

Älyä tekstiilissä

Tekstiilien ja vaatteiden uusi maailma

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Materiaalitekniikan
koulutusohjelma
Tekstiili- ja vaate-tekniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2016
Minna Tiihonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

TIIHONEN, MINNA:

Älyä tekstiilissä
Tekstiilien ja vaatteiden uusi maailma

Tekstiili- ja vaateustekniikan opinnäytetyö, 67 sivua

Syksy 2016

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena on tutkia ja selvittää älytekstiilien ja älyvaatteiden erilaisia määritelmiä, etsiä käytännön toteutuksia ja perehtyä niiden valmistusmateriaaleihin. Lisäksi pohditaan älytuotteiden ekologisuutta, onko sitä olemassa ja jos on, kuinka se on järjestetty. Lopuksi vielä punnitaan mahdollisuuksia ja uhkia ja sitä miten ne pitäisi ottaa huomioon jo suunnittelussa ja valmistusprosessissa.

Tällä hetkellä myynnissä olevat sarjatuotetut älytekstiilit ja –vaatteet keskittyvät urheilutekstiileihin sekä työ- ja turvavaatteisiin. Mahdollisesti tämä johtuu siitä, että näiden segmenttien asiakaskunta on todennut heillä olevan todellista tarvetta kyseisille tuotteille. Urheilutekstiilien kohdalla voitaneen myös ajatella, että osa tuotteista on sellaisia, että ne sopivat käyttöön terveyshoitolalle jo sellaisenaan. Työ- ja turvavaateetus on perinteisesti ollut jäykähköä ja paksuhkoa, nyt uusien materiaalien myötä käyttömukavuus paranee.

Uudet materiaalit, samoin kuin niiden uudet valmistustavat, ovat suuri mahdollisuus, mutta samalla tulisi miettiä tekstiilien koko elinkaarta varsinkin sen loppupäässä. Mitä tekstiilille voidaan tehdä ottaen huomioon siinä käytetyt älymateriaalit? Vuoden 2016 alusta voimaan tullut laki kieltää tekstiilien kaatopaikoille viemisen. Älymateriaalit ovat tällä hetkellä sellaisia, ettei niiden kierrätyksestä ole vielä juurikaan tietoa. Tiedon saaminen edellyttää tutkimustyötä, joka on vasta monin paikoin alkamassa.

Asiasanat: älytekstiili, älyvaate, faasimuutosmateriaali, kromaattiset materiaalit, muistimateriaali, nanoteknologia, ekologisuus

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Materials Technology

TIIHONEN, MINNA:

Smart Textiles and Smart Clothing
A Brief Introduction

Bachelor's Thesis in Textile and Clothing Technology, 67 pages

Autumn 2016

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to study different definitions, implementations and materials used in smart textiles and clothing. The thesis also deals with ecological sustainability: whether it exists and if it does, how it is organised. The latter section of the thesis focuses on the possibilities and threats of smart textiles and how they should be taken into account while designing and manufacturing the items.

At the moment the smart textiles and clothing available are mostly either sportswear or industrial protective clothing. Perhaps this is due to the fact that these user groups have a real need for special clothing. In addition, some of the sportswear applications can directly be adopted in health care without any adjustments. Industrial protective clothing has been quite stiff and heavy but once made with the new materials it should be much more comfortable to wear.

New materials as well as new manufacturing processes are a big opportunity but along with the entire designing process the life cycle for the garment should be considered. What can the garment be used for after it has been disposed of given that there might be some special materials in it? There simply is not enough information available on smart material recycling; getting that information requires research which has barely started yet.

Key words: smart textiles, smart clothing, phase change, chromic materials, memory shape alloy, nanotechnology, ecologically sustainable

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ÄLYTEKSTIILI - ÄLYVAATE	2
2.1	Määritelmät	2
2.2	Luokittelu	3
2.3	Miksi älytekstiilejä ja älyvaatteita tarvitaan?	5
3	ÄLYKKÄITÄ MATERIAALEJA	7
3.1	Adaptiiviset ja funktionaaliset materiaalit	7
3.1.1	Faasimuutosmateriaalit	7
3.1.2	Kromaattiset materiaalit	8
3.1.3	Muistimateriaalit	12
3.1.4	Muita adaptiivisia tai muistimateriaaleja	15
3.1.5	Sähköä johtavat tekstiilimateriaalit	16
3.1.6	Lämpöä johtavat tekstiilimateriaalit	17
3.2	Nanoteknologia	18
4	KAUPALLISIA SOVELLUTUKSIA	23
4.1	Urheilutekstiilit	24
4.1.1	Athos Training Wear	24
4.1.2	Enflux Smart Clothing	25
4.1.3	Hexoskin Smart Shirt	26
4.1.4	MBody by Myontec	27
4.1.5	ReimaGO®	29
4.1.6	Sensoria Fitness	30
4.2	Terveystekstiilien sovelluksia	32
4.2.1	DermaTherapy® Bed Linens	32
4.2.2	LifeVest Wearable Defibrillator	32
4.2.3	Philips Bilirubin Blanket	33
4.2.4	Kätkytkuolemien ehkäisy	34
4.3	Työ- ja turvavaatetus	37
4.3.1	Garrison Bespoke luodinkestävät puvut	37
4.3.2	Hövding - näkymätön pyöräilykypärä	38
4.3.3	Image Wear älytakki	39
4.3.4	In&motion Intelligent Protection Technology	40
4.3.5	Project Jaquard	41

5	EKOLOGISUUS JA KIERRÄTYS	44
6	POHDINTAA	47
6.1	Tämänhetkinen tilanne	47
6.2	Mahdollisuuksia ja uhkia	49
7	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET	53

1 JOHDANTO

Vaatteet ja tekstiilit ovat monelle kuluttajalle vain pakollinen kuluera, eikä niihin kiinnitetä sen kummemmin huomiota. Useimmiten on parempi mitä halvemmalla tuotteen saa hankittua itselleen. Kun puhe kääntyy älyvaatteisiin ja –tekstiileihin, niistä monella tuntuu olevan jonkinlainen mielipide. Suurelle osalle ihmisistä ne ovat jotain futuristista, käsittämätöntä ja pelottavaakin. Jokaisella on oma käsityksensä mitä ne ovat, mutta kun heitä pyytää selittämään tarkemmin mitä he ymmärtävät käsitteillä älyvaate tai älytekstiili, saa vastaukseksi ”No sellaisia.” Sen kummempaa vastausta tai perusteluja ei yleensä saa vaikka keskustelua yrittäisi jatkaa eteenpäin lisäkysymyksillä.

Älyvaatteet ja -tekstiilit ovat niin laaja skaala erilaisia materiaaleja ja tekniikoita, että sitä harvoin tulee edes ajatelleeksi. Ja osa tuotteista, joita voisi hyvällä syyllä kutsua älymateriaaleiksi, on ollut myynnissä jo vuosia ellei vuosikymmeniä; termiä älyvaate tai –tekstiili ei silloin tunnettu. Esimerkkinä voisi pitää vaikkapa Gore-Texiä, joka esiteltiin yleisölle jo vuonna 1969 (W. L. Gore & Associates 2016). Se täyttää älyvaatteiden vaatimukset vaikka sitä ei edes tule ajatelleeksi.

Sanotaan myös, että tietämättömyys luo ennakkoluuloja. On helpompi olla avoin asioille, joista tietää edes vähän. Tämän ovat todenneet myös tutkijat Marinella Ferrara ja Murat Bengisu. He ovat todenneet, että älymateriaalien yleistymisen edellytyksenä on, että ne ovat hyväksytyjä ja tuttuja. Hyväksyntä tulee ymmärryksen kautta ja ymmärrys puolestaan vaatii oikean informaation saamista oikealla tavalla. (Ferrara & Bengisu 2014, 3). Tämän työn tavoitteena on avata älyvaatteiden ja – tekstiilien maailmaa ja auttaa löytämään käsitteitä, joita lukija voi tutkia omien mieltymysten tai kiinnostuksen mukaan.

2 ÄLYTEKSTIILI - ÄLYVAATE

2.1 Määritelmät

Älytekstiilejä määritellään usealla eri tavalla. Yhden määritelmän mukaan älytekstiilit ja -vaatteet ovat uuden sukupolven tekstiilejä, jotka aktiivisesti edistävät käyttäjän terveyttä ja turvallisuutta (Van Langenhove, Hertleer & Schwarz 2012, 119). Suomen Standardisoimisliitto puolestaan määrittelee älytekstiilimateriaalin toiminnalliseksi materiaaliksi, joka reagoi tai sopeutuu ympäristön muutoksiin (Suomen Standardisoimisliitto 2011, 8). Useimmiten kuitenkin tutkimuksissa viitataan Taon määritelmään (2001, 2), jonka mukaan älyvaatteet ovat vaatteita, jotka ensin havaitsevat ja sen jälkeen reagoivat mekaanisiin, lämpöön perustuviin, kemiallisiin, sähköisiin tai magneettisiin ympäristöolosuhteisiin tai ärsykkeisiin.

Siinä missä älytekstiilien ja – vaatteiden äly on joko kankaassa itsessään tai kankaan pintaan laitetussa ohuessa kalvossa, puettavan tietotekniikan (wearable computing) paras tunnusmerkki on se, että tekstiiliin tai vaatteeseen on kiinnitetty perinteisiä elektroniikkakomponentteja, jotka ovat usein liian suuria ja kömpelöitä tarkoitukseensa. Joissakin lähteissä puhutaan puettavasta elektroniikasta (wearable electronics) joka määritellään tekstiiliksi, joka toimii alustana siihen kiinnitetyille elektronisille osille, kuten lähettimelle tai vastaanottimelle (Mattila 2015, 367). Käytännössä nämä tarkoittavat hyvin pitkälti samoja tuotteita; puettava elektroniikka on uudempi termi.

Suomen Standardisoimisliitto (2011, 8) määrittelee funktionaalisen (toiminnallisen) tekstiilimateriaaliksi, johon on lisätty jokin erityistoiminto tiettyä materiaalia, kokoonpanoa, rakennetta tai viimeistelyä käyttämällä.

Joissakin lähteissä mainitaan myös elektroniset tekstiilit eli e-tekstiilit. Näillä tarkoitetaan useimmiten nimenomaan sähköä johtavia kankaita, joista ainakin osa pystyy tallettamaan tietoa, synnyttämään virtaa sekä varastoimaan sitä (Pailes-Friedman 2016, 53).

Sarah Kettley esittelee kirjassaan *Designing with Smart Textiles* professori Tilak Diasin määrittelemän puettavan tietotekniikan (puettavan elektroniikan) kolme eri sukupolvea. Ensimmäiseen sukupolveen kuuluvat tuotteet, jossa jo olemassa olevia elektroniikkaosia lisättiin vaatteeseen ommeltuun taskuun. Toiseen sukupolveen puolestaan kuuluvat tuotteet, joissa teknologia on jo osa materiaalia joko kudottuna, neulottuna tai ommeltuna. Ja viimeisen eli kolmannen sukupolven tuotteisiin kuuluvat ne, jossa nano- ja mikrokomponentit on liitetty materiaaliin jo kuitutasolla. (Kettley 2016, 16.)

2.2 Luokittelu

Älyvaatteet ja –tekstiilit voidaan luokitella usealla eri tavalla. Andreas Giessmann esittelee saksalaisen Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH –oppilaitoksen professorin, Stefan Mecheelsin, luoman luokittelun: siirtojärjestelmät (transfer systems), muovautuvat järjestelmät (adaptive systems), älyvaatteet (smart clothing), vastaanottavat järjestelmät (transponder systems) sekä mikro- ja nanojärjestelmät (micro and nano systems). (Giessmann 2012, 4.)

Siirtojärjestelmät luovuttavat esimerkiksi lääkkeitä käsitellyltä pinnalta iholle tai imevät iholta esimerkiksi kosteutta. Muovautuvat järjestelmät reagoivat ulkopuolisiin ärsykkeisiin, kuten valoon, lämpöön tai kosteuteen ja muuttavat toimintaansa sen mukaan. Mecheelsin mukaan älyvaatteita ovat vaatekappaleet, joihin on kiinnitetty elektroniikkaa. Huomioitavaa on, että Mecheelsin luokittelu on tehty jo vuonna 2001, jolloin käsitys älyvaatteista ja –tekstiileistä oli täysin toisella tasolla kuin nyt.

Transponderijärjestelmiä käytetään esimerkiksi RFID-tunnisteiden yhteydessä, jolloin voidaan esimerkiksi seurata tarkasti koko tuotteen valmistusketjua. RFID (radio frequency identification) – tekniikka perustuu radiotekniikkaan ja sen keskeisin osa on seurattavaan tuotteeseen kiinnitettävä etätunniste. Etätunnisteessa oleva antenni lähettää tunnisteseeseen tallennetun tiedon kun se viedään tunnistelukijan

lukuetäisyydelle (RFIDLab 2016). Lukija siirtää luetut tiedot taustajärjestelmiin, esimerkiksi varastokirjapitoon.

Mikro- ja nanojärjestelmät ovat tekstiileihin kiinnitettyjä mikrokokoisia (1 μm – 1000 μm) tai nanokokoisia (0,1 – 100 nanometriä) järjestelmiä, jotka sisältävät tekstiiliosan lisäksi muista materiaaleista tehtyjä osia.

Järjestelmä reagoi esimerkiksi ennakkoon ohjelmoidulla tavalla siihen kohdistuvaan ulkoiseen ärsykkeeseen (Suomen Standardisoimisliitto 2011, 8).

Useimmiten älytekstiileihin ja älyvaatteisiin liittyvissä tutkimuksissa viitataan Taon (2001, 3) luokitteluun, joka perustuu reaktiotapaan; hänen luomansa luokat ovat passiivinen äly, aktiivinen äly sekä erittäin älykkäät järjestelmät. Passiivinen äly pystyy ainoastaan havainnoimaan ympäristöä, kun taas aktiivinen äly kykenee havainnoinnin lisäksi reagoimaan ympäristön tuottamiin ärsykkeisiin. Erittäin älykkäät järjestelmät pystyvät edellisten lisäksi muuttamaan käytöstään olosuhteiden mukaan.

Sarah Kettley (2016, 13) käyttää kirjassaan samaa jaottelua kuin Tao, mutta Kettley tuo samoille luokille lisämerkityksiä. Hänen mukaansa passiiviseen älyyn käyttäjä ei voi vaikuttaa millään lailla vaan äly reagoi vain ennalta määrätyllä tavalla riippumatta siitä mitä ympäristössä tapahtuu. Esimerkkinä hän mainitsee antimikrobiset tuotteet. Aktiivisesta älystä hän käyttää myös termejä reaktiivinen tai interaktiivinen. Siihen käyttäjä pystyy vaikuttamaan mukana olevan napin tai ohjauspaneelin kautta. Aktiivinen äly tuottaa jonkinlaisen vastineen havaitsemalleen ulkoiselle ärsykkeelle. Erittäin älykkäisiin järjestelmiin hän liittää myös termit superäly, ultraäly ja monireaktiivinen. Erittäin älykkäät järjestelmät pystyvät hänen määritelmänsä mukaan aistimaan itsensä ulkopuolisen ympäristön lisäksi ja ne ovat itseoppivia järjestelmiä. Niillä on useita erilaisia käyttäytymismalleja, joten reagoiminen ulkoiseen ärsykkeeseen on dynaamista.

Kirjassa *Smart Textiles for Designers: Inventing the Future of Fabrics* Rebekkah Pales-Friedman (2016, 16) esittää yhden luokitteluperusteen

lisää. Hänen luokittelunsa perustuu älyvaatteiden ja –tekstiilien reaktiotapaan. Luokat ovat ekstrovertit (ulospäin suuntautuvat) ja introvertit (sisäänpäin suuntautuvat) reaktiot. Ulospäin suuntautuvat reaktiot ovat sellaisia, jotka myös muut ihmiset kuin käyttäjä voivat havainnoida. Ne voivat olla esimerkiksi tekstiilin tuottamaa liikettä, ääntä tai valoa. Sisäänpäin suuntautuvat reaktiot ovat sellaisia, jotka vain käyttäjä havaitsee jollakin aistillaan. Esimerkiksi kosteutta iholta pois siirtävä vaate voi olla tällainen.

2.3 Miksi älytekstiilejä ja älyvaatteita tarvitaan?

Tekstiiliteollisuus on Suomessa muuttunut rajusti viimeisen kahden vuosikymmenen aikana. Vaatteiden tuotanto on loppunut, mutta älytekstiilien ja –vaatteiden tutkimus- ja kehitystyö tarjoaa Suomessa uusia työpaikkoja varsinkin asiantuntija- ja johtotehtävissä (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 124). Esimerkiksi Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy tekee paljon työtä niin älymateriaalien kuin uusien kuitujen valmistustekniikoidenkin kehityksessä.

Älytekstiilit ja –vaatteet avaavat kokonaan uusia mahdollisuuksia. Ne mahdollistavat monipuolisen valikoiman erilaisia materiaaleja mitä erilaisimpiin tarpeisiin ja käyttökohteisiin sekä helpottavat ja parantavat elämää monella eri alueella. Ne ovat kevyempiä ja kestävämpiä kuin perinteiset materiaalit, ja integroimalla eri materiaaleja yhteen saadaan toimivampia kokonaisuuksia, joita on helpompi käyttää kuin perinteisiä materiaaleja.

Älyvaatteet ja –tekstiilit suojaavat käyttäjäänsä paremmin, esimerkiksi moottoripyöräilijän ajovarusteet kestävät kaatumisen sattuessa paremmin hankausta eivätkä ne repeydy yhtä helposti kuin aikaisemmat materiaalit. Älytekstiilejä käytetään esimerkiksi palomiesten pukuihin tuomaan käyttömukavuutta ja parempaa suojaa tulta vastaan. Ne voivat myös suojata käyttäjää kemikaaleja tai erilaista säteilyä vastaan.

Älyvaatteissa voidaan käyttää parempaa heijastavaa kangasta, joka

auttaa näkymään huonoissa olosuhteissa. Älyvaatteilla voi olla vaikutusta esimerkiksi urheilijoiden suorituksiin, kun valitut materiaalit parantavat lämmönsäätelyä ja aerodynamiikkaa.

Nanotekniikka avaa lisää vaihtoehtoja. Nanoteknologialla tekstiili on mahdollista saada täysin vettä tai likaa hylkiväksi. Tällöin tekstiilien ylläpito helpottuu ja samalla säästyy vettä ja sähköä sekä pesuaineiden tarve vähenee. Nanoteknologia mahdollistaa myös antimikrobisten materiaalien sekä kosmeettisten tekstiilien (cosmetotextiles) valmistuksen.

Kosmeettisissa tekstiileissä voidaan kapseloituna käyttää esimerkiksi ihoa kosteuttavia aineita tai aromaterapia-aineita, jotka vapautuvat hitaasti käytön aikana.

Kudoksen tai neuloksen saaminen sähköä johtavaksi mahdollistaa lukemattomia vaihtoehtoja. Energian varastointi tekstiiliin yhdistettynä sähköjohtavuuden kanssa mahdollistaa energiansäästön kun esimerkiksi valaistus voidaan hoitaa materiaalilla, johon on lisätty led-valoja jo valmistuksen yhteydessä. Led-valot kuluttavat sähköä vain murto-osan perinteisiin valaisinratkaisuihin verrattuna. Lisäksi sähköntuotantoa on mahdollista muuttaa esimerkiksi niin, että puhelimen voi ladata oman liikkumisen tuottamalla energialla tai vartalon tuottamalla ylimääräisellä lämmöllä.

3 ÄLYKKÄITÄ MATERIAALEJA

Älykkyyttä voidaan lisätä tekstiiliin monella eri tavalla. Se voidaan lisätä materiaaliin jo kuitutasolla tai vasta pinnoitteena viimeistelykäsittelyn yhteydessä. Tässä kappaleessa esitellään materiaaleja, joita yleisimmin käytetään tekstiiliteollisuudessa älytekstiilien valmistuksessa.

3.1 Adaptiiviset ja funktionaaliset materiaalit

3.1.1 Faasimuutosmateriaalit

Faasimuutosmateriaaleilla on neljä yleistä muutosmahdollisuutta: kiinteästä nestemäiseksi, nestemäisestä kaasuksi, kiinteästä kaasuksi ja kiinteästä materiaalista kiinteäksi materiaaliksi. Tekstiiliteollisuudessa käytettävien faasimuutosmateriaalien yleisin olomuodon muutos on kiinteästä aineesta nestemäiseksi ja takaisin kiinteäksi. Materiaaleissa käytetään pääasiassa mikrokapselointitekniikkaa. Mikrokapselien sisältö, joka usein on esimerkiksi parafiinivahaa, reagoi lämmön vaikutuksesta ja ne muuttavat olomuotoaan kiinteästä nestemäiseksi samalla kun niihin sitoutuu lämpöä. Kun lämmöntuotanto loppuu, mikrokapselit alkavat jäähtyä ja muuttua takaisin kiinteäksi; samalla ne luovuttavat varastoimaansa lämpöä (Mondal 2008). Faasimuutosmateriaalit tasoittavat lämpötilaeroja ja muutos voi tapahtua monta kertaa peräkkäin. Tämä tapahtuu kuitenkin niin, että ensin kerätään lämpöä, joka sitten luovutetaan pois kun lämpötila laskee.

Tekstiiliteollisuudessa käytettävillä faasimuutosmateriaaleilla on paljon erilaisia vaatimuksia, jotta ne hyväksytään käyttöön. Näitä vaatimuksia ovat muun muassa sulamispiste, joka täytyy olla 15 °C ja 35 °C välillä, pieni lämpötilaero sulamis- ja jäähtymispisteiden välillä sekä hyvä toistuvan sulamis- / jäähtymisprosessin kesto. Lisäksi materiaalin tulee olla hyvin lämpöä johtavaa, ympäristölle haitatonta, myrkytöntä, syttymätöntä, edullista sekä sitä täytyy olla helposti saatavilla. (Mondal 2008.)

Yksi tunnetuimmista faasimuutosmateriaaleja kehittävästä ja käyttävistä tekstiilialan yrityksistä on Outlast, jonka faasimuutokseen perustuva akryylikuitu tuli markkinoille jo vuonna 1994. Tämän jälkeen yritys on tuonut markkinoille myös viskoosikuidun sekä polyesterikuidun.

Heidän kehittämänsä materiaali on mikrokapseloitu ja siinä on polymeerikuori. Materiaali tunnetaan nimellä Thermocules™ ja sitä voidaan käyttää joko pinnoitteena kudoksen tai neuloksen pinnassa tai se voidaan yhdistää käytettävään materiaaliin jo kuituvaiheessa. Pinnoitteena oleva Thermocules™-kerros on tarkoitettu käytettäväksi tuotteissa, jotka eivät tule suoraan iholle, kuten takkien vuorissa tai kengissä (Outlast 2014a). Kuitutasolla lisätyt mikrokapselit sen sijaan voidaan käyttää ihollekin tuleviin vaatekappaleisiin, kuten sukkiin (Outlast 2014b). Edellä mainittujen lisäksi Outlast on lisännyt Thermocules™-tuoteperheeseen tuotteen nimeltä Matrix Infusion Coating. Tämä hieman normaalista faasimateriaalista paranneltu versio on tarkoitettu painettavaksi pinnoitteeksi käytännössä mille tahansa sileälle kankaalle. Eri vaatevalmistajat voivat käyttää omia kankaitaan, joiden pintaan Outlast Matrix Infusion Coating painetaan. Pinnoitteen suurin etu on se, että kankaan omat ominaisuudet, kuten esimerkiksi kosteuden haihtuminen iholta, säilyvät muuttumattomina painetusta pinnoitteesta huolimatta (Outlast 2014c).

3.1.2 Kromaattiset materiaalit

Kromaattisia materiaaleja kutsutaan myös kameleonttimateriaaleiksi niiden värinvaihto-ominaisuuden vuoksi. Kromaattiset materiaalit reagoivat ympäristöstä tuleviin ärsykkeisiin ja reagoivat muutokseen muuttamalla väriä (Hu 2011, 159). Yleensä värin muuttuminen on väliaikaista ja se muuttuu takaisin normaalitilaan kun sen aiheuttanut ärsyke sammuu tai loppuu. Joissakin tapauksissa pysyvä värinmuutos on toivottava ominaisuus; tällöin käytössä täytyy olla tietyt kromaattiset materiaalit, kuten biokromaattisiin materiaaleihin luettava PDA (polydiasetyleni). Värin muuttuminen voi kestää pitkäänkin, jopa useita päiviä kuten joillakin

biokromaattisilla materiaaleilla, joita käytetään solujen testauksessa (Ferrara ym 2014, 52).

Kromaattiset materiaalit luokitellaan niiden tekijöiden mukaan, jotka saavat aikaan optisten ominaisuuksien muutoksen. Muutos voi olla joko värin tai läpinäkyvyyden muutos.

Yleisimmät ryhmät ovat:

- fotokromaattiset
- termokromaattiset
- pietsokromaattiset
- elektrokromaattiset
- kemialliskromaattiset
- biokromaattiset
- magnetokromaattiset materiaalit.

Yllämainittujen lisäksi on olemassa vielä muita materiaaleja, jotka reagoivat johonkin tietynlaiseen ärsykkeeseen. Näitä ovat esimerkiksi ionikromaattiset (reaktion aiheuttavat ionit) ja tribokromaattiset (mekaaninen kitka) materiaalit. Radioaktiivisuutta, elektronisuihkuja ja infrapuna-aaltoja tutkitaan myös mahdollisina reaktion aiheuttajina.

Fotokromaattiset materiaalit reagoivat valoon. Valo voi olla auringonvaloa tai ultraviolettivaloa. Epäorgaanisista aineista esimerkiksi kupari, elohopea ja jotkin metallioksidit sekä mineraalit ovat fotokromaattisia. Niiden käyttö suuntautuu enemmän kovien pintojen pinnoittamiseen, kuten lasi tai keraamiset pinnat. Orgaaniset aineet, kuten spiropyreeni, spiro-oksatsiini ja fulgidiitit, ovat sopivampia tekstiiliteollisuuden käyttöön. Fotokromaattisia materiaaleja voidaan käyttää väriaineena perinteisten värien seassa ja saada näin lisää muuttuvia värejä. (Ferrara ym 2014, 13.)

Orgaanisista aineista varsinkin spiropyreenin ja spiro-oksatsiinin on todettu pitävän värinsä hyvin eikä juuri haalistuvan käytössä. Joissakin tapauksissa synteettisiä materiaaleja valmistettaessa orgaanista fotokromaattista väriainetta käytetään jo langan kehräysvaiheessa.

Värjäystä ja pintapainokuviointeja pidetään parempana vaihtoehtona kuin loppukäsittelyjä, ja tämä on myös luonnon ja taloudellisuuden kannalta parempi vaihtoehto kun fotokromaattisia aineita saadaan käytettyä tarkemmin eikä niitä päädy esimerkiksi jätevesien mukana luontoon (Ferrara ym 2014,15).

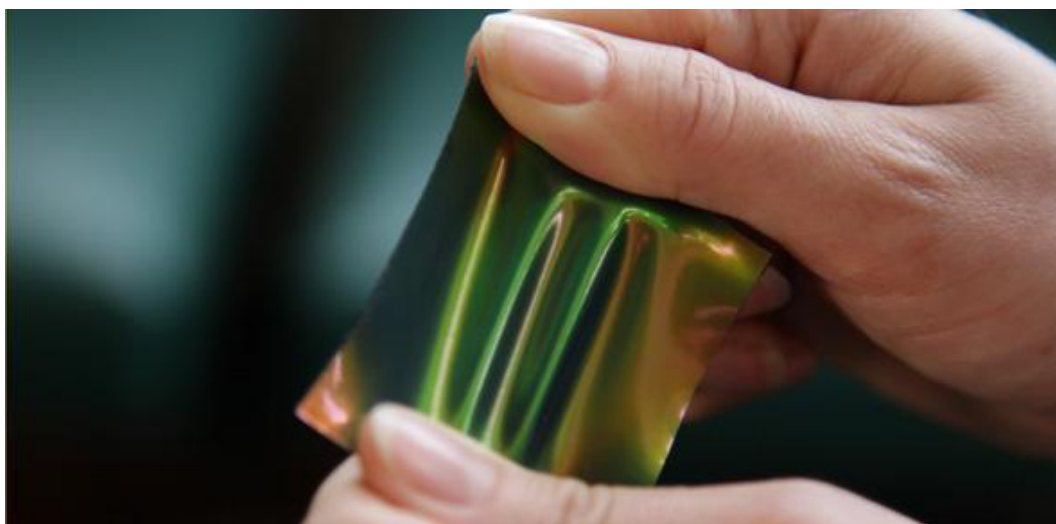
Termokromaattisten materiaalien reaktion laukaisee lämpötila. Värien muuttumiseen voidaan vaikuttaa monen eri tekijän avulla. Jos metallioksidia lämmitetään, voi se muuttua lopullisen värin sävyä. Lisäksi materiaalien puhtaus ja paksuus vaikuttavat lopulliseen väriin. (Ferrara ym 2014, 17). Tekstiiliteollisuudessa termokromaattisia väriaineita on käytetty 1980-luvulta lähtien.

Pietsokromaattiset materiaalit reagoivat mekaaniseen paineeseen tai kuormitukseen, siksi niitä kutsutaan joissakin lähteissä myös mekanokromaattisiksi materiaaleiksi. Niitä on tutkittu vähemmän kuin muita kromaattisia materiaaleja, mutta ne ovat tutkijoiden mielestä yksi lupaavimpia vaihtoehtoja. Eräessä testissä PMA-spiropyraaniliuosta käsiteltiin ultraäänellä 6-9 °C lämpötilassa. Väritön neste muuttui tällöin vaaleanpunaiseksi. Neste muuttui takaisin värittömäksi 40 minuutin kuluttua sen altistuttua normaalille huoneenlämmölle ja –valolle. (Ferrara ym 2014, 47). Pietsokromaattiselle materiaalille, antrakinoni-imidin (AQI) johdannaiselle, tehtiin vuonna 2012 testi, jonka tuloksena onnistuttiin luomaan kolme eri polymeeriä. Kaikilla näillä pietsokromaattisilla polymeereillä oli erilainen värinmuodostus, yhdellä oranssista tummaan punaiseen, toisella tummasta violetista mustaan ja kolmannella keltavihreästä punaiseen. Muutoksen tapahtuminen vaati 900 MPa:n paineen. Näiden värien muutos oli pysyvää, ne eivät muuttuneet takaisin alkuperäiseen väriinsä, kuten useimmat kromaattiset materiaalit tekevät.

Pietsokromaattisiin materiaaleihin liittyy myös käsite rakenteellinen väri (structural color). Rakenteellinen väri tarkoittaa värivaikutelmaa, joka syntyy valkean valon taittuessa rakenteen erilaisilta pinnoilta jonkin toisen värin aallonpituudeksi. Toisin sanoen kohteen pinnan rakenne vaikuttaa näkyvään väriin. Rakenteellisen värin etuna on, edellyttäen että rakenne

pysyy samana eikä siihen tule muutoksia, ettei se käytännössä koskaan haalistu. Siihen ei myöskään vaikuta aika eikä lämpötila.

Tekstiiliteollisuuden kannalta tämä olisi todella suuri edistysaskel, sillä värien haalistuminen on perinteisesti ollut ongelma. Rakenteellista väriä löytyy esimerkiksi riikinkukkojen höyhenissä, perhosten siivissä ja koppakuoriaisten kuorissa. Rakenteelliseen väriin liittyen, vuonna 2013 Cambridgen yliopisto onnistui kehittämään saksalaisen Fraunhofer Institutin kanssa ”polymeeriopaalin” (polymer opal, kuva 1). Opaalin väri tulee yhdestä kerroksesta nanopartikkeleja, ja se muuttuu väriään sinisen suuntaan kun sitä venytetään ja punaiseen päin kun sitä puristetaan kasaan. (Ferrara ym 2014, 48).



KUVA 1. Polymer opal (Saffell 2013)

Elektrokromaattiset materiaalit reagoivat sähkövirtaan. Joissakin yhteyksissä elektrokromaattisista materiaaleista erotellaan vielä elektro-optiset materiaalit omaksi ryhmäkseen. Suurin ero näiden kahden ryhmän välillä on siinä millaiseksi materiaali muuttuu reagoinnin jälkeen. Siinä missä elektrokromaattiset materiaalit muuttavat väriä, elektro-optisten materiaalien muutos on enemmänkin läpinäkyvyydessä. Ne muuttuvat useimmiten maitomaisen läpinäkyvättömiksi. (Ferrara ym 2014, 25).

Kemialliskromaattiset materiaalit jaetaan useampaan alaryhmään. Yksi näistä ryhmistä on kaasukromaattiset materiaalit, joiden reaktion aiheuttavat erilaiset kaasut, kuten vety tai hiilimonoksidi (häkä) (Ferrara ym 2014, 43). Halokromaattiset materiaalit reagoivat lisätyn materiaalin happamuuteen. Näitä käytetään esimerkiksi kertomaan pH-arvon muutoksesta. pH-arvoja verrattaessa tulokseksi saatua väriä täytyy verrata varmennettuun värimalliin, jotta tulos voidaan vahvistaa (Ferrara ym 2014, 44). Solvatokromiset materiaalit reagoivat erilaisiin liuottimiin. Liuotin voi olla joko nestemäinen tai kaasumainen. Liuottimen polaarisuus vaikuttaa sen reaktioon tietyn materiaalin kanssa. Solvatokromisten materiaalien ryhmä jakaantuu vielä hygro- ja hydrokromaattisiin materiaalityyppeihin. Hygrokromaattiset materiaalit reagoivat jo kosteuden kanssa; hydrokromaattiset materiaalit reagoivat vasta kun ne kastellaan vedellä. Niitä käytetäänkin tekstiiliteollisuudessa usein erikoispainatusmusteina. Ne ovat normaalisti opaakkivalkoisia, mutta kun ne kastellaan, ne muuttuvat läpinäkyviksi ja paljastavat alla olevan painatuksen. (Ferrara ym 2014, 46).

Biokromaattiset materiaalit reagoivat esimerkiksi entsyymeihin, proteiineihin, viruksiin ja peptideihin. Niitä käytetäänkin pääasiassa terveydenhuollon erilaisiin tarpeisiin. Esimerkiksi haava päälle laitettava sideharsotaitos voi olla käsitelty niin, että siinä on haavan paranemista nopeuttavia aineita. (Ferrara ym 2014, 52).

Magnetokromaattisten materiaalien reaktiot laukaisee magneettikenttä. Nämä materiaalit ovat uusi tuttavuus ja niiden tutkimus on vasta alkanut. (Ferrara ym 2014, 12).

3.1.3 Muistimateriaalit

Muistimateriaaleiksi mielletään muistimetallit (shape memory alloys, SMA), muistipolymeerit (shape memory polymers, SMP) ja magneettisesti ohjattava muistimetalli (magnetic shape memory alloy, MSM). Näiden lisäksi on kehitetty (shape memory hybrid, SMH), joka yhdistää joko muistimetallia tai -polymeeriä ja jotain muuta materiaalia, esimerkiksi keramiikkaa.

Wei Min Huang (2002) määrittelee muistimetallit metalleiksi, joilla on kyky muistaa alkuperäinen muotonsa ja palata siihen transformaatiolämpötila- altistuksen jälkeen. Tätä muutosta kutsutaan nimellä muisti-ilmiö (shape memory effect, SME) (Hannula 2016).

Muutos perustuu martensiitti-austeniitti kidemuodonmuutokseen. Austeniittivaiheessa atomit ovat järjestäytyneet tiukasti kuutiomaiseen järjestykseen kun taas martensiittivaiheessa ne ovat ikään kuin liukuneet hieman lomittain. Kun austeniittivaiheessa oleva muistimateriaali joutuu alhaisempaan lämpötilaan, se laukaisee reaktion ja atomit alkavat siirtyä martensiittivaiheeseen. Reaktiosta palautuminen tapahtuu kun martensiittivaiheessa olevaa materiaalia lämmitetään määritetyn aktivointilämpötilan lähelle tai yli. Tällöin atomit palautuvat takaisin alkuperäiseen austeniittivaiheen järjestykseen. Austeniittivaihe on materiaalin vahvempi vaihe, jolloin se on myös paljon jäykempää ja huonommin muovautuvaa verrattuna martensiittivaiheeseen. (Gök, Bilir & Gürcüm 2015, 2161; Hannula 2016)

Muistimetallien kolme suosituinta seosryhmää ovat nikkeli-titaani (NiTi) – seokset, kupari-sinkki-alumiini (CuZnAl) –seokset sekä kupari-alumiini-nikkeli (CuAlNi) –seokset. Nikkeli-titaani –seokset ovat selkeästi suosituimpia, ja yksi eniten käytetyistä materiaaleista on nimeltään Nitinol.

Muistimetallien tunnetuin käyttötapa tekstiiliteollisuudessa on rintaliivien kaarituki (Hannula 2016). Uusia sovellutuksia on kehitteillä; esimerkiksi italialainen yritys nimeltä Grado Zero Espace kehitti Oricolco –nimisen Nitinolia sisältävän kudotun kankaan. Kankaasta ommeltiin paitapusero, jonka hihat lyhenevät lämpötilan muutoksen mukaan (kuva 2). Mitä lämpimämmässä tilassa käyttäjä on, sitä lyhyemmäksi hihat muuttuvat (Pailes-Friedman 2016, 83). Jinlian Hu (2011, 158) mainitsee käyttökohteena myös villan ja huovan. Näiden ryhdikkyyttä pystyttiin parantamaan huomattavasti kun ne käsiteltiin muistimetallia sisältävällä viimeistelykäsittelyllä.



KUVA 2. Oricalco –materiaalista valmistettu paita (Grado Zero Espace 2016)

Muistimetallien käytön etuja ovat muun muassa että ne voidaan ohjelmoida reagoimaan lähes mihin lämpötilaan tahansa, sekä muodostamaan lähes mitä tahansa muotoja; lisäksi reaktio on toistettavissa moneen kertaan. (Pailes-Friedman 2016, 83.)

Muistipolymeerit ovat tekstiiliteollisuudelle mielenkiintoinen vaihtoehto, sillä niiden ominaisuuksia voidaan muokata helpommin ja monipuolisemmin kuin muistimetalleja. Muistipolymeerien skaala on laaja kovista materiaaleista pehmeisiin ja ne voidaan tehdä taipuisiksi, joustaviksi ja helposti muovattaviksi. Ne ovat myös edullisempia kuin muistimetallit. Polymeerit voidaan ohjelmoida reagoimaan valoon, lämpötilaan, happamuuteen, tiettyihin kemikaaleihin, magneettikenttään tai kosteuteen. (Gök ym. 2015, 2163; Hu 2014, 23.)

Muistipolymeerejä voidaan käyttää tekstiiliteollisuudessa joko kuituna, lankana tai kankaana. Käyttökohteita ovat muun muassa kengät, erilaiset hengittävät materiaalit, eristävät materiaalit sekä erilaiset käsittelyt.

Käsittelyillä voidaan vähentää esimerkiksi materiaalin rypistymistä tai kutistumista. (Gök ym. 2015, 2164.)

Magneettiset muistimateriaalit (MSM) toimivat hieman samalla tavalla kuin muistimetallit tai –polymeerit. Erona on muun muassa se, että reagointi tapahtuu magneettikentän vaikutuksesta eikä se ole riippuvainen lämpötilan muutoksesta. Huomioitavaa on myös se, että magneettiset muistimateriaalit eivät tarvitse johtoja. Muutos voi olla kiertymistä, venymistä, taantumista tai näiden yhdistelmiä. Reaktiot ovat yleensä noin 100 kertaa nopeampia kuin muistimetalleilla. Vaikka magneettisia muistimetalleja pidetään hauraina, ne ovat käytössä kuitenkin tarkkoja ja reaktiot voidaan toistaan useita kertoja. Eniten käytetty magneettinen muistimateriaali on nikkeli-mangaani-gallium (Ni-Mn-Ga) –seos. (Gauthier, Hubert, Abadie, Chaillet & LExcellent 2008.)

3.1.4 Muita adaptiivisia tai muistimateriaaleja

Yllä esiteltyjen materiaalien lisäksi käytössä on vielä suuri joukko muita adaptiivisia materiaaleja. Näitä ovat muun muassa pietsosähköiset materiaalit, jotka tuottavat pienen, mutta mitattavissa olevan virran. Muun muassa villa ja silkki voidaan laskea mukaan pietsosähköisiin materiaaleihin.

Elektro- ja magnetoreologiset materiaalit ovat paksuhkoja nesteitä, joiden olomuoto muuttuu nopeasti lähes kiinteäksi, kun ne altistetaan joko sähkö- tai magneettikentän vaikutukselle. Ne palaavat takaisin nesteeksi kun kentän vaikutus loppuu.

Elektro- ja magnetostriktiiviset materiaalit muuttavat kokoaan sähkö- tai magneettikentän vaikutuksesta tai synnyttävät mitattavan jännitemuutoksen kun niitä venytetään.

Aukseettiset materiaalit laajenevat käsiteltävän kappaleen kaikkiin suuntiin vaikka sitä venytettäisiin vain yhteen suuntaan. (Eskelinen 2013).

3.1.5 Sähköä johtavat tekstiilimateriaalit

Sähköä johtavat tekstiilimateriaalit johtavat sähkövirtaa tai muodostavat jonkin laitteen sähkökentän. Suomen Standardisoimisliiton standardin (2011, 10) mukaan materiaali on sähköä johtava, jos sen ominaisjohtavuus (ominaisresistanssi) on suurempi kuin 10^{-2} S/m ($<10^4$ ohmisenttiä (Ωcm)). Materiaalilla katsotaan olevan metallin sähkönjohtavuus, jos sen ominaisresistanssi on suurempi kuin 10^2 S/m (<10 ohmisenttiä (Ωcm)). Metalleilla on suurin ominaisjohtavuus, mutta myös joillakin polymeereillä, kuten indiumtinaoksidilla (ITO), on metallien kaltainen sähkönjohtavuus.

Sähkönjohtavuus voidaan lisätä joko jo kuituvaiheessa tai vasta kudoksen valmistamisen jälkeen. Lankaan voidaan lisätä metallikuitua kehräysvaiheessa tai perusmateriaalista valmistettu lanka voidaan päällystää metallilla. (Stoppa & Chiolerio 2014.)

Sveitsiläinen Swiss-Shield® on erikoistunut sähkömagneettisen säteilyn suojaukseen tarkoitettujen lankojen ja kankaiden valmistukseen. He valmistavat monisäikeistä lankaa, jossa yksi säikeistä on metallia. Perusmateriaali voi olla puuvillaa, polyesteriä, polyamidia tai aramidia, johon lisätään yksi säie kuparia, pronssia, hopeaa, kultaa tai alumiinia. (Swiss Shield 2016.)

Saksalainen Imbut GmbH – niminen yritys on puolestaan kehittänyt ELITEX® -langan, joka valmistetaan päällystämällä polyamidiydin hopealla. Langasta on eri versioita, yksi on suunnattu lääketieteellisiin sovelluksiin, toinen versio sopii paremmin eristykseen tai korroosionestoon ja kolmas sopii käytettäväksi joustavien lankojen kanssa. (Imbut GmbH 2016.)

Sähköä johtavan kudoksen valmistuksessa voidaan käyttää kolmea eri tapaa. Kudoksia voidaan valmistaa kokonaisuudessaan langasta, jossa on johtavuus mukana. Tämän tavan lopputulos voi olla epätasainen ja riippuu paljon käytetyistä materiaaleista, mutta toisaalta tällä saadaan kudokseen suuri määrä sähkönjohtavuutta, jolloin siihen voidaan tehdä

monimutkaisempia yhdistelmiä esimerkiksi asentamalla useampia sähköä tarvitsevia elektroniikkaosia. (Stoppa ym 2014.)

Toinen tapa tehdä kudoksesta johtavaa, on brodeerata kuvio sähköä johtavalla langalla. Brodeeraustyö vaatii brodeerauskoneen, mutta toisaalta se mahdollistaa monimuotoiset kuviointimahdollisuudet. Brodeerauksen voi tehdä koristeena tai suoraan tarvittavan komponentin muotoon, esimerkiksi tekstiiliin integroidun musiikkisoittimen toimintonäppäimet voidaan brodeerata suoraan vaikkapa hihansuuhun.

Kolmas tapa saada kudoksesta sähköä johtavaksi on tehdä painatuksia erilaisilla sähköä johtavilla painoväreillä tai musteilla. Värien tulee sisältää joko hopean, kullin tai kuparin nanopartikkeleita sekä sidosainetta. (Stoppa ym 2014.)

Sähköä johtavia tekstiilejä käytetään muun muassa erilaisina sensoreina, virranlähteenä, lämmityselementtinä, antennina, kytkimenä, aktuaattorina ja tunnistimena. Lisäksi niitä käytetään sähkömagneettisilta häiriöiltä suojautumiseen, kuten esimerkiksi eristeinä laitteissa, jotka säteilevät ulospäin radioaaltoja tai suojana muualta tulevaa säteilyä vastaan. Perinteinen esimerkki tällaisesta häiriöstä on vanha GSM-puhelin, joka saattoi soidessaan aiheuttaa rätinää radiosta kuuluvaan lähetykseen.

Sähköä johtavia tekstiilejä käytetään paljon myös staattisen sähkönpurkauksen estämiseen; sähköä johtavaa tekstiiliä käytetään puhdistilasuojavaatteiden materiaalina esimerkiksi elektroniikka- ja teollisuudessa. Tekstiilin tarkoitus on poistaa staattinen sähkö valmistusvaiheessa ja varmistaa tuotteen herkkien komponenttien pysyminen ehjänä.

3.1.6 Lämpöä johtavat tekstiilimateriaalit

Perustekstiilimateriaalit itsessään johtavat lämpöä kohtuullisen vaatimattomasti, esimerkiksi puuvillan lämmönjohtokyky on $0.04 \text{ W}/(\text{m K})$. ja huovutetun villan $0.07 \text{ W}/(\text{m K})$ (The Engineering Toolbox 2016).

Metallien lämmönjohtavuus on yleensä yli 20 W/(m·K) ja niitä pidetäänkin erittäin hyvinä lämmönjohtimina (Suomen Standardisoimisliitto 2011, 10). Siksi tekstiilien lämmönjohtavuutta voidaan lisätä samalla tavalla kuin sähkönjohtavuuttakin, eli lisäämällä luontaisesti johtavaa materiaalia tai polymeeriä jo kuituasteella tai kutomisen yhteydessä, tai lisäämällä lämpöä johtava pinnoite tai brodeeraus valmiin kudoksen päälle.

Älytekstiilijärjestelmissä lämpöä johtavia tekstiilimateriaaleja voidaan käyttää jäähdytyslevyinä, esimerkiksi elektronisten osien jäähdyttämiseen tai lämmityspaneeleina erilaisissa vaatekappaleissa kuten takissa tai hanskoissa. (Suomen Standardisoimisliitto 2011, 10; Klan Heated Clothing 2016.)

3.2 Nanoteknologia

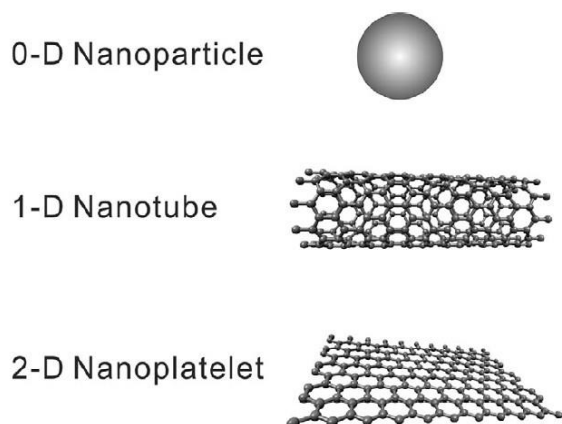
Nanoteknologia, joka perustuu nanotieteeseen, määritellään tieteenalaksi, joka tutkii atomien, molekyylien ja muiden ainemuotojen liikettä ja muutoksia kokoluokassa 0,1 – 100 nanometriä (Ko & Wan 2014, 1).

Nanoteknologian tavoitteena on uusien materiaalien ja laitteiden valmistaminen sekä tutkimusmetodien ja tekniikoiden kehittäminen (Ko ym 2014, 2). Nanometri, yleisesti lyhennettynä nm, on metrin miljardisosa, jota yleisemmin esitetään muodossa 10^{-9} m. Koon pienuutta auttaa ymmärtämään esimerkiksi se, että hiuksen läpimitta on yleensä 20 000 – 50 000 nanometriä.

Nanomateriaalit ovat levinneet laajasti käyttöön usealle eri alalle. Siksi niitä voidaan luokitella muun muassa ulottuvuuden, kemiallisen koostumuksen, aineiden ominaisuuksien, aineiden käyttötapojen tai valmistustapojen mukaan (Ko ym 2014, 5).

Niin sanotun nollaulottuvuuden (0-D) nanomateriaali on partikkeli, joka on nanosymmetrinen kolmeen eri suuntaan; useimmiten tällainen on pyöreä nanopartikkeli. Ulottuvuudeltaan 1-D –luokkaan kuuluvat nanoputket ja –kaapelit, joilla on nanosymmetria kahteen eri suuntaan tai joiden koko on alle 100 nanometriä. 2-D –luokkaan kuuluvat muun muassa grafeenilevyt,

joille tyypillistä on, että niiden paksuus on alle 100 nanometriä. Partikkeleiden ulottuvuudet on esitelty kuvassa 3.



KUVA 3. Nanomateriaalien erilaisia ulottuvuuksia (Ko ym. 2014)

Kemiallisen koostumuksen mukaan luokitellaan muun muassa nanometallit, –keramiikka, –polymeerit sekä nanolasit ja –kristallit. Ominaisuuksien mukaan luokitelluissa materiaaleissa on puolestaan nanomagneettisia, superjohtavia tai puolijohtavia nanomateriaaleja, hajautetun nanofotoniikan materiaaleja sekä lämpösähköisiä nanomateriaaleja. Käytön mukaan luokitellessa nanoteknologia jaotellaan nanoelektronisiin ja optoelektronisiin materiaaleihin, nanolääkeaineisiin, energiaa varastoiiviin nanomateriaaleihin sekä nanoanturimateriaaleihin. (Ko ym 2014, 5).

Nanokuituteknologia käsittää nanokokoisten kuitujen käsittelyn, valmistuksen ja käytön. Nanokuiduksi määritellään kuitu, jonka läpimitta on 100 nanometriä tai alle. Kuituja voidaan valmistaa usealla eri tavalla, kuten esimerkiksi sabluunatekniikalla (template method) tai faasierkautumisella (phase separation), mutta eniten käytetty menetelmä on sähkökehruu (elektrospinning). Sähkökehruu pohjautuu perinteiseen kehräystapaan, jossa kuitua tai lankaa valmistetaan puristamalla se suuttimen läpi. Suurin ero sähkökehruun kohdalla on, että puristettava materiaali tulee nanokokoluokkaa olevan suuttimen läpi ja kehräystä autetaan

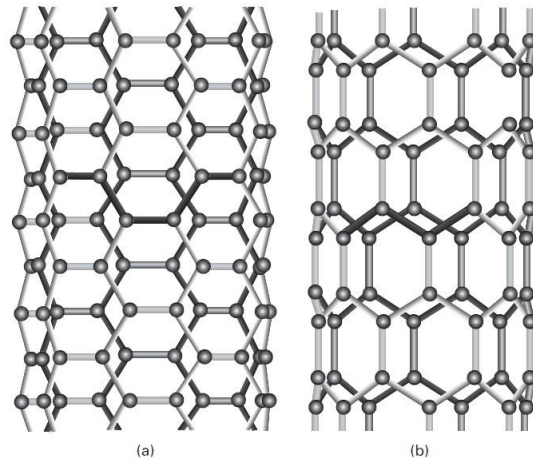
voimakkaalla sähkövirralla. Lankojen valmistaminen on ollut ongelmallista jo pelkän mikroskooppisen pienen koon vuoksi, mutta joissakin tutkimuksissa on jo onnistuttu kehräämään pidempää lankaa. Kehrättävään materiaaliin voi lisätä esimerkiksi nanohiiliputkia tai nanokeramiikkahiukkasia kunhan ne ovat mukana kehrättävässä polymeeriliuoksessa (Ko ym 2014, 6).

Nanokuitujen ominaisuuksista ylitse muiden on pinta-alan kasvu. Kun kuidun läpimitta pienenee, kasvaa pinta-ala rajusti - esimerkiksi 1000 m²/g on täysin mahdollista. Suurempi pinta-ala mahdollistaa polymeerikuitujen paremmat kemialliset, mekaaniset ja sähköiset ominaisuudet. (Ko ym 2014, 6).

Yksi nanoteknologian keskeisimpiä käsitteitä on nanohiiliputki (carbon nanotube, CNT). Yksinkertaistettuna nanohiiliputken voi ymmärtää koostuvan kuusikulmioiden muodostamasta kennomaisesta grafiittilevystä. Kun tätä levyä käsitellään, sen seurauksena se kääntyy rullalle ja syntyy putkimainen rakenne, jota normaalisti ei löydy luonnosta. Putken läpimitta on usein 1-2 nanometriä. Näin syntyy yksiseinäinen nanoputki (single walled carbon nanotube, SWNT). Moniseinäinen nanoputki (multi walled carbon nanotube, MWNT) muodostuu nimensä mukaisesti useammasta sisäkkäin olevasta grafiittilevystä. (Regi 2007, 118.) Nanohiiliputket ovat noin kaksikymmentä kertaa vahvempia kuin teräs. Vahvuuden lisäksi ne ovat myös kevyitä; siksi niitä käytetäänkin paljon vahvistamaan erilaisia komposiitteja (Dresselhaus, Dresselhaus & Avouris 2000, Ojapalon 2008, 15 mukaan).

Tutkimukset nanohiiliputkista ovat kuitenkin osoittaneet, että ainakin osa niistä käyttäytyy kuten asbestikuidut ja ne saattavat aiheuttaa syöpää varsinkin hengitettynä. Moniseinäiset nanoputket ovat olleet tutkimuksissa pahemmin syöpää aiheuttavia (Toyokuni 2013, 2102).

Nanohiiliputkilla on erilaisia atomirakenteita (kuva 4). Rakenteet määräytyvät kiraalikulman perusteella eli siitä missä asennossa grafiittilevyn kuusikulmaiset atomirenkaat ovat. (Ko ym 2014, 196).



KUVA 4. Nanohiiliputkien erilaisia rakenteita. Kuvassa rakenne (a) on nimeltään armchair ja rakenne (b) zigzag (Ko ym. 2014)

Putkien lisäksi on olemassa myös muita harvinaisempia muotoja, kuten donitsimainen torus tai ulokkeinen tuubi, jota kutsutaan nimellä nanobuds.

Samalla tavalla kun nanohiiliputkia luodaan, on mahdollista luoda myös muita nanomateriaaleja; käyttämällä perusaineena alumiinia, voidaan luoda nanoalumiiniputkia tai käyttämällä keramiikkaa, voidaan luoda keraamisia nanopartikkeleita. (Regi 2007, 125.)

Tekstiiliteollisuudessa nanotekniikan käyttötapoja on lukuisia. Esimerkiksi polyamidia on testattu tuotettavaksi sähkökehrumenetelmällä ja todettu sen toimivan. Lopputuloksena saatiin materiaalia, joka toimii esimerkiksi sotilaiden suojavaatetuksessa, vahvistavana materiaalina komposiittimateriaalien kanssa, optisissa sensoreissa, pietsosähköisissä sovelluksissa sekä haavasidoksissa (Afsari, Kotek & Tonelli 2007, 71).

Polypropyleenin värjäys on ollut vuosia ongelmallista, käytännössä ainoa tapa jolla sitä on voitu värjätä järkevästi ja taloudellisesti, on ollut värjätä perusmassa ennen langan kehräystä. Useita eri tekniikoita on vuosien aikana kokeiltu, mutta jokaisesta on lopputulos ollut huono jonkin syyn vuoksi. Keskeisimpiä näistä on ollut värjäyksen hinta, joka on nostanut lopullisen värjätyn materiaalin hintaa. Lisäksi ongelmia aiheuttivat materiaalin mekaanisten ominaisuuksien heikkeneminen sekä epätasaisen ja heikon käsittelyn jälkeen huono värjäytyvyys. (Fan & Mani 2007, 321).

Nanomateriaaleja käytetään tekstiiliteollisuudessa myös erilaisiin käsittelyihin. Sillä pystytään muun muassa parantamaan materiaalien sähkönjohtamiskykyä, magneettista vastaanottavuutta, korroosion suojausta, hankauksenkestoa, veden ja öljyjen hyljintää tai hillitsemään kitkaa. Käsittely voidaan tehdä jo kuitutasolla, jolloin nanokuiduista ja niiden pienestä koosta saadaan suurempi hyöty kuin laminointikäsittelystä kudoksen pinnalla. (Stegmaier, Dauner, Von Arnim, Scherrieble, Dinkelmann & Planck 2007, 409).

Materiaaleille voidaan myös valmistaa täysin uusia käsittelyjä, kuten esimerkiksi itsensä puhdistava pinta. Tätä kutsutaan myös nimellä Lotus-efekti, ja se tarkoittaa pintaa joka puhdistuu pelkällä vedellä, esimerkiksi sateessa, ilman minkäänlaisia puhdistusaineita (Stegmaier ym 2007, 421).

4 KAUPALLISIA SOVELLUTUKSIA

Älyvaatteiden ja –tekstiilien kirjo on nykyään laaja. Suurin osa esitellyistä tuotteista on kuitenkin vasta joko suunnitteluasteella tai ne ovat yksittäiskappaleita, jotka on valmistettu erityisesti jotain tiettyä tapahtumaa, kuten esimerkiksi messuja tai näyttelyä, varten. Tässä kappaleessa keskitytään paria poikkeusta lukuun ottamatta pääasiassa markkinoilla jo oleviin, teollisesti sarjatuotantona valmistettuihin tuotteisiin.

Älyvaatteiden ja –tekstiilien valikoima painottuu toistaiseksi voimakkaasti joko urheilutekstiileihin tai työ- ja turvavaatetukseen. Sovellutuksia tulee kuitenkin koko ajan lisää ja näyttääkin vahvasti siltä, että esimerkiksi terveydenhoitoalalla älytekstiilien käyttö tulee kasvamaan rajusti.

Suomalainen Clothing+ -yritys on yksi alan edelläkävijöistä. Heidän kehittämänsä Peak+ -mittausratkaisu yhdistää sykemittarin vaivattomasti joko perinteiseen sykevyöhön, urheilupaitaan tai urheilurintaliiveihin, joihin sensorit on integroitu jo valmistusvaiheessa. Tuotteissa, joissa Clothing+:n sensoreita on käytetty, ei sitä kuitenkaan mainita; yrityksen strategia onkin tarjota vaate- ja tekstiilivalmistajille valmis tekninen ratkaisu, joka lisätään asiakasyrityksen tuotteeseen.

Clothing+:n sensoreita on käytössä muun muassa seuraavissa yrityksissä tai tuotteissa: Adidas, Berlei, Garmin, Kalenji, Lululemon, Mbody, Philips, Podium, Shock Absorber, Salomon, Samsung, Sigma Sport, Suunto, Timex, TomTom ja Under Armour (LinkedIn 2016).

Terveydenhuollon tuotteista mainittakoon Clothing+:n ja Philipsin yhteistyönä kehitetty liivi, joka mittaa nesteen määrää potilaan keuhkoissa. Lisäksi he ovat kehittäneet vyön, joka mittaa keuhkojen toimintaa sekä valopeiton pikkuvauvojen keltataudin hoitoon (Clothing+ 2015).

4.1 Urheilutekstiilit

4.1.1 Athos Training Wear

Athoksen kehittämien sensorien toiminta perustuu elektromyografiaan (EMG) eli lihassähkökäyrään. Sensorit pystyvät lukemaan lihasten lähettämiä sähköisiä impulsseja ja muuttavat ne lihaksen käytön prosenttiluvuksi. Maksimi on sata prosenttia, jolloin lihas toimii täydellä tehollaan. Prosenttiluvun avulla käyttäjän on helppo tulkita tuloksia ja nähdä kuinka paljon mitkäkin lihakset ovat tehneet työtä harjoituksen aikana. Kun jokaista lihasta voidaan seurata erikseen, tämä mahdollistaa tasapainoisen ja tarkan täsmätreenauksen juuri oikealle lihakselle tai lihasryhmälle.

Athoksen paidassa (kuva 5) on yhteensä neljätoista sensoria, joista kaksi mittaa sydämen sykettä ja loput lihasten signaaleja. Housuosassa puolestaan on yhteensä kaksitoista sensoria, joista neljä mittaa sydämen sykettä ja loput kahdeksan lihasten signaaleja. Mitattavia ja määriteltäviä ominaisuuksia ovat lihaksen työskentelyn teho, aktiivisuuden määrä ja tasapaino sekä sydämen syke. Tiedot lähetetään bluetooth –yhteyden avulla käyttäjän matkapuhelimen sovellukseen, joka toimii ainoastaan iOS –pohjaisissa laitteissa. (Mad Apparel Inc 2016.)



KUVA 5. Athos Training wear (Mad Apparel Inc. 2016)

4.1.2 Enflux Smart Clothing

Enfluxin paitaan ja trikoohousuihin (kuva 6) on asennettu kymmenen 3D –liikesensoria, jotka sydämensykkeen mittauksen lisäksi seuraavat koko kropan liikkeitä. Vaatteet suunniteltiin alun perin peliteollisuuden käyttöön, kun 3D –mallinnukseen ja kuvaukseen liittyviä kustannuksia haluttiin pienentää ja koko prosessia nopeuttaa. Vaatetus mahdollistaa liikkeiden kuvauksen ilman suuria lavasterakennelmia, sillä pelkkä Enfluxin asun päälle pukeminen riittää eikä edes kameroita tarvita. Samalla mukaan tuli urheiluaspekti, kun vaatteiden kehittäjät tajusivat tuotteensa potentiaalin. Käyttäjä voi nähdä suorituksensa reaaliajassa 3D -grafiikkana ja korjata esimerkiksi jalan virheasentoa. Käyttäjän on myös mahdollista saada reaaliaikaista ääniohjausta harjoittelun aikana, jos älypuhelin on harjoittelun aikana tarpeeksi lähellä. Enflux tarjoaa myös mahdollisuutta lähettää grafiikka oikealle valmentajalle katsottavaksi ja kommentoitavaksi heidän online-palvelunsa kautta.



KUVA 6. Naisen Enflux Smart Clothing asu (Enflux Inc 2016)

Data siirretään antureista bluetooth -yhteyden avulla matkapuhelimeen tai tablettiin. Akun kestoksi luvataan 14 tuntia yhdellä latauksella; lataus hoidetaan USB-johdon kautta esimerkiksi tietokoneelta. Asu on yrityksen mukaan konepesun kestävä. Enfluxin kännykkäsovellus on tällä hetkellä optimoitu painonnostajille ja juoksijoille, mutta yrityksen mukaan tulevaisuudessa se tulee palvelemaan vielä paremmin myös muiden lajien harrastajia. Vaatteiden joukkorahoituskampanja päättyi huhtikuussa 2016 ja yritys keräsi tarpeeksi rahoitusta valmistuksen aloittamiseksi. Valmiiden tuotteiden toimitukset alkoivat kesä-heinäkuussa 2016. (Enflux Inc 2016.)

4.1.3 Hexoskin Smart Shirt

Kanadalaisen yrityksen tuote on Hexoskin Smart –paita (kuva 7), joka mittaa monipuolisesti erilaisia elintoimintoja: muun muassa sydämen lyöntitiheyttä ja sen muutoksia, hengityksen nopeutta ja hengitysilman määrää, harjoittelun intensiteettiä, askelten määrää ja vauhtia sekä jopa nukkuma-asentoa. Tiukahkoon trikoopaitaan on asennettu erilaisia sensoreita, jotka lähettävät tallennetut tiedot sivutaskussa olevaan pieneen keskusyksikköön. Keskusyksikkö on noin 7 cm x 4 cm mittainen litteähkö akun näköinen paketti, joka otetaan paidassa olevasta taskusta pois ennen pesua. Keskusyksiköstä tiedot siirtyvät joko älypuhelimeen tai tablettiin, ja jos käytössä on internetyhteys tai wlan-verkko, silloin tiedot siirtyvät myös Hexoskinin pilvipalveluun, josta tietoja voi katsella sopivana ajankohtana. Akun kestoksi luvataan käytössä yli 30 tuntia yhdellä latauksella. Hexoskin Smartin bluetooth -yhteys mahdollistaa yhteiskäytön usein eri merkkisten sykemittareiden kanssa, muun muassa Polarin ja Suunnon tiettyjen mallien kanssa. Älypuhelimessa ja tableteissa täytyy olla käyttöjärjestelmänä joko Android tai iOS, jotta niille voi asentaa Hexoskinin käyttämän sovelluksen. Hexoskin Smart –paita on jo yrityksen toinen älyvaate, aiempi paita tuli markkinoille edellisen joukkorahoituskampanjan turvin vuonna 2013. (Carre Technologies Inc 2016.)



KUVA 7. Hexoskin Smart tuoteperhe (Carre Technologies Inc 2016)

4.1.4 MBody by Myontec

Suomalaisen Myontecin MShorts –älyshortsit (kuva 8) keräävät monipuolista tietoa harjoittelusta. Niiden toiminta perustuu elektromyografiaan (EMG) eli lihassähkökäyrään. Shortsit näyttävät ulospäin pyöräilyhousuilta ja niiden suunnittelussa onkin huomioitu erityisesti pyöräilijät ja triathlonurheilijat, vaikka shortseja käyttävien urheilijoiden lajikirjo onkin laaja – käyttäjäkuntaan kuuluu muun muassa jääkiekkoilijoita, jalkapalloilijoita, pikaluistelijoita ja laskettelijoita.



KUVA 8. MBody älyshortsit sekä MCell Smart keskusyksikkö



KUVA 9. MBody älyshortsit sekä MCell Smart keskusyksikkö nurinpäin käännettynä

Housuissa olevien antureiden avulla kerätään tietoa muun muassa lihasten käyttöasteesta, tasapainosta, sydämen sykkeestä, suorituksen rytmistä, etäisyydestä ja nopeudesta. Tieto kerätään housuissa olevien antureiden (kuva 9) avulla vyötärölle kiinnitettävään MCell Smart -keskusyksikköön, josta se voidaan purkaa bluetooth –yhteyden avulla harjoituksen jälkeen tietokoneelle pilvipalvelussa toimivaan sovellukseen tai suoraan matkapuhelimeen jo harjoituksen aikana. Matkapuhelimissa sovellus toimii vain iOS tai Android pohjaisissa laitteissa. (Myontec Ltd 2015.)

4.1.5 ReimaGO®

Reima on tuonut yhteistyössä Suunnon kanssa markkinoille ReimaGo® -tuoteperheen, joka on suunniteltu mittaamaan lasten liikkumista. Vuoden 2016 aikana tuoteperheeseen kuuluu lasten toppatakkeja ja –haalareita, ja kevään 2017 mallistoon on myös tulossa housut.

Vaatteiden erikoisuus on ReimaGo® -tasku, joka on suunniteltu eritoten Suunnon valmistamalle Movesense® -teknologiaan perustuvalla aktiivisuussensorille (kuva 10). Sensori muistuttaa ulkoiselta olemukseltaan Suunnon vanhemman mallista sykemittaria, mutta on kooltaan hieman pienempi.

Sensori asetetaan sitä varten suunniteltuun taskuun, jossa se kiinnittyy vaatteeseen paremmin kuin normaalissa taskussa. Sensori mittaa ainoastaan lapsen liikkumista tallentamalla liikunnan tehon ja keston.

Sensorin tuottamaan dataa voidaan hallinnoida ReimaGO – mobiilisovelluksella, joka toimii ainoastaan iOS 8 –pohjaisella tai sitä uudemmalla laitteella. Androidille vastaava sovellus on tulossa keväällä 2017. Kerätty tieto muunnetaan sovelluksessa pisteiksi, joita lapset voivat käyttää virtuaaliseen peliin. (Reima Oy 2016.)



KUVA 10. Suunto Movesense® aktiivisuussensori, peli ja sovellus (Reima Oy 2016)

4.1.6 Sensoria Fitness

Sensoria Fitnessin Smart Socks -älysuikissa (kuva 11) on jalkapohjan kohdalla kolme tekstiilisensoria, jotka tunnistavat paineen. Kun käyttäjä laittaa sukan jalkaan ja lisää paikoilleen nilkan kohdalle lähetinkappaleen, tunnistavat sensorit syntyneen suljetun piirin ja alkavat lähettää tietoa niihin kohdistuvasta paineesta. Tiedot lähetetään ensin sukkaan kudottuja johtavia kuituja pitkin lähetinkappaleelle, josta ne siirtyvät bluetooth-yhteydellä älypuhelimeen. Puhelimen sovelluksen kautta käyttäjä saa tietoa reaaliaikaisesti ja voi reagoida esimerkiksi jalan virheasentoon välittömästi harjoituksen aikana. Sukan etuna pidetään sitä, että käyttäjän ei tarvitse laittaa perinteistä sykevyötä, joka saattaa rajoittaa tai haitata liikkumista. Lähetinkappaleen akun luvataan kestävä kuusi tuntia käyttöä yhdellä latauksella.



KUVA 11. Sensoria Fitness Socks (Sensoria Inc 2016)

Sensorialta on tullut markkinoille myös The Smart Upper Garments – tuotesarja, joka sisältää miehille treenipaidan ja naisille treenitopin. Tuotteet mahdollistavat sykemittarin käytön ilman perinteistä vyöosaa. Sykemittari kiinnitetään paidassa tai topissa valmiina olevaan vyöhön ja siinä oleviin painonappeihin. Sykemittarin kiinnityspiste on yhteensopiva joidenkin markkinoilla olevien sykemittarien kanssa, kuten Polar H7 tai Garmin Premium, jolloin vaatteen ostaja voi käyttää sitä Sensorian oman mittarin sijaan. (Sensoria Inc 2016.)

4.2 Terveysthuollon sovelluksia

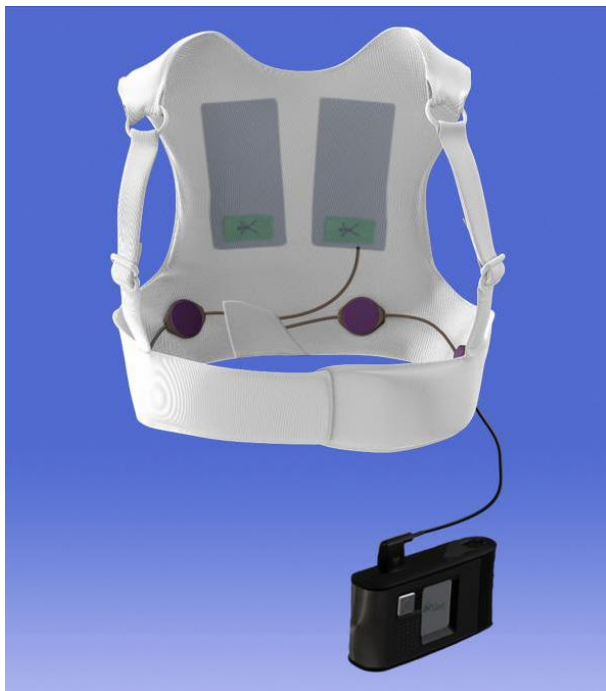
4.2.1 DermaTherapy® Bed Linens

Standard Textile – niminen yritys on kehittänyt DermaTherapy Bed Linens – sarjan, joka sisältää lakanoita, tynnyliinan, potilasalustan sekä sairaala-asun. Sarjan tarkoituksena on ehkäistä makuuhaavojen syntymistä.

Käytettyä materiaalia kuvataan silkkimäiseksi sileäksi materiaaliksi, joka vähentää kosteutta, hankausta ja ärsytystä. Filamenttikuiduissa on ohuita tuuletuskanavia, jotka auttavat haihduttamaan kerääntyvää kosteutta tehokkaasti. Pitkien kuitujen pinta on sileä eikä siitä irtoa nukkaa samalla tavalla kuin perinteisistä puuvillapohjaisista materiaaleista. Antimikrobinen käsittely pitää materiaalin raikkaampana pidempään ja estää bakteerien kasvua. Tahranpoistokäsittely auttaa saamaan syntyvät tahrat pois helpommin ja vaivattomammin. (Standard Textile Co 2015.) Sarja on tarkoitettu pääasiassa sairaaloille, mutta sitä markkinoidaan myös yksityiskoteihin.

4.2.2 LifeVest Wearable Defibrillator

LifeVest Wearable Defibrillator (kuva 12) on tarkoitettu äkillisen sydänpysähdyksen ensihoitoon. Se puetaan vaatteiden alle ja se koostuu liiviosasta sekä valvontalaitteesta. Liivissä olevat sensorit mittaavat sydämenlyönnin rytmiä ja jos se havaitsee rytmihäiriön, se hälyttää muun muassa äänimerkkiä käyttämällä. Jos käyttäjä on tajuton, antaa liivi sähköiskun sydämen rytmin palauttamiseksi. Tajuissaan oleva käyttäjä voi estää liivin antaman sähköiskun painamalla tiettyjä laitteen näppäimiä ennen sähköiskun aktivoitumista. (ZOLL Medical Corporation 2016). Liivin toiminta perustuu siihen, että sähköisku palauttaa sydämen rytmin normaaliksi. Sähköisku pitää kuitenkin antaa nopeasti pysähdyksen tapahtuessa, sillä muutoin sydän ei pumpkaa verta ja pysähdys saattaa aiheuttaa kuoleman jopa minuuteissa.



KUVA 12. LifeVest Wearable Defibrillator (ZOLL Medical Corporation 2016)

4.2.3 Philips Bilirubin Blanket

Philips kehitti Euroopan Unionin luoman PLACE-IT – projektin aikana peiton, jota käytetään vauvojen keltataudin hoitoon (kuva 13.)



KUVA 13. Philips Bilirubin Blanket (Philips Communications 2011)

Hemoglobiinin hajoamistuotteena syntyy bilirubiinia, joka normaalisti poistuu elimistöstä maksan ja sapen kautta (Eskelinen 2016). Jos maksan toiminnassa on häiriö tai se ei ole vielä kehittynyt tarpeeksi, ei bilirubiini hajoa kuten pitäisi ja sitä kertyy elimistöön. Tämä saattaa aiheuttaa silmänvalkuaisten ja ihon kellastumista; hoitamattomana sairaus voi olla kohtalokas. Hoitona käytetään sinivalohoitoa, jota aiemmin on annettu joko sinivalokaapeissa tai erikoislamppujen alla. Hoidon aikana lasta ei esimerkiksi voinut ottaa syliin, vaan hänen täytyi olla valon alla silmät peitettynä.

Philipsin peitossa on kudottuun kankaaseen lisätty sinisiä led-valoja. Led-kangas on sitten kerrostettu kahden pehmeän neuloksen väliin, jolloin peitto on pehmeä koskettaa. Peiton etuna on se, että lapsi voidaan kääriä siihen ja häntä voidaan pitää sylissä koko hoidon ajan (Koninklijke Philips N.V. 2015). Lapselle ei myöskään tarvitse pukea silmämaskia, koska peitto kääritään vauvan ympärille eikä sininen valo osu silmiin. Led-valot eivät myöskään lämpene, joten niiden käyttö on turvallista.

4.2.4 Kätkytkuolemien ehkäisy

Kätkytkuolemien ehkäisyyn on markkinoilla useampikin erilainen ratkaisu.

Mimo

Mimo koostuu kahdesta eri tuotteesta: Mimo Smart Baby Breathing & Activity Monitorista ja Mimo Smart Baby Movement Monitorista.

Smart Baby Breathing & Activity Monitor on pieni kilpikonnan mallinen sensori, joka kiinnitetään Mimon kehittämään vauvan bodyyn (kuva 14). Se kerää tietoa vauvan unirytmistä, nukkumisasennoista, ihon lämpötilasta sekä hengityksestä ja lähettää ne Lilypad – asemaan. Mimo Smart Baby Movement Monitor toimii samalla periaatteella kuin body, ainoa ero on sen mallissa. Movement Monitor on lakana, joka asetetaan lapsen sänkyyn. (Rest Devices Inc 2015a.)

Kilpikonna kiinnittyy bodyyn ja lakanaan magneeteilla. Se ladataan Lilypad – aseman avulla ja samalla Lilypad toimii wlan-yhteysreitittimenä sensorin ja älypuhelimien välissä sekä ääntä nauhoittavana mikrofonina. Mimon käyttöön tarkoitettu sovellus toimii sekä iOS-pohjaisissa että Android-laitteissa; vähimmäisvaatimus on iOS 7.0 tai uudempi versio tai Android versio 4.2 tai uudempi (Rest Devices Inc 2015b).



KUVA 14. Mimo Smart Baby Breathing & Activity Monitor – pakkauksen sisältö (Rest Devices Inc 2015)

Owlet

Owlet on vauvan älysukka, johon on asennettu pulssioksimetri (kuva 15). Oksimetri mittaa sydämen sykettä ja elimistön happipitoisuutta ja jos näissä havaitaan poikkeuksia, hälyttää perusasema (Base Station) vanhemmat paikalle. Perusasema toimii sekä sukan laturina että tietokeskuksena. Tulokset lähetetään sinne langattomasti, josta ne lähetetään edelleen käyttäjälle älypuhelimien. Sovellus toimii sekä Android- että iOS – käyttöjärjestelmissä. Sukkaa voi käyttää myös ilman älypuhelimia tai tablettitietokonetta, mutta tällöin reaaliaikainen mittaustulosten seuranta jää hyödyntämättä. (Owlet Baby Care 2016).



KUVA 15. Owlet älysuikka (Owlet Baby Care 2016)

Mimon ja Owletin lisäksi on markkinoille tullut ainakin Sproutling, joka on nilkan ympärille asennettava sensorillinen kangashihna (kuva 16). Sensori mittaa sydämen sykettä, ihon lämpötilaa ja liikettä (Paul 2014). Tällä hetkellä tästä ei ole juurikaan saatavissa lisätietoja, sillä Mattel on ostanut Sproutlingin vuoden 2016 alussa (Pai 2016) eikä Sproutlingin nettisivut ole toiminnassa.



KUVA 16. Sproutling sensori (Sproutling 2014)

4.3 Työ- ja turvavaatetus

4.3.1 Garrison Bespoke luodinkestävät puvut

Kanadalainen Garrison tarjoaa räätälöityjä miesten mittatilauspukuja, ja heidän erikoisuutensa on tehdä puvut luodinkestävästä materiaalista. Asiakkaat hakevat suojavaatetta, joka on tyylikäs, mutta joka ei herätä huomiota samalla tavalla kuin perinteinen luotiliivi. Puvussa käytetty materiaali on hiilinanokuituinen pukukangas, joka on kehitetty alun perin armeijan tarpeisiin valmistetusta kankaasta. Se on puolet kevyempi kuin Kevlar ja sitä paljon joustavampaa. Materiaali lisätään puvun takin, housujen ja liivin tukikankaiden joukkoon. Puvun hinnaksi ilmoitetaan 20 000 Yhdysvaltain dollaria ja sen on testeissä todettu suojaavan 9 mm, .22 ja .45 kalibeerin käsiaseiden luodit (Garrison Bespoke 2016). (Kuva 17.)



KUVA 17. Garrison luodinkestävä puku (Garofalo 2014)

4.3.2 Hövding - näkymätön pyöräilykypärä

Ruotsalaisen Hövding – yrityksen kehittäämä pyöräilykypärä (kuva 18) toimii airbagin tavoin. Se aktivoituu törmäyksen tai kaatumisen vaikutuksesta ja laukeaa suojaamaan päätä ja niska. Kypäräosan materiaali on erikoisvahvaa nailonia, joka kestää esimerkiksi raapiutumista maahan tai asfalttiin. Täyteaineena käytetään heliumia.

Kypärä näyttää normaalitilassa kaulurilta, joka kiinnitetään edestä vetoketjulla ja erillisellä riippuvalla vetimellä, joka toimii samalla päälle/pois –kytkimenä. Kauluriosan päällinen on näkyvin osa ja sen voi vaihtaa erilaiseen kuosiin tai väriin, ja näin sovittaa muuhun pukeutumiseen. Varsinainen kypäräosa on kaulurin sisällä.



KUVA 18. Hövding pyöräilykypärä (Hövding Sweden AB 2016)

Kaulurissa on ledvalotunniste sekä äänimerkki, jotka kertovat kaulurin virran latausmäärän. Kun virta alkaa olla vähissä, kaulurin lataaminen tapahtuu joko normaalista tietokoneen USB-portista tai erillisestä kannettavasta virtapankista mikro-USB-liittimen kautta. Yhdellä latauksella kaulurin luvataan toimivan noin yhdeksän tunnin ajan. (Hövding Sweden AB 2016.)

4.3.3 Image Wear älytakki

Tamperelaisen Image Wearin tuote on varoitustakki, joka on tarkoitettu välikauden säähän ja se on segmentoitu esimerkiksi liikenteenohjaajille ja rekkakuskeille, mutta sopii myös rakennustyömaille. Siihen asennetut led-valot auttavat käyttäjää näkymään paremmin esimerkiksi liikenteessä, ja selkäpuolella oleva lämmityspaneeli auttaa käyttäjää pysymään lämpimänä. (Kuva 19.)



KUVA 19. Älytakki (Image Wear Oy 2016)

Led-valoja on yhteensä kymmenen: viisi selässä, kolme oikeassa hihassa ja kaksi rintapuolella. Valojen käyttöä ohjataan katkaisimesta, josta valot voidaan vaihtaa joko punaisiksi tai valkoisiksi. Valot voidaan myös laittaa vilkkumaan tai palamaan yhtäjaksoisesti. Virran ne saavat takin povitaskuun sijoitettavasta pienestä ladattavasta akusta, jonka kestoksi luvataan noin kahdeksan tuntia.

Selkäpuolen lämmityspaneeli lisää käyttömukavuutta varsinkin viileissä tai kylmissä olosuhteissa. Se kiinnitetään takkiin tarrakiinnityksellä. Lämpöpaneelille on oma akku, jonka kestoksi luvataan noin neljä tuntia asetetusta lämpötilasta riippuen.

Takki on helppohoitoinen, led-valot kestävät konepesun, mutta lämmityspaneeli ja molemmat akut on poistettava ennen takin koneeseen laittamista. (Image Wear 2016.)

4.3.4 In&motion Intelligent Protection Technology

In&motion S.A.S on ranskalainen teknologia-alan yritys, joka on tuonut markkinoille ilmalla täyttyvän turvaliivin. Liivistä on tehty kaksi eri versiota: The Smart Ski Airbag Vest laskettelijoille ja syöksylaskijoille sekä The P2W Airbag Project, joka on tarkoitettu MotoGP –sarjan moottoripyöräilijöille.

Liivissä oleva sensorit tunnistavat tasapainon menetyksen ja laukaisevat ilmalla täytetyn turvatyynyn, joka suojaa lantiota, selkää, niskaa ja sisäelimiä. Liivissä on myös toiminto, joka tallettaa tapahtuman ja lähettää tiedot analysoitavaksi esimerkiksi matkapuhelimeen. Laskettelijoille suunnattu liivi on Kansainvälisen Hiihtoliiton FIS:n hyväksymä, ja vuodesta 2014 sitä ovat käyttäneet vain ammattilaislaskijat. Yleiseen myyntiin liivin oli tarkoitus tulla kesällä 2016; tämä kuitenkin siirtyi syyskuuhun 2016. Hinta-arvio on noin 1100 euroa.

Lokakuussa 2016 In&motion julkisti yhteistyönsä ranskalaisen moottoripyöräilijöille ajoasuja valmistavan Ixon –nimisen yrityksen kanssa. In&motion aloitti yhteistyön vuonna 2014 MotoGP –sarjan kanssa ja yhdessä Ixonin kanssa he kehittivät moottoripyöräilijöille suunnatun version turvatyynyliivistä. (In&motion S.A.S 2016.)

Turvatyynyliivin käyttö laajenee MotoGP:ssä tulevana vuosina, sillä The Moto Grand Prix Commission teki päätöksen 15.10.2016, että turvatyynyliivi tulee pakolliseksi varusteeksi MotoGP –sarjassa ajaville

vuonna 2018 (Dorna Sports SL 2016). In&motionin P2W Airbag on yksi useista vastaavista kilpakäyttöön hyväksytyistä turvatyynyliiveistä.

4.3.5 Project Jacquard

Edellä esitellyistä valmiista tuotteista poiketen Project Jacquard on hieman erilainen. Se ei itsessään ole tuote vaan projekti, jonka tarkoituksena on kehittää teollisesti tuotettava kangas, johon on sisällytetty sensoreita jo kudontavaiheessa. Tarkoituksena on saada kudokset näyttämään niin tavalliselta kuin mahdollista, mutta mahdollistaa tekstiilipintaisen kosketusnäytön sisään rakentamisen itse materiaaliin.

Projekti on Google's Advanced Technology and Projects (ATAP) –ryhmän hallinnoima. Ryhmän projektiaikataulu on normaalisti kaksi vuotta; tänä aikana projekti kulkee tutkimuksen ja tuotekehityksen kautta valmiiksi tuotteiksi. Yleensä projekteista ei tiedoteta eikä julkaista mitään ennen kuin se lähenee loppuaan ja tuote alkaa olla valmis. Project Jacquard on ajankohtainen, sillä se alkaa lähestyä loppuvaihetta ja sen puitteissa kehitetyt tuotteet on julkaistu.

Projektin ensimmäinen tavoite oli luoda sensorilanka, joka on kestävä ja samalla sähköä johtava. Tuloksena on jaquard-langaksi nimetty lanka, jonka ydin on metalliseosta ja sen päälle tuleva pinnoite punotaan puuvillasta, polyesteristä tai silkistä muun kudoksessa käytetyn langan mukaan. Jacquard-lanka on tarpeeksi vahvaa, jotta sitä voidaan käyttää teollisissa kutomakoneissa, mutta läpimitaltaan se on vain hieman paksumpi kuin normaali kudoksissa käytetty lanka. Useassa kudoksessa jaquard-lanka on täysin huomaamaton (kuva 20).



KUVA 20. Erilaisia kudoksia, jotka kaikki sisältävät sensorilankoja (Google ATAP 2016)

Toinen projektin tuote on kudottu kangas, johon on jo kudontavaiheessa lisätty sensorilankoja (kuva 21). Langat voivat kattaa koko kankaan alueen tai ne voidaan asetella kudontavaiheessa ainoastaan tietylle tarkkaan määritellylle alueelle. Kun kankaasta leikataan kappaleita tuotteiden valmistusta varten, sensorilangat ovat jo valmiina oikeassa paikassa. Tuote ommellaan kokoon ja sensorilangat yhdistetään halutulla tavalla yhdeksi kokonaisuudeksi lisäämällä pienet sähköliittimet, ohjauspiirilevy sekä virtalähde.



KUVA 21. Sensorilankoja sisältäviä kudoksia (Google ATAP 2016)

Kolmas tuote on The Levi's® Commuter™ Trucker farkkutakki, jota on kehitetty yhdessä Levi Strauss & Companyn kanssa. Takin vasemmassa hihansuussa on huomaamaton paneeli (kuva 22), joka mahdollistaa puhelimen käytön pyörällä ajaessa. Puhelimeen voi esimerkiksi vastata tai pyytää ajo-ohjeita koskettamalla, hipaisemalla tai pyyhkäisemällä paneelia kevyesti. Paneeli on valmistettu niin, että sensorilangat on lisätty farkkukankaaseen jo kudontavaiheessa. Paneelin sijainti on huomioitu jo kappaleiden leikkausvaiheessa, jotta se tulee oikealle kohdalle vasempaan hihansuuhun. (Google ATAP 2016.)



KUVA 22. The Levi's® Commuter™ Trucker farkkutakin hihapaneeli (Levi Strauss & Co. 2016)

5 EKOLOGISUUS JA KIERRÄTYS

Niin nanomateriaalien määrän lisääntyminen kuin perinteisempienkin tekstiilien käsittelyjen lisääntyminen herättää kysymyksiä. Miten kierrätettyjen materiaalien kemikaalit kerääntyvät uuteen kuituun tai materiaaliin kierrätysprosessin aikana? On myös huomioitavaa, että valmistusprosessienkin aikana syntyvä jätevesi on luontoa rasittavaa vaikka olisi käytetty vain yhtä käsittelykemikaalia. Kukaan ei tiedä mitä tapahtuu pidemmän ajan kuluessa jos aineita on kaksi tai useampia. Suomessa toimiva Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) myöntääkin, että kahden tai useamman kemikaalin yhteisvaikutusta arvioitaessa Euroopan unionin lainsäädännössä ei ole keinoja kattavaan ympäristö- ja terveysriskien arviointiin (Tukes 2013).

Nanomateriaalit, hormonitoimintaa häiritsevät materiaalit sekä antibakteeriset biosidit ovat uusimpia mukaan tulleita materiaaleja. Niiden toimintaa ei tunneta vielä kovinkaan yleisesti eikä niistä ole juurikaan tutkimustietoa saatavilla.

Älyvaatteen ja -tekstiilin osalta voidaan miettiä onko sillä minkäänlaista käyttöarvoa ilman älyominaisuutta. Jos on, voidaan sen käyttämistä jatkaa kunnes esimerkiksi vaatekappale jää pieneksi. Tämän jälkeen liian pieni vaate voidaan kierrättää esimerkiksi saman perheen jäsenille tai se voidaan myydä tai lahjoittaa eteenpäin. Jos esimerkiksi materiaali on heikentynyt niin, että se ei esimerkiksi suojaa sateelta kuten sen pitäisi, voidaan ajatella vaatteen viemistä kuitukierrätykseen uusien kuitujen raaka-aineeksi tai viimeisenä vaihtoehtona poltettavaksi.

Erilaiset elektroniikkaosat vaikeuttavat tekstiilien kierrätystä, sillä osat on yleensä kiinnitetty niin, että niiden irrottaminen on hankalaa eikä tarkoituksenmukaistakaan. Ei myöskään ole tarkoituksenmukaista leikellä roskeen menevää vaatetta paloiksi sen mukaan mitä materiaalia niissä on. Nanomateriaalien käytön lisääntymisen myötä on silmämääräisen arvioinnin perusteella mahdotonta sanoa miten tietyt tuotteen osat kuuluu lajitella.

Kierrätyksen yleisenä haasteena ovat tällä hetkellä sekoitekankaat, joita ei ole vielä mahdollista kierrättää kovin tehokkaasti ja taloudellisesti. Näiden lisäksi älymateriaalien kierrätyksestä ei tiedetä vielä juurikaan, ja osasyynä on luonnollisesti materiaalien uutuus. Tutkimukset ovat vasta alkuvaiheessa eikä tuloksia ole vielä saatavissa. Positiivista kuitenkin on, että kierrätyksestäkin on alettu puhua aiempaa enemmän. Tähän on vaikuttanut Suomessa vuoden 2016 alusta voimaan tullut laki (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013, 28 §), joka kieltää orgaanisen jätteen viemisen kaatopaikalle. Näin ollen tekstiilijätteelle on täytynyt keksiä muita kierrätystapoja. Perheen tai kavereiden kesken tapahtuva uudelleenkäyttö ja kirpputoreilla myyminen ovat hyviä tapoja tekstiilien kierrätykseen teollisen kierrätyksen lisäksi.

Tuotteiden ekologisuus tuodaan nykyään esille eri tavalla kuin ennen. Toisaalta on hyvin valveutuneita kuluttajia, jotka tekstiilejä ostaessaan arvioivat muutakin kuin hintaa. He tutkivat pesuohjeita, materiaalitietoja sekä valmistusmaata. Toisaalta taas on paljon kuluttajia, jotka eivät ole kiinnostuneita muusta kuin tekstiilin hinnasta. Tekstiilejä on markkinoilla suuret määrät ja edulliset hinnat suosivat halvan kustannuksen maissa tehtyjä massatuotevaatteita. Vaatteita käytetään ehkä kerran tai pari ja sen jälkeen ne joko myydään kirpputorilla tai laitetaan roskiin. Halpojen vaatteiden myötä käsitys laadusta on muuttunut eikä sitä enää osata arvostaa samalla tavalla kuin aiemmin. Siinä missä kalliimman tuotteen parempi materiaali kestää vuosia, saattaa halpatuotantovaatteiden materiaali olla niin heikkoa, ettei uudelleenkäyttäminen onnistu.

Ekologisuus mielletään nykypäivänä paljolti kierrätykseksi, mutta toki se on muutakin. Olisi suositeltavampaa ajatella tekstiilien ekologisuutta tuotteen koko elinkaaren ajan, alkaen suunnittelusta ja päättyen loppusijoitukseen. Elinkaaren alkupäässä on paljon kohtia joihin kuluttaja ei voi suoraan vaikuttaa. Varsinkin kuitujen, kankaiden ja lopullisten tuotteiden valmistus ovat tällaisia. Kuluttaja voi valita sertifioiduista kuiduista valmistetun tuotteen tai jättää ostamatta jossain tietyssä halpamaassa valmistetun tuotteen, mutta muuten vaihtoehdot ovat aika vähissä.

Materiaalien valmistuksessa on eroja, mutta kokonaiskustannusten osalta ei voida sanoa mikä on parempi materiaali kuin toinen sillä jokaisella materiaalilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Esimerkiksi puuvillan tuotanto vaatii paljon vettä ja monessa tapauksessa paljon lannoitteitakin. Sen jälkeen kun puuvilla on kehrätty langaksi, se kudotaan kankaaksi. Kangas voidaan käsitellä mitä erilaisimmilla pintakäsittelyillä, jotta siitä saadaan pehmeämpää, helpommin siliävää tai vettähylkivää (Eberle, Hermeling, Hornberger, Kilgus, Menzer & Ring 2002, 12). Käsittelyjen jälkeen jäteveden määrä voi olla melkoinen.

Polyesterin valmistuksessa käytetään kemiallista seosta, joka käsitellään kovassa paineessa. Paine käsittelystä syntyvät rakeet sulatetaan korkeassa lämpötilassa ja kehrätään langaksi. Tämän jälkeen filamentit vielä venytetään ja teksturoidaan (Eberle ym 2002, 38). Kaikkien työvaiheiden aikana kulutetaan suuri määrä energiaa.

Valmistusmaa vaikuttaa muun muassa kuljetuskustannuksiin, jotka täytyy hinnoitella tuotteen hintaan. Paikallinen lainsäädäntö saattaa olla löyhempi kuin teettäjän kotimaassa on, joten esimerkiksi kemikaalijäämien määrä voi olla suurempi kuin lähempänä tuotetussa tuotteessa. Ekologisuuteen kuuluu myös eettiset näkökulmat, joilla pyritään takaamaan esimerkiksi työntekijöiden riittävä palkanmaksu tai paremmat työolosuhteet.

Kun kuluttaja on ostanut tekstiilin, tulisi hänen tietää kuinka sitä hoitaa oikein jotta se säilyisi käyttökelpoisena mahdollisimman pitkään. Tekstiilejä tulisi pestä oikeassa lämpötilassa oikeanlaisella pesuaineella. Ja lopuksi kuluttajan tulisi osata arvioida mikä olisi paras kierrätysvaihtoehto.

6 POHDINTAA

6.1 Tämänhetkinen tilanne

Tällä hetkellä älyvaatteet ja –tekstiilit ovat jo pikkuhiljaa yleistyneet, mutta siitä huolimatta suuri yleisö ei välttämättä ole niistä vielä kuullut. Tämä voi johtua muun muassa siitä, että tuotteita ei ole vielä mainostettu kovinkaan paljoa perinteisissä mainoskanavissa. Tiedot tuotteista ovat kulkeneet pienten piirien sisällä, esimerkiksi harrastuspiirin jäseneltä toiselle tai niistä on kirjoitettu vain rajatun ryhmän ammattilehdissä tai tutkimusjulkaisuissa. Tämä rajaa lukijakuntaa vaikka se ei olisikaan tarkoitus. Tämä todennäköisesti muuttuu, sillä jo nyt on nähtävissä kuinka tekniikan alan lehdet ja nettijulkaisut ovat kiinnostuneempia tekemään juttuja myös älyvaatteista ja –tekstiileistä, varsinkin kun niiden saatavuus on parantunut.

Älyvaatteiden ja –tekstiilien saatavuutta saattaa rajoittaa myös kallis hankintahinta. Hankintahinta määräytyy osittain kalliilla kehitystyöllä, jota tuotteen valmistaminen on alkuvaiheessa vaatinut. Markkinoinnilla on myös mahdollisesti osansa korkeahkoissa hinnoissa, tuotetta halutaan mahdollisesti brändätä luksustuotteeksi. Myös käyttö ja ylläpito saattaa vaatia lisää rahaa, sillä useassa tapauksessa älyvaatteen sovelluspuoli ei toimi edes Android-laitteessa, jolloin käyttämisen vaihtoehtona ei ole muuta kuin hankkia Applen iOS-pohjaisia laitteita.

Vaikka itse tuotteen, esimerkiksi paidan, käyttäminen olisikin yksinkertaista, saattaa sovellusten käyttöönotto tai käyttö tuottaa ongelmia. Joidenkin ohjelmien asentaminen tai käyttö voi olla hankalaa varsinkin jos käyttäjän tiedot ja taidot tietokoneiden ja älypuhelimien kanssa ovat heikot. Useimmat sovellukset ovat englanniksi joten kielitaitoakin täytyy olla hieman.

Älyvaatteiden käyttö edellyttää ainakin vielä tällä hetkellä jonkinlaista kiinnostusta tekniikkaa kohtaan, sillä käyttäminen ja esimerkiksi treenitulosten seuranta vaatii hieman ylimääräistä työtä. Jos kiinnostusta

tekniikkaa kohtaan ei ole ollenkaan tai sitä kohtaan on ennakkoluuloja, voi dataa keräävien älytekstiilien käyttäminen olla vielä haasteellista tai se voidaan kyseenalaistaa kokonaan.

Teknisten ongelmien ratkaisemiseksi tehdään koko ajan työtä. Joustavan vaateen saaminen johtavaksi on ollut pitkään ongelma, mutta pikkuhiljaa siihenkin on löytymässä ratkaisuja. Sensorien tai sähköä johtavien lankojen paksuuden pienentyessä ne voidaan lisätä neulokseen jo kudontavaiheessa (kuva 23).



KUVA 23. Sähköä johtavaa joustavaa elastaanineulosta

Tällä hetkellä yksi suurimpia ongelmakohtia on elektroniikan sulava yhdistäminen eri materiaaleihin. Useat eri sovellukset osoittavat kuitenkin, että kehitystä tapahtuu koko ajan ja iso ratkaiseva askel läpimurtoa ajatellen lähenee. Tekniikan ja materiaalien kehittyessä johtoja ei mahdollisesti tarvita tulevaisuudessa ollenkaan, sillä tarvittava virta tai data saadaan siirretyksi esimerkiksi vaateen pintaan laitetun johtavan kalvon avulla. Joissakin tapauksissa tarvitaan edelleen perinteistä johdotusta, joka sekin on muuttanut paljon muotoaan. Johtojen paksuus on ohentunut dramaattisesti viimeisten vuosien aikana ja nyt samaan siirtotehoon, mitä aiemmin saavutettiin paksummilla johdoilla, päästään ohuilla johdoilla. Ohuemmat johdot on helpompi kiinnittää vaatteeseen tai

piilottaa vuoriin ja niiden käyttäminen on paljon mukavampaa. Ne ovat myös kevyempiä ja liikkuvat paremmin kuin paksummat johdot. Liittimet ovat myös olleet ongelma suuren koon vuoksi, mutta niidenkin koko on pienentynyt ratkaisevasti johtojen läpimitan pienentyessä. Johtojen ja liittimien lisäksi piirilevytekniikka on kehittynyt ja niistäkin saadaan entistä pienempiä sekä joustavia. Elektroniikkaosien kehittyminen on vaikuttanut älyvaatteen toiminnan luotettavuuteen kun esimerkiksi mittaus voidaan tehdä tarkemmin.

6.2 Mahdollisuuksia ja uhkia

Älyvaatteilla ja –tekstiileillä on rajattomat mahdollisuudet niiden soveltamisen laajuuden ansiosta. Käytännössä vain mielikuvitus on rajana ja tulevaisuudessa todennäköisesti nähdään mitä mielenkiintoisempia sovelluksia eri aloilla. Jotta ne yleistyisivät entisestään, on vielä useita asioita, joihin tulisi kiinnittää huomiota.

Älyvaatteilla olisi kysyntää lääketieteellisissä tutkimuksissa, hoidoissa ja varsinkin kotihoidoissa, mutta toistaiseksi vaatteet ovat sellaisia, että niiden pukeminen voi olla vanhukselle tai sairaalle ihmiselle hankalaa. Esimerkiksi tiukan paidan tai liivin päälle laittaminen voi jäädä tekemättä jos käsien liikeradat ovat kovin rajoittuneet. Vaatteiden suunnitteluun tulisi kiinnittää huomiota ja luoda vaatekappaleita, jotka on helppo pukea. Vaatteen tulisi kuitenkin olla malliltaan sellainen, että se mahdollistaa tarkan mittauksen; esimerkiksi mittaussensorit täytyy olla oikealla kohdalla käyttäjän vartalolla ja niillä täytyy olla tarpeeksi hyvä kontakti, jotta ne toimivat odotetusti.

Älyvaatteiden ja –tekstiilien suunnittelussa tulisi kiinnittää myös huomiota mallin ajattomuuteen. Tekstiilialan suurimpia kysymyksiä on halpavaatteiden tuotanto ja muodin kertakäyttöisyys. Tämän ei soisi siirtyvän älytuotteiden käyttäjäkuntaan; ehkä älytuotteiden kalliimpi hankintahinta rajaa käyttäjäkuntaa ainakin alkuvaiheessa ja tuotteita käytetään pidempiä aikoja kuin niin sanottua sesonkimuotia. Tätä voisi

mahdollisesti tukea aikaa kestäväällä muotoilulla sekä hyvällä mallilla ja mitoituksella.

Suunnittelussa olisi hyvä huomioida eri laitteiden yhteensopivuus. Tällä hetkellä ei ole yhtenäistä standardia, jota vaatteissa käytettäisiin. On ostajan vastuulla selvittää millainen kiinnitysmekanismi hankittavassa vaatteessa on ja käykö esimerkiksi aiemmin hankittu sykemittari siihen vai täytyykö sekin vaihtaa. Osa vaatevalmistajista on ottanut käyttöön Clothing+⁺:n valmistaman kontaktipinnan, joka mahdollistaa useiden eri mittarivalmistajien sykemittarin käytön, kunhan niissä on tietynlainen neppari kiinnitys. Tämä uusi neppari kiinnitteinen malli on yleistymässä, mutta se ei kuitenkaan käy läheskään kaikkien markkinoilla olevien mittareiden kanssa. Sovelluksissa on myös paljon sellaisia, jotka toimivat vain iOS-pohjaisissa laitteissa. Joillakin on jo Android-pohjainen sovellus työn alla, mutta varmuutta niiden valmistumisajankohdasta ei ole.

Vaatteiden ja tekstiilien huoltoon täytyy myös kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa. Materiaalit täytyy valita niin, että ne kestävät sekä käyttöä että oikeanlaista pesua. Nykyiset pesuohjeet suosittelevat mahdollisimman matalia pesulämpötiloja, mutta tekstiilit eivät välttämättä puhdistu kunnolla alhaisissa lämpötiloissa. Tämä voi johtaa esimerkiksi materiaalin ennenaikaiseen heikkenemiseen jos likaa ei saada kuiduista kunnolla pois. Lisäksi esimerkiksi sähköä tarvitsevilla älyvaatteissa ja –tekstiileissä akun ja muiden tarvittavien osien, esimerkiksi kytkimien, sijoittelun ja kiinnitysmekanismien tulee olla sellaisia, että ne ovat mahdollisimman vaivattomasti käytettävissä, mutta myös tarvittaessa helposti poistettavissa. Esimerkiksi sensorit ovat jo hyvin pitkälti konepestäviä, mutta usein virtalähteet tulee poistaa ennen pesua.

Älytekstiileissä erilaisten kemikaaleilla tehtyjen käsittelyjen määrä voi olla suuri. Käsittely voi olla tehty jo kuitutasolla tai laminoituna kankaan pintaan. Tämä voi olla ongelmallista niin tuotteita käytettäessä kuin myös kierrätyksen yhteydessä, sillä käsittelyissä käytetyt kemikaalit saattavat pysyä tuotteessa pesujenkin jälkeen (Swedish Chemical Agency 2014, 38). Allergisten ihmisten määrä nousee koko ajan, esimerkiksi

Britanniassa lisäys on vuosittain 5 % (British Allergy Foundation 2016), joten siksi tämäkin aspekti olisi hyvä tiedostaa. Ulko- ja päällysvaatteiden käytön aikana tekstiili harvemmin pääsee suoraan kontaktiin ihon kanssa, mutta alusvaatteissa, treenivaatteissa ja petivaatteissa käsittelyt voivat aiheuttaa isojakin ongelmia, koska ne ovat lähemmässä kontaktissa ihoon ja useimmiten kontaktit ovat myös pidempikestoisia.

Kierrätyksen yhteydessä käsittelyt voivat myös aiheuttaa ongelmia, sillä niitä on harvemmin mainittu vaatteiden tuotelapuissa eikä useimpia niistä pysty havaitsemaan silmämääräisesti tai tunnustelemalla. Mekaanisessa kierrätyksessä käsiteltyjen materiaalien kemikaalit siirtyvät uuteen materiaaliin liki muuttumattomina (Schmidt, Watson, Roos, Askham & Brunn Poulsen 2016, 28).

Kemiallisen kierrätyksen yhteydessä käsittelyissä käytettyjen kemikaalien erilaiset ainesosat voivat vaikuttaa lopputulokseen reagoimalla kierrätyksessä käytettävien kemikaalien kanssa, esimerkiksi vaikuttamalla värjäyksen lopputulokseen (Schmidt ym. 2016, 29).

Älyvaatteiden ja –tekstiilien sekä niiden käyttöön tarkoitettujen sovellusten (niin puhelin- kuin internetsovellustenkin) tietoturvaan tulisi kiinnittää huomiota. Yhteys internetiin ja pilvipalveluun on usein välttämätön tiedonsiirron vuoksi, mutta tiedot ja laitteet tulisi suojata tarpeeksi vahvasti, jotta niihin murtautuminen ei onnistuisi. Erilaisten virustorjuntaohjelmien käyttöä pitäisi suosia ja lisäksi käyttäjien tulisi vaihtaa oletussalasanat omaan salasanaan. Yksittäisten tietojen vuotaminen esimerkiksi tietomurron yhteydessä ei välttämättä tunnu isolta asialta, mutta kun tietoja kertyy enemmän, voi niitä yhdistelemällä saada aikaan sellaisia dokumentteja joita rikolliset voivat hyödyntää. Laitteiden puutteellinen virustorjunta saattaa altistaa ne haittaohjelmille, jotka puolestaan edesauttavat laitteen joutumista hakkereiden hyödynnettäväksi. Yleensä tällaisia laitteita käytetään esimerkiksi palvelunestohyökkäyksen toteuttamisessa omistajan tai käyttäjän tietämättä (Rousku 2016).

7 YHTEENVETO

Älyvaatteet ja –tekstiilit tarjoavat mahdollisuuden helpottaa normaalia elämää esimerkiksi helppohoitoisemmillä vaatteilla. Ne auttavat parantamaan elämänlaatua esimerkiksi tehostamalla fyysisen kunnon harjoittamista tai ne mahdollistavat mukavat, mutta silti oikealla tavalla suojaavat työvaatteet. Eri älymateriaalit ja niiden käyttökäytännöt tarjoavat jo itsessään todella laajan valikoiman täysin uusia mahdollisuuksia, joiden määrä vain kasvaa kun materiaaleja ja tekniikoita voi yhdistellä lukemattomilla eri tavoilla.

Älytekniikkaan yhdistetään monen eri alan osaamista ja sen kerrannaisvaikutukset esimerkiksi työllistymisen kannalta ovat suuria. Osaaminen on Suomessa korkeatasoista ja täällä tehtävän tutkimuksen ansiosta tietotaito kasvaa koko ajan. Älyvaatteiden ja –tekstiilien, samoin kuin niiden kehitystyön, on mahdollista kehittyä Suomessa vientivaltiksi.

Toisaalta, tutkimustuloksia niin eri älymateriaalien ominaisuuksista kuin käyttäytymisestäkin tulisi saada paljon lisää. Materiaalien uutuuden vuoksi on luonnollista, ettei niitä vielä juurikaan löydy. Tulevaisuuden kannalta tutkimusten aloittaminen on tärkeää jo nyt.

Myös tietoisuutta ekologisuudesta tulisi lisätä, jotta käyttäisimme jo olemassa olevia materiaaleja emmekä koko ajan uutta. Tämä vaatii kierrätysmenetelmien kehittymistä ja monipuolistumista - älymateriaaleilla voi olla osaltaan vaikutusta myös tähän.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Afsari, M., Kotek, R. & Tonelli, A.E. 2007. Producing polyamide nanofibres by electrospinning. Teoksessa Brown, P. J. & Stevens, K. (toim.) Nanofibres and nanotechnology in textiles. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 71-89.

Eberle, H., Hermeling, H., Hornberger, M., Kilgus, R., Menzer, D. & Ring, W. 2002. Ammattina vaate. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Fan, Q. & Mani, G. 2007. Dyeable polypropylene via nanotechnology. Teoksessa Brown, P. J. & Stevens, K. (toim.) Nanofibres and nanotechnology in textiles. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 320-350.

Ferrara, M. & Bengisu, M. 2014. Materials that Change Color. Smart Materials, Intelligent Design. Springer Briefs in Applied Sciences and Technology. Polimi Springer Briefs. Berlin: Springer.

Giessmann, A. 2012. Coating Substrates and Textiles. A Practical Guide to Coating and Laminating Technologies. Berlin: Springer.

Kettley, S. 2016. Designing with smart textiles. London: Bloomsbury Publishing Plc.

Ko, F. K. & Wan, Y. 2014. Introduction to Nanofiber Materials. Cambridge: Cambridge University Press.

Mattila, H. 2015. Yarn to fabric: Intelligent textiles. Teoksessa Sinclair, R. (toim.) Textiles and Fashion. Materials, Design and Technology. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 355-375.

Pailes-Friedman, R. 2016. Smart Textiles for Designers: Inventing the Future of Fabrics. London: Laurence King Publishing Ltd.

Regi, M. 2007. Synthesis, characterization and application of carbon nanotubes: the case of aerospace engineering. Teoksessa Brown, P. J. & Stevens, K. (toim.) Nanofibres and nanotechnology in textiles. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 113-193.

Stegmaier, T., Dauner, M., Von Arnim, V., Scherrieble, A., Dinkelmann, A. & Planck, H. 2007. Nanotechnologies for coating and structuring of textiles. Teoksessa Brown, P. J. & Stevens, K. (toim.) Nanofibres and nanotechnology in textiles. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 409-427.

Tao, X. 2001a. Smart technology for textiles and clothing – introduction and overview. Teoksessa Tao, X. (toim.) Smart fibres, fabrics and clothing. Cornwall: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 1-35.

Tao, X. 2001b. Smart technology for textiles and clothing – introduction and overview. Teoksessa Tao, X. (toim.) Smart fibres, fabrics and clothing. Cornwall: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 1-35.

Van Langenhove, L., Hertleer, C. & Schwarz, A. 2012. Smart Textiles: An Overview. Teoksessa Kiekens, P. & Sundaresan, J. (toim.) Intelligent Textiles and Clothing for Ballistic and NBC Protection. Dordrecht: Springer, 119-136.

Elektroniset lähteet

British Allergy Foundation. 2016. Allergy Statistics [viitattu xx.11.2016]. Saatavissa: <http://www.allergyuk.org/allergy-statistics/allergy-statistics>

Carre Technologies Inc. 2016. Wearable Body Metrics [viitattu 22.10.2016]. Saatavissa: www.hexoskin.com

Clothing+. 2015. Healthcare Custom Development [viitattu 4.11.2016]. Saatavissa: <http://www.clothingplus.com/healthcare.php>

Dorna Sports SL. 2016. Decision of the Grand Prix Commission in Motegi [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa:

<http://www.motogp.com/en/news/2016/10/18/decision-of-the-grand-prix-commission-in-motegi/213251>

Enflux Inc. 2016. Move into a New World [viitattu 22.10.2016]. Saatavissa:

<http://www.enfluxvr.com/>

Eskelinen, H. 2013. Adaptiiviset materiaalit. Opintomateriaali [viitattu

26.11.2016]. Saatavissa: <http://slideplayer.biz/slide/2843386/>

Eskelinen, S. 2016. Bilirubiini (P-Bil) [viitattu 7.12.2016]. Saatavissa:

http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03074

Garrison Bespoke. 2016. Bulletproof Suit [viitattu 21.11.2016]. Saatavissa:

<http://garrisonbespoke.com/custom-suits/bulletproof-suit/>

Gauthier, J-Y., Hubert, A., Abadie, J., Chaillet, N. & Lexcellent, C. 2008.

Magnetic shape memory alloy and actuator design [viitattu 27.11.2016].

Saatavissa: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00260670/document>

Google ATAP. 2016. Project Jacquard. Technology Woven In [viitattu

22.10.2016]. Saatavissa: <https://atap.google.com/jacquard/>

Gök, M. O., Bilir, M. Z. & Gürcüm, B. H. Shape-Memory Applications in

Textile Design [viitattu 27.11.2016]. Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815037623>

Hannula, S. 2016. Funktionaaliset ja adaptiiviset materiaalit.

Opetushallitus [viitattu 30.10.2016]. Saatavissa:

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/teknologia/html/06-7-1.html>

Hu, J. 2011. Adaptive and Functional Polymers, Textiles and Their

Applications. Imperial College Press. eBook [viitattu 25.11.2016].

Saatavissa:

<http://site.ebrary.com.aineistot.lamk.fi/lib/lamk/reader.action?docID=10480>

262

Hu, J. 2014. Shape Memory Polymers: Fundamentals, Advances and Applications. Smithers Rapra Technology Ltd [viitattu 27.11.2016].

Saatavissa:

<http://site.ebrary.com.aineistot.lamk.fi/lib/lamk/detail.action?docID=108830>
50

Huang, W. 2002. On the selection of shape memory alloys for actuators. Materials and Design, Volume 23, Issue 1 [viitattu 30.10.2016].

Saatavissa:

<http://www.sciencedirect.com.aineistot.lamk.fi/science/article/pii/S0261306901000395>

Hövding Sweden AB. 2016. Hövding – Airbag for Cyclists [viitattu 22.10.2016]. Saatavissa: http://www.hovding.com/how_hovding_works

Image Wear Oy. 2016. Älykäs varoitustakki toimii led-valojen ja lämmityspaneelin avulla [viitattu 4.11.2016]. Saatavissa:

<https://www.imagewear.fi/blog/alykas-varoitusvaate-toimii-led-valoilla/>

Imbut GmbH. 2016. ELITEX® the highly conductive yarn. Special threads [viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: <http://www.imbut.de/en/special-threads/>

In&motion S.A.S. 2016. Airbag Revolution [viitattu 20.10.2016].

Saatavissa: <http://www.inemotion.com/airbagrevolution/>

Klan Heated Clothing. 2016. Klan Heated Clothing [viitattu 11.12.2016]

Saatavissa: <http://www.klan-heated-clothing.com/index.php>

Koninklijke Philips N.V. 2015. Bilirubin blanket. Enabling healing hugs [viitattu 7.12.2016]. Saatavissa:

<https://www.90yearsofdesign.philips.com/article/89>

LinkedIn Corporation. 2016. Clothing+ Textile-integrated Electronics [viitattu 4.11.2016]. Saatavissa:

<http://www.slideshare.net/HealthSPAfi/mikko-malmivaara-clothing>

- Mad Apparel Inc. 2016. Getting to know Athos: Muscle Effort [viitattu 22.10.2016]. Saatavissa: <https://www.liveathos.com/blog/engineering/getting-to-know-athos-muscle-effort-68>
- Mondal, S. 2008. Phase change materials for smart textiles. Applied Thermal Engineering. Volume 28, Issues 11–12, August 2008 [viitattu 29.10.2016]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/aineistot.lamk.fi/science/article/pii/S1359431107002876>
- Myontec Ltd. 2015. Better knowledge [viitattu 23.10.2016]. Saatavissa: <http://www.myontec.com/benefits/elite-sport/>
- Ojapalo, M. 2008. Hiilinanoputket. Helsingin yliopisto. Kandidaatintutkielma [viitattu 28.11.2016]. Saatavissa <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/ojapalo-m-2008.pdf>
- Outlast Technologies LLC. 2014a. Coating [viitattu 29.10.2016]. Saatavissa: <http://www.outlast.com/en/applications/coating/>
- Outlast Technologies LLC. 2014b. Technology [viitattu 29.10.2016]. Saatavissa: <http://www.outlast.com/en/applications/fiber/>
- Outlast Technologies LLC. 2014c. Matrix Infusion Coating [viitattu 29.10.2016]. Saatavissa: <http://www.outlast.com/en/applications/matrix-infusion-coating/>
- Owlet Baby Care. 2016. Owlet is there when it matters [viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://www.owletcare.com/faq/>
- Pai, A. 2016. Mattel acquires baby health wearable maker Sproutling [viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://www.mobihealthnews.com/content/mattel-acquires-baby-health-wearable-maker-sproutling>

Paul, K. 2014. New Wearable Baby Monitor Is Like a Fitbit for Infants [viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://mashable.com/2014/08/07/sproutling-wearable-for-infants/#ZfTb1JxNskqH>

Reima Oy. 2016. ReimaGO® -sensori [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa: <https://www.reima.com/fi/p/599160-9990>

Rest Devices Inc. 2015a. What is Mimo? [viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://support.mimobaby.com/hc/en-us/articles/207433453-How-does-the-Mimo-work->

Rest Devices Inc. 2015b. System requirements [viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://support.mimobaby.com/hc/en-us/articles/207442913-System-requirements>

RFID Lab Finland ry. 2016. Mitä on RFID? [viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-teknologia/mita-on-rfid/>

Rousku, K. 2016. Musta perjantai – tuleeko palvelunestohyökkäyksistä uusi normaali? [viitattu 16.11.2016]. Saatavissa: <http://www.tivi.fi/blogit/musta-perjantai-tuleeko-palvelunestohyokkayksista-uusi-normaali-6594264>

Schmidt, A., Watson, D., Roos, S., Askham, C. & Brunn Poulsen, P. 2016. Gaining benefits from discarded textiles: LCA of different treatment pathways [viitattu 16.11.2016]. Denmark: Nordic Council of Ministers. Saatavissa: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:957517/FULLTEXT02.pdf>

Sensoria Inc. 2016. Commit to Your Fitness Goal [viitattu 22.10.2016]. Saatavissa: <http://www.sensoriafitness.com/>

Standard Textile Co. Inc. 2015. DermaTherapy®. Cleaner. Drier. Smoother [viitattu 7.12.2016]. Saatavissa: <http://www.standardtextile.com/pdf/DermaTherapy.pdf>

Stoppa, M. & Chiolerio, A. 2014. Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review [viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/11957/htm>

Swiss Shield AG. 2016. Swiss Shield® yarns – for textiles with unique characteristics [viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: <http://www.swiss-shield.ch/Yarns-Textiles.61.0.html?&L=1>

Suomen Standardisoimisliitto 2011. Tekstiilit ja tekstiilituotteet. Älytekstiilit. Määritelmät, luokitus, soveltaminen ja standardisointitarpeet. Tekninen raportti CEN/TR 16298:fi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Swedish Chemical Agency. 2014. Chemicals in Textiles – risks to human health and the environment. Report from a government assignment. Report 6/14 [viitattu 19.11.2016]. Stockholm: Arkitektkopia. Saatavissa: <http://www3.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Report6-14-Chemicals-in-textiles.pdf>

Tahvanainen, A-J. & Pajarinen, M. 2014. Älykankaita ja kukkamekkoja. Suomalainen tekstiiliteollisuus globalisaation ristiaallokossa [viitattu 20.11.2016]. Helsinki: Taloustieto Oy (ETLA B265). Saatavissa: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/frantic/stjm/alykankaita__kukkamekkoja.pdf

The Engineering Toolbox. 2016. Thermal Conductivity of some common Materials and Gases [viitattu 11.12.2016]. Saatavissa: http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html

Toyokuni, S. 2013. Genotoxicity and carcinogenicity risk of carbon nanotubes. Advanced Drug Delivery Reviews. Volume 65, Issue 15, December 2013 [viitattu 28.11.2016].]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.aineistot.lamk.fi/science/article/pii/S0169409X1300149X>

Tukes. 2013. Kemikaalien yhteisvaikutukset [viitattu 19.11.2016]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Teollisuus--ja-kuluttajakemikaalit/Kemikaalien-yhteisvaikutukset/>

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013.

W. L. Gore & Associates (UK) Ltd. 2016. W. L. Gore & Associates: Bringing Dreams to Reality [viitattu 29.11.2016]. Saatavissa: http://news.gorefabrics.com/en_us/facts-figures/history/

ZOLL Medical Corporation. 2016. What Is the LifeVest Wearable Defibrillator? [viitattu 11.12.2016]. Saatavissa: <http://lifevest.zoll.com/medical-professionals>

Kuvalähteet

Carre Technologies Inc. 2016. Hexoskin Partners with Kissei for Distribution in Japan [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa: <http://www.hexoskin.com/blogs/news?page=2>

Enflux Inc. 2016. Women's EnfluxVR Developer Kit Motion Capture Clothes [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa: <http://www.enfluxvr.com/product-page/823e4898-5ba4-1af9-7ab5-4f3d77905200>

Garofalo, C. 2014. Garrison's custom bulletproof suit [viitattu 21.11.2016]. Saatavissa: <http://robbreport.com/fashion/suit-armor>

Google ATAP. 2016. Weaving interactive textiles [viitattu 21.10.2016]. Saatavissa: <https://atap.google.com/jacquard/>

Google ATAP. 2016. Weaving interactive textiles [viitattu 21.10.2016]. Saatavissa: <https://atap.google.com/jacquard/>

Grado Zero Espace srl. 2016. Oriccalco shirt. <http://gradozero.eu/gzenew/index.php?pg=oricalco&lang=en>

Hövding Sweden AB 2016. Activated complete Hövding before and after inflation 170 dpi [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa: <http://www.mynewsdesk.com/uk/rss/source/30831/image>

Image Wear Oy. 2016. Älykäs varoitustakki toimii led-valojen ja lämmityspaneeelin avulla [viitattu 15.11.2016]. Saatavissa: <https://www.imagewear.fi/blog/alykas-varoitusvaate-toimii-led-valoilla/>

Ko, F. K. & Wan, Y. 2014. Introduction to Nanofiber Materials. Cambridge: Cambridge University Press, 5.

Ko, F. K. & Wan, Y. 2014. Introduction to Nanofiber Materials. Cambridge: Cambridge University Press, 195

Levi Strauss & Co. 2016. Delving Into the Fashion of Wearable Tech [viitattu 21.10.2016]. Saatavissa: <http://www.levistrauss.com/unzipped-blog/2016/07/delving-into-the-fashion-of-wearable-tech/>

Mad Apparel Inc. 2016. Lead the pack [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa: <https://www.instagram.com/p/BHssPiugIEt/>

Owlet Baby Care. 2016. Owlet is there when it matters [viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://www.owletcare.com/how-it-works/>

Philips Communications. 2011. Demonstration of Bilirubin blanket [viitattu 7.12.2016]. Saatavissa: https://www.flickr.com/photos/philips_newscenter/6189079883/in/album-72157627728632170/

Reima Oy. 2016. ReimaGO® -sensori, peli ja sovellus [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa: <https://www.reima.com/fi/reimago>

Rest Devices Inc. 2015. Mimo Smart Baby Breathing & Activity Monitor - pakkauksen sisältö [viitattu 8.12.2016]. Saatavissa: <http://mimobaby.com/press/>

Saffell, N. 2013. Polymer Opal [viitattu 26.11.2016]. Saatavissa: <http://www.cam.ac.uk/research/news/flexible-opals>

Sensoria Inc. 2016. Sensoria Fitness Socks and Anklet [viitattu 20.10.2016]. Saatavissa: <http://store.sensoriafitness.com/sensoria-fitness-smart-socks>

Sproutling. 2014. Sproutling ankle sensor strap [viitattu 8.12.2016].

Saatavissa:

<https://www.facebook.com/HelloSproutling/photos/a.581892595181672.1073741827.351917194845881/771939229510340/?type=3&theater>

ZOLL Medical Corporation. 2016. Imagery [viitattu 10.12.2016].

Saatavissa: <http://lifevest.zoll.com/news/imagery>