

ÄLYVAATTEET JA TEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN TEKSTIILEISSÄ



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Tieto- ja viestintätekniikka, biotalous, Forssa

2021

Pilvi Lindqvist

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Cuitu Oy. Cuitu Oy on suomalainen tekstiili- ja muotiteollisuuden yritys, joka valmistaa tuotteensa kierrätyskuituja hyödyntäen. Tuotteiden valmistus kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti on yksi yrityksen perusarvoista. Toimeksiantajan tulevaisuuden visiossa on lisätä tuotteisiinsa kuluttajalle lisäarvoa tuottavaa teknologiaa.

Työn tarkoituksena oli tutkia älyvaatteita ja niissä hyödynnettävää teknologiaa. Työ rajattiin käsittelemään pääasiassa vapaa-ajan tekstiilejä, koska toimeksiantajan tähän mennessä markkinoille tuodut tuotteet ovat asusteita. Työssä keskityttiin eri anturien lisäksi älytekstiilien markkinoihin, tekstiilien kierrätykseen, ekologisuuteen ja tietoturvaan.

Opinnäytetyön tarkoituksiksi muodostui tuottaa toimeksiantajalle kerätystä tiedosta eri vaihtoehtoja ja toteuttamismuotoja, joita voidaan kehittää ja kokeilla yrityksen omissa tuotteissa, ja tuottaa tietoa hyödynnettäväksi tuotekehitykseen. Työn lopputuloksena on kolme eri kokonaisuutta, joita toimeksiantaja voi jatkokehittää ja toteuttaa yrityksen tuotteisiin.

Avainsanat Älyvaate, RFID, tunniste, tietoturva

Sivut 25 sivua

ABSTRACT

The aim of this thesis was to research smart textiles and technology used in manufacturing them. The commissioner of this thesis was Cuitu Oy, which is a Finnish company in textile and fashion industry. The products of the company are made by using recycled fibers and the product manufacturing is based on the principles of sustainable development introducing the basic values of the company. In the future production, the vision of the commissioner is to utilize technology that adds value to consumers, such as counting how many times the product has been used or washed, and thereby improve the life cycle of the product.

In the thesis, the focus was on leisure textiles because the products placed on the market by Cuitu Oy are mainly accessories. In the study, smart textiles market, sensor security and textile recycling and ecology formed the guidelines for the research approach whereas the evaluating of different types of sensors set a plan for future implementation.

The research resulted in three alternative technical solutions for the production of the smart textiles that the commissioner can utilize to develop its products in the future.

Keywords Smart clothing, smart textiles, sensor, security

Pages 25 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Älytekstiilimateriaalit.....	1
2.1	Kromaattiset tekstiilimateriaalit	2
2.2	Faasimuutosmateriaalit	3
2.3	Dilantit tekstiilimateriaalit	3
2.4	Superabsorboivat materiaalit	4
2.5	Funktionaaliset eli toiminnalliset materiaalit	4
2.6	Langat ja ompelutarvikkeet	4
3	Tekstiileihin integroitu elektroniikka.....	5
3.1	Bluetooth	5
3.2	Google Jacquard.....	6
3.3	RFID	8
3.4	NFC.....	10
3.5	IoT – Internet of Things.....	11
4	Älytekstiilien markkinat ja kaupalliset tuotteet	13
5	Kierrätys, ekologisuus ja tietoturva.....	15
5.1	Kierrätys ja ekologisuus	16
5.2	Tietoturva.....	18
5.2.1	RFID-tunnisteen tietoturva	18
5.2.2	NFC-tunnisteen tietoturva	19
5.2.3	Bluetooth-yhteyden tietoturva	20
5.2.4	IoT- laitteiden tietoturva	20
6	Valittu teknologia ja toteutussuunnitelma	21
6.1	Step 1	21
6.2	Step 2	22
6.3	Step 3	23
7	Yhteenveto ja pohdintaa	24
	Lähteet.....	26

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Termokrominen kangas. (Martakisand, n.d.)

Kuva 2. Rotibox Bluetooth Beanie Hat -pipo. (Rotibox, n.d.)

Kuva 3. Levi's Commuter Trucker Jacket with Jacquard. Commuter Jacket on suunniteltu erityisesti pyöräilijöille, ja sisältää parannettuja ominaisuuksia Trucker-takkiin verrattuna. (Levi's, n.d.)

Kuva 4. RFID-tunniste. (Goldbridgesz, n.d.)

Kuva 5. Samsungin puvussa on hyödynnetty NFC-teknologiaa ja puku on paritettu käyttäjän puhelimen kanssa. (Mashable, n.d.)

Kuva 6. Guccin varvassandaalit, joihin valmistuksessa laitettu NFC-tunniste. (Poshmark, n.d.)

Kuva 7. OptimEye S5 sisältää viisi erilaista anturia. (Cataultsports, n.d.)

Kuva 8. IoT-sovellukset kategorioittain. (Beecham Research, n.d.)

Kuva 9. Lähi-idän ja Afrikan älytekstiilien markkinat jaoteltuna anturin aktiivisuuden mukaan. (Grand View Research, n.d.)

Kuva 10. Maailmanlaajuinen kuitutuotanto vuonna 2019. (Textile Exchange, n.d.)

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena oli kartoittaa olemassa olevia älytekstiilien markkinoita ja tutustua niissä käytettäviin ratkaisuihin. Työssä painotuttiin toimeksiantajan Cuitu Oy:n toiveesta vapaa-ajan tekstiileihin ja tuotteisiin; työn tarkoituksena oli antaa kattava kuva tämänhetkisistä älytekstiilien markkinoista ja tulevaisuudesta.

Cuitu Oy on vuonna 2019 perustettu turkulainen yritys, jonka päätoimiala on muotoilu ja suunnittelu. Cuidun tuotteet valmistetaan kierrätyskuiduista ja tuotteisiin tulevat tarvikkeet kuten vetoketjut ja napit täyttävät laatustandardit, jotta tuotteet täyttävät yrityksen arvot vastuullisuuden ja kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti.

Laajan aineiston tutkimisen vuoksi työ on rajattu pääasiassa koskemaan vapaa-ajan tekstiilejä. Aineistojen ja materiaalin ollessa pääasiassa englanniksi, olen tehnyt selvän jaon, jolloin älytekstiilit tarkoittavat kaikkia puettavia, kangasta sisältäviä tuotteita (esimerkiksi asusteet) ja älyvaatteet nimenomaan vaatteita. Englanniksi termien jaottelu on helpompaa, sillä kattotermit smart clothes (älyvaatteet), smart wearables (älylaitteet) ja smart textiles(älytekstiilit) jakaantuvat paremmin kategorioihin. Suomen kielessä tekstiilit ja vaatteet tarkoittavat usein samaa asiaa, jolloin olen pyrkinyt tekstissä tekemään eron siihen kummasta tekstissä, on oikeasti kyse.

Koska suomenkielistä materiaalia ja vakiintunutta sanastoa älytekstiileistä oli vain vähän, on osa englanninkielisestä termeistä suomennettu vapaasti, sillä sanalla ei ole vastaavaa suoraa suomenkielistä vastinetta.

2 Älytekstiilimateriaalit

Älytekstiili on päätermi monille erilaisille tekstiileille. Älytekstiilit on luokiteltu CEN:n teknisessä raportissa *PD CEN/TR 16298:2011 Tekstiilit ja tekstiilituotteet. Älytekstiilit. Määritelmät, luokitus, soveltaminen ja standardisointitarpeet*. Älykäs tekstiilimateriaali

pystyy sekä aistimaan ympäristöään kuin myös vastaamaan siihen halutulla tavalla. Erittäin älykäs tekstiilimateriaali pystyy aistimaan ympäristöään, vastaamaan aistimukseen sekä sopeuttamaan toimintaansa halutulla tavalla. Materiaali pystyy aistimaan ympäristöään ja vastaamaan siihen mekaanisesti, kemiallisesti, sähköisesti, termisesti, optisesti tai magneettisesti tai näiden erilaisilla yhdistelmillä. Tekstiiliin integroidun elektroniikan lisäksi älytekstiilit ovat moninainen kokonaisuus materiaaleja ja tuotteita.

2.1 Kromaattiset tekstiilimateriaalit

Kromaattiset tekstiilimateriaalit perustuvat värimolekyyleihin, jotka vaihtavat väriään. Kromaattiset tekstiilimateriaalit voidaan jakaa eri luokkiin ominaisuuksien mukaan siten, miten värimolekyylit aktivoituvat tekstiilissä ulkoisesta ärsykkeestä. Näitä ovat esimerkiksi fotokromaattiset tekstiilit (valo), termokromaattiset tekstiilit (lämpö), pietsokromaattiset tekstiilit (paine) ja biokromaattiset tekstiilit (entsyymit). Kromaattiset värit ovat yleensä dispersiovärejä tai pigmenttejä, jotka on yleensä liitetty tekstiiliin painamalla. Tämän takia kromaattisten tekstiilien värinvaihtokyky saattaa heiketä käytössä ja ajan kuluessa.

Kromaattisia tekstiilejä käytetään esimerkiksi suoja- ja työvaatetuksessa mittaamaan kemikaali- ja säteilyaltistusta. Kuvassa 1 (s.2) termokrominen kangas aktivoituu lämmöstä, jolloin kangas vaihtaa väriä. Termokromiset kankaat reagoivat parhaiten yli 10 asteen lämpötilan muutokseen, mutta painatustekniikan kehittyessä on kangas saatu reagoimaan viiden asteen ja jopa sen alle jääviin lämpötilan muutokseen. (Suomen Tekstiili ja Muovi, n.d.)

Kuva 11. Termokrominen kangas. (Martakisand, n.d.)



2.2 Faasimuutosmateriaalit

Faasimuutosmateriaalit pystyvät tietyllä lämpötila-alueella (faasimuutosalueella) sitomaan ja vapauttamaan suuria määriä lämpöenergiaa. Materiaalin muoto voi lämpötilan vaikutuksesta esimerkiksi muuttua kiinteästä nesteeksi ja päinvastoin.

Faasimuutosmateriaaleja voidaan käyttää esimerkiksi tasaamaan lämpötiloja, jolloin lämpötilan laskiessa tekstiilimateriaali lämmittää ja lämpötilan noustessa vuorostaan materiaalin lämpötila laskee. Mikäli aine muuttuu nesteeksi lämpötilan muutoksessa, voidaan faasimuutosmateriaali mikrokapseloida tekstiilin rakenteeseen tai tekstiilikuituun. (Suomen Tekstiili ja Muovi, n.d.)

2.3 Dilantit tekstiilimateriaalit

Dilantti tekstiilimateriaali on muuten pehmeää ja taipuisaa, mutta iskusta kovettuvaa. Näiden materiaalien tarkoituksena on suojata käyttäjäänsä mahdollisessa onnettomuustilanteessa. Yleisimmin tällaisia tekstiilimateriaaleja näkee käytössä muun muassa moottoripyöräilyasusteissa. (Suomen Tekstiili ja Muovi, n.d.)

2.4 Superabsorboivat materiaalit

Superabsorboivat materiaalit kykenevät sitomaan itseensä huomattavan määrän nestettä suhteessa materiaalin painoon. Tällainen ominaisuus saadaan esimerkiksi lisäämällä tekstiilin rakenteeseen erittäin imukykyisiä geelejä tai polymeerejä. Tällaisia tekstiilejä käytetään laajasti esimerkiksi hygieniatuotteissa. (Suomen Tekstiili ja Muovi, n.d.)

2.5 Funktionaaliset eli toiminnalliset materiaalit

Funktionaalisella tekstiilimateriaalilla on jokin erikoisominaisuus, jota tavallisella tekstiilillä ei ole. Näin ollen funktionaalinen materiaali luokitellaan sen toiminnon kautta.

Funktionaaliseksi tekstiilimateriaaleiksi voidaan luokitella esimerkiksi fluoresoivat sekä fosforisoivat tekstiilit, aineita vapauttavat tekstiilit, valoa johtavat materiaalit ja lämpöä johtavat sekä sitovat materiaalit. Funktionaalisuus saadaan aikaan esimerkiksi yhdistelemällä eri materiaaleja, viimeistelemällä tekstiilimateriaali lisäaineella tai käyttämällä erikoismateriaalia. Erikoiskuidut voivat olla toiminnallisia, kuten myös tekstiileille tehtävät viimeistelykäsittelyt, jotka voivat tehdä tekstiilistä rypistymättömän, palosuojatun tai esimerkiksi antimikrobisen. (Suomen Tekstiili ja Muovi, n.d.)

2.6 Langat ja ompelutarvikkeet

Langoilla voidaan vaikuttaa merkittävästi elektroniikkaa sisältävän tekstiilin tai tuotteen johtavuuteen ja sitä kautta häiriöttömään tiedonsiirtoon ja käyttöön. Älytekstiileissä käytetyt langat on usein päällystetty ohuella metallikerroksella, sisältävät konduktiivisia kuituja, ovat metalliin kiedotuista säikeistä tehtyä lankaa, metallilla päällystettyjä kuituja tai puhtaasti metallia. Hyvän johtavuuden lisäksi lankojen täytyy olla koneommeltavia ilman, että langan konduktiivisuus kärsii siitä. Lankojen lisäksi konduktiivisia liimoja, geelejä, teippejä, maaleja, musteita ja muita tarvikkeita on markkinoilla, joilla saadaan parannettua konduktiivisuutta. Monet kiinnikkeet ovat jo ennestään metallia, mutta niissä täytyy huomioida se, että ne sisältävät tarpeeksi metallia ja metalli niissä on johtavaa. Napit, vetoketjut, hakaset ja lukot ovat hyviä esimerkiksi sähköisen piirin sulkemiseen älytekstiilissä. (Kokabant, n.d.)

3 Tekstiileihin integroitu elektroniikka

Suomen kielitoimiston sanakirjan mukaan anturi on mittauslaitteen osa, johon mitattava suure välittömästi vaikuttaa. (Kielitoimiston sanakirja, 2020.)

Antureita on paljon erilaisia, tyypillisiä antureita ovat paine-, lämpötila-, paikka-, nopeus-, kiihtyvyy-, voima- ja kuva-anturit. Näitä antureita yhdistämällä erilaisiin langattomiin teknologioihin saadaan kerättyä dataa, jota voidaan hyödyntää ja jalostaa moniin eri käyttötarkoituksiin. Tällä hetkellä käytettävä teknologia voidaan liittää tekstiiliin periaatteessa kolmella tavalla: joko komponentti on erillinen elementti vaatteen taskussa, osa kankaan rakennetta tai osana langan kuitua.

3.1 Bluetooth

Bluetooth on lyhyen kantaman radiotekniikka ja standardi langattomaan tiedonsiirtoon esimerkiksi tietokoneen, langattoman korvanapin tai aktiivisuusrannekkeen ja älypuhelimien välillä. Bluetoothin rinnalle on kehitetty myös Bluetooth low energy (BLE, Bluetooth Smart), jonka tavoitteena on pieni energian kulutus. Tekniikat elävät rinnakkaiseloa, ja Bluetooth 4.0 sisältää perinteisen Bluetoothin, low energy Bluetoothin sekä suuren nopeuden Bluetoothin (Bluetooth high speed). Nykyisin käytössä oleva Bluetooth 5.0 (julkaistu 2016) mahdollistaa myös pienten datapakettien lähettämisen, vaikka laitteita ei ole paritettu. Bluetooth 5.0 -yhteydellä on nelinkertainen kantama, kaksinkertainen nopeus ja kahdeksankertainen lähetyskapasiteetti verrattuna Bluetooth 4.2 -versioon verrattuna. Tämä tarkoittaa, että tiedonsiirtonopeus voi olla jopa 2 Mbps ja kantama 240 metriä.

Kuvassa 2 (s. 5) on Rotiboxin Bluetooth Beanie Hat eli pipo, johon on integroitu Bluetooth-vastaanotin, kuulokkeet, mikrofoni ja pieni akku. Akun kesto on noin 12 tuntia ja lataus tapahtuu usb-kaapelilla. Kantama on 10 metriä ja pipo on konepestävä, kunhan irrottaa sisäiset kaiuttimet ennen pesua. Pipun materiaali on akryyliä ja pipon lisäksi myynnissä on vastaavanlainen otsapanta. Rotiboxin hinnat ovat alkaen noin 20 euroa, mutta vastaavia tuotteita on myös halvempia internetin eri myyntisivustoilta. Samaa ideaa sisäänrakennetuista kaiuttimista on sovellettu myös muun muassa lippikseen ja korvaläppiin.

Kuva 12. Rotibox Bluetooth Beanie Hat -pipo. (Rotibox, n.d.)



3.2 Google Jacquard

Projekti Jacquard on Google ATAP (Advanced Technology and Projects) labin luoma alusta ja älyvaateteknologia. Jacquard koostuu konduktiivisista langoista, mikroelektronikasta ja älykkäästä ohjelmistosta. Jacquard-tunniste on pieni tietokone, joka yhdistää tuotteen Jacquard-sovellukseen ja muuttaa vuorovaikutuksen käskyiksi, joita sovellus toteuttaa. Samaa Jacquard-tunnistetta voidaan käyttää samaa alustaa käyttäviin tuotteisiin. Tuote konfiguroi ja aktivoi itsensä siirrettäessä tuotteesta toiseen. Jacquard-tunniste hyödyntää koneoppimisalgoritmeja ja mahdollistaa sujuvan vuorovaikutuksen. Tunniste päivittää itsensä sovelluksen kautta, joten uudet ja tulevat ominaisuudet on mahdollista saada jo ostettuun tunnisteeseen. Tuote ei kestä vesispesua, joten tunniste täytyy poistaa aina ennen pesemistä. Jacquard-langat mahdollistavat kosketusvuorovaikutuksen luomalla saumattoman signaalin tunnisteeseen. Langat tehdään konduktiivisista metalleista ja niitä voidaan käyttää vaatteissa normaalin langan tapaan. Langat ovat hyvin ohuita, mutta

metallin ansiosta erittäin kestäviä. Varsinainen kommunikointi tapahtuu esimerkiksi pyyhkäisemällä eri suuntiin, napauttamalla tai peittämällä tunniste.

Ensimmäinen Jacquard-sovellus oli Levi's Trucker Jacket. Tuote herätti paljon kiinnostusta tullessaan syyskuussa 2017 markkinoille, mutta ei osoittautunut myyntimenestykseksi korkeahkon hintansa (350 dollaria) ja vähäisten toimintojensa takia. Kuvassa 3 (s.7) oleva Levi's Trucker Jacket näyttää tavalliselta takilta, mutta oikeassa hihassa ranteen kohdalla oleva Jacquard-tunniste tekee siitä älyvaatteen.

Kuva 13. Levi's Commuter Trucker Jacket with Jacquard. Commuter Jacket on suunniteltu erityisesti pyöräilijöille, ja sisältää parannettuja ominaisuuksia Trucker-takkiin verrattuna. (Levi's, n.d.)



Yves Saint-Laurentin Cit-e Backpack -reppu tuli markkinoille lokakuussa 2019. Vasempaan olkaimeen on sulautettu Jacquard-teknologia ja reppu ilmoittaa, jos sen on jättänyt puhelimen matkasta. Repun vuorovaikutuksen avulla voi ottaa puhelimella kuvan, hallita kuunneltavaa musiikkia, saada Google Assistantilta tietoa päivän säästä, liikenteestä tai uutisista ja jopa suorittaa hakuja. Repun hinta on hieman alle 1 000 euroa.

Uusimpana markkinoille on tullut Adidaksen GMR-pohjallinen, joka on tehty yhteistyössä Google Jacquardin ja ES SPORTS FIFA Mobilen kanssa. Pohjallinen mittaa potkuja, potkun voimakkuutta, etäisyyttä ja nopeutta. Pelissä siis suoritetaan tosi elämän haasteita, joita

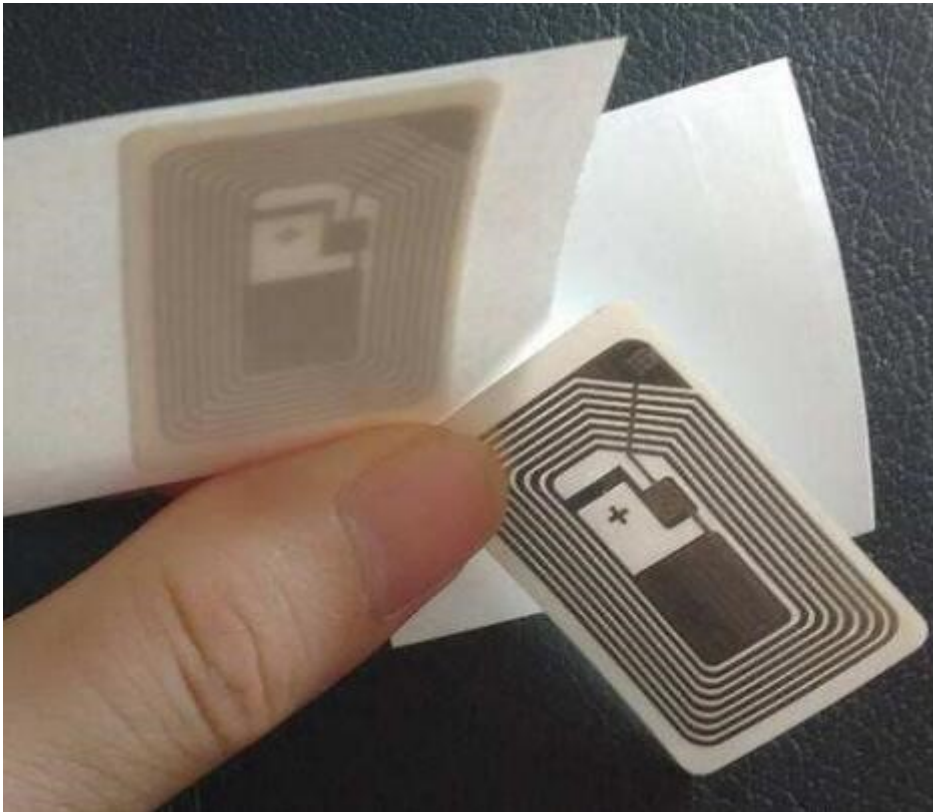
pohjallinen mittaa ja tehtäviä suorittaen pääsee nousemaan tasoja ylöspäin ja ansaitsemaan palkintoja ja kasvattamaan Ultimate Team -suoritusta. Pohjallisen voi laittaa mihin tahansa kenkään, mikä sen tekee käytöstä joustavaa. Pari pohjallisia maksaa noin 40 euroa, jolloin tuote on edullinen länsimaiseen kulutustasoon verrattuna ja mahdollistaa laajemman kuluttajakunnan. (Google ATAP, n.d.)

3.3 RFID

Radiotaajuinen etätunnistus eli RFID (radio frequency identification) on menetelmä tiedon etälukuun ja tallentamiseen. Etätunnistukseen käytetään RFID-tunnisteita eli tägejä. RFID-tunnisteita on aktiivisia, passiivisia ja puolipassiivisia. Passiivisilla RFID-tunnisteilla ei ole omaa virtalähdettä, mikä tekee tunnisteesta pienen ja edullisen. Tunniste vaatii lähilukulaitteen, jonka lukuetaisydet vaihtelevat senteistä metreihin. Puolipassiivinen tunniste sisältää virtalähteen, mutta ei omaa lähetintä. Tämä lisää lukuetaisyyttä ja mahdollistaa tiedon säilyttämisen tunnisteiden omassa muistissa. Aktiiviset RFID-tunnisteet sisältävät oman virtalähteen ja lähettimen, mikä tuo suuremman muistin ja pidemmän kantomatkan. Aktiivinen tunnistin voi myös vastaanottaa lähetinvastaanottimen lähettämiä tietoja.

RFID-tunnistimet luokitellaan myös käytetyn radiotaajuuden perusteella neljään kategoriaan: mikroaaltotunnisteisiin (2,45 GHz), UHF-tunnisteisiin (868–956 MHz), korkean taajuuden tunnisteisiin (13,56 MHz) ja matalan taajuuden tunnisteisiin (125–134 kHz). Näistä mikroaaltotunnisteet ovat käytettävissä ja vapaasti hyödynnettävissä ISM-taajuusalueella kansainvälisesti. Kuvassa 4 (s.9) oleva RFID-tunniste on kokoluokaltaan yleinen, laajasti käytössä oleva sekä hinnaltaan edullinen perustunniste. (AtlasRFIDstore, n.d.)

Kuva 14. RFID-tunniste. (Goldbridgesz, n.d.)



RFID-tunnisteita on jo laajasti käytössä työvaatteissa, joissa niitä käytetään esimerkiksi kulunvalvontaan ja seuraamaan tekstiilien kulkua, vaikka pesulassa. RFID-tunnisteita on käytetty myös muotimaailmassa yksilöimään tuotteita ja näin ollen todistamaan tuotteen aitous. Esimerkiksi italialaisranskalainen luksusmerkki Moncler käyttää RFID-tekniologiaa tuotteiden aitouden todistamiseen. Tuotteet voidaan tunnistaa aidoiksi merkin nettisivujen kautta tai sovelluksen avulla. Vastaavasti pikamuotiin painottuva vaatemerkki Zara hyödyntää RFID-tunnisteita varaston ylläpitoon. Yhtiö ei enää perinteisesti inventoi varastojaan, vaan pystyy lukemaan varastosaldon eri tuotteiden kohdalla säästämällä satoja tunteja työaikaa ja samalla saavuttaen tarkemman tuloksen. Myös kassoilla on RFID-lukijat, jolloin varastosaldot päivittyvät automaattisesti ja tarvittaessa tuotetta tilataan lisää automaatiolla. Kassoilla hyödynnettävää RFID-tekniologiaa on myös muilla vaatemerkeillä. Rebecca Minkoff -vaatemerkin kaikkiin tuotteisiin on asennettu RFID-tunniste ja myymälöissä voi mennä itsepalvelukassalle, joka tunnistaa vaatteet ja lähettää tiedot iPadiin, jolla voi suorittaa itsenäisesti maksun. (Engadget, n.d.)

RFID-tunnisteita ovat hyödyntäneet myös muotitalot Burberry ja Ralph Lauren. Burberryn tuotteissa on RFID-tunnisteet ja QR-koodi, jonka kautta pääsee tutustumaan tuotteen valmistukseen, saa pukeutumisvinkkejä ja pesuohjeita (Forbes, n.d.). Ralph Laurenin tuotteissa RFID-tunnisteet kertovat sovittajalleen onko tuotetta saatavilla myymälässä eri koossa tai värissä. (Engadget, n.d.)

3.4 NFC

NFC (Near Field Communication) on RFID-perusteinen teknologia, jonka suurin ero verrattuna RFID-tunnisteisiin on kyky toimia sekä lukijalaitteena että tunnisteena. Nimensä mukaisesti NFC toimii vain lyhyen kantaman tiedonsiirrossa. NFC on yleinen mobiililaitteissa ja sillä voidaan esimerkiksi parittaa laitteita, tehdä kahden NFC-laitteen välistä tiedonsiirtoa tai laitetta voidaan käyttää esimerkiksi mobiilimaksamiseen. Kuvassa 5 (s.10) olevassa Samsungin puvussa on kuitenkin yksi käytännön haittapuoli: tuotetta ei voi pestä koneessa, vaan puku on käsin pestävä, jotta siihen laitettu NFC-tunniste ei vahingoitu.

Kuva 15. Samsungin puvussa on hyödynnetty NFC-teknologiaa ja puku on paritettu käyttäjän puhelimen kanssa. (Mashable, n.d.)



Muotitalo Gucci on laittanut tuotteisiinsa NFC-tunnisteen tuotteen aitouden tunnistamiseksi. NFC-tunniste on laitettu tuotteissa sisempiin kerroksiin, joten niitä ei pysty poistamaan kuin purkamalla tuote. Tunnisteen avulla tuotteen aitouden voi todistaa omalla puhelimella,

jonka lisäksi saatavilla on tuote- ja valmistustietoa. Guccin myymälöissä tuotteita ei suostuta tunnistamaan aidoiksi, joten tunnisteen lukeminen jää kuluttajalle. Lähes kaikkiin Guccin tuotteisiin on laitettu valmistuksessa NFC-tunniste, kuten kuvassa 6 (s.11) oleviin varvassandaaleihin. Sandaalien tuotemerkkilapussa on myös merkintä tuotteen sisältämästä NFC-tunnisteesta.

Kuva 16. Guccin varvassandaalit, joihin valmistuksessa laitettu NFC-tunniste. (Poshmark, n.d.)



3.5 IoT – Internet of Things

IoT:llä (Internet of Things) eli esineiden internetillä tarkoitetaan verkkoon kytkettyjä esineitä, laitteita ja ajoneuvoja. Ne ovat järjestelmiä, jotka perustuvat automaattiseen tiedonsiirtoon, laitteiden etäseurantaan ja -ohjaukseen internetin kautta. Nämä järjestelmät tuottavat suuren määrän raakadataa, jota analysoimalla ja visualisoimalla pystytään toimimaan reaaliaikaisesti ja ennakoimaan tulevaa. Yleisimmät IoT-sovellukset vielä toistaiseksi ovat teollisuudesta ja automaatiosta, mutta enenevässä määrin myös tavallisen kuluttajan kodissa, kuten lämmönsäätelyssä hyödyntäen lämpötilatietoja. Tulee kuitenkin huomioida, ettei kaikki langattomat, dataa keräävät laitteet ole IoT-laitteita.

Jo vuonna 2014 Saksan jalkapallomaajoukkue käytti älykkäitä, suorituskykyä mittaavia Adidasen paitoja. Paidat mittasivat pelien ja harjoitusten aikana muun muassa nopeutta,

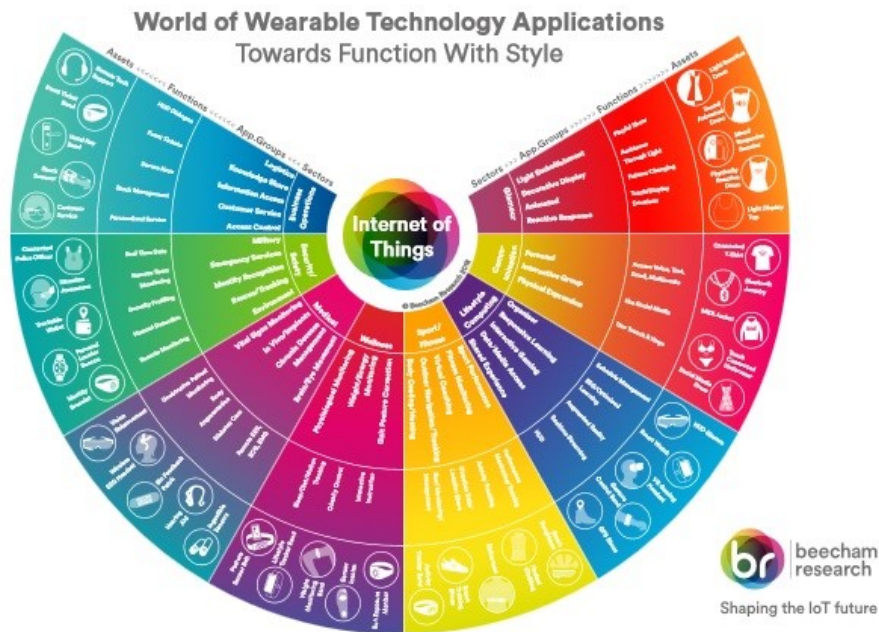
sydämen sykettä ja etäisyyttä. Kerätyn datan avulla valmentajat analysoivat kerätyn tiedon ja suunnittelivat yksilöllisesti jokaisen pelaajan harjoitusohjelman ja pelistrategian. Myös koripalloliiga NBA:n ja jääkiekkoliiga NHL:n joukkueet keräävät pelaajistaan yksilöllistä dataa OptimEye-laitteen avulla. OptimEye-laite tuottaa langattomasti reaaliaikaista dataa, ja sitä on hyödynnetty muun muassa vammojen ehkäisyssä. Kuvassa 7 (s.12) OptimEye-laite laitetaan paidan selkäosassa olevaan taskuun mittaamaan suorituksen aikana tulevaa dataa.

Kuva 17. OptimEye S5 sisältää viisi erilaista anturia. (Cataultsports, n.d.)



Kuvassa 8 (s.13) on Beecham Research -instituutin kuva puettavasta teknologiasta ja sen jaottelusta, vapaasti suomennettuna ”Tyylikkäästi kohti toimintoa”. Kuvassa jaottelu on tehty sektoreittain, ja niiden keskellä on IoT, esineiden internet. Sektoreiden luokat ovat glamour, vuorovaikutus, elämäntavan laskenta, urheilu/kuntoilu, hyvinvointi, lääketieteetiede, turvallisuus ja liiketoiminta. Sektoreiden ulkokehälle siirryttäessä eri lohkoissa on kunkin sektorin sovellukset, toiminnot ja uloimpana tuotteet. IoT ei ole vielä kuvan osoittamalla tavalla laajassa käytössä puettavassa teknologiassa, mutta osoittaa mahdollisuudet myös tekstiilien parissa.

Kuva 18. IoT-sovellukset kategorioittain. (Beecham Research, n.d.)



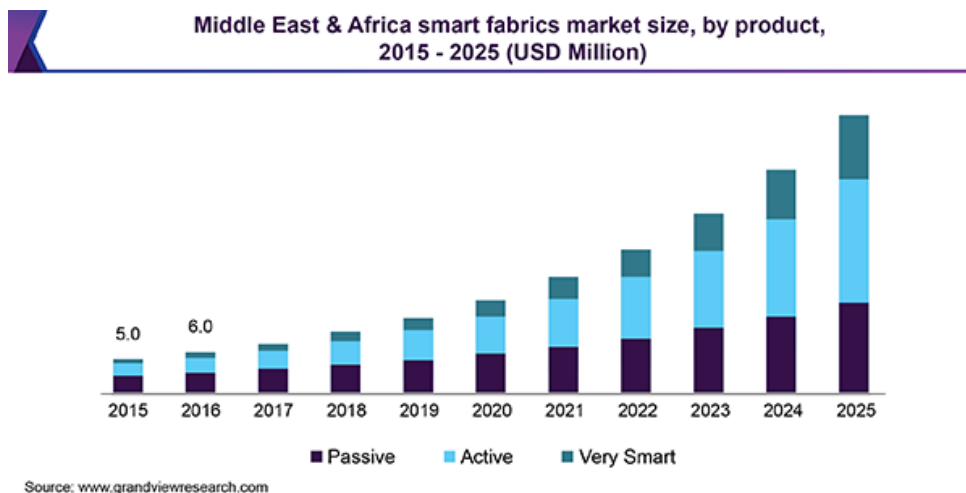
4 Älytekstiilien markkinat ja kaupalliset tuotteet

Älytekstiilien kokonaismarkkinoiden uskotaan kasvavan vuoteen 2025 mennessä 5,2 miljardiin Yhdysvaltain dollariin, jolloin odotettu vuosikasvu on noin 30,4 %. Suurin osuus markkinoista suuntautuu terveydenhuollon älytekstiileihin sekä urheiluun ja hyvinvointiin. Myös vapaa-ajan älytekstiilit ja asusteet kasvattavat tasaisesti markkinoitaan, kun taas alun perin sotilaskäyttöön suunnattujen älytekstiilien ja -tuotteiden markkinat ovat hiipuneet, eivätkä kasva samaa tahtia muiden markkina-alueiden kanssa. Kuvassa 8 (s.10) on jaettu eri kategorioihin eri osa-alueita, joissa hyödynnetään älytekstiilejä sekä puettavia laitteita. Kuvalla havainnollistetaan älytekstiilien ja puettavien laitteiden laajaa käyttöä eri tarkoituksiin. Useita sovelluksia ja niiden keräämää ja tuottamaa dataa voidaan hyödyntää moniin tarkoituksiin sekä kytkeä eri alustoihin. Erityisesti hyvinvointiin (wellness), urheiluun (sports/fitness) sekä terveydenhoitoon (medical) liittyvien älytekstiilien ja laitteiden ennustetaan saavuttavan johtavan markkinaosuuden älytekstiilien markkinoilla seuraavan kymmenen vuoden aikana. (Grand View Research, n.d.)

Kuvassa 9 (s.14) esitetyssä kaaviossa ennustetaan Lähi-idän ja Afrikan älytekstiilien markkinoita anturityypeittäin. Anturit on jaoteltu passiivisiksi, aktiivisiksi sekä älykkäiksi.

Suurimmaksi markkinaosuuden haltijaksi kuvaajassa on esitetty aktiivisia antureita, toisena passiivisia antureita. Myös älykkäiden tekstiilien markkinat kasvavat voimakkaasti ja suhteessa lisääntyvät enemmän kuin passiiviset ja aktiiviset anturit.

Kuva 19. Lähi-idän ja Afrikan älytekstiilien markkinat jaoteltuna anturin aktiivisuuden mukaan. (Grand View Research, n.d.)



Älytekstiilimarkkinoiden odotetaan menevän yhä enemmän kohti sulautettuja järjestelmiä, missä langatonta tekniikkaa, johtavia lankoja ja kuteita sekä pieniä elektronisia komponentteja yhdistetään. Matalan energian ratkaisut kuten BLE, RFID ja NFC ja muut langattomat teknologiat mahdollistavat edullisen tavan tuoda älyä tuotteisiin.

Toistaiseksi älytekstiilien markkinaosuus niin Suomessa kuin ulkomailla on vielä pieni verrattuna tekstiiliteollisuuden kokonaismarkkina-arvoon, joka oli vuonna 2019 arviolta 915,6 miljardia Yhdysvaltain dollaria.

Kuluttajille on tullut tutuksi jo erilaiset älylaitteet, kuten aktiivisuusmittarit, älykellot ja kuulokkeet sekä suomalaisittain suurin innovaatio Oura-hyvinvointisormus, joka mittaa käyttäjänsä unta, aktiivisuutta ja palautumista. Lisääntynyt kiinnostus omaan hyvinvointiin ja itsensä monitorointiin luo hyvät edellytykset älytekstiilien ja -vaatteiden kaupalliseen läpimurtoon lähitulevaisuudessa. Vuonna 2019 urheiluvaatteiden osuus oli 262,51 miljardia Yhdysvaltain dollaria eli lähes kolmannes koko tekstiiliteollisuuden kokonaismarkkina-arvosta.

Eniten kasvavaksi ja suurimmaksi markkinaksi lähitulevaisuudessa ennustetaan terveydenhuolto- ja lääketieteellisiä tekstiilejä. Jo nyt markkinoilla on sydämen EKG-käyrää mittaavia paitoja, ääreisverenkiertoa mittaavia sukkia sekä vauvoille sinipeittoja bilirubiinin/keltaisuuden hoitoon. Terveydenhoitoalan tuotekehitys on pitkien testausaikojen, koekäytön ja standardisoinnin takia kuitenkin hidasta. Toisaalta kasvava hyvinvointitrendi tuo rahaa ja rahoitusta uusille urheilu- ja kuntoilutekstiileille, jotka eivät tarvitse niin laajoja tuotetestauksia kuin lääketieteelliset sovellukset.

Älytekstiilimarkkinoiden suuntausta on siis vaikea ennustaa niin lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä. Kaupallisissa tuotteissa tärkeintä on kuitenkin liittää tuotteeseen sellainen ominaisuus, josta tuo tuotteelle sellaista lisäarvoa, mistä kuluttaja on valmis maksamaan. (Grand View Research, n.d.)

5 Kierrätys, ekologisuus ja tietoturva

Jätelaissa (646/2011) määritelty ensisijaisuusjärjestys ohjaa Suomessa kaikkea tuotteiden tuotantoon, elinkaareen, kierrättämiseen ja käytöstä poistoon liittyvää toimintaa.

Ensisijaisuusjärjestyksen mukaisesti tulee ensisijaisesti vähentää jätteen syntymistä. Kun jätettä syntyy, tulee se uudelleen käyttää, kierrättää tai hyödyntää aineena tai energiana. Käytännössä tämä tarkoittaa materiaalitehokkuutta, hävikin ja hukun pienentämistä sekä suunnitelmallisuutta. EU-maissa syntyy arvioiden mukaan tekstiilijätettä yli kolme miljoona tonnia vuosittain. Tekstiilijätteen määrä on kasvanut voimakkaasti halpavaateketjujen, verkkokaupan yleistymisen ja tehokkaan mielikuvamarkkinoinnin takia. Viimeisten 15 vuoden aikana vaatteiden tuotannon on arvioitu kaksinkertaistuneen. Samanaikaisesti yksittäisten tekstiilituotteiden keskimääräinen käyttöikä on lyhentynyt yli kolmanneksella. Nykyinen tapa tuottaa tekstiilejä kuluttaa runsaasti energiaa, vettä, kemikaaleja ja uusiutumattomia luonnonvaroja. Ympäristön edun mukaisesti olisi oleellisinta, että vaatteet säilyisivät mahdollisimman pitkään käyttökuntoisina ja käytössä. Jos vaatteita käytettäisiin kaksi kertaa pidempään kuin nykyisin, tekstiiliteollisuuden kasvihuonekaasupäästöt pienenisivät yli 40 % kansainvälisten selvitysten mukaan. (Ellen MacArthur -säätö, 2017)

Älytekstiilimarkkinoilla tuotteen kierrätyksen ja ekologisuuden lisäksi täytyy ottaa huomioon tuotteen tietoturva. Haittaohjelmat ja tietojen kalastelu eri muodoissaan aiheuttavat vuosittain Suomessa yli 1 000 tutkintaan johtanutta tapausta tietosuojavaltuutetun toimistossa ja tapausten määrä kasvaa vuosittain lähes 20 prosentilla. Henkilötietojen tietoturvaloukkauksella tarkoitetaan tapahtumaa, jonka seurauksena henkilötietoja tuhoutuu, häviää, muuttuu, henkilötietoja luovutetaan luvattomasti tai niihin pääsee käsiksi taho, jolla ei ole käsittelyoikeutta. Älytekstiilin sisältäessä erityisesti henkilötietoja tai muuta arkaluonteista tietoa tai materiaalia on erityisen tärkeää, ettei tuotteen elinkaaren aikana tuotannosta tekstiilin käytöstä poistoon tuotteen sisältämä tieto pääse väärin käsiin. (Kyberturvallisuuskeskus, n.d.)

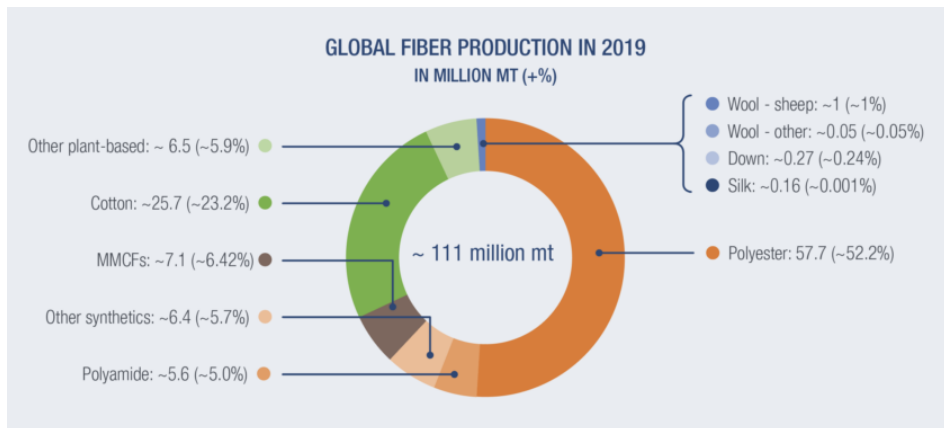
5.1 Kierrätys ja ekologisuus

Suomessa käytöstä poistetaan asukasta kohden noin 13 kiloa tekstiilejä. Tämänhetkisellä väestömäärällä se tekee yhteensä yli 71 miljoonaa kiloa tekstiilejä vuodessa, todennäköisesti luku on vielä suurempi. Tästä menee osa uudelleen käyttöön esimerkiksi vaatekeräyksen kautta tai kierrätyskuiduksi ja uudelleen kankaaksi ja vaatteeksi, mutta osa päätyy poltettavaksi sekajätteen joukossa. Arviolta vain 10 % vaatekeräyksen vaatteista päätyy uudestaan käyttöön, loput poltetaan. Uudelleenkäyttö on kuitenkin jätehierarkian etusijajärjestyksen mukaisesti ensisijainen vaihtoehto poistotekstiilille, toissijaisena vaihtoehtona on materiaalin kierrätys. EU:n asettama direktiivi velvoittaa jäsenmaita järjestämään tekstiilien erilliskeräyksen vuodesta 2025 lähtien, ja Suomessa on esitetty, että asumisessa syntyvän tekstiilijätteen keräys aloitettaisiin jo vuonna 2023. (Suomen Tekstiili & Muovi, n.d.)

Poistotekstiilien uudelleenkäyttö ei ole aina mahdollisuus, joten materiaalin erilaisia kierrätysmenetelmiä tarvitaan. Tärkeää materiaalin kierrätyksessä kuitenkin on, että kierrätyskuidulla korvataan neitseellistä materiaalia, muuten ympäristövaikutukset eivät vähene. Tekstiilienkierrätys tehdään edelleen pitkälti käsityönä, jolloin käsittelijä pystyy valitsemaan uudelleenkäyttöön sopivat tekstiilit. Myös koneellista lajittelua pystytään tekemään ja se perustuu pääasiassa NIR-anturien käyttöön. Kuitenkin sekoitemateriaalit

vaikeuttavat lajittelua ja uusiokuitujen valmistusta. Uudelleenkäyttöön kelpaamattomat tekstiilit voidaan jaotella materiaalijakeisiin, joiden valmistaminen vaatii erilaiset tekniikat. Materiaalijakeita ovat kuitu, polymeeri ja monomeeri. Jaottelu perustuukin siihen, kuinka alkutekijöihin tekstiili on hajotettu. Kierrätysmenetelmiä ovat mekaaninen, terminen, kemiallinen ja näiden yhdistelmät. Tiettyihin kuituihin soveltuu tietyt kierrätysmenetelmät.

Kuva 20. Maailmanlaajuinen kuitutuotanto vuonna 2019. (Textile Exchange, n.d.)



Älytekstiileihin lisätty elektroniikka ja johtavat materiaalit lisäävät niiden kierrätyksen haastetta. Useissa älytekstiileissä on käytetty esimerkiksi ohutta metalli- tai hopealankaa, jotta johtavuus olisi mahdollisimman hyvä. Samoin erilaiset tunnisteet (esimerkiksi RFID) ovat pääasiassa erilaisia metalliseoksia, joiden saattaminen takaisin kiertoon ja uudelleen käytettäväksi on tärkeää. Tärkeää olisi siis suunnitella älytekstiilit niin, että niistä saisi mahdollisimman helposti niihin sisällytetyn elektroniikan ja metallit uusiokäyttöön, etenkin älytekstiilien suosion ja markkinoiden kasvaessa jatkuvasti. Näitä tunnisteita voitaisiin myös hyödyntää tekstiilien koneellisessa lajittelussa, jos tunnisteessa olisi tieto tekstiilin materiaaleista ja lajittelukone luettuaan tunnisteeseen pystyisi lajittelemaan tekstiilin sen mukaan.

Myös erilaiset kemialliset käsittelyt niin normaaleissa kuin älytekstiileissä täytyy ottaa huomioon kierrätyksen haasteiden lisäksi ekologisuudessa. Ruotsissa tehdystä tutkimuksesta (Swedish Chemical Agency, 2014) todettiin tekstiilien valmistuksessa käytettävän yli 2 400 erilaista kemikaalia, joista 10 % on ympäristölle ja/tai terveydelle haitallisia. Näitä haitallisia kemikaaleja on rajoitettu erilaisin kansainvälisin ja kansallisin säädöksin, mutta niistä huolimatta tekstiilit voivat sisältää kyseessä olevia kemikaaleja yli

säädettyjen rajojen. Kierrätyksessä näille kemikaaleille altistuvat tekstiilien käsittelijät, minkä lisäksi tekstiilien sisältämät kemikaalit voivat teknisesti vaikeuttaa niiden kierrätysprosesseja uusiksi kuiduiksi.

5.2 Tietoturva

Tietoturvalla tarkoitetaan hallinnollisia ja teknisiä toimia, joilla varmistetaan tiedon luottamuksellisuus, eheys ja käytettävyys. (Kyberturvallisuuskeskus). Tietoturvallisuus on monilla aloilla yhä tärkeämpää. Huolenaihe ei ole ainoastaan omissa järjestelmissä käytettävän datan suojaaminen, vaan myös asiakastiedot, joita usein sisällytetään RFID-tunnisteisiin. Euroopan Unionin yleinen tietosuojaa-asetus 2016/679 (General Data Protection Regulation eli GDPR) määrittelee kansalaisen oikeudet henkilötietojen käsittelyyn. Asetuksen tavoitteena on yhtenäistää tietosuojaa koskeva lainsäädäntö Euroopan unionin jäsenmaiden kesken. Euroopan unionin lisäksi asetus koskee myös niitä tahoja, jotka tallentavat Euroopan unionissa asuvien henkilöiden henkilötietoja Euroopan unionin alueen ulkopuolelle. GDPR asetuksen myötä jokaisella EU-kansalaisella on oikeus tarkistaa hänestä tallennetut tiedot ja saada tieto siitä, miten henkilötiedot on kerätty sekä miten niitä käsitellään ja kenelle niitä luovutetaan.

Tietosuojaperiaatteen mukaisesti henkilötietoja on käsiteltävä lainmukaisesti, asianmukaisesti, luottamuksellisesti, turvallisesti ja rekisteröidyn kannalta läpinäkyvästi. Henkilötietoja on kerättävä ja käsiteltävä tiettyä, nimenomaista ja laillista tarkoitusta varten ja vain tarpeellinen määrä henkilötietojen käsittelyn tarkoitukseen nähden. Henkilötiedot on päivitettävä aina tarvittaessa ja säilytettävä muodossa, josta rekisteröity on tunnistettavissa ainoastaan niin kauan kuin on tarpeen tietojenkäsittelyn tarkoitusten toteuttamista varten. Tietosuojaperiaatteita on noudatettava henkilötietojen käsittelyn kaikissa vaiheissa. Rekisterinpitäjän on pystyttävä osoittamaan, että se noudattaa tietosuojaperiaatteita. (Euroopan Unionin perusoikeuskirja 2012/C 326/02.)

5.2.1 RFID-tunnisteen tietoturva

RFID-tunnisteen heikkous ja vahvuus on sen pieni muistikapasiteetti. Koska tallennustilaa ei juuri ole, ei tunnisteeseen ole mahdollista ohjelmoida tietoturvallista salausta. Toisaalta

rajallisen muistikapasiteetin ansiosta RFID-tunnisteeseen ei ole välttämättä mahdollista saada haittaohjelmia, jolloin tunniste itsessään ei ole potentiaalinen tietoturvahyökkäyksen kohde. RFID-tunnisteesta haittaohjelma voi kuitenkin päästä taustapalvelimeen ja aiheuttaa sitä kautta haittaa kuten palvelunestohyökkäyksen.

Tietojen kalastelu on suurin ongelma RFID-tunnisteiden ja järjestelmien kanssa. RFID-lukijat lähettävät tunnistuspyynnön tunnisteelle yksilöidäkseen tunnisteeseen. Lukijan luettua tunnisteeseen takaisin lähettämän tiedon lukija vahvistaa tiedon taustapalvelimen kautta. Useimmat RFID-tunnisteet eivät pysty erottamaan oikeaa RFID-lukijaa väärennöksestä, jolloin tietojen kalastelija voi käyttää RFID-tunnisteeseen tietoja omia tarkoituksiaan varten. RFID-tunnisteeseen lukijalla voidaan hyödyntää myös paikkatietoja. Tunnisteeseen lähettämän tiedon avulla voidaan seurata tai paikantaa RFID-tunnisteella varustettu esine sekä yksilöidä se. Suurimpana tietoturvahyökkäyksen todennäköisesti ovat erilaiset palvelinhyökkäykset. Sekä taustapalvelin että RFID-lukija ovat haavoittuvaisia palvelinhyökkäyksille. Käyttöjärjestelmää koskevan tietoturvahyökkäyksen aikana tunnisteiden tunnistautumisen häiriintyy, jolloin täytyy varmistaa, että lukijalla sekä tietokantapalvelimella on mekanismi palvelunestohyökkäysten torjumiseksi. Myös järjestelmän komentoja voidaan yrittää muokata tai tehdä vastahyökkäys nappaamalla lukijan ja tunnisteeseen välissä kulkeva viestintäviesti. Tällöin esimerkiksi viestintäviestiä voidaan hyödyntää johonkin tilaan pääsemiseksi, johon normaalisti tarvittaisiin kulkutunniste. Fyysisen hyökkäyksen mahdollisuus on vartenotettava, sillä RFID-tunniste on haavoittuvainen erilaisille säteille kuten esimerkiksi röntgensäteelle, joka tuhoaa tiedot tunnisteissa. Sähkömagneettiset häiriöt voivat haitata myös lukijan ja tunnisteeseen välistä tiedonkulkua. Kaiken lisäksi tunnisteet ovat yleensä helposti pois otettavissa esineistä tai tuotteista vähäisillä työkaluilla kuten veitsellä, jolloin esinettä ei pystytä enää lukemaan lukijalla. (Securitywing, n.d.)

5.2.2 NFC-tunnisteeseen tietoturva

NFC-tunnisteeseen tietoturvat ovat hyvin samankaltaiset kuin RFID-tunnisteeseen. NFC-tunnisteeseen lyhyt kantama on etu verrattuna RFID-tunnisteeseen, mutta sen vahvuutena ja heikkoutena on kyky toimia sekä tunnisteena että lukijana. Esimerkiksi käytettäessä

puhelinta NFC-lukijana tai tunnisteena monissa puhelin malleissa NFC-tunniste on aktiivinen puhelimen näytön ollessa päällä. Tämä pitäisi siis ottaa huomioon, vaikkei itse käyttäisi puhelimensa NFC-tunnistetta ja muuttaa puhelimen asetuksia niin, että NFC-tunniste on aktiivinen vain sen erikseen aktivoimalla. On ollut joitain tapauksia, joissa bluetooth-yhteyttä on käytetty aktivoimaan NFC-tunniste tai paritettu laitteet hyökkäyksen kohteena huomaamatta asiaa, jolloin yhteyden kautta on päästy käsiksi hyökkäyksen kohteena olevan puhelimen sovelluksiin ja tiedostoihin.

5.2.3 Bluetooth-yhteyden tietoturva

Bluetooth-yhteyden muodostamisen häiritseminen on verrattain helppoa, koska yhteys perustuu radiotekniikkaan. Tekniikan kehittyessä ja kantaman pidentyessä bluetooth-yhteydet ovat entistä riskialttiimpia erilaisten hyökkäysten ja tietosuojamurtojen kohteina. Kesällä 2020 Purdue Universityn tietoturvatutkijat löysivät uuden haavoittuvuuden bluetooth-yhteyksistä. Tämä haavoittuvuus tulee esiin vasta varsinaisen laitteiden yhdistämisen eli parituksen jälkeen laitteiden jälleen yhdistyessä. Uudelleenyhdistäminen tapahtuu joka kerta, kun esimerkiksi laitteet liikkuvat kantaman ulkopuolelle ja sieltä takaisin. Tietoturva-uhka tulee esille vasta laitteiden uudelleenyhdistämisen autentikoinnissa, jota hyödyntämällä hyökkääjät voivat päästä hallinnoimaan bluetoothia hyödyntävien sovellusten näyttämiin viesteihin tai ilmoituksiin käyttäjälleen. Tämä haavoittuvuus koskee miljardeja laitteita ja tutkijoiden mukaan Android-, iOS-pohjaiset, Linux- ja ble-pohjaiset käyttöjärjestelmät ovat haavoittuvia, mutta Windows-laitteet ovat hyökkäyksiltä suojattuja. Tämä samainen haavoittuvuus näin ollen koskee myös IoT-laitteita, joita useimmiten hallinnoidaan erilaisten sovellusten kautta. (ZDnet, n.d.)

5.2.4 IoT-laitteiden tietoturva

IoT-laitteiden läpimurtoa markkinoilla on hidastanut niiden tietoturvaongelmat. IoT-laitteiden salaus on ollut erittäin heikolla tasolla ja monissa laitteissa järjestelmät ovat olleet vanhentuneita, mikä tekee niistä alttiita tietoturvahyökkäyksille. Pääasiallisesti IoT-laitteiden tietoturvaongelmat liittyvät mahdollisiin tietomurtoihin. Suurimpana uhkana on henkilötietojen sekä henkilökohtaisen datan vaarantuminen ja pääsemiseen väriin käsiin. Myös laitteiden toimintaan vaikuttaminen on suuri uhka, esimerkiksi yhdysvaltalainen

autovalmistaja Chrysler joutui lähettämään vuonna 2015 kaikille asiakkailleen tietoturvapäivityksen. Chryslerin autoista löytyi vakava tietoturva-aukko, jossa auton viihdejärjestelmän kautta pystyttiin kauko-ohjaamaan auton moottoria, jarruja ja rattia. (O’Neill, Maire 2016)

Useilla laitevalmistajilla ei ole osaamista tai mielenkiintoa kehittää laitteittensa tietoturvaa. Tämä tekee IoT-laitteista houkuttelevan kohteen tietoturvahyökkäyksille eri muodoissa, sillä internettiin kytketyt laitteet ovat huomattavasti haavoittuvaisempia tietosuojahyökkäyksille niiden ollessa niin sanotusti kytkettynä koko maailman verkkoon.

6 Valittu teknologia ja toteutussuunnitelma

Teknologian valintaan vaikuttivat monet tekijät, mutta suurimmiksi tekijöiksi valikoitui teknologian hinta, pesunkestävyys, helppolukuisuus ja ratkaisun skaalautuvuus. Tällä hetkellä toimeksiantajan Cuidun tuotteet ovat olleet asusteita, mutta valitun teknologian pitää olla sopiva muihinkin tuotteisiin kuin asusteisiin. Skaalattavuuden ja lisäarvoa tuovien ominaisuuksien takia toteutussuunnitelma on jaettu kolmeen ”steppiin” eli vaiheeseen, jotka perustuvat yrityksen toiminnan laajenemiseen ja mahdollisen muun toiminnan kehittämiseen. Toteutussuunnitelma on tehty ensimmäisen stepin ympärille, josta on hyvä jatkaa seuraaviin vaiheisiin.

6.1 Step 1

Cuidun jokainen tuote on yksilöity sarjanumerolla, ja tällä hetkellä jokainen uusi sarjanumero avaa uuden sivun, mikä kuormittaa yhtiön omaa sivustoa ja webhotellia. Lisäämällä tuotteisiin NFC-tunniste saadaan tuote sitä kautta yksilöityä. Lukemalla tunnisteiden voidaan tuotteen haltija ohjata Cuidun internetsivuille lukemaan lisätietoa tuotteen valmistuksesta, materiaaleista ja muista tuotteista. NFC-tunniste olisi hyvä lisätä kangaskerrostien väliin, jotta sitä ei voi poistaa ilman tuotteen purkamista. Tällöin tunniste toimii myös tuotteen aitoustodistuksena. Useimmat älypuhelimet ovat NFC-yhteensopivia, joten puhelinta voidaan käyttää tunnisteiden lukemiseen.

NFC-tunnisteiden hinnat vaihtelevat käytettävissä olevan kapasiteetin perusteella. Isoissa verkkokaupoissa, kuten Amazonilta, on useita vaihtoehtoja, ja mitä enemmän ostaa, sitä halvemmaksi kappalehinta tulee. Esimerkiksi 20 kappaleen paketti 504-tavun vedenpitäviä NFC-tunnisteita maksaa Amazonin verkkokaupassa 15,99 dollaria eli 13,59 euroa (valuuttakurssi 5.10.2020). Tällöin kappalehinta yhdelle NFC-tunnisteelle on pyöristettynä 0,68 e. Tunniste täytyy myös ohjelmoida, jotta se välittää lukijaan halutun tiedon. Tähän on yksinkertaisia ohjelmia Googlen Play Store -sovelluskaupasta, kuten esimerkiksi Android-sopiva Googlen oma sovellus NFC Tools. Sovellus on melko yksinkertainen käyttää, eikä vaadi varsinaisia ohjelmointitaitoja ja sen kautta voi myös tyhjentää NFC-tunnisteen. Sovelluksesta on olemassa myös maksullinen Pro-versio, jossa on laajemmat ominaisuudet kuten profiilien hallinnointi.

Tuotannon keskittyessä tällä hetkellä pääasiassa asusteisiin, voisi kierrätyskuituihin lisätä myös jonkin materiaaliominaisuuden. Tämä toki vaatii tarkempaa tutkimusta ja tuotekehitystä, mutta esimerkiksi tekstiilimateriaalin viimeistely lisäaineella voisi tuoda asusteisiin funktion lisäksi funktionaalisuutta. Tuotteissa on esimerkiksi näkyvä tuotteiden logo, josta voitaisiin tehdä fluoresoiva, jolloin logo heijastaisi pimeässä. Tällöin tuotteen käyttäjällä olisi aina heijastin mukana ja samalla saataisiin näkyvyyttä yritykselle. Funktionaalisuus voitaisiin saada myös aikaan esimerkiksi yhdistelemällä eri materiaaleja tai käyttämällä erikoismateriaalia, mutta kierrätyskuitujen käytön takia tämä voi osoittautua liian haastavaksi toteuttaa.

6.2 Step 2

Toisen vaiheen teknologiaksi valikoitui RFID-tunniste, joka voi olla myös rinnakkaiskäytössä ensimmäisen stepin NFC-tunnisteen kanssa, mutta myös myöhemmin syrjäyttää sen. Riippuen tuotekehityksestä ja yrityksen tavoitteista voisi tuotteisiin lisätä RFID-tunnisteen, joka laskisi esimerkiksi tuotteen pesu- tai käyttökertoja tai mahdollisesti toimisi kulkukorttina. Tunniste toimisi myös varaston hallinnassa, sillä tunniste mahdollistaa etäluennan riippuen tunnisteesta aina muutamasta metristä jopa sataan metriin. RFID-tunnisteesta täytyy päättää, haluaako tunnisteesta passiivisen, aktiivisen tai semipassiivisen, mitkä vaikuttavat tunnisteen käyttöikäen kuin myös siihen, onko tunniste vain luettava vai myös tietoa lähettävä eli aktiivinen. Tyypillisen aktiivisen RFID-tunnisteen patteri kestää 3–5

vuotta, jonka jälkeen tunniste muuttuu passiiviseksi. Passiivinen RFID-tunniste kestää noin 20 vuotta, riippuen siitä, kuinka hyvin tunniste on suojassa erilaisilta korroosiota aiheuttavilta tekijöiltä. Aktiivinen RFID-tunniste on jo kalliimpi, jolloin yhden tunnisteiden hinta on vajaa 20 euroa. Passiivisia RFID-tunnisteita saa huomattavasti halvemmalla, esimerkiksi Amazon-verkkokaupassa myytävä 100 kappaleen RFID-tunnistepakkaus maksaa 15,99 dollaria eli 13,59 euroa (valuuttakurssi 5.10.2020), jolloin kappalehinta tunnisteelle on 0,01 euroa. Riippuen RFID-tunnisteeseen haluttavista ominaisuuksista vaatii tunniste jo ohjelmointia, mutta ei vielä kovin vaativaa ohjelmointia. Erilaisia RFID-tunnistesovelluksia on tehty paljon esimerkiksi Arduino-pohjaisina ohjelmointeina. RFID-tunniste vaatii oman lukijansa, eikä sitä näin ollen ole tämänhetkisellä teknologialla mahdollista lukea esimerkiksi puhelimen avulla.

Vaihtoehtona RFID-tunnisteelle voisi olla sovelluksen kautta hallittava Bluetooth-pohjainen tunniste. Esimerkiksi markkinoilla jo oleva Tile Mate Bluetooth -paikannin toimii paristolla, on vedenpitävä ja se on yhteensopiva esimerkiksi Googlen Alexan kanssa. Tätä vaihtoehtoa ei ole kuitenkaan laajemmin tutkittu, ja sen toteutus vaatii asiaan perehtymistä.

Step 2 -vaiheeseen voisi sisällyttää myös mahdollisen Cuidun oman sovelluksen, jolloin sovellukseen voisi sisällyttää RFID-lukijan. Tällöin sovelluksen kautta tuotteen haltija voisi nähdä, kuinka useasti tuotetta on pesty/käytetty tai hallinnoida mahdollista muuta ominaisuutta. Sovellukseen voisi sisällyttää myös muita ominaisuuksia, kuten brändin oman nettikirppiksen tai vaatelainaamon. Sovelluskirpputorin kautta ostettuihin tuotteisiin voisi myös lisätä tietoa, kuten esimerkiksi kuinka monta omistajaa tuotteella on ollut ennen nykyistä omistajaa, jolloin tuotteelle kertyisi historia, niin sanottu ”pre-loved”-logi.

6.3 Step 3

Kehityksen huippuna tuotteisiin voisi lisätä Google Jacquard -tunnisteen ja palvelun, jolloin ominaisuuksia voisi olla enemmän ja ne voisivat olla toiminnallisia sekä linkitettyjä esimerkiksi käyttäjänsä puhelimen kanssa. Esimerkkejä vastaavasta on, kuten Levi's Trucker Jacket tai Adidaksen ATPR-pohjallinen. Oletettavasti tällä hetkellä Jacquard-teknologia on liian kallis toimeksiantajan tuotannon kokoon ja markkinoihin nähden, mutta yrityksen skaalautuessa ja tuotannon kasvaessa Jacquard voisi olla lisäarvoa tuova ominaisuus.

Jacquard-tunniste on myös yhteensopiva muiden Jacquardia hyödyntävien tuotteiden kanssa, jolloin tuotteen mukana ei välttämättä tarvitse tulla itse tunnistetta, mutta sen tulee olla Jacquard- yhteensopiva. Tämä toisi mahdollisesti enemmän lisäarvoa alhaisemmalla hinnalla.

7 Yhteenveto ja pohdintaa

Älytekstiilien materiaalit ja markkinat ovat suuren murroksen kynnyksellä. Tiettyjä älytekstiileiksi luokiteltavia materiaaleja on käytetty jo verrattain pitkään, mutta valmistusteknologian kehittyessä kustannusten laskiessa ja uusien materiaalien käyttäminen laajemmin kuluttajatuotteissa luovat mahdollisuuden kaupalliseen läpimurtoon. Erilaisia älytekstiilejä on markkinoilla jo kohtuullisen paljon, mutta niiden markkinaosuus on kuitenkin vielä pieni verrattuna tekstiiliteollisuuden kokonaismarkkinaan, jonka arvoksi on arvioitu vuonna 2019 noin 915,6 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Älytekstiilien markkinaosuudeksi on arvioitu 5,2 miljardia dollaria vuonna 2025, jolloin verrattuna vuoden 2019 tekstiiliteollisuuden kokonaismarkkina-arvoon on älytekstiilien prosentuaalinen markkinaosuus vain noin 0,6 % vuonna 2025. Todellisuudessa prosenttiluku on vielä pienempi, sillä tekstiiliteollisuus kasvaa noin 4,4 prosenttia vuosittain, jolloin tekstiiliteollisuuden markkina-arvo on vuonna 2025 jo selvästi yli 1 000 miljardia dollaria. (Grandviewresearch, n.d.)

Tekstiileihin lisätty elektroniikka ja tekniikka on liittynyt aiemmin pääasiassa terveydenhuoltoon, sotilaskäyttöön sekä työvaatetukseen. Elintason noustessa maailmanlaajuisesti sekä älylaitteiden määrän lisääntyessä myös kuluttajakysyntä on kasvanut. Erityisesti fitness- ja hyvinvointiala on ollut selvässä kasvussa viimeiset kymmenen vuotta. Myös esimerkiksi koronapandemia on Suomessa näkynyt tutkimusten mukaan urheilukauppojen kassavirrassa positiivisena muutoksena. Itsensä mittarointi eri tavoin on edelleen jatkuva trendi eikä enää vain kilpaurheilijoiden tapa saavuttaa parempia tuloksia. Älytekstiilien markkinoilla suurin markkinaosuus on edelleen urheiluun ja terveyteen liittyvillä tuotteilla, mutta yhä enenemissä määrin vapaa-ajan älytekstiilit kasvattavat suosiotaan.

Toimeksiantaja Cuitu Oy haluaa tulevaisuudessa lisätä jotain älyä tai tekniikkaa tuotteisiinsa kuitenkin kestäväen kehityksen periaatteiden mukaisesti ja lisäarvoa kuluttajalle tuovalla tavalla. Koska tuotanto on vielä maltillisesta, on hyvä hetki niin tuotannollisesti kuin markkinoita ajatellen alkaa kehittää ja kokeilemaan erilaisia tapoja ja tekniikoita älytekstiileissä. Tuotteisiin valittu teknologia tässä vaiheessa on NFC-tunniste, jolle voidaan lisätä tuotteen sarjanumero ja tuotetietoa. NFC-tunnisteen etuina ovat edullinen hinta, sen ominaisuus olla sekä lukijana että vastaanottimena, yksinkertainen ohjelmitavuus ja lähes jokaisesta älypuhelimesta löytyvä NFC-siru, jolloin tunnisteen lukeminen on helppoa eikä vaadi tuotteen haltijalta erikseen lukijaa. Yrityksen kasvaessa ja teknologian kehittyessä on lukemattomia mahdollisuuksia tuoda yrityksen tuotteisiin älyä sekä toimintoja että toiminnallisuutta. Teknologian kehittyessä niin sanottujen vanhojen tekniikoiden hinnat yleensä laskevat, jolloin niiden hyödyntäminen laajasti tulee kannattavammaksi. Tässä tulee kuitenkin huomioida erityisesti tietoturvan taso ja jatkuvasti tiukentuvat tietoturvastandardit, jotta tuotteiden valmistaminen ja niiden käyttäminen on myös tietoturvallista. Tulevaisuudessa voi siis olla mahdollista, että Cuitu Oy:n jokainen tuote on niin sanotusti älykäs. Tässä opinnäytetyössä ensimmäiseksi vaihtoehdoksi valittu tekniikka onkin myöhemmin minimitaso tuotteen älykkyydelle ja tekniikalle.

Lähteet

Anturi, Kielitoimiston sanakirja. 2020. *Määritelmä*. Haettu 22.9.2020 osoitteesta:

<https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/#/anturi>

AtlasRFIDstore(n.d.). *What is RFID?*. Haettu 25.9.2020 osoitteesta:

<https://www.atlasrfidstore.com/rfid-beginners-guide/>

Beecham Research(n.d.). *World of Wearable Technology Applications* [kuva 8]. Haettu

30.9.2020 osoitteesta: <http://www.beechamresearch.com/article.aspx?id=20>

Ellen MacArthur -säätiö. 2017. *A New Textiles Economy: Redesigning Fashions Future*.

Engadget (n.d.). *How RFID Tags Became Trendy*. Haettu 25.9.2020 osoitteesta:

<https://www.engadget.com/2017-08-22-rfid-tags-in-fashion.html>

Euroopan Unionin perusoikeuskirja 2012/C 326/02. Haettu 3.2.2021 osoitteesta: [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=LEGISSUM%3A133501)

[lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=LEGISSUM%3A133501](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=LEGISSUM%3A133501)

Finn Lectura (n.d.). *Tekstiilien materiaalit*. Haettu 8.9.2020 osoitteesta:

https://finnlectura.fi/assets/naytesivut/Tekstiilien_materiaalit_naytesivut.pdf

Finlex, Jätelaki 646/2011. Haettu 13.2.2021 osoitteesta:

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Forbes(n.d.). *The Amazing Ways Burberry Is Using Artificial Intelligence and Big Data to Drive Success*. Haettu 28.9.2020 osoitteesta:

<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/09/25/the-amazing-ways-burberry-is-using-artificial-intelligence-and-big-data-to-drive-success/#5dd830164f63>

Google ATAP (n.d.). *Jacquard*. Haettu 28.9.2020 osoitteesta:

<https://atap.google.com/jacquard/>

Grand View Research(n.d.). *Global Smart Textiles Industry* [kuva 9]. Haettu 30.9.2020

osoitteesta: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-smart-textiles-industry>

Gucci Print Rubber Slides(n.d.) [kuva 6]. Haettu 30.9.2020 osoitteesta:

<https://poshmark.com/listing/Gucci-Print-Rubber-Slides-Size-10-NEW-w-tags-RFID-5b3933945c4452e44cefa66c>

Kobakant(n.d.). *How to Get What You Want: Conductive Materials*. Haettu 8.9.2020

osoitteesta: <https://www.kobakant.at/DIY/?cat=24>

Kyberturvallisuuskeskus (n.d.). *Tietoturva. Nyt!*. Haettu 13.2.2021 osoitteesta:

<https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/fi/tietoturva-nyt?limit=20&offset=0&query=&sort=updated>

Levi's Commuter x Jacquard Jacket(n.d.) [kuva 3]. Haettu 8.9.2020 osoitteesta:

https://www.levi.com/US/en_US/apparel/clothing/tops/levis-commuter-x-jacquard-by-google-trucker-jacket/p/286600000

Martakisand (n.d.). *Layered Chromics*. Termokrominen kangas [kuva 1]. Haettu 8.9.2020 osoitteesta: <http://martakisand.com/blog-1/layered-chromics>

O'Neill, M. 2016. *Insecurity by Design: Today's IoT Device Security Problem*. Engineering 2.1 (2016): 48–49.

OptimEye 5S(n.d.) [kuva 7]. Haettu 28.9.2020 osoitteesta:

<https://www.catapultsports.com/products/optimeye-s5>

RFID-tunniste(n.d.) [kuva 4]. Haettu 24.9.2020 osoitteesta:

<https://www.goldbridgesz.com/news/Why-use-RFID-clothing-tags-on-designer-clothes.html>

Rotibox Bluetooth Beania(n.d.) [kuva 2]. Haettu 28.9.2020 osoitteesta:

<http://myrotibox.com/index.php?c=msg&id=296&>

Samsungin puku(n.d.) [kuva 5]. Haettu 24.9.2020 osoitteesta:

<https://mashable.com/2016/01/09/samsung-smart-fashion/?europe=true>

Standardi PD CEN/TR 16298:2011. *Tekstiilit ja tekstiilituotteet. Älytekstiilit. Määritelmät, luokitus, soveltaminen ja standardisointitarpeet*. Haettu 8.9.2020 osoitteesta:

<https://www.en-standard.eu/pd-cen-tr-16298-2011-textiles-and-textile-products-smart-textiles-definitions-categorisation-applications-and-standardization-needs/>

Suomen Tekstiili ja Muovi(n.d.). *Tekstiilialan innovaatiot: Mitä ovat älytekstiilit ja funktionaaliset tekstiilit?* Haettu 8.9.2020 osoitteesta:

<https://www.stjm.fi/uutiset/tekstiilialan-innovaatiot-mita-ovat-alytekstiilit-ja-funktionaaliset-tekstiilit/>

Swedish Chemical Agency(n.d.). *Chemicals in Textiles*, 2014. Haettu 2.10.2020 osoitteesta:

<https://www.kemi.se/files/8040fb7a4f2547b7bad522c399c0b649/report6-14-chemicals-in-textiles.pdf>

Textile Exchange (n.d.). *Preferred Fiber and Materials Market* [kuva 10]. Haettu 2.10.2020

osoitteesta: <https://textileexchange.org/2020-preferred-fiber-and-materials-market-report-pfmr-released/>

ZDnet (n.d.). *Billions of Devices Vulnerable to New "PLESA" Bluetooth Security Flaw*. Haettu

3.2.2021 osoitteesta: <https://www.zdnet.com/article/billions-of-devices-vulnerable-to-new-bleesa-bluetooth-security-flaw/>

