/>> Luettu: 13.03.2023

Tyler, D. Heeley & J. Bhamra, T. 2006. Supply chain influences on new product development in fashion clothing. Emerald Group. Journal of Fashion Marketing and Management Vol. 10. No. 3.

United Nations 2023a. The 17 Goals. <<https://sdgs.un.org/goals>> Luettu: 24.03.2023

United Nations 2023b. Goal 12. Ensure sustainable consumption and production patterns. <<https://sdgs.un.org/goals/goal12>> Luettu: 24.03.2023

Vezzoli, C; Conti, G. M; Marci, L. & Motta, M. 2022. Designing sustainable clothing systems. FrancoAngeli s.r.l. Italy

Vilkkä, H. 2021. Näin onnistut opinnäytetyössä: Ratkaisut tutkimuksen umpikujiin. E-kirja. PS-Kustannus 2021

Worrell, E; Allwood, J. & Gutowski, T. 2016. The Role of Material Efficiency in Environmental stewardship. The Annual Review of Environment and Resources. DOI: [10.1146/annurev-environ-110615-085737](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085737)

Xue, Z. & Huang, Z. 2022. Current development and future prospects of designing sustainable fashion. AUTEX Research Journal 2022. DOI: [10.2478/aut-2022-0013](https://doi.org/10.2478/aut-2022-0013)

Ympäristöministeriö 2023. Mitä on kestävä kehitys? <<https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>> Luettu: 24.03.23