

**Emilia Nygård**

# **TEKSTILIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET**

**Opinnäytetyö**

**KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU**

**Tekstiili- ja vaatetustekniikan koulutusohjelma**

**Toukokuu 2010**



## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Tekniikka ja liiketalous	<b>Aika</b> Toukokuu 2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Emilia Nygård
<b>Koulutusohjelma</b> Tekstiili- ja vaateustekniikka		
<b>Työn nimi</b> Tekstiilien ympäristövaikutukset		
<b>Työn ohjaaja</b> Asta Aikkila-Vatanen & Liisa Niemi		<b>Sivumäärä</b> 111 + 4
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Tekesin Vene-ohjelman Proboat-hankkeelle. Hanke keskittyy veneiden sisustuksen ja osakomponenttien kehittämiseen. Sen päätavoitteena on uusien ja vaihtoehtoisten tuotekonseptien, ympäristöystävällisten materiaalien ja valmistusprosessien soveltamismahdollisuuksien tutkiminen ja kehittäminen.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut selvittää, mistä tekstiilien ympäristövaikutukset johtuvat ja mitä niiden vähentämiseksi on tehtävissä. Tutkimus käsittelee laajasti eri kuitumateriaaleja ja siksi sen tuloksia voidaan hyödyntää myös venetekstiileihin. Työssä perehdyttiin EU:n tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan perusajatukseen. Elinkaariajattelu tunnetaan jo monella tasolla, mutta periaatteen soveltaminen on harvinaisempaa etenkin pienissä yrityksissä. Elinkaariarvioinnit ovat tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan tärkeä apuväline. Ne tarjoavat hyvät puitteet ympäristövaikutusten arvioimiseen. Yrityksissä elinkaariarvioinneista saatua tietoa käytetään usein tuotekehitykseen. Elinkaariarviointien keskinäinen vertailu on mahdollista vain, jos arvioinneissa on ollut vastaavanlaiset oletukset ja asiayhteys.</p> <p>EU:n tuotelähtöistä ympäristöpolitiikkaa ja elinkaariajattelua pohjana käyttäen tässä työssä selvitettiin tekstiilituotteiden ympäristövaikutuksia niiden koko elinkaaren ajalta. Tekstiilituotteen elinkaari käsittää kaiken kuituvalmistuksesta ja -tuotannosta aina käyttöön ja hävittämiseen. Tutkimuksessa perehdyttiin kuitutuotantoon, erilaisiin värjäys- ja viimeistysmenetelmiin, kuljetuksiin, käyttöön ja huoltoon sekä hävittämiseen liittyviin ympäristövaikutuksiin.</p> <p>Useimmat ympäristömerkinnät keskittyvät tiettyyn elinkaaren vaiheeseen jättäen suuren osan elinkaaresta tarkastelun ulkopuolelle. Tämän perusteella ympäristömerkit eivät nykyisessä muodossaan sovi viestimään elinkaarenaikaisista ympäristövaikutuksista.</p> <p>Opinnäytetyössä ympäristövaikutusten parantamisen mahdollisuuksia selvennettiin yritysmaailmasta otetuilla esimerkeillä. Tämä opinnäytetyö tarjoaa näkökulmia ympäristöjohtamiseen ja esimerkiksi kierrättämisen mahdollisuuteen.</p>		

### Asiasanat

elinkaari, kierrättäminen, tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka, venetekstiilit, ympäristömyönteinen, ympäristövaikutus

## ABSTRACT

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> May 2010	<b>Author</b> Emilia Nygård
<b>Degree programme</b> Textile and Clothing Technology		
<b>Name of thesis</b> The Environmental Impact of Textiles		
<b>Instructor</b> Asta Aikkila-Vatanen & Liisa Niemi		<b>Pages</b> 111 + 4 Appendices
<p>This thesis was done for the Proboat-project which is a part of the Boat-program of Tekes – the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation. The Proboat-project is focusing on improving the craft and decor elements of boats. Its main objective is researching and developing new and alternative product concepts, environmentally friendly materials and manufacturing processes and other possible environmentally sound applications.</p> <p>The purpose of this study was examining the environmental impact of textiles and finding out what could be done to reduce the impacts. The study deals with a wide range of fiber materials and, therefore, the results can also be adapted to boat textiles. In the study the main points of EU's Integrated Product Policy (IPP) were clarified, too. The principles of life cycle thinking are well known on many levels but less commonly adapted especially in small businesses. Life cycle analyses (LCAs) are an important tool of IPP. They provide a good framework for assessing environmental impacts. Information received from a company's life cycle analysis is often used in product development. Mutual comparison of life cycle assessments is possible only if the evaluations have had equivalent hypotheses and contexts.</p> <p>This thesis used the EU's Integrated Product Policy and life cycle thinking as an approach to examining the environmental impact of textile products across their entire lifecycle. The life cycle of a textile product refers to everything from fiber cultivation and production to the use and disposal or recycling. The research was carried out by studying the impacts associated with production of the fiber, different dyeing and finishing techniques, logistics, operations as well as maintenance and disposal.</p> <p>Most of the environmental labels are focusing on a particular stage of the life cycle leaving a large part of the life cycle out. On this basis the eco-labels do not fit in their current form to communicate about lifecycle-term environmental impacts. The possible environmental improvements were clarified in this thesis with examples from corporate life. This thesis is also offering perspectives on, for example, environmental management and recycling opportunities.</p>		

### Key words

boat textiles, environmental impact, environmentally sound, Integrated Product Policy (IPP), life cycle thinking, recycling, sustainable

# SISÄLLYS

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TUOTELÄHTÖINEN YMPÄRISTÖPOLITIikka</b>	<b>3</b>
2.1 Tuotenäkökohdat ympäristöpolitiikassa	3
2.2 Taloudelliset ja oikeudelliset puitteet	7
2.2.1 Verot ja tuet	7
2.2.2 Vapaaehtoiset sopimukset ja standardointi	8
2.2.3 Muu lainsäädäntö	8
2.3 Elinkaariajattelun edistäminen	14
2.3.1 Elinkaariarviointi	15
2.3.2 Elinkaaritietojen ja tulkintavälineiden antaminen saataville	18
2.3.3 Ympäristöjärjestelmät	18
2.3.4 Tuotesuunnittelua koskevat velvoitteet	21
2.4 Tietojen antaminen kuluttajille päätöksenteon pohjaksi	21
2.4.1 Ympäristömyönteiset hankinnat julkisella sektorilla ja yrityksissä	21
2.4.2 Ympäristömerkit, -selosteet ja -ohjelmat	22
2.4.3 Ekotehokkuusmittarit	24
<b>3 TEKSTIILIT</b>	<b>26</b>
3.1 Valmistus	27
3.1.1 Polyesteri (PES)	28
3.1.2 Akryyli (PAN/PC)	29
3.1.3 Polyuretaani (PU)	29
3.1.4 Klorokuidut (CLF)	31
3.1.5 Polyolefiinikuidut (PP/PE)	32
3.1.6 Fluorokuidut (PTFE)	32
3.2 Esikäsittelyt	33
3.2.1 Puhdistus	36
3.2.2 Poltto	37
3.2.3 Dekantointi	37
3.2.4 Valkaisu	38
3.2.5 Merserointi	39
3.2.6 Jatkuva menetelmä esikäsittelyssä	40
3.3 Värjäys ja painanta	40
3.3.1 Kulutus ja päästöt	41
3.3.2 Väriaineet	43
3.4 Viimeistys	46
3.4.1 Pinnoitteet ja komponentit	47
3.4.2 Veden- ja lianhylykivyyksi viimeistys	49
3.4.3 UV-viimeistys	51
3.4.4 Palonsuojaus kemikaaleilla	51
3.4.5 Viimeistys mikro-organismeja vastaan	52
3.4.6 Antistaattiviimeistys	53
3.4.7 Koinsuojaviimeistys	54

<b>4 YMPÄRISTÖMYÖNTEISET TEKSTIILIT</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Materiaalien monimuotoisuus ja kuituvaihtoehdot</b>	<b>55</b>
4.1.1 Luomupuuvilla	58
4.1.2 Vähäkemikaalinen puuvilla	59
4.1.3 Vähällä vedellä tuotettu puuvilla	60
4.1.4 Luomuvilla	60
4.1.5 Pellava (LI)	60
4.1.6 Hamppu (HA)	61
4.1.7 Polylaktidi (PLA)	62
4.1.8 Lyocell (LY)	64
4.1.9 Soijakuitu	64
4.1.10 Bambu	65
4.1.11 Kierrätetty kuitu	66
<b>4.2 Valmistus</b>	<b>66</b>
4.2.1 Kehruu, kudonta ja neulonta	69
4.2.2 Esikäsitteleminen	69
4.2.3 Värjäys ja painanta	71
4.2.4 Viimeistys	72
4.2.5 Rakenteet	73
4.2.6 Teollisuuden tarkastelu yhtenä järjestelmänä	74
<b>4.3 Logistiikka</b>	<b>78</b>
<b>4.4 Käyttö ja huolto</b>	<b>82</b>
<b>4.5 Kierrätys</b>	<b>84</b>
4.5.1 Tekstiilijäte	85
4.5.2 Jätehuoltostrategiat	86
4.5.3 Toisenlainen ajattelutapa	92
<b>4.6 Lähituotanto</b>	<b>94</b>
<b>4.7 Materiaalin vähentäminen</b>	<b>96</b>
<b>5 TUTKIMUKSEN TULOKSET</b>	<b>98</b>
<b>6 POHDINTA</b>	<b>103</b>
<b>LÄHTEET</b>	
<b>LIITTEET</b>	
<b>1 Kansainvälisten sopimusten POP-yhdisteet</b>	
<b>2 Tekstiilituotteiden keskeiset ympäristöindikaattorit</b>	
<b>3/1–3/5 Kokoelma aineista, joiden käyttöä on rajoitettu</b>	
<b>4/1–4/4 Esimerkki erään yrityksen pyytämästä selvityksestä tuotannossa ja tuotteissa olevista aineista</b>	

## 1 JOHDANTO

Kanadalainen Champion Marine Inc. ilmoitti maaliskuussa 2010 korvaavansa veneiden keltunta-aineena käytetyn, ympäristöä monin tavoin kuormittavan perinteisen polyuretaanivaahdon vähemmän kuormittavalla Ecomate-polyuretaanivaahdolla. Ecomate-vaahdolla ei valmistajan mukaan ole otsonia hajottavaa vaikutusta eikä kasvihuonekaasuvaikutusta, eikä se sisällä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. (Champion Boats 2010; Foam Supplies Inc. 2010.) Tämänkaltaiset teot viestivät yrityksen ympäristöasioihin liittyvästä valveutuneisuudesta, mutta siitä, voisiko Champion Marine kutsua veneitään tämän perusteella ekoveneiksi, vihreiksi tai ympäristömyönteisiksi voidaan olla montaa eri mieltä.

Tekesin Vene-ohjelma pyrkii tarjoamaan kuluttajille parempia veneitä ja palveluita. Vene-ohjelman tarkoituksena on kannustaa alan yrityksiä kehittämään liiketoimintojaan ja soveltamaan saatavilla olevaa osaamista. Proboat-hanke on Tekesin Vene-ohjelmaan kuuluva tutkimushanke. Se toteutetaan Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitysosasto Centrian sekä Lahden ammattikorkeakoulun Muotoiluinstituutin yhteisenä ryhmähankkeena. Hanke keskittyy veneiden sisustuksen ja osakomponenttien kehittämiseen. Päättävänä on uusien ja vaihtoehtoisten tuotekonseptien, ympäristömyönteisten materiaalien sekä valmistusprosessien soveltamismahdollisuuksien tutkiminen ja kehittäminen. Tämä opinnäytetyö tehtiin Proboat-hankkeelle. Työn tarkoituksena oli selvittää mistä tekstiilien elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset johtuvat, ja mitä niiden vähentämiseksi on tehtävissä. Lisäksi pyrittiin määrittelemään millainen on ympäristömyönteinen tekstiilituote.

Tekstiilien elinkaarenaikaisia ympäristövaikutuksia on vaikea selvittää, koska tuotantoketjut ovat pitkiä sekä monivaiheisia ja ulottuvat usein monille mantereille. Tekstiiliteollisuuden katsotaan olevan yksi saastuttavimmista teollisuudenaloista, eikä ongelmien ratkaisemiseksi ole olemassa yhtä ainoaa keinoa. Usein yhden elinkaaren vaiheen muuttaminen vaikuttaa muihin elinkaaren vaiheisiin. Kyse on ekologisuuden, eettisyyden, esteettisyyden ja taloudellisen kannattavuuden tasapainottamisesta, mahdollisimman kestävien ratkaisujen löytämisestä sekä ajatustapojen uudistamisesta. Tekstiilien elinkaarenaikaisia ympäristövaikutuksia ovat tutkineet muun muassa taiteen ja suunnittelun tohtori Kate Fletcher, diplomi-insinööri Päivi Talvenmaan sekä tekniikan tohtori, dosentti Eija Kalliala.

Tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka on EU:n ympäristöpolitiikkaan liittyvä ajattelu tuotelähtöisestä ympäristönsuojelusta. Tässä opinnäytetyössä käsitellään tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan pääperiaatteita. Oletuksena tässä työssä on, että toimijat noudattavat toiminnassa lakeja ja asetuksia ja että tuotannossa valmistetaan laatukriteerien mukaisia, laadukkaita tuotteita.

Veneissä tekstiilejä käytetään moniin tarkoituksiin kuomuista verhoilu- ja sisustusmateriaaleihin. Käytetyimmät raaka-aineet ovat akryyli, polyesteri, polyuretaani ja polyvinyylikloridi eli PVC. Näiden lisäksi käytetään muun muassa puuvillaa, villaa, pellavaa, viskoosia ja polyamidia. Tekstiileille tehdään erilaisia käsittelyjä kuidun luonnollisten ominaisuuksien parantamiseksi. Tuotanto on venetekstiilien elinkaaren ympäristöä kuormittavin vaihe. Vaihtoehtoisten raaka-aineiden ja valmistusmenetelmien lisäksi tämä opinnäytetyö tarjoaa näkökulmia kestävämpään tekstiiliteollisuuteen ja kierrätykseen sekä ajatus tapojen uudistamiseen.

Tuotteen elinkaarenaikaisten ympäristövaikutusten selvittäminen vaatii yritykseltä resursseja. Ympäristöjärjestelmän tai ympäristömerkin sertifiointi on taloudellisesti kannattamatonta, jos tuotannon tai tuotteen ympäristömerkitseminen ei lisää palvelun tai tuotteen kysyntää. Markkinoilla on lukuisia tuotteita, joilla ei ole ympäristömerkkintää. Näiden tuotteiden kohdalla sertifiointiin on usein katsottu olevan kannattamaton hankinta ympäristömerkin tai -standardin vähäisen kysynnän vuoksi.

Tässä opinnäytetyössä ei ole otettu huomioon yritykselle ympäristömyönteisestä toiminnasta aiheutuvia kustannuksia eikä yrityksen sosiaalista vastuuta. Uudenlainen ajattelutapa, jossa tuotteiden elinkaarenaikaiset päästöt, jätteiden synty sekä kemikaalien käyttö minimoidaan, on kasvattamassa suosiotaan kuluttajien keskuudessa. Yritykselle voi olla elintärkeää ottaa toiminnassaan huomioon kuluttajien lisääntyvä ympäristötietous. Tuotteita tulee uudistaa kilpailukyvyn säilyttämiseksi.

## **2 TUOTELÄHTÖINEN YMPÄRISTÖPOLITIikka**

Kestävän kehityksen päämäärä on nykyisten sukupolvien tarpeiden tyydyttäminen niin, ettei se vaaranna tulevien sukupolvien mahdollisuutta tyydyttää omia tarpeitaan. Kestävän kehityksen mukaan kaikkien maiden on otettava vastuu luonnosta ja tulevien sukupolvien mahdollisuuksista. Se on yksi Euroopan unionin keskeisistä tavoitteista. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 2.)

Kestävä kehitys pyrkii muuttamaan tuotanto- ja kulutusrakenteita luonnonvaroja vähemmän kuluttaviksi. Aiemmin tuotteisiin liittyvässä ympäristöpolitiikassa huomio keskittyi teollisuuden päästöjen vähentämiseen sekä jätehuoltokysymyksiin. Enemmän on alettu kiinnittää huomiota tuotteen elinkaarenaikaisiin ympäristövaikutuksiin ja niiden rajoittamiseen. Ympäristövaikutuksiin tulisi puuttua silloin, kun pystytään kaikkein parhaiten ja kustannustehokkaimmalla tavalla vähentämään ympäristöön kohdistuvia kokonaisvaikutuksia ja resurssien käyttöä. Tavoitteena on, että ympäristövaikutuksia ei siirretä tuotteen elinkaaren vaiheesta toiseen. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 3.)

### **2.1 Tuotenäkökohdat ympäristöpolitiikassa**

Ympäristöpolitiikka on organisaation ympäristönsuojeluun liittyvä suuntaus. Sen julkituolin johto. Ympäristöpolitiikka muodostaa puitteet toimenpiteille sekä ympäristöpäämäärien ja ympäristötavoitteiden asettamiselle. (SFS-EN ISO 14001:2004, 12.)

Tuotteisiin on niiden monien ominaispiirteiden vuoksi vaikea kohdistaa ympäristövaikutuksia vähentäviä toimenpiteitä. Seuraavat tuotteiden ominaispiirteet on otettava huomioon jotta tuotepolitiikka on tuloksekasta:

1. Koska tuotteiden kokonaismäärä lisääntyy, on tuotepolitiikalla pyrittävä vähentämään kasvavien tuotemäärien aiheuttamia ympäristövaikutuksia.
2. Tuote- ja palveluvalikoima laajenee, ja siksi tuotepolitiikka pitää pystyä kohdistamaan moniin eri tuotevariaatioihin samanaikaisesti.
3. Uusia tuotetyyppejä luodaan jatkuvasti innovaatiotoiminnan seurauksena. Tuotepolitiikassa tätä luovuutta on hyödynnettävä ympäristön ja talouden eduksi.



4. Tuotepolitiikassa on otettava huomioon kaupan globaali luonne.
5. Tuotepolitiikan tehtävänä on varmistaa, että tuotteiden valmistajat ja suunnittelijat kantavat suuremman vastuun tuotteidensa olemisesta sovitujen terveys-, turvallisuus- ja ympäristövaatimusten mukaisia.
6. Tuotteen virheellinen käyttö tai käytöstä poistaminen voi aiheuttaa merkittäviä ympäristövaikutuksia.
7. Useat eri toimijat osallistuvat tuotteen elinkaaren vaiheisiin. Toimitusketjun tiedonkulkua on edistettävä tuotepolitiikalla, koska yksittäisen toimijan on vaikeaa muodostaa käsitystä siitä, minkälaisia ongelmia eri vaiheissa voi ilmetä. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 3–4.)

Tuotteita tulee tarkistella mahdollisimman monipuolisesti, ja politiikassa on oltava mukana mahdollisimman paljon eri toimijoita. Lisäksi toimijoiden on kannettava valinnoistaan vastuuta. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 3–4.)

Maailmanlaajuista huolta ovat herättäneet kasvavat kulutus- ja tuotantotavat. Ne vaikuttavat suoranaisesti tai välillisesti luonnonvarojen kulutuksen määrään, ilmastonmuutokseen ja jätteiden muodostumiseen. Vallitseva kulutustrendi hidastaa kestävästä kehityksestä. Kestämättömien kulutustottumusten kasvu voidaan todentaa esimerkiksi erilaisten indikaattorien, kuten ekologisen jalanjäljen, avulla. Ekologisen jalanjäljen avulla tarkasteltuna Eurooppa kuluttaa jo nyt kaksinkertaisen määrän raaka-aineita suhteessa olemassa oleviin. Euroopan komissio (EY) on pyrkinyt aktiivisesti kehittämään innovatiivista politiikkaa, jolla talouden kasvu erotetaan ympäristövaikutuksista. Tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka IPP (Integrated Product Policy) on yksi keskeisistä politiikoista. Tuotelähtöisestä ympäristöpolitiikasta käytetään myös nimityksiä yhdenmukainen tuotepolitiikka ja tuotelähtöinen ympäristöajattelu. Vuonna 2001 Göteborgin Eurooppa-neuvostossa sovittiin, että EU:n tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka on pantava täytäntöön yhteistyössä yritysten kanssa. (BIO Intelligence Service 2008, 1–2.)

EU:n tuotelähtöistä ympäristöpolitiikkaa on kehitetty EY:ssä yhteistyössä jäsenmaiden ja eri osapuolien kanssa tehdyin tutkimuksin. EY julkaisi vuonna 2001 tuotelähtöistä ympäristöpolitiikkaa koskevan Vihreän kirjan. Tätä edelsi vuonna 1998 pidetty konferenssi, jossa tuotelähtöisestä ympäristöpolitiikasta keskusteltiin ensimmäisen kerran. Seuraavana vuonna asiaa käsiteltiin ympäristöministerien epävirallisessa kokouksessa Weimarissa,

jossa tähdennettiin, että eurooppalaisten yritysten kilpailukykyä vahvistaa ympäristömyönteisten tuotteiden markkinaehtojen parantaminen Euroopan markkinoilla. Vihreän kirjan julkaisua seurasivat EY:n koordinoima valmistelu, työpajat ja kuulemistilaisuudet, joiden perusteella EY esitti toimintasuunnitelman tiedonannossa vuonna 2003. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 2.)

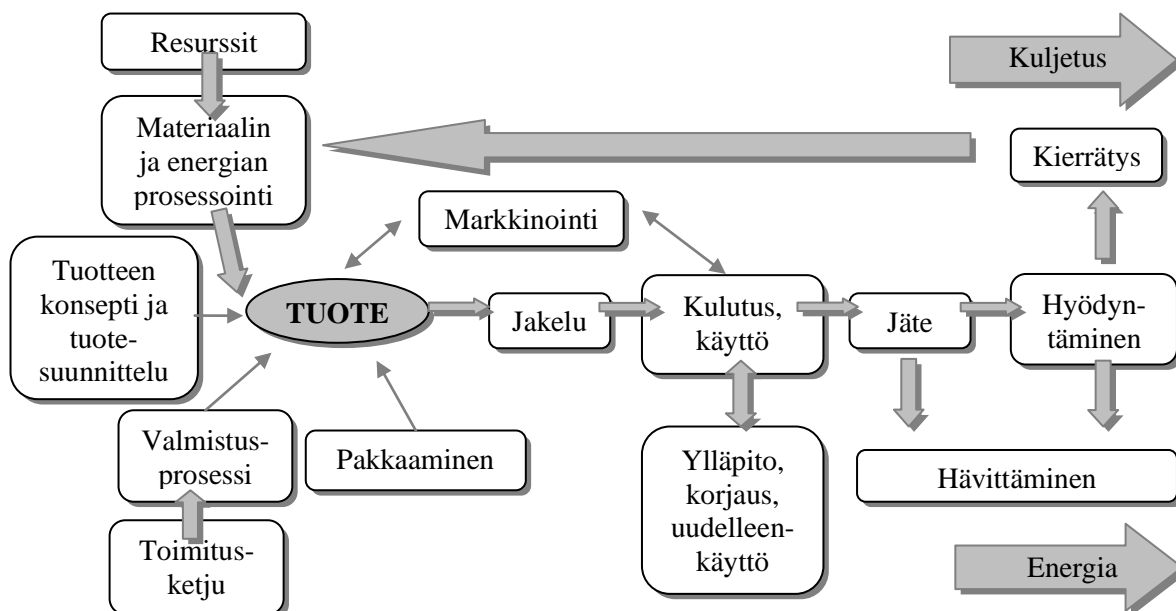
Tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan keskeiset periaatteet ovat elinkaariajattelu, erilaisten keinojen monipuolinen käyttäminen sekä kaikkien toimijoiden yhteistyö. Tuotteen ympäristövaikutuksia tulee pyrkiä vähentämään luonnonvaroista lähtien koko tuotteen elinkaaren aikana. Edelleen on pyrittävä yhdistämään tiedollista, taloudellista ja oikeudellista ohjausta tehokkaaksi kokonaisuudeksi. Lisäksi yhteistyöhön on saatava mukaan kaikki toimijat, jotka päättävät tai voivat vaikuttaa tuotteen ympäristövaikutuksiin liittyviin tietoihin tai asenteisiin (Nissinen 2003, 3). Eri osapuolien näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että osapuolien on oltava tietoisia toiminnallaan aiheuttamista seurauksista ja kannettava niistä vastuu. Tiettyihin elinkaaren vaiheisiin kohdistuvat poliittiset aloitteet eivät saa siirtää ympäristökuormitusta toiseen elinkaaren vaiheeseen. Elinkaariajattelun tulee olla osa kaikkea tuotetta koskevaa päätöksentekoa, ja sitä on edistettävä koko taloudessa. Tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan tavoitteena on yleisesti vähentää tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2001, 6.)

Tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka perustuu viiteen pääperiaatteeseen:

- Elinkaariajattelu viittaa siihen, että tuotteen ympäristövaikutuksia vähentävien toimien tunnistamiseksi tulee tarkastella tuotteen koko elinkaarta (KUVIO 1). Tuotteen ympäristövaikutuksia pyritään vähentämään sellaisessa elinkaaren vaiheessa, jossa se on tehokkainta ja jossa säästetään eniten yritysten ja yhteiskunnan kustannuksia. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 5.)
- Tuotepolitiikassa asetetaan kannustimia, joilla ympäristömyönteisten tuotteiden kysyntää ja tarjontaa edistetään. Tästä yhteistyöstä markkinoiden kanssa hyötyvät innovatiiviset, kaukonäköiset ja kestäväan kehitykseen sitoutuneet yritykset. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 5.)
- Osapuolten osallistumisen tavoitteena on saada kaikki tuotteen kanssa tekemisissä olevat tahot (yritykset, kuluttajat, viranomaiset) toimimaan ympäristömyönteisesti ja edistämään osapuolten välistä yhteistyötä. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 5.)

Suomessa päätettiin laatia kansallinen kestävä kulutuksen ja tuotannon strategia. Tätä ohjelmaa laatimaan muodostettiin vuonna 2003 kestävä kulutuksen ja tuotannon toimikunta KULTU. KULTUssa on edustajia ja asiantuntijoita eri ministeriöistä, sidosryhmistä ja hallinnon ulkopuolelta. Lukuisat asiantuntijat Suomesta ja ulkomailta osallistuivat kuulemistilaisuuksiin ja työryhmiin. KULTUn toiminnan seurauksena Suomeen on perustettu muun muassa materiaalitehokkuuskeskus. (Huvila 2007, 3; Ympäristöministeriö 2009a.)

- Tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan tavoitteena on vähentää tuotteen ympäristövaikutuksia koko tuotteen elinkaaren ajalta. Tähän pyritään parantamalla tuotteen suunnittelua, valmistusta ja käyttöä sekä käytöstä poistumista. Näiden tekijöiden jatkuva parantaminen on tärkeämpää kuin tarkkojen raja-arvojen asettaminen. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 5–6.)
- Tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan mukainen lähestymistapa vaatii monien erilaisten poliittisten välineiden käyttöä, koska tuotteita on monenlaisia ja niiden kanssa tekemisissä on monia eri osapuolia. Erityisesti pyritään vapaaehtoisten menetelmien käyttöön. Jotta osapuolet saavuttavat asetetut tavoitteet, on tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan yleisen ajatuksen mukaan politiikassa keskityttävä asettamaan päätaivoitteita sekä tarjoamaan keinoja ja kannustimia. Tuotelähtöistä ympäristöpolitiikkaa koskevassa lähestymistavassa viranomaisten tehtävä ei ole puuttua toimiin suoraan vaan ennemmin helpottaa niitä. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 5–6.)



KUVIO 1. Tuotteen elinkaari (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2001, 7.)

## 2.2 Taloudelliset ja oikeudelliset puitteet

Valmistajia kannustetaan kehittämään elinkaariajattelun pohjalta uusia, edellisiä tuotesukupolvia ympäristömyönteisempiä tuotesukupolvia markkinoiden vaatimukset huomioiden. Tämän lisäksi kannustetaan kuluttajia ostamaan tällaisia tuotteita. Nämä ovat tuotteiden ympäristövaikutusten parantamisen edellytykset. Jotta tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka olisi mahdollisimman tehokas, siihen tarvitaan taloudellisia ja oikeudellisia puitteita edistämään ympäristömyönteisten tuotteiden valmistusta ja hankintaa. Valtion väliintulo on ihannetapauksessa mahdollisimman vähäistä. EY:n tehtävänä on varmistaa, että tämänsuuntaista kehitystä edistetään EY:n toimivaltaan kuuluvilla välineillä. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 8.)

### 2.2.1 Verot ja tuet

Komission pitkän aikavälin tavoitteena on sellainen hinnoittelu, jossa tuotteen hinta heijastaa sen ympäristövaikutuksia. Tällaiset hintasignaalit kannustavat parantamaan jatkuvasti tuotteiden elinkaarenaikaisia ympäristövaikutuksia. Valmistajien saadessa taloudellista

hyötyä ekologisesti kestävästä suunnittelusta ja tuotannosta, hintasignaalit helpottavat ja vahvistavat esimerkiksi ympäristömyönteisiä julkisia hankintoja ja tuotesuunnittelua koskevia vaatimuksia. Kuluttajille hintasignaalit viestivät tärkeää tietoa tuotteiden ympäristövaikutuksia. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 8–9.)

Eri EU:n jäsenvaltioissa on käytössä erilaisia tuotteisiin liittyviä vero- ja tukitoimia. Pisimmälle viedyt esimerkit liittyvät jätehuollon maksujen muuttamisesta lainsäädännöllisin vaatimuksin tuottajan vastuuksi. Tällaisia säädöksiä ovat esimerkiksi romuautodirektiivi, käytöstä poistuvien sähkölaitteiden kierrätystä koskeva WEEE-direktiivi (Waste Electrical and Electronic Equipment) ja pakkausjätedirektiivi. Viimeaikaiseen kehitykseen kuuluvat esimerkiksi autojen ja polttoaineiden ympäristövero sekä verohelpotukset, joilla kannustetaan ostamaan ympäristömyönteisempiä tuotteita, esimerkiksi energiatehokkaita laitteita. (BIO Intelligence Service 2008, 39.)

### **2.2.2 Vapaaehtoiset sopimukset ja standardointi**

Lainsäädännön lisäksi on muitakin ratkaisuja tuotteiden tehokkaaseen ympäristömyönteisyyden parantamiseen. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi ympäristösopimukset ja standardointiprosessit. EU pyrkii ympäristösopimukseen useiden tahojen, esimerkiksi jätehuollon, kanssa. Euroopan valtiosta riippumattomien ympäristöjärjestöjen yhteenliittymä ECOS perustettiin vuonna 2002 varmistamaan ympäristönäkökohtien huomioonottamisen standardoinnissa. (BIO Intelligence Service 2008, 45; Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 9–10.)

### **2.2.3 Muu lainsäädäntö**

Kemikaalilainsäädännön kokonaisuudistus Euroopan parlamentissa ja neuvostossa tuotti tulosta, kun vuoden 2006 lopussa hyväksyttiin REACH-asetus (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of CHemicals) kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista. REACH-asetus tuli voimaan kesäkuussa 2007 ja on vuoteen 2018 asti toimeenpanovaiheessa. Asetus korvaa noin 40 eri säädöstä, ja se on jäsenmaita sitova lainsäädäntö. Asetuksen tärkeimpänä tavoitteena on varmistaa korkea taso

terveyden- ja ympäristöhuollossa, tehostaa kilpailukykyä EU:n kemianteollisuudessa, edistää vaihtoehtoisten menetelmien kehitystä vaarojen arvioimiseksi sekä taata EU:n sisämarkkinoilla tavaroiden vapaa liikkuvuus. REACH-asetuksen tarkoituksena on parantaa nykyistä kemiallisia aineita koskevaa lainsäädäntöä ja säädellä kemikaalien valmistusta, päästöjä, maahantuontia, markkinointia ja käyttöä. Asetuksen täytäntöönpano on merkittävä haaste tekstiiliteollisuudelle, koska se vaatii keräämään turvallisuustietoa kaikista käytetyistä kemikaaleista (Fletcher 2008, 45). (Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus & Suomen ympäristökeskus 2010; Ympäristöministeriö 2009b, 53–54.)

Nanoteknologia ja nanomateriaalien käyttö on lisääntynyt voimakkaasti viime vuosina. Toistaiseksi tiedetään vielä hyvin vähän niiden terveys- ja ympäristövaikutuksista. Lisäksi niiden terveys- ja ympäristöriskien arviointiin ole käytettävissä senkaltaisia tutkimusmenetelmiä kuin ei-nanomuodossa oleville kemikaaleille. REACH-asetus koskee kemikaaleja kaikissa muodoissa, myös nanomuodoissa. EU:ssa kasvaa tarve löytää keinoja nanomateriaalien riskienhallintaan. REACH-asetukseen liittyen tammikuussa 2009 astui voimaan CLP-asetus (Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures) kemikaalien luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta. (Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus & Suomen ympäristökeskus 2010; Ympäristöministeriö 2009b, 53–54.)

Fosfaattimiin pesuaineisiin siirtymisestä on puhuttu jo pitkään EY:n pesuainetyöryhmässä. Vuonna 2007 komissio esitti arvion fosfaattikiellon tarpeellisuudesta. Tätä varten EY teetti selvityksen korvaavien aineiden vaikutuksista sekä Euroopan laajuisen mallin fosfaattia sisältävien pesuaineiden yhteydestä vesistöjen rehevöitymiseen. Vuonna 2009 EY valmisti raporttia fosfaattikiellon vaikutuksista. (Ympäristöministeriö 2009b, 54.)

Pysyvät orgaaniset yhdisteet (POP-yhdisteet) ovat erittäin haitallisia terveydelle ja ympäristölle, koska ne sisältävät hitaasti hajoavia myrkyllisiä ainesosia. Ne leviävät ilman, veden ja muuttuvien lajien välityksellä. Pysyvät orgaaniset yhdisteet kertyvät maan ja vesistöjen ekosysteemiin sekä ihmisen kudoksiin. POP-yhdisteet (Persistent Organic Pollutant) voivat aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksina vakavia haittoja ihmisen terveydelle tai ympäristölle ja ovat täten kaikkein haitallisimpia ympäristömyrkkyyjä. Kaukokulkeutuvat POP-yhdisteet aiheuttavat vakavan uhan erityisesti arktiselle luonnolle ja arktisen alueen alkuperäiskansoille. (Europa 2008; Suomen ympäristökeskus 2010a.)

Maailmanlaajuisen POP-sopimuksen (Tukholman yleissopimus 2001) piiriin kuuluvien yhdisteiden tuotantoa, kauppaa, käyttöä ja päästöjä rajoitetaan voimakkaasti tai ne kielletään täysin. Uusia rajoituksia tulee voimaan sitä mukaa kuin osapuolet ratifioivat muutokset. Tällä hetkellä sopimus rajoittaa yhteensä 21 aineen käytön (LIITE 1). POP-sopimus on maailmanlaajuinen, ja siinä on kaikkiaan 168 osapuolta. Se on yksi kaikkein suurimmista ympäristösopimuksista. (Suomen ympäristökeskus, 2010a.)

POP-yhdisteitä koskevaan pöytäkirjaan lisättiin sopimus YK:n alaisen Euroopan talouskomission (ECE) kaukokulkeutuvien ilmansaasteiden rajoittamisesta vuonna 1998. ECE-POP-pöytäkirja rajoittaa yhteensä 16 POP-yhdisteen käyttöä tai päästöjä. Pöytäkirja astui voimaan vuonna 2003, ja tällä hetkellä osapuolia on 29. Uusia aineita lisättiin rajoitusten kohteiksi joulukuussa 2009. Uudistettu pöytäkirja ja samalla uudet rajoitukset tulevat voimaan vuosina 2011–2012. (Suomen ympäristökeskus, 2010a.)

Maailmanlaajuisesta PIC-menettelystä on sovittu Rotterdamin yleissopimuksella. Sen tarkoituksena on antaa osapuolille mahdollisuus kieltäytyä vastaanottamasta tiettyjä erityisen vaarallisia kemikaaleja. (Ympäristöministeriö 2009b, 55.)

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC-yhdisteiden (Volatile Organic Compound) päästöille on asetettu rajoituksia. Ne ovat kaasuja, ja niitä ovat muun muassa aromaattiset hiilivedyt (tolueeni, bentseeni), aldehydit, halogenoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit (etanoli, n-butanoli, propanoli). Etenkin rakennus- ja sisustusmateriaalit, kalusteet, pesuaineet ja joissain tapauksissa mikrobikasvustot ovat VOC-yhdisteiden päästölähteitä. Päästöt voivat olla peräisin muun muassa liuotin- ja raaka-ainejäämistä sekä valmistusprosessien reaktio- ja hajoamistuotteista. PVC:n ja monien muiden materiaalien aiheuttamat päästöt kasvavat materiaalien kostuessa. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet aiheuttavat muun muassa silmien ja limakalvojen ärsytysoireita sekä päänsärkyä. Niistä aiheutuu myös epämiellyttäviä hajuja. Yksittäinen yhdiste ei välttämättä ole terveydelle haitallinen. (Hengitysliitto Heli ry.)

Vuonna 2001 astui voimaan Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tiettyjen ilman epäpuhtauksien kansallisista päästörajoista. Se on jatkoa EY:n tiedonannolle happamoitumisen estämisen strategiasta. Direktiivin tavoitteena oli laatia kansalliset päästörajat neljälle epäpuhtaudelle niiden lähteistä riippumatta. Direktiivi rajoittaa rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>),

typen oksidien (NO<sub>x</sub>), haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) ja ammoniakkin (NH<sub>3</sub>) päästöjä. Nämä aineet aiheuttavat happamoitumista, rehevöitymistä ja otsonin muodostumista troposfäärin. Otsoni ilmakehän alimmassa osassa on haitallista. (Euroopan parlamentti & Euroopan unionin neuvosto 2001.)

Happamat epäpuhtaudet (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ja NH<sub>3</sub>) vähentävät järvien ja jokien alkaliniteettia ja vahingoittavat biologista elämää. Happamoitumisen seurauksena lukuisat metsät ovat alttiimpia kuivuudelle, sairauksille ja tuholaishyönteisille. Typpiyhdisteet, kuten NO<sub>x</sub> ja NH<sub>3</sub>, muuttavat maan ja veden ekosysteemiä ja vaikuttavat kasvustoon ja biologiseen monimuotoisuuteen. Direktiivissä säädetty kansalliset päästörajat on otettava käyttöön viimeistään vuoden 2010 loppuun mennessä. (Euroopan parlamentti & Euroopan unionin neuvosto 2001.)

Joskus tuotteisiin liittyvää lainsäädäntöä voidaan tarvita ympäristöongelmien ratkaisemiseksi. Tästä esimerkkinä ovat RoHS-direktiivi (Restriction of the use of Hazardous Substances) eli direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaitteissa käytettävien haitallisten aineiden käyttökiellosta sekä EuP-direktiivi (Eco-design of Energy Using Product directive), joka on ekologista suunnittelua koskeva direktiivi energiaa kuluttaville tuotteille. Lainsäädäntö on välttämätön myös silloin, kun tuottajien vastuun laajentamista tai panttijärjestelmää pidetään tehokkaimpana keinona vähentää ympäristövaikutuksia tuotteiden elinkaaren ajalta. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 10.)

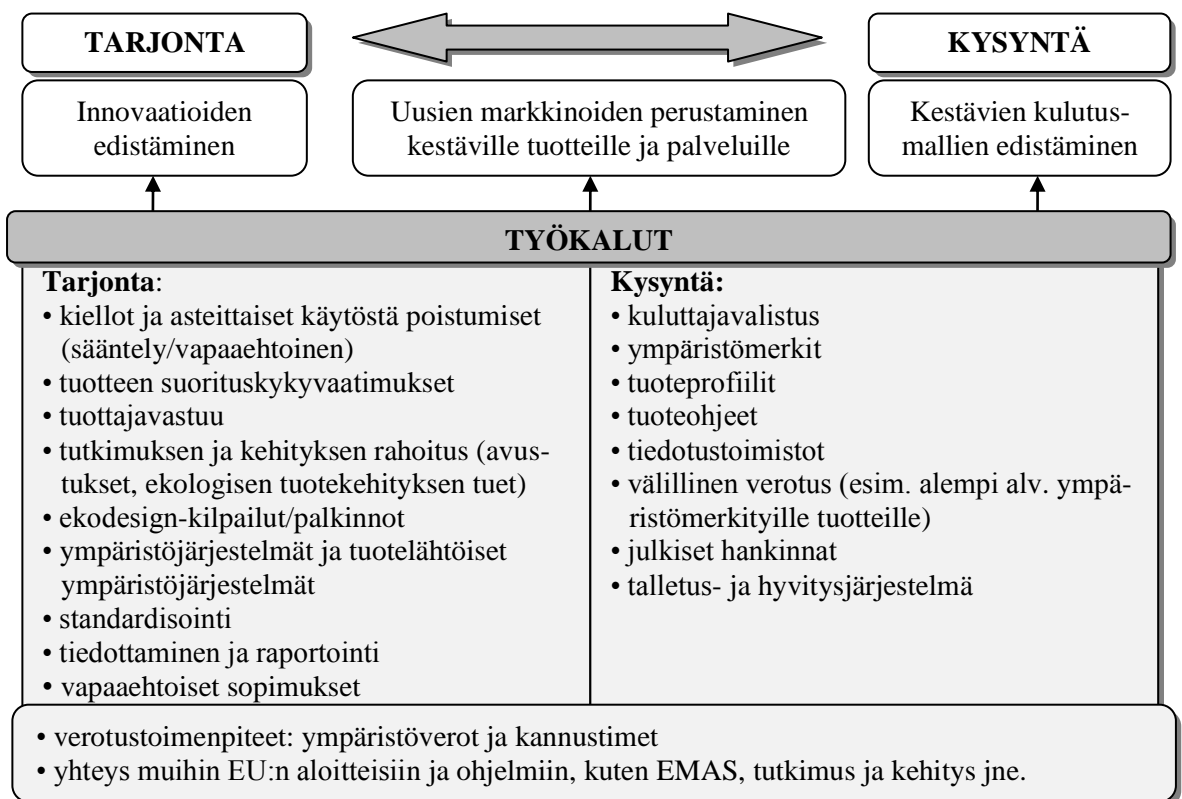
Kesällä 2008 EY julkaisi niin kutsutun kestävyyspaketin, joka täydentää EY:n tammikuussa 2008 hyväksymää energia- ja ilmastopakettia. Kestävyyspaketti koostuu tiedonannosta asettaa kestävä kulutus ja tuotanto (KUVIO 2) sekä kestävä teollisuuspolitiikka toimintaohjelmaksi. Lisäksi kestävyyspakettiin kuuluu tiedonanto ympäristömyönteisten julkisten hankintojen edistämisestä. Näillä tiedonannoilla pyritään lisäämään Euroopan energia- ja resurssitehokkuutta, erottamaan kielteiset ympäristövaikutukset talouden kasvusta ja hyödyntämään ympäristöhaasteet elinkeinopolitiikassa. Osana kestävyyspakettia uudistettiin asetuksia EU:n ympäristömerkkiin ja EMAS-ympäristöjärjestelmään (Eco Management and Audit Scheme) liittyen sekä laajennettiin ekologisen tuotesuunnittelun periaatteita (EuP-direktiivi) energiankäytön keskeisiin tuoteryhmiin. Tulevina vuosina keskeisimpiä alueita EU-vaikuttamisessa ovat EuP-direktiivin mukaisien täytäntöönpanotoimien valmis-



telu, yhtenäisten kriteerien laatiminen julkisille hankinnoille sekä mahdollisten resurssitehokkuustavoitteiden asettaminen luonnonvaroilta. (Ympäristöministeriö 2009b, 68–71.)

Komission tiedonannon mukaan EuP-direktiivin soveltamisalaa on tarkoitus laajentaa kaikkiin ympäristön kannalta merkittäviin tuotteisiin vuosien 2011–2012 aikana. Lisääntyvät ympäristöhaasteet avaavat ympäristömyönteisten teknologioiden, tuotteiden ja palvelujen kehittäjille sekä tuottajille ja viejille uusia markkinoita. (Ympäristöministeriö 2009b, 68–71.)

Vuonna 2004 EY julkaisi toimintaohjelman kestävän kehityksen teknologioiden edistämisestä. Tämän EU:n ympäristöteknologian toimintaohjelma ETAP:n (Environmental Technology Action Plan) tavoite on käyttää tehokkaasti hyväksi teknologioita luonnonvaroihin kohdistuvien paineiden vähentämiseksi, parantaa elämänlaatua Euroopan kansalaisten keskuudessa sekä edistää talouskasvua ja työllisyyttä. (Ympäristöministeriö 2009b, 70.)



KUVIO 2. Tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka strategisena lähestymistapana kestävään kulutukseen ja tuotantoon (BIO Intelligence Service 2008, 5.)

Tuottajavastuun keskeiset tavoitteet ovat jätteiden erilliskeräämisen ja hyödyntämisen lisääminen, jätteen synnyn ehkäiseminen sekä ympäristömyönteisen tuotesuunnittelun ja -kehityksen edistäminen. Jätehuoltokustannusten siirtämisellä tuottajan maksettavaksi on kannustava vaikutus kustannusten pienentämiseen. Tämä voi tapahtua esimerkiksi materiaalien käyttöä vähentämällä, kierrätettävyyttä parantamalla tai tuotteen elinikää pidentämällä. Tuottajavastuun periaate liitetään ennen kaikkea jätehuoltoon eikä niinkään tuotesuunnittelun kehitykseen, vaikka tuottajavastuun ensisijaiseksi tavoitteeksi on lainsäädäntöön kirjattu jätteen synnyn ehkäiseminen. Tuottajavastuuta sovelletaan vaihtelevasti eri OECD-maissa (Organisation for Economic Cooperation and Development) muun muassa ajoneuvoihin, liuottimiin, paperiin, paristoihin, pakkausmateriaaleihin sekä sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin. (Ympäristöministeriö 2009c, 7–8.)

Laajennettu tuottajavastuu on käsitteellisesti jaettavissa peruselementteihin, jotka on syytä erottaa toisistaan. Vastuu on fyysistä tai operatiivista vastuuta tuotteiden uudelleenkäytöstä ja jätehuollosta. Fyysinen vastuu voidaan antaa jollekin ulkopuoliselle toimijalle ilman, että tuottajavastuun alkuperäisidea kärsii. Tuotteiden ympäristöominaisuuksia koskevan tiedon jakamista kutsutaan informatiiviseksi vastuuksi. Rahoituksellinen vastuu tarkoittaa vastuussa olemista edellä mainittujen kuluista. Tuottajavastuun tavoitteiden saavuttamisessa on rahoituksellinen vastuu oleellisin. (Ympäristöministeriö 2009c, 8.)

Vastuu jakaantuu edelleen kollektiiviseen vastuuseen, joka kohdentuu tietyn tuotteen tai tuoteryhmän tuottajiin kollektiivina, ja yksilölliseen vastuuseen, jossa jokainen tuottaja vastaa omien tuotteidensa jätehuollosta ja siitä aiheutuvista kustannuksista. Tuottajalla on periaatteessa yksilöllinen vastuu kerätä ja tarjota tarvittavia tietoja tuotteestaan viranomaisille, kuluttajille ja muille toimijoille. Esimerkiksi tiedot kierrätyspaikkojen sijainnista tai tuottajavastuujärjestelmän toiminnasta ovat käytännön ratkaisuja informaation kokoamisesta ja jakamisesta kollektiivisessa vastuussa. Tuottajat siirtävät jätehuollon kustannukset tuotehintoihin, joten ne tulevat lopulta aina kuluttajalle maksettaviksi. (Ympäristöministeriö 2009c, 9.)

Lainsäädäntö muuttuu jatkuvasti, ja sillä on suuri vaikutus innovaatioon. Vuoteen 2003 asti Euroopan teollisuuden kokemukset saastumiseen liittyvistä asetuksista rajoittuivat viemäripäästörajoituksiin. EY:n IPPC-direktiivi, yhdennetty päästöjen ja vaikutusten hallinta teollisessa toiminnassa (Integrated Pollution Prevention and Control) koskee suurimpia

teollisuuslaitoksia, ja sen on tarkoitus estää ja vähentää teollisuuslaitosten aiheuttamaa ympäristön pilaantumista. Ympäristölupaa myönnettäessä IPPC-direktiivin mukaisessa arvioinnissa tarkastellaan teollisuuslaitoksesta ilmaan, veteen ja maaperään pääseviä päästöjä sekä laitoksessa syntyviä jätteitä. Parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan, BAT (Best Available Techniques) perustuvien ympäristölupamääritysten tulee ottaa huomioon tuotantolaitoksen tekniset ominaisuudet, maantieteellinen sijainti sekä paikalliset ympäristöolosuhteet. (Fletcher 2008, 44; Suomen ympäristökeskus 2010b.)

Paras käyttökelpoinen tekniikka BAT kattaa kaiken yhteistyöneuvoista informaation vaihtoon. Esimerkiksi alkupään toimijoiden kanssa voidaan keskustella käytettyjen kemikaalien määrästä ja laadusta. Tämä tähtää ympäristövastuulliseen tuotantoketjuun. Vaikka IPPC tarjoaakin tärkeän työkalun parannuksiin, keskittyy se tekstiiliteollisuudessa lähes täysin märkäprosessiin ja kemikaalien käyttöön korostaen näin prosessikeskeisiä parannuksia. (Fletcher 2008, 44–45.)

### **2.3 Elinkaariajattelun edistäminen**

Kaikkien sellaisten tahojen, jotka osallistuvat tuotteiden elinkaaren vaiheisiin, tulee omaksumaa elinkaariajattelua. Vain tämä takaa tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan tehokkuuden. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 10.)

Suomessa ja Tanskassa on järjestetty tuotepaneeleja, joiden avulla tiedonkulkua pyritään lisäämään tuotteen elinkaaren kaikkien toimijoiden välillä. Tuotepaneeleissa kokoontuvat yhteen sellaiset organisaatiot ja henkilöt, jotka vaikuttavat tuotteen elinkaaren eri vaiheissa. Tuotteiden elinkaaren vaiheille pohditaan tuotepaneeleissa sopivia ympäristötavoitteita ja tavoitteita niiden saavuttamiselle. Tarkoitus on löytää keinoja ympäristövaikutusten vähentämiseksi sekä edistää ympäristöä säästäviä tuoteratkaisuja. Tuotepaneelit ovat yksi tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan toteuttamisen tapa. Suomessa järjestetty tekstiilien tuotepaneeli toimi vuosina 2001–2002 ja huonekalupaneeli 2004–2008. (Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus 2009.)

### 2.3.1 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi LCA (Life Cycle Assessment) on lähestymistapa tuotteiden valmistukseen ja käyttöön liittyvien mahdollisten ympäristövaikutusten arvioimiseen, käsittelyyn sekä parempaan ymmärtämiseen. Elinkaariarviointi käsittelee tuotteen elinkaarenaikaisia ympäristönäkökohtia ja potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Ympäristönäkökohdilla tarkoitetaan organisaation sellaisia toimintoja ja tuotteiden tai palveluiden osia, jotka voivat olla ympäristön kanssa vuorovaikutuksessa. Potentiaalisilla ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan esimerkiksi luonnonvarojen käyttöä sekä päästöjen vaikutusta ympäristöön. Elinkaariarvioinnin kaltaisen järjestelmällisen menetelmän avulla voidaan tunnistaa ja välttää ympäristökuormien siirtyminen elinkaaren vaiheiden tai yksittäisten prosessien välillä. Elinkaariarviointiselvitys käsittää neljä vaihetta:

1. tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyvaihe
2. inventaarioanalyysivaihe LCI (tarvittavan tiedon kerääminen inventoimalla järjestelmän syöte- ja tuotostiedot)
3. vaikutusarviointi LCIA (tarkoituksena tuottaa lisätietoa inventaarioanalyysin tulosten arvioinnin avuksi, jotta niiden merkitys ympäristön kannalta ymmärrettäisiin paremmin)
4. tulosten tulkintavaihe (inventaarioanalyysin, vaikutusarvioinnin tai molempien tulokset yhdistetään ja käsitellään kohdassa 1 määritetyllä tavalla ja käytetään johtopäätösten, suositusten ja päätöksenteon pohjana). (SFS-EN ISO 14040:2006, 8–22.)

Miten elinkaariarviointia sovelletaan, riippuu aiheesta ja käyttötarkoituksesta. Asetetuista tavoitteista riippuvat myös elinkaariarvioinnin tarkkuus ja laajuus. Nämä tekijät voivat vaihdella suuresti eri arvioinneissa. Elinkaariarvioinnin yksittäisten vaiheiden tulokset hyödyntävät edellisten vaiheiden tuloksia. Joissakin tapauksissa saatetaan elinkaariarvioinnin tavoitteet saavuttaa suorittamalla vain inventaarioanalyysi ja tulkinta. Tämä elinkaari-inventaarioselvitykseksi (LCI-selvitys) kutsuttu menetelmä on samankaltainen kuin elinkaariarviointiselvitykset, mutta siitä puuttuu vaikutusten arviointivaihe. LCI-selvitystä ei tule sekoittaa elinkaariarviointiselvityksen inventaarioanalyysivaiheeseen. (SFS-EN ISO 14040:2006, 8–22.)

Tulosten vertailu eri elinkaariarviointien (LCA) ja elinkaari-inventaarioselvitysten (LCI-selvitys) kesken on mahdollista vain, jos niissä on vastaavat olettamukset ja asiayhteys.

Elinkaariarvioinnissa ei käsitellä tuotteen taloudellisia tai yhteiskunnallisia näkökohtia. Elinkaariarviointi on yksi tapa lukuisten ympäristöasioiden hallinnan tekniikoiden joukossa, eikä se sovellu välttämättä kaikkiin tapauksiin. Muita ympäristöasioiden hallinnan tekniikoita ovat esimerkiksi riskien hallinta, ympäristösuorituskyvyn arviointi, ympäristöauditointi ja ympäristövaikutusten arviointi. (SFS-EN ISO 14040:2006, 10.)

Tuotetta käsitellään elinkaariarviointeja tehtäessä omana tuotejärjestelmänään, joka suorittaa yhden tai useamman sille määritellyn toiminnon. Tuotejärjestelmät jaetaan joukkoon yksikköprosesseja, jotka yhdistyvät toisiinsa välivalmistevirroilla, jätteenkäsittelyyn johtavilla virroilla tai molemmilla. Tuotejärjestelmät yhdistyvät toisiin tuotejärjestelmiin tuotevirroilla ja ympäristöön perusvirroilla. Yksikköprosessiin tulevia perusvirtoja voivat olla esimerkiksi raakaöljy ja auringon säteily. Yksikköprosessista lähteviä perusvirtoja ovat esimerkiksi päästöt ilmaan, veteen ja maaperään. Välivalmistevirroissa ovat perusmateriaalit ja osakokoonpanot. Järjestelmään liittyvä luonnonvarojen käyttö sekä päästöt ilmaan, veteen ja maahan sisältyvät perusvirtaan. Nämä tiedot ovat inventaarioanalyysin tulokset, ja niitä käytetään vaikutusarvioinnin pohjana. (SFS-EN ISO 14040:2006, 26–28.)

Inventaarioanalyysiin (LCI) sisältyy tuotejärjestelmän sellaisen tiedon keruu, jota edellytetään syötteiden ja tuotosten määrälliseen muotoon saamiseksi, sekä laskennan menettelytavat. Laadullista ja määrällistä tietoa tulee kerätä jokaisesta järjestelmän yksikköprosessista. Lähtötiedot kerätään joko mittaamalla, laskemalla tai arvioimalla ja niitä käytetään yksikköprosessien syötösten ja tuotosten määrien ilmoittamiseen. Yksikköprosesseja koskevat tiedot voidaan lajitella seuraavien pääotsikoiden alle:

- energiasyötteet, raaka-ainesyötteet, apusyötteet, muut fysikaaliset syötteet
- tuotteet, rinnakkaistuotteet ja jäte
- päästöt ilmaan, veteen ja maaperään
- muut ympäristönäkökohdat. (SFS-EN ISO 14040:2006, 32–34; SFS-EN ISO 14044:2006, 32.)

Tiedonkeruun jälkeen muodostetaan laskentamenettelyjen avulla inventaariotulokset. Laskentamenettelyjä voivat olla esimerkiksi:

- tietojen varmentaminen
- tietojen suhteuttaminen yksikköprosesseihin

- tietojen suhteuttaminen toiminnallisen yksikön vertailuvirtaan.

Kun energiavirtoja lasketaan, tulisi ottaa huomioon käytetyt polttoaineet, sähkölaitteet, energiavirran muuntaminen ja jakelun tehokkuus sekä energiavirran tuotantoon ja käyttöön liittyvät syötteet ja tuotokset. Useimmat teollisuusprosessit tuottavat useampaa kuin yhtä tuotetta. Usein ne myös kierrättävät välivalmisteita tai hylättyjä tuotteita raaka-aineinaan. Allokointimenettely eli kohdentaminen tarkoittaa prosessin tai tuotejärjestelmän syöte- ja tuotosvirtojen jakamista tutkittavan tuotejärjestelmän ja yhden tai useamman muun tuotejärjestelmän välillä. Allokointimenetelmää tulee harkita silloin, kun käsitellään sellaisia järjestelmiä, joihin liittyy useita tuotteita tai kierrätysjärjestelmiä. (SFS-EN ISO 14040:2006, 34.)

Potentiaalisten ympäristövaikutusten merkitystä on elinkaariarvioinnissa tarkoitus arvioida inventaarioanalyysin tuloksien avulla vaikutusarviointivaiheessa (LCIA). Prosessissa yhdistetään yleensä inventaariotiedot tiettyihin ympäristövaikutusluokkiin ja vaikutusluokkaindikaattoreihin, joiden avulla vaikutuksia yritetään ymmärtää. LCIA-vaihe antaa myös tietoa tulosten tulkintavaiheeseen. Koska vaikutusarviointi käsittelee ainoastaan niitä ympäristökysymyksiä, jotka on eritelty sille määritellyssä tavoitteessa ja soveltamisalassa, siinä ei arvioida kattavasti kaikkia tuotejärjestelmän ympäristökysymyksiä. Lisäksi sen avulla ei aina pystytä osoittamaan merkitseviä eroja vaikutusluokkien ja vastaavien indikaattoritulosten välillä eri tuotejärjestelmissä (LIITE 2). (SFS-EN ISO 14040:2006, 34–38.)

Inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tuloksia tarkastellaan yhdessä tulosten tulkintavaiheessa. Jos kyseessä on elinkaari-inventaarioselvitys (LCI-selvitys), tarkastellaan ainoastaan inventaarion tulokset. Tämän vaiheen tulisi tuottaa määritellyn tavoitteen ja soveltamisalan mukaisia tuloksia. Näiden tulosten avulla tulisi voida tehdä johtopäätöksiä, selvittää rajoituksia ja esittää suosituksia. Tulokset perustuvat suhteelliseen lähestymistapaan ja osoittavat potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Ne eivät ennusta todellisia vaikutuksia, vaikutusluokan loppupisteitä, kynnsarvojen tai turvamarginaalien ylittymisiä tai riskejä. Tulosten tulkinnasta tehtyjen havaintojen tulisi kuvastaa arviointiosan tuloksia. (SFS-EN ISO 14040:2006, 38.)

### 2.3.2 Elinkaaritietojen ja tulkintavälineiden antaminen saataville

Elinkaariarvioinnit tarjoavat parhaimmat puitteet saatavilla olevien tuotteiden ympäristövaikutusten arvioimiseen, ja ne ovat tuotelähtöisen ympäristöpolitiikan tärkeä apuväline (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 10). Yleisellä tasolla elinkaariajattelu tunnetaan maailmanlaajuisesti jo monilla aloilla, kuten pakkaus-, kemian- ja metalliteollisuudessa sekä suurissa yrityksissä. Tämän periaatteen soveltaminen on kuitenkin harvinaisempaa erityisesti pienissä pk-yrityksissä. Elinkaarianalyysien tuloksia käytetään yrityksissä pääasiassa tuotekehittelyn parantamiseen. (BIO Intelligence Service 2008, 57.)

Suomessa tämän osan täytäntöönpanoa on edistänyt esimerkiksi rahoitus, jonka ympäristöministeriö yhdessä työ- ja elinkeinoministeriön kanssa järjesti Motiva Oy:n materiaalitehokkuushankkeelle. Se tarjoaa palveluja yrityksille ja neuvontaa kuluttajille sekä julkisen sektorin organisaatioille eri tavoista parantaa materiaalitehokkuutta. Motiva Oy:n materiaalitehokkuusyksikkö aloitti toimintansa vuonna 2008. Materiaalitehokkuusyksikön lisäksi on pyritty kehittämään sellainen väline, jolla voidaan kuvata kulutuksen elinkaarenaikaisia ympäristövaikutuksia luotettavalla ja ymmärrettävällä tavalla. Tämä mittatikuksi kutsuttu väline auttaa kuluttajaa ja tuottajaa ottamaan askeleen ympäristömyönteisempään suuntaan. Ympäristöklusterin tutkimusohjelman ENVIMAT-hankkeen tavoitteena oli selvittää suomalaisen tuotannon ja kulutuksen elinkaariaikaiset ympäristövaikutukset toimialoittain ja tuoteryhmittäin. Suomen ympäristökeskus on raportoinut hankkeen tulokset vuonna 2009. (BIO Intelligence Service 2008, 54; Motiva Oy 2009; Suomen ympäristökeskus 2009a; Suomen ympäristökeskus 2009b.)

### 2.3.3 Ympäristöjärjestelmät

Ympäristöjärjestelmien (ISO 14001 ja EMAS) avulla, organisaatioiden on helppo sisällyttää toimintaansa elinkaariajattelu ja tehdä jatkuvia ympäristöparannuksia. Ne ovat organisaation ympäristöjohtamisen väline, joiden avulla organisaation toiminnassa ja sen suunnittelussa otetaan ympäristöasiat järjestelmällisesti huomioon. Ympäristöjärjestelmät tarjoavat välineet ympäristömyönteiseen toimintaan, ja niitä voidaan käyttää niin julkisissa kuin yksityisissäkin organisaatioissa. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 11; Suomen ympäristökeskus 2010c.)

ISO 14001 on osa ISO 14000 -standardisarjaa, johon sisältyy useita ympäristöasioiden hallinnan välineitä käsitteleviä standardeja, kuten ympäristöauditoinnit, elinkaariarvioinnit ja ympäristömerkinnät. ISO 14001 on ympäristöjärjestelmämalli, jonka avulla organisaatiot voivat parantaa ympäristönsuojelun tasoa ja osoittaa ympäristöasioiden hyvää hoitoa. Sitä voidaan soveltaa sekä yksityisellä että julkisella sektorilla, kaiken tyyppisissä ja kokoisissa yrityksissä. ISO 14001 -ympäristöjärjestelmässä organisaatio

- sitoutuu parantamaan jatkuvasti ympäristönsuojelunsa tasoa sekä tunnistamaan tuotteidensa, toimionsa ja palveluidensa ympäristövaikutukset
- selvittää lakisääteiset velvoitteensa ja pitää huolen niiden täyttamisestä, asettaa ympäristötavoitteet ja seuraa niiden toteutumista
- varaa resurssit ja ylläpitää henkilöstön osaamista
- ohjaa prosesseja ja toimintoja sekä varautuu ympäristöriskeihin ja onnettomuustilanteisiin
- seuraa ympäristövaikutuksia, ennaltaehkäisee ympäristövahinkoja ja ehkäisee niiden toistumisen
- pitää yllä hyviä ympäristökäytäntöjä
- arvioi ja parantaa jatkuvasti toimintaansa.

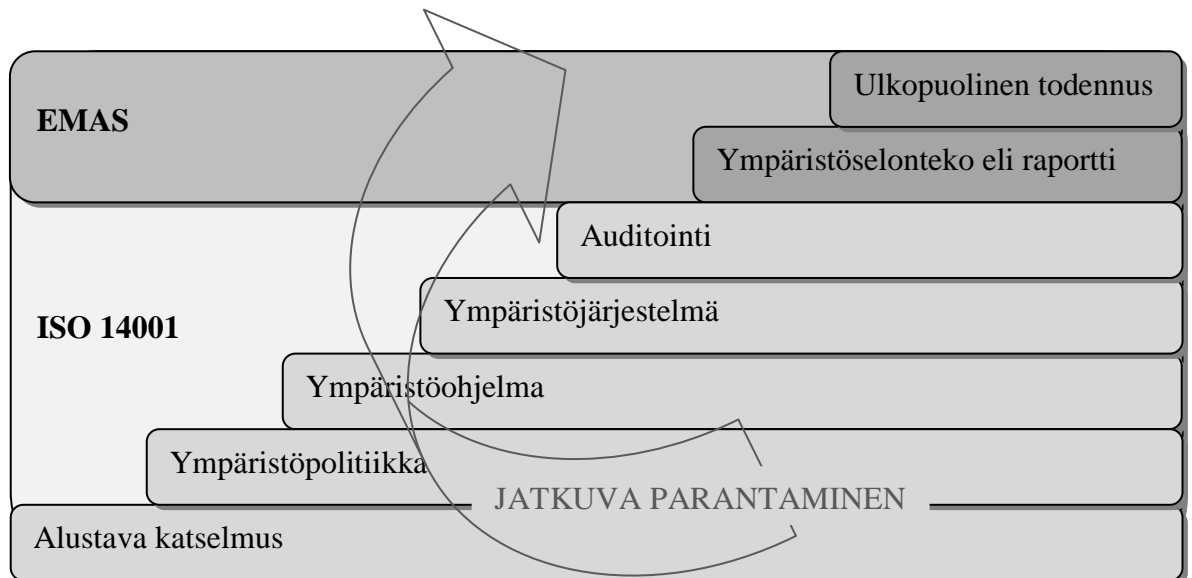
ISO 14001 -standardin mukainen ympäristöjärjestelmä on osa EMAS-järjestelmää. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.)

EMAS on EU:n virallinen, vapaaehtoinen ympäristöjärjestelmä, joka on tarkoitettu yksityisen sektorin sekä julkishallinnon yrityksille ja organisaatioille. EMAS-organisaatio sitoutuu noudattamaan ympäristölainsäädäntöä, parantamaan jatkuvasti ympäristönsuojelunsa tasoa sekä raportoimaan julkisesti ympäristöasioistaan. EMAS-järjestelmä koostuu kansainvälisen ISO 14001 -ympäristöjärjestelmästandardin mukaisesta ympäristöjärjestelmästä sekä EMAS-selonteosta eli ympäristöraportista. Vuonna 2010 voimaan tulleen asetuksen toimeenpanon jälkeen EMAS-järjestelmään voi tietyin edellytyksin liittyä myös muualla kuin EU:n ja ETAn alueella toimivia organisaatioita. (Suomen ympäristökeskus 2010c.)

Askeleet kohti EMASia (KUVIO 3) alkavat siitä, kun organisaatio tunnistaa ympäristöjärjestelmän avulla toimintansa, tuotteidensa ja palveluidensa välilliset ja välittömät ympäristövaikutukset. Tällaisia voivat olla esimerkiksi päästöt, syntyneet jätteet sekä luonnonvarojen ja energian kulutus. Tämän jälkeen organisaatio asettaa haitallisten ympäristövaikutus-



ten vähentämiseksi tavoitteet ja päämäärät sekä päättää toimenpiteistä niiden saavuttamiseksi. (Suomen ympäristökeskus 2010c.)



KUVIO 3. EMAS-järjestelmän askeleet (Suomen ympäristökeskus 2010c.)

Organisaatio voi osoittaa jatkuvaa parantamista ympäristönsuojelelutasossaan seuraamalla tavoitteiden toteutumista. EMAS-järjestelmän olennainen osa on avoimuus ja ympäristötietojen raportointi. Ulkopuolinen todentaja vahvistaa aina EMAS-selonteon tiedot. EMAS-järjestelmä on kestävä kulutuksen ja tuotannon sekä kestävä teollisuuspolitiikan toimintaohjelman tärkeä osa. (Suomen ympäristökeskus 2010c.)

Suhtautuminen avoimuuteen ja ympäristölainsäädännön noudattamiseen on olennaisin ero EMAS-asetuksen ja ISO 14001 -standardin välillä. ISO 14001:n mukaan julkinen ympäristöraportti on vapaaehtoinen, kun taas EMAS edellyttää julkista ympäristöselontekoa ja antaa ohjeita sen laatimiseen. ISO 14001 -standardin mukaan riittää, että organisaatiolla on sellaiset menettelytavat, että se pääsee lainmukaisuuden tilaan tietyn ajan kuluessa. EMAS-asetus edellyttää, että yritys noudattaa ympäristölainsäädäntöä. Näiden tekijöiden lisäksi EMAS-järjestelmässä erityistä huomiota kiinnitetään jatkuvaan parantamiseen ympäristönsuojelun tasossa ja henkilöstön osallistumiseen. (Suomen ympäristökeskus 2009c.)

### **2.3.4 Tuotesuunnittelua koskevat velvoitteet**

Elinkaaritietojen ja tulkintavälineiden saataville asettamisen ja ympäristöjärjestelmien tulisi kannustaa yrityksiä kehittämään ympäristömyönteisempiä tuotteita (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 12). Monella EY:n säädöksellä ja aloitteella on tuotesuunnittelun parantamiseen merkittävä vaikutus. Joitakin EY:n säädöksistä ja aloitteista hyväksyttiin ennen vuoden 2003 tiedonantoa tuotelähtöisestä ympäristöpolitiikasta (esimerkiksi romuautodirektiivi, WEEE-direktiivi, EU:n ympäristömerkkiasetus sekä paristo- ja akkudirektiivi). EuP-direktiivi ja REACH-asetus ovat esimerkkejä tiedonannon jälkeen tehdyistä säädöksistä. Esimerkiksi sähkö- ja elektroniikka-alalla lisääntyneen tietoisuuden on havaittu johtuvan eri EU:n lainsäädännöistä (RoHS, EuP, WEEE jne.) sekä EY:n ponnisteluista tietoisuuden parantamiseksi. (BIO Intelligence Service 2008, 65; Fletcher 2008, 45; Ympäristöministeriö 2009b, 53.)

## **2.4 Tietojen antaminen kuluttajille päätöksenteon pohjaksi**

Ympäristömyönteisten tuotteiden menekistä, ostosta ja käytöstä vastaavat kuluttajat. Yhteisön tehtävänä on sellaisten välineiden ja järjestelmien tarjoaminen ja niiden edistäminen, joiden avulla tuotetiedot välitetään kuluttajille. Päätös siitä, miten kuluttajavalistuksessa saavutetaan sellainen taso, että kuluttajat voivat täysimittaisesti edistää tuotteiden ympäristömyönteisyyttä, on jäsenvaltioiden. On olemassa lukuisia poliittisia välineitä tietojen antamiseen kuluttajille. Tuotehankinnassa tulee myös ottaa huomioon sellaiset tekijät, kuten kustannukset, tehokkuus sekä turvallisuus- ja terveystieteelliset kohdat. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 13.)

### **2.4.1 Ympäristömyönteiset hankinnat julkisella sektorilla ja yrityksissä**

Julkiset hankinnat ovat laaja markkinasektori, joita tehdessä on noudatettava tarkkoja menettelysääntöjä. Sääntöjen soveltamisalaan kuuluvissa tarjouskilpailuissa ympäristönäkökohdat voidaan ottaa huomioon monin eri tavoin. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 10.)

Suomessa julkisten hankintojen arvo on 27 miljardia euroa vuodessa eli noin 15 % bruttokansantuotteesta. Julkisilla hankinnoilla on suuren volyymin ansiosta erityinen asema kielteisten ympäristövaikutusten pienentäjänä, innovaatioiden lanseeraajana ja hyvinvoinnin edistäjänä. EY:n strategiassa julkiset hankinnat ovat tärkeä energian- ja materiaalitehokkuuden edistämisen keino. Jos EY:n tiedonannon tavoite toteutuu, vuodesta 2010 alkaen julkisista hankinnoista 50 % tulee olla ympäristömyönteisiä. EY oli vuoteen 2009 mennessä valmistellut kymmenelle tuoteryhmälle kriteerit ja kymmenen uutta kriteeriä oli valmiilla. Näitä kriteerejä suositellaan käytettäväksi jäsenmaiden julkisissa hankinnoissa. EY on ilmaissut, että julkisissa hankinnoissa voidaan vastaisuudessa harkita pakollisia kriteerejä. Toimistolaitteiden ja maantieajoneuvojen julkisille hankinnoille on jo olemassa velvoitteita, ja on mahdollista, että myös muille sektoreille tulee vastaavanlaisia velvoitteita. Tarjolla on useita eri tuoteryhmiä ja ympäristömyönteisiä julkisia hankintoja koskevia tietokantoja. (Valtioneuvosto 2009; Ympäristöministeriö 2009b, 69.)

Yritykset voivat vaatia toimittajiltaan ympäristömyönteisempiä tuotteita ja tuotantoprosesseja sekä vaatia toimittajiaan rekisteröitymään sertifioituun ympäristöjärjestelmään. Tämä voi vaikuttaa merkittävästi ympäristömyönteisten tuotteiden markkinoihin. Yritykset voivat käyttää samoja välineitä ympäristömyönteisten hankintojen edistämiseen kuin julkisella sektorilla käytetään (esimerkiksi tietokantoja). Myös ympäristömerkit edistävät yritysten ympäristömyönteisiä hankintoja. (Euroopan Yhteisöjen Komissio 2003, 14.)

#### **2.4.2 Ympäristömerkit, -selosteet ja -ohjelmat**

Vapaaehtoiset ympäristömerkit ja -selosteet voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan. Standardeissa ISO 14021, ISO 14024 ja ISO 14025 näitä kutsutaan tyyppin I, II ja III ympäristömerkeiksi tai -selosteiksi. Tyyppin I ympäristömerkeillä osoitetaan jonkin tuoteryhmän ympäristöä vähiten kuormittavat tuotteet. Muun muassa Pohjoismainen ympäristömerkki eli Joutsenmerkki sekä EU:n ympäristömerkki eli EU-Kukka kuuluvat tähän ryhmään. Näiden ympäristömerkkien käyttö lupa edellyttää, että tuote täyttää sen ympäristönäkökohtiin liittyvät ehdot, joita suunnitellaan laajassa yhteistyössä. Tähän yhteistyöhön voi osallistua kuka tahansa ympäristömerkkien kehittämisestä kiinnostunut. Ympäristömerkintäjärjestelmä myöntää hakemuksesta merkin käyttöoikeuden. (SFS-EN ISO 14024:2000; Valtioneuvoston kanslia 2008, 15.)

Tyypin II ympäristömerkkien ryhmän muodostavat omaehtoiset ympäristöväittämät. Riipumaton kolmas osapuoli ei varmenna ympäristömyönteisyyteen liittyvää valmistajan, maahantuojan tai kaupan esittämää väittämää. Tämä omaehtoisuus on keskeisin ero kahteen edelliseen tyyppiin verrattuna. Tähän luokkaan kuuluvilla väittämillä ei myöskään ole ennalta määrättyä muotoa kuten edellä mainituilla. Standardissa ISO 14021 annetaan ohjeita väittämistä, jotka koskevat muun muassa pienempää energiankulutusta, pidempää käyttöikää ja uudelleenkäytettävyyttä. Myös muita standardissa mainitsemattomia väittämiä voidaan käyttää, jos ne täyttävät standardin vaatimukset. (SFS-EN ISO 14021:2001; Valtioneuvoston kanslia 2008, 15.)

Tyypin III ympäristöselosteiden laadinta on vapaaehtoista, ja selosteet kuuluvat aina johonkin ympäristöselosteohjelmaan. Ne tarjoavat elinkaariarviointiin perustuvaa, määrällistä ympäristötietoa. Ympäristöseloste ei välitä ympäristömerkin tavoin tietoa tuotteen paremmuudesta muihin tuotteisiin verrattuna. Rakennustuotteiden ympäristöseloste on Suomessa ehkä tunnetuin tyypin III ympäristöseloste. (SFS-EN ISO 14025:2006; Valtioneuvoston kanslia 2008, 15.)

Viranomaisten valvomia lakisääteisiä ympäristö- ja energiamerkkejä on olemassa näiden kolmen vapaaehtoisen tyypin lisäksi. EU:n energiamerkki ja autoille pakollinen käyttövaiheen polttoaineen kulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä kertova merkintä ovat esimerkkejä pakollisista merkeistä. (Valtioneuvoston kanslia 2008, 15.)

Tuotteen ympäristömerkintä perustuu tuotteeseen käytettyihin materiaaleihin ja kertoo ostajalle, että tuote ei aiheuta käyttäjälle vaaraa. Tekstiilituotteessa vaaraa aiheuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi tuotteen syttyvyys ja terveyshaitat, joita voivat olla esimerkiksi kuituja viimeistysmateriaalien sekä tuotteissa käsittelyvaiheissa käytettyjen kemikaalien aiheuttamat allergia- ja yliherkkysoireet. Oeko-Tex Standard 100 on merkintä, joka takaa kuluttajalle tuotteen vaarattomuuden. Kriteerejä on olemassa esimerkiksi lasten vaatteille, aikuisten vaatteille, välittömässä ihokontaktissa oleville vaatteille sekä muille tekstiilituotteille. Kriteerien täyttyminen todennetaan testeillä, joissa varmistetaan, ettei tuote sisällä tiettyjä aineita, kuten raskasmetalleja, torjunta-aineita, liuottimia ja kiellettyjä väriaineita. Lisäksi tarkistetaan tiettyjen aineiden esimerkiksi formaldehydin tarpeeksi matala pitoisuus ja se, ettei tällaisia aineita pääse irtoamaan tuotteesta käytön aikana. Merkit asettava kielletyille aineille (LIITE 3) raja-arvot, jotka saattavat vaihdella suuresti eri merkkien välillä.

Tämänkaltaisia ympäristömerkintöjä vaativat pääasiassa jälleenmyyjät varmistuakseen siitä, että tuote on testattu. Näin jälleenmyyjä pystyy takamaan kuluttajalle tuotteen vaarattomuuden. Muita tekstiilituotteille myönnettäviä merkkejä ovat esimerkiksi jo aiemmin mainitut pohjoismainen Joutsenmerkki ja EU:n ympäristömerkki sekä Bra Miljöval ja Eco-tex. Merkkejä on paljon, ja niitä kehitetään jatkuvasti vastaamaan paremmin lakeja ja muita vaatimuksia. Oeko-Tex Standard 1000 -merkintä keskittyy tuotannon ympäristömyönteisyyteen. (Collier, Bide & Tortora 2009, 516; Talvenmaa 2002, 72–76.)

Bluesign-standardi keskittyy valmiiden tuotteiden sijaan tuotannon erilaisten syötösten testaamiseen. Raaka-aineet ja kemikaalit arvioidaan niiden ympäristövaikutusten perusteella ja mahdolliset haitalliset raaka-aineet eliminoidaan jo ennen tuotannon alkamista. Bluesign-standardissa keskitytään viiteen seikkaan: resurssien tuottavuuteen, tuotteiden turvallisuuteen, päästöihin ilmaan ja veteen sekä työn turvallisuuteen. (Bluesign technologies Ag 2010.)

Responsible Care – Vastuu huomisesta on kemianteollisuuden maailmanlaajuinen omaehtoinen ohjelma, jossa mukana olevat yritykset sitoutuvat yhdessä jatkuvasti parantamaan terveyden-, turvallisuuden- ja ympäristöasioiden hoitoa. Ohjelman tavoitteena on toimia yhteiskunnallisesti ja luonnontieteellisesti kestävä kehityksen mukaisesti. Sidosryhmien kanssa kommunikointi ja avoimuus ovat toiminnan perustana. Sidosryhmien avoin keskustelu tuotteistaan ja prosesseistaan tuo hyötyä yhteiskunnalle kehittämällä turvallisia ja kohtuuhintaisia tavaroita. Ohjelmaa johtaa International Council of Chemical Associations (ICCA). (International Council of Chemical Associations.)

### **2.4.3 Ekotehokkuusmittarit**

Ekotehokkuudella pyritään saamaan enemmän vähemmästä. Tavoitteena on käyttää mahdollisimman tehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti raaka-aineita, materiaaleja, energiaa ja teknologiaa. Luonnonvaroja käytetään sitä tuottavammin, mitä pienempi tarvittava materiaalipanos on. Ekotehokkuuden toteutumista voidaan arvioida erilaisilla indikaattoreilla eli tunnusluvuilla. Arviointeja voidaan tehdä eri tasoilla esimerkiksi kansallisesti, kansainvälisesti, aloittain tai yrityskohtaisesti. Näin voidaan seurata muun muassa energian ja raaka-

aineiden käyttöä suhteessa luontoon. Lisäksi voidaan mitata päästöjen määrää, tuotteiden laadun paranemista, hyvinvointia sekä kilpailukyvyn kehittymistä. (Rissa 2001, 10–67.)

Indikaattorit jaetaan kahteen ryhmään: panosindikaattorit ja tuotosindikaattorit. Panosindikaattorit kuvaavat luonnonvarojen ja energian käyttöä. Tuotosindikaattorit ovat tavaroiden ja palveluiden määrää sekä päästöjä ilmaan ja veteen mittaavia tunnuslukuja. Luonnonvarojen kokonaiskäytön (TMR) tarkempaa selvittämistä varten on kehitetty erilaisia materiaalivirta-analyyseja. (Rissa 2001, 52–67.)

MIPS-indeksillä voidaan mitata tuotteen tai palvelun ekotehokkuutta. Tuotteen koko elinkaaren aikana vaatima materiaalipanosten määrä suhteutetaan käyttökertoja kohden. MIPS-indeksi sisältää kaikki välilliset materiaalipanokset, esimerkiksi raaka-aineiden ja tuotannon piilovirrat. Näitä piilovirtoja eli näkymättömiä materiaalipanoksia kutsutaan myös ekologiseksi selkärepuksi. (Rissa 2001, 58–60.)

Kulutuksen vaikutuksia ympäristöön voidaan mitata ekologisen jalanjäljen avulla. Kaikki kuluttajan tarvitsemat ja käyttämät elintarvikkeet, tavarat ja palvelut muutetaan yhdeksi tunnusluvuksi. Ekologisesti tuottava maa-ala hehtaareissa toimii ekologisen jalanjäljen mittayksikkönä. Ekologinen jalanjälki kuvaa sitä tuottavaa maa-alaa, jonka ihminen tarvitsee kulutustasonsa ylläpitämiseksi. (Rissa 2001, 66–67.)

Vesijalanjäljellä tarkoitetaan henkilön tai valtion kuluttamaa vesimäärää. Vesijalanjälkeen sisältyy talousvesi, teollisuuden kuluttama vesi ja kulutettujen tuotteiden piilovesimäärät. Piilovedellä tarkoitetaan vesimäärää, jonka tuote vaatii elinkaarensa aikana. (Water Footprint Network 2010.)

Hiilijalanjälki kertoo, kuinka paljon tuote tai palvelu tuottaa elinkaarensa aikana kasvihuonepäästöjä. Hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli ja eri halogeenit aiheuttavat ilmastonmuutosta. Kasvihuonekaasupäästöt muutetaan hiilidioksidiekvivalenttimääräksi kertomalla kasvihuonekaasun päästöt niitä vastaavilla GWP-kertoimilla (Global Warming Potential). GWP-kerroin ilmaisee kasvihuonekaasun suhteellisen merkityksen ilmastonmuutoksen aiheuttajana. Hiilidioksidi saa GWP-kertoimen 1,0, metaani tyypillisesti kertoimen 25 ja typpioksiduuli 298<sup>5</sup>. (Valtioneuvoston kanslia 2008, 14.)

### 3 TEKSTIILIT

Loppusijoituspaikan mukaan tekstiilimateriaaleilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Erilaisille sääolosuhteille ja ilmastoille altistuvilta tekstiileiltä vaaditaan enemmän kuin esimerkiksi kodin sisustustekstiileiltä. Yleisimpiä venemateriaaleilta toivottuja ominaisuuksia ovat esimerkiksi yleinen kestävyys, korkeat värinkestot, veden pitävyys ja lian hylkivyyt. Näiden ominaisuuksien saavuttaminen vaatii usein sopivan kuitumateriaalivalinnan lisäksi viimeistyskäsittelyitä. (Glen Raven Inc. 2010a.)

Värinkestolla tarkoitetaan värin kykyä vastustaa muuttumista erilaisissa olosuhteissa ja kykyä olla tahrimatta. Muuttuminen voi olla värisävyn, -kirkkauden tai -puhtauden muuttumista. Värinkestoihin vaikuttavat väri, kuitu, värjäysprosessi ja värisävyn tummuus. Värinkestolla viitataan tavallisimmin esimerkiksi hankauksenkestoon kuivana ja märkänä, valon-, pesun-, hien-, meriveden- ja uima-allasvedenkestoon sekä kemiallisen pesun keston. Sellaisilla kankailla, jotka altistuvat paljon esimerkiksi valolle, säälle tai merivedelle, tulee olla hyvä värinkesto. (Collier ym. 2009, 527–533.)

Värin valonkesto arvostellaan harmaa-asteikolla 1–5 tai siniasteikolla 1–8. Siniasteikolla voidaan määrittellä harmaa-asteikolla erittäin hyvän arvon 5 ylittävien kankaiden valonkesto. Testissä määritellään kuinka paljon väri muuttuu valon vaikutuksesta. Esimerkiksi ulkotila- ja venekankailta toivotaan erittäin korkeaa valonkesto (6–8). Muut värinkestot arvioidaan asteikolla 1–5. (SFS-EN ISO 105-A01:1995.)

Huonekalukankailta vaaditaan hyvä hankauksenkesto. Hankauksenkestoon vaikuttavat kuituraaka-aine, lankojen rakenne ja sidos. Puuvillan ja viskoosin hankauksenkesto on yleisesti heikko, polyesterillä ja polyamidilla se on parempi. Monissa huonekalukankaissa lanka- ja kuiturakenne kompensoivat heikomman kuitulujuuden. Tiukkakierteisillä, tasaisilla langoilla on korkeampi hankauksenkesto kuin löysäkierteisillä, epätasaisilla langoilla. Tiheään kudotut kankaat, joiden langat ovat tiukkakierteisiä sekä tasaisia ja jotka on valmistettu vahvoista kuiduista, voivat olla todella kestäviä. Nukkakankaiden, kuten sametin, hankauksenkesto riippuu kuituvalinnasta ja nukan sidosrakenteesta. Polyamidisametti voi olla melko kestävä toisin kun esimerkiksi silkki- tai viskoosinukkakankaat. Leikkaamaton nukka kestää yleensä leikattua paremmin. (Collier ym. 2009, 318.)

Eurooppalaisen standardin mukaan hankauksenkesto määritellään Martindale-menetelmällä. Se ei varsinaisesti sovi nukkakankaiden hankauksenkeston määrittämiseen. Testissä tutkittavaa kangasta hangataan mekaanisesti standardikankaalla. Hankauksenkestotestin lopputuloksena ilmoitetaan kankaan vähintään kahden langan katkeamiseen vaadittava hankauskierrosmäärä. Kankaan pinnan nyppyyntyminen eli pillinki arvostellaan asteikolla 1–5, jossa 1–2 vastaa runsasta pillinkiä. Pillingin tutkimiseen on olemassa useita laitteita ja menetelmiä. Monet yritykset ilmoittavat pillinkiarvona esimerkiksi 2000 Martindale-hankauskierroksen jälkeisen arvon. (Collier ym. 2009, 526.)

### 3.1 Valmistus

Tekstiiliteollisuuden suurimmat ympäristöön liittyvät vaikutukset johtuvat jätevesistä ja niiden sisältämistä kemikaalimääristä. Lisäksi energian käyttö, päästöt ilmaan, jätteet sekä eräissä prosesseissa syntyvät hajut sekä melu ovat tekstiiliteollisuuden suurimpia ympäristönkuormittajia. Lakisääteiset vaatimukset ovat parantaneet päästöjen hallintaa. Ilmaan pääseviä päästöjä on yleisesti ottaen ollut helpompi seurata kuin vesiin pääseviä päästöjä. Ilmaan pääseviä päästöjä on kontrolloitu pitkään, ja täten on olemassa tarkkoja tietoja eri prosessien aiheuttamista päästöistä. Yksittäisistä prosesseista veteen pääseviä päästöjä on vaikeampi seurata, koska useita prosesseja yhdistetään ja yksittäisten prosessien jätevedet sekoittuvat. (European Commission 2003, ii.)

Kehruu, kudonta ja neulonta ovat pitkälti mekaanisia prosesseja, joiden suurimmat ympäristölliset haasteet liittyvät energian käyttöön, kiinteiden jätteiden tuottamiseen sekä pölyn muodostumiseen ja melun aiheuttamiseen. Lisäksi näihin prosesseihin liittyy voiteluaineiden, öljyn sekä liistauksessa käytettävien aineiden käyttö kuitujen vahvistamiseksi ja suojaamiseksi prosessin rasitukselta. Näistä aineista syntyy jätettä, kun ne pestään pois kankaasta. Ne ovat luonnossa pitkäikäisiä ja siksi vaikeita käsitellä. Kaiken kaikkiaan kudonnan ympäristövaikutukset ovat neulontaa suuremmat. Tämä johtuu liistauksessa käytettävistä aineista. (Fletcher 2008, 48.)

Suuri prosentuaalinen osa tekstiiliteollisuuden päästöistä johtuu raaka-aineiden sisältämistä kemikaaleista ja muista aineista, joita on kertyneenä raaka-aineisiin ennen viimeistysvaihetta. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi luonnonkuitujen epäpuhtaudet, erilaiset voiteluai-



neet, öljyt ja liistausaineet. Nämä aineet poistetaan kuidusta yleensä esikäsittelyssä ennen värjäystä ja viimeistystä. Aineiden poisto märkäkäsittelyssä saattaa johtaa luonnossa pitkäikäisten jätteiden lisäksi vaarallisten yhdisteiden, kuten polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH), alkyyliifenolietoksyalaattien (APEO) ja torjunta-aineiden, päätymiseen jätevesiin. (European Commission 2003, ii.)

### 3.1.1 Polyesteri (PES)

Polyesterikuidut (PES) ovat kondensaatiopolymeerejä, jotka valmistetaan peräkkäisistä makromolekyyleistä. Makromolekyylien muodostama ketju sisältää vähintään 85 % esteriä. Nykyään kaupallisesti saatavilla on kolme erilaista polyesteripolymeeriä:

- polyetyleenitereftalaatti (PET)
- polybutyleenitereftalaatti (PBT)
- polytrimetyleenitereftalaatti (PTT). (European Commission 2003, 17.)

PET on yleisimmin käytetty polyesteripolymeeri, ja usein puhuttaessa polyesteristä (PES) viitataan juuri PET-polymeeriin. PET-kuidut ovat erittäin kiteisiä. Kiteisyys mahdollistaa erinomaisen lämpöresistenssin ja muita mekaanisia ominaisuuksia. Kiteinen rakenne estää värjäyksessä väriaineen kulkeutumisen kuituun, minkä vuoksi PET-kuituja ei voi värjätä alle 100 °C:n lämpötiloissa ilman turvottavien apuaineiden eli carrieerien käyttöä. Carrieerit ovat ympäristölle haitallisia ja ihmisille myrkyllisiä. Niiden käytöstä on pitkälti luovuttu, koska ne ovat myrkyllisiä aromaattisia orgaanisia yhdisteitä, jotka ovat haitallisia hengitettynä ja vesistöissä. Nykyään PET-kuidut värjätään ilman carrieereja korkeammassa lämpötilassa painetta apuna käyttäen. (European Commission 2003, 17.)

Modifioidut PES-kuidut perustuvat PET:lle. Kuidulle tehdään kuitutuotannossa fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia, jotka alentavat kuidun kiteisteisyyttä, jolloin kuitu on helpommin värjättävissä. PTT-kuitujen värjäminen onnistuu ilman carrieereja. Polyesterikuitujen polykondensaatioreaktiossa voi syntyä syklisiä oligomeerejä, joilla on erittäin huono vesiliukoisuusaste. Nämä oligomeerit siirtyvät usein kuidun pintaan värjäyksen aikana. Tämä vaikuttaa alentavasti värin kiinnittyvyyteen ja hankauksenkesto-ominaisuuksiin. PBT- ja PTT-kuituja käytetään paljon esimerkiksi muovimatoissa. (European Commission 2003, 17.)

### 3.1.2 Akryyli (PAN/PC)

100-prosenttista akrylonitriilistä valmistettua polymeeriä, polyakrylonitriiliä, valmistetaan vain rajallisiin teollisuuden käyttötarkoituksiin. Tekstiiliteollisuudessa käytettävä akryylikuidussa on vähintään 85 % akrylonitriittiä, 4–10 % ionittomia komonomeereja (vinyylidikloridi, vinyyliasetaatti, metyyliakrylaatti) ja 0,5–1 % ionisia komonomeereja. Kuiduntuotantoon käytetään kuiva- ja märkäkehrumenetelmiä. Kuivakehruussa polymeeri liotetaan dimetyyliformamidiin (DMF) ja märkäkehrussa dimetyyliasetamidiin (DMAc). Märkäkehrussa voidaan lisäksi käyttää dimetyylisulfoksidia ja etyylikarbonaattia sekä vesiliukoisia epäorgaanisia suoloja tai happoja. Näiden liuottimien jäännökset (0,2–2 % kuidun painosta) päätyvät esikäsittelyiden jätevesiin. Vastakehryt akryylikuidut ovat huokoisia, ja siksi väri imeytyy kuituun helposti tässä vaiheessa. Kuidun jälkivenytys vaikuttaa huokoisuuteen ja kuidun lujuuden kasvuun. Akryylikuidulla on erinomainen valonkesto, mutta huono kosteudenimukyky, ja siksi sitä käytetään paljon muun muassa katoksiin, kuomuihin ja ulkosisussovelluksiin. (Collier ym. 2009, 176–180; European Commission 2003, 18.)

Modakryylissä on vähemmän kuin 85 % akrylonitriittiä, vähintään 35 %. Tämän lisäksi modakryyli koostuu muista yhdisteistä, kuten vinyylidikloridista, vinylideenikloridista tai vinyylibromidista. Sen valmistus jäljittelee akryylin valmistusta. Ominaisuuksiltaan modakryyli on akryylin kaltainen. Usein modakryylin palonkestoa parannetaan lisäaineilla kuituvalmistuksessa. (Collier ym. 2009, 183–185.)

### 3.1.3 Polyuretaani (PU)

Laminoinnissa käytetään sidosaineena usein polyuretaanivaahtoa. Sitä käytetään myös sellaisenaan esimerkiksi patjoissa. Polyuretaanikemiassa käytetään nykyisin di- tai polyisosyanaatteja sekä suurimolekyylisiä OH-ryhmiä sisältäviä yhdisteitä eli polyoleja. Näiden lisäksi käytetään erilaisia lisä- ja apuaineita, kuten katalyytteja, paisunta-aineita, emulgaattoreita, stabilisaattoreita, täyteaineita ja väriaineita. Erittäin reaktiokykyinen diisosyanaatti on pehmeän polyuretaanivaahdon valmistuksen kulmakivi. Tämä isosyanaatti muodostaa polymeerin toisen pääraaka-aineen polyolin ja veden sekä syntyvien välituotteiden kanssa. Tätä kutsutaan polyadditioreaktioksi. Isosyanaatin ja polyolin välinen reaktio johtaa uretaanin muodostumiseen. Isosyanaatin ja veden reaktiossa muodostuu pysy-

mättömän väliyhdisteen jälkeen ureaa sekä vaahoutumisen aiheuttavaa hiilidioksidia. Polyuretaanipolymeeriä muodostuu, kun urea reagoi uusien isosyanaattiryhmien kanssa. Eri-  
laisia vaahtomuovilaatuja on olemassa paljon. Kullakin niistä on omat käyttötarkoituksen-  
sa:

- Polyeetterilaadut sopivat monipuoliseen pehmustekäyttöön.
- HR-kimmolaadut sopivat vaativaan pehmustekäyttöön.
- Viskoelastisia laatuja käytetään pääasiassa tyynyissä ja patjoissa, koska ne muotou-  
tuvat kehon lämmön ja painon mukaan.
- Rouhepuristelaadut valmistetaan vaahtomuoviteollisuuden leikkausjätteestä, ja niitä  
käytetään muun muassa voimistelu-, paini- ja judomattoihin sekä äänieristeinä.
- Polyesterilaatuja tehdään tekstiiliteollisuuden käyttöön.
- Erikoislaatuja valmistetaan moniin erikoistarkoituksiin, kuten autonverhoiluun, jal-  
kineisiin, pesusieniin ja pakkauksiin. (Muoviteollisuus Ry & Plastindustrin Rf  
2008, 4–5; Recticel Oy.)

Vaahtomuovia syntyy, kun polymeerireaktiot ovat tasapainossa kaasureaktion kanssa. On-  
ko syntynyt vaahto eetteri- vai esterivaahtoa, riippuu siitä, onko valittu polyoli eetteri- vai  
esterityyppinen. (Muoviteollisuus Ry & Plastindustrin Rf 2008, 4–5; Recticel Oy.)

Vaativaan pehmustekäyttöön kehitetyt HR-tyyppiset vaahtomuovit valmistetaan käyttämäl-  
lä modifioitua erikoispolyolia. Tämän kimmoisan, kumimaisen vaahdon valmistuksessa  
sekä polyolit että isosyanaatti ovat erityisesti kehitetty tätä vaahtoa varten. Mitä enemmän  
vettä valmistuksessa käytetään, sitä enemmän syntyy kaasua. Näin saadaan kevyttä vaaht-  
toa. Vaahtomuovin tilavuuspaino voidaan säätää veden avulla halutulle tasolle. (Recticel  
Oy.)

Tilavuuspainon alentamiseen käytettiin ennen alhaisissa lämpötiloissa kiehuvia CFC-  
yhdisteitä. Niiden käyttö lopetettiin aineiden haitallisiin ympäristövaikutuksiin vedoten  
1990-luvun alussa. Erilaisia vaahdonvalmistuksen apu- ja lisäaineita ovat esimerkiksi reak-  
tioiden ohjaukseen käytetyt katalyytit, vaahdon lysähtämisen estävät ja solukoon säätelevät  
stabilisaattorit, palon- ja homeensuoja-aineet sekä väriaineet. (Recticel Oy.)

Vaahdotus suoritetaan erityisessä valukoneessa. Nestemäinen, reaktiokykyinen raaka-aineseos valetaan liikkuvaan paperimuottiin. Raaka-aineseos paisuu muutaman metrin matkalla sen alkutilavuuteen verrattuna 30–50-kertaiseksi. Valmis vaahtomuovi sisältää sen tilavuuspainon mukaan 2–5 % polyuretaanimuovia ja lopun 95–98 % ilmaa. Vaahtomuovi on valmis leikattavaksi vasta vaahdotuksen jälkeisenä päivänä, koska lämpimässä vaahtomuoviaihiossa tapahtuu vaahdotuksen jälkeen vielä hitaita reaktioita. (Recticel Oy.)

Polyuretaani on luonnostaan hygieeninen materiaali, joka ei itsessään sovi homeen kasvu- alustaksi. Puhtaana ja kuivana vaahtomuovi ei homehdu. Tuotteet ovat luonnossa pitkäikäisiä. Vaahtomuovin hävittäminen hyvin hoidetulla kaatopaikalla tai toimivassa polttolaitoksessa ei aiheuta erityisiä ongelmia. Sen hävittäminen väärin voi kuitenkin aiheuttaa monia ympäristöongelmia. (Muoviteollisuus Ry & Plastindustrin Rf 2008, 13–14.)

#### **3.1.4 Klorokuidut (CLF)**

Klorokuidut valmistetaan klooriatomeja sisältävistä polymeereistä. Ne olivat ensimmäisiä Euroopassa ja Yhdysvalloissa valmistettuja synteettisiä kuituja. Polyamidin, akryylin ja polyesterin kehityksen vuoksi klorokuitujen käyttö rajoittuu muutamaankäyttötarkoitukseen. Klorokuituja ovat polyvinyylidikloridi (PVC) ja polyvinyylideenidikloridi (PVDC). Klorokuitujen alhaisen sulamispisteen ansiosta niitä käytetään paljon lämpöherkkänä sideaineena kuitukangassovelluksissa. Koska klorokuidut kestävät hyvin kemikaaleja, niitä käytetään paljon teollisuuden sovelluksissa sekä suojavaatteissa. On olemassa tutkimustuloksia, jotka viittaavat siihen, että jatkuva vinyylidikloridimonomereille altistuminen saattaa aiheuttaa maksasyöpää. PVC-tuotanto on erityisen tarkkailun alla, jotta polymerisaation aikaiset mahdolliset monomerivuodot huomataan. PVC:n hävittäminen polttamalla on erityisen ongelmallista. Sen palaessa syntyy suolahapon lisäksi vaarallisia klooriyhdisteitä. Ranskassa valmistetaan klorokuituja kauppanimellä Rhovyl. Siitä valmistetaan esimerkiksi alusvaatteita, sukkia, vuodevaatteita, suodattimia ja palonkestäviä tuotteita, kuten verhoja. (Collier ym. 2009, 217–505; Eberle, Hermeling, Hornberger, Kilgus, Menzer & Ring 2005, 41.)

### 3.1.5 Polyolefiinikuidut (PP/PE)

Polypropeenin lähtöaineena on propeeni, jota saadaan prosessista, jossa raakaöljy jalostetaan bensiiniksi. Polymerisoinnin jälkeen polymeerit puristetaan ja leikataan pelleiteiksi, joista valmistetaan hartsia kuitu- ja pinnoitemarkkinoille. Polypropeenista voidaan valmistaa sulakehuussa filamentteja ja myöhemmin lankaa tai siitä voidaan valmistaa esimerkiksi kuitukankaan kuituverkko. Polypropeenikuidut ovat vaikeasti värjättävissä, ja siksi väri lisätään yleensä jo kuitukehuussa. Viimeistysaineet, kuten palon- tai UV-suoja, voidaan lisätä joko ennen kehruta kehruliemeen tai polymerihartsiin polymerisointivaiheessa. Polypropeenaa käytetään paljon esimerkiksi matoissa taustamateriaalina, koska se hylkii luonnostaan mikro-organismeja. Sillä on huono UV-valonsietokyky, mutta viimeistysten avulla se sopii mainiosti ulkokäyttöön. Polypropeeni hylkii hyvin vettä ja likaa. Sitä käytetään myös huonekaluissa ja vaatetuksessa. (Collier ym. 2009, 188–191.)

Polyeteenillä on polypropeeninkaltaisia ominaisuuksia. Märkäkehrättyä polyeteeniä ei juurikaan käytetä tekstiilikuituna. Sen käyttötarkoitukset ovat pääasiassa muovipinnoitteissa ja pakkausmateriaaleissa. Muovipussit valmistetaan usein polyeteenistä. Geelikehruumenetelmällä valmistetut polyeteenikuidut ovat äärimmäisen vahvoja: jopa 15 kertaa terästä vahvempia ja kaksi kertaa para-aramideja vahvempia. Ne hylkivät vettä sekä kemikaaleja ja kestävät UV-valoa ja ovat rakenteeltaan kevyitä. Tällä menetelmällä valmistettuja polyeteenikuituja käytetään esimerkiksi köysissä, kaapeleissa, viillonkestävissä käsineissä, reppuissa, luotiliiveissä ja kypärissä. Niiden käyttöä rajoittaa niiden alhainen sulamispiste ja niiden taipumus venyä pitkän ajan kuormituksen seurauksena. (Collier ym. 2009, 194.)

### 3.1.6 Fluorokuidut (PTFE)

Fluoria sisältäviä polymeerejä, jotka perustuvat polytetrafluorietaanille (PTFE), kutsutaan fluorokuiduiksi. Valkoisesta aineesta valmistetaan kalvoja, filamenttilankaa ja katkokuituja. Fluorokuidut kestävät hyvin kemikaaleja ja tulta. Niitä voidaan käyttää monissa lämpöolosuhteissa, niillä on hyvä hankauksenkesto, eivätkä ne ime kosteutta. Sulamispiste vaihtelee polymeerin mukaan alhaisesta korkeaan. Fluorokuituja on vaikea värjätä. Niitä käytetään tiivisteinä, suodatinaineina sekä tekstiileissä hengittävänä, mikrohuokoisena kalvona. Fluorokuidut ovat kalliita, joten niiden käyttö on jokseenkin rajallista. Kuluttajille tunne-

tumpia kaupunimiä ovat DuPontin valmistama Teflon, jota käytetään fluorihililenä erilaisten keittiötarvikkeiden kalvona sekä fluoropolymeerikuituna kalvoina esimerkiksi tekstiileissä. Pienihuokoista Teflon-fluorihilikalvoa käytetään Gore-Tex-kankaiden valmistuksessa. Näitä kankaita käytetään paljon esimerkiksi ulkovaatteissa. (Collier ym. 2009, 218–219; Eberle ym. 2005, 41.)

### 3.2 Esikäsittelyt

Liistauksessa loimilangat päällystetään liisteristä valmistetulla kalvolla. Sen tarkoituksena on tasoittaa lankojen epätasaisuuksia ja heikkoja kohtia, pitää kuidut koossa ja antaa niille hyvät pintaominaisuuden kutomisen ajaksi. Liistausaineet tulee poistaa täysin ennen värjäys- ja viimeistysprosesseja. Ne pestään pois suurella vesimäärällä sekä kemikaaleilla. Pesun jälkeinen jätevesi on yleensä hyvin saastunutta. (Fletcher 2008, 48–49; Talvenmaa 2002, 37.)

Synteettisiä loimiliistereitä laajemmin käytössä ovat halvemmat luonnonliisterit, kuten tärkkelyspohjaiset liisterit. Niitä on mahdotonta kierrättää, ja ne tulee neutralisoida jätevesikäsittelylaitoksissa. Luonnonliistereiden käytön yleisyys johtuu siitä, että kutominen ja kankaiden värjäys ja viimeistys ovat usein toisistaan erillään tapahtuvia toimenpiteitä. Nämä toimenpiteet suorittaa yleensä kaksi eri yritystä, jotka usein sijaitsevat eri maissa. (Fletcher 2008, 48–49; Talvenmaa 2002, 37.)

Liistausaineiden lisäksi torjunta-aineet, kuten mikrobeja tappavan pentakloorifenolin (PCP) lisääminen esimerkiksi puuvillakankaaseen sen säilytyksen ja kuljetuksen aikaiseksi suojaksi, pestään pois. Näiden aineiden päästöt ovat kiellettyjä EU:ssa ja Yhdysvalloissa, koska niillä katsotaan olevan kielteisiä vaikutuksia hermostoon, lisääntymiseen ja munuusiin, ja lisäksi niillä on karsinogeenisia ominaisuuksia. (Fletcher 2008, 48–49; Talvenmaa 2002, 37.)

Kutomosta tai neulomosta valmistunutta raakakangasta voidaan harvoin käyttää sellaisenaan. Ennen kankaiden jatkotyöstämistä ne tulee käsitellä eri menetelmin. Liistausaineiden sekä epäpuhtauksien poisto ja virheiden korjaaminen voivat olla esikäsittelyiden syinä. Värjäyksillä ja viimeistyksillä parannetaan usein kankaiden ulkonäköä esimerkiksi värjää-

mällä, painamalla tai kohokuvioinnilla. Tekstiilin käyttömukavuutta tai hoito-ominaisuuksia voidaan parantaa viimeistyksillä, joilla tekstiileille voidaan antaa sellaisia lisäominaisuuksia, joita niillä ei luonnostaan ole. Ympäristönsuojelussa tekstiilien viimeistyksillä on erittäin suuri painoarvo. Puhdistamattomia väri- ja viimeistysliemiä ei saa päästää jätevesiin eikä ympäristöön saa laskea haihtuvia liuottimia tai muita haitallisia päästöjä. Esikäsitteilyt sekä värjäys- ja viimeistystoimenpiteet kuormittavat ympäristöä, mutta samalla ne voivat lisätä tekstiilien käyttöikä ja parantaa niiden hoidettavuutta. Koska esikäsitteily-, värjäys- ja viimeistysprosesseihin käytetään lähes poikkeuksetta vettä, niitä kutsutaan usein yhteisnimityksellä tekstiilien märkäsittelyksi. Niitä kutsutaan joskus myös yhteisnimityksellä viimeistys. (Collier ym. 2009, 391–392; Eberle ym. 2005, 97; Talvenmaa 2002, 40.)

Synteettiset kuidut ovat usein luonnonkuituja puhtaampia eivätkä siksi vaadi yhtä laajoja esikäsitteilyitä kuin luonnonkuidut. Synteettisen kankaan mieto keitto suoritetaan lian poistamiseksi. Keitto voidaan yhdistää värjäykseen, jos kangas on suhteellisen puhtas. Viskoosikankaat saatetaan käsitellä värinottokyvyn parantamiseksi. Villalle tehtävät esikäsitteilyt poikkeavat puuvillalle ja muille selluloosakuiduille tehtävistä esikäsitteilyistä. (Collier ym. 2009, 391–392; Eberle ym. 2005, 97; Talvenmaa 2002, 40.)

Tekstiilien märkäsittely voidaan suorittaa joko osittain tai jatkuvana menetelmänä. Valittu menetelmä perustuu usein käsiteltävän materiaalin määrään. Jatkuvat menetelmät ovat usein tehokkaampia silloin, kun suurelle materiaalimäärälle tehdään sama käsittely. Suuri kangasmäärä voidaan myös ensin esimerkiksi esikäsitellä jatkuvassa menetelmässä, jonka jälkeen materiaali jaetaan osiin, jotka värjätään osamenetelmällä erivärisiksi. Tämän jälkeen osat yhdistetään ja viimeistys tehdään jatkuvalla menetelmällä. Tätä kutsutaan osittain jatkuvaksi menetelmäksi. Pienimuotoisessa yritystoiminnassa esikäsitteilyt voidaan suorittaa värjäyksen kanssa samoilla koneilla. (Collier ym. 2009, 392–393.)

Osittainen menetelmä suoritetaan upotusaltaassa. Tässä altaassa suoritetaan kaikki osaprosessit: tekstiilit upotetaan vesi-kemikaaliliuokseen, hämmennetään ja lopuksi lämmitetään. Toimenpide suoritetaan samassa upotusaltaassa kokonaisprosessissa, joka voi kestää useita tunteja. Upotusaltaiden koko vaihtelee noin 75 000 litrasta 800 000 litraan, mutta altaat voivat olla suurempiakin. Teollisuuden käytössä on useita erilaisia koneita käsiteltävän määrän ja materiaalin mukaan. (Collier ym. 2009, 392.)

Jatkuva menetelmä koostuu yksittäisistä yksiköistä (esimerkiksi värjäys-, värinkiinnitys- ja huuhteluyksiköt), joiden läpi kangas kulkee muodostaen jatkuvan prosessin. Raaka-aineet syötetään käsiteltäviksi eri yksikön kemikaaliliuoksiin (esikäsittely, värjäys tai viimeistys). Tämän jälkeen käsitelty materiaali kuljetetaan seuraaviin yksiköihin värjäysprosessissa, esimerkiksi lämpöuunin kautta kiinnitysuuniin ja edelleen viimeistykseen. Nopeus vaihtelee noin 7,5 m<sup>3</sup>–80 m<sup>3</sup> kangasta minuutissa. Jatkuvassa prosessissa tarvitaan kankaan kulkumatkalle useita eri kuivaus-, kosteutus-, puristus-, lämmitys- ja pesulaitteita. Jatkuvassa menetelmässä kangas voidaan kietoa rullalle tai käsitellä täysleveänä joko pingotettuna, roikkuvana tai sen löysästi liukuen yksiköiden läpi. Käsittelyn vaativuuden mukaan kokonaisprosessin muodostavat usein vähintään kaksikymmentä erillistä yksikköä. Ennen uuden prosessin aloittamista kaikki yksiköt ja koneiden osat tulee pestä. (Collier ym. 2009, 392–393.)

Märkäprosessin aikana kangas kuivataan lukuisia kertoja. Jotta kuivaus olisi mahdollisimman tehokasta, kuivattava materiaali esikuivataan mekaanisesti esimerkiksi puristamalla ja linkoamalla ennen veden haihduttamista lämmön avulla. Tämä prosessi kuluttaa paljon energiaa. EU:n alueella on säädöksiä päästöistä ja haitallisten aineiden käytöstä. Tällaisia haitallisten aineiden käytön rajoituksia ei ole kaikissa maissa. Ongelmallisissa väriaineissa ja kemikaaleissa on ympäristössä ja ihmisen terveydessä usein kyse näiden kemikaalien sisältämistä haitallisista ainemääristä. (Collier ym. 2009, 393; Talvenmaa 2002, 40.)

COD-arvolla mitataan orgaanisten aineiden kemiallisessa reaktiossa aiheuttamaa kemiallista hapenkulutusta. Kuidun tyypillinen COD-arvo on 40–80 g/kg. Jos tekstiili kuivataan lämmöllä ennen pesua, apuaineita siirtyy ilmaan. Puuvilla- ja puuvillasekoitekankaiden liistausaineiden poistossa käytetty vesi saattaa sisältää 70 % koko prosessin jäteveden COD-määrästä. COD-arvo voi näin hyvin olla kankaassa 95 g COD/kg, jolloin jäteveden COD-pitoisuus on yli 20 000 mg COD/l. AOX-arvo kuvaa orgaanisten klooriyhdisteiden kokonaismäärää syntyneissä päästöissä. Orgaaniset klooriyhdisteet ovat ympäristölle haitallisia ja vaikeasti hajoavia. (European Commission 2003, ii.)



### 3.2.1 Puhdistus

Kuidussa oleva lika on poistettava esikäsitelyissä hyvän värjäys- ja viimeistystuloksen aikaansaamiseksi. Kankaat voivat sisältää erilaisia voiteita, öljyjä ja liistausaineita, joita on lisätty niiden kehuun ja kutomisen helpottamiseksi ja joita tarttuu koneista kankaisiin. Nämä epäpuhtaudet on poistettava ennen muita käsittelyjä. (Collier ym. 2009, 394; Eberle ym. 2005, 98; Talvenmaa 2002, 43.)

Yleisimmin puhdistuksessa pesuaineena käytetään kohtuullisessa ajassa luontoon hajoavia synteettisiä tensidejä. Klooriin perustuvia orgaanisia liuottimia voidaan myös käyttää, mutta niiden käyttöä on rajoitettu. Esimerkiksi trikloorietaanin ja tetrakloorietaanin käytöllä on rajoituksia. (Talvenmaa 2002, 41.)

Liisterinpoisto poistaa liistaus- ja esikäsitelyaineet. Poisto voi tapahtua pesun, keiton tai valkaisun yhteydessä. PVA-liisterin poistamiseksi käytetään kuumaa alkalista kylpyä, jossa entsyymeillä poistetaan tärkkipohjaiset liistausaineet. Entsyymit hajottavat tärkkelyksen poispestäviksi sokeriksi. Luonnon loimiliisterit ovat suuria biologisia hapenkuluttajia, vaikka ne hajoavat suhteellisen nopeasti luontoon. (Collier ym. 2009, 395; Eberle ym. 2005, 98; Talvenmaa 2002, 42.)

Vahat, rasvat ja muut epäpuhtaudet poistetaan puuvillakankaista alkalisella lipeäkeitolla. Värjäysprosessia häiritsevät suolat, joita puuvillakasviin kertyy maaperästä ja lannoitteiden mukana, poistetaan happaman esikeiton avulla. Kangas käsitellään natriumhydroksidista valmistetulla lipeäkeitolla, joka hajottaa kankaassa olevat puuvillan siemenjäämät pieniksi sirpaleiksi. Kuidun pinnalla oleva vaha muuttuu lipeäkeiton avulla saippuaksi, jonka avulla lika ja muut epäpuhtaudet peseytyvät pois. Keitosta aiheutuu päästöjä vesistöön. Vahat ja pektiini voidaan poistaa myös entsyymien avulla, ja tämän on tutkimuksissa todettu olevan luontoa säästävämpi keino. Tämä keino ei kuitenkaan poista siemenjäämiä. Villan keittoon käytetään mietoja alkaleita (natriumkarbonaattia) ja pesuainetta. Villan keitto tehdään matalammassa lämpötilassa kuin muiden kuitujen kuituvahinkojen välttämiseksi. Villan käsittely lämpimällä voi aiheuttaa vanumista. (Collier ym. 2009, 395–398; Eberle ym. 2005, 98; Talvenmaa 2002, 42.)

Villalle tehtävä karbonointi poistaa villasta selluloosapitoiset kasvijäänteet ja roskat. Karbonoinnissa kudottu kangas käsitellään laimealla rikkihapolla. Tämän jälkeen kangas lämpökäsitellään, jolloin happo väkevöityy ja hiililyttää kasviperäisen selluloosan. Happo ei vaikuta proteiinikuituihin. Hiiltyneet kasvijäänteet varisevat mustana pölynä pois. Kankaaseen jäänyt happo huuhdellaan pois tai käytetään apuaineena esimerkiksi värjäyksessä. (Collier ym. 2009, 398; Eberle ym. 2005, 98; Talvenmaa 2002, 43.)

### **3.2.2 Poltto**

Polttoa sovelletaan pääasiassa puuvilla- ja puuvillasekoitekankaille, mutta sitä käytetään myös muille kuituraaka-aineille. Poltossa kangas kulkee kaasuliekin tai muun lämmittimen yli, joka polttaa ylimääräiset esiinpistävät kuitupäät. Näin kankaan sidospinnasta tulee selkeä ja kankaan pinnasta sileä. Nyppyjen muodostumisen vähentämiseksi polttoa voidaan käyttää myös polyesterikuiduille. Kangas ohjataan poltosta usein suoraan liisterinpoistoon, jossa poltossa mahdollisesti syntyneet kipinät sammuvat. Polton ympäristövaikutukset rajoittuvat pääasiassa energiankäyttöön ja päästöihin ilmaan. Mahdollisia päästöjä voivat olla erilaiset PAH-päästöt (polyaromaattiset hiilivedyt) ja hiukkaspäästöt sekä kaasumaiset päästöt. Kankaita kudottaessa syntynyt kankaan pinnassa oleva irtonainen kutomonukka saatetaan poistaa leikkaamalla ja hiomalla. (Collier ym. 2009, 394; Eberle ym. 2005, 98; Talvenmaa 2002, 41–42.)

### **3.2.3 Dekantointi**

Dekantointi on villalle tehtävä mittapysyvyyskäsitely. Tämä estää villakuituja kutistumasta liikaa seuraavissa prosessivaiheissa. Dekantoinnissa kangas käsitellään ensin kuumalla vedellä, jonka jälkeen kuuma kangas käsitellään kylmällä vedellä. (Collier ym. 2009, 398; Talvenmaa 2002, 43.)

### 3.2.4 Valkaisu

Useimmat luonnonkuidut eivät ole luonnostaan kirkkaan valkeita vaan vaativat valkaisuun puhtaanvalkoisen kankaan valmistamiseksi. Valkaisu vaaditaan myös, jos kangas aiotaan myöhemmin värjätä tai painaa vaalealla värisävyillä. Valkaisua ei tarvita, jos kangas värjätään tummilla tai sameilla sävyillä, mutta yleensä on helpompaa valkaista kaikki kankaat osana esikäsittelyiden sarjaa. Valkaisussa hajotetaan hapettamalla tai muilla tavoin väritömiksi kuitujen luontaiset epäpuhtaudet. Valkaisu on joskus ainoa keino epäpuhtauksien poistamiseksi. Jos valkaisu ei tehdä, epäpuhtaudet näkyvät kankaassa värjäyksen jälkeen. Synteettiset kuidut valkaistaan usein siksi, että valkaisu parantaa värjäyksen jälkeistä värinkirkkautta ja värien yhdenmukaisuutta sekä poistaa epäpuhtauksia. Valkaisuprosessi on aina tekstiilikuituja vaurioittava toimenpide. Se heikentää kuitulujuutta ja siten myös tekstiilituotteen kestävyyttä. (Collier ym. 2009, 395–396; Eberle ym. 2005, 98; Fletcher 2008, 50; Talvenmaa 2002, 42–43.) Vanhin tunnettu valkaisu keino on aurinkovalkaisu, joka vaatii noin 36 tuntia suoraa auringonvaloa, jotta värjäytyneet molekyylit hajoavat ja kankaan väri vaalenee (Collier ym. 2009, 395–396).

Valkaisuun vaikutus vähenee käytössä ja valon vaikutuksesta. Tekstiilien pesuaineisiin lisätään valkaisuaineita, jotta kuidut eivät kellastu tai harmaannu. Valkaisukemikaaleina käytetään yleisimmin natriumhypokloriittia, natriumkloriittia ja peroksidiyhdisteitä. Hyvän valkaisuaineen vaatimukset ovat: hyvä valkaisu teho, valkoisuuden hyvä pysyvyys, pieni kuituja vahingoittava vaikutus, ei aiheuta korroosiota valkaisu laitteistolle sekä edullisuus. Vetyperoksidia käytetään paljon valkaisuissa, koska se täyttää useimmat hyvän valkaisuaineen vaatimukset. Vetyperoksidin kuituja vahingoittava vaikutus voi silti olla suuri. (Collier ym. 2009, 395–396; Eberle ym. 2005, 98; Talvenmaa 2002, 42–43.)

Euroopassa käytetään yleisimmin valkaisuissa märkäsittelyyn lisättyä vetyperoksidia. Vetyperoksidivalkaisu on energiaa suhteellisen paljon käyttävä prosessi vetyperoksidin aktivoituessa vasta yli 60 °C:n lämpötiloissa. Parhaan tuloksen aikaansaamiseksi valkaisu kylpyyn lisätään kemikaaleja. Jotkin valkaisuissa käytetyistä kemikaaleista, kuten eristävät aineet, ovat hyvin saastuttavia, jos ne päästetään luontoon käsittelemättöminä. (Fletcher 2008, 50.)



voidaan pitää myös viimeistyskäsittelynä. Merseroinnissa käytetty lipeä aiheuttaa päästöjä vesistöön, ja merserointia käytetään nykyään harkiten ja valikoidusti. (Collier ym. 2009, 397; Eberle ym. 2005, 98; Talvenmaa 2002, 42.)

### **3.2.6 Jatkuva menetelmä esikäsittelyssä**

Laajamittaisissa toimissa liisterinpoisto, keitto ja valkaisu tehdään yleensä yhtenä sarjana jatkuvan menetelmän mukaisesti ilman kuivaavia välivaiheita. Kangas käsitellään ensin yhden käsittelyn kemikaaleilla (entsyymit, alkalit tai peroksidi), jonka jälkeen kangas kulkeutuu lämpökammion kautta J:n muotoiseen putkeen kemikaalien vaikutusajaksi. Tämän jälkeen kangas pestään ja pesualtaasta kangas kulkeutuu seuraavaan kemikaalialtaaseen ja jälleen J-putkeen. Jatkuva menetelmä voidaan tiivistää kahteen osaan (alkaleihin ja peroksidiin) energian ja veden säästämiseksi. Ensimmäisessä osassa kankaasta poistetaan liisteri ja sitä keitetään hieman. Toisessa osassa keitto suoritetaan loppuun valkaisun aikana. (Collier ym. 2009, 396.)

Pienempiä eriä käsiteltäessä jatkuva menetelmä ei välttämättä ole toteutuskelpoinen. Silloin voidaan käyttää osittain jatkuvaa menetelmää, jolloin kangas käsitellään kemikaaleilla, jonka jälkeen se rullataan esimerkiksi A-kehikon tai telan ympärille kemikaalien vaikutusajaksi. Sopivien kemikaalivalintojen myötä kaikki kolme vaihetta, liisterinpoisto, keitto ja valkaisu, voidaan toteuttaa yhdessä. (Collier ym. 2009, 396.)

## **3.3 Värjäys ja painanta**

Tekstiilikuidut voidaan värjätä kehruumassassa, kuituna, lankana tai kankaana. Eri väriaineet kiinnittyvät kuituun eri tavoin. Väriaineiden luokittelu voidaan tehdä monella eri tavalla, ja siksi se on monimutkaista ja vaikeaselkoista. Väriaineet voidaan luokitella ryhmiin esimerkiksi niiden kemiallisen rakenteen tai käyttötekniisten ominaisuuksien perusteella. Väriaineen kulutus vaihtelee värin syvyyden mukaan 2–80 g väriainetta tekstiilikiloa kohden (keskimäärin 20 g/kg). Eri kuitumateriaaleille on määritelty niille sopivimmat väriaineet ja värjäysmenetelmät. Synteettisten kuitujen värjääminen on luonnonkuituja ongelmallisempaa. Myös tekstiilirakenne saattaa vaikuttaa värjäysprosessiin, esimerkiksi

mikrokuitukankaiden värjäykseen käytetään 1,5–2 kertaa enemmän väriaineita kuin tavallisten kankaiden värjäykseen. Värjäykseen käytettyjen kemikaalien määrä ja laatu riippuvat esimerkiksi väriaineesta, värjäjästä, käytetyistä tekniikasta, liemisuhteesta ja veden lämpötilasta. Värjäyksen jälkeen lanka tai kangas pestään huolella ylimääräisten kemikaalien sekä mahdollisen ylimääräisen tai kiinnittymättömän väriaineen poistamiseksi. Värjäykseen kuuluu huomattava määrä vettä, energiaa ja kemikaaleja, ja värjäätynyt jätevesi on hyvin saastunutta, koska monet väriaineet sisältävät raskasmetalleja kuten sinkkiä, kromia, nikkeliä ja kuparia. (Fletcher 2008, 51; Talvenmaa 2002, 45–47.)

Hydrofobiset eli vettähylkivät kuidut muuttuvat tietyissä lämpötiloissa. Tällöin väri voi tunkeutua kuituun. Akryyliä värjätessä tämä lämpötila on noin 80 °C. Polyesteriä värjätessä tarvitaan yli 100 °C:n lämpötilaa. Polyesteri värjäytyy huonosti korkeasta lämpötilasta huolimatta. Nykyään polyesterin värjäämiseen käytetään painevärjäyskoneita ja 130 °C:n lämpötilaa. Polyamidi on akryyliä ja polyesteriä hydrofiilisempi eli kosteutta imevämpi, joten väri kiinnittyy siihen paremmin matalammissa lämpötiloissa. Polyamidin hyvän värikeston saavuttaminen voi tästä huolimatta olla haastavaa. Värjäysmenetelmän ja värimäärän mukaan hyvässä värjäysprosessissa väriaineesta kuituun kiinnittyy 70–99 %. (Collier ym. 2009, 408; Talvenmaa 2002, 47.)

### 3.3.1 Kulutus ja päästöt

Värjäyksen kulutus- ja päästötasot ovat vahvasti sidoksissa kuitutyyppeihin, sen läpikäymiin prosesseihin, värjäystekniikkaan ja käytettyihin koneisiin (European Commission 2003, iii). Värjäykseen käytetään usein samantyyppisiä koneita huolimatta siitä, värjätäänkö kuituja, lankoja vai kankaita. Yleisesti ottaen mitä uudempi kone on, sitä pienempiä ovat prosessista aiheutuvat ympäristövaikutukset. Vanha kone kuluttaa usein uutta konetta enemmän energiaa, vettä ja kemikaaleja. Energiaa kuluttavia välivaiheita on usein karsittu yhdistämällä värjäysprosessit suoraan esi- tai viimeistyskäsittelyihin. (Talvenmaa 2002, 48.)

Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, esimerkiksi pigmenttivärjäys, värjäysprosessin suurimmat päästöt syntyvät veteen. Vettä saastuttavia aineita saattaa olla väriaineissa, esimerkiksi vesistöille myrkylliset aineet, metallit ja väri, väriaineissa olevissa apuaineissa esimerkiksi dispersioaineet ja vaahdonestoaineet, värjäysprosesseissa käytettävissä kemi-

kaaleissa ja apuaineissa, esimerkiksi alkali, suolat ja hapettavat aineet, sekä kuidussa olevissa epäpuhtauksissa, esimerkiksi torjunta-ainejäämät ja kehuukylpyihin lisätyt viimeistysaineet. (European Commission 2003, iii.)

Osittaisessa menetelmässä upotusaltaassa värjätessä pitoisuudet vaihtelevat suuresti eri värjäysvaiheissa. Yleensä väriainekylvyissä on korkeimmat pitoisuudet, arvot yli 5000 mg COD/l ovat yleisiä. Etenkin kyyppi- ja dispersioväreillä värjätessä lisättyjen apuaineiden vaikutus COD-arvoon on huomattava. Muita COD-arvoa nostavia toimenpiteitä ovat esimerkiksi pelkistävät ja pehmentävät jälkikäsitellyt. Huuhtelukylpyjen jätevesien pitoisuudet ovat noin 10–100 kertaa pienemmät kuin värikylyjen, mutta huuhteluun kuluu noin 2–5 kertaa värjäysprosessia suurempi määrä vettä. Jatkuvassa ja osittain jatkuvassa värjäysmenetelmässä vedenkulutus on pienempi kuin osittaisessa menetelmässä, mutta korkeapitoisten värikylyjen hävittäminen voi aiheuttaa suurempaa saastumista silloin, kun näillä menetelmillä värjätään pieniä materiaalmääriä. Väriaineen COD-pitoisuus voi olla 2–200 g/l. (European Commission 2003, iii.)

Painovärjäys on yksi kemikaalien monimutkaisimmasta prosesseista tekstiilituotannossa, koska siihen tarvitaan yleensä monia apuaineita. Tekstiilipainatuksen aikana kankaalle lisätään väriaineesta tai pigmentistä valmistettu väri- tai painopasta, paksunnosaine sekä muita kemikaaleja. Toisin kuin värjäyksessä, väri lisätään vain tiettyyn kohtaan kangasta. Tämä pienentää hieman aineiden käyttöä. Painamiseen on olemassa erilaisia menetelmiä, kuten kaaviopainomenetelmät, joita ovat laakapaino ja rotaatiopaino, sekä siirto- ja mustesuihkupaino. Kaikissa käytetään erilaisia aineita vaihteleva määrä. Esimerkiksi tavanomaisessa kaaviopainossa vettä kuluu noin 250 kg painettua tekstiilikiloa kohti. Suurin osa tästä vedestä kuluu painokoneiden ja kaavioiden huuhtelemiseen. Siirtopainossa samaan määrään tekstiiliä kuluu ainoastaan 2 kg vettä. Nykyisessä muodossaan siirtopaino sopii ainoastaan joillekin synteettisille kuiduille. Se on erityisen hyvä menetelmä polyesterille. Mustesuihkupainosta ei aiheudu juurikaan päästöjä, ja siinä energiankulutus on suhteellisen vähäistä. (Fletcher 2008, 55; Talvenmaa 2002, 49.)

Painossa syntyviin päästöihin lukeutuvat painopastajäämät, pesun ja puhdistuksen jätevesi sekä kuivamis- ja kiinnittämisprosesseissa syntyvät VOC-päästöt. Painopastahävikit ovat erityisen suuria laaka- ja rotaatiopainossa. Käytettyjen välineiden puhdistamiseen jokaisen painoprosessin jälkeen kuluu huomattava määrä vettä. Painopastat sisältävät aineita, joiden

todennäköisyys haihtua päästöiksi ilmaan on suuri. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi ammoniakki, formaldehydi, metanoli ja muut alkoholit, esterit, alifaattiset hiilivedyt, monomeerit kuten akrylaatit, vinyylasetaatti, styreeni ja akrylinitriili. (European Commission 2003, iii.)

### 3.3.2 Väriaineet

Värit jaetaan väriaineisiin ja pigmentteihin. Pigmenttejä käytetään pääasiassa painovärykseen. Synteettiset väriaineet on jaettu väriluokkiin. Väriaineiden määritelmät ja yksityiskohtaista tietoa niistä tarjoaa Colour Index. Colour Index on englantilaisen Society of Dyers and Colouristsin ja amerikkalaisen American Association of Textile Chemists and Coloristsin (AATCC) julkaisema rekisteri internetissä. Tietyn ryhmän väriaineet sopivat samoille kuiduille, niiden käyttö on pääpiirteittäin yhdenmukaista, ja niillä on samankaltaiset piirteet esimerkiksi värinkesto-ominaisuuksissa. (Collier ym. 2009, 403–417; Society of Dyers and Colourists & American Association of Textile Chemists and Colorists 2009; Talvenmaa 2002, 45.)

Selluloosamuuntokuitujen värjäyksessä käytetään useimmin reaktiovärejä. Niitä käytetään myös puuvillan, villan, silkin ja pellavan värjäykseen. Ne reagoivat suolan läsnä ollessa kemiallisesti kuidun kanssa muodostaen väriaineen ja kuidun välille erittäin kestävä kovalenttisisidoksen. Alkalia käytetään edistämään reaktiota. Reaktiovärien käyttö on helppoa, ja niillä pystytään värjäämään lukuisia kirkkaita värisävyjä. Osa väriaineesta reagoi kuidun sijasta veden kanssa (hydrolysoitunut väri). Veden kanssa reagoi väri poistetaan pesussa tekstiilistä värjäyksen jälkeen. Jos pesu suoritetaan hyvin, reaktioväreillä värjättyllä tekstiilillä on hyvä värinkesto, koska kuidun ja väriaineen välille muodostuneet kemialliset sidokset ovat erittäin vahvoja. Jos kankaaseen jää hydrolysoitunutta väriä, väri saattaa vuotaa, jolloin värinkesto on heikko. (Collier ym. 2009, 418; Eberle ym. 2005, 100.)

Suorilla väreillä värjättäessä värikyppyyn lisätään suolaa, jonka jälkeen seos kuumentaan. Suorat värit eivät muodosta kuidun kanssa varsinaista sidosta vaan pysyvät kiinni kuidussa kuidun ja värin välisen vetovoiman (affiniteetin) avulla. Tämä aiheuttaa huonon märkä- ja pesunkesto-ominaisuuden, ja siksi niiden käyttö rajautuu sellaisiin tuotteisiin, joita pestään harvoin. Kationisilla yhdisteillä (positiivisesti varautuneilla) tehty viimeistys



voi parantaa hieman märkäkestoa. Suorilla väreillä värjätään pääasiassa puuvillaa, silkkiä ja viskoosia. (Collier ym. 2009, 418; Eberle ym. 2005, 100.)

Kyyppivärit ovat veteen liukenemattomia, ja jotta niillä voidaan värjätä tekstiilejä, ne muutetaan kemiallisesti alkaliliuoksessa vesiliukoiseen muotoon. Kun väriaine on lisätty kuituun, se muutetaan takaisin veteen liukenemattomaan muotoon hapettamalla. Näin saavutetaan väri, jolla on erittäin hyvät märkä- ja valonkesto-ominaisuudet. Kyyppivärit ovat kalliita, ja niiden valmistus voi olla saastuttavaa. Kyyppiväreillä värjätään puuvillaa ja viskoosia. (Collier ym. 2009, 418; Eberle ym. 2005, 100.)

Rikkivärit muutetaan kyyppivärien tavoin ensin vesiliukoiseksi ja hapetetaan sitten veteen liukenemattomiksi. Niillä saadaan aikaa tummia värejä, ja ne tarjoavat halvimmat ja tummimmat mustan sävyt. Rikkiväreillä värjätään viskoosia, puuvillaa ja pellavaa. Rikkiväreillä on hyvä pesunkesto, mutta heikko valonkesto. Niillä värjättyjä tuotteita ei voi kloorivalkaista. Mustan ja keltaisen kyyppivärit saattavat kiihdyttää selluloosamuuntokuidun rappeutumista. (Collier ym. 2009, 418–419; Eberle ym. 2005, 100.)

Atsoväriaineita on olemassa lukuisia eri tyyppejä. Osa niistä on luokiteltu haitallisiksi. Niistä vapautuu tietyissä olosuhteissa aryylamiineja, joiden on todettu olevan karsinogeenisiä. Atsoväriaineiden käyttöä on rajoitettu tästä syystä. Niitä käytetään happoväreissä, suorissa väreissä, kationisissa väreissä, reaktioväreissä, dispersioväreissä ja pigmenttiväreissä. (Talvenmaa 2002, 46–47.)

Atsokehitevärejä kutsutaan myös naftoliväreiksi. Niillä värjättäessä kuidun sisään muodostuu värimolekyyli. Väri syntyy, kun diatsonium suola ja naftoliyhdiste reagoivat ja muodostavat veteen liukenemattoman lakkasidoksen ja kehittyvät kuidussa voimakkaaksi väriaineeksi. Värjäys onnistuu suhteellisen matalissa lämpötiloissa. Väreillä on hyvä pesun-, valkaisun-, alkalin- ja valonkesto. Atsokehiteväreillä värjätään puuvillaa, polyesteriä, ase-taattia ja viskoosia. (Collier ym. 2009, 419; Eberle ym. 2005, 100.)

Happovärit ovat vesiliukoisia ja anionisia (negatiivisesti varautuneita). Niiden vuorovaikutuksesta happamassa väriliemessä polyamidin, villan tai silkin kationisten ryhmien (usein amiini) kanssa syntyy sidoksia. Väriliemen happamuuden tasoa säädellään värjäysprosessin aikana. Näitä väriaineita voidaan käyttää myös elastaanikuidun ja joidenkin muunneltu-

jen polyestereiden ja polypropeenin värjäämiseen. Happoväreihin kuuluu lukuisia värejä, joiden värinkesto vaihtelee. (Collier ym. 2009, 419; Eberle ym. 2005, 100.)

Metallikompleksivärit kuuluvat happovärien ryhmään. Niiden valmistuksessa värit reagoivat metallisuolan, esimerkiksi kromin tai koboltin, kanssa. Värit ovat kestäviä, ja niillä on todella hyvät valon- ja pesunkestot, mutta värisävyt eivät ole yhtä kirkkaita kuin metallittomien happovärien. Metallikompleksivärit tarjoavat parhaat värinkesto-ominaisuudet polyamidille, etenkin tummissa värisävyissä. Lisäksi metallikompleksiväreillä värjätään villaa ja silkkiä. (Collier ym. 2009, 419; Eberle ym. 2005, 100.)

Kromia käytetään yleisimmin peittäväreissä purettimena. Näillä väreillä värjätään yleensä villaa, mutta myös tekokuituja. Väriaine lisätään ja jälkikäsitellään kromisuolalla, joka reagoi värimolekyylien kanssa ja muodostaa suhteellisen veteen liukenemattoman väriaineen. Väriaineella on hyvä märkä- ja valonkesto. Nykyään käytössä oleva menetelmä minimoi kromin määrän jätevesissä. Siitä huolimatta näiden väriaineiden käyttö vähenee kromin ympäristövaikutusten ja saastuttavuuden aiheuttamien huolien takia. (Collier ym. 2009, 419–420; Eberle ym. 2005, 100.)

Emäsvärit sisältävät positiivisesti varautuneita (kationisia) ryhmiä, jotka ovat yhteydessä kuidun negatiivisten ryhmien kanssa. Emäsväreillä akryyliä tai modifioituja polyesteri- ja polyamidikuituja värjätessä saadaan aikaan erittäin hyvät värinkesto-ominaisuudet. Puuvillaa ja viskoosia näillä väreillä värjätessä värinkesto-ominaisuudet ovat heikot. (Collier ym. 2009, 420; Eberle ym. 2005, 100.)

Dispersiovärit kehitettiin asetaatin värjäämiseen, mutta nykyään niitä käytetään myös monen muun synteettisen kuidun, kuten polyesterin, polyamidin, akryylin, modakryylin, aramidin, polyolefiinikuitujen ja triasetatin, värjäämiseen. Ne ovat käytännössä ainoa keino asetaatin ja polyesterin värjäämiseen. Väriaine liukenee heikosti veteen. Värihiukkaset dispergoituvat eli liukenevat veteen ja tunkeutuvat kuituun. Dispersiovärit ovat helposti haihtuvia, ja ne sublimoituvat eli muuttuvat kiinteästä kaasuksi lämmitettäessä. Tämä voi olla ongelma, jos dispersioväreillä värjätetyt kankaat altistuvat kuumuudelle. Tämä värin ominaisuus mahdollistaa värin kiinnittämisen kuivissa ja kuumissa olosuhteissa, jolloin väri sublimoituu ja värjää kuidun kaasumuodossa. Tätä menetelmää käytetään jatkuvassa värjäysmenetelmässä. DuPontin Thermosol on ensimmäinen tätä menetelmää käyttänyt

prosessi. Dispersiovärejä käytetään myös lämpösiirtopainossa, joka tapahtuu edellä mainitun tapaan kuivassa ja kuumassa. Dispersioväreillä saadaan aikaan yleisesti hyvä värinkesto. Sinisillä väreillä on taipumus haaleta punertaviksi ilman typpioksidikaasujen vaikutuksesta. Vihreät värit saattavat muuttua ruskehtaviksi. Tämä värien muuttuminen pätee etenkin dispersiovärjättyyn asetaattiin. (Collier ym. 2009, 420; Eberle ym. 2005, 100.)

Luonnonvärit tarjoavat vaihtoehdon petrokemiallis pohjaisille väreille. Jos korjuu on tehokasta, luonnonvärit tarjoavat ympäristöllisiä etuja, kuten pienen hiilijalanjäljen. Luonnonväreillä voidaan värjätä ainoastaan luonnonkuituja, ja niiden on todettu kiinnittyvän kuituun huonosti. Tästä syystä prosessissa tarvitaan erilaisia kemikaaleja puretusaineiksi. Puretusaineet sisältävät luonnolle haitallisia raskasmetalleja. Sellaisia puretusaineita, jotka eivät sisällä raskasmetalleja, ovat esimerkiksi hiiva ja urea. Luonnonväreillä värjääminen on laajassa mittakaavassa värjätessä esimerkiksi teollisuudessa hankalaa, koska väriaineita tarvitaan huomattavan suuri määrä. Värjäystulos on usein luonnonväreillä värjätessä epätasainen, koska väriaineen alkuperässä voi olla suuria laadullisia vaihteluita. Nykyisessä muodossaan luonnonvärit sopivat hyvin pien- tai erikoistuotantoon. (Fletcher 2008, 54; Talvenmaa 2002, 49–50.)

Lähes kaikki tekstiiliteollisuudessa käytetyt väriaineet ovat synteettisesti valmistettuja orgaanisia yhdisteitä. On arvioitu, että jos kaikki maailmassa olevat tekstiilit värjättäisiin luonnonväreillä, siihen kuluisi yli 30 % maailman tuotantoalueista. (Collier ym. 2009, 403–405.)

### 3.4 Viimeistys

Tekstiileille voidaan suorittaa erilaisia viimeistyskäsittelyitä värjäämisen ja painamisen jälkeen. Viimeistyskäsittelyillä parannetaan tekstiilien suorituskykyä tai estetiikkaa. Käsitteletyt voivat olla mekaanisia, kuten esimerkiksi kalanterointi, jossa kangas ajetaan valssien välistä. Näin kankaan pinta saadaan sileäksi ja kiiltäväksi, samalla kun kankaan tiheys kasvaa. Kalanteroinnilla voidaan myös tehdä kankaan pintaan kuviointi. Viimeistys voi olla myös kemiallinen, kuten veden- tai lianhylkivyyssi viimeistykset. Aikaisemmin tämänkaltaisen helppohoitoisuus saatiin aikaan käyttämällä urean ja formaldehydin yhdistelmää, joka kankaan pinnalla muodosti pihkamaisen polymeerikalvon. Formaldehydipitoisuuksille on

asetettu valvotut raja-arvot, koska formaldehydi aiheuttaa esimerkiksi ihottumaa ja se on todettu joissakin kokeissa karsinogeeniseksi. Tämän vuoksi on kehitetty formaldehydivapaita tai vähäformaldehydisiä tekniikoita. Vettähylykivyyssiimeistys saatiin aiemmin aikaan parafiinivahalla, jota tuli lisätä tuotteeseen tietyin väliajoin viimeistykseen ylläpitämiseksi. Jotkin pesunkestävät veden- ja lianhylykivyyssiimeistykset perustuvat perfluorattuihin yhdisteisiin (PFC), joilla on laaja-alaisia terveysvaikutteita, ja ne ovat luonnossa pitkäikäisiä. Esimerkiksi 3M, joka on tekstiilien lianhylykivyysspinnoite Scotchguardin valmistaja, on päättänyt vetäytyä perfluorattua kemiasta (3M 2010). Perfluorattu kemia kattaa perfluorooktaanisulfonaatin (PFOS) ja perfluorooktanohapon (PFOA). (Fletcher 2008, 56.)

Koska monet jatkuvat viimeistysprosessit säästävät tarvittavia pesuvaiheita, veteen aiheutuvat päästöt rajoittuvat järjestelmäpäästöihin ja laitteiston puhdistamisen jätevedestä. Viimeistysprosessin jälkeen jäljelle jää noin 0,5–35 % valmistetusta viimeistysliemestä. Valitettavan usein nämä sekoittuvat jätevesien kanssa. COD-pitoisuus voi olla 130–200 g/l. Usein viimeistyksistä syntyneet liemet eivät hajoa luonnossa eikä niitä voi biologisesti tuhota. Lisäksi ne voivat sisältää myrkyllisiä aineita, kuten esimerkiksi eräitä torjunta-aineita. Kuivaustoimenpiteissä ilmaan pääsevät päästöt liittyvät haituviin yhdisteisiin, joita tuotteissa on aikaisemmista käsittelyistä. (European Commission 2003, iii.)

Pesuprosessi kuluttaa vettä ja energiaa. Sen saastuttavuus liittyy vesistöihin kulkeutuvista epäpuhtauksista, esimerkiksi kankaasta, poistetut epäpuhtaudet, edeltävien prosessien kemikaalit, pesuaineet ja muut pesun aikana käytetyt apuaineet. Orgaanisten halogenoitujen liuottimien käyttö kemiallisessa pesussa voi aiheuttaa hajaantuvia päästöjä. Nämä päästöt aiheuttavat pohjaveden ja maaperän pilaantumista, ja niillä voi olla kielteisiä vaikutuksia niihin loppupään prosessien ilmansaastepäästöihin, joissa käytetään korkeaa lämpötilaa. (European Commission 2003, iiiii)

### **3.4.1 Pinnoitteet ja komponentit**

Kankaat voidaan pinnoittaa kuitu- tai lankamateriaalilla, muovilla tai kumilla. Kankaan pinnoituksella tarkoitetaan kankaan päällystämistä synteettisillä aineilla tai luonnonaineilla, jonka jälkeen aineet kiinnitetään kankaaseen lämpökentässä. Pinnoite voidaan levittää suoraan kankaan pinnalle tai nestemäisiä pinnoitteita käytettäessä pinnoite levitetään usein

ensin paperille ja siirretään siitä tekstiilin pinnalle. Pinnoitetulla kankaalla on uusia ominaisuuksia sen perusmateriaalin ja pinnoitteen yhteisvaikutusten ansiosta. (Eberle ym. 2005, 107; Talvenmaa 2002, 38.)

Polymeerikalvojen avulla voidaan jäljitellä muita kankaita, esimerkiksi nahkaa, tai tehdä kankaasta suojaava. Käytetyimmät polymeerit ovat polyuretaani ja PVC. PVC-pinnoitetta, jota usein kutsutaan myös vinyyliksi, käytetään paljon nahkajäljitelmiä valmistamiseen, vaikka näin valmistettu kangas on ulkonäöllisesti ja suorituskyvyltään huonoin synteettisesti valmistettu nahkajäljitelmä. Markkinoilla on kehittyneempiä, ilmakuplia sisältäviä PVC-kalvoja. Tällä kalvolla pinnoitettu kangas on joustavampi, lämpimämpi ja pehmeämpi kuin perinteisellä PVC-kalvolla pinnoitettu. Polyuretaanilla pinnoitetut kankaat ovat ominaisuuksiltaan lähempänä nahkaa. PVC-kalvoja käytetään paljon esimerkiksi sadevaatteissa. (Collier ym. 2009, 379.)

Eräs tunnettu PVC-pinnoitettujen kankaiden toimittaja on Spradling Inc. Permablock<sup>3</sup> on yrityksen PVC-pinnoite mikro-organismeja ja tahroja vastaan. Permablock<sup>3</sup>- pinnoitetta käytetään esimerkiksi huonekaluissa. (Spradling International Inc. 2009.)

Yhdistetty kangas voidaan valmistaa mekaanisesti tikkikankaaksi tai neulaamalla yhdistetyksi kankaaksi, tai liimaamalla, jolloin kangas joko laminoidaan tai bondataan. Laminoinnilla tarkoitetaan vähintään kahden kerroksen yhdistämistä. Siinä yhdistetään tekstiili tai kangas paperiin, kalvoon tai polyuretaanivaahtoon siten, että sidosaine säilyttää muotonsa kiinnitysprosessissa. Syntynyt komponentti yhdistetään usein, mutta ei aina, pohjuskankaaseen. Yhdistämällä kaksi kangaskerrosta halutaan usein tehdä kankaasta vahvempi tai vuorattu. Bondatuissa kankaissa pohjakankaana käytetään usein joustavaa neulosta, koska se on joustava, edullinen ja helposti käsiteltävä. Bondauksessa kuorikangas yhdistetään pohjakankaaseen siten, että komponentin paksuus ei huomattavasti kasva (sidosaine sulaa kokonaan). Bondauksessa käytetään laminointiin verrattuna usein halvempia ja laadultaan huonompia kankaita. Näin niiden arvoa voidaan nostaa. (Collier ym. 2009, 375–376; Eberle ym. 2005, 107; Talvenmaa 2002, 38.)

Kankaan liittäminen toiseen kankaaseen tehdään joko nestemäisellä sidosaineella tai termisesti, jolloin lämmitetään kevyesti ohutta kerrosta polyuretaanivaahtoa. Kangaskerrokset puristetaan sitten polyuretaanivaahdon molemmille puolille. Kuivuessaan polyure-

taanivaaho muodostaa kangaskerrokset yhdistävän sideaineen. Ihanteellisessa tapauksessa polyuretaanivaahokerros voi olla valmiissa kankaan noin 0,25 mm paksu. (Collier ym. 2009, 376.)

Kangas voidaan laminoida polyuretaanivaahtoon esimerkiksi eristyksiä valmistettaessa. Talvitakeissa ja urheiluvaatteissa saatetaan käyttää tätä menetelmää. Tällaisten kankaiden valmistukseen voidaan käyttää polyuretaanin termistä kiinnitystä, jossa vain polyuretaanin toinen puoli kiinnitetään kankaaseen. (Collier ym. 2009, 376–377.)

Kolmiulotteisia rakenteita, kuten ryijyjä ja mattoja, valmistetaan kiinnittämällä pohjakankaaseen tai muuhun pohjusmateriaaliin nukkalankoja. Ennen mattojen pohjakangas valmistettiin pääasiassa karkeista langoista, esimerkiksi juutilangoista, mutta nykyään ne ovat lähes poikkeuksetta polypropeenia. Mattojen pohjakangas voidaan käsitellä kumikalvolla, jolloin pysyvyys ja vahvuus paranevat ja nukkalangat pysyvät paremmin paikoillaan. Pohjakankaaseen voidaan liittää kumin avulla toissijainen pohjamateriaali, joka on usein sekin valmistettu polypropeenista. (Collier ym. 2009, 364; Talvenmaa 2002, 38.)

### **3.4.2 Veden- ja lianhylkivyy sviimeistys**

Vettä hylkivät, hydrofobiset kuidut, kuten polypropeeni, joka on lähes täysin imukyvyttömät hylkivät likaa ja tahroja parhaiten. Joskus verhoilukankaan kangas on hydrofobinen, mutta pehmustemateriaali hydrofiilinen. Kosteudenpitävä välikerros verhoilukankaan ja pehmusteen välissä voi minimoida kosteuden siirtymisen kankaasta pehmusteeseen. Nykyään tämä välikerros on usein imukyvyttömästä materiaalista, kuten polypropeenista, valmistettu kuitukangas. Imukykyisten kankaiden hylkivyyssominaisuuksia voidaan parantaa tekemällä kankaalle lianhylkivyy sviimeistys. (Collier ym. 2009, 318–319.)

Kumista tai synteettisestä muovista valmistetuilla pinnoitteella voidaan saada aikaan vedenpitäviä kankaita, mutta näin valmistetut kankaat ovat usein käytössä kuumia ja epämiellyttäviä, koska ne estävät ilman ja hien siirtymisen iholta. Tämä ongelma ratkaistiin, kun kehitettiin vedenpitäviä ja hengittäviä kankaita, Gore-Tex oli yksi ensimmäisistä. Se on laminaatti huokoisesta fluoripolymeerikalvosta kankaiden välissä. Huokokset ovat 20 000 kertaa pienempiä kuin vesipisaran vesimolekyylit, mutta 700 kertaa suurempia kuin vesi-

höyrymolekyylit. Tämä rakenne ei läpäise vettä, mutta läpäisee vesihöyryn. Gore-Texin suosio on johtanut muiden samankaltaisia periaatteita soveltavien tuotteiden valmistukseen. Monet näistä käyttävät mikroskooppisen huokoisia polyuretaanipinnoitteita, mutta myös polyesteripinnoitteita on olemassa. Vedenpitävistä kankaista valmistettujen tuotteiden rakenne on ratkaiseva vedenpitävyyssominaisuuden säilyttämisessä. Saumojen tulee olla tiivistetyt, jotta vuotoja ei synny neulanrei'istä. Vuotoja saattaa syntyä myös repeytymistä, halkeamista ja kuluneista kohdista. (Collier ym. 2009, 458–459.)

Vettähylkivä kangas estää veden läpäisyn, mutta ei ole täysin vedenpitävä. Kankaasta saadaan vettähylkivä yhdistämällä sopivat kuituraaka-aineet kangasrakenteeseen ja tekemällä sopivia viimeistyksiä. Vettähylkivyyttä edistäviä tekijöitä ovat imukyvyttömät kuidut ja tiheään kudotut kankaat tai muuten rakenteeltaan tiiviit, esimerkiksi mikrokuitukankaat. Korkeamman vettähylkivyyden saavuttamiseksi tarvitaan viimeistyksiä. Vesi läpäisee lopulta vettähylkivän kankaan sellaisissa olosuhteissa, joissa kangas altistuu pitkiä aikoja vedelle. Kuten muissa viimeistyksissä, on olemassa useita tapoja saavuttaa vettähylkivyyttä kemiallisesti. Vettähylkiviä viimeistyksiä tehdään muun muassa erilaisilla parafiinituotteilla, hartseilla, vahoilla, silikoni- ja fluoriyhdisteillä. Fluorikemikaaliviimeistyksestä on viime aikoina tullut edullisempia, ja koska ne ovat vettä ja öljyä hylkiviä, niitä on alettu käyttää yleishylkivinä viimeistysinä. Tämä on johtanut ainoastaan vettähylkivien viimeistysten käytön vähenemiseen, sillä monet tahrat ovat öljypohjaisia. (Collier ym. 2009, 459–460.)

Fluorikemikaalisilla viimeistyksillä, kuten DuPontin Teflonilla, saadaan aikaan öljyä ja vettä hylkivä lianhylkivyyssi eli tahraneito. Tämänkaltaisen tahraneitoviimeistys voidaan lisätä kankaaseen valmistusvaiheessa nestemäisenä tai valmiiseen tuotteeseen esimerkiksi huonekaluun suihkeena. Silikoniviimeistyksillä saadaan aikaan vettähylkivä lianhylkivyyssi, mutta ei öljynhylkivyyttä. (Collier ym. 2009, 460–461.)

Tahraneitoviimeistykset tekevät yleensä kankaan pinnasta hydrofiilisemmän. Tämä vähentää kuidun ja öljypohjaisen lian välistä vetovoimaa ja parantaa siten veden ja pesuaineen vaikutusta lianeitossa. Tahraneitoviimeistys tehdään usein kankaan viimeistykseen yhteydessä, mutta esimerkiksi polyeteeniglykolin johdannaisia voidaan lisätä kehruumassaan ennen massan puristamista kehrusuulakkeiden läpi. Tällöin kuiduista tulee hydrofiilisempiä. Tahraneitoviimeistykseksi on olemassa useita kemikaale-

ja. On kehitetty myös kaksitehoisia fluorikemikaaliviimeistyskäsittelyjä, joilla on sekä likaa hylkiviä että tahranpoisto-ominaisuuksia. Polyolefiinikuidut ovat luonnostaan likaa hylkiviä. Polyamidimattoihin lisätään usein tahranpoistoa helpottavia viimeistyskäsittelyjä, esimerkiksi DuPontin Stainmaster-käsittely. (Collier ym. 2009, 462.)

### 3.4.3 UV-viimeistys

Auringonvalo haurastuttaa tekstiilejä. Valo voi aiheuttaa myös värien haalenemista, ja ultraviolettisäteilyjen tiedetään aiheuttavan ihosyöpää. Tietty materiaali, esimerkiksi akryyli- ja polyolefiinikuidut, ovat luonnostaan vastustuskykyisiä UV-valolle. Stabilointiaine lisätään usein kehrumassaan ennen kehruuta. Tämä on erityisen tärkeää polyolefiinikuitujen viimeistyskäsittelyssä. Synteettiset kuidut, joiden käsittelyssä on käytetty titaanidioksidia, ovat erityisen heikkoja auringonvalon aiheuttamille vahingoille. Tämän kemikaalin on todettu kiihdyttävän kuituvahinkoja ja värien haalenemista. Ristiriitaista kyllä, titaanidioksidia käytetään joissakin kankaiden UV-suojaviimeistyksissä ja aurinkovoiteissa. Kankaan ultraviolettisuojauskerroin (UPF) voidaan mitata standardien mukaisissa testeissä, joissa mitataan UV-valon siirtymistä ja eri aallonpituuksien haitallisia vaikutuksia aiheuttavien tekijöiden. On vaikea ennustaa, kuinka kuitu, kangasrakenne ja väri yhdessä vaikuttavat UV-valoon. Kankaan kastuminen ja venyminen vaikeuttavat ennustamista. (Collier ym. 2009, 470–472.)

### 3.4.4 Palonsuojaus kemikaaleilla

Tekstiilituotteista voidaan tehdä palonkestäviä käyttämällä kuituja, joilla on luonnostaan palonkestäviä ominaisuuksia, käyttämällä palonkestokemikaaleilla käsiteltyjä kuituja tai palonsuojaviimeistyksellä. Termisesti vakaalla materiaalilla, kuten asbesti, lasikuitu tai aramidi, on korkea hajoamislämpötila, ja se on siten luonnostaan palonkestävä. Termisesti vakaa materiaalin palonkesto johtuu sen kemiallisesta rakenteesta, ei palonsuojakäsittelystä. Lasikuitua käytetään paljon teollisuudessa ja myös jonkin verran kodin tekstiilituotteissa, kuten verhoissa ja lampunvarjostimissa. Termisesti vakaita synteettisiä kuituja ei ole kehitetty yleiseen kulutuskäyttöön vaan ne on tarkoitettu erikoiskäyttöön, esimerkiksi teollisuuden tai armeijan suojavaatteissa. Ne ovat kalliita, ja niiden esteettiset ja käyttöön liittyvät ominaisuudet ovat heikkoja. Luonnossa palamattomia tai huonosti syttyviä ja palavia



kuituraaka-aineita ovat esimerkiksi villa ja modakryyli. Niitä käytetään paljon esimerkiksi matoissa, verhoissa ja lasten yövaatteissa, koska ne tarjoavat palonsuojan kohtuulliseen hintaan. Ne on kuitenkin laajalti korvattu palonsuojakäsitellyllä polyesterillä. Useat syntetiset kuidut sulavat syttymisen sijaan polttokokeessa ja tarjoavat täten jonkinlaisen palonsuojan. Tästä syystä esimerkiksi käsittelemätön polyesteri ja polyamidi läpäisevät palonsuojatestin ja sopivat lasten yövaatteiksi. (Collier ym. 2009, 463–467; Talvenmaa 2002, 53–54.)

Kuidut voidaan käsitellä palamista estävillä aineilla, jotka lisätään kehruuliukseen. Palonsuojan aikaansaamiseksi voidaan käyttää useita eri alkuaineita. Yleisimmin käytettyjä ovat fosfori, typpi, halogeenit, boori ja zirkonium. Puuvilla- ja puuvillasekoitekankaat voidaan käsitellä palonsuojaviimeistyksellä, joka sisältää fosforia ja typpeä. Useita bromattuja difenyylioksidgeja käytetään muoveissa ja joissakin tekstiilisovelluksissa palonsuojalisäaineina. Osa näistä kemikaaleista on herättänyt huolta, koska ne ovat luonnossa pitkäikäisiä, ja siksi niiden käytön kieltämistä on ehdotettu. Viimeistyksessä annettu palonsuoja saattaa kulua pois tuotteen käytössä ja huollossa. Kloorivalkaisu, vähäfosfaattiset pesuaineet ja eräät huuhteluaineet voivat vahingoittaa kestäviä palonsuojaviimeistyksiä. (Collier ym. 2009, 467.)

Tekstiilien syttyvyydessä ongelmana ovat puuvilla-polyesterisekoitteet. Koska polyesterin on puuvillaa huonommin syttyvä, voisi kuvitella, että sekoitekankaat olisivat puuvillakan-kaita vaarattomampia syttyessään. Näin ei kuitenkaan ole, sillä puuvillan hiiltyttyä hiili pitää sulavan ja tippuvan polyesterin liekissä. Polyesteri jää liekkiin, jossa se edistää palamista. 100-prosenttinen polyesterikangas tippuu sulaessaan pois liekistä. (Collier ym. 2009, 467.)

### **3.4.5 Viimeistys mikro-organismeja vastaan**

Mikro-organismit voivat aiheuttaa useita haittoja tekstiileille. Bakteerit ja sienet voivat kasvaa tekstiilien pinnoilla, tai niitä voi olla tekstiileille joutuneissa aineissa, kuten ruoka-tahroissa tai lisätyssä viimeistyksessä. Ne voivat heikentää tekstiiliä tai aiheuttaa tahriin-tumista tai hajuja. Homeitiöt ja pölypunkkien ulosteet voivat aiheuttaa allergisia reaktioita. Antimikrobiviimeistykset auttavat suojaamaan kankaita tällaisilta ongelmilta. Viimeistys-

käsittelyn lisäksi synteettisten kuitujen kuiturakenteeseen voidaan lisätä esimerkiksi muunneltuja asetaatteja, akryyleja, hopeaa tai polyolefiineja kestäväksi suojaksi mikrobikasvulta. (Collier ym. 2009, 468.)

Luonnonkuidut ovat synteettisiä kuituja alttiimpia mikro-organismeille, koska mikroorganismit ovat kehittyneet käyttämään selluloosaa ja proteiinia ravintonaan. Epäpuhtaudet voivat edistää mikrobien kasvua synteettisissä kuduissa. Hydrofobisten synteettisen kuitujen syväpuhdistus voi olla hankalaa, ja tämä voi johtaa hajuja aiheuttavien epäpuhtauksien syntyyn. Antimikrobiviimeistysten määrä on jokseenkin rajallinen. Uusia mahdollisuuksia tutkitaan jatkuvasti samalla kun uusia vaaroja ilmenee. Viimeistykset voivat olla bakteereja tappavia tai niiden kasvua ehkäiseviä. Bakteereja tappavan viimeistyksen vaikutuksen on todettu olevan heikompi kuin bakteerien kasvua ehkäisevän. Tämä johtuu siitä, että bakteereja tappavan viimeistyksen tulee huuhtoutua hiljalleen pois uusien bakteerien muodostumisen ehkäisemiseksi toisin kuin ehkäisevän viimeistyksen. (Collier ym. 2009, 468.)

Käytetyimmät antimikrobiviimeistykset rajoittuvat muutamaankin markkinoita vallitsevaan viimeistykseen. Tekstiilisovelluksia varten käytetään erityisellä tavalla muodostettua trikloaania. Sitä käytetään myös useissa antibakteerisissa saippuoissa. Myös kationisilla yhdisteillä on antimikrobisia ominaisuuksia. Viimeistykset voivat olla myös hartsipohjaisia. Lisäksi on kehitetty uusiutuva viimeistys, joka on kemiallisesti kuituun sitoutunut aktiivoinen biosidi. Viimeistys aktivoituu pesussa kloorivalkaisun avulla. Kloori toimii antibakteerisena aineena, ja aktivoitu biosidi voidaan elvyttää, kun kangas valkaistaan uudelleen. Viimeistys voidaan myös tehdä polymeerejä muokkaamalla. Hopean käyttö antimikrobiviimeistyksissä on yleistynyt. (Collier ym. 2009, 468.)

### **3.4.6 Antistaattiviimeistys**

Staattisen sähkön muodostuminen tekstiileissä aiheuttaa tekstiilien tarttumisen ihoon, pölyn kerääntymisen tekstiilin pinnalle ja pienet sähköiskut johtimeen, kuten metalliseen ovenkahvaan tai toisen ihmisen käteen tartuttaessa. Staattisen sähkön muodostumista ehkäiseviä viimeistyskäsittelimiä on kehitetty, mutta näiden viimeistysten on todettu olevan melko tehottomia, koska ne huuhtoutuvat yleensä vähitellen pesuissa pois. Antistaattiviimeistykset perustuvat yhteen kahdesta periaatteesta: kuidun pinnan peittämiseen johtavammalla

aineella tai kuidun johtavuuden lisäämiseen houkuttelemalla pintaan pieniä määriä kosteutta. (Collier ym. 2009, 468–469.)

Staattisen sähkön muodostumisen ehkäisy synteettisissä kuiduissa saavutetaan parhaiten muokkaamalla polymeerejä ennen kehruumassan puristamista. Tämä menetelmä sisällyttää kuidun rakenteeseen pysyvästi kosteudenimeytymistä edistäviä aineita, jotka lisäävät kuidun johtavuutta. Toinen keino on käyttää erityisiä korkean suorituskyvyn antistaattisia kuituja. Yleisimmin käytössä ovat metalli, metallilla käsitelty kuitu ja metallilla tai hiilellä pinnoitetut kaksoiskomponenttikuidut. Pieni annos näitä kuituja sekoitetaan synteettisten kuitujen kanssa. Koska ne ovat johtavampia, niillä on taipumus hävittää staattiset varaukset. Kotikäyttöön on olemassa antistaattisuihkeita. Pesun huuhteluveteen lisätty huuhteluaine vähentää hieman staattisen sähkön muodostumista. Luonnonkuidut eivät juuri sähköisty villaa ja silkkiä lukuun ottamatta. (Collier ym. 2009, 468–469; Talvenmaa 2002, 54.)

### **3.4.7 Koinsuojaviimeistys**

Villa ja muut eläimien karvoista peräisin olevat kuidut saattavat joutua kointoukan ravinnoksi. Myös mattokuoriaiset saattavat aiheuttaa harmia villalle. Silkki ei sisällä koit puoleensa vetävää kystiiniä (rikkiä sisältävä aminohappo). Koiden aiheuttamaa tuhoa ehkäisevät viimeistykset toimivat joko hyönteismyrkkinä toukan myrkyttämiseksi tai muuttamalla kuidun kointoukalle ravinnoksi kelpaamattomaksi. Hyönteismyrkkyviimeistykset lisätään kuituun tuotannossa värjäyksenkaltaisessa prosessissa. Koinsuojaukseen käytetään monia aineita, esimerkiksi erilaisia aromaattisia sulfonamidihdisteitä, fluoriyhdisteitä ja pyrethroideja. Permetriini on kemikaali, joka on korvannut monet aiemmin viimeistykseen käytetyt kemikaalit. Se on tehokas koinsuojaviimeistys jo hyvin alhaisina pitoisuuksina. Sitä käytetään myös esimerkiksi kasvien hyönteismyrkky-suihkeissa. (Collier ym. 2009, 469; Talvenmaa 2002, 55.)

## 4 YMPÄRISTÖMYÖNTEISET TEKSTIILIT

Tekstiiliteollisuuden tulevaisuuden menestys riippuu siitä, miten onnistutaan vähentämään tekstiilien ympäristöllisiä ja sosiaalisia vaikutuksia koko elinkaaren ajalta. Tämä tarkoittaa hyvien ja kestävien käytäntöjen löytämistä koko tuotantoketjuun viljelystä tai kemikaalien valmistuksesta alkaen. Lisäksi tulee kehittää materiaaleihin liittyviä ajatustapoja kestävämpään suuntaan. Materiaalien monimuotoisuus jää lopulta kuluttajien maksettavaksi, ja siksi kuluttajien tulisi muuttaa ostokäyttäytymistään massamarkkinoiden ja halpojen hintojen suosimisesta kestävämpiin ratkaisuihin. (Fletcher 2008, 37.)

### 4.1 Materiaalien monimuotoisuus ja kuituvaihtoehdot

Vuonna 2008 maailman yhteenlaskettu kuitutuotanto oli 69 120 000 tonnia. Puuvilla kattoi 84,1 % luonnonkuitutuotannosta. Samana vuonna synteettisten kuitujen osuus kuitutuotannosta oli 59,9 %. Puuvilla ja polyesteri kattavat yhdessä yli 80 % tekstiilien maailmanmarkkinoista. Polyesterin kysyntä on kaksinkertaistunut viimeisen 15 vuoden aikana. (CIRFS; Fletcher 2008, 4–6.)

Luonnonmukaisen puuvillan puolestapuhujat vaativat aiemmin siirtymistä puuvillan koneellisesta korjuusta käsin poimintaan. Tähän göteborgilaisen Institutet för Fiber och Polymerteknologin (IFP) tutkija Stefan Posner vastasi vuonna 1993 arviollaan, että jos puolet senaikaisesta puuvillatuotannosta poimittaisiin käsin, edellyttäisi se, että joka kolmas ihminen olisi puuvillanpoimija. Suhteutettuna vuoden 2008 väkilukuun tämä tarkoittaisi sitä, että vuonna 2008 kaikista maapallon asukkaista 38,6 % olisi ollut puuvillanpoimijoita. (Suojanen 1997, 38; U.S. Census Bureau 2010.)

Kestävä strategia materiaalien monimuotoisuudelle ei tarkoita sitä, että kahden suurimman kuidun valmistus lopetettaisiin kokonaan. Se on mahdollisuuden antamista erilaisille vaihtoehdoille ja resurssitehokkaille kuiduille. Perinteisen puuvillan korvaaminen esimerkiksi luomupuuvillalla, pellavalla, hampulla tai lyocellilla voisi vähentää tuholaismyrkkujen ja veden käyttöä. Samoin siirtyminen polyesteristä uusiutuviin ja luonnossa hajoaviin kuituihin, kuten villaan ja esimerkiksi maissitärkkelyksestä valmistettuihin materiaaleihin, vä-

hentäisi riippuvuutta öljyyn. Sen lisäksi, että tällaisilla kuiduilla ja niistä valmistetuilla tuotteilla voidaan vähentää luonnonvarojen kulutusta, edistetään myös monipuolisempaa ja paikallista maanviljelyä, paikallisten työpaikkojen tarjontaa sekä terveellistä ja sosiaalisesti kestävämpää ympäristöä. Kestävempien kuituvaihtoehtojen, kuten villisilkin ja soijakuidun volyymit ovat kuitenkin pienet, niiden viljely- ja tuotantotekniikat tutkimuksen ja kehityksen tarpeessa, eikä niiden pitkäaikaisvaikutuksia ole tutkittu. Vaikka kuitu olisi luonnonomukaisesti viljelty tai kierrätetty, se ei yksin muuta saastuttavaa ja resursseja paljon käyttävää teollisuutta kestäväksi. Elinkaarenaikaisiin vaikutuksiin keskittyminen on ratkaisevaa. (Fletcher 2008, 4–37.)

1 kg puuvillan viljelyyn tarvitaan keskimäärin noin 8000 litraa vettä. 1 kg polyesterin tuottamiseen tarvitaan vain vähän tai ei lainkaan vettä. Polyesterin tuottamiseen tarvitaan kuitenkin kaksinkertainen määrä energiaa kuin samaan puuvillamäärän tuottamiseen. Jokaisen materiaalin kestävyysaasteet ovat siis erilaiset. Kun tietoja ympäristövaikutuksista kerätään ja arvioidaan, tulee ottaa huomioon käytetyt luonnonvarat eli energia, vesi, kemikaalit ja maa-aines, sekä syntyvät jätteet ja päästöt ilmaan, veteen ja maahan. (Fletcher 2008, 6–7.)

Näiden vaikutusten suhteelliseen merkitykseen vaikuttavat jatkuvasti kehittyvä tieteellinen tutkimus ja joukko sosiaalisia ja eettisiä näkökohtia. Hiilipäästöjen pinnalla olo kestävyyskeskusteluissa on johtanut kasvaneeseen kiinnostukseen hiilineutraaleja kuituja kohtaan, esimerkiksi sellaisia kasvikuituja, jotka sitovat ilmasta saman määrän hiilidioksidia kasvun aikana kuin ne vapauttavat sadonkorjuun aikana. Tämänkaltaisia hiilineutraaleja kuituja ovat esimerkiksi bambuviskoosi ja lyocell. Muut huolet, kuten nopeasti hupenevat öljyvarannot ja täyttyvät kaatopaikat, ovat johtaneet uusiutuvista luonnonvaroista tehtyjen kuitujen nousevaan suosioon. Tämä on siirtänyt huomion pois öljypohjaisista, synteettisistä kuiduista, kuten polyesteristä ja polyamidista, jotka ovat uusiutumattomia eivätkä hajoa luonnossa. Huomio keskittyy nyt luonnonkuituihin ja selluloosakuituihin, kuten puuvillaan, lyocelliin ja uusiin, luonnossa hajoaviin synteettisiin kasvikuituihin, kuten maissitärkkelyksestä tai soijapavuista valmistettuun polylaktidiin (PLA). (Fletcher 2008, 7.)

Kuitujen tarkastelu ja vertailu tuo esiin keinoja, joiden avulla ympäristövaikutuksia voidaan vähentää. Tällaisia keinoja ovat muun muassa parempien menetelmien kehittäminen perinteiseen kuitutuotantoon sekä erilaisten, luonnostaan vähemmän vaikutuksia aiheutta-

vien kuitujen markkinoille tuominen ja ennen kaikkea sellaisten kuitujen käyttö (TAULUKKO 1). (Fletcher 2008, 18.)

TAULUKKO 1. Esimerkkejä eräiden kuitujen kestävämmistä vaihtoehdoista (Fletcher 2008, 8–14.)

<b>PUUVILLA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• luomupuuvilla</li> <li>• puuvilla, jonka tuotannossa käytetään vain vähän kemikaaleja</li> <li>• käsin poimittu puuvilla</li> <li>• sadevesikasteltu puuvilla</li> <li>• pisarakasteltu puuvilla</li> <li>• hamppu ja pellava</li> </ul>
<b>VILLA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sellaisissa tehtaissa käsitelty villa, joissa               <ul style="list-style-type: none"> <li>– on tiukat jätevesimääräykset</li> <li>– on varmistettu liuottimien uudelleenkäyttö ja kierrätys</li> </ul> </li> <li>• luomuvilla</li> </ul>
<b>PELLAVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nurmilotettu pellava</li> <li>• hamppu</li> </ul>
<b>POLYESTERI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sellaiset kankaat, joiden kuituraaka-aineiden valmistuksessa               <ul style="list-style-type: none"> <li>– ei ole käytetty katalyytteinä aineita, jotka sisältävät kobolttia tai mangaanisuoloja</li> <li>– ei ole käytetty antimonia</li> </ul> </li> <li>• kierrätetty polyesteri</li> <li>• polylaktidi (PLA)</li> </ul>
<b>POLYAMIDI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• villa (esimerkiksi matoissa)</li> </ul>
<b>AKRYYLI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sellaisten akryylikuitujen ja kankaiden välttäminen, jotka on               <ul style="list-style-type: none"> <li>– käsitelty vinyylisetaatilla</li> <li>– kehrätty dimetyyliformamidia sisältävällä liuottimella</li> </ul> </li> <li>• villa</li> </ul>
<b>VISKOOSI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kestävästi hoidettujen metsien puista valmistettu viskoosi</li> <li>• viskoosi, jonka tuotannossa               <ul style="list-style-type: none"> <li>– ei ole käytetty klooria sisältävää valkaisuainetta tai sinkkisulfaattia</li> <li>– vältetään katalyyttisiä aineita sisältävää kobolttia ja mangaania</li> </ul> </li> <li>• sellaisten tehtaiden viskoosi, joissa on tiukat jätevesikäsittelyjärjestelmät</li> <li>• lyocell</li> </ul>

Joitakin näistä muutoksista voidaan saada aikaan jo suhteellisen pienillä ponnisteluilla, kuten siirtymällä jo vakiintuneisiin vaihtoehtoisin järjestelmiin tai maataloudessa, esimerkiksi luonnonmukaisiin viljelymenetelmiin. Osa muutoksista vaatii enemmän, kuten esimerkiksi laaja-alaista teknistä kehitystä. (Fletcher 2008, 18.)

#### 4.1.1 Luomupuuvilla

Puuvillan viljelyn suurin kestävyysshaaste on torjunta-aineiden, lannoitteiden ja vedenkäytön vähentäminen sekä viljelijöiden olosuhteiden parantamisen kannattaminen ja paremman informaation antaminen. Sellaisen luomupuuvillan viljely, jonka viljelyssä ei ole käytetty synteettisiä torjunta-aineita, lannoitteita, kasvunsäätelyainetta tai kasvimyrkkyjä, ratkaisee monet edellä mainituista ongelmista. Luonnonmukaisessa viljelyssä käytetään ainoastaan luonnonmukaisia aineita esimerkiksi tuholaisten, rikkakasvien ja tautien torjumiin. Erityistä huomiota kiinnitetään paikallislajikkeisiin, viljelykiertojen ravinnepäästöjen vähentämiseen sekä mekaaniseen ja manuaaliseen rikkakasvien torjuntaan. (Fletcher 2008, 19.)

Luonnonmukaisella tuotannolla on vahva sosiaalinen tunnusmerkki, ja se mukailee monia Reilun kaupan ja eettisen tuotannon periaatteita. Luonnonmukaisuutta koskevissa standardeissa teollisuudelle annetaan neuvoja kestävämmästä tuotannosta. Yhä yleistyy näkemys siitä, että luonnonmukaisesti viljelty puuvilla ei yksin riitä, vaan myös tuotannon tulee noudattaa kestäviä arvoja. Esimerkiksi Iso-Britanniassa Soil Associationin kehittämään luonnonmukaisten tekstiilien standardiin on sisällytetty lista kielletyistä prosessikemikaaleista ja suosituksia värjäys- ja viimeistystekniikoista. (Fletcher 2008, 19–20; Soil Association 2009.)

Toisin kuin poliittisesti kiistanalaisemmat ja teknisesti haastavammat, vaihtoehtoiset kuidut, kuten hamppu, luomupuuvilla on melko yksinkertainen vaihtoehto perinteisesti kasvatetulle puuvillalle. Tästä syystä se on nopeasti sisällytetty jo olemassa oleviin tuoteryhmiin. Luomupuuvillan kasvavan käytön esteenä on sen rajoitettu saatavuus. Luomupuuvilla kattaa vain pienen osan maailman kuitukysynnästä (noin 0,18 %) ja noin 1 % puuvillamarkkinoista. Yhä useammat maanviljelijät ovat siirtymässä täysin sertifioituun luonnonmukaiseen tuotantoon. Siirtymäprosessi on hidas, kallis ja riskialtis hanke monelle viljelijälle.

Laadullisesti, perinteisesti ja luonnonmukaisesti viljellyt puuvillat ovat samanlaiset. Suurten määrien laadun tasaisuus voi olla ongelmana luomupuuvillassa, koska sen saatavuus on rajallinen. Luonnonmukaisen puuvillatuotannon tuottavuus on yleensä pienempi kuin perinteisen puuvillatuotannon. Tämä on johtanut kuitutuotannon epäilyihin siitä, onko luomupuuvillasta perinteisen puuvillan korvaajaksi. Jotta luomutuotannolla voitaisiin vastata kysyntään, tarvitaan enemmän jo nyt rajallisesti olemassa olevia viljelysmaita. (Fletcher 2008, 21.)

#### **4.1.2 Vähäkemikaalinen puuvilla**

Luonnonmukainen viljely tarjoaa yhden tavan vähentää kemikaalien käyttöä puuvillan tuotannossa. Muitakin menetelmiä on olemassa, kuten integroitu tuholaistorjunta eli IPM (Integrated Pest Management) ja erilaisten geenimuunneltujen vaihtoehtojen käyttöönotto. IPM-ohjelmat käyttävät kattavaa ja vertailukelpoista elinkaarenaikaista tietoa tuholaista ja niiden vuorovaikutuksesta ympäristön kanssa. Tuholaisten aiheuttamia vahinkoja pyritään hallitsemaan siten, että keinot olisivat mahdollisimman taloudellisia ja aiheuttaisivat mahdollisimman vähän vaaraa ihmisille, omaisuudelle ja ympäristölle. Tämä saavutetaan yhdistelemällä tuholaistorjuntaan elinkaarenaikainen tieto ja käytettävissä olevat tekniikat. (Fletcher 2008, 21; United States Environmental Protection Agency, 2009.)

Vuonna 2004 ilmestyneen raportin mukaan geenimanipuloitu puuvilla edusti 21 %:a maailman puuvillamarkkinoista. Nykyään on saatavilla sellaisia geenimanipuloituja puuvillalajikkeita, joilla on hyvä vastustuskyky esimerkiksi tuholaista ja rikkakasveja vastaan. Viljelijöille geenimanipuloitu puuvilla tarjoaa etuja esimerkiksi pienentyvänä torjunta-aineiden käyttönä ja näin suurempana taloudellisena tuottona. Ympäristön kannalta suurin etu on torjunta-aineiden vähempi käyttö. Geenimanipuloitu maatalous aiheuttaa silti useita huolia, joista suurin on sen nopean nousun taustalla oleva kaupallisen voiton tavoittelu ja tavoite tehdä kaupallisia tuotteita ennemmin kuin keskittyä pitkäaikaisiin, ympäristöllisiin tai sosiaalisiin parannuksiin. (Fletcher 2008, 22.)



### **4.1.3 Vähällä vedellä tuotettu puuvilla**

Noin puolet puuvillaviljelmistä kastellaan mekaanisesti, loput kastellaan osittain, tai ne ovat täysin sadevesistä riippuvaisia. Länsi-Afrikan puuvillasadoista noin 99 % on sadevedellä kasteltuja samoin suurin osa Intiasta peräisin olevasta puuvillasta. Sadevedellä kasteltu puuvilla tarjoaa huomattavia etuja, kuten terveemmän maaperän ja pienemmän tarpeen vesi-infrastruktuurille. Satunnaisen vedensaannin vuoksi sadevedellä kasteltu puuvilla on usein laadullisesti huonompaa kuin mekaanisesti kasteltu puuvilla. Tehokkaita kastelujärjestelmiäkin on olemassa. Pisarakastelu voi säästää perinteiseen mekaaniseen kasteluun verrattuna jopa 30 % vettä. Pisarakastelu sopii pääasiassa vain sellaisille viljelmille, joissa korjuu tapahtuu käsin, koska kastelujärjestelmä asennetaan käsin. Sellaisilla viljelmillä, joissa korjuu on koneellista, kastelulinjat tulee kaivaa ylös joka kasvukauden jälkeen. (Fletcher 2008, 23.)

### **4.1.4 Luomuvilla**

Luomuvilla on peräisin eläimistä, jotka kasvatetaan luonnonmukaisesti viljellyllä rehulla ja jotka laiduntavat mailla, joita ei ole käsitelty torjunta-aineilla. Luomuvillaeläimiä ei ole käytetty loiseläinten ja matojen torjumiseksi synteettisissä pyretroidi- tai organofosforikylvyissä. Lammassyhy voidaan luomuvillaeläimessä hallita vain tietyillä valmisteilla injektiona tai suihkeena. Luomuvilla minimoi kemikaalien käytön, jälkikäsittelytoimenpiteet ja kemikaalien vaikutuksen juomaveteen. Luomuvillan markkinat ovat kasvaneet, mutta ovat toistaiseksi melko pienet. (Fletcher 2008, 25.)

### **4.1.5 Pellava (LI)**

Pellavan tuotannossa käytetään usein maatalouskemikaaleja, erityisesti lannoitteita ja torjunta-aineita, rikkakasvien hallintaan. Niin kauan kun vedensaanti on taattu, pellava voi kasvaa lähes täysin ilman lannoitteita ja huomiota. Laatukuidut vaativat kostean ja miedon ilmaston. Koska pellava ei vaadi laajaa kasteluverkostoa, vedenkulutukseen, saastumiseen ja maaperän suolaantumiseen liittyvät ympäristövaikutukset vältetään. On myös väitetty, että pellavankaltaiset runkokuidut, esimerkiksi hamppu, juutti ja kenaf kasvavat hyvin sel-

laisessa maaperässä, joka ei sovi ruuantuotantoon, ja saattavat auttaa parantamaan esimerkiksi raskasmetalleista saastunutta maaperää. (Fletcher 2008, 11.)

Pellavasta irtoaa liotuksessa aineita, jotka saastuttavat vesistöjä. Tästä syystä liotuksesta luonnonvesissä on siirrytty parempiin liotusmenetelmiin kuten lämminvesiliotukseen, jossa liotus tapahtuu vesialtaissa entsyymien tai bakteerien avulla. Myös nurmiliotusta sovelletaan. Pellavan- ja muun runkokuitutuotannon mekaanisia käsittelyjä pyritään jatkuvasti kehittämään siten, että pellavaa pystytään käsittelemään puuvillalle suunnitelluilla laitteilla. (Fletcher 2008, 11–12; Talvenmaa 2002, 17.)

#### 4.1.6 Hamppu (HA)

Hamppua kutsutaan joskus kannabishampuksi, ja sen katsotaan sopivan maatalouden vähävaiikutteiseen systeemiin, koska se kasvaa erittäin nopeasti ja tukahduttaa luonnostaan rikkakasveja ja torjuu tuholaisia. Hampun kasvatuksen voidaan myös katsoa parantavan viljelymaiden maaperää muita viljelykasveja varten. Se parantaa maaperän rakennetta, sen vahvat juuret hallitsevat eroosiota, sillä on korkea tuottavuus, ja sitä voidaan viljellä kylmissäkin oloissa. Hamppu kasvaa 1–4 metrin korkuiseksi ja tuottaa noin kuusi tonnia hehtaaria kohti. Kuitua kasvi sisältää noin 20–30 %. Hampun tuottavuus on huomattavasti muita luonnonkuituja parempi (TAULUKKO 2). Tästä johtuvat väitteet sen kaksinkertaisesta voitto-osuudesta: tuotannon ekologinen jalanjälki pienenee noin puoleen, jos hampua kasvatetaan puuvillan korvaajaksi tekstiiliteollisuudessa ja puun korvaajaksi paperi- ja selluteollisuudessa. (Fletcher 2008, 25.)

TAULUKKO 2. Luonnonkuitujen keskimääräinen tuottavuus hehtaaria kohti (Fletcher 2008, 27.)

KESKIMÄÄRÄINEN KUITUTUOTTO KG/HA	
PUUVILLA	300–1100
PELLAVA	800–1150
HAMPPU	1200–2000
VILLA	62

Hampun viljely on kielletty useissa maissa sen päihdyttävien ominaisuuksien johdosta. Sellaisia lajikkeita, jotka sisältävät vain pienen määrän hampun pääasiallista psykoaktiivista yhdistettä tetrahydrokannabinolia (THC), kasvatetaan, mutta vain pieni osa kasvista tuotetaan kuiduksi. Hampun liotus ja siihen liittyvät ympäristöongelmat ovat samankaltaiset kuin pellavan. Ihanteellinen kuitulaatu saavutetaan parhaiten käsikorjuulla ja -valmistuksella, mutta korkeat työvoimakustannukset ovat monissa maissa tämän esteenä. Tämän vuoksi on kehitetty muita liotustekniikoita esimerkiksi entsyymiliotus. Loukutus- ja lihtausprosessit, joissa kuidun puumainen aines murskataan ja irrotetaan kuitukimpusta, voidaan nykyään tehdä höyryllä. Näin kuitupituus lyhenee, joten hamppu on helpompi kehrätä puuvillan kehrukoneistolla. Lyhentyneen kuitupituuden johdosta kuituvahvuus kuitenkin heikkenee. (Fletcher 2008, 25.)

#### **4.1.7 Polylaktidi (PLA)**

Polylaktidi on termoplastinen polyesteri. Termoplastiset polyesterit kuuluvat synteettisten kuitujen luokkaan, jota joskus kutsutaan myös biopolymeereiksi. Polylaktidi on johdettu täysin uusiutuvista lähteistä esimerkiksi maissista. PLA-kuitu on johdettu vuosittain uusiutuvista viljelykasveista ja se on kompostoitavissa, toisin kuin perinteiset synteettiset aineet, kuten polyesteri, joka on valmistettu fossiilisista polttoaineista, eikä hajoa luontoon. Kompostointi on mahdollista vain sellaisissa teollisuuden komposteissa, jotka tarjoavat oikeat lämpötila- ja kosteusolosuhteet kuidun murtumisen käynnistämiseksi. Biopolymeerien tuotanto on öljypohjaisten kuitujen tuotantoon verrattuna energiaa säästävämpää, se aiheuttaa vähemmän päästöjä ja käyttää uusiutuvia luonnonvaroja. Silti PLA-kuitujen tuotantoon liitetään merkittäviä ympäristövaikutuksia, kuten laaja-alaiseen tehomatalouteen liittyvät ongelmat sekä kaatopaikkabiopolymeerien metaanintuotantoon liittyvät ongelmat. (Fletcher 2008, 27–28.)

PLA-kuidun alkuperäiset käyttötarkoitukset rajoittuivat lääketieteellisiin sovelluksiin, kuten haavanommelmateriaaliin. Tämä johtui sen korkeista tuotantokuluista ja rajoitetusta saatavuudesta. PLA:n käyttö on lisääntynyt viime vuosina, vaikka se on edelleen yli kolme kertaa polyesteriä kalliimpaa. PLA syntyy uuttamalla ensin maissitärkkelystä, jonka jälkeen tärkkelys muutetaan entsyymattisen hydrolyysin kautta sokeriksi ja lopulta käymisen avulla maitohapoksi. Maitohappo muutetaan kuiduksi sulakehruumenetelmällä. Maissin

tärkkelyksen ja sokerin sijasta myös esimerkiksi ruohoa ja biomassaa voidaan käyttää PLA:n valmistukseen. Tämä edellyttää käymisprosessin ja PLA-tuotannon teknistä kehittämistä. (Fletcher 2008, 28–29.)

PLA:n katkokuiduiksi kehrätyistä langoista valmistetuilla kankailla on luonnollinen, puuvillamainen tuntu. Filamenttilangoista valmistetut PLA-kankaat ovat viileitä, pehmeitä ja laskeutuvia. PLA:n kuituominaisuudet ovat pitkälti polyesterin kaltaiset, mutta PLA:lla on matala sulamispiste. Tämä rajoittaa joitakin viimeistystoimenpiteitä, PLA:ta ei esimerkiksi voi silittää. Värjäystä ja viimeistystä rajoittavat muutkin tekijät: vesi voi kuidun läpäistytään heikentää kuidun molekyyllisidoksia ja vähentää kuitulujuutta, jos vesi ei ole tarpeeksi viileää ja hapanta. Tämä koituu usein haasteeksi valkaisuissa ja värjäyksessä, koska nämä prosessit ovat yleensä alkalisia. Värjäys on väriaineiden käytössä tehottomampi kuin polyesterin värjäys. Tämänkaltaisten värjäysteknisten ongelmien uskotaan kuitenkin selviävän tekniikoiden kehittyessä. Jotkut tutkijat ovat väittäneet, että PLA on kestävämpi kuin muut vastaavat markkinoilla olevat polymeerit. (Fletcher 2008, 30.)

Ingeo-PLA tuotiin markkinoille vuonna 2003. Sitä valmistetaan pääasiassa maissin rypälesokerista ja sitä on käytetty muun muassa kuiduissa, kuitukankaissa, kalvoissa sekä pinnoitteissa. Sen valmistamiseen ei tarvita nimenomaan maissia vaan raaka-aineena voidaan käyttää muitakin sokerilähteitä, kuten sokerijuurikasta, sokeriruokoa tai vehnää. Tulevaisuudessa Ingeo-PLA:ta on tarkoitus valmistaa selluloosaraaka-aineista, maatalousjätteestä ja ruoaksi kelpaamattomista kasveista. Ingeo-PLA sopii moniin sovelluksiin, joissa käytetään tällä hetkellä polyesteriä, polyolefiineja ja erilaisia selluloosia. Sillä on väitetty olevan paremmat suorituskyvylliset ominaisuudet kuin edellä mainituilla kuiduilla, ja lisäksi sen käsiteltävyys on parempi. Ingeo-PLA voi tarjota kilpailuetua sen tuomien kustannus- ja tuottavuusetujen kautta. (NatureWorks LLC. 2010.)

NatureWorksin valmistamalle Ingeo-PLA:lle on myönnetty neljä tähteä OK biobased -bioperäisyysluokituksessa. Luokituksen myöntää Belgiassa sijaitseva Euroopan sertifiointiorganisaatio Vinçotte. Sertifiointi otettiin käyttöön vuonna 2009. Se määrittää uusiutuvan hiilien pitoisuuden muun muassa pakkausmateriaaleissa, kuiduissa, hygieniatuotteissa ja sähkölaitteissa. Sertifiointi käsittää neljä tasoa: yksi tähti vastaa 20–40 % bioperäisyyttä, neljä tähteä yli 80 %. Testin mukaan NatureWorksin Ingeo-muovihartsit on valmistettu 99-prosenttisesti uusiutuvista kasvisokereista. (Mowbray Communications Ltd. 2010.)

#### 4.1.8 Lyocell (LY)

Lyocell on selluloosamuuntokuitu, jonka valmistuksessa käytetään lähtöaineena puusta saatavaa selluloosaa. Lyocell on kehitetty 1980-luvulla, ja sen väitetään olevan ekologisesti vastuullinen kuitu, koska sen raaka-aineina käytetään uusiutuvia luonnonvaroja. Selluloosa liuotetaan kehruumassaksi aminohapossa. Kehruumassa suodatetaan ja kehrätään filamenteiksi tai katkokuiduiksi, jonka jälkeen kuidut käsitellään. Liuottimesta voidaan uudelleen käyttää 99,5 % veden haihtumisen jälkeen. Tällöin se puhdistetaan ja palautetaan pääprosessiin. Liuotin on myrkytön sekä syövyttämätön, ja liotuksessa syntynyt jätevesi on vaaraton. Lyocellilla on muitakin positiivisia ympäristövaikutuksia: se on esimerkiksi täysin biohajoava, ja se on valmistettu uusiutuvista luonnonvaroista. Lisäksi erityistä huomiota on kiinnitetty sellun hankkimiseen kestävästi hoidetuista metsistä. Kuituja ei välttämättä tarvitse esikäsitellyssä valkaista, koska kuidut ovat usein hyvin puhtaita. Lisäksi värjäysprosessissa kemikaalien, energian ja veden käyttö on vähäistä, ja tehokkaita tuloksia saavutetaan jo alhaisissa pesulämpötiloissa. Lyocellin valmistukseen kuluu paljon energiaa, mutta vain vähän muita luonnonvaroja. Erilaiset värjäys- ja viimeistysmenetelmät, kuten esimerkiksi fibrillien syntymisen ehkäiseminen, kuluttavat vaihtelevan määrän energiaa ja kemikaaleja, joista syntyy päästöjä ja jätettä. (Fletcher 2008, 31–32.)

#### 4.1.9 Soijakuitu

Soijakuidut kuuluvat materiaaleihin, jotka on valmistettu joko kasvikunnasta, esimerkiksi soijapavuista, tai eläinkunnasta, maidosta eli kaseiinikuidusta, peräisin olevista proteiineista. Ne kehitettiin alun perin 1950-luvulla, mutta viime aikoina ne ovat käyneet läpi uudelleensyntymisen, kun ekologiset paineet ovat kasvaneet täysin biohajoavien kuitujen kehittämisestä uusiutuvista materiaaleista. 1950-luvulla valmistuksen esteenä olivat tekniset vaikeudet ja kiivas kilpailu muiden kuitujen kanssa. Viimeaikaiset lähinnä Yhdysvalloissa ja Kiinassa toteutetut tutkimus- ja kehitystyöt ovat onnistuneet voittamaan aikaisemmat haasteet ja tuottamaan tunnultaan pehmeän ja silkinkaltaisen kiiltävän kuidun. Soijakuidun katsotaan olevan pääasiassa synteettisten, öljypohjaisten kuitujen sekä kašmirin mahdollinen korvaaja. Koska Kiina on kašmirtuotannon johtava maa, se toivoo soijakuidun yleistymisen vähentävän ympäristövaikutuksia, joita kašmirvuohien laiduntamisesta haurailta nurmilla aiheutuu. (Fletcher 2008, 34.)

Soijakuidun kaupalliseen tuotantoon johtaneet teknologiakehitykset mahdollistavat soijapavun koostumuksen muuttamisen käyttämällä prosessissa entsyymejä ja polyvinyylialkoholia. Nämä lisäävät kuidun vahvuutta ja parantavat erilaisia käytettävyyteen liittyviä ominaisuuksia. Tuotannossa käytettyjen lisäaineiden sanotaan olevan myrkyttömiä ja syntynyt jäte voidaan väitteiden mukaan käyttää proteiinin poistamisen jälkeen eläinten rehuna. Bambukuidun tapaan soijakuidulla markkinoidaan olevan luonnollisia antibakteerisia ominaisuuksia, vaikka tätä väitettä todistamaan ei ole vielä tarpeeksi aineistoa. Suurimmat soijakuituun liittyvät huolet liittyvät viljelyn aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Kaupalliseen, suurimittaiseen soijaviljelyyn käytetään paljon vettä, lannoitteita ja torjunta-aineita, ja tuotanto on yleisesti riippuvainen geenimanipulaatiotekniikasta ja kasvimyrkyistä. Joitakin soijakuituja markkinoidaan luonnonmukaisina, mutta tällaiset kuidut ovat noin 30 % luomupuuvillaa kalliimpia. (Fletcher 2008, 34.)

#### **4.1.10 Bambu**

Bambukuitu on valmistettu puumaisesta bamburuohon selluloosasta. Kuituja on saatavilla kahta eri tyyppiä: luonnonbambu, joka valmistetaan suoraan bambunkorsista, sekä tunnetumpi bambuviskoosi, jossa perinteisen viskoosin selluloosaraaka-aineiden, esimerkiksi pyökin tai eukalyptuksen, sijaan käytetään bambua. Luonnonbambun tuotantoketjusta on saatavilla vain vähän tietoa, ja sen kaupallisen tuotannon oletetaan rajoittuvan vain yhteen kiinalaiseen yritykseen. Tämän yrityksen väitteille siitä, että tuotannossa ei käytetä kemiallisia lisäaineita, on olemassa vain vähän todistusaineistoa. Bambuviskoosi valmistetaan samalla tavalla kuin perinteinen viskoosi ja tällä tuotantotavalla tiedetään olevan korkeat ympäristövaikutukset. Bambun etuna on sen nopeakasvuisuus. Jotta suurin mahdollinen ekologinen hyöty saavutetaan, voimakasrunkoisen bambun sadonkorjuu tulee järjestää kestäväällä tavalla. Bambukuiduista valmistetuilla kankailla on luonnostaan myönteisiä ominaisuuksia, kuten hyvä kosteudensiirtokyky, laskeutuvuus ja helposti värjäytyvyys. Kuitujen väitetään olevan luonnostaan antibakteerisia, mutta tälle väitteelle on vain vähän todisteita. Viskoosilla ei ole luonnostaan antimikrobisia ominaisuuksia, eikä tuotantoprosessi itsessään lisää kuitujen antimikrobisuutta. (Fletcher 2008, 32–34.)

#### 4.1.11 Kierrätetty kuitu

Kierrätetystä kuidusta tekee kestävän sen valmistuksen vähäinen energian- ja luonnonvarojen kulutus sekä vähäinen kemikaalien käyttö, jos kuitua ei värjätä uudelleen. Useimmat tekstiilit voidaan kierrättää, mutta useimmiten ne päätyvät suoraan esimerkiksi täyteaineiksi tai muihin hierarkiassa matalalla oleviin käyttötarkoituksiin. Markkinoita hallitsevat halvat neitsytkuidut, eikä luonnonkuitujen kierrätysteollisuus ole juuri uudistunut viimeiseen 200 vuoteen. Kuidut nimittäin erotetaan kankaista repimällä. Repiminen tapahtuu nykyään mekaanisesti karstauskoneilla. Prosessi rikkoo kuidut, minkä vuoksi kuitupituus lyhenee. Lyhyistä kuiduista valmistettu lanka on yleisesti ottaen huonolaatuista. (Fletcher 2008, 35.)

Synteettisistä kuiduista valmistetut tekstiilit voidaan kierrättää prosessissa, jossa kemikaalien avulla hajotetaan kuidut molekyyleiksi ja raaka-aineet polymerisoidaan uudelleen. Kemikaalikierrätys kuluttaa mekaanista repimistä enemmän energiaa, mutta siitä syntyvien kutujen laatu ovat useimmiten paremmin ennustettavissa. Kierrätetyistä muovipulloista valmistettu polyesteri on ehkä tunnetuin markkinoilla oleva kierrätetty synteettinen kuitu, vaikka kierrätettyä polyamidiakin on saatavilla. (Fletcher 2008, 35.)

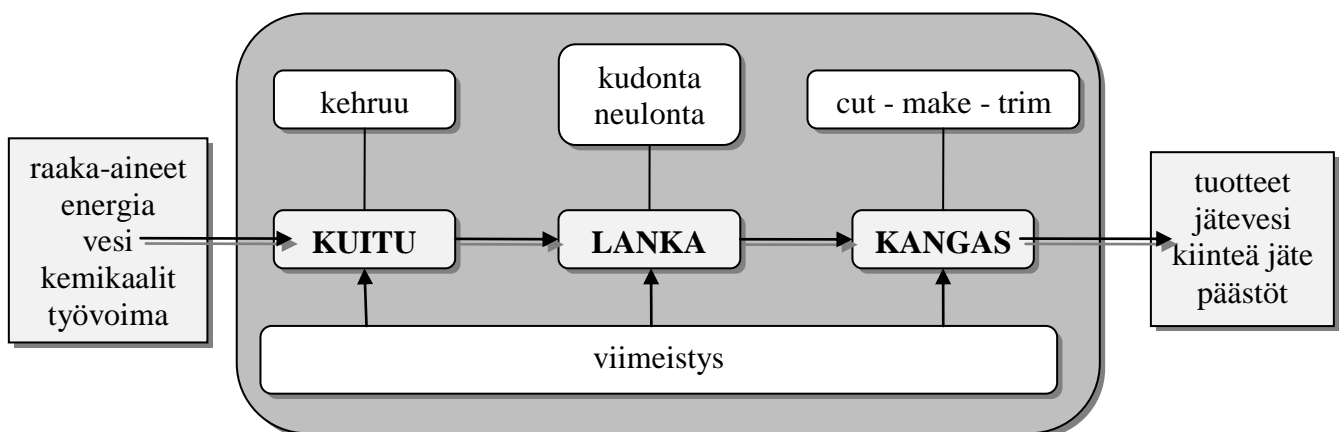
Amerikkalaisen Unifin kehittämä Repreve-lanka on valmistettu kierrätetyistä synteettisistä kuiduista. Repreve-langasta valmistettuja kankaita on käytössä laaja-alaisesti kodinsisustuksesta autoverhoiluihin. (Fletcher 2008, 35; Unifi Manufacturing Inc. 2008; Unifi Manufacturing Inc. 2009.)

#### 4.2 Valmistus

Kestävien tekstiilien suunnittelu vaatii lisää tietoa kestävästä tuotantotavoista ja ennen kaikkea kestävien tuotantotapojen hyödyntämistä. Ongelmat ovat laaja-alaisia, eikä niiden ratkaisemiseksi ole olemassa yhtä ainoaa tapaa. Tekstiilien valmistus on yksi pisimmistä ja haastavimmista tuotantoketjuista teollisuudessa. Se on yksi vesivaroja eniten käyttävistä ja saastuttavimmista teollisuudenaloista ja työllistää noin 26 miljoonaa ihmistä. (Fletcher 2008, 42.)

Luvussa 4.2 keskitytään yksittäisten prosessien parantamiseen, parhaan käytännön löytämiseen sekä pääjalostusvaiheiden kestävyteen liittyviin kysymyksiin ja mahdollisuuksiin. Paras käytäntö tarkoittaa sellaista tapaa tuottaa, joka aiheuttaa vähiten ympäristövaikutuksia ja pyrkii ensisijaisesti ehkäisemään niitä. Tekstiilin valmistus kuidusta kankaaksi on monivaiheinen prosessi, joka kuluttaa paljon raaka-aineita ja työvoimaa (KUVIO 4). Kaikkia prosesseja ja kemikaaleja ei voida välttää, koska monet niistä ovat välttämättömiä tietynlaisen tekstiilituotteen aikaansaamiseksi. Olennaisten prosessien ympäristövaikutuksia voidaan vähentää korostamalla minimoinnin ja optimoinnin periaatteita ja seuraamalla seuraavia periaatteita:

- käsittelyvaiheiden määrän minimointi
- puhtaiden tuotantotekniikoiden valinta (esimerkiksi värikylpyjen uudelleen käyttö)
- prosessin kulutushyödykkeiden minimointi (esimerkiksi kemikaalien mekaaninen annostelu)
- puhtaiden prosessikemikaalien valinta
- energian ja vedenkäytön vähentäminen
- jätteen synnyn minimointi ja jätejärjestelmät. (Fletcher 2008, 42–46.)



KUVIO 4. Tekstiilituotantoketjun syötteet ja tuotokset (Fletcher 2008, 47.)

Tuotannon suurimmat ympäristövaikutuksiin liittyvät haasteet on tunnistettu, ja niihin kuuluvat esimerkiksi energian- ja vedenkäytön sekä myrkyllisten kemikaalien käytön vähentäminen ja jätevesiin pääsevien kemikaalimäärien minimointi. (Fletcher 2008, 46–60.)



Hyvä johtamistapa huomioi tuotannon ympäristövaikutukset ja pyrkii vähentämään niitä. Yleisellä tasolla tämä tarkoittaa kaikkea henkilökunnan kouluttamisesta hyvin dokumentoituin asiakirjoihin, joissa käsitellään laitteiston huolto, kemikaalien säilytys, käsittely, annostelu ja jakelu. Tieto tuotannon syötteistä ja tuotoksista on olennainen osa kestävästä johtamistapaa. Tuotantoprosessin syötteitä ovat käytetyt tekstiiliraaka-aineet, kemikaalit, lämpö, sähkö sekä vesi. Tuotoksia ovat tuote, jätevesi, päästöt ilmaan, liete, kiinteä jäte ja sivutuotteet. Ympäristöllisen ja taloudellisen suorituskyvyn parantamiseksi lähtökohtana on prosessin syötteiden ja tuotosten seuranta. Näin voidaan löytää ja priorisoida vaihtoehtoja. (European Commission 2003, iv.)

Trevira on polyesterikuitujen ja -filamenttien valmistaja, joka on sertifioitu standardien DIN EN ISO 9001 ja ISO 14001 mukaisiksi. Yrityksen tuotteilla on Oeko-Tex Standard 100 -merkintä. Treviralla on kestävyysohjelma, jossa käsitellään Treviran toimia kestävämpää tuotantoa kohti. Ohjelma kattaa muun muassa veteen, ilmaan ja energiaan, materiaaleihin ja pakkauksiin, sosiaaliseen vastuuseen ja elinkaariarviointiin liittyviä toimia. (Trevira GmbH 2008.)

Toimenpiteet, joilla parannetaan laatua ja kemikaalien käytön määrää, ovat muun muassa säännöllinen tarkistaminen ja liemisuhdeiden arviointi sekä optimaalinen tuotannon suunnittelu. Automaattiset valvontajärjestelmät, kuten lämpötilan ja kemikaalien syötön valvontajärjestelmät, mahdollistavat prosessin paremman hallinnan, parantavat suorituskykyä ja pienentävät hukkakemikaalien ja -apuaaineiden määrää. Veden käyttö voidaan optimoida parantamalla työtapoja, vähentämällä liemisuhdetta, parantamalla pesutehokkuutta, yhdistämällä prosesseja, esimerkiksi pesu ja liistausaineiden poisto, sekä veden uudelleenkäytöllä ja kierrätyksellä. Monilla näistä toimenpiteistä saadaan aikaan suuria säästöjä, ei ainoastaan veden- vaan myös sähkönkulutuksessa. Muita toimenpiteitä ovat erityisesti energiankäytön optimointiin liittyvät toimenpiteet, kuten lämpöeristetyt putket, venttiilit, säiliöt ja koneet, kuumien ja kylmien jätevesivirtojen erottelu ja lämmön takaisinotto kuumasta höyrystä. (European Commission 2003, iv.)

Saksalainen Brückner valmistaa energiansäästölaitteita, jotka vähentävät tehtaan energiankulutusta ja päästöjä. Eco-Technologies-sarjaan kuuluvat poistoilman talteenottokone sekä poistoilman puhdistuslaite. Brückner Eco-Heat -talteenottokoneella poistoilmasta tuotettua lämpöä voidaan hyödyntää kahteen tarkoitukseen: ilman ja veden lämmittämiseen. Lämmi-

tettyä vettä voidaan käyttää esimerkiksi pesu-, värjäys- ja viimeistysprosesseissa. Brückner Eco-Air on poistoilman käsittelyprosessi, jolla on korkea aerosolien ja haitallisten kaasujen tiivistymis- ja poistotehokkuus. (Brückner 2010.)

#### **4.2.1 Kehruu, kudonta ja neulonta**

Alkupään prosesseista peräisin olevien ympäristövaikutusten pienentämiseen on olemassa monia eri keinoja. Tieto tekstiiliraaka-aineista on ensimmäinen askel alkupään prosesseista siirtyneiden ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. Toimittajan tulisi sisällyttää informaatiota kuidun teknisten ominaisuuksien lisäksi myös tietoja esimerkiksi kuidussa olevien esikäsittely- ja liistausaineiden määristä ja laadusta, metalleista ja torjunta-aineista, esimerkiksi villalle käytettävistä ulkoloislääkkeistä. Liitteessä 4 on esimerkki erään yrityksen toimittajilleen lähettämästä kyselystä, jonka avulla yritys pyrki selvittämään tuotteissa ja tuotannossa mahdollisesti käytettäviä kemikaaleja. (European Commission 2003, iv; Proboat 2009.)

Parannuksia voidaan tehdä esimerkiksi apuaineiden, kuten esikäsittelyaineiden, voiteluaineiden ja öljyjen vaihtamisella. Yhdisteet, joilla on korkea biohajoavuusaste tai jotka voidaan vähintään hajottaa biologisesti, ovat yleensä heikommin haihtuvia ja termisesti vaakaampia kuin perinteiset öljyt. Tämä auttaa vähentämään sellaisia hajuhaittoja ja päästöjä ilmaan, joita syntyy käsittelyissä, joissa kuitu altistuu korkeille lämpötiloille esimerkiksi termofikseerausessa. Jotkin liistausaineet, kuten polyvinyylialkoholi (PVA), voidaan talteen ottaa ja käyttää uudelleen. Tämä vähentää saastumiskuormitusta jopa 94 %. Ympäristövaikutuksia voidaan pienentää myös erilaisten innovatiivisten tuotantotekniikoiden avulla. (European Commission 2003, iv; Fletcher 2008, 48–49; Talvenmaa 2002, 37.)

#### **4.2.2 Esikäsittely**

Kuituja voidaan valkaista klooripohjaisilla tuotteilla, kuten natriumhypokloriitilla ja natriumkloriitilla, mutta huoli näiden aineiden vaikutuksista lisääntymiskykyyn ja immuunijärjestelmään on johtanut siihen, ettei kloorin enää katsota olevan sopiva kemikaali valkaisuun. Joidenkin kuitujen, kuten hampun, valkaisu vaatii kuitenkin kloorin käyttöä. Ym-

päristövaikutusten vähentämiseksi näissä tapauksissa suositellaan kaksivaiheista prosessia, jossa ensin käytetään vetyperoksidia ja sen jälkeen natriumkloriittia. (Fletcher 2008, 50.)

Märkäsäily on tekstiilien tuotantovaiheen ympäristöä kuormittavin osa: siinä käytetään merkittäviä vesi-, energia-, ja kemikaalimääriä sekä tuotetaan runsaasti jätevesiä. Jotkin käytetyistä kemikaaleista sisältävät myrkyjä, kuten erilaisia karsinogeenisiä raskasmetalleja (kupari, kromi, koboltti), formaldehydiä sekä dioksiineja, joiden on karsinogeenisyytensä lisäksi epäilty aiheuttavan hormonihäiriöitä. Tekstiiliteollisuuden jätevedet on puhdistettava ennen hävittämistä. (Fletcher 2008, 49.)

Biologisesta käsittelystä huolimatta joitakin ympäristölle haitallisia epäpuhtauksia ei voida poistaa, jolloin niiden synnyn ehkäiseminen on ensisijaista. Tällainen lähestymistapa on nähtävissä esimerkiksi Soil Associationin luonnonmukaisten tekstiilien sertifikaateissa ja standardeissa. Ne perustuvat Global Organic Textile -standardeihin (GOTS), mutta ne sisältävät joitakin sellaisia erityisvaatimuksia ja ohjenuoria tietyille tekstiilituotannon alueille, joita Global Organic Textile -standardeissa ei ole määritetty. Soil Associationin standardien mukaisissa tuotteissa kielletään tiettyjen prosessikemikaalien käyttö ja sallitaan tiettyjen kemikaalien käyttö vain tarkoin valvotuissa prosesseissa. (Fletcher 2008, 49–50; Global Organic Textile Standard 2010; Soil Association 2009.)

Amerikkalainen DesignTex valmistaa tekstiilejä, tapetteja ja muita pintamateriaaleja. Vuosia sitten DesignTex alkoi kehittää kangasta, jonka missiona oli olla ympäristömyönteinen koko elinkaaren ajan sekä kompostoitavissa elinkaaren lopussa. DesignTex kehitti yhteistyössä sveitsiläisen tekstiilitehtaan Rohner Textil AG:n kanssa Climatex Lifecycle -kankaan. Sveitsiläisen kangasvalmistaja Gessner AG:n valmistuttaa Climatex-verhoilukankaita Rohner Textil AG:lle. Climatex-tuotteiden kantava periaate on, että ne palautetaan biologisina ravinteina luonnon kiertokulkuun käyttöiän loputtua. Climatex-tuotteet värjätään tarkoin valituilla kemikaaleilla. Tekstiiliteollisuuden noin 8000 värjäyskemikaalista vain 38:n katsotaan olevan Climatex-tuotteisiin sopivia. Ne eivät aiheuta biologisia tai ekologisia vaaroja kankaan maatuessa. (Fletcher 2008, 49–50; Climatex; Gessner AG.)

### 4.2.3 Värjäys ja painanta

Värjäysten ympäristövaikutusten parantamiseen ei ole olemassa yhtä ainoaa ratkaisua, sillä ei ole olemassa väriainetta, jolla olisi todistetusti eniten tai vähiten ympäristövaikutuksia. Tiedetään, että joidenkin värisävyjen, kuten sinisen, vihreän ja turkoosin, saavuttaminen on hankalaa ilman kuparin käyttöä. Yleisesti ottaen mitä tummempi väri on, sitä enemmän väriä päätyy jäteveeteen. Toisaalta vaaleissa tuotteissa lika näkyy paremmin ja niitä pestään yleensä tummia tuotteita useammin. Täten yksin värisävyyn perusteella ei voida tehdä johdopäätöksiä ympäristömyönteisyydestä. Väriaineista saattaa vapautua värjäysprosessissa ja sen jälkeen haitallisia aineita. Näille pölyille, kaasuille ja höyryille altistuvat eniten värjäämön työntekijät. Väriaineet ja värjäysprosessit ovat monimutkaisia ja vaihtelevia, joten niiden haittavaikutuksia on vaikea selvittää. Haittavaikutuksia selvitetessä tulisi kiinnittää huomiota väriaineiden sisältämien komponenttien lisäksi käytettyihin apuaineisiin ja muihin kemikaaleihin sekä näiden yhdessä muodostamiin reaktioihin. (Fletcher 2008, 51; Talvenmaa 2002, 46–47.)

Kehruusuulakevärjäys (solution dyeing) on värin lisäämistä kuituun ennen kuidun suula-kepuristusta. Tässä menetelmässä väriaine lisätään kuituun sulassa tai liuotetussa kehruu-massassa. Näin värjätyillä kuiduilla on todella hyvä pesunkesto. Pigmenttivärien käyttö parantaa valonkestoaa. Kehruusuulakevärjäystä käytetään tekokuiduille. Muokkaamattomien polyolefiinikuitujen värjäminen perinteisillä menetelmillä on käytännössä mahdotonta. Esimerkiksi matoissa, joissa edellytetään hyvää värinkestoaa, käytetään paljon kehruusuula-kevärjättyjä polyolefiini- ja polyamidikuituja. Tämä värjäystapa on ympäristön kannalta edullinen, koska se säästää erilliseen värjäysprosessiin kuluvan energian, veden ja kemi-kaalit sekä vähentää aiheutuneita päästöjä. Kehruusuulakevärjäykseen käytettyjen värien valikoima on kuitenkin rajallinen. (Collier ym. 2009, 409; Talvenmaa 2002, 47–48.)

Lainsäädäntö saastuttamisesta on parantanut värjäysprosesseja ja vähentänyt niiden ympäristövaikutuksia lähinnä jätevesien ja myrkyllisten kemikaalien käytön osalta. Joitakin pa-rannuksia on nähtävissä väriaineissa ja pigmenteissä, mutta tehokkaimpia parannuksia on toistaiseksi ollut värjäystekniikoiden kehittäminen. Esimerkiksi värikylypyjen prosessiin palauttaminen ja uudelleen käyttö ovat vähentäneet jätevesien ja kemikaalien käytön mää-rää. Myös värjäystekniikat ovat kehittyneet siihen suuntaan, että vesi voidaan korvata

muilla aineilla, kuten ionisilla nesteillä. Uusia tekniikoita on viime aikoina kehitetty myös luonnonkuitujen värjäämiseen. (Fletcher 2008, 51–53.)

#### 4.2.4 Viimeistys

Kaikkien viimeistysten tarkoitus on lisätä tuotteen arvoa esimerkiksi vähentämällä pesun-tarvetta tai lisäämällä kestävyyttä. Vastauksia ei ole vielä kysymyksiin siitä, kattaako näiden viimeistysten tuoma lisäarvo niiden tuotannosta aiheuttamat negatiiviset vaikutukset ja vähentääkö entistä monimutkaisempien käsittelyjen lisääminen tekstiileihin niiden koko elinkaarenaikaisia vaikutuksia. Usein ympäristölle eniten haitallisilla aineilla saadaan aikaan paras ja tehokkain viimeistys. (Fletcher 2008, 56–85; Talvenmaa 2002, 51.)

Trevira CS -kankaita käytetään paljon esimerkiksi huonekaluissa niiden paloturvallisuuden vuoksi. Trevira CS (Comfort and Safety) -kankaat valmistetaan Treviran palonsuojatuista kuiduista ja langoista. Tämän pitkäaikaisen palonsuojauksen mahdollistaa polyesterikuidun muokattu kemiallinen rakenne. Kuituun kiinnitetään komonomeerinä fosforiorganinen yhdiste, jossa palonsuoja-ominaisuudet ovat. Toisin kuin perinteisellä tavalla valmistetut palansuojatekstiilit, Trevira CS -kankaat eivät vaadi palansuojaviimeistystä, koska ominaisuus on kiinnitettyä kuituun. Trevira-kuitujen ja Trevira CS -kankaiden valmistuksessa on otettu huomioon ympäristönäkökohdat esimerkiksi kieltämällä tuotannossa liuottimien, halogeenien ja typen käyttö. Tuotannossa ei käytetä synteettisiä hartseja tai formaldehydiä. Nämä tekijät vaikuttavat myös jatkotoimenpiteisiin: Trevira CS -kankailla on esimerkiksi erittäin hyvät valon- ja hankauksenkesto-ominaisuudet, ja ne ovat helppohoitoisia sekä pitkäikäisiä. (Trevira GmbH 2008; Trevira GmbH 2010a.)

Hopean käyttö on viime aikoina kasvattanut suosiotaan antimikrobiviimeistyksissä. Hopealla on hapettava vaikutus, joten se haalentaa muita kuituja, mutta yhdisteitä tämän ongelman välttämiseksi on jo kehitetty. Näitä yhdisteitä voidaan sekoittaa kuituihin suulakepu-ristuksen aikana. Antimikrobiviimeistys voidaan tehdä myös joko orgaanisten yhdisteiden, kuten triklosaanin, tai päällysteiden, kuten selluloosamuuntokuiduille sopivan polyheksa-metyleenibiguadiinin (PHMB), avulla. Näiden bakteereja tappavien aineiden sivuvaikutukset eivät vielä ole laajemmin tunnettuja. (Fletcher 2008, 56–85; Talvenmaa 2002, 51.)

Trevira CS Bioactive -kankaat sisältävät palonsuojan lisäksi antimikrobisen ominaisuuden. Hopeaan perustuva antimikrobisuoja kiinnitetään kuidun polymeeriin, jolloin tuloksena on pitkäikäinen antimikrobisuoja. Hopeaionit vahingoittavat tekstiilien pinnalle tulevia bakteereja. Tämä estää bakteerien lisääntymisen. (Trevira GmbH 2010b.)

Pinnoitesovelluksiin on kehitetty bioyhteensopivista komponenteista koostuva polymeerinanokomponenttiluokka. Pinnoitteet valmistetaan seoksesta, joka koostuu polyvinyyliideenifluoridista (PVDF) ja polymeroidusta etyyliisianoakrylaatista. Uusi syanoakrylaatin (CA) polymerisoinnin valvomismenetelmä mahdollistaa seoksen onnistumisen. Syanoakrylaatti parantaa täyteaineen dispersiota ja tarjoaa hyvän, toiminnallisen vaihtoehdon PVDF-peräisissä pinnoitteissa usein kiinnittymistä parantamaan käytetylle polymetyylimetakrylaatille (PMMA). Muita bioyhteensopivia täyteaineita ovat esimerkiksi sinkkioksidin (ZnO) nanohiukkaset ja/tai polytetrafluorietaanin (PTFE) mikrohiukkaset. Liuos levitetään suihkevaluna, jonka jälkeen sitä lämmitetään 100 °C:n lämpötilassa noin tunnin ajan. Prosessi on helposti laajennettavissa ja sopii hyvin myös laajoihin pinnoitesovelluksiin. Pinnoitteet voidaan muuttaa osittain hydrofiilisestä täysin hydrofobiseksi täyteainepitoisuutta muuttamalla. Uskotaan, että tämänkaltaisia uusia PVDF-nanokomposiitteja voidaan käyttää toiminnallisina ja bioyhteensopivina pinnoitteina lääketieteellisyydessä, hydraulikka- ja rakennusteollisuudessa, mikroelektroniikassa, elintarvikkeiden pakkauksissa sekä tekstiilien pinnoitteissa. (Tiwari, Bayer & Megaridis 2009.)

#### **4.2.5 Rakenteet**

Kotimainen mattovalmistaja VM-Carpet on tuonut markkinoille biologisesti hajoavan matton. Sen pinta on kudottu kerratusta pellavakankaasta ja pohjusmateriaali on biohajoavista polymeereistä valmistettua muovia. Yrityksen mukaan materiaali ei vahingoita luontoa tai ympäristöä ja se hajoaa vapauttamatta haitallisia päästöjä muutamassa viikossa sopivissa olosuhteissa, kuten kompostissa. (VM-Carpet Oy 2009.)

Toray Inc. on kehittänyt Japanissa morkkamaisen Ultrasuede-kankaan, joka on polyesterimikrokuiduista muodostuva monikomponenttikuitukangas. Kuitukangasverkko ja polyesterimikrokuidut yhdistetään mekaanisesti neulanpistoilla tai huovuttamalla sekä kyllästetään polyuretaanilla, jonka jälkeen pinta harjataan morkkamaisen pintavaikutelman aikaansaami-

seksi. Pehmeä tuntu ja mokkaaminen ulkonäkö johtuvat mikrokuiturakenteesta. Kuitukan-  
kaana se ei veny eikä rispaannu. Ultrasuede-kankaita on käytössä muodissa, sisustuksessa,  
autojen ja veneiden verhoiluissa sekä teollisessa käytössä. (Collier ym. 2009, 380; Toray  
Group Inc. 2010; Toray Ultrasuede (America) 2009a.)

Vuonna 2003 perustettu Essedea valmistaa niin kutsuttuja kolmiulotteisia tekstiilejä tuote-  
merkillä 3DEA. Kolmiulotteiset tekstiilit eli välikappalekankaat muodostuvat polyesteri-  
päälli- ja pohjakankaista, jotka sitoutuvat yhteen niiden välissä olevien polyesterilankojen  
avulla. Lankojen pituus on tarkoin määritelty ja lopputuote paineherkkä. Näin muodostuu  
kolmiulotteinen, hengittävä, patjamainen rakenne. Jos tuote on 100-prosenttisesti polyeste-  
riä, se on täysin kierrätettävissä. Hengittäviä 3DEA-tekstiilejä voidaan käyttää esimerkiksi  
erilaisissa istuin- ja makuuelementeissä. (Essedea GmbH & Co. KG.)

Polyuretaanivaahtoa käytetään usein sen hyvien pehmustavien ominaisuuksien, kestävyys-  
den ja sen helpon muovailtavuuden ansiosta. Se ei läpäise ilmaa, ja se värjäytyy helposti  
keltaiseksi. Lisäksi se ei ole kovin ympäristömyönteinen, koska sitä ei voida kierrättää ja  
monissa tapauksissa se hävitetään käytön jälkeen. Teijin Fibers Ltd. on kehittänyt korkean  
suorituskyvyn polyesteripehmustemateriaalin yhdistämällä uutta polymeeritekniologiaa ja  
kuitutuotantotekniologiaa. Tämä ELK:si nimetty materiaali koostuu polyesterikuiduista,  
jolla on stereoskooppisen onto, vieterimäinen rakenne, ja sideaineesta, jolla on hyvä lii-  
mautuvuus ja joustavuus. Nämä kaksi yhdistämällä tuloksena on saatu stereoskooppinen  
rakenne, joka on kestävä ja joustava. Lisäksi tämä stereoskooppinen rakenne mahdollistaa  
ilman ja höyryn läpäisevyyden, jonka ansiosta ELK:llä on parempi hengittävyys ja kosteu-  
denläpäisy kuin vaahdotetulla polyuretaanilla. ELK on 20 % polyuretaanivaahtoa kevyem-  
pi ja täysin kierrätettävissä. (Teijin Ltd. 2007.)

#### **4.2.6 Teollisuuden tarkastelu yhtenä järjestelmänä**

Kun tekstiiliteollisuutta tarkastellaan yhtenä isona järjestelmänä yksittäisten tuotantopro-  
sessien sijaan, löydetään uusia tapoja tuoda tekstiiliteollisuuteen kestäviä käytäntöjä. Käy-  
täntöjä sovelletaan monella tasolla, ja siksi toisilla tavoilla on kauaskantoisempia vaikutuk-  
sia kuin toisilla. Systemiteoreetikko Donella Meadows on kehittänyt yhdeksänportaisen

listan vipuvarsikeinoista ja eri elimien väliintulotavoista. Meadowsin yhdeksän tapaa puutua järjestelmään ovat (tehokkain tapa viimeisenä):

9. numerot (tuet, verot, standardit)
8. materiaalivarastot ja -virrat
7. negatiivisten vaikutusten kiertokulku
6. positiivisen vaikutusten kiertokulku
5. informaatiovirta
4. säännöt (kannustimet, rangaistukset, rajoitukset)
3. itseoppiminen
2. tavoitteet
1. ajattelutapa.

Nämä keinot toimivat eräänlaisina vipuvarsina, koska seuraavalla keinolla on aina suuremmat vaikutukset kuin edeltävällä. (Fletcher 2008, 60–61.)

Donella Meadowsin mukaan standardeihin tai tehokkuustavoitteisiin keskittymisellä saavutetaan kaikkein rajoitetuimmat muutokset, koska ne sisältävät vain pieniä muutoksia tuotteisiin tai tuotantoprosesseihin. Erilaisten standardien soveltaminen saattaa muuttaa yrityksen tehokkuusluokituksia. Uudet luokitukset siirretään myöhemmin koskemaan kuituja, jotka tuotetaan samoilla koneilla ja myydään samojen jälleenmyyjien kautta kuin ennen. Tästä syystä järjestelmässä ei tapahdu suuria muutoksia. Esimerkiksi jos jätevesi suodatetaan, se vähentää värjäämön lähetyvillä olevien vesistöjen saastumista, mutta se ei tee itse värjäysprosessista vähemmän kuormittavaa. Vastaavasti jälleenmyyjien kierrätettävien pakkausmateriaalien markkinointi vaikuttaa vähentävästi kaatopaikkajätteeseen, mutta se ei poista yleistä liikkulutusongelmaa. (Fletcher 2008, 61.)

Numeroista ja standardeista saavat alkunsa monet muutokset, ja niihin keskittyy nykyisinkin enemmistö tekstiiliteollisuuden laaja-alaisimmista kestävyysliittävistä toiminnoista. Syynä tähän on se, että toiminnot vaikuttavat melko suoraan useimpiin yrityksiin. Tuottajat voivat esimerkiksi paljon nopeammin ja helpommin hienosäätää yhtä tehotonta prosessia kuin suunnitella koko järjestelmän uudelleen. On tärkeä välttää juuttumasta vain tämän tason muutoksiin. Vaikka edut ovat yrityksen huomattavissa melko nopeasti muutoksen jälkeen, ne eivät yksin pysty muuttamaan koko tuotantoketjua kestävämmäksi. Muita tapoja tulee kehittää sellaisiksi, että näitä numeroita ja standardeja käytetään lähtökohtina sel-



laisen järjestelmän kehittämisessä, joka tähtää pohjimmiltaan kauaskantoisiin muutoksiin. (Fletcher 2008, 61–62.)

Yhden materiaalin vaihtamisella toiseen ja innovatiivisten tekniikoiden esittelyllä saattaa olla valtavia vaikutuksia järjestelmän toimintaan etenkin tekstiiliteollisuuden kaltaisessa tuottajavetoisessa teollisuudessa. Tärkeä keino kestävämpien materiaalivirtojen tukemiseen tekstiiliteollisuudessa on täyttää laajoja ja vakaita materiaalivarastoja sellaisilla kuiduilla, joilla on vähäiset ympäristövaikutukset. Tämä auttaa takaamaan sen, että sellaisia vaihtoehtoja, joilla on vähemmän ympäristövaikutuksia, on laajasti ja helposti saatavilla. Tämänkaltaisten varastojen lisääntyminen vaatii tavarantoimittajien saamisen mukaan toimintaan. Tämän ehtona on näiden kuitujen ja tuotteiden vahva ja luotettava kysyntä. (Fletcher 2008, 62.)

Negatiivisista ympäristövaikutuksista huolehtiminen auttaa pitämään järjestelmän turvallisena. Monilla teollisuuden aloilla lait, järjestöt ja kuluttajat ohjaavat teollisuuden toimintaa vähemmän kuormittavaksi. Monet Euroopan lakisäädökset ja asetukset, kuten IPPC ja REACH, ohjailevat toimintaa ja vaativat yrityksiä esimerkiksi ottamaan tuotteet takaisin sen käyttöään loppuksi. (Fletcher 2008, 64.)

Yritysten paine tuottaa arvokkaita vaatteita ja pienentää läpimenoaikoja on nostanut vaikutusten määrää. Esimerkiksi suuret jälleenmyyjät leikkasivat tuottajiltaan vaatimiaan läpimenoaikoja 30 %. Tämä ehkäisi tuottajien pitkän aikavälin suunnittelua ja ruokki huonompia työoloja, koska määräajan saavuttamiseksi työntekijät joutuivat tekemään palkatonta ylityötä usein vielä määräaikaisilla työsopimuksilla. Yritysten kilpaillessa keskenään sopimuksista johtavien merkkien ja jälleenmyyjien kanssa työntekijöiden hyvinvointi otetaan huomioon entistä huonommin ja kertakäyttömuoti kasvattaa suosiotaan. Sääntöjen ja määräysten tiukentuminen ja ohjailevien lakien lisääntyminen on yksi tapa ylläpitää tehokasta toimintaa ja pitää vaikutukset hallinnassa. (Fletcher 2008, 64–65.)

Lukuisat tekstiili- ja vaateusteollisuuden yritykset ja projektit edistävät muutoksia positiivisten vaikutusten kiertokulun avulla. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi kestävään muotiin kannustaminen. Mitä kiinnostuneempia kuluttajat ovat ympäristöllisistä ja sosiaalisista kysymyksistä, sitä enemmän tuotteita on markkinoilla. Nämä keinot ovat tehokkaita, koska ne ruokkivat itse itseään. (Fletcher 2008, 66.)

Toimitusketjun tiedonkulun lisääminen voi aikaansaada suuria muutoksia suhteellisen pienellä vaivalla. Tiedonkulun tärkeys kestävien muutosten aikaansaamiseksi on huomattu esimerkiksi Euroopan komission IPPC-suosituksissa. Made-By-kuluttajamerkki on vienyt tuotantoketjun läpinäkyvyyden uudelle tasolle: tuotteessa olevan koodin avulla kuluttaja voi selvittää, miten, missä ja kuka tuotteen on valmistanut. Sen tavoitteena on parantaa tuotantoketjun läpinäkyvyyttä ja tämän avoimuuden kautta johtaa vastuullisempiin kulutus- ja tuotantotapoihin. (Fletcher 2008, 67–68; Made-By 2007.)

Järjestelmän säännöt määrittävät teollisuuden ulottuvuuden ja rajat ja sen, kuka mistäkin hyötyy. Ne voivat esimerkiksi esittää erilaisen lähestymistavan materiaalien käytölle. Monet yritykset ovat sitoutuneet noudattamaan näitä sääntöjä vaikuttaakseen, esimerkiksi Reilun kaupan mukaiseen toimintaan sitoutuminen tuo tärkeitä etuja työntekijöille. Säännöt mielletään usein koskemaan yritysten sosiaalista vastuuta, vaikka ne liittyvät myös ympäristövastuuseen. (Fletcher 2008, 68–69.)

Itseoppiminen on prosessi, jossa järjestelmän (teollisuuden) organisaatio kasvattaa tehokkuuttaan, ilman että sitä ohjaa tai johtaa ulkopuolinen lähde. Itseoppiminen on prosessi, joka sisältää yhteistyötä jokaisen järjestelmän osan kanssa, ja prosessia muutetaan tarpeen mukaan, jotta se toimisi parhaiten kokonaiskuvan parantamiseksi. Tarjoamalla järjestelmälle tietoa ja vaihtoehtoja itseoppiminen voi auttaa positiivisten ja huomattavien muutosten aikaansaamista. Tekstiili- ja vaatetusteollisuuden yrityksessä itseoppiminen tarkoittaa suuren ideapankin luomista, joka kattaa kaiken kestävästä materiaaleista ja tavoista kestävään kulttuuriin. Tämän ideapankin avulla kehitetään uusia, kestäviä järjestelmiä tai parannetaan olemassa olevia tapoja kestävämmiksi. Keskeistä tälle toiminnalle on monimuotoisuus ja avoimuus erilaisille ratkaisuille ja ideoille. (Fletcher 2008, 71.)

Järjestelmän tavoitteet vaikuttavat kehittymiseen, vaikutuksiin ja tuotteisiin. Tekstiili- ja vaatetusteollisuusyrityksen tavoitteena on tuottaa myymällä kuituja, kankaita tai vaatteita. Jos nämä tavoitteet muutetaan edistämään kestävyyttä ja tasapainottamaan tuoton sosiaalista sekä ympäristöllistä laatua, seurauksena on suuria muutoksia, jotka vaikuttavat kaikkiin listan vipuvarsikohtiin. (Fletcher 2008, 71–73.)

Mattojen valmistaja Interfacen toimitusjohtaja muutti yrityksen toimintatapoja henkilökohtaisten kestävyysnäkemystensä mukaiseksi. Yritys toimii nykyään eräänlaisena kestävien

yri­tysten esikuvana ja vaikuttaa koko teollisuuteen syvemmin kuin vain yhden ke­stävän malliston vaikutuksella. Interface ei ainoastaan kiinnitä huomiota fyysisiin yksityiskohtiin, kuten ke­stäviin materiaalivalintoihin, vaan se vaikuttaa koko järjestelmään asettamalla liiketoiminnalle ke­stäväm­mät tavoitteet. (Fletcher 2008, 71–73; Interface Inc. 2008.)

Järjestelmän täydellinen muuttaminen onnistuu vaikuttamalla ajatustapoihin. Ajatustavat vaikuttavat ideoihin, ajatuksiin ja informaation johtamiseen. Yleisesti ottaen ajatustapojen muuttamista vastustetaan enemmän kuin muita muutoksia. Uuden ajattelutavan edistäminen on ke­stävy­yden suurin haaste. (Fletcher 2008, 73.)

### **4.3 Logistiikka**

European Logistics Association (ELA) on määritellyt logistiikan olevan materiaalivirran suunnitelmallista ohjausta ja valvontaa, jonka tarkoituksena on tyydyttää asiakkaiden tarpeet. Logistinen putki tarkoittaa koko kuljetusketjua materiaalien ostosta eri valmistus- ja kokoonpanovaiheiden kautta jakeluun kuluttajalle. Logistisia toimintoja säätelevät eniten asiakkaiden tarpeet ja odotukset. Niiden pohjalta yritys määrittelee optimaalisen palvelun tason. Lyhyesti sanottuna logistiikan tarkoituksena on saada oikea tuote oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan mahdollisimman pienillä kustannuksilla ja halutulla palvelutasolla. (Reinikainen, Mäntynen, Rantala & Viitanen 2002, 4–5.)

Logistiikka on miltei mahdoton erottaa omaksi osatoiminnokseen, koska se sisältyy kaikkeen yrityksen toimintaan. Logistiikka sisältää yritykseen tulevan (tulologistiikka), sen sisällä kulkevan (sisälogistiikka) ja sieltä lähtevän (lähtölogistiikka) materiaalivirran. Oikein ohjautuakseen tämä materiaalivirta tarvitsee paljon informaatiota. Logistiikka määritelläänkin materiaali-, informaatio- ja pääomavirtojen yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, joka ulottuu materiaalien hankintalähteestä asiakkaalle saakka. Materiaalin kulkua raaka-aineesta jalostuksen kautta loppuasiakkaalle ajatellaan logistiikan keskeisimmäksi virraksi. (Reinikainen ym. 2002, 6–8.)

Tulologistiikassa yritykseen saapuva materiaali kulkee vastaanottopisteen ja raaka-ainevaraston kautta varsinaiseen tuotantoon. Saapuva materiaali käsittää raaka-aineiden lisäksi kaikki puolivalmisteet, osat ja valmiit tuotteet. Myös tuotantoon osallistumattomat

materiaalit kuuluvat tulologistiikkaan. Siihen sisältyviä toimintoja ovat muun muassa tavar­an vastaanotto, varastointi, materiaalinkäsittely, varastovalvonta, kuljetusten ohjaus ja vi­allisten tavaroiden palautukset toimittajalle. (Reinikainen ym. 2002, 8.)

Operaatio- eli sisälogistiikka sisältää kaikki ne toiminnot, joissa materiaali muuttaa muoto­aan valmistuksen resurssien avulla lopputuotetta vastaavaksi. Tällaisia toimintoja ovat muun muassa koneistus, pakkaaminen, kokoonpano ja laitteiden kunnossapito. Lähtölogis­tiikka sisältää fyysisen jakelun lisäksi sellaiset tarvittavat tukitoiminnot, jotka ovat välttä­mättömiä valmiin tuotteen siirtämiseksi yrityksestä asiakkaalle. Tämänkaltaisia toimintoja voivat olla valmisvarastointi, materiaalinkäsittely, kuljettaminen ja sen ohjaus, lähettämien sekä tilausten käsittely. (Reinikainen ym. 2002, 8.)

Suomi on riippuvainen ulkomaankaupasta, mutta maantieteellinen sijainti syrjässä Euroo­pan reuna-alueella aiheuttaa selvää kilpailuhaittaa maamme teollisuudelle. Suomi sijaitsee EU-maista kauimpana Euroopan päämarkkina-alueesta Keski-Euroopasta. Tämä aiheuttaa selvästi suuremmat kuljetuskustannukset suomalaisille vientituotteille kuin esimerkiksi vastaaville saksalaisille tuotteille. Suomen vientiteollisuuden logistiikkakustannukset ovat lähes kolminkertaiset moniin kilpailijoihin verrattuna. Tilanne on sama EU-alueelta Suo­meen tuoduissa raaka-aineissa ja muissa tuotantovälineissä. (Reinikainen ym. 2002, 11.)

Pitkät kuljetusmatkat aiheuttavat suurempaa varastoinnin tarvetta, josta taas seuraa kohon­neet kustannukset ja ympäristökuormitus. Kylmä ilmasto lisää vaatimuksia varastoinnille niin varastorakennuksille (lämmitys ja rakenteiden kestävyys) kuin tuotteiden pakkauksil­lekin. Lisäksi Suomen manner-Euroopasta erottava meri on osan vuodesta jäätyneenä. Tä­mä kasvattaa kustannuksia ja hidastaa logistisia operaatioita. Hyvinvointiyhteiskunnan periaate taata tasapuoliset mahdollisuudet tuotantotoiminnalle koko maassa kasvattaa huomattavasti panostustarvetta liikenteeseen ja kuljetuksiin. Suomessa kuljetustyön määrä on 1,7-kertainen EU-maiden keskiarvoon verrattuna. (Reinikainen ym. 2002, 12–13.)

Pitkien etäisyyksien ja harvan asutuksen lisäksi teollisuuden rakenne vaikuttaa logististen kustannusten ja ympäristövaikutusten syntyyn. Suomen teollisuuden jalostusaste on perin­teisesti ollut verrattain matala. Valtaosa merkittävistä vientituotteistamme, kuten paperi, raakapuu ja metalliteollisuuden tuotteet ovat massaan ja tilavuuteen verrattuna arvoltaan varsin alhaisia. Raskaat ja suurikokoiset tuotteet vaativat usein erikoisjärjestettyjä kuljetuk­

sia ja varastointia. Näistä syistä logistiikkakustannusten osuus kasvaa Suomen vientituotteissa usein huomattava suureksi. (Reinikainen ym. 2002, 13.)

Logistiikan yritystaloudellinen merkitys kaikista toimialoista on ylivoimaisesti suurin vähittäis- ja tukkukaupassa, jossa sen määrä on jopa 75 %. Kaupan liikkeillä on perinteisesti kehittyneimmät logistiset prosessit, koska logistiikan toimivuudella on suuri vaikutus toiminnan kannattavuuteen. Muita aloja, joilla logistiikalla on merkittävä osuus, ovat metsäteollisuus, elintarviketeollisuus, metalliteollisuus, rakentaminen sekä korkean jalostusasteen teollisuus. (Reinikainen ym. 2002, 14.)

Parempi tiedonhallinta tuottaa etuja. Tuotteiden koko toimitusketjusta saadaan reaaliaikais- ta tietoa tiedonkeruu- ja tallennusjärjestelmillä. Näitä apuna käyttäen tavara voidaan toimittaa suoraan valmistajien tuotantolinjoilta tai omasta varastosta. Sähköinen ja verkostoitunut liiketoiminta mahdollistaa teollisuuden ja kaupan toiminnan tehostamisen. Tuloksista hyötyvät kaikki osapuolet kuluttajat mukaan lukien. Tiedonhallinta laskee logistiikkakustannuksia, ja koska tieto kysynnästä saadaan nopeasti levitettyä koko logistiikkaketjuun, myös tuotteiden saatavuus paranee. Varastojen määrä voidaan optimoida tai jopa kokonaan poistaa osassa toimitusketjua. Tuotteiden hävikki vähenee huomattavasti, ja logistiikan päätavoite oikeista tuotteista oikeassa paikassa oikeaan aikaan toteutuu paremmin kuin ennen. (Hyysalo 2006.)

Yrityksillä on monia syitä tehdä logistiset toimenpiteensä ympäristöä vähemmän kuormittavaksi. Niiden tulee vähintään täyttää minimitasolla ympäristöä koskevat kiristyvät säännökset. Koska yritykset eivät useimmiten ole valmiita kasvattamaan logistisia kustannuksiin vapaaehtoisesti ja siten heikentämään kilpailukykyään, ja siksi julkisvallan tulisi asettaa määräyksiä logistiikan ympäristövaikutuksille. Ympäristömyönteisemmästä logistiikasta saattaa olla yrityksille selvää taloudellista hyötyä, eikä se aina lisää syntyviä kustannuksia. Termiin ”green logistics” törmätään nykyään usein ja sillä tarkoitetaan logistiikan kehittämistä ympäristön ehdoilla. Monet yritykset mainostavatkin itseään ”vihreinä” ja kertovat siitä, kuinka logististen toimintojen ympäristörasitetta on pienennetty. Aina on olemassa vaara, että päätös minimoida yhden tekijän ympäristövaikutuksia kasvattaa toisen tekijän ympäristöön kohdistuvaa rasitetta. Logistiikan ympäristövaikutukset tuntuvat monella eri tasolla kotipihasta aina globaaliin ekosysteemiin. (Reinikainen ym. 2002, 16–17.)

Vähemmän saastuttaviin kuljetusmuotoihin ja -kalustoon sekä pakkausten ympäristömyönteisyyteen kiinnitetään paljon huomiota tukku- ja vähittäiskaupassa. Valitettavasti päätökset siirtyä ympäristöä vähemmän kuormittaviin menetelmiin johtunevat useimmin taloudellisista syistä, sillä jätemaksuista ja -veroista saattaa muodostua yritykselle kalliimpi vaihtoehto. (Karrus 1998, 274.)

EU:n tavoitteen mukaan tulee tieliikenteessä vähentää kasvihuonepäästöjä 20 % sekä lisätä uusiutuvan energian käyttöä kattamaan vähintään 10 % vuoteen 2020 mennessä. Tämä edellyttää kuljetusten kriittistä tarkastelua, koska energian kulutuksen vähentäminen on ydinkysymys. Noin neljännes Euroopan energiasta käytetään tiekuljetuksiin. Oy Gustav Paulig Ab, Transpoint International (FI) Oy ja Transpoint Oy Ab ovat yhdessä pyrkineet löytämään keinoja kahvinvalmistajan ympäristömyönteisempiin kuljetuksiin. Tähän yritykset ovat käyttäneet apunaan ECR European (Efficient Consumer Response) ilmaista Sustainable Transport -ohjelmistoa, jonka avulla voidaan arvioida ja pisteyttää toimintaa. (Hämäläinen 2009, 8–10.)

VTT:n koordinoiman TransEco-tutkimusohjelman (2009–2013) tarkoituksena on kehittää tieliikenteen päästöjä ja energiankäyttöä vähentävää teknologiaa ja edistää näiden menetelmien käyttöönottoa. Tutkimusohjelman painopiste on raskaan kaluston ajoneuvotekniikassa ja energiatehokkuuden parantaminen autoliikenteessä. TransEco-ohjelmassa ei tutkita suoranaisesti esimerkiksi logistiikkaa, mutta asiat otetaan huomioon erilaisissa skenaariotarkasteluissa. (TransEco.)

Ikea on panostanut tehokkaisiin tavarankuljetuksiin. Tuotteet kuljetetaan litteissä pakkauksissa, jotta yhteen kuljetukseen mahtuu mahdollisimman paljon. Polttoaineen kulutus pienenee, kun kuljetusten määrä vähenee, ja tämä vähentää vuorostaan päästöjä. Tuotteet kuljetetaan tehtailta tavarataloihin jakelukeskusten ja varastojen kautta kuljetusliikkeiden muodostaman verkoston avulla. Ikean käyttämien kuljetusliikkeiden tulee sitoutua noudattamaan Ikean kuljetuksia koskevaa toimintaohjeistoa (The IKEA Way on Distributing Home Furnishing Products). Tässä toimintaohjeistossa määrätään esimerkiksi, että kuljetusliikkeiden tulee käyttää sellaista nykyaikaista kuljetuslaitteistoa, joka alittaa päästöraajat ja käyttää puhtaampaa polttoainetta. (Ikea 2010a.)

Ikea kehittää logistiikkaan liittyvää toimiaan jatkuvasti. Ikea on esimerkiksi patentoinut joustavat lastaustasot, joiden kokoa voidaan muuttaa lastin koon mukaan. Nämä lastaustasot valmistetaan kierrätetystä polypropeenista. Tasot kierrätetään ja niiden elinkaaren lopuksi niistä valmistetaan uusia tasoja. Perinteisiin, puisiin lastaustasoihin verrattuna polypropeenitasot ovat kevyitä, ja Ikean mukaan kontteihin voidaan lastata tämän vuoksi kaksi tonnia enemmän tuotteita kuin perinteisiä lastauslavoja käytettäessä. Tasoja on helppo käsitellä trukkien avulla, koska niiden koot ja muodot ovat yhteensopivia konttien kanssa. Lisäksi Ikea kehittää pakkauksiaan. Pakkaamalla erään valaisimen osat hieman eri tavalla pakkauksen kokoa voitiin pienentää 30 %. Jokaiselle lavalle mahtuu nyt kuusi valaisinpakkausta enemmän kuin aikaisemmin. Pakkaukset ovat kierrätettyä ja kierrätettävää materiaalia, pääasiassa ruskeaa pahvia. (Ikea 2010b.)

55 % Hennes & Mauritz Ab:n hiilidioksidipäästöistä aiheutuu yrityksen mukaan kuljetuksista. Siksi yritys pyrkii välttämään ilma- ja maantiekuljetuksia ja kuljettamaan tuotteensa aina kun mahdollista meri- ja rautateitse. Hennes & Mauritz vaatii Ikean tavoin kuljetusliikkeitään noudattamaan vuosittain päivitettävää toimintaohjeistusta. Yritys on mukana monien yritysten tavoin useissa yhteistyöprojekteissa puhtaampien kuljetusten edistämiseksi, esimerkiksi Clean Shipping Projectissa ja BSR:n Clean Cargo Working Groupissa (CCWG). Molemmat projektit tähtäävät ympäristöyhteisempiin kuljetuksiin. Clean Shipping Projectin kehittämä Clean Shipping Index on laivojen ympäristökuormituksen mittaamiseen kehitetty indeksi. Clean Cargo Working Group toimii BSR:n alaisuudessa, ja sen tavoitteena on edistää ekologisesti kestävien kuljetusten kehittämistä. Työryhmässä on mukana myös esimerkiksi Ikea. CCWG kehittää vapaaehtoisia ympäristöohjeita ja keinoja arvioida ja parantaa rahtikuljetusten tehokkuutta. BSR pyrkii luomaan kestäviä liiketoimintastrategioita ja keinoja konsultoimalla, tutkimalla ja tekemällä yhteistyötä monien eri alojen yritysten kanssa. (BSR 2010; Clean Shipping Project 2009; Hennes & Mauritz Ab 2008.)

#### **4.4 Käyttö ja huolto**

Taulukossa 3 esitetään karkea arvio siitä, miten ympäristövaikutukset jakautuvat tekstiili-tuotteen eri elinkaaren vaiheisiin. Taulukossa + vastaa pientä suhteellista vaikutusta, ++ keskimääräistä suhteellista vaikutusta ja +++ suurta suhteellista vaikutusta.

TAULUKKO 3. Karkea arvio tekstiilituotteiden elinkaarenaikaisten vaikutusten jakaantumisesta (Fletcher 2008, 77.)

	<b>TUOTANTO</b>	<b>KÄYTTÖ</b>	<b>HÄVITTÄMINEN</b>
Vaatetus	+	+++	+
Kodintekstiilit	+	+++	+
Sisustus	+++	+	++
Matot	+++	+	++

Esimerkiksi matoissa käyttöön liittyvillä toimilla on vähiten ympäristövaikutuksia. Siksi suuntaamalla ympäristövaikutuksiin liittyvät innovaatiot tuotantoon saadaan aikaan parhaimmat tulokset. Pesuun liittyvien toimenpiteiden muokkaamisella saavutetaan vain pieniä ympäristövaikutukseen liittyviä etuja sellaisissa tuotteissa, joita pestään harvoin, esimerkiksi huonekaluissa ja matoissa. Tekstiilien huoltoon kuuluu myös kuivaus, silytys ja mankelointi. (Fletcher 2008, 76–79.)

Veneen tekstiilituotteet pestään suhteellisen harvoin, ja siksi niiden huollosta aiheutuva ympäristöhaitta ei ole kovin suuri. Suurin ympäristökuorma on pesuun käytettävä usein runsas vesimäärä sekä käytetyt pesuaineet. Veden suositellaan usein olevan haaleaa, joten sen lämmittämiseen ei kulu juurikaan energiaa. Venetekstiilejä voi huoltaa erilaisilla hoitotuotteilla, esimerkiksi suoja-aineilla. Lintujen jätökset, erilaiset öljyt sekä sormista irtoava rasva ja lika ovat venekuomujen pääasialliset lianaiheuttajat. (Fletcher 2008, 76–79; Uudenmaan ympäristökeskus 2009; Va-Varuste Oy.)

Käyttöön ja huoltoon liittyviä ympäristövaikutuksia voi minimoida harvoin huollettavien tekstiilien kohdalla huomioimalla muutamia seikkoja. Veneen ollessa vesillä sen tekstiilien hoitoon ja puhdistukseen ei suositella käytettävän samoja tuotteita kuin esimerkiksi kodin sisustustekstiileille käytetään. Osa aineista ei edes toimi kylmien vesien ja suolaisen meriveden kanssa. Osa aineista on luontoon hajoamattomia. Veneen ollessa maissa tulee huolehtia asianmukaisista vesijärjestelyistä, joissa aineet kulkeutuvat jäteveden mukana jätevedenpuhdistamoon. Ympäristön kannalta parhaiten venetekstiilien huoltoon veneen ollessa vesillä sopivat erilaiset biologisesti hajoavat tuotteet. (Uudenmaan ympäristökeskus 2009; Va-Varuste Oy.)



Yhdysvaltalainen Starbrite valmistaa biologisesti hajoavia Sea Safe -tuotteita, jotka eivät sisällä vahvoja kemikaaleja tai fosfaatteja. Pullot ja pakkaukset ovat 100-prosenttisesti kierrätettäviä. Kuivaamiseen ja silittämiseen kuuluu energiaa käytettävän tekniikan mukaan. (Lekemyynti Oy 2010.)

#### 4.5 Kierrätys

On olemassa monia projekteja, jotka rakentuvat tekstiilijätteeseen liittyvän suunnittelun ja liiketoiminnan ympärille. Niiden ansiosta kestävyys ei ole enää pelkkä käsite. Tekstiilijäte yhdistyy luksukseen, sen saatavuus ja hyväksyttävyyys paranevat, ja hyödynnetään uutta teknologiaa ja mediaa, kuten internetiä. Tämänkaltaiset projektit tarjoavat ihmisille helpon tavan päästä käsiksi kestävyyskysymyksiin ja voivat auttaa siirtymään uudenkaltaiseen yhteiskuntaan, jossa ihmiset intuitiivisesti ajattelevat tekojaan tapahtumaketjuina ja pohtivat tekojensa seurauksia, yhteiskuntaan, jossa jätteet saavat uuden elämän, jossa luonnonvaroja ja materiaaleja säästetään ja kestävyys on niin tuottajien kuin kuluttajienkin sydämen ja mielen asia. (Fletcher 2008, 96.)

Kanadalainen LooLo Textiles on sisustusalan yritys, jonka tuotteet on suunniteltu niin, että ne hajoavat täysin luontoon niiden käyttöiän päätyttyä. Täyden ja turvallisen biohajoavuuden takaaminen on kovan työn tulos, ja se sisältää huolellisen materiaali- ja prosessi-valinnan. LooLon tuotteissa käytetään ainoastaan sertifioituja orgaanisia materiaaleja ja tarkoin valittuja väriaineita, jotka eivät sisällä myrkyllisiä aineita tai vaarallisia sivutuotteita. Lisäksi tuotannon värikylyt kierrätetään. Yritys käyttää esimerkiksi Climatex Lifecycle -lankoja. LooLo Textilesin missio on rohkaista kanadalaisia maanviljelijöitä kestävämpään tuotantoon sekä valistaa kuluttajavalintojen ympäristövaikutuksista. (Fletcher 2008, 96; LooLo Textiles 2005.)

Kierrätyksellä on varjopuolensa: kuidun, kankaan tai vaatteen muokkaamiseen ei ole olemassa rajoituksia, mutta sitä enemmän niitä on olemassa tuottavalle teollisuudelle (Fletcher 2008, 96–98). Tekstiiliteollisuudessa sekä kotitalouksissa tekstiilien kunnostaminen ja kierrättäminen eivät ole uusia asioita. Vuosisatojen ajan käytettyjä tekstiilejä on kerätty ja muokattu uudelleen raaka-aineiksi eri tarkoituksiin. On olemassa lukuisia suunnittelijoita ja tuottajalähtöisiä aloitteita, jotka keskittyvät tekstiilijätteeseen, pääasiassa sen kierrättä-

misen. Tämänkaltaisilla teoilla saavutetaan pääasiassa lyhyenaikavälin hyötyjä. Pitkänai-  
kavälin hyötyihin perustuvat aloitteet sisältävät täysin erilaisia haasteita tekstiili- ja vaate-  
tussektorille. Tehokkainta on siirtyä tämän hetken vallitsevasta tilanneesta, jossa jäte hy-  
väksytään suunnittelun, tuotannon ja kulutuksen sivutuotteena, sellaiseen ajatteluun, jonka  
mukaan jätteen synty pyritään minimoimaan tai kokonaan poistamaan. (Fletcher 2008, 98.)

#### 4.5.1 Tekstiilijäte

Suomessa syntyy vuosittain keskimäärin 70 000 tonnia tekstiilijätettä. Tästä määrästä vain  
yksi kolmasosa tulee teollisuudesta, loput kotitalouksista. Tekstiilijättemäärät eivät ole koi-  
tuneet Suomessa suureksi ongelmaksi. Suomen tekstiili- ja vaateusteollisuuden tuottama  
jäteosuus koko teollisuudesta on vain noin 0,5 % ja kotitalousjätteen tekstiilijättemäärän  
osuus on noin 1,5 %. Lainsäädäntö ja julkinen valta ohjailevat jätehuoltoa. Vuosittain kaa-  
topaikoille viedään yhä vähemmän jätettä. (Talvenmaa 2002, 66.)

Kun jäteperäistä polttoainetta poltetaan, syntyy sekä fossiilista että ei-fossiilista hiilidioksi-  
dia. Fossiilinen osa muodostuu pääasiassa erilaisista muoveista ja pienessä määrin kumista  
ja tekstiileistä. Kivihiilen, polttoöljyjen, turpeen ja maakaasun poltossa muodostuva hiili-  
dioksidi on kokonaisuudessaan fossiilista hiilidioksidia. EU:n jätteenpolttodirektiivi astui  
Suomessa voimaan vuonna 2003. Siinä säädetään jätteenpolttamisen edellytykset ja aseteta-  
taan vaatimuksia muun muassa poltettavan jätteen laadun selvittämisen, poltto-  
olosuhteiden, päästöistä sekä niiden mittaamisen ja polttojätteen käsittelyn ja hyödyntämi-  
sen suhteen. Jättepolttoaineilla fossiilisia polttoaineita korvattaessa vähennetään syntyviä  
kasvihuonepäästöjä. Jätettä ei saa polttaa ilman ympäristöviranomaisten lupaa. Polypro-  
peenin lämpöarvo on lähes polttoöljyn luokkaa, ja siksi se sopii tekokuiduista parhaiten  
poltettavaksi. (Leittojärvi 2008, 43–45; Talvenmaa 2002, 68.)

Turengissa toimiva Dafecor Oy valmistaa kierrätystekstiilistä esimerkiksi öljyn ja nestei-  
den imeytysmattoja sekä suojamattoja teollisuuden, rakentajien, puutarhojen ja kotitalouk-  
sien tarpeisiin. Dafecor Oy vastaanottaa niin teollisuusjätteen kuin kulutusjätteenkin. Yri-  
tys ei kuitenkaan pysty vastaamaan kuin muutamasta promillesta Suomen tekstiilijätteestä.  
(Dafecor Oy.)

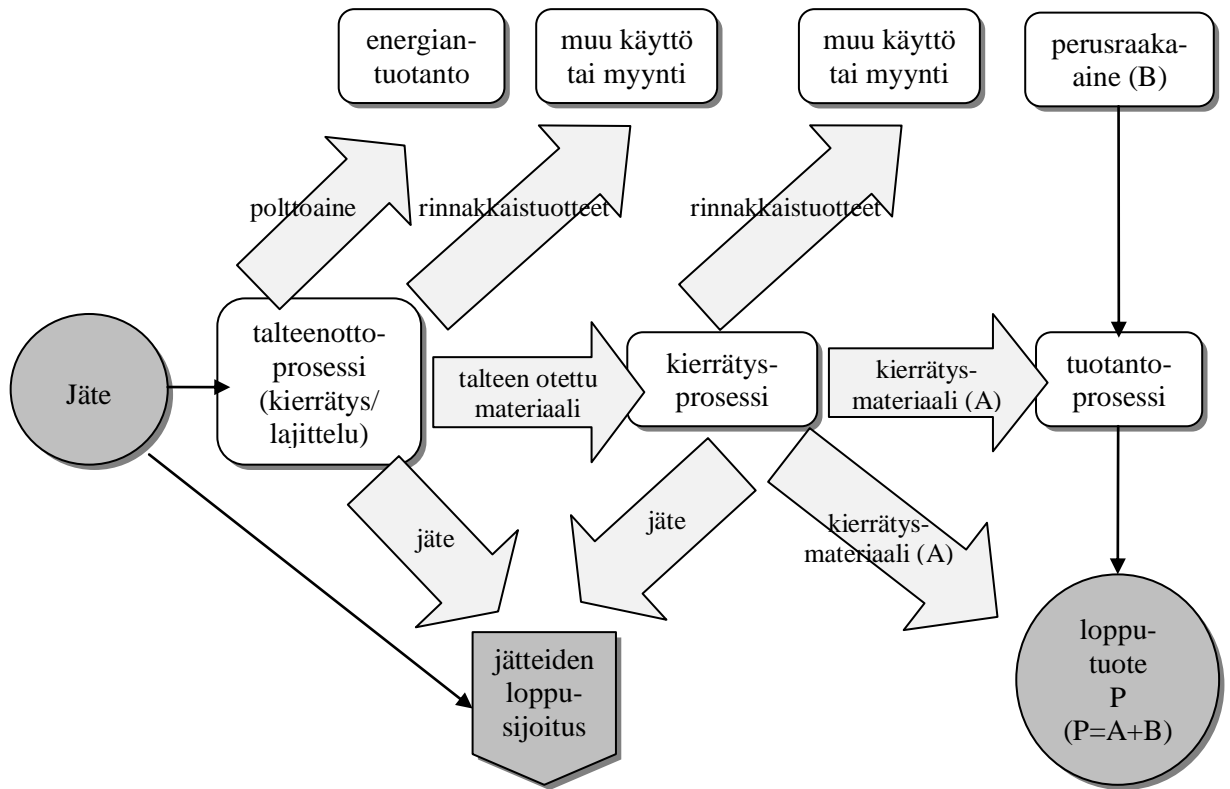
Englannissa tilanne on huonompi. Tekstiili- ja vaatesjätettä syntyy kotitalouksista ja teollisuudesta yhteensä noin 2,35 miljoonaa tonnia. Tämä vastaa noin 40 kg:an tekstiilijätettä henkilöä kohti vuodessa. Tästä vain noin neljäsosa kierrätetään. Kierrätetyistä materiaaleista 13 % käytetään uudelleen materiaaleina ja 13 % poltetaan. Jäljelle jäävä vuosittainen määrä, noin 30 kg henkilöä kohti, päätyy kaatopaikalle, jossa se muun muassa aiheuttaa metaanipäästöjä ilmaan ja saastuttaa pohjavesiä kaatopaikkavesien välityksellä. (Fletcher 2008, 98.)

Useimmat tekstiilit mielletään kierrätettäviksi, ja siksi ne kuuluvat vielä toistaiseksi EU:n jätedirektiiviin. Vuonna 2007 tapahtuneiden muutosten johdosta vuoteen 2015 mennessä tekstiilejä ei enää saa viedä kaatopaikalle, vaan jäsenvaltioiden on tähän mennessä perustettava niille erilliset jätteenkeräysjärjestelmät. (Euroopan parlamentti 2007; Fletcher 2008, 99.)

#### **4.5.2 Jätehuoltostrategiat**

Yleisin lähestymistapa tekstiilien elinkaaren aikana syntyvän jätteen minimoimiseksi on jätehuoltostrategian käyttöönotto. Jätehuoltostrategian tavoitteena on saada tuotteista irti mahdollisimman suuret edut käyttökästä pidentämällä joko tuotteina tai kankaina ja kuituina, ennen niiden poisheittoa. Jätehuoltostrategiat vaikuttavat tuotantoketjun lopussa, ja ne joko eristävät tai auttavat korjaamaan jätteen synnyn negatiivisia ympäristövaikutuksia. Niiden tarkoituksena on häiritä materiaalien niin sanottua lineaarista virtaa, jossa materiaalit valmistetaan luonnonvaroista, tuotetaan edelleen tuotteiksi sekä käytetään, ja lopuksi ne päätyvät jätteinä ja päästöinä takaisin luontoon (KUVIO 5). On olemassa erityyppisiä jätehuoltostrategioita, ja niistä kolmea käsitellään seuraavaksi. Järjestettynä energian ja materiaalin hyödyntämisen kannalta resurssitehottomimmasta -tehokkaimpaan ne ovat seuraavat:

- tuotteiden uusiokäyttö (usein samaan käyttötarkoitukseen)
- tuotteiden tai niiden osien kunnostaminen
- raaka-aineiden kierrättäminen muun tavarateollisuuden raaka-aineiksi. (Fletcher 2008, 99.)



KUVIO 5. Yksinkertaistettu kaavio kierrätysjärjestelmästä (SFS-EN ISO 14021:2001, 40.)

Tuotteiden uusiokäyttöä edistävät strategiat vaativat vähiten resursseja, yleensä ainoastaan tuotteiden keruuseen ja jälleenmyyntiin kuluneet resurssit. Kunnostamisstrategia kuluttaa enemmän resursseja, ja siihen voi liittyä tuotantoa (osien valmistus) ja työvoimaa (huolto-työt). Kierrättämisstrategiaan, jossa tuotteet palautetaan kuiduiksi tai joskus jopa polymeereiksi, tarvitaan eniten resursseja, ja se on materiaalien kannalta tehottomin ratkaisu näistä kolmesta strategiasta. Silti useimmissa tapauksissa tämä strategia kuluttaa vähemmän resursseja kuin neitsytmateriaaleista tuotteen valmistaminen. Jätehuoltostrategioiden päätavoitteena on säilyttää tuotteet ja materiaalit mahdollisimman pitkään sellaisessa tilassa, jossa ne ovat kaikkein arvokkaimpia, toisin sanoen siinä tilassa, jossa niihin on sitoutuneena eniten energiaa. Vaatteeseen on sitoutunut enemmän energiaa kuin kankaaseen vaateen monimutkaisesta muodosta. Kankaaseen on sitoutunut enemmän energiaa kuin kuituun. Yleisenä kierrätettyjen tuotteiden ongelmana on laadun alentaminen suoraan halpisiin ja heikkoarvoisiin käyttökohteisiin ennemmin kuin niiden säilyttäminen arvokkaina tuotteina tai raaka-aineina. Näin käy usein esimerkiksi silloin, kun useita eri kuituja sekoitetaan kes-

kenään ja ne päätyvät erilaisten tuotteiden, kuten patjojen tai eristyspaneelien, täyteaineeksi. (Fletcher 2008, 100.)

### **Uusiokäyttö**

Tekstiilituotteiden uusiokäytön ansiosta saavutetaan merkittäviä ympäristösäästöjä. Esimerkiksi vaatteiden keräämiseen, lajittelemiseen ja jälleenmyymiseen kuluu noin 10–20 kertaa vähemmän energiaa kuin uuden tuotteen valmistamiseen. Uusiokäytön johdosta säästetään raaka-aineiden käytössä. Halpojen ja käytettyjen vaatteiden virta on heikentänyt alkuperäistä tekstiiliteollisuutta etenkin Afrikassa. Länsimaissa hyväntekeväisyyden nimissä kerätyt, kaukomaille lähetetyt vaatteet saattavat siis tosiasiaassa aiheuttaa köyhyyttä. Afrikkalaisille paikallistuottajille markkinapaineita aiheuttaa länsimaista tuotujen kierrätysvaatteiden lisäksi myös Kiinan halpatuonti. Halpojen neitsytkuitujen valta-asema markkinoilla ja niiden lisääntynyt kulutus heikentävät kierrätettyjen tuotteiden olemassaolon mahdollisuutta. Tämän vuoksi ollaan tilanteessa, jossa kierrätysmateriaalin saatavuus ohittaa niistä tehtyjen tuotteiden kysynnän. (Fletcher 2008, 100–101.)

### **Kunnostaminen**

Tekstiilituotteiden ja vaatteiden kunnostaminen säästää resursseja uusien tuotteiden tuottamiseen verrattuna. Nämä säästöt ovat kuitenkin pienemmät kuin uusiokäytössä, koska tuotteiden korjaamiseen tarvitaan yleensä työvoimaa ja materiaaleja. Taloudellinen kannustin tuotteiden kunnostamiselle on viimeisen kahden sukupolven aikana kadonnut lähes kokonaan. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että uusien vaatteiden ja tekstiilituotteiden hinta on pudonnut dramaattisesti työvoimakustannusten mukana. Käsityötaidot ovat nousseet avainasemaan pienessä, mutta merkittävässä suunnittelija- ja tuottajajoukossa. Hylättyjen, risaisten ja tahriintuneiden kankaiden uudelleensuunnitteluun ja -muotoiluun, somisteluun ja ylipainamiseen käytetään lukuisia tekniikoita. Kankaiden arvoa voidaan näin nostaa, ne saavat uuden elämän, ja kaatopaikkajätteenä päätyminen lykkääntyy. (Fletcher 2008, 101–103.)

## **Raaka-aineiden kierrättäminen**

Muiden jätehuoltostrategioiden tapaan raaka-aineiden kierrättäminen säästää resursseja. Jopa kaikista monimutkaisimman ja energiaa kuluttavimman prosessin, jossa kangas ensin revitään kuiduksi karstauskoneessa ja lopuksi kehrätään langaksi, katsotaan olevan energiatehokkaampi kuin uuden tuotteen valmistus. Tekstiileistä voidaan valmistaa raaka-aineita periaatteessa kolmella tavalla: mekaanisesti, sulatusmenetelmällä ja kemiallisesti. Kierrätetyt langat ja kankaat herättävät suurta kiinnostusta, mutta tuotteita on toistaiseksi rajoitetusti saatavilla. Tämä kuvastaa halpojen neitsytkuitujen valta-asemaa markkinoilla sekä teknologiainnovaatioiden puutetta kierrätysteollisuudessa. Teknologia on tosin kehittynyt viime aikoina. (Fletcher 2008, 103; Talvenmaa 2002, 68.)

Yksi tapa revityn kuidun laadun parantamiseksi on käyttää tähän tarkoitukseen teollisuuden tekstiilijätettä eli tuotantojätettä, jolloin järjestelmään tulevan tekstiilin laatu on paremmin kontrolloitavissa. Toisaalta useimpien ympäristömerkkien kriteereissä vain kulutuksen kautta kierrätykseen tuleva materiaali eli kulutusjäte lasketaan kierrätyskuiduksi. Toinen tapa laadun parantamiseksi on lisätä kuitujen joukkoon pidempää neitsytkuitua. Mekaanisilla kierrätysmetodeilla valmistetut langat ja kankaat pysyvät markkinoiden erikoisalana, kunnes niitä käytetään säännöllisesti valtavirtatuotteissa. (Fletcher 2008, 103–105; Talvenmaa 2002, 69.)

Yhdysvaltalainen Sunbrella-kankaiden valmistaja Glen Raven Inc. hyväksyy kierrätykseen kaikki Sunbrella-kankaat, niin tuotantojätteen kuin kulutusjätteenkin. Jopa palonsuojattu kuomukangas on kierrätettävissä. Kankaan tulee kierrätykseen saapuessaan olla suhteellisen puhdas ja siitä tulee olla irrotettu kaikki ylimääräiset osat, kuten vetoketjut, nyörit ja vinyyliosat. Recycle My Sunbrella -kierrätyksestä ei aiheudu asiakkaalle muita kuluja kuin lähetyskulut. Kierrätetyistä kankaista valmistetaan tuotantoon erilaisia materiaaleja, esimerkiksi eristys- ja täyteaineita. Joissakin tapauksissa valmistetaan myös lankoja. (Glen Raven Inc. 2010b.)

Mekaanisen kierrätyksen lisäksi synteettiset kuidut voidaan kierrättää kemiallisesti. Kemiallinen kierrätys sopii esimerkiksi polyesterille, polyamidille ja polypropeenille. Se on kuidun hajottamista molekyylitasolle, jonka jälkeen raaka-aine polymerisoidaan uudelleen. Kemiallisella kierrätyksellä valmistetun kuidun laatu on helpommin arvioitavissa kuin me-

kaanisessa kierrätyksessä valmistettu, tosin kemialliseen menetelmään tarvitaan enemmän energiaa. Luonnonkuituja ja synteettisiä kuituja sisältävät kuitusekoitteet voidaan käsitellä kemiallisesti kuitujen erottamiseksi. Usein näissä tapauksissa luonnonkuitu palautetaan käyttöön siten, että synteettiset kuidut erotetaan luonnonkuidusta. (Fletcher 2008, 105.)

Muovipulloista valmistettu polyesteri on yleisimmin saatavilla oleva synteettinen kierrätyskuitu. Unifin valmistama Repreve on 100-prosenttisesti kierrätetystä teollisuusjätteestä ja ennen teollisuutta syntyneestä jätteestä valmistettu polyesterilanka. Sitä voidaan värjätä kuitukehruussa. Monet muovipullot sisältävät antimonia, joka karsinogeenisuutensa vuoksi ei ole sopiva pitkäaikaiseen kosketukseen ihon kanssa. Markkinoilla on olemassa parempi-laatuisia pulloja, joista valmistettu polyesteri sopii paremmin tekstiilituotteisiin. Muistakin raaka-ainelähteistä valmistettua kierrätettyä polyesteriä on saatavilla. (Fletcher 2008, 105.)

Esimerkiksi japanilaisen muun muassa synteettisiä kuituja, pinnoitteita ja muovია valmistavan Teijin-yrityksen kuitu kuiduksi -EcoCircle-kierrätyssystemissä vanhat polyesterituotteet kerätään ja niistä valmistetaan uutta polyesteriä. Kierrätetyn polyamidikuidun valmistaminen on haastavampaa, sillä sen valmistaminen vaatii kierrätettyä polyesteriä haastavamman uudelleenpolymerisointiprosessin. (Unifi Manufacturing Inc. 2008; Unifi Manufacturing Inc. 2009; Teijin Ltd. 2008; Teijin Ltd. 2009.)

## **Suunnittelu**

Kierrätystä helpottavaan suunnitteluun liittyvät aloitteet ovat pääasiassa johtaneet erilaisiin tuotannon tarkastuslistoihin ja suunnittelua koskeviin kierrätystä edistäviin suosituksiin. Kierrätystä pyritään edistämään kehittämällä sellaisia tuotteita, jotka on helppo purkaa osiin, esimerkiksi vähentämällä liiman käyttöä, ja käyttämällä puhtaita, komposiittomia tuotteita, joilla on korkea jälleenmyyntiarvo. (Fletcher 2008, 105–106.)

Tekstiilien palautumisprosessin esteenä on lukuisien erilaisten materiaalien ja kuitusekoitteiden käyttö. Nämä hidastavat lajittelua ja johtavat materiaalilaadun heikentymiseen, joka rajoittaa kierrätetyn materiaalin mahdollisuuksia markkinoilla. Vanhojen tekstiilien ja vaatteiden väri, kuitumateriaali, kuitulaatu ja puhtaus vaikuttavat suoraan kierrätettyihin teks-

tiileihin. Edistääkseen ihanteellisia kierrätettyjen tekstiilien markkinoita eräs kierrätystä helpottavan suunnittelun tarkistuslista asettaa etusijalle

- valkoiset tekstiilit (niiden uudelleenvärjääminen on helppoa)
- luonnonkuidut (ne on helpompi repiä)
- laadukkaat (pitkät) kuidut (voidaan käsitellä nopeammilla koneilla)
- puhtaat kuidut (vaativat vähemmän käsittelyä kuin kuitusekoitukset ja ovat helpompia käsitellä myöhemmissä vaiheissa). (Fletcher 2008, 105–106.)

Sellaisenaan lista esittää monella tasolla huomattavia haasteita nykyisille tuotantotavoille. Lisäksi se painottaa sellaisten raaka-aineiden arvokkuutta, jotka ovat poistuneet kulutuksesta arvokkaina ja uusina. Tekstiilimateriaalien käyttöä rajoittamalla saatetaan luoda kannattavia markkinoita kierrätetyille kuiduille, mutta samalla saatetaan edistää sopimatonta ja epätaloudellista kuitujen käyttöä sekä rohkaista yksipuolisiin kuituviljelmiin, joilla viljellään esimerkiksi vain puuvillaa. Monimutkaisempien tekstiilituotteiden, kuten vaatteiden, purkaminen saattaa olla tulevaisuudessa mahdollista erilaisten tekniikoiden, kuten laser- ja vesisuihkuteknologioiden, kehittymisen seurauksena. Näiden tekniikoiden leikkaus-, etsaus- ja liitostekniikat voivat mahdollistaa kankaiden yhdistämisen ilman lankaa joko ”ompelemalla” tai hitsaamalla. Tämä helpottaa tuotteiden purkamista käyttöään päätyttyä. (Fletcher 2008, 106.)

Jo yli kymmenen vuotta sitten saksalainen ulkoiluvaatteiden valmistaja Vaude kehitti Ecolog-systeemin. Vaude kehitti yhdessä monien eri toimittajien kanssa paletin 100-prosenttisista polyesterimateriaaleista. Paletti kattoi kaiken kankaista, vetoketjuista ja nappareista tuotemerkkeihin, lankoihin ja nyöreihin. Tätä palettia hyödyntämällä Vauden suunnittelijat suunnittelevat 100-prosenttisiä polyesterivaatteita. Homogeenisyytensä ansiosta tuote on helppo kierrättää. Vauden jälleenmyyjät toimittavat Ecolog-tuotteet takaisin Saksaan, jossa ne kierrätetään ja niistä valmistetaan polyesterihartsia uusia tuotteita varten. (Fletcher 2008, 106–107; Vaude 2010.)

Toray Ultrasuede (America) Inc. (TUA) on tuonut markkinoille ympäristömyönteisemmän EcoDesign Ultrasuede -malliston. Valmistukseen käytetään Torayn teollisuusjätteistä, esimerkiksi polyesterikalvoja, joista valmistetaan kuituja ja tekstiilejä. EcoDesign-teknologia hyödyntää 100-prosenttisesti kierrätettyä mikrokuitua. EcoDesign Ultrasuede -malliston



kankaat ovat muun muassa helppohitoisia sekä kestäviä, ja siksi niitä voidaan hyödyntää useissa sovelluksissa, esimerkiksi vaatetuksessa, sisustuksessa, jalkineissa sekä vene- ja lentokonesisustuksissa. (Toray Ultrasuede (America) Inc. 2009b.)

Jätehuoltostrategiat auttavat jätteenkäsittelyssä, mutta ne eivät pyri estämään jätteen syntymistä. Siksi esimerkiksi kierrätys on saanut osakseen paljon kritiikkiä. Kierrätys mielletään joskus pinnallisena ja sen avulla katsotaan olevan epätodennäköistä saavuttaa kestävyyttä. Kierrätyksen kaltaiset strategiat keskittyvät koko järjestelmän sijasta järjestelmän yhteen osaprosessiin ja epäonnistuvat siksi yrityksessä torjua pohjimmiltaan tehottomia teollisuuskäytäntöjä. (Fletcher 2008, 107.)

### **4.5.3 Toisenlainen ajattelutapa**

Uusi kierrätyksen näkökulma vaatii uudistuksen ajattelutavoissa jätettä ja sen roolia ja arvoa kohtaan teollisuudessa. Se vaatii myös ajattelutapojen muuttamista siihen suuntaan, että tulevaisuudessa emme tuota jätettä ollenkaan. Tähän tarvitaan teknologisten ja tieteellisten ratkaisujen sijaan näkökulmien muutosta. Jätteen teollisuus on teollisuustavoite, joka vaikuttaa koko toimitusketjuun: viljelijöihin, välittäjiin, suunnittelijoihin, tuottajiin, jälleenmyyjiin ja kuluttajiin. Se vaikuttaa käytettyihin materiaaleihin ja kemikaaleihin, tuotteisiin ja niiden käyttöön. Se helpottaa jätemääriin liittyviä ongelmia, koska jokainen tuote on mahdollinen uusi tuote eikä sitä heitetä pois. Tämä kuvaa perusteellista muutosta, jossa katseet siirretään pois lineaarisesta ajattelusta sykliseen ajatteluun. Jätteen tuhoaminen on ekosysteemin innoittaman suunnittelunäkökohdan ydinkonsepti. Tällaisia suunnittelunäkökohtia ovat esimerkiksi permakulttuuri, joka on ympäristön suunnittelua luontoa kunnioittaen, ja teollisuusekologia. Kaikki materiaali on kierrätettyä, ja yhdestä komponentista syntynyt jäte käytetään toisen komponentin materiaalina. (Fletcher 2008, 108.)

Yksinkertaisimmillaan teollisuusekologian tavoitteena on tuotantorakenteiden uudistaminen luonnonjärjestelmien mallin mukaan siten, että yhden tuotantoalan raaka-aineena käytetään toisen tuotantoalan jätettä. Tämä tarkoittaa materiaalisykliden, parantuneiden materiaali- ja energiatehokkuuksien sekä energiaa sitovan kulutuksen vähentämiseksi kehitettyjen strategioiden asettamista tärkeysjärjestykseen. Joissakin tapauksissa tämä on johtanut rakentamaan teollisuusklustereita tai toisistaan riippuvaisia teollisuuskommuuneja, joissa

toisen laitoksen tuote on toisen raaka-aine. Toisissa tapauksissa tämä on johtanut tunnistamaan parannustoimenpiteet, joiden avulla parannetaan tuotteen kaikkia tulevia elinkaaria. (Fletcher 2008, 108–109.)

Ulkourheiluvaatteiden valmistaja Patagonia on alkanut valmistaa uusia vaatteita vanhoista Common Threads -ohjelman kautta. Ohjelman tarkoituksena on kerätä talteen vanhat polyesterivaatteet ja tuottaa niistä uutta polyesterikuitua ja uusia vaatteita. Patagonia käyttää kierrätyksessä aikaisemmin mainittua japanilaisen Tenjin kehittämää EcoCircle-kierrätysjärjestelmää. Tähän prosessiin vaaditaan vain noin neljäsosa siitä energiasta, mikä kuuluu neitsytkuidun valmistamiseen. Luku sisältää vanhojen vaatteiden Japaniin kuljettamiseen vaadittavan energian. Tavoitteena on, että kuluttajat palauttaisivat tuotteet kierrätyspisteisiin mahdollisimman energiaa säästävällä tavalla, esimerkiksi postikuljetuksella. Energia- ja hiilidioksidisäästöt, jotka aikaansaadaan tällä kierrätystavalla, hupenevat huomattavasti, jos jokainen kuluttaja palauttaa tuotteen kierrätyspisteeseen omalla autolla. Kuluttajakäyttäytyminen voi heikentää tehokkaampaakin teknologiaa hyödyntävän ratkaisun tuloksia. Joissakin tapauksissa tuotteiden keräämisen aiheuttamat kustannukset ja vaikutukset ovat suuremmat kuin niistä uudelleenvalmistettujen raaka-aineiden arvo. (Fletcher 2008, 96–111; Patagonia Inc. 2010.)

Linearisessa ajattelutavassa tuotteen hävittäminen on viivan pää. Arkkitehti William McDonoughin ja kemisti Michael Braungartin kehittämä kehdosta kehtoon -filosofia vastustaa tätä ajattelutapaa ja laajentaa sitä. Jotta tuotteen seuraavan elämän ekologinen sopivuus varmistetaan, kaikkien teollisten tuotteiden tulee filosofian mukaan kuulua yhteen kahdesta syklistä:

- biologinen sykli (ympyrä sulkeutuu, kun tuotteet kompostoidaan ja palautetaan näin vaarattomasti luontoon)
- teollinen sykli (ympyrä sulkeutuu, kun luontoon hajoamattomat materiaalit ja tuotteet kierrätetään täysin ja jatkuvasti). (Fletcher 2008, 111–112.)

Kehdosta kehtoon -filosofia on liitetty kasvavaan määrään tekstiili- ja muotituotteita, kuten pyyhkeisiin, kylpytakkeihin, mattoihin, paitoihin, puseroihin, sukkiin ja alusvaatteisiin. Ensimmäinen tunnettu filosofiaa vastaava tuote on jo aikaisemmin mainittu vuonna 1993 DesignTexin ja sveitsiläisen Rohner Textilin kehittämä verhoilukangas Climatex Lifecycle. Climatex Lifecycle -kangas jäljittelee McDonoughin ja Braungartsin biologista sykliä.

Se hajoaa täysin luontoon sen käyttöön päätyttyä. Hajottamisprosessissa kuitu hajoaa pienemmiksi ja helpommiksi aineiksi mikro-organismien, valon, ilman ja veden avulla. Mikro-organismit eivät sisällä sellaisia entsyymejä, joilla hiiliperäiset synteettiset kuidut voidaan hajottaa. Vastaavasti jos kasvi- ja eläinkunnasta peräisin oleville kuiduille tehdyt värjäykset, viimeistykset ja muut kemikaalikäsittelyt eivät ole tarkoin valittuja, ja ne saattavat hajottamisen jälkeen saastuttaa maaperää ja vettä niistä vapautuvilla myrkyillä. Siksi Climatex Lifecycle -kankaat valmistetaan villasta ja ramista, värjätään vain tarkoin valituilla kemikaaleilla ja tuotetaan ilman myrkyllisten aineiden, kuten karsinogeenien, kemikaalien tai raskasmetallien vapautumista. (Climatex; Fletcher 2008, 112–113; Gessner AG.)

Amerikkalaisen Victor Innovatexin kierrätettävä EcoIntelligent Polyesterin (EIP) on väitetty olevan ensimmäinen antimoniton polyesteri, jonka laatu ei heikkene kierrätyksessä. EcoIntelligent Polyesteri mukailee teollista sykliä (Victor Group Inc. 2008.) Biohajoavan tuotteen vaatimuksena ja haasteena on, että kaikki siihen liitetyt komponentit ovat yhteensopivia biologisen syklin kanssa. Biohajoavien nappien, vetoketjujen ja kuminauhojen valmistamista polylaktidista tutkitaan. (Fletcher 2008, 112–113.)

Jätteisiin liittyviin haasteisiin on jo olemassa joitakin linjauksia, kuten EU:n tuottajavastuu ja WEEE -direktiivi. Tekstiiliteollisuuteen tuottajavastuuta ei ole vielä sovellettu. Tuottajan pitäisi ajatella tuottajavastuuta kannustimena valmistaa kestävämpiä, kierrätettävämpiä ja myrkyttömämpiä tuotteita, jotka vähentävät tuotteen elinkaarenaikaisia kokonaiskustannuksia. Tekstiiliteollisuuden haasteena on kääntää tämä yhdeksi kestävyuden voimavaraksi. Kulutuksen vähentäminen ja vanhojen, kierrätettyjen tai luonnonmukaisten materiaalien valitseminen on positiivista ja vähentää massakulutukseen liittyviä vaikutuksia, mutta se vaikuttaa vain vähän kokonaiskuvaan ja alkuperäisongelmaan. (Fletcher 2008, 113–118.)

#### **4.6 Lähituotanto**

Tekstiilituotannon globaalit markkinat aiheuttavat sen, että monia tekstiilituotteita kuljetetaan tuottajalta toiselle useaan kertaan, ennen kuin ne saavuttavat käyttäjän. On arvioitu, että T-paita kulkee valmistuksen aikana maailman ympäri kulkemiseen vaadittavan kilometrimäärän. Kuljetuksen aikana kangas kuluttaa paikallisia raaka-aineita ja saastuttaa. Nämä tekijät lasketaan tuotteen ulkoisiksi kustannuksiksi, eikä niitä veloiteta kuluttajalta.

Amerikkalainen vuonna 1995 julkaistu tutkimus hinnoitteli T-paidan kuljetukseen liittyvät kulut T-paidan siirtyessä Yhdysvalloissa eri viljely- ja tuotantopaikoista toisiin. Tutkimuksen lopputuloksena todettiin, että kuljetuksien ympäristövaikutuksien kulut olivat merkittävät: lähes puolet puuvillan viljelykuluista ja 16-kertaiset puuvillan tuotantokustannuksiin verrattuna. Vaikka tekniikka on vuosien aikana parantunut, ovat nämä kustannukset jatkaneet kasvuaan, sillä kankaita ja vaatteita tuotetaan enemmän ulkomailla. Kiinan ennustettiin olevan vastuussa yli puolesta koko maailman tekstiili- ja vaateusteollisuudesta vuoteen 2008 mennessä. Hiilipäästöjen vähentäminen kuljetuksissa on vain yksi askel kohti paikallisuutta. Muut keinot liittyvät taloudelliseen sitkeyteen, sosiaaliseen sitoutumiseen sekä kulttuurien monimuotoisuuteen ja esteettiseen monimuotoisuuteen. Vain harvat ideat ovat ekologisesti tehokkaampia kuin ne, jotka liittyvät sellaisten tuotteiden suunnitteluun ja kehittämiseen, joiden avulla jokin yhdyskunta tai yhteisö säilytetään. Ne tarjoavat ihmisille tarkoituksenmukaista työtä ja yhteenkuuluvuudentunteen paikkaan ja ympäröiviin ihmisiin. (Fletcher 2008, 139–140.)

Paikallisuus edustaa suuren muutoksen mahdollisuutta: suunnitella erottuvia ja rajoitettuja mallistoja, lähellä kasvatetuista tai valmistetuista kuiduista. Se tarjoaa mahdollisuuden tuottaa ja kuluttaa kestävämpien mallien mukaisesti siten, että luonnon rajat ja luotettavan sekä joustavan työn tärkeys otetaan huomioon. Paikallisuus tuottaa tekstiili- ja vaateusteollisuudelle myös suuria haasteita. Mikään muu teollisuudenala ei ole yhtä laajalle hajaantunut kuin tekstiili- ja vaateusteollisuus. Täysin paikalliset tuotteet ovat yhä harvinaisempia samoin pienen kokoluokan alueelliset ammattilaiskehrääjät, -kutojat, -neulojat, värjäämöt ja räätälit, jotka aikoinaan hallitsivat globaalia tuotantoa. Paikallistuotannon tarkoitus ei ole korvata globaalia tuotantoa, vaan täydentää ja oppia siitä ja myöhemmin alkaa vaikuttaa siihen. Jotkin globaalin tuotannon paineet, kuten läpimenoaikojen pienentäminen, nopeasti suunnittelupöydältä markkinoille päätyvät tuotteet sekä nopeasti kuluttajien trendeihin vastaaminen, ovat itse asiassa lyhentäneet tekstiilien ja vaatteiden kuljetusmatkoja. Esimerkiksi Zara tuottaa vaatteensa Espanjassa ja Portugalissa lähellä Euroopan markkinoita. Korkeammat työvoimakustannukset nostavat vaatteiden hintaa, mutta vähentävät kalliita suurentuneita varastoja ja jätteiden syntyä. Tämä pienentää polttoainekuluja, mutta myös kuluttajien valinnanvaraa. Oikein mitoitettu paikallistuotantojärjestelmä sallii vaihtoehtojen monimuotoisuuden kukoistaa, eikä vauraus ole vain muutamien käsissä. (Fletcher 2008, 141.)

Paikallis- ja pientuotanto eivät ole yksinkertaisia ratkaisuja. Paikallistuotantojen laaja-alaisuus ja monimuotoisuus ovat riippuvaisia toimijoiden kyvystä verkostoitua useiden pientoimijoiden kanssa. Menestyksen takana on sellaisten paikallistuotannon voimavarojen kehittäminen, kuten laaja-alaisuus, markkinoiden läheisyys, perinteet sekä paikallistuotannon yhdenaikainen varovainen liittäminen globaalien verkostojen informaatiovirtoihin, esimerkiksi muotisymboleihin. Internet ja muut uudet teknologiat ovat auttaneet mullistamaan paikallistuotannon verkostoa alentamalla tuotanto- ja jakelukustannuksia. Kuluttajat löytävät helpommin tarpeisiinsa oikeanlaisen tuotteen, ja samalla pienet, yksityiset tuottajat hyötyvät taloudellisesti erikoistuneista tuotteistaan. (Fletcher 2008, 141–144.)

#### **4.7 Materiaalin vähentäminen**

Suunnittelemalla kestävästi voidaan tehokkaasti vähentää raaka-aineiden käyttöä vaaran-  
tamatta muita toimintoja. Tämä voidaan tehdä monella eri tavalla, esimerkiksi käyttämällä kevyempiä materiaaleja ja rakenteita sekä maksimoimalla tuotteiden ja niiden käytön tehokkuus. Tätä kutsutaan joskus myös dematerialisaatioksi, taloudessa kiertävän materiaalin vähentämiseksi eri keinoin. Se tähtää toimintojen tarjoamiseen pienemmillä ympäristövaikutuksilla. Kevyet materiaalit, esimerkiksi polyesteri sekä muut synteettiset kuidut, ovat materiaalitehokkaampia sekä säästävät energiaa ja raaka-aineita raskaampiin materiaaleihin verrattuna. Kevyiden materiaalien kuljetus on tehokkaampaa (pieni ominaistilavuus), ja ne voivat tuottaa energiasäästöjä niiden myöhemmissä elinkaaren vaiheissa, esimerkiksi kulutuksessa. Yhä useammin väitellään siitä, kumpi on kestävämpi valinta, luonnonkuitu vai tekokuitu. Kestävien palveluiden tuominen tekstiilimarkkinoille on hankalaa, koska alaa hallitsee tuotteiden myynti. (Fletcher 2008, 152.) Tekstiilituotteiden vuokra- ja ylläpitopalveluita tarjoaa Suomessa esimerkiksi Lindström. Tekstiilien talvisäilytyspalveluita tarjoaa Helsingissä toimiva Verhoomo Mauronet (Verhoomo Mauronet Oy 2010).

Kestävän suunnittelun edut eivät ole yksioikoisia. Monet kevyimmät ja kestävimmat materiaalit ovat komponentteja, kuten teknisten urheiluvaatteiden materiaalit, joilla on erinomaisia toiminnallisia etuja vähäisiin materiaaleihin yhdistettynä. Urheilutekstiilienkaltaiset materiaalit ovat vaikeasti uudelleenkäytettävissä ja kierrätettävissä, eivätkä ne hajoa luontoon. Haasteena on selvittää, edistävätkö tämänkaltaiset innovaatiot koko systeemiä enemmän kuin ne siltä verottavat esimerkiksi kaatopaikkajätteenä. Tämän pohjalta tulee

tutkia mahdollisia vaihtoehtoja. Kevyeen suunnitteluun liittyy materiaalien lisäksi myös rakenne: miten mahdollisimman vähällä materiaalikäytöllä saadaan aikaan suurin mahdollinen hyöty, esimerkiksi peitto, lämpö tai vahvuus. Rakenteiden kevyt suunnittelu avaa oven uusille mahdollisuuksille esimerkiksi neulonnassa ja kudonnassa sekä myös kaavanleikkuussa. (Fletcher 2008, 152–154.)

Keveys voidaan saavuttaa myös monitoiminnallisilla tekstiileillä. Suunnittelemalla ja kehittämällä sellainen tuote, jolla on useita toimintoja, saavutetaan enemmän vähemmällä. Esimerkiksi Páramon kehittämä ParametaT-kangas toimii kaksivaikutteisesti joko viilentävänä tai lämmittävänä. Keveys ei salli ylisuunniteltuja, monitoiminnallisia tekstiilejä, vaan se on jatkuvaa sopeutumista ja uudelleenarvioimista. Avaintekijä keveydessä on tuotteiden tehokkaampi käyttö. (Fletcher 2008, 154; Páramo Ltd. 2007.)

## 5 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Työn tarkoituksena oli selvittää mistä tekstiilien elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset johtuvat, ja mitä niiden vähentämiseksi on tehtävissä. Lisäksi pyrittiin määrittelemään millainen on ympäristömyönteinen tekstiilituote. EU:n tuotelähtöinen ympäristöpolitiikka pyrkii vähentämään tuotteiden ympäristövaikutuksia tuotteen koko elinkaaren ajalta. Tarkoituksena ei ole siirtää ympäristövaikutuksia seuraaviin elinkaaren vaiheisiin vaan toimia niissä elinkaaren vaiheissa, joissa toimet ovat kaikista tehokkaimpia. Yhdennetty tuotepolitiikka tarjoaa elinkaarenaikaisten ympäristövaikutusten vähentämiseen vapaaehtoisia ja lakisäätteisiä työkaluja. Tuotteen elinkaaren tarkastelu voidaan laajentaa käsittämään kaikkia elinkaareissa tapahtuvia yksittäisiä toimia. Tällöin huomioidaan kaikki öljynporauslautan energiankulutuksesta toimistotuolien kuluttamiseen. Tämänkaltainen tarkastelu on tuskin tarpeellista.

Ympäristövaikutusten suhteelliseen merkitykseen vaikuttavat jatkuvasti kehittyvä tieteellinen tutkimus ja joukko sosiaalisia ja eettisiä näkökohtia. Erilaisia ympäristöjärjestelmiä, -merkkejä ja -selosteita ei tule pitää ympäristötoiminnan päätavoitteena. Ne toimivat hyvänä perustana ja antavat yrityksille oikean suunnan ympäristöasioiden hallintaan, mutta ympäristömerkintöjä ei voida nykyisessä muodossaan pitää elinkaarenaikaisen ympäristö vastuullisen toiminnan tunnusmerkkeinä. Ympäristöjärjestelmät, -merkit ja -selosteet nostavat tuotteen uskottavuutta ja arvoa monen kuluttajan silmissä. Täten ne myös helpottavat usein tuotteen myyntiä. Joissakin tapauksissa vaikeaselkoiset ympäristömerkinnät saattavat kuitenkin vaikuttaa päinvastaisesti. Valveutuneet kuluttajat on vaikeampi tyydyttää vain ympäristömerkintöjen tuomalla lisäarvolla.

Ympäristötuoteselosteet esittävät määrällistä tietoa tuotteen elinkaaresta, ja niitä käytetään tuotteen ympäristövaikutuksista informoimiseen eri sidosryhmille. Tarjoamalla elinkaariarviointiin perustuvaa tietoa tuotteesta saadaan aikaan tuotteen menekin kannalta myönteisempiä vaikutuksia kuin epäselviä ja yksilöimättömiä väittämiä tarjoamalla. Kuluttajat arvostat elinkaariarviointiin perustuvaa tietoa, vaikka eivät sitä aina täysin ymmärräkään. Ympäristötietoisuuden kasvaessa kuluttajat vaativat enemmän tietoa tuotteiden ympäristövaikutuksista. Erilaisten ympäristömerkkien ja -väittämiä vallatessa tuote-etikettien pinta-alan ostajan on yhä vaikeampi tunnistaa merkkien oleelliset erot. Epäselvät ja yksilöi-

mättömät väittämät, kuten ympäristölle turvallinen, ympäristöystävällinen, maanystävä, ei-saastuttava, vihreä, luonnonystävä tai otsoniystävällinen, ovat painettuina monien tuotteiden pakkauksiin. Ympäristöväittämien käytölle on olemassa suosituksia, mutta periaatteessa kuka tahansa saa merkitä tuotteensa ympäristöväittämällä tai yrityksen omalla ympäristömerkillä.

Tyypin I ympäristömerkkien kriteereissä ympäristövaikutuksia arvioidaan ainoastaan tietyissä tuotteen elinkaaren vaiheissa. Usein nämä arviot keskittyvät viljelyn ja tuotannon aikaisten haitallisten päästöjen ja kemikaalien käytön rajoittamiseen. Tuotteiden päästöille ja kemikaalien käytölle on useissa merkeissä olemassa raja-arvot. Näiden arvojen alittaminen tietyssä elinkaaren vaiheessa ei heijasta elinkaarenaikaista ympäristömyönteisyyttä.

Käytön, huollon, jätehuollon ja kierrätyksen aiheuttamat ympäristövaikutukset ovat monien merkkien kriteereissä vielä huomioimatta. Tyypin I ympäristömerkkien kehitystoimintaan saavat osallistua kaikki kehitystoiminnasta kiinnostuneet. Merkkejä kehittämässä saattaa täten olla myös sellaisia henkilöitä, joille merkin saaminen on tärkeämpää kuin ympäristövaikutusten vähentäminen. Ympäristömerkkien saaminen saattaa olla yritykseltä paljon resursseja vaativa toimenpide, eikä siihen aina ryhdytä merkin vähäisen kysynnän vuoksi. Tästä syystä markkinoilla saattaa olla paljon sellaisia tuotteita, joilla on ympäristömerkittyjä tuotteita vähemmän ympäristövaikutuksia.

Ympäristöstä vastuulliseen tekstiilien tuotantoketjuun vaaditaan yhteistyötä ketjun eri osapuolien kanssa. Tätä kautta saadaan arvokasta tietoa esimerkiksi tuotteeseen tuotannossa lisätystä kemikaaleista. Kemikaaleja usein tarvitaan, jotta kankaista saadaan korkeiden toiveiden mukaisia. Tällaisia korkean suorituskyvyn kankaita tarvitaan veneissä, koska kangas altistuu usein pitkiä aikoja vaikeille sääolosuhteille, UV-säteille ja vedelle. Kemikaalien käyttöä ei voida näiden kankaiden valmistuksessa täysin unohtaa. Kemikaalivalinnoissa tulee suosia mahdollisimman riskittömiä vaihtoehtoja. Kuituvalinnassa tulee suosia synteettisiä kuituja valittaessa sellaisia kuituja, joiden esikäsittelyssä on käytetty vähäpäästöisiä ja luonnossa hajoavia tai luonnonmukaisesti hajotettavissa olevia esikäsittelyaineita. Puuvillan kohdalla tulee selvittää siinä käytettyjen liistausaineiden laatu ja määrä. Luonnonmukainen puuvilla on hyvä vaihtoehto perinteiselle puuvillalle.



Venetekstiilien suurimmat ympäristöongelmat liittyvät tuotantoon, erityisesti värjäys- ja viimeistysvaiheisiin. Tekstiilituotannossa eniten energiaa kuluu prosessikylypyjen lämmitämiseen. Energian ja veden käyttö tulisi optimoida energiaa säästävillä koneilla ja laitteilla. Ympäristövaikutusten vähentämiseksi kaikissa materiaalin märkäkäsittelyvaiheissa tulisi käyttää uusia koneita ja laitteita sekä automatisoida esimerkiksi mahdolliset annosteluvaiheet ja lämpötilasäädöt. Toimittajien vesi- ja energiatehokkuustavoitteet on syytä tarkistaa. Kemikaalien käyttöä tulee välttää, mutta niitä käytettäessä tulee valita luontoon hajoavia tai luonnonmukaisesti hajotettavissa olevia kemikaaleja. Yksittäisten prosessien yhdistäminen säästää energiaa, vettä ja kemikaaleja. Jätevesien asianmukaisesta käsittelystä ennen hävittämistä ja lietteiden uusiokäytöstä ja kierrättämisestä tulee varmistua. Koko tuotantoketjussa tulee välttää kaikkien sellaisten kemikaalien käyttöä, joilla on erityisen suuria, ympäristöä kuormittavia vaikutuksia. Tämänkaltaisista aineista on olemassa lukuisia tietokantoja.

Langanvalmistuksessa ja kudonnassa tulee käyttää vesiliukoisia ja biohajoavia voiteluaineita mineraalipohjaisten öljyjen sijaan. Liistausaineiden käytössä tulisi valita synteettiset liistausaineet tärkkelyspohjaisten liistereiden sijaan silloin, kun liistausaineita käytetään. Liistausaineden poiston pitäisi tapahtua asianmukaisin ja tehokkain keinoin. Usein tämä tarkoittaa hapettavaa menetelmää. Liistausaineet palautetaan käyttöön yleensä ainoastaan sellaisissa tuotantolaitoksissa, joihin on integroitu kutomo ja viimeistysosasto. Tämä johtuu siitä, että lietteiden pitkien matkojen kuljetus pilaa kierrätyksellä aikaan saadut ympäristösäästöt. Liete tulee kuljettaa asianmukaisissa, eristetyissä säiliöautoissa. Kudottujen, synteettisten kankaiden kohdalla tulee pesuprosessi suorittaa ennen termofikseerausta. Tämä estää voiteluaineiden aiheuttamia päästöjä ilmaan.

Valkaisu tulee suorittaa vain sellaisille materiaaleille, joille se on tarpeen. Ensisijaisena valkaisuaineena tulee käyttää vetyperoksidia sekä sellaisia tekniikoita, jotka minimoivat stabilointiaineiden käytön. Pellavaa ja muita runkokuituja värjättäessä vetyperoksidi ei yksin riitä hyvän valkaisutehon saavuttamiseksi. Näissä tapauksissa tulee käyttää kaksivaiheista valkaisu prosessia, jossa ensin käytetään vetyperoksidia ja sen jälkeen natriumkloriittia.

Värjäyksien ja väriaineiden määrä tulee minimoida ja liemisuhteet pitää mahdollisimman alhaisina. Tekokuituja värjättäessä kehrusuulakevärjäys on ympäristön kannalta edullisin

värjäysmenetelmä. Sitä käytetään nykyään usein venetekstiilien värjäamisessä. Väriaineiden valinta on ongelmallista, koska yleisesti ottaen hyvän tuloksen aikaansaamiseen käytetään kemikaaleja ja apuaineita. Apuaineiden käyttö värjäysprosessissa on syytä minimoida. Huono värin kiinnittyvyys saattaa kumota kaikki värjäyksessä luonnon kannalta saavutetut edut.

Vastauksia ei ole vielä kysymyksiin siitä, kattaako viimeistysten tuoma lisäarvo niiden tuotannosta aiheuttamat negatiiviset vaikutukset ja vähentääkö entistä monimutkaisempien käsittelyjen lisääminen tekstiileihin niiden koko elinkaarenaikaisia vaikutuksia. Ympäristölle eniten haitallisilla aineilla saadaan usein aikaan paras ja tehokkain viimeistys.

Kuljetukset tulee suorittaa aina kun mahdollista meri- ja rautateitse. Niissä tulee käyttää päästörajat alittavaa, nykyaikaista kuljetuslaitteistoa ja entistä puhtaampaa polttoainetta. Tuote tulee pakata pakkaukseen mahdollisimman tiiviisti, jolloin pakkauksen koko saadaan mahdollisimman pieneksi. Pakkausmateriaalina tulee käyttää kierrätettäviä materiaaleja.

Venetekstiilien käyttö ja huolto ovat elinkaaren vähiten ympäristöä kuormittavia vaiheita. Huollon ympäristövaikutukset voidaan minimoida käyttämällä bioyhteensopivia pesuaineita ja varmistamalla jäteveden asianmukainen hoito.

Ensisijaista vaikutusten pienentämisessä on jätteen määrän minimointi kaikissa elinkaaren vaiheissa. Tuotteiden uusiokäyttö ja kunnostaminen ovat ympäristöä ajatellen edullisia keinoja, koska niihin vaaditaan vain vähän resursseja. Kierrätyskuitujen valmistaminen kuluttaa paljon energiaa ja tuottaa myös jätettä. Joidenkin tutkimusten mukaan kierrätyskuiduista valmistetun tuotteen tuotannon ympäristövaikutukset ovat edelleen pienemmät kuin neitsytkuiduista valmistetun tuotteen. Kierrätystä tulee ajatella jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelemalla raaka-aineiden kannalta mahdollisimman homogeenisiä tuotteita parannetaan huomattavasti tuotteen kierrätettävyyttä ja pienennetään kierrätykseen kuluvia resursseja.

Materiaalit ja teknologiat kehittyvät huimaa vauhtia. Materiaalien ja teknologioiden tutkimus ja kehitys saattaa olla vähäistä tuotteiden saavutettua markkinat. Ympäristöä raskaasti kuormittavat vaikutukset huomataan joskus vasta tuotteiden lanseeraamisen jälkeen. Tämä johtuu siitä, että tuotekehityksessä keskitytään vain yhden elinkaaren vaiheen parantami-

seen elinkaariajattelun sijaan. Yritysten tulee seurata jatkuvaa kehitystä pysyäkseen mukana kiristyvässä kilpailussa. Onko yritys markkinoilla kilpailukykyinen tai jopa askeleen muita yrityksiä edellä riippuu siitä, miten yritys arvonsa priorisoi ja kuinka nämä arvot kohtaavat markkinoiden arvojen kanssa. Japanilaiset tekstiilialan yritykset ovat edelläkävijöitä, ja ne kehittävät jatkuvasti uusia ratkaisuja niin materiaalien kuin menetelmienkin suhteen.

Kaikilla tuotteilla on ympäristövaikutuksia. Niitä ei voida koskaan täysin poistaa, mutta niiden pienentämiseksi on tehtävissä paljon. Noudattamalla minimoinnin ja optimoinnin periaatetta otetaan jo suuria harppauksen kohti ympäristömyönteistä kulutusyhteiskuntaa. Tätä periaatetta tulee soveltaa tuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Se koskee kaikkia tuotteen kanssa tekemisissä oleva tahoja viljelymailta ja kuitutuotannosta aina loppukuluttajalle saakka. Tämä vaatii laaja-alaista yhteistyötä toimijoiden välillä. Tasapainon säilyttämiseksi on tehtävä myönnytyksiä ympäristön ja tuotteen ominaisuuksien välillä. Muutos aikaisempaa ympäristömyönteisempiin tuotantoketjuihin, tuotteisiin ja kulutustapoihin ja lopulta ympäristömyönteisempään elinkaareen on pohjimmiltaan ajatustapojen muuttamista nykyistä kestävämpään suuntaan. Ympäristömyönteinen on tuote, jonka ympäristövaikutukset koko tuotteen elinkaaren ajalta on minimoitu.

## 6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tekstiilien ympäristövaikutuksia niiden koko elinkaaren ajalta. Työssä tutkittiin tekstiilien ympäristövaikutuksia myös tuotannon jälkeen. Tämä on ensisijaisen tärkeää elinkaarenaikaisten ympäristövaikutusten selvittämisessä. Tämä työ tarjoaa laaja-alaista, yleissivistävää tietoa tekstiilien elinkaarenaikaisista ympäristövaikutuksista ja niiden lähteistä. Tämän opinnäytetyön tarjoamat tiedot ovat sovellettavissa venetekstiileihin.

Työ huomioi tuotantovaiheen lisäksi myös kuljetuksen, käytön ja huollon, kierrätyksen ja hävittämisen vaikutuksia. Elinkaaren eri vaiheille pyrittiin esittämään ympäristömyönteisempiä vaihtoehtoja. Vaihtoehtoja käsiteltäessä tuotiin esille useita esimerkkejä yritysmaailmasta. Nämä esimerkit eivät välttämättä sovellu suoraan venealalle, mutta ne antavat näkökulmia siitä, kuinka ympäristömyönteisyyttä käsitellään muilla tekstiiliteollisuuden aloilla. Nämä esimerkit voivat toimia innoittajina uusien käytäntöjen kehittämisessä ja materiaalien tutkimisessa. Esimerkkien todellisten ympäristövaikutusten tutkiminen on tässä työssä suhteellisen vähäistä, ja vaikutusten uskottavuus liittyy useissa tapauksissa yritysten omiin tulkintoihin. Tekstiiliteollisuus kehittyy nopeasti, ja uusia käytäntöjä sekä materiaaleja on olemassa lukuisia. Näiden materiaalien ja käytäntöjen soveltuvuutta venealalle tulee tutkia.

Ympäristövaikutukset liittyvät yleensä vahvasti tuotteissa käytettäviin kemikaaleihin. Niihin ei ole tässä tutkimuksessa syvennytty, mutta lisätietoa vaarallisista kemikaaleista ja niiden käytöstä on saatavissa useista tietopankeista.

Koska tekstiiliteollisuus kehittyy jatkuvasti, käytettiin lähdemateriaalina mahdollisimman uutta kirjallisuutta. Uuden tiedon pohjana käytettiin vanhempaa lähdemateriaalia. EU:n myötä on astunut voimaan useita rajoituksia. Asetuksista on uudistettu ja niitä uudistetaan jatkuvasti vastaamaan paremmin nykypäivää. Jatkotutkimus voisi kohdistua siihen, kuinka EU:n asetukset vaikuttavat tekstiiliteollisuuteen.

## LÄHTEET

- 3M. 2010. What you should know about 3Ms "next generation" Scotchgard Protector products. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_US/Scotchgard/Home/Resources/Environmental/](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Scotchgard/Home/Resources/Environmental/). Luettu 6.4.2010.
- BIO Intelligence Service. 2008. Study on the implementation of Integrated Product Policy (IPP). European Commission DG Environment. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/bio\\_ipp.pdf](http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/bio_ipp.pdf). Luettu 5.3.2010.
- Bluesign technologies Ag. 2010. Bluesign technologies ag opens up the "blue box" for more transparency. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.bluesign.com/index.php?id=home&L=%2F%2Fadministra.....%2Fsistem.txt%3F%3F%3F%20%20%2F%2Finclude%2Fbbs.lib.inc.php%25>. Luettu 10.4.2010.
- Brückner. 2010. Brückner energy-saving systems. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.brueckner-textil.de/index.php?id=794&L=3>. Luettu 13.4.2010.
- BSR. 2010. Clean Cargo. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.bsr.org/consulting/working-groups/clean-cargo.cfm>. Luettu 7.4.2010.
- Campion Boats. 2010. Champion Marine to use Ecomate environmentally friendly foam supplies. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.campionboats.com/news-10-03-01.php>. Luettu 10.4.2010.
- CIRFS. Päiväämätön. World Man-Made Fibers Production. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.cirfs.org/frames\\_04.htm](http://www.cirfs.org/frames_04.htm). Luettu 9.4.2010.
- Clean Shipping Project. 2009. Welcome to the Clean Shipping Project. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.cleanshippingproject.se/main.html>. Luettu 7.4.2010.
- Climatex. Päiväämätön. Product Certificate. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.climatex.com/en/products/climatex.php5>. Luettu 6.4.2010.
- Collier, B.J., Bide, M. & Tortora, P.G. 2009. Understanding textiles. 7. uudistettu painos. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Dafecor Oy. Teollisuustekstiilit. Päiväämätön. Yritysesittely. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.dafecor.fi/kasittelyohjeet.html>. Luettu 9.4.2010.
- Eberle, H., Hermeling, H., Hornberger, M., Kilgus, R., Menzer, D. & Ring, W. 2005. Ammattina vaate. Helsinki: WSOY.
- Essedea GmbH & Co. KG. Päiväämätön. 3DEA -Spacer Fabrics. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.essedea.biz/en/3deasupRsup.html>. Luettu 12.4.2010.

European Commission. 2003. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/txt\\_bref\\_0703.pdf](ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/txt_bref_0703.pdf). Luettu 8.4.2010.

Euroopan parlamentti. 2007. Hyväksytyt tekstit. Jätedirektiivi. 13. helmikuuta 2007. Strasbourg. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+20070213+ITEMS+DOC+XML+V0//FI&language=FI>. Luettu 30.3.2010.

Euroopan parlamentti & Euroopan unionin neuvosto. 2001. Direktiivi tiettyjen ilman epäpuhtauksien kansallisista päästörajoista. 2001/81/EY. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:309:0022:0030:FI:PDF>. Luettu 7.4.2010.

Euroopan Yhteisöjen Komissio. 2001. Vihreä kirja yhdenntetystä tuotepolitiikasta. KOM (2001) 68. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/com/2001/com2001\\_0068fi01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/com/2001/com2001_0068fi01.pdf). Luettu 4.3.2010.

Euroopan Yhteisöjen Komissio. 2003. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan Parlamentille. Yhdenntetty tuotepolitiikka. Elinkaariajattelu politiikan perustana. KOM (2003) 302. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:fi:PDF>. Luettu 4.3.2010.

Europa. 2008. Euroopan unionin portaali. Pysyvien orgaanisten yhdisteiden tuotannon, käytön ja päästöjen vähentäminen ja lopettaminen. Tiivistelmät EU:n lainsäädännöstä. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/air\\_pollution/121279\\_fi.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/121279_fi.htm). Luettu 8.4.2010.

Fletcher, K. 2008. Sustainable fashion & textiles. Design Journeys. Lontoo: Earthscan.

Foam Supplies Inc. 2010. Ecomate. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ecomatesystems.com/>. Luettu 11.4.2010.

Gessner AG. Jacquard Weavers. Päiväämätön. Interior is fashion fashion is interior. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.gessner.ch/en/products.html>. Luettu 6.4.2010.

Glen Raven Inc. 2010a. Sunbrella. On the water. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.sunbrella.com/na/on\\_the\\_water.php](http://www.sunbrella.com/na/on_the_water.php). Luettu 8.4.2010.

Glen Raven Inc. 2010b. Sunbrella. Recycle My Sunbrella (U.S. & Canada). Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sunbrella.com/na/recycle.php>. Luettu 8.4.2010.

Global Organic Textile Standard. 2010. The Standard. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.global-standard.org/the-standard.html>. Luettu 6.4.2010.

- Hengityслиitto Heli ry. Päiväämätön. VOC-päästöt. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.hengityслиitto.fi/Home/Muutsisailmaongelmat/Voc-paastot/>. Luettu 7.4.2010.
- Hennes & Mauritz Ab. 2008. Corporate responsibility. H&M Sustainability Report 2008. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.hm.com/fi/corporateresponsibility/sustainabilityreporting\\_\\_csrreporting2.nhtm](http://www.hm.com/fi/corporateresponsibility/sustainabilityreporting__csrreporting2.nhtm) l. Luettu 7.4.2010.
- Huvila, H. 2007. Kestävän kulutuksen ja tuotannon (KULTU) ohjelman toteutuminen – väliraportti nro 1. Ympäristöministeriö. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74875&lan=FI>. Luettu 25.3.2010.
- Hyysalo, T. 2006. E-kauppa muuttaa maailmaamme. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/ELO/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta\\_ja\\_aktivointi/Muu\\_viestinta\\_ja\\_aktivointi/e-kauppa\\_muuttaa\\_maailmaamme.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/ELO/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Muu_viestinta_ja_aktivointi/e-kauppa_muuttaa_maailmaamme.pdf). Luettu 3.12.2009.
- Hämäläinen, T. 2009. Kohti ympäristöä säästäviä kuljetuksia. Linked. VR-Logistiikan lehti 2/2009.
- Ikea. 2010a. Yhteiskuntavastuu. Tehokkaat tavarankuljetukset. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ikea.com/ms/fi\\_FI/about\\_ikea/our\\_responsibility/climate\\_change/efficient\\_transport\\_of\\_products.html](http://www.ikea.com/ms/fi_FI/about_ikea/our_responsibility/climate_change/efficient_transport_of_products.html). Luettu 7.4.2010.
- Ikea. 2010b. Yhteiskuntavastuu. Loputon lista. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ikea.com/ms/fi\\_FI/about\\_ikea/our\\_responsibility/the\\_never\\_ending\\_list/index.html](http://www.ikea.com/ms/fi_FI/about_ikea/our_responsibility/the_never_ending_list/index.html). Luettu 7.4.2010.
- Interface Inc. 2008. Toward a More Sustainable Way of Business. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.interfaceglobal.com/Sustainability.aspx>. Luettu 6.4.2010.
- International Council of Chemical Associations. Päiväämätön. Responsible Care. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.responsiblecare.org/page.asp?n=whatwedo&l=1>. Luettu 12.4.2010.
- Kalliala, E. & Talvenmaa, P. 2001. Ympäristöindikaattorien ja -indeksin kehittäminen tekstiilituotteille. Tampereen teknillisen korkeakoulun julkaisuja. Kuitumateriaalitekniikka. Tampere: Juvenes Oy.
- Karrus, K. 1998. Logistiikka. 3. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.
- Leittojärvi, H. 2008. Jätteenpolton päästöt tiukassa syynissä. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry:n julkaisuja. 4/2008. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [www.promaint.net/downloader.asp?id=3017&type=1](http://www.promaint.net/downloader.asp?id=3017&type=1). Luettu 9.4.2010.
- Lekemyynti Oy. 2010. Starbrite. Luonnonystävälliset. Www -dokumentti. Saatavissa: <http://www.starbrite.fi/go2/seasafe/>. Luettu 9.4.2010.

- LooLo Textiles. 2005. True sustainability. Www -dokumentti. Saatavissa: <http://www.loolo.ca/truesustainability.html>. Luettu 6.4.2010.
- Made-By. 2007. Made-By in a nutshell. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.made-by.nl/downloads/madebynutshell.pdf>. Luettu 30.3.2010.
- Motiva Oy. 2009. Materiaalitehokkuus. Motivan rooli. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/toimialueet/materiaalitehokkuus>. Luettu 12.3.2010.
- Mowbray Communications Ltd. 2010. Four-Star renewable Ingeo. Eco Composites 26.3.2010. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ecocomposites.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=241:four-star-renewable-ingeo&catid=9:materials&Itemid=10](http://www.ecocomposites.net/index.php?option=com_content&view=article&id=241:four-star-renewable-ingeo&catid=9:materials&Itemid=10). Luettu 28.3.2010.
- Muoviteollisuus Ry & Plastindustrin Rf. 2008. Pehmustejaosto. Vaahtomuoviopas. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://www.muoviteollisuus.fi/document.php?DOC\\_ID=62&SEC=f53b20b94419bcbcf4a7784545f7bfce&SID=1](http://www.muoviteollisuus.fi/document.php?DOC_ID=62&SEC=f53b20b94419bcbcf4a7784545f7bfce&SID=1). Luettu 10.4.2010.
- NatureWorks LLC. 2010. The Ingeo Journey. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.natureworksllc.com/the-ingeo-journey.aspx>. Luettu 2.4.2010.
- Nissinen, A. 2003. Paneelitoiminta yhdenntetyn tuotepolitiikan edistämässä – kokemuksia tekstiilien tuotepaneelistä. Suomen ympäristökeskus. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=26231&lan=sv>. Luettu 4.3.2010.
- Oeko-Tex. 2010. Limit Values and Fastness. Compilation of the individual substances. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.oeko-tex.com/OekoTex100\\_PUBLIC/content1.asp?area=hauptmenue&site=grenzwerte&cls=02](http://www.oeko-tex.com/OekoTex100_PUBLIC/content1.asp?area=hauptmenue&site=grenzwerte&cls=02). Luettu 10.4.2010.
- Páramo Ltd. 2007. Nikwax Directional Textiles. Parameta T. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.paramo.co.uk/en-gb/garments/fabrics/index.php>. Luettu 31.3.2010.
- Patagonia Inc. 2010. Environmentalism: What We Do. Common Threads Recycling Program. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.patagonia.com/web/us/patagonia.go?slc=en\\_US&sct=US&assetid=1956](http://www.patagonia.com/web/us/patagonia.go?slc=en_US&sct=US&assetid=1956). Luettu 6.4.2010.
- Proboat. 2009. Questionnaire about substances in production and in products. Hankemateriaali.
- Recticel Oy. Päiväämätön. Polyuretaanikemiaa. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.recticel.fi/polyuretaanikemia.htm>. Luettu 10.4.2010.
- Reinikainen, P., Mäntynen, J., Rantala, J. & Viitanen, S. 2002. Logistiikan perusteet. Liikenne- ja kuljetustekniikka. Tampere: Tampereen Teknillinen korkeakoulu.
- Rissa, K. 2001. Ekotehokkuus – enemmän vähemmästä. Helsinki: Edita Oyj.



- SFS-EN ISO 105-A01:1995. 1996. Tekstiilit. Värinkestot. Osa A01: Testauksen yleiset periaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14024:2000. 1999. Environmental labels and declarations. Type I environmental labelling. Principles and procedures. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14021:2001. 2002. Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet. Omaehtoiset ympäristövaihtämät (tyypin II ympäristömerkit). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14025:2006. 2007. Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14040:2006. 2007. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14044:2006. 2007. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14001:2004. 2009. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja opastusta niiden soveltamisesta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- Society of Dyers and Colourists and American Association of Textile Chemists and Colorists. 2009. Colour Index International. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.colour-index.org/>. Luettu 9.4.2010.
- Soil Association. 2009. Soil Association organic standards for processors. Revision 16/ January 2009. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.soilassociation.org/LinkClick.aspx?fileticket=MB1197N8n00%3d&tabid=353>. Luettu 6.4.2010.
- Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto & Suomen ympäristökeskus. 2010. REACH & CLP neuvontapalvelu. REACH- ja CLP-asetuksia koskeva neuvontapalvelu yrityksille. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.reachneuvonta.fi/Reach/reach.nsf/sp?open&cid=etusivu>. Luettu 9.4.2010.
- Spradling International, Inc. 2009. Spradling brands. Permablock<sup>3</sup>. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.spradlingvinyl.com/brands-permablok.asp>. Luettu 14.4.2010.
- Suojanen, U. 1997. Vihreät tekstiilit. 2. uudistettu painos. Helsinki: Yliopistopaino.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. ISO 14000. Ympäristöjärjestelmä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/iso14000/ymparistojarjestelma/>. Luettu 16.3.2010.
- Suomen ympäristökeskus. 2005. Kansainvälisesti rajoitetut kemikaalit. Asiantuntijapalveluosasto, kemikaaliyksikkö. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=42624&lan=fi>. Luettu 12.4.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2009a. Mittatikku – väline ympäristövaikutusten havainnollistamiseen. Valtion ympäristöhallinto. Www-dokumentti. Saatavissa: [www.ymparisto.fi/mittatikku](http://www.ymparisto.fi/mittatikku). Luettu 12.3.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2009b. Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. 20/2009. Helsinki. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=109530&lan=FI>. Luettu 12.3.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2009c. ISO 14001 -standardi. Valtion ympäristöhallinto. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=270786&lan=fi&clan=fi>. Luettu 16.3.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2010a. POP-yhdisteiden kansainväliset rajoitukset. Valtion ympäristöhallinto. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=285667&lan=fi&clan=fi>. Luettu 3.4.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2010b. Yhdennetty päästöjen ja vaikutusten hallinta teollisessa toiminnassa – IPPC. Valtion ympäristöhallinto. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=45855&lan=fi>. Luettu 29.3.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2010c. EMAS-järjestelmä. Valtion ympäristöhallinto. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=2125>. Luettu 16.3.2010.

Talvenmaa, P. 2002. Tekstiilit ja ympäristö. 2. uudistettu painos. Tekstiili- ja vaatealaluokitus ry:n, Tekstiili ja jalkinealaluokitus ry:n sekä Tekstiili- ja vaatealaluokitus ry:n julkaisuja.

Teijin Ltd. 2007. News. Teijin High-performance ELK Polyester Cushion Material Chosen for New "N700 Series" Shinkansen. 8/2007. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.teijin.co.jp/english/news/2007/ebd070814.html>. Luettu 12.4.2010.

Teijin Ltd. 2008. The Outstanding Potential of Teijin's Eco Circle System. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://www.teijin.co.jp/english/ir/doc/annual2008/are08\\_14-19.pdf](http://www.teijin.co.jp/english/ir/doc/annual2008/are08_14-19.pdf). Luettu 6.4.2010.

Teijin Ltd. 2009. About Teijin. Continuing the Pursuit of Global Excellence. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.teijin.co.jp/english/about/message/index.html>. Luettu 6.4.2010.

Tiwari, M.K., Bayer I.S. & Megaridis C.M. 2009. PVDF based polymer nanocomposite coatings for large area applications. Nanotech conference & expo 2009. University of Illinois. Chicago: Yhdysvallat. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.nsti.org/Nanotech2009/abs.html?i=751>. Luettu 14.4.2010.

Toray Group Inc. 2010. About us. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.toray.com/aboutus/index.html>. Luettu 6.4.2010.

Toray Ultrasuede (America). 2009a. The Science of Ultrasuede. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ultrasuede.com/about/science.html>. Luettu 6.4.2010.

- Toray Ultrasuede (America). 2009b. Ultrasuede News. Ultrasuede Unveils New EcoDesign Recycled Products. 4/2009. New York. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ultrasuede.com/news/2009/040109\\_ecodesign.html](http://www.ultrasuede.com/news/2009/040109_ecodesign.html). Luettu 6.4.2010.
- TransEco. Päivämätön. TransEco. Tieliikenteen energiansäästö ja uusiutuva energia. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.transec.fi/transec>. Luettu 7.4.2010.
- Trevira GmbH. 2008. The Trevira Passport to the Future+. For a plus in sustainability. Pdf-dokumentti. Saatavissa: [http://www.trevira.de/fileadmin/download/GB\\_ID07\\_Trevira\\_Nachhaltigkeitsflyer\\_Pass\\_E.pdf](http://www.trevira.de/fileadmin/download/GB_ID07_Trevira_Nachhaltigkeitsflyer_Pass_E.pdf). Luettu 12.4.2010.
- Trevira GmbH. 2010a. Flame retardant textiles – Trevira CS. How Trevira CS works. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.trevira.de/en/textiles-made-from-trevira/home-textiles/flame-retardant-textiles-trevira-cs/how-trevira-cs-works.html>. Luettu 12.4.2010.
- Trevira GmbH. 2010b. Flame retardant textiles – Trevira CS. How Trevira CS Bioactive works. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.trevira.de/en/textiles-made-from-trevira/home-textiles/flame-retardant-textiles-trevira-cs/how-trevira-cs-bioactive-works.html>. Luettu 12.4.2010.
- U.S. Census Bureau. 2010. International Data Base (IDB). Total Midyear Population of the World: 1950–2050. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpop.php>. Luettu 9.4.2010.
- Unifi Manufacturing Inc. 2008. What is Repreve? Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.repreve.com/WhatIsRepreve/WhatIsRepreve.aspx>. Luettu 6.4.2010.
- Unifi Manufacturing Inc. 2009. Global Textile Solutions. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://unifi.com/un\\_about.aspx](http://unifi.com/un_about.aspx). Luettu 6.4.2010.
- United States Environmental Protection Agency. 2009. Integrated Pest Management (IPM) Principles. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.epa.gov/pesticides/factsheets/ipm.htm>. Luettu 27.3.2010.
- Uudenmaan ympäristökeskus. 2009. Luonnonmukainen veneily. Näin parannamme ympäristöämme. Helsinki.
- Va-Varuste Oy. Päivämätön. Va-Venekuomu. Hoitoohjeet venekuomukankaalle. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.va-varuste.fi/hoito.shtml>. Luettu 9.4.2010.
- Valtioneuvosto. 2009. Valtioneuvoston periaatepäätös kestävien valintojen edistämisestä julkisissa hankinnoissa. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.miljo.fi/download.asp?contentid=101162&lan=sv>. Luettu 16.3.2010.
- Valtioneuvoston kanslia. 2008. Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit. Selvitys Vanhasen II hallituksen tulevaisuusselontekoa varten. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 11/2008. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vnk.fi/julkaisukansio/2008/j11-tuotteiden-ilmastovaikutuksista-kertovat-merkit/pdf/fi.pdf>. Luettu 10.4.2010.

- Vaude. 2010. Ecosystem. Eco-friendly Utilization. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.vaude.com/fi\\_FI/ueber-uns/oekologische-verwertung.html](http://www.vaude.com/fi_FI/ueber-uns/oekologische-verwertung.html). Luettu 6.4.2010.
- Verhoomo Mauronet Oy. 2010. Venepatjojen talvisäilytys. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.mauronet.fi/talvisailytys.html>. Luettu 10.4.2010.
- Victor Group Inc. 2008. Eco Intelligence. Eco Products. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.victor-group.com/en/ecoProducts.php>. Luettu 31.3.2010.
- VM-Carpet Oy. 2009. Uuden Ecoline-maton pohjamateriaali on biologisesti hajoava. Ajankohtaista. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.vm-carpet.fi/ajankohtaista\\_u12.html](http://www.vm-carpet.fi/ajankohtaista_u12.html). Luettu 1.4.2010.
- Water Footprint Network. 2010. Introduction. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>. Luettu 10.4.2010.
- Ympäristöministeriö. 2009a. Kestävä kulutus ja tuotanto (KULTU). Ympäristönsuojelu. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=345442&lan=FI>. Luettu 25.3.2010.
- Ympäristöministeriö. 2009b. Ympäristöministeriön EU-strategia. Ympäristöministeriön raportteja. 26/2009. Helsinki. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=113537&lan=fi>. Luettu 8.3.2010.
- Ympäristöministeriö. 2009c. Jätehuollon tuottajavastuujärjestelmien toimivuus. Ympäristöministeriön raportteja. 15/2009. Helsinki. Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=104448&lan=fi>. Luettu 8.3.2010.
- Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. 2009. Tuotepaneeli. Tuotteet ja hankinnat. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=333790&lan=FI>. Luettu 25.3.2010.

**LIITE 1. KANSAINVÄLISTEN SOPIMUSTEN POP-YHDISTEET (Suomen ympäristökeskus 2005; Suomen ympäristökeskus 2010a.)**

<b>AINE</b>	<b>TORJUNTA-AINE, TEOLLISUUSKEMIKAALI, PÄÄSTÖ TAI TUOTE</b>
aldriini	torjunta-aine
dieltriini	torjunta-aine
dikloori-difenyylitrikloorietaani (DDT)	torjunta-aine
elohopeaa sisältävä saippua	tuote
endiini	torjunta-aine
heksabromibifenyylitrioli (HBB)	palonsuoja-aine, torjunta-aine
heksaklooribentseeni (HCB)	torjunta-aine, teollisuuskemikaali ja epäpuhtaus
heksakloorisykloheksaani eli lindaani (HCH)	torjunta-aine
heptakloori	torjunta-aine
klordaani	torjunta-aine
klordekoni	torjunta-aine
lindaanin isomeerit (alfa- ja beta-HCH)	lindaanin tuotannossa syntyvä sivutuote
mirex	torjunta-aine
penta- ja oktabromidifenyylieetterit (penta- ja okta-BDE)	palonsuoja-aine
pentaklooribentseeni (PeCB)	palonsuoja-aine ja kemikaalina torjunta-aineen tuotannossa
perfluoratut oktyylisulfonaatit (PFOS)	teollisuuskemikaali
polyaromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet (eräät)	epäpuhtaus
polybromatut difenyylieetterit (PBDE)	palonsuoja-aine
polyklooratut bifenyylit (PCBt)	teollisuuskemikaali ja epäpuhtaus
polyklooratut dioksiinit (PCDD)	epäpuhtaus
polyklooratut furaanit (PCDF)	epäpuhtaus
toksifeeni	torjunta-aine

**LIITE 2. TEKSTIILITUOTTEIDEN KESKEISET YMPÄRISTÖINDIKAATTORIT  
(Kalliala & Talvenmaa 2001, liite 5.)**

<b>YMPÄRISTÖSELOSTE</b>	
<b>1 Energian kulutus MJ/kg</b>	
• kuidun valmistus	
• langan valmistus	
• kankaan valmistus	
• värjäys ja viimeistys	
<b>2 Kuljetukset km/kg</b>	
<b>3 Raaka-aineet g/kg</b>	
• uusiutuvat luonnonvarat	
• uusiutumattomat luonnonvarat	
<b>4 Veden kulutus l/kg</b>	
• kuidun valmistus	
• teollisuus	
<b>5 Päästöt ilmaan g/kg (teollisuus)</b>	
• typen oksidit NO <sub>2</sub> :na	NO <sub>x</sub>
• rikin oksidit SO <sub>2</sub> :na	SO <sub>x</sub>
• hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>
• haihtuvat orgaaniset yhdisteet	VOC
• hiilivedyt	HC
• pöly	
• hiukkaset	
<b>6 Päästöt veteen g/kg (teollisuus)</b>	
• happamuus	pH
• lämpö	°C
• kemiallinen hapenkulutus	COD
• fosfori (kokonaisfosfori ) fosforina	tot-P
• värillisuus	
• kloori	Cl
• orgaanisten klooriyhdisteiden määrä	AOX
• kromi	Cr
• kromi	Cr VI
• kupari	Cu
• sinkki	Zn
<b>7 Haitallisten aineiden käyttö</b>	
• kuidut	
• teollisuus	
<b>8 Työympäristö</b>	
• melutaso	
• lämpötila	
<b>9 Kierrätettävyys -%</b>	
<b>10 Tuotteen laatu</b>	

**LIITE 3. KOKOELMA AINEISTA JOIDEN KÄYTTÖÄ ON RAJOITETTU (Oeko-Tex 2010.)**

<b>TORJUNTA-AINEET</b>	<b>CAS-NRO</b>
2,4,5-T	93-76-5
2,4-D	94-75-7
Azinophosmethyl	86-50-0
Azinophosethyl	2642-71-9
Aldrine	309-00-2
Bromophos-ethyl	4824-78-6
Captafol	2425-06-1
Carbaryl	63-25-2
Chlordane	57-74-9
Chlordimeform	6164-98-3
Chlorfenvinphos	470-90-6
Coumaphos	56-72-4
Cyfluthrin	68359-37-5
Cyhalothrin	91465-08-6
Cypermethrin	52315-07-8
DEF	78-48-8
Deltamethrin	52918-63-5
DDD	53-19-0 72-54-8
DDE	3424-82-6 72-55-9
DDT	50-29-3 789-02-6
Diazinon	333-41-5
Dichlorprop	120-36-2
Dicrotophos	141-66-2
Dieldrine	60-57-1
Dimethoate	60-51-5
Dinoseb and salts	88-85-7
Endosulfan, -	959-98-8
Endosulfan, -	33213-65-9
Endrine	72-20-8
Esfenvalerate	66230-04-4
Fenvalerate	51630-58-1
Heptachlor	76-44-8
Heptachloroepoxide	1024-57-3
Hexachlorobenzene	118-74-1
Hexachlorcyclohexane,	319-84-6
Hexachlorcyclohexane,	319-85-7
Hexachlorcyclohexane,	319-86-8
Isodrine	465-73-6

<b>TORJUNTA-AINEET jatkuu</b>	<b>CAS-NRO</b>
Kelevane	4234-79-1
Kepone	143-50-0
Lindane	58-89-9
Malathion	121-75-5
MCPA	94-74-6
MCPB	94-81-5
Mecoprop	93-65-2
Metamidophos	10265-92-6
Methoxychlor	72-43-5
Mirex	2385-85-5
Monocrotophos	6923-22-4
Parathion	56-38-2
Parathion-methyl	298-00-0
Phosdrin/Mevinphos	7786-34-7
Perthane	72-56-0
Propethamphos	31218-83-4
Profenophos	41198-08-7
Quinalphos	13593-03-8
Strobane	8001-50-1
Telodrine	297-78-9
Toxaphene	8001-35-2
Trifluralin	1582-09-8

<b>KARSINOGEENISET ARYYLI-AMIINIT</b>	<b>CAS-NRO</b>
<b>MAK III, A1</b>	<b>MAK III, A1</b>
4-Aminobiphenyl	92-67-1
Benzidine	92-87-5
4-Chloro-o-toluidine	95-69-2
2-Naphthylamine	91-59-8
<b>MAK III, A 2</b>	<b>MAK III, A 2</b>
o-Aminoazotoluene	97-56-3
2-Amino-4-nitrotoluene	99-55-8
p-Chloroaniline	106-47-8
2,4-Diaminoanisole	615-05-4
4,4'-Diaminobiphenylmethane	101-77-9
3,3'-Dichlorobenzidine	91-94-1
3,3'-Dimethoxybenzidine	119-90-4
3,3'-Dimethylbenzidine	119-93-7
3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminobiphenylmethane	838-88-0
p-Cresidine	120-71-8
4,4'-Methylene-bis-(2-chloroaniline)	101-14-4
4,4'-Oxydianiline	101-80-4



<b>KARSINOGEENISET ARYYLI-AMIINIT jatkuu</b>	<b>CAS-NRO</b>
4,4'-Thiodianiline	139-65-1
o-Toluidine	95-53-4
2,4-Toluylendiamine	95-80-7
2,4,5-Trimethylaniline	137-17-7
o-Anisidine	90-04-0
2,4-Xylidine	95-68-1
2,6-Xylidine	87-62-7
4-Aminoazobenzene	60-09-3

<b>KLOORIFENOLIT</b>	<b>CAS-NRO</b>
Pentachlorphenol	87-86-5
2,3,5,6-Tetrachlorphenol	935-95-5
2,3,4,6-Tetrachlorphenol	58-90-2
2,3,4,5-Tetrachlorphenol	4901-51-3

<b>KARSINOGEENISIKSI LUOKITELLUT VÄRIAINHEET</b>		
<b>C.I. NIMI</b>	<b>C.I. NUMERO</b>	<b>CAS-NRO</b>
C.I. Acid Red 26	C.I. 16 150	3761-53-3
C.I. Basic Red 9	C.I. 42 500	569-61-9
C.I. Basic Violet 14	C.I. 42 510	632-99-5
C.I. Direct Black 38	C.I. 30 235	1937-37-7
C.I. Direct Blue 6	C.I. 22 610	2602-46-2
C.I. Direct Red 28	C.I. 22 120	573-58-0
C.I. Disperse Blue 1	C.I. 64 500	2475-45-8
C.I. Disperse Orange 11	C.I. 60 700	82-28-0
C.I. Disperse Yellow 3	C.I. 11 855	2832-40-8

<b>ALLERGIAA AIHEUTTAVAT VÄRIAINHEET</b>		
<b>C.I. NIMI</b>	<b>C.I. NUMERO</b>	<b>CAS-NRO</b>
C.I. Disperse Blue 1	C.I. 64 500	2475-45-8
C.I. Disperse Blue 3	C.I. 61 505	2475-46-9
C.I. Disperse Blue 7	C.I. 62 500	3179-90-6
C.I. Disperse Blue 26	C.I. 63 305	
C.I. Disperse Blue 35		12222-75-2
C.I. Disperse Blue 102		12222-97-8
C.I. Disperse Blue 106		12223-01-7
C.I. Disperse Blue 124		61951-51-7
C.I. Disperse Brown 1		23355-64-8
C.I. Disperse Orange 1	C.I. 11 080	2581-69-3
C.I. Disperse Orange 3	C.I. 11 005	730-40-5
C.I. Disperse Orange 37	C.I. 11 132	

<b>ALLERGIAA AIHEUTTAVAT VÄRIAINHEET jatkuu</b>		
<b>C.I. NIMI</b>	<b>C.I. NUMERO</b>	<b>CAS-NRO</b>
C.I. Disperse Orange 76	C.I. 11 132	
C.I. Disperse Red 1	C.I. 11 110	2872-52-8
C.I. Disperse Red 11	C.I. 62 015	2872-48-2
C.I. Disperse Red 17	C.I. 11 210	3179-89-3
C.I. Disperse Yellow 1	C.I. 10 345	119-15-3
C.I. Disperse Yellow 3	C.I. 11 855	2832-40-8
C.I. Disperse Yellow 9	C.I. 10 375	6373-73-5
C.I. Disperse Yellow 39		
C.I. Disperse Yellow 49		

<b>MUUT KIELLETYT VÄRIAINHEET</b>		
<b>C.I. NIMI</b>	<b>C.I. NUMERO</b>	<b>CAS-NRO</b>
C.I. Disperse Yellow 23	C.I. 26 070	6250-23-3
C.I. Disperse Orange 149		85136-74-9

<b>KLOORATUT BENTSEENIT JA KLOORATUT TOULUEENIT</b>
Dichlorobenzenes
Trichlorobenzenes
Tetrachlorobenzenes
Pentachlorobenzenes
Hexachlorobenzene
Chlorotoluenes
Dichlorotoluenes
Trichlorotoluenes
Tetrachlorotoluenes
Pentachlorotoluene

<b>KIELLETYT PALONSUOJA-AINEET</b>	<b>CAS-NRO</b>
Polybrominated biphenyles	59536-65-1
Tri-(2,3-dibromopropyl)-phosphate	126-72-7
Tris-(aziridinyl)-phosphin oxide)	545-55-1
Pentabromodiphenylether	32534-81-9
Octabromodiphenylether	32536-52-0
Dekabromdiphenylether	1163-19-5
Hexabromcyclododecane	25637-99-4

<b>FTALAATIT</b>	<b>CAS-NRO</b>
Di-iso-nonylphthalate DINP	28553-12-0 68515-48-0
Di-n-octylphthalate DNOP	117-84-0
Di(2-ethylhexyl)-phthalate DEHP	117-81-7
Diisodecylphthalate DIDP	26761-40-0 68515-49-1
Butylbenzylphthalate BBP	85-68-7
Dibutylphthalate DBP	84-74-2
Di-iso-butylphthalate DIBP	84-69-5

<b>PFOS/PFOA</b>	<b>CAS-NRO</b>
Perfluorooctane sulfonates PFOS	useita
Perfluorooctanoic acid PFOA	335-95-5



<b>ATSOVÄRIEN LUETTELO</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
Seos ("uusi sininen väriaine"): dinatrium (6-(4-anisidiini)- 3-sulfonaatti-2-(3,5-dinitro-2- oksidofenyliatso)-1- naftolaatto)(1-(5- kloori-2-oksidofenyliatso)-2- naftolaatto)kromaatti(1-); trinatrium bis(6-(4-anisidiini)-3- sulfonaatti-2-(3,5-dinitro-2- oksidofenyliatso)-1- naftolaatto)kromaatti(1-)	Komponentti 1: CAS-nro: 118685-33-9 C39H23ClCrN7O12S.2Na Komponentti 2: CAS-nro: ei ole C46H30CrN10O20S2.3Na

<b>BENTSEENIT, KLOORATUT BENTSEENIT JA KLOORATUT TOULUEENIT</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
triklooribentseeni	120-82-1
bentseeni	71-43-2
diklooribentseenit	95-50-1 541-73-1 106-46-7
tetraklooribentseeni	95-94-3 634-90-2 634-66-2
pentaklooribentseeni	608-93-5
heksaklooribentseeni	118-74-1
klooritolueenit	95-49-8 106-43-4 108-41-8
diklooritolueenit	95-73-8 95-75-0 98-87-3 118-69-4 19398-61-9 32768-54-0
triklooritolueenit	98-07-7 7359-72-0
tetraklooritolueenit	81-19-6 134-25-8 5216-25-1
pentaklooritolueenit	877-11-2

<b>PALONSUOJA-AINEET</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
tris-(2,3-dibromipropyli) -fosfaatti TRIS	126-72-7
tris(atsiridinyyli)fosfiinioksidi TEPA	545-55-1
polybromatut bifenyylit PBB	59536-65-1
pentabromidifenyylieetteri pentaBDE	32534-81-9
oktabromidifenyylieetteri oktaBDE	32536-52-0

<b>FTALAAITIT</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
di(2-etyyliheksyyli) -ftalaatti DEHP (SVHC)	117-81-7
dibutyyliftalaatti DBP (SVHC)	84-74-2
butyylibentsyyliftalaatti BBP (SVHC)	85-68-7
di-isononyyliftalaatti DINP	28553-12-0 68515-48-0
di-isodekyyliftalaatti DIDP	26761-40-0 68515-49-1
di-n-oktyyliftalaatti DNOP	117-84-0

<b>KADMIUM-, NIKKELI- JA HOPEAYHDISTEET</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
kadmium- ja kadmiumyhdisteet	7440-43-9
nikkeli- ja nikkeliyhdisteet	7440-02-0
elohopea- ja elohopeayhdisteet	7493-97-6

<b>PERFLUORO-OKTAAANISULFONIHAPPO JA SEN YHDISTEET PFOS</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
perfluoro-oktaanisulfonihappo ja sen yhdisteet PFOS	1763-23-1

<b>NONYYLIFENOLI</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
nonyylifenoli (NP)	25154-52-3
nonyylifenolietoksyylaatti (NPE)	9016-45-9 26027-38-3 68412-54-4 37205-87-1 127087-87-0

<b>KASVINSUOJELU- JA TORJUNTA-AINEET</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
pentakloorifenoli (PCP), sen suolat ja esterit	87-86-5
orgaaniset tinayhdisteet (esim. tributyylitina TBT, trifenyylitina TPhT, monobutyylitina MTB, dibutyylitina DBT)	

<b>LIUOTTIMET</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
kloroformi	67-66-3
hiilitetrakloridi (tetrakloorimetaani)	56-23-5
1,1,2-trikloorietaani	79-00-5
1,1,2,2-tetrakloorietaani	79-34-5
1,1,1,2-tetrakloorietaani	630-20-6
pentakloorietaani	76-01-7
1,1-dikloorietaani (vinyliideenikloridi )	75-35-4
1,1,1-trikloorietaani	71-55-6

<b>FORMALDEHYDI</b>	<b>CAS-NUMERO</b>
formaldehydi	50-00-0