

# IoT:n käytön mahdollisuudet työvaatteessa

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Muotoilja (YAMK)  
Muotoilu- ja media-alan uudistava  
osaaminen  
kevät 2018  
Mervi Helmimäki

Lahden ammattikorkeakoulu  
Muotoilu- ja media-alan uudistava osaaminen YAMK

HELMIMÄKI, MERVI:

IoT:n käytön mahdollisuudet  
työvaatteessa

113 sivua, 8 liitesivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

---

Työvaatteelle asetetaan paljon vaatimuksia, jotka vaatevalmistajan on täytettävä, jos haluaa pärjätä markkinoilla. Työvaatteen on oltava kulutusta kestävä, oltava mukava päällä haastavissakin olosuhteissa, lisättävä turvallisuutta työmailla, oltava käytännöllinen sekä toimittava suojavaatteena erilaisissa, myös vaarallisissa työskentely-ympäristöissä. Oman haasteensa tuovat myös työvaatteen huoltoprosessi sekä se, että hinnan on oltava kilpailukykyinen.

Tässä opinnäytetyössä lähdin kartoittamaan IoT:n käytön mahdollisuuksia työvaatteessa ja työvaatteen vaatimusten kentässä. Näkökulmina työssäni olivat työturvallisuus ja ergonomia sekä niiden parantamisen mahdollisuudet teknologian keinoin fyysisesti raskaan työn työvaatteissa.

Tiedonhankintamenetelminä käytin muiden alojen benchmarkingia sekä asiantuntijahaastatteluja, ja toteutin haastattelut monialaisina teemahaastatteluina. Benchmarkingissa sekä haastatteluissa esiin nousseita mahdollisuuksia peilasin työympäristöjen vaara- ja kuormitustekijöihin.

Opinnäytteen lopputuloksena syntyi kolme erilaisiin työympäristöihin suunnattua visioivaa tuotekonseptia, joita voidaan soveltaa myös muihin toimintaympäristöihin ja toimialoille.

Asiasanat: työvaate, suojavaate, työturvallisuus, ergonomia, IoT, Internet of Things, älyvaate, benchmarking, asiantuntijahaastattelu, teemahaastattelu, visioiva konseptointi

Lahti University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Design and Media

HELMIMÄKI, MERVI:

IoT's possibilities of use in the field of  
workwear

113 pages, 8 pages of appendices

Spring 2018

ABSTRACT

---

When it comes to the workwear industry, there are many demands for workwear clothing that a manufacturer has to fulfill, if they want be successful in the market. Workwear needs to be durable, practical and comfortable, even in challenging working conditions. The clothing has to improve wearer's safety in the worksites and it has to protect also in different, hazardous working environments. There are many challenges with the washing process of workwear, and the price of workwear needs to be competitive.

In this thesis I did map out IoT's possibilities of use in workwear and in workwear's field of demands. My point of view in the study was work safety and ergonomics and the possibility to improve those with technology in the field of heavy-duty workwear.

My research methods were benchmarking of other clothing areas and interviewing experts from different fields. The interviews were done as focused, semi-structured interviews. The possibilities that turned up in benchmarking and interviews were reflected to the danger and stress factors in the working environments.

The final result of my thesis was three visioning product concepts that were placed in different working environments. Concepts can be applied also to other operational environments and branches.

Key words: workwear, IoT, Internet of Things, smart clothing, wearables, wearable electronic, benchmarking, focused interview, visioning product concept

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TYÖN TAUSTAT	6
2.1	Viitekehys	10
2.2	Tiedonhankinta- ja kehittämismenetelmät	11
3	TEKNOLOGIA-KÄSITTEET	15
3.1	IoT – Internet of Things	15
3.2	Älyvaate	17
3.2.1	Älyvaatteissa käytettävät materiaalit ja teknologiat	19
4	TYÖ- JA SUOJAVAAATTEET	24
4.1	Työympäristön vaara- ja kuormitustekijät	25
4.2	Työvaatestandardit	31
4.3	Työtapaturmat	34
4.4	Työvaatteen huolto	36
5	BENCHMARKING	38
5.1	Lihaskäytävyyteen ja -toimintaan liittyvät ratkaisut	39
5.2	Sykettä ja muuta aktiiviteettia mittaavat ratkaisut	43
5.3	Toimintoja ohjaavat ratkaisut	50
5.4	Ympäristöön reagoivat ratkaisut	58
5.5	IoT-sovellukset työvaatesektorilla	63
6	ASiantuntijahaastattelut	72
6.1	Toteutus	73
6.2	Teemat	74
6.3	Analysointi & johtopäätökset	75
7	Älykkään työvaatteen mahdollisuudet	87
7.1	Rakennustyöntekijä	90
7.2	Metsuri	93
7.3	Tehdastyöntekijä	96
8	Yhteenveto	99
	LÄHTEET	104
	LIITE I TEEMAHAASTATTELUN RUNKO	117



## 1 JOHDANTO

Internet of Things (IoT), esineiden ja asioiden Internet on nousemassa oleva, uusi, teknologinen vallankumous. IoT on terminä ollut olemassa jo vuosikautia, mutta nyt se on laajentumassa myös alueille, joilla sitä ei ole aiemmin tavattu. IoT:ta hyödyntäviä sovellutuksia esimerkiksi urheilu- ja muotipuolelle on tehty jo useita vuosia, mutta työvaatepuolella se on vasta kasvava ilmiö, josta on tällä hetkellä melko vähän tutkimuksellista tietoa. Kehittämistyönäni tutkin IoT:n sulautumista työvaatesektorille sekä sen tarvetta ja käytön mahdollisuuksia huomioiden myös työvaatteelle tyypilliset haasteet. Tutkin erityisesti asiaa työhyvinvoinnin parantamisen näkökulmasta fyysisesti raskaassa työssä.

Aiheen tulevaisuussuuntainen lähestymistapa ohjasi tiedonhankintamenetelmien valintaa, ja parhaiten aiheeseen tarttuminen onnistui asiantuntijahaastattelujen sekä muiden alojen benchmarkingin avulla. Asiantuntijahaastattelut toteutin monialaisesti, sillä aihealue on hyvin poikkialainen, ja näin ollen asiaa pystyi tarkastelemaan useasta eri näkökulmasta. Asiantuntijahaastatteluissa pyrin selvittämään, onko IoT-sovellutuksille tarvetta työvaatealalla, millaisia käyttökohteita niille olisi sekä mitä asioita tulee ottaa huomioon. Benchmarkingissa tutkimiani tuotteita hyödynsin olemassaolevien teknologioiden ja sovellutusten todentamiseen sekä perusteina konseptin osien toteuttamismahdollisuudelle. Benchmarkingissa sekä asiantuntijahaastatteluissa nousseiden teemojen mukaisesti konseptoin eri mahdollisuuksia tulevaisuuden työvaatteelle. Suurimmat hyödyt voidaan nähdä työturvallisuuden sekä ergonomian parantamisessa.

## 2 TYÖN TAUSTAT

Tekstiiliala Suomessa elää uudessa murroksessa, kun viimeisetkin isot toimijat ovat lopettamassa tuotantoaan kotimaassa ja siirtämässä tuotantokoneistonsa Suomen ulkopuolelle. Jotta tekstiiliala pystyy säilyttämään kilpailukykynsä, on sen uudistuttava päästäkseen uudelle kasvu-uralle (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 103). Suomalainen tekstiiliala tulee olemaan pakotettu määrittelemään itsensä uudelleen pärjätäkseen kovassa kilpailussa ja puolustaakseen asemaansa muita alan toimijoita vastaan. Jopa suomalainen tuotanto voi puolustaa paikkaansa, kun asiat tehdään viimeisen päälle ja synnytetään tarpeeksi suurta lisäarvoa asiakkaalle (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 125). Uudistuksen pyörteissä on tärkeää osata poimia ne toiminnot, joilla yritykset voivat globaalissa markkinataloudessa luoda todellista lisäarvoa (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 103).

Digitaalisuus mullistaa kaikkia aloja, ja myös suomalainen vaate- ja tekstiiliteollisuus näkee digitaalisuudessa mahdollisuuksia. Tulevaisuudessa ne yritykset tulevat menestymään, jotka hyödyntävät uutta teknologiaa liiketoiminnassaan ja löytävät uusia, innovatiivisia tapoja täyttää asiakkaidensa tarpeet ja odotukset. (VTT 2017a) Teknologinen kehitys on yksi merkittävimmistä megatrendeistä (kuvio 1) tällä hetkellä niin tuotteiden kuin valmistusjärjestelmien saralla (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 113). Kyse on nykyään jo yksittäisten visionäärien tulevaisuuden unelmien sijaan todellisesta, poikkialaisesta kehitystyöstä, johon eri alojen merkittävimmät toimijat investoivat suuria määriä resursseja (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 120). Suomessa teknologia-alan osaamista on paljon, ja edelleen koulutetaan paljon ammattilaisia tekniikan ja teknologian aloille. Suomi on ollut teknologisen kehityksen kärkimaita, ja onnistunut luomaan nykyisinkin käytössä olevia tekniikan alan merkityksellisiä tuotteita ja palveluita. Suomessa onkin teknologiaan

liittyvä osaaminen erittäin kilpailukykyistä (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 120).

Erilaisia trendiaineistoja ja -sivustoja tarkastelemalla kokosin PESTE-analyysin tulevaisuuden yhteiskunnallisista trendeistä 2016 syksyllä. Lähteinä käytin tulevaisuussuuntautuneita sivustoja ja -videoita, kuten esimerkiksi sivustoja Trend Hunter, Trendwatching, Faith Popcorn, Design Led Futures, Trends Research Institute sekä Next Big Future. Näiden lähteiden pohjalta tein kehittämistyöni aihetta ajatellen yhteiskunnallisten trendien trendikartan (kuvio 1).



Kuvio 1. Trendikartta tulevaisuuden yhteiskunnallisista trendeistä

Vaikka teknologia tulisi aiempaa lähemmäksi ihmiskehoa, tämän hetkiset puuttavan teknologian tuotteet eivät vielä vaikuta tarjoavan täysin mullistavaa roolia, eivätkä ne pysty vielä tarjoamaan sellaista kokemusta, joka ottaisi henkilökohtaisen ja tärkeän roolin ihmisten elämässä. Tämä



herättää kysymyksen siitä, miten IoT-teknologiaa sisältävät tuotteet ja sen synnyttämät palvelut voivat tulla merkityksellisiksi ja tämän hetken tuotteita aisteihin paremmin yhdistäviksi tuotteiksi ihmisten elämässä. (ten Bhömer 2016) Tämä edellyttää sellaisen tuotteen tai palvelun kehittämistä, jota ilman ihminen ei osaa enää kuvitella tulevansa toimeen. On synnyttävä tarve sekä vahva tunne siitä, että loppukäyttäjä saa tuotteella tai palvelulla lisäarvoa sekä rahoilleen vastinetta.

Tekstiilialalla seurataan laajasti älykankaisiin liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia sekä teknologian kehitystä, ja muun muassa kehon sekä arkisen toiminnan kokonaisvaltainen ja jatkuva mittaaminen kasvavina ilmiöinä tulevat kasvattamaan älykankaisiin liittyviä mahdollisuuksia entuudestaan. (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 120) Älykkään teknologian merkitys työvaatealalle voi olla mullistava jo ajatellen sitä, että saataisiin estettyä työtapaturmia tai parannettua työntekijöiden ergonomiaa, mikä voi lisätä useita työvuosia työntekijälle ja estää ammattitauteja. Myös työtehokkuuden lisääminen kasvavassa globaalissa kilpailussa on asia, joka lisää kannattavuutta ja näin ollen, lisää kilpailukykyä markkinoilla.

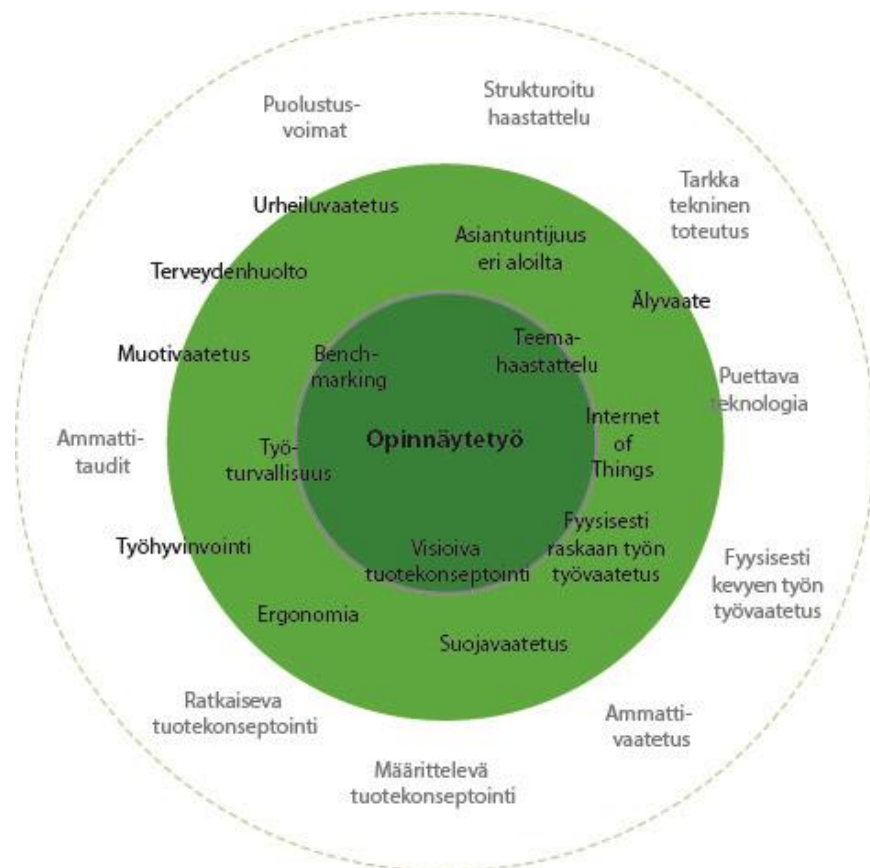
Digitalisaatio tulee jatkossakin väistämättä mullistamaan tekstiili- ja vaatetusala. Samalla, kun kuluttajat haluavat entistä yksilöllisimpiä mutta helppokäyttöisiä palveluratkaisuja ja niiden avulla tuotettuja personoituja palveluja, vaatimukset vain lisääntyvät. (VTT 2017a) Lähitulevaisuudessa tekstiileistä tulee alusta Uber:n ja Airbnb:n tapaan esimerkiksi hyvinvointialalle. Big datan valtavat tietomäärät voivat paljastaa sellaistaakin tietoa, mitä emme muuten saisi. Datan visualisoinnilla on asiassa merkittävä rooli. (Wearable 2015a)

Haasteina kehitystyössäni ja aiheessani on esimerkiksi se, että IoT:sta yhdistettynä työvaatteisiin ei tiedetä vielä paljoakaan, ja kirjallisuudessa aiheesta ovat jo useasti vanhentunutta tietoa siinä vaiheessa, kun ne julkaistaan. Tieto muuttuu koko ajan, sillä teknologian kehitys on tällä hetkellä niin nopeaa, että vielä ei pystytä näkemään edes sitä, millainen maailma on teknologian osalta puolen vuoden päästä. Käsitteet ovat myös standardisoimatta, joten samasta asiasta saatetaan puhua eri termeillä ja vastaavasti samalla termillä voidaan tarkoittaa hieman eri asioita. Myös esimerkiksi tietoturva-asiat, tuotteiden huollettavuus sekä se, ettei lisäarvosta olla valmiita maksamaan, muodostavat omat haasteensa kehittämistyöni kokonaisuuteen.

Mahdollisuudet kuitenkin olemassa olevan teknologian hyödyntämiseen työvaatealalla ovat suuret. Työvaatteiden käytännöllisyys sekä työturvallisuus huomioon ottaen tulee varmasti mahdolliseksi liittää teknologiaa osaksi työvaatetta työnteon siitä kärsimättä, päinvastoin niistä voisi olla hyötyä sekä työturvallisuuden että työn tehokkuuden näkökulmasta. Aikajana ei kuitenkaan vielä ole selkeä sen suhteen, milloin näistä mahdollisuuksista tulee kaupallisia sovelluksia. Mahdollisuudet ovat sekä äkillisiä tapaturmia ehkäiseviä ja työtehokkuutta parantavia, mutta myös jopa useita vuosia kehittyviä ammattitaitoja ehkäiseviä ja huonon työergonomian aiheuttamia virhetiloja vähentäviä. Esteenä teknologian hyödyntämiselle työvaatteessa eivät ole teknisten ratkaisujen kehitys, sillä teknologia on jo aika pitkälti olemassa. Pullonkaulana ovat paremminkin käytännön tarkoituksen määrittely, soveltuvat liiketoimintamallit ja asiakkaan ymmärrys ratkaisujen lisäarvosta. (Tahvanainen & Pajarinen 2014, 119)

## 2.1 Viitekehys

Kehittämistyöni rajausta ja työhön vaikuttavia asioita olen kuvannut visuaalisessa viitekehyksessä (kuvio 2). Kahdella sisemmällä kehällä on opinnäytetyöni sekä siihen vaikuttavia asioita. Uloimman kehän asiat olen rajannut opinnäytteeni ulkopuolelle.



Kuvio 2. Visuaalinen viitekehys opinnäytetyön rajauksesta

Tarkastelen kehitystyössäni IoT:n käytön mahdollisuuksia työvaatteeseen sekä työturvallisuuden että ergonomian kannalta. Työssäni keskityn käsittelemään työvaatteista erityisesti fyysisesti raskaassa työssä käytettävää työ- ja suojavaatetusta, joten rajaan fyysisesti kevyen työn tekijöiden työvaatetuksen ja ammatti-vaatetuksen pois. Fyysisesti raskaan työn tekijät ovat niitä, joiden työssä on suuri merkitys työturvallisuuden

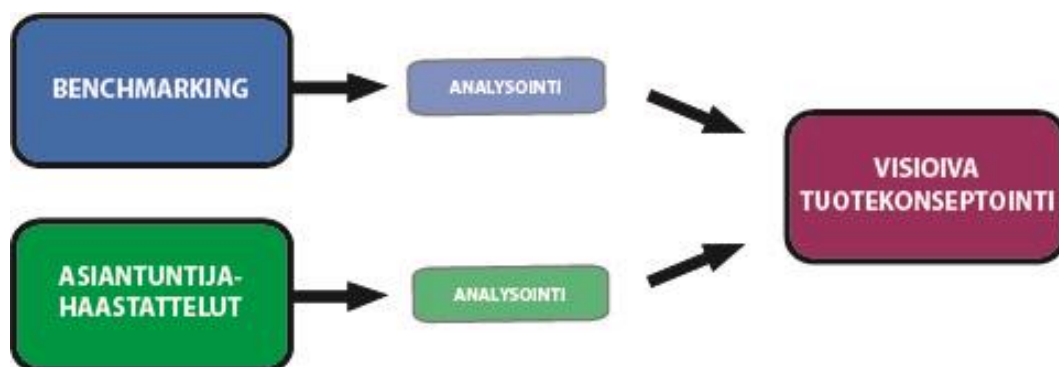
parantamisella vakavien tapaturmien ehkäisemisen kannalta. Työturvallisuudessa keskityn enemmän työtapaturmiin kuin ammattitauteihin, toki jokin työtapaturmia ehkäisevä toimenpide voi ehkäistä myös ammattitauteja. Vaatteeseen yhdistettävän teknologian rajaan koskemaan vain Internet of Things-teknologiaa, sillä se on kartoittamattomampaa aluetta kuin esimerkiksi puettava teknologia ja sen sovellutukset.

Lopputuotoksena syntyvä visioiva tuotekonseptointi rajautuu empiirisen osan benchmarkingissa ja asiantuntijateemahaastatteluissa syntyvän tiedon pohjalta. En keskity konseptoinnissa tarkkaan tekniseen toteutukseen, vaan ennemminkin teknologinen toteutuspuoli peilautuu benchmarking-sovellutusten sekä haastattelussa esille tulleisiin asioihin, joilla perustelen, että konseptit ovat teknisesti toteutettavissa. IoT-teknologiaa hyödyntävien työvaatteiden haasteet on esitelty, mutta niitä ei ole syvemmin analysoitu.

## 2.2 Tiedonhankinta- ja kehittämismenetelmät

Kehittämistyössäni käytän laadullisia menetelmiä kartoittaakseni tätä nopeasti muuttuvaa toimintakenttää, sillä aihealue on vielä suhteellisen tuntematon. Laadullisessa tutkimuksessa ei ole tarkoitus yleistää asioita, kuten määrällisessä tutkimuksessa, vaan tarkoituksena on kuvata ja ymmärtää ilmiötä ja antaa sille mielekäs tulkinta. (Kananen 2008, 24) Tämän vuoksi ilmiötä on katsottava monelta eri kannalta, ja sitä on tutkittava useammalla kuin yhdellä menetelmällä, jotta voidaan uskoa siihen, että ilmiöstä voidaan muodostaa tarpeeksi laaja käsitys tutkimusaineiston perusteella.

Tiedonhankintamenetelmänä kehittämistyössäni käytän asiantuntijoiden teemahaastatteluja ja muiden alojen benchmarkingia, ja tiedonhankintaprosessin kulkua olen kuvannut kuviossa 3.



Kuvio 3. Opinnäytetyöni tiedonhankintaprosessi

Asiantuntijahaastattelut on valittu oletuksella, että oman tiedonalansa kärjessä oleva asiantuntija pystyy ennakoimaan asioita paremmin kuin henkilö, jolla ei ole yhtä paljon tietoa kuin asiantuntijalla (Metsämuuronen 2008, 274). Teemahaastattelussa haastattelun aihepiirit eli teema-alueet ovat jo tiedossa, mutta kysymysten tarkka muoto ja järjestys puuttuvat. (Hirsjärvi & Hurme 1991, 36) Haastattelun pohjaksi laaditaan teema-alueuettelo, joka toimii haastattelutilanteessa haastattelijan muistilistana. Teema-alueiden tulisi olla väljiä, jotta tutkittavaan ilmiöön todellisuudessa liittyvät moninaiset asiat pystyttäisiin kaivamaan esille mahdollisimman hyvin. Vaikka teemahaastattelu rakentuukin teemojen varaan, on harkittava, onko kaikista teemoista ja aiheeseen liittyvistä ilmiöistä välttämättä keskusteltava. (Hirsjärvi & Hurme 1991, 41-42)

Teemahaastattelu on hyvä ratkaisu tässä tapauksessa, kun haastateltavat ovat erilaisilta aloilta ja erilaisista toimenkuvista, sillä samoja kysymyksiä ei ole järkevää esittää kaikille haastateltaville. Enemmänkin kehittämistyössäni on tarkoitus hahmottaa ilmiötä ja keskustella samasta

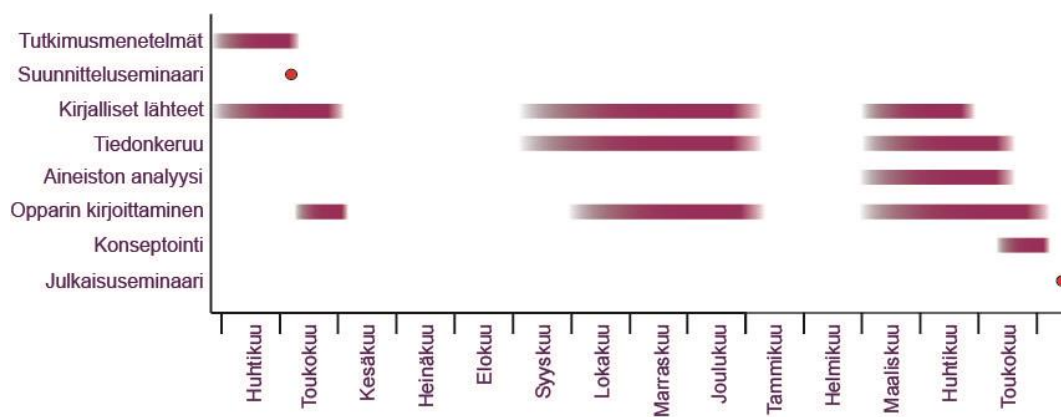
aihealueesta, mutta vastaukset ja keskustelun kulku määrittelevät paljolti jatkokysymysten sisältöä. Teemahaastattelua käytettäessä pyritäänkin enemmän tutkimaan ilmiön perusluonnetta ja ominaisuuksia sekä löytämään hypoteesi kuin todentamaan hypoteesi, joka on ennalta asetettu (Hirsjärvi & Hurme 1991, 41).

Oppiminen benchmarkingissa tapahtuu vertailemalla omaa kehittämisen kohdetta toiseen kohteeseen, parhaaseen olemassaolevaan käytäntöön. Myös toiselta alalta voi löytyä hyvä vertailukohta. (Moilanen, Ojasalo & Ritalahti 2009, 43) Koska opinnäytteeni aiheesta, lot-sovelluksista työvaatteissa, on saatavissa vain vähän aiempia sovellutuksia ja tutkimuksia, mutta esimerkiksi muoti- ja urheiluvaatebisneksessä sekä terveydenhuoltopuolella on jo useita sovellutuksia tehty, on tarkoituksena hyödyntää muiden alojen tietoutta aiheesta luotaessa työvaatealan mahdollisia tulevaisuuden älykkäitä konsepteja. Uutta tuotetaan, kun parhaita käytänteitä etsitään muista organisaatioista, ja sovelletaan niitä luovasti omaan organisaatioon sopiviksi (Moilanen, Ojasalo & Ritalahti 2009, 43). Muiden alojen benchmarkkauksella saadaan täten vinkkejä mahdollisista tulevaisuuden uusista malleista myös työvaatealalle sovellettuina.

Laadullisilla menetelmillä kerätystä aineistosta etsitään sen jälkeen yhteisiä teemoja ja esille nousevia asioita ja ilmiöitä. Näitä teemoja, asioita ja niiden välisiä suhteita voidaan hahmotella mind map:n ja teemoittelun avulla, jolloin saadaan parempi käsitys siitä, millaisiin asioihin kehittämistyön viimeisessä vaiheessa, visioivassa tuotekonseptoinnissa, olisi keskityttävä. Mind map:n avulla voidaan kerätä, arvioida ja jäsentellä ideoita yhden teeman tai sanan ympärille (Kananen 2008, 59). Teemoittelulla voidaan hahmottaa aineistosta nousevia piirteitä, jotka ovat yhteisiä usealle haastateltavalle (Hirsjärvi & Hurme 2000, 173). Benchmarkingista ja haastatteluista saatava aineisto toimii fokuksena

viimeisessä vaiheessa luotaviin visioiviin tuotekonsepteihin, joilla kartoitetaan tulevaisuuden tuotemahdollisuuksia erilaisten luotujen tuotevisioiden avulla (Kokkonen, Kuuva, Leppimäki, Lähteinen, Meristö, Piira & Sääsilahti 2005, 17)

Opinnäytetyötä tehdessäni työn eri alueet limittyivät keskenään, ja teinkin benchmarkingia sekä asiantuntijahaastatteluja osittain samanaikaisesti. Kuviossa 4 olen kuvannut opinnäytetyöni aikajanaa eri osioiden suhteen.



Kuvio 4. Opinnäytetyön aikajana

### 3 TEKNOLOGIA-KÄSITTEET

#### 3.1 IoT – Internet of Things

Internet of Things (IoT) -käsitteellä on monta erilaista määritelmää, mutta kaikki niistä jakavat idean, että ensimmäinen Internet perustui ihmisten luomaan dataan, kun taas tämä versio, Internet of Things, tulee perustumaan siihen, että asiat ja esineet luovat datan (Techopedia 2018). Businessinsider:n artikkelin (2018) mukaan IoT eli esineiden ja asioiden Internet, tarkoittaa verkkoa, jossa fyysiset asiat, kuten esimerkiksi tavarat, koneet ja laitteet, rakennukset, ihmiset sekä kulkuvälineet, ovat yhteydessä Internetiin. Mitä tahansa yksittäistä, Internetiin yhdistettyä laitetta, jota voidaan valvoa ja kontrolloida etänä, voidaan kutsua IoT-laitteeksi. IoT-verkossa yhdistettyinä voivat olla ihmiset ihmisiin, asiat ihmisiin tai asiat asioihin (Forbes 2014), ja näitä yhdistettyjä asioita voidaan valvoa, mitata sekä ohjata automaattisesti (Youtube 2012). RFID- ja sensoriteknologia mahdollistavat sen, että tietokoneet voivat havainnoida ja ymmärtää maailmaa ilman ihmisen tuottaman datan rajoitteita (RFID Journal 2009). Fyysisiin laitteisiin sulautetut sensorit ja toimilaitteet voi olla yhdistetty langattomilla tai langallisilla yhteyksillä (IoT Analytics 2014).

Jotta tavallisesta esineestä tai asiasta voidaan tehdä IoT-laite, esineelle tarvitaan oma identiteetti, keino kommunikoida sekä sensoreita, jotka mittaavat asioita. Saadun datan hyödyntämistä varten tarvitaan myös laite, jolla saatua dataa voidaan lukea ja analysoida. (Youtube 2012) IoT-laitteet, kuten esimerkiksi anturit, älylaitteet ja teollisuuden koneet, sisältävät teknologiaa, ja sen avulla ne keräävät tietoa, ovat yhteydessä toisiinsa ja jakavat keräämäänsä tietoa. IoT-laitteella kerätty data on lähetettävä, tallennettava ja käsiteltävä jossakin, sillä usein dataa



keräävissä laitteissa ei ole muistia itsessään. Usein data tallennetaan pilvipalveluun, joka toimii tietojenkäsittelyalustana tietokoneille ja muille laitteille Internetin välityksellä. (Sininen polku 2016) Toisin sanoen alusta toimii linkkinä laitteen sensoreiden ja dataverkon välillä (Businessinsider 2018). Pilvipalvelualusta sisältää verkot, palvelimet, tallennusjärjestelmät, sovellukset ja palvelut, joita voidaan käyttää etänä Internetin avulla. Maailmanlaajuisia pilvipalveluita ovat esimerkiksi Microsoft Azure ja Amazon Web Services. (Sininen polku 2016)

Jotta voidaan tehdä IoT:ta hyödyntävä älykäs työvaate, tarvitaan siis yksinkertaisimmillaan vaate, jossa on dataa kerääviä sensoreita, sovellus tai tietokoneohjelma, joka käsittelee ja analysoi dataa syötettyjen raja-arvojen mukaisesti ja välittää käskyjä ja tietoa takaisin sensoreille sekä langallinen tai langaton yhteys, jolla data siirretään sensorilta sovellukseen tai ohjelmaan (kuvio 5). Yhteys on kaksisuuntainen eli tietoa välittyy sekä sensoreilta sovellukseen että sovellukselta sensoreille. Ideana on, että vaate havaitsee, analysoi ja reagoi täysin itsenäisesti.



Kuvio 5. IoT:ta hyödyntävän älyvaatteen toimintajärjestelmä

Haasteina IoT-teknologiassa ovat tällä hetkellä esimerkiksi turvallisuus, tietosuoja ja datan jakaminen. Myös se on haaste, että dataa tulee koko ajan niin paljon, että on myös keksittävä keino, miten varastoida, seurata, analysoida ja hyödyntää valtavaa datamäärää. (Forbes 2014) Tämä tulisi ratkaista, jotta datasta saadaan kaikki mahdollinen hyöty irti.

## 3.2 Älyvaate

Älyvaate on vaate, jossa on älykkäitä tekstiilimateriaaleja tai vaate, johon on liitetty erilaisia toimintoja esimerkiksi elektroniikan avulla. Se reagoi ympäristöstään vastaanottamaansa informaatioon loogisella ja toistettavalla tavalla (Marttila-Vesalainen & Risikko 2005, 126). Taon (2001) mukaan älykkäät materiaalit ja rakenteet ovat sellaisia, jotka aistivat ja reagoivat ympäristöoloihin ja ympäristön ärsykkeisiin. Ne voidaan jakaa reagoitavan mukaan passiivisiin älykkäisiin, aktiivisiin älykkäisiin ja erittäin älykkäisiin materiaaleihin ja rakenteisiin. Passiiviset ratkaisut ainoastaan aistivat ympäristöään, aktiiviset ratkaisut sekä aistivat että reagoivat ympäristön ärsykkeisiin ja erittäin älykkäät ratkaisut aistivat, reagoivat sekä pystyvät adaptoitumaan ympäristön ärsykkeiden mukaisesti. (Tao 2001, 15-16)

Älyvaatteille on olemassa jo standardi, jonka teknistä raporttia ollaan juuri päivittämässä. Tätä standardia ei kuitenkaan voida vielä soveltaa suojavaatetukseen. (Nissi-Rantakömi 2018) Niin kauan, kun sertifioitujen tuotteiden älykkään teknologian mahdollisuuksia ei ole mainittu standardeissa, sertifiointeja tekevillä laitoksilla ei ole mitään kriteerejä, minkä mukaan he pystyisivät tarkastelemaan sertifioitavia eli CE-merkittäviä tuotteita. Todennäköisesti uusittavissa suojavaatestandardeissa tullaan myös jollakin tasolla huomioimaan älyvaatteet. (Nissi-Rantakömi 2018; Tammela 2018) Jatkossa älyvaatteiden teknisiä raportteja tulee olemaan kaksi: toinen älyvaatteille, jotka sisältävät älytekstiileitä, ja toinen älyvaatteille, joissa on integroitua elektroniikkaa (Nissi-Rantakömi 2018)

## Suomessa meneillään olevat älyvaatehankkeet

Suomessa on tällä hetkellä meneillään muutamia älyvaatehankkeita, joissa selvitetään digitalisaation ja lisätyn teknologian mahdollisuuksia tekstiili- vaatetusalailla.

Biline on Centria-ammattikorkeakoulun hanke, jossa luodaan turvallisuusekosysteemi koneista, laitteista, ajoneuvoista ja ihmisistä Kokkolan suurteollisuusalueella, ja hankkeessa löydettyjä tunnistusteknologiaratkaisuja pilotoidaan kenttäkokein. Saadun tiedon pohjalta jalostetaan reaaliaikaista tilannetietoa alati muuttuvaan ekosysteemin tilannekuvaan. Hankkeen toteutusaika on 1.6.2016-31.5.2019. (Centria-ammattikorkeakoulu 2018a; 2018b)

Business Finland Oy:n rahoittamassa DICI- eli Competitiveness from digitalisation in clothing industry -hankkeessa VTT Oy selvittää yritysälähtöisesti tekstiili- ja vaatetusteollisuuden uusia palvelukonsepteja ja teknologian mahdollistamia ratkaisuja, ja tavoitteena on luoda uusia kasvumahdollisuuksia sekä parantaa yritysten kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla. (VTT 2017b) Hanke sijoittuu aikavälille 1.6.2016-31.12.2018 (Mäkelä, Häikiö & Kääriäinen 2017)

Smart Clothing 2.0 –hankkeessa tunnistettujen lopukäyttäjien tarpeiden ja uusimpien teknologisten mahdollisuuksien avulla kehitetään tiiviissä yhteistyössä hankkeeseen osallistuvien yritysten kanssa uusia tuote- ja palvelukonsepteja, joita testataan VTT:n ja Työterveyslaitoksen voimin. Pelastusopisto kommentoi älyvaatetusta ja palvelukonsepteja asiantuntijaroolissa. Business Finland Oy:n ja LähiTapiolan lisäksi hankkeessa ovat mukana Suunto, Inkron, Savox, Reima ja Wind

Controller sekä rahoittajina Kone, Image Wear sekä Finlayson. Hanke alkoi kesäkuussa 2017 ja päättyy joulukuussa 2018. (VTT 2017c)

Smart and Safe Work Wear Clothing (SWW) on Centria-ammattikorkeakoulun koordinoima hanke, jossa kehitetään älykkäitä ja turvallisia työvaatteita hyödyntämällä muun muassa 3D-bodyskannaus-teknologiaa. Hankkeessa on mukana yhteensä kymmenen partneria Suomesta, Virossa, Latviasta, Liettuasta sekä Puolasta. Hanke käynnistyi maaliskuussa 2016 ja kestää kolme vuotta. (Centria-ammattikorkeakoulu 2018c)

Hankkeet ovat kiinnostavia oman opinnäytetyön kannalta, sillä niissä tutkitaan myös työvaatteiden kenttää. Hankkeessa on perehdytty yhteen tiettyyn asiaan laajemmin, joten aiheesta on syvällistä tietoa jo jonkin verran olemassa. Hankkeista näkee, että älyvaatteen kartoitus ja suunnittelu vaativat monialaista yhteistyötä.

### 3.2.1 Älyvaatteissa käytettävät materiaalit ja teknologiat

#### Älykkäät materiaalit

Älytekstiili on materiaali, joka on vuorovaikutteinen ympäristönsä kanssa. Faasimuutosmateriaalit (PCM) muuttavat olomuotoaan, ja ne on kehitetty varastoimaan ja luovuttamaan lämpöä. PCM-materiaali voidaan yhdistää esimerkiksi tekstiilikuituun liittämällä faasimuutosmateriaalia sisältäviä mikrokapseleita tekokuituun kehruuvaiheessa. Muotonsa muistavat

materiaalit (SMM) muuttavat muotoaan ja palautuvat alkuperäiseen tilaansa ympäristön lämpötilan muutosten mukaan, mikä mahdollistaa materiaalin paksuuden ja lämmöneristävyuden muuttumisen materiaalin muutoksen mukaisesti. Vettä pitävien mutta vesihöyryä läpäisevien kankaiden toiminta perustuu joko kuitujen turpoamiseen kosteuden vaikutuksesta tai kankaaseen lisättyihin pinnoitteisiin tai kalvoihin. Kun materiaali kostuu, se läpäisee myös ilmaa, joka kuljettaa tehokkaasti kosteutta pois vaatteesta. (Marttila-Vesalainen & Risikko 2005, 127-129)

Kromaattiset eli väriä vaihtavat tekstiilimateriaalit luokitellaan sen mukaan, mikä ärsyke saa tekstiilin vaihtamaan väriä, esimerkiksi fotokromaattinen muuttuu valon vaikutuksesta, termokromaattinen lämmön vaikutuksesta, pietsokromaattinen paineen vaikutuksesta ja biokromaattinen entsyymien vaikutuksesta. Dilatantit tekstiilimateriaalit suojaavat käyttäjänsä mekaanisilta iskuilta, sillä materiaali kovettuu iskun vaikutuksesta, mutta on muutoin pehmeää ja taipuisaa. (Suomen Tekstiili & Muoti 2017)

### Älyvaatteessa käytettävä teknologia

Älykkäät kuidut reagoivat ympäristön signaaleihin esimerkiksi muuttamalla pituuttaan sähkövirran kulkiessa läpi, jolloin niitä voidaan käyttää esimerkiksi sensorina tai kytkimenä. Johtava lanka kudotaan tekstiilirakenteeseen esimerkiksi johtamaan energiaa tai informaatiota. Perinteisesti elektroniikassa käytettäviin teräslankoihin nähden tekstiilikuidut, langat ja kankaat ovat kevyitä, sitkeitä sekä ruostumattomia. Tekstiilimateriaalit ovat myös taipuisia, puhdistettavia ja niillä on hyvä vesihöyrynläpäisykyky. (Marttila-Vesalainen & Risikko 2005, 130)

Älykkäiden materiaalien kanssa esiintyy tyypillisesti kolmenlaisia komponentteja: sensoreita, toimilaitteita sekä hallintayksiköitä. Sensorit

havainnoivat signaaleja, kun taas toimilaitteet toimivat havaittujen signaalien pohjalta joko suoraan tai keskushallintayksikön kautta. (Tao, 16) Toimilaitteet käsittelevät ja muuttavat tiedon ymmärrettävään muotoon (Marttila-Vesalainen & Risikko 2005, 131). Sensoridataa keräävä yksikkö on tulitikkua pienempi, ja sen virtalähteenä toimii akku tai paristo. Yksikön keräämä tieto lähetetään esimerkiksi älylaitteelle, jossa on tarvittava sovellus tietojen hallintaa ja tarkastelua varten. Keskusyksikkö ja virtalähde poistetaan pesun ajaksi, mutta kankaassa olevat sensorit voi vesipestä. (Paananen 2015)

Sensori muuntaa esimerkiksi mekaanisen, kemiallisen tai lämpöenergian toiseksi energialajiksi, useimmiten sähköiseksi signaaliksi. Se voi olla tekstiilikuidussa tai langassa itsessään rakenteellisena osana materiaalia. Se voidaan myös esimerkiksi kutoa kankaaseen kuvioksi, laminoida, painaa tai ommella kankaan pintaan keräämään informaatiota. Sensori voi olla myös irrallinen elementti, joka liitetään kiinni vaatteeseen. Tiedonsiirto sensorista voidaan tehdä joko kiinteästi johtavien kuitujen avulla tai langattomasti. (Marttila-Vesalainen & Risikko 2005, 131) Esimerkkejä langattomista tiedonsiirtotavoista ovat WiFi, Thread, ZigBee, Bluetooth, RFID ja NFC (IoT Bootcamp 2017).

### Virtalähteet

Tällä hetkellä integroitaessa elektroniikkaa vaatteeseen toiminnallisuutta rajoittaa elektroniikan tarvitsema virtalähde, joka tällä hetkellä on useimmiten perinteinen paristo tai akku. Irrallinen paristo tai akku on kytkettävä perinteisesti, ja se tarvitsee joko vaihtaa tai ladata useasti ja irrottaa pesemistä varten. (University of Southampton 2018; Ilén 2015) Näiden perinteisempien virtalähteiden rinnalla on alettu tutkia myös

energielouhinnan mahdollisuuksia virtalähteenä (University of Southampton 2018).

Energielouhinta tarkoittaa ympäristössä olevan energian, kuten esimerkiksi liike- tai lämpöenergian, mekaanisen värähtelyn, kitkan ja radiotaajuusenergian muuttamista sähköenergiaksi. Myös tuuli- ja aurinkosähkö lukeutuvat termin alle. Energielouhintaa käytettäessä mittalaitteet ja sensorit voivat tuottaa itse tarvitsemansa energian ilman paristoa tai akkua. (Editori 2018) Energielouhintaa voidaan käyttää kompensoimaan akkujen ja patterien kulutusta pidentämällä latausväliä ja käyttöaikaa tai sitä voidaan käyttää jopa ainoana energianlähteenä. (Small 2018) Energielouhinta on myös ympäristön kannalta parempi ratkaisu virran tuottamiseen, ja se on käyttäjäystävällisempää, kun käyttäjän ei tarvitse huolehtia yhtä usein tuotteen lataamisesta tai patterin vaihdosta. (Editori 2018) Autonomisen energiajärjestelmän toimintaa on kuvattu kuviossa 6.



Kuvio 6. Autonomisten energian latausjärjestelmien toiminta (Small 2018, suomennettu)

Tavallisilla painatustekniikoilla pystytään tekemään myös joustavia akkuratkaisuja, joista esimerkkinä Imprint Energy:n uudelleen ladattava akku, jonka voi painattaa tekstiilialustaan, ja kankaan pigmentit pystyvät

muuttamaan valoa sähköenergiaksi (Ilén 2015). Myös japanilainen tiimi on kehittänyt pestäviä ja joustavia aurinkokennoja (IEEE 2017).

Pigmenttipohjaisten ja ohuiden aurinkokennojen rinnalla pietsosähköiset eli mekaanisen jännityksen synnyttämät tai liike-energiasta syntyvät virtalähteet ovat myös kasvamassa. (Ilén 2015) Sekä mustesuihku- että silkkipainatustekniikoita ja aktiivisia painatusmusteita on tutkittu käytettäväksi energialouhintakankaiden valmistuksessa liike- ja lämpöenergian louhinnassa. Nämä ovat edullisia, joustavia sekä nopeasti valmistettavia ja jo tekstiili- ja vaatetusteollisuudessa käytettäviä prosesseja. (University of Southampton 2018) Jotta energialouhinnalla tuotettua energiaa voitaisiin varastoida ja esimerkiksi aurinkoenergialla tuotettua energiaa käyttää hämärässä, on tuotteessa oltava myös superkondensaattori tai akku, joka pystyy varastoimaan energiaa. Kondensaattori voi olla myös tekstiilinen. (Small 2018)



#### 4 TYÖ- JA SUOJAVAATTEET

Suojavaate eroaa tavallisesta työvaatteesta sillä, että siinä on erityinen suojausominaisuus (Harjanne & Penttinen 2006, 97), kun taas perustyövaatteessa ei ole erityistä suojausominaisuutta.

Perustyövaatteisiin luetaan ammatti- tai työpaikkakohtainen vaatetus, esimerkiksi virkapuku tai univormu. Perustyövaatteisiin kuuluu myös ammattivaatetus, jota käytetään esimerkiksi terveydenhuollossa, hotelli- ja ravintola-alalla, suurkeittiöissä ja siivousalalla. (Työterveyslaitos 2018a)

Suojavaatetus kuuluu henkilönsuojainasetuksen piiriin ja sen tulee olla EY-tyyppitarkastettu ja CE-merkitty. Suojavaatetuksen tekniset vaatimukset määräytyvät standardien mukaan, joten eri valmistajien vaatteet ovat ominaisuuksiensa puolesta hyvin samankaltaisia (Työterveyslaitos 2018a; Tahvanainen & Pajarinen 2014, 106)

Suojavaatetus määräytyy tehtävän mukaan, ja sitä tarvitaan esimerkiksi valimoissa, satamissa, rakennuksilla sekä maa- ja metsätaloudessa suojaamassa esimerkiksi termisiltä vaaroilta, mekaanisilta vaaroilta tai säteilyn ja sähköän aiheuttamilta vaaroilta. (Harjanne & Penttinen 2006, 97) Suojavaate voi koostua yhdestä tai useammasta vaatekappaleesta, ja sen tulee olla niin väljä, ettei se estä työskentelyä. Vaatteessa ei saa olla esimerkiksi lenkkejä, jotka voivat tarttua johonkin ja aiheuttaa tapaturmavaaran. (Työterveyslaitos 2016, 141)

Hankintahinnan lisäksi tärkeimpiä vaateen valintakriteereitä ovat työn asettamat vaatimukset, kestävyys käytössä sekä pesu- ja huolto-ominaisuudet. Työvaatteen tulisi olla miellyttävä käyttää, oikeankokoinen ja helposti huollettavissa. Työvaatetuksen toimivuus ja erikoistuminen ovat nousseet yhdeksi tärkeimmistä asioista viimeisen parin vuosikymmenen aikana, koska työtehtävien ja työolojen vaihtelevuuden takia tarvitaan

erilaisia vaihtoehtoja myös vaatetukseen (Antikainen, Hurme, Ilmarinen, Mäkinen & Tammela 1996, 17, 19). Myös työvaate voi olla yksilöllinen ja sellainen, mikä miellyttää sekä itseä että muita ihmisiä (Antikainen yms. 1996, 18). Nykypäivänä loppukäyttäjät käytännöllisyyden ohella vaativatkin yhä enemmän ulkonäöltään hyvännäköisiä, niin työhön kuin vapaa-aikaan soveltuvia tuotteita, joten säädösten ja turvallisuusaspektien rajaamassa kentässä on onnistuttava erottautumaan kilpailijoista myös työvaatteen ulkonäöllä. Yritykset myös haluavat erottautua omista kilpailijoistaan työvaatteilla, joten työvaatteen on tuettava yritysten omaa brändiä ja brändimielikuvaa.

Jotta voitaisiin tehdä älykäs suojavaate ja saada sille CE-merkintä, tulee tuotteen täyttää sekä sen kyseisen suojavaatteen vaatimat standardit että tekeillä olevan älyvaatestandardin vaatimukset. Vielä ei ole olemassa kriteerejä, joilla sertifiointeja suorittavat laitokset voisivat arvioida, soveltuuko älyä sisältävä työvaate kyseisen suojavaatestandardin vaatimukseen (Tammela 2018).

#### 4.1 Työympäristön vaara- ja kuormitustekijät

Koska työni keskittyy fyysisesti raskaan työn työvaatteisiin, olen esitellyt tässä kappaleessa erilaisia työympäristöissä esiintyviä vaara- ja kuormitustekijöitä, jotka ovat syitä sille, mikä tekee jostakin työstä fyysisesti raskaan. Käytännössä työt, joissa tapaturmariski on korkea, ovat olleet samoja jo vuosikymmeniä. Vakavissa tapaturmissa voi olla hyvin pienestä kiinni, selviääkö pelkällä säikähdyksellä vai johtaako tilanne kuolemaan. Tapahtumaketju ja vaaratekijät taustalla voivat olla hyvin samanlaiset, mutta pieni olosuhdetekijä tai toiminnan muutos voivat

vaikuttaa, siihen mikä on lopputulos. (Sysi-Aho 2018) Vaara- ja kuormitustekijöitä tulee olemaan mahdollista joko vähentää tai jopa kokonaan ennaltaehkäistä kehittämistyössäni tutkimien älykkäiden työvaatteiden kaltaisilla sovellutuksilla.

Eniten työn fyysiseen kuormittavuuteen vaikuttavat työasennot, työliikkeet ja voimankäyttö sekä lämpöolot (Työterveyslaitos 2003, 95). Kuormitusta lisäävät myös toistot, staattiset työvaiheet ja hankalat asennot. Fyysinen kuormitus kohdistuu liikuntaelimiin sekä hengitys- ja verenkiertoelimistöön, ja se ilmenee verenkierron ja aineenvaihdunnan vaihteluina, hengitysvolyymien ja -tiheyden vaihteluna sekä lihasten väsymisenä (Työterveyslaitos 2015, 89).

Sopiva määrä kuormittumista parantaa työkykyä (Harjanne & Penttinen 2006, 105), ja ergonomian tarkoitus onkin varmistaa se, että työ vastaa mahdollisimman hyvin ihmisen fyysistä ja henkistä kapasiteettia. Ergonomian tehtävänä on kartoittaa työn kuormitustekijöitä ja optimoida niiden vaikutusta ihmiseen. (Työterveyslaitos 2003, 93) Hyvällä ergonomialla voidaan vaikuttaa fyysiseen kuormitukseen työpisteissä, etenkin toistotyöhön, yksipuolisiin ja huonoihin liikkeisiin, pitkäaikaiseen istumiseen, raskaisiin nostoihin ja huonoihin työasentoihin (Työterveyslaitos 2015, 89-90). Hyvä ergonomia on ennen kaikkea ennaltaehkäisevää ja se on läsnä myös suunniteltaessa uusia työtiloja ja työtehtäviä (Työterveyslaitos 2003, 107).

### Lämpöolot

Työympäristön lämpöoloilla on merkittävä vaikutus terveyteen ja hyvinvointiin sekä työsuoritukseen. Kun työympäristö on liian kuuma, kylmä, kostea tai vetoinen tai ympäristössä on suuria kylmiä tai kuumia pintoja, niin lämpöviihtyvyyden taso laskee, mikä vaikuttaa

työviihtyvyyteen ja -motivaatioon, työn kuormittavuus lisääntyy, fyysinen ja henkinen suorituskyky laskee, työn tuottavuus heikkenee, tapaturmavaara lisääntyy sekä oireilu ja terveyshaitat lisääntyvät. (Antikainen yms. 1996, 39)

## Melu

Melu on yleisimpiä vaaroja työssä, josta voi aiheutua pysyvä kuulovaurio (Antikainen yms. 1996, 41). Melu voi siirtyä joko ilmassa esimerkiksi tai sitten rakennuksen rungossa esimerkiksi koneiden ja laitteiden vaikutuksesta. Melu häiritsee työntekoa ja siihen keskittymistä, joten meluallistusta mitataan työpaikoilla desibeliasteikolla. (Laitinen, Simola & Vuorinen 2013, 139-140)

## Tärinä

Tärinä kohdistuu ihmisen koko kehoon tai vain käsiin. Koko kehon tärinä välittyy ihmiseen joko seisonta-alustan tai istuimen kautta liikkuvasta työkoneesta, kuten traktorista, monitoimikoneesta, trukista ta louhintaj- ja kivenmurskauskoneesta. Käsiin kohdistuva tärinä välittyy käsityökalun, kuten taltausvasaran tai hiomakoneen, iskevästä edestakaisesta tai pyörivästä liikkeestä. (Antikainen yms. 1996, 41) Tärinä on erittäin haitallista, ja se voi aiheuttaa käsien sairauksien ja selän kulumisen lisäksi pitkällä aikavälillä jopa ammattitaudin. (Laitinen, Simola & Vuorinen 2013, 141)

## Säteily

Sähkömagneettinen säteily jaetaan aallonpituuden, taajuuden tai energian mukaan alueisiin, joista perusalueet ovat ionisoiva ja ionisoimaton säteily. Ionisoimatonta säteilyä ovat optisen alueen säteily, kuten UV-, infrapuna-

ja lasersäteily sekä näkyvä valo, ja radioaaltoalueen säteily, kuten mikroaalto-, radio- ja pientaajuiset kentät. Ionisoimaton säteily voi aiheuttaa silmä- ja palovammoja. Ionisoivaa säteilyä ovat sähkömagneettinen säteily, kuten röntgen- ja gammasäteily, sekä hiukkassäteily, kuten alfa-, beeta-, neutroni- ja raskaiden hiukkasten säteily. Ionisoiva säteily aiheuttaa biologisia solumuutoksia elimistössä tai palovammoja onnettomuuksien sattuessa. (Antikainen yms. 1996, 41-44)

### Sähkö

Sähkö voi aiheuttaa vaaratilanteita, jos työskennellään jännitteisten osien läheisyydessä, viallisilla tai väärin suojatuilla sähkölaitteilla tai jos laitteita käytetään väärin. Tapaturmia voi aiheutua, kun sähkövirta vaurioittaa kehoa kulkiessaan sen läpi, sähkö synnyttää valokaaren, joka aiheuttaa vakavia palovammoja, tai sähköisku aiheuttaa tasapainon menetyksen ja putoamisen. Tapaturmavaara voi aiheutua myös käsiteltäessä herkästi syttyviä aineita staattisen sähkönsäätien takia. (Antikainen yms. 1996, 44-45)

### Kemialliset tekijät

Kemikaalit voivat ärsyttää ihoa sekä aiheuttaa ihottumia tai syöpymiä tai ne saattavat imeytyä elimistöön hengitysteiden, ruoansulatuskanavan tai ihon kautta. Tavallisimmin nestemäisen kemikaalin joutuminen iholle tapahtuu roiskeena, tahriintuneista työvälineistä tai työvaatteista tai sitten kosketeltavista pinnoista. Työpaikoilla käsitellään pääasiassa orgaanisia yhdisteitä, mutta kemikaaleja voi myös olla työpaikan ilmassa kaasuna, höyrynä tai sumuna. Myös erilaisille pölyille, kuten mineraalipölyille, orgaanisille pölyille ja metallipölyille, voi altistua esimerkiksi rakennus- ja metalliteollisuudessa. (Antikainen yms. 1996, 45-47)

## Näkyvyys

Suomessa jopa 70 % vuorokaudesta voi olla pimeää. Tämän lisäksi työntekijän havaitsemista työympäristössä vaikeuttavat muun muassa huono näkyvyys ajoneuvosta, erilaiset esteet, liian vähäinen tai liian runsas informaatio, huono sää tai riittämätön valaistus, huomiota herättämätön vaatetus sekä heijastinten puuttuminen. Näiden johdosta aiheutuu monia vakavia työtapaturmia fyysisesti raskaissa töissä. (Antikainen yms. 1996, 48)

## Liikkuminen ja kuljetukset

Toimintojen sijoittelu ratkaisee työpaikan liikennevirrat, sillä ne syntyvät ajoneuvoista, työkoneista ja henkilöistä (Laitinen, Simola & Vuorinen 2013, 151). Toimintojen sijoittelulla on siis olennainen vaikutus liikenneturvallisuuteen. Turvallisuuden kannalta yksi osatekijä on myös trukkien ja liikkuvien koneiden turvallinen käyttö, ja siinä on otettava huomioon monta riskiä, kuten poikkeava ajosuunta, huono näkyvyys ja kuorman sijainti. Riittävä näkyvyys, jota voidaan lisätä valaistuksella, heijastimilla ja varoitusväreillä, lisää turvallista liikkumista. (Työterveyslaitos 2015, 121-122) Vaikka liikkumisympäristö olisikin alun perin ollut toimintojen ja kulkuväylien osalta turvallinen, ahtaus ja työympäristön muutoksen voivat tuoda uusia vaaroja (Laitinen, Simola & Vuorinen 2013, 152).

Kaatumis- ja putoamistapaturmat ovat yleisimpiä vakavien tapaturmien aiheuttajia. Yleisiä kaatumis- ja putoamistapaturmien aiheuttajia ovat kiire, riskin väärinarviointi, korkealla työskentely, liukkaus, pimeys, epäjärjestys, väärät työtavat, puutteet työn ennakkosuunnittelussa sekä varomattomuus. (Työterveyslaitos 2015, 122) Myös portaissa liikkuminen aiheuttaa runsaasti tapaturmia. (Laitinen, Simola & Vuorinen 2013, 155)

## Kone- ja laiteturvallisuus

Koneturvallisuudessa on kaksi näkökulmaa: turvallisten koneiden valmistaminen ja koneiden turvallinen käyttö (Harjanne & Penttinen 2006, 54). Jos riskejä ei saa poistettua kokonaan, koneeseen on lisättävä suojuksia ja turvalaitteita sekä laadittava ohjeet koneen asennukseen, käyttöön, huoltoon ja tarkastamiseen. Ennen uuden laitteen käyttöä sekä merkittävien muutostöiden jälkeen tehdä käyttöönottotarkastus, jotta voidaan varmistua laitteen turvallisuudesta. Koneiden ja laitteiden ohjeet on pidettävä ajan tasalla ja niiden on oltava työntekijän saatavilla. Ne on myös hyvä tehdä käyttäjäystävällisiksi ymmärrettävällä tekstillä sekä kuvia lisäämällä. (Työterveyslaitos 2015, 125) Myös työntekijän itsensä toiminta ratkaisee koneturvallisuuden takaamisessa (Työterveyslaitos 2015, 126). Jos työvälineiden käytöstä voi aiheutua vaaraa, on puututtava vaarallisen välineen rakenteeseen, estettävä pääsy vaaralliselle alueelle teknisin keinoin tai pysäytettävä laite. Jos tekniset keinot eivät riitä vaaran poistamiseen, turvallisuus varmistetaan opasteilla, varoituslaitteilla, turvamärkeillä tai henkilönsuojaimilla. (Työterveyslaitos 2015, 126)

## Epätavalliset työajat

Työajat vaikuttavat ihmisen kykyyn toimia oikein erilaisissa tilanteissa, millä on vaikutusta työturvallisuuteen. Onnettomuus- ja tapaturmariski kasvavat, kun työpäivät venyvät tai kun työtä tehdään yöllä ja varhain aamulla, ja virheitä sattuu tällöin sekä töissä että työmatkalla. Varsinkin vuorotyön tekeminen on hankalaa, sillä se sotkee ihmisen biologisen vuorokausirytmien valon ja pimeän vaihtelun takia. Kaikkein eniten sopeutumista rytmien muutokseen vaaditaan yövuoroissa. (Työterveyslaitos 2015, 126-127)

## 4.2 Työvaatestandardit

Työturvallisuutta lisäämään on tehty erilaisia standardeja, joiden mukaan vaatteiden ja kankaiden valmistajien on valmistettava työvaatteet tiettyihin työolosuhteisiin. Suojavaatteiden yleiset vaatimukset annetaan standardissa EN ISO 13688, ja lisävaatimukset esitetään eri suojavaatetyyppejä koskevissa standardeissa (Työterveyslaitos 2016, 144). Yleisimmin työvaatteissa nähtävät suojavaatestandardit ovat kuumuudelta ja tulelta suojaava vaatetus, suojavaatetus hitsaukseen tai vastaaviin töihin, antistaattinen suojavaatetus, erittäin näkyvä vaatetus, sateelta suojaavat vaatteet, kylmältä suojaava vaatetus ja kemikaaleilta suojaava vaatetus. Tällä hetkellä suojavaatteita tarkastellaan ainoastaan suojavaatestandardien mukaan. Kun tuotteeseen lisätään teknologiaa ja älykkäitä ominaisuuksia, tulisi tuotteen täyttää suojavaatestandardien lisäksi myös älyvaatestandardien vaatimukset (Tammela 2018).

### Suojavaatteiden yleiset vaatimukset

EN ISO 13688 standardissa määritellään suojavaatetuksen ergonomiia, haittomuutta, kokomerkintää, vanhenemista, yhteensopivuutta ja merkintää koskevat vaatimukset sekä suojavaatetuksen mukana toimitettavien valmistajan antamien tietojen vaatimukset. Tätä standardia ei käytetä sellaisenaan vaan yhdessä suojausvaatimukset sisältävien tuotestandardien kanssa. (SFS 2018)

### Kuumansuojavaatteet

Yleisimpiä kuumuuden aiheuttamia vaaroja ovat lämpösäteily, liekkikuumuus, sulien metallien roiskeet, hitsauskipinät, kuumat pinnat ja nesteet sekä staattinen sähkö. Kuumansuojavaate koostuu takista ja



housuista tai se voi olla yksiosainen. Vaatteet valmistetaan palosuojatuista materiaaleista. Kuumuudelta ja tulelta suojaavan vaatetuksen yleiset vaatimukset ovat standardissa EN ISO 11612. Kuumansuojavaatteita on luokituksestaan erilaisia, ja vaatetus suojaa liekiltä, kosketuskuumuudelta, lämpösäteilyltä tai sulilta alumiini- ja metalliroiskeilta. (Työterveyslaitos 2018b) Standardissa on vaatimuksia materiaalin ja saumojen lujuudelle sekä vaateen mallivaatimuksia esimerkiksi taskuille. (Työterveyslaitos 2016, 144)

Antistaattinen suojavaatetus on sähkövarausta purkava tai johtava vaatetus, joka voi samalla olla kuumansuojavaatetus. Vaatetuksen tehtävänä on välttää syntyvät varaukset. Antistaattisen suojavaatetuksen mallivaatimuksia määrittelee standardi EN 1149-5. (Työterveyslaitos 2018b)

Standardi EN ISO 11611 määrittelee vaatimuksia suojavaatetukselle hitsaukseen ja vastaaviin töihin. Vaatetus suojaa hitsauskipinöiltä ja pieniltä sulan metallin roiskeilta, lyhytaikaiselta liekkikosketukselta ja UV-säteilyltä sekä pölyltä ja vedolta. Käytettävä suojavaate ja sen luokka valitaan työssä käytettävän hitsausmenetelmän mukaan. (Työterveyslaitos 2018b)

#### Kylmältä suojaava vaatetus

Kylmältä suojaava vaatetus on suojavaate, kun sitä käytetään työssä sellaisissa ympäristöoloissa, joissa on riski elimistön jäähtymiselle. Standardia EN 342 sovelletaan lämpöoloihin, joissa ilman lämpötila on -5 astetta tai sitä kylmempi. (Ilmarinen, Lindholm, Läärä, Peltonen, Rintamäki & Tammela 2011, 144) Tärkeimpiä vaatetuksen ominaisuuksia ovat sen lämmöneristävyys ja päällismateriaalin tuulenpitävyys. Valittaessa

kylmänsuojavaatetusta ulkotöihin on lämmöneristyksen lisäksi otettava huomioon tuulen viilentävä vaikutus. (Työterveyslaitos 2016, 146-147)

#### Sateelta suojaavat vaatteet

EN 343 standardin mukaan valmistettavat vaatteet suojaavat sateelta, tuulelta ja kosteudelta (Ilmarinen yms. 2011, 147). Niitä valmistetaan joko tiiviistä vesihöyryä läpäisemättömästä materiaalista tai vesihöyryä läpäisevästä materiaalista (Työterveyslaitos 2016, 147). Malliltaan umpinaiset vaatteet hiostavat jatkuvassa käytössä, joten tiiviiden sadevaatteiden käyttöaika suositellaan rajoitettavaksi etenkin raskaassa työssä (Ilmarinen yms. 2011, 147).

#### Erittäin näkyvä vaatetus

Standardin EN ISO 20471 vaatimukset täyttävällä vaatetuksella turvataan käyttäjän näkyvyys kaikissa valaistusolosuhteissa sekä päivällä että pimeällä ajoneuvon valojen valaisemana. Näkyvissä vaatteissa on kahta erityyppistä materiaalia: fluoresoivaa taustamateriaalia, joka näkyy päivällä, hämärässä ja sumussa, sekä takaisinheijastavaa materiaalia, joka näkyy pimeässä ulkoisen valonlähteen osuessa siihen. Vaatteessa voidaan käyttää myös materiaalia, jolla on sekä fluoresoivan että taustamateriaalin ominaisuudet. Näkyvän vaateen mallille on asetettu vaatimuksia, joilla pyritään varmistamaan käyttäjän näkyvyys eri puolilta ja erilaisissa työasennoissa. (Työterveyslaitos 2016, 146)

#### Kemikaaleilta suojaava vaatetus

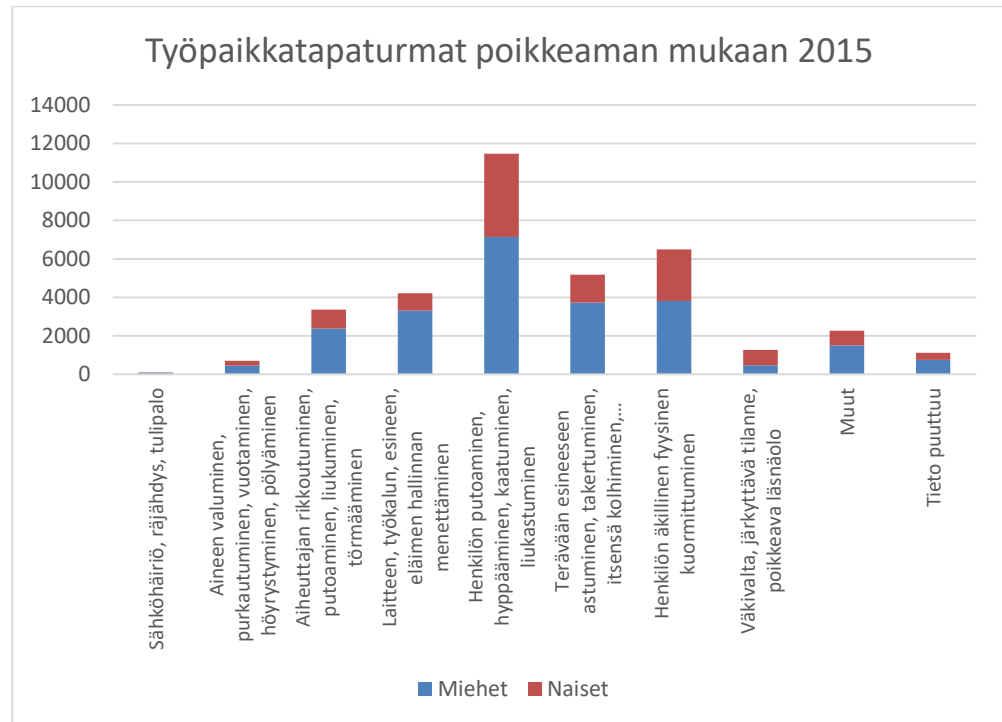
Kemikaalinsuojavaatteet suojaavat joko nestemäisiltä tai kaasumaisilta kemikaaleilta tai pölyltä, ja ne voivat olla kaasu-, neste-, roiske- tai pölytiivitä. Kemikaalinsuojavaatteet valitaan puvun tarvittavan tiiviiden,

kemikaalin ja mahdollisen altistumistavan mukaan, sillä vaatteiden erot suojauskyvyssä ovat huomattavia ja kemikaalikohtaisia. Mikään materiaali ei suojaa kaikilta kemikaaleilta kaikissa olosuhteissa. Pukujen puhdistuksessa, huollossa ja säilytyksessä on noudatettava valmistajan ohjeita. (Työterveyslaitos 2016, 148-149)

#### 4.3 Työtapaturmat

Työtapaturma on ulkoisesta tekijästä johtuva äkillinen ja odottamaton tapahtuma, joka aiheuttaa työntekijälle vamman tai sairauden (Työtapaturma- ja ammattitautilaki 459/2015, 17§). Tilastokeskuksen tuoreimman, marraskuussa 2017 ilmestyneen tutkimuksen mukaan vuoden 2015 aikana Suomessa sattui yhteensä hieman yli 127 000 työtapaturmaa. Työpaikoilla tai työpaikan sisäisessä liikenteessä sattui suurin osa kaikista työtapaturmista eli lähes 107 000 tapausta, kun vastaavasti noin 21 000 työtapaturmaa sattui työmatkoilla. Tapaturman syy on useimmiten kaatuminen, liukastuminen tai putoaminen (kuvio 7). (Tilastokeskus 2017)

Yleisesti ottaen työtapaturmien määrä on kuitenkin laskussa, mikä on vuosikymmenien työn tulosta. Työ on muuttunut vähemmän kuormittavaksi ja on vähemmän kemikaaleja altistamassa. Se on osittain myös heijastusta elinkeinorakenteesta ja siitä, millaisiin varusteisiin on varaa, miten ihmiset ottavat riskejä ja miten he arvottavat oman terveytensä. Silloin, kun vaurautaso nousee, ihmiset eivät ota niin isoja riskejä terveyden kustannuksella. Nykyään myös tunnistetaan joitakin aiheuttajia, esimerkiksi asbesti, joita ei ennen tunnistettu, mikä vaikuttaa tilastointiin. (Sysi-Aho 2018)



Kuvio 7. Palkansaajien työpaikkatapaturmat sukupuolen ja tapaturmaan johtaneen poikkeaman mukaan 2015 (Tilastokeskus 2017)

Työtapaturomat ja työperäiset sairaudet aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia, ja osa näistä kustannuksista tulee maksettavaksi suoraan yritykselle. Vakuutus- ja korvausjärjestelmistä riippuen osan kustannuksista voi joutua maksamaan muut yritykset sekä veronmaksajat. Vakuutuskorvaukset riippuvat paljon tapaturman aiheuttamien vammojen vakavuudesta, joista kalleimpia ovat pysyvään vammaan johtavat tapaturmat. Vakuutettujen kustannusten lisäksi työtapaturomista ja sairauksista aiheutuu myös vakuuttamattomia kustannuksia esimerkiksi muiden kuin loukkaantuneen työntekijän työajan menetyksistä, tapaturman yhteydessä sattuneista esinevahingoista ja tuotannon menetyksestä, ylitöistä ja toimitusten viivästymisestä sekä tapauksen selvittelystä. Yhden työtapaturoman kokonaiskustannukset ovat keskimäärin noin 7000 euroa. (Laitinen, Simola & Vuorinen 2013, 38-40) Tapaturmavakuutuskeskus on yhdessä Työterveyslaitoksen kanssa kehittänyt Piku-työtapaturoman kustannuslaskurin, joka pyrkii huomioimaan myös välillisiä vaikutuksia,

joita voivat olla esimerkiksi tuotannon keskeytykset, laatupoikkeamat, materiaalivahingot sekä ajan menetys (Sysi-Aho 2018).

Työtapaturmia on jo kautta aikojen yritetty vähentää työolosuhteilla ja työtavoilla. Paljon uusia mahdollisuuksia on syntymässä, sillä isoja määriä sensoridataa voidaan kerätä kehostamme ja ympäristöstämme (ten Bhömer 2016). Jos yksikin kuolema tai vakava loukkaantuminen on estettävissä, niin kaikki mahdollisuudet ja keinot on otettava huomioon. Työtapaturmat ja sairaspöissaolot ovat yrityksille sekä julkiselle sektorille kalliita, ja useimmiten myös aikaa vieviä prosesseja, puhumattakaan siitä, mitkä merkitys näiden estämisellä ja vähentämisellä olisi tapaturmalla loukkaantuneelle työntekijälle itselleen.

#### 4.4 Työvaatteen huolto

Vaatteita on pestävä ja korjattava säännöllisesti sekä uusittava tarpeen vaatiessa. Malli, materiaali ja työn laatu ovat vaatteen pesuominaisuuksiin, korjaustarpeeseen ja käyttöikään vaikuttavia tekijöitä. Oikea pesu ja huolto pidentävät vaatteiden käyttöikää ja ominaisuuksia. (Antikainen yms. 1996, 181) Nykyisin työpaikat käyttävät yhä enemmän vuokravaatetusta, jolloin vaatteita vuokraava yritys vastaa vaatetuksen huollosta (Marttila-Vesalainen & Risikko 2006, 117) Työ- ja suojavaatteet huolletaan yleensä teollisesti, minkä vuoksi niiden tulee kestää laitospesu. Valmistajan tulee ilmoittaa sallittavien pesukertojen enimmäismäärä silloin, kun vaatteiden suojausteho saattaa heiketä pesuissa nopeasti. Suojavaate saatetaan joutua hylkäämään odotettua aiemmin myös kulumisen ja lian takia, sillä ne vaikuttavat vaatteen suojaustehoon usein enemmän kuin itse pesu. (Työterveyslaitos 2016, 160-161)

Kun työvaatteeseen lisätään elektroniikkaa sekä virtalähde, aivan uudenlaisia asioita on otettava huomioon huoltoprosessissa. Huomioon on otettava sekä kotipesu että teollinen pesu, sillä eri käyttäjät pesettävät samanlaisen työvaatteen eri tavalla. Jos tuote tulee yksityisen henkilön käyttöön, on sen oltava vesipestävässä ja huollettavissa kotikonstein (Nissi-Rantakömi 2018). Teollisessa pesussa haasteeksi tulee komponenttien kestäminen teollisessa pesussa, sillä tuotteiden on kestävä vahvoja kemikaaleja, happoja ja emäksiä, joita teollisessa pesussa käytettävissä pesuaineissa on (Nissi-Rantakömi 2018; Mahmood 2018; Lappalainen 2018). Toki pesuaineita annostellaan vain vähän yhtä pesukoneellista kohden (Lappalainen 2018). Vedessä on myös mineraaleja pesuaineiden lisäksi, mikä voi aiheuttaa elektroniikan korroosiota, ja näin ollen vaikuttaa komponenttien kestävyYTEEN (Mahmood 2018; Nissi-Rantakömi 2018).

Nykyään teollisen pesun pesuaineet ovat entsyymipohjaisia, ja raskaammille työvaatteille, kuten haalareille, on oma erillinen pesutehostimensa. Pesuainetoimittajilla on pesuun oma reseptinsä, jota he eivät mielellään kerro eteenpäin liikesalaisuuden vuoksi. Suurin ero teollisen ja kotipesun välillä on kuitenkin viimeistelyssä. Itse pesu tehdään matalalämpöohjelmilla energiatehokkuuden vuoksi, mutta kuivausrummussa sekä kuivaustunnelissa on korkea lämpötila, mikä voi vahingoittaa herkkää elektroniikkaa sekä virtalähdettä. (Lappalainen 2018) Huoltoprosessia IoT-tekniologiaa sisältäville työvaatteille tulisi kehittää monialaisesti niin, että pesuainetoimittaja, työvaatepesula, elektroniikkavalmistaja sekä vaatevalmistaja toimisivat asiassa yhteistyössä. Huomioon otettavia asioita ovat erityisesti missä pesulämpötilassa tuote voidaan pestä, voiko tuotteen vesipestä, kestääkö tuote korkeita viimeistelylämpötiloja sekä miten tuotteen sisältämä elektroniikka kestää pesuaineita ja vahvoja kemikaaleja.

## 5 BENCHMARKING

Perusidea benchmarkingissa on toisilta oppiminen ja oman toiminnan kyseenalaistaminen tarkoituksena tunnistaa oman toiminnan heikkouksia ja laatia kehitysideoita heikkouksista ylipääsemiseen. Menetelmän perustana on kiinnostus siihen, miten muut toimivat ja mistä heidän menestyksensä johtuu. Menetelmän avulla voidaan havaita ratkaisuja ja voidaan ottaa käyttöön muualla hyväksi havaittuja tapoja toimia. (Moilanen, Ojasalo & Ritalahti 2009, 43, 163) Jos jollakin toisella alalla on löydetty hyvä käytäntö, voidaan se usein myös monistaa muille aloille.

Työvaatealalta on jo vähän tutkimusta IoT-tekniikan hyödyntämisestä työvaatteessa, mutta läpimurtoa sen suhteen tai kaupallisia sovellutuksia ei vielä ole. Koska omalta alalta ei löydy vertailukohteita, on niitä etsittävä muilta aloilta, esimerkiksi urheilu- ja muotivaatetuksen puolelta. Työvaatealalla on potentiaalia, mutta kaupallisten sovellutusten ja läpimurron suhteen vaaditaan vielä selvitystyötä sovellutuksista, jotka soveltuisivat työvaatteeseen. Kehittämistyössäni selvitän benchmarkingin avulla, millaisia ratkaisuja muilla aloilla on tehty ja sovellettu niitä työvaatealalle.

Benchmarking aloitetaan perusteellisella pohjatyöllä, jossa identifioidaan oma kehityksen kohde. Seuraavaksi etsitään kehittämiskohteelle vertailukumppanit, minkä jälkeen kerätään järjestelmällisesti tietoa siitä miten vertailukumppani on kehittämiskohteen suhteen onnistunut. (Moilanen, Ojasalo & Ritalahti 2009, 163-164) Kehittämistyössäni keräsin tietoa urheilu- ja muotipuolelta tehdyistä sovellutuksista sekä niiden käyttämästä teknologiasta. Benchmarkingissa saatua tietoa hyödynnän konseptoinnissa niin, että perustelen muilla aloilla toimivilla sovellutuksilla ja käytetyillä teknologisilla ratkaisuilla työvaatekonseptin

toteutusmahdollisuuksia. Jos tietyn kaltainen tuote on pilotoitu ja se on mahdollisesti myös käytössä ja myynnissä muulla vaatetusalan sektorilla, jota määrittelevät samat vaatteen yleiset lainalaisuudet, toimii se perusteluna myös työvaatealalle tehdylle tuotteelle ja sen toimivuudelle.

Valitsin nämä benchmarking-kohteet laajan aiheen penkomisen ja selvitystyön jälkeen. Tietoa etsiessä tietyt sovellutukset esiintyivät useasti sovellutuksia esittelevissä artikkeleissa, minkä takia ne valikoituivat benchmarking-kohteiksi. Useasti esiintyvistä sovellutuksista päätelin, että niitä on laajalti markkinoitu ja testattu, jolloin kohteet ovat hyviä antamaan tietoa siitä, miten työvaatealalle voisi tehdä vastaavanlaisella teknologialla sovellutuksen. Artikkeleihin, sovellutuksiin sekä sovellutuksia mukana tekemässä olleisiin henkilöihin porautuessa tuli vastaan myös muita, kehittämistyöni kannalta kiinnostavia sovellutuksia, jotka valikoituivat myös kehittämistyöni benchmarking-kohteiksi.

## 5.1 Lihasaktiivisuuden ja -toimintaan liittyvät ratkaisut

### MBody - Myontec

Myontec:n Mbody-shortsit (kuva 1) mittaavat lihasten sähköistä aktiivisuutta shortseissa olevien EMG- eli elektromyografiakanavien avulla. Shortseissa on 6 EMG-aluetta, jotka mittaavat aktiivisuutta etureisien, takareisien sekä pakaroiden lihaksissa, ja välittävät tiedon shortseissa kiinni olevan mittalaitteen kautta sovellukselle. Teknologian avulla voidaan objektiivisesti tarkkailla lihasten aktiivisuutta, ja sen avulla on myös mahdollista havaita piilossa olevia ongelmia, kuten liikkumishäiriöitä, lihasten epätasapainoa ja heikkouksia sekä virheasentoja. Shortseilla



analysoidaan urheilijoiden ja kuntoutujien valmiutta harjoitteluun lämmittelyn jälkeen sekä lämmittelyn tehokkuutta, lihasten palautumista ja tehokkuuden sekä tasapainon tekniikkaa. Datan analysointi mahdollistaa tapaturmien ehkäisyn sekä lihastasapainon parantamisen. Kustomoidulla sovelluksella voidaan kerätä dataa myös esimerkiksi lihasten aktivoinnin tasapainosta tai epätasapainosta, lihasten ylikuormituksesta, lihasvoimasta, tahdistista, sykkeestä sekä gps-sijainnista. (Myontec 2017)



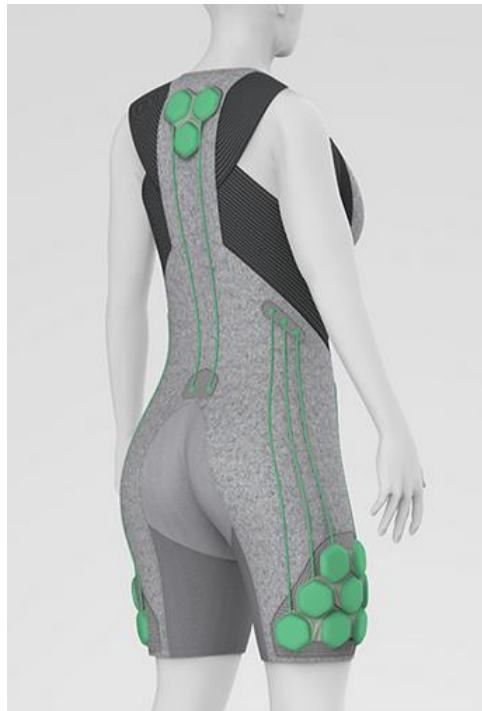
Kuva 1. Myontecin Mbody-shortsien aloituspakkaus (Myontec 2017)

## Athos

Athoksen kompressioaluskerrastossa on sisäänrakennetut mikro-EMG-sensorit, jotka mittaavat lihasaktiivisuutta sekä sykettä. Mittalaite analysoi dataa ja lähettää sen langattoman yhteyden avulla sovellukselle. Sovelluksesta voi seurata lihaskuormitusta oikean ja vasemman puolen välillä sekä kuormituksen jakautumista eri lihasryhmille. Sensorit toimivat akkuvirralla jopa 10 tuntia latausten välillä, ja vaatteiden huolto on helppoa, sillä ne ovat konepesun sekä rumpukuivauksen kestäviä. (Athos 2017)

## Aura Powered Suit – Yves Béhar & Superflex

Aura Powered Suit -puku (kuva 2) on Yvès Behar:n ja Superflex:n yhteinen projekti, joka reagoi vartalon luonnollisiin liikkeisiin lisäten lihasvoimaa käyttäjän omien voimien oheen tuolilta ylös nousemiseen, istumiseen sekä seisoma-asennossa olemiseen. (Fuseproject 2018a) Puku keventää käyttäjää liikkeiden tekemisessä ja pienentää lihasvoiman käyttöä myös kävellessä sekä portaita ylös- ja alaspäin mennessä. (Wearable 2017b) Puku on vartalonmyötäinen alusvaate, joka on anatomisesti muotoiltu käyttäjän lihasten mukaisesti, ja se sallii kaikki liikkeet kolmesuuntaisesti (3D:nä). Tämä mahdollistaa sen, että eri käyttäjien lihastarpeet sekä pituus pystytään huomioimaan pukua käyttäessä. (Fuseproject 2018b)



Kuva 2. Aura Powered Suit (Fuseproject 2018a)

Puvun selkäosassa sekä lahkeissa on heksagonin muotoiset, kankaasta valmistetut laatikot, elektroniset lihakset, jotka sisältävät puvun kaiken kovan teknologian kuten moottorin, virtalähteen sekä ohjausyksikön. Nämä teknologia-laatikot ovat irrotettavia, joten puku voidaan vesipestä

normaalisti. Puvussa on V-mallinen nauha tiettyjen kehon alueiden kohdalla maksimoidakseen puvun ergonomian ja lantion tuen. Pukuun rakennettu pehmeä sensorimekaniikka sekä heksagonilaatikat yhdistävät kehon päälihasset, eli keskivartalon, lantion, jalat sekä selän lihakset, keskenään. (Fuseproject 2018b)

## Yhteenveto

Lihasten aktiivisuuteen ja -toimintaan liittyvät ratkaisut ovat kiinnostavia ergonomian sekä tapaturmien tai leikkausten jälkeisen kuntoutuksen näkökulmasta. Myontecin ja Athoksen asut mittaavat lihasten aktiivisuutta, ja sen avulla nähdään, jos käyttäjä työskentelee virheasennossa tai muutoin epäergonomisesti. Lihasktiivisuuden avulla voidaan myös tunnistaa esimerkiksi, jos käyttäjä käyttää enemmän vasenta puoliskoa ja näin puuttua ajoissa vinoihin työasentoihin ja epätasaiseen kehon kuormitukseen sekä huonon ergonomian aiheuttamiin pitkäaikaissairauksiin. Aura-puvun tyyppisellä voidaan myös parantaa ergonomiaa vähentämällä työn kuormitusta, sillä puvun teknologialla voidaan keventää liikkeen tekemistä ja käyttää vähemmän lihasvoimaa. Puku lisää lihasvoimaa myös seisoma-asennossa olemiseen, joten puku vähentäisi pitkäaikaisen seisomatyön kuormitusta. Tällainen ratkaisu sopisi myös kuntoutujalle, joka on palannut pitkältä sairauslomalta eikä ole vielä täysin samassa työkuunnossa kuin ennen sairauslomalle lähtöään. Myös esimerkiksi nainen miesvaltaisella alalla saisi tällaisella ratkaisulla lisättyä lihasvoimaa, ja vähemmän lihasmassaa omaava henkilö voisi tehdä fyysisesti raskaampaa työtä kuin mihin muutoin kykenisi.

Näissä sovellutuksissa on oltava hyvä ihokontakti, joka työvaatteessa ei ole niin vahva, sillä vaatteissa on väljyyttä työmukavuuden ja erilaisten

työliikkeiden ja ääriasentojen vuoksi. Jotta tällainen ratkaisu toimisi työvaatteessa, on takin sisäpuolelle rakennettava esimerkiksi joustavasta kankaasta tehty ”liivi”, joka on ainoastaan olalta kiinni päällivaatteessa ja muutoin irrallinen, johon sensorit ja Aura-puvun tyyppiset keinotekoiset lihakset saadaan kiinni, ja niille saadaan tällöin tarvittava ihokontakti. Näin vaate mahdollistaa työliikkeet ja -asennot yhtä hyvin kuin tavallinenkin työvaate. Myös huollettavuus kotikonstein onnistuu helposti, sillä tuotteista saa virtalaitteet ja mittalaitteet irti, joten tuote itsessään on vesipestävä. Athoksen tuote kestää jopa rumpukuivauksen, joten käytettävä teknologia kestää korkeita lämpötiloja.

## 5.2 Sykettä ja muuta aktiviteettia mittaavat ratkaisut

### Hexoskin smart

Hexoskin Smart –paitaan on integroitu sensoreita, jotka mittaavat sykettä, hengitystä ja liikettä valveilla sekä nukkuessa, ja paitaan kiinnitettävä mittalaite siirtää Bluetooth-yhteyden avulla datan sovellukseen, jossa sitä voi analysoida tarkemmin. (Indiegogo 2017) EKG- eli elektrokardiografia-sensoreiden avulla mitataan sykettä ja sydämen impulsseja, hengitystoimintoja ja hengitystaajuutta mitataan hengityksen mittaukseen soveltuvilla sensoreilla ja liikesensoreilla mitataan kiihtyvyyttä, aktiivisuuden tasoa, askeleiden määrää, tahtia sekä arvioidaan energiankulutusta. Paita on konepesun kestävä, ja se toimii usb-ladattavalla, mittalaitteessa olevalla akulla. (Hexoskin 2017)

## OMbra - OMsignal

OMsignal:n älykkäät urheiluliivit (kuva 3) keräävät tarkkaa biofysikaalista dataa, ja siirtävät datan Bluetooth-yhteyden avulla älylaitteen sovellukseen. Liiveissä on EKG:tä ja hengitystä tarkkailevat sensorit, jotka mittaavat sykettä, sykkeen vaihtelevuutta, hengitystahtia, askeleiden määrää, kaloreita, harjoitteen fyysistä intensiteettiä ja analysoivat askellusta sekä fysiologista suorituksen tasoa. (Omsignal 2017) Liivit tallentavat harjoitusdatan jopa muutaman harjoituskerran ajalta, joten älylaitetta ei tarvitse kantaa koko aikaa mukana harjoituksen aikana. (Wearable 2018a)



Kuva 3. OmSignalin älykkäissä liiveissä on irrotettava mittalaite kiinni alareunan nauhassa (OmSignal 2018)

## D-shirt – Cityzen Sciences

Cityzen Science:n älypaidan kankaaseen on sisäänkudottu mikrosensoreita, jotka mittaavat sykettä, GPS-sijaintia, reittiä, nopeutta sekä korkeutta. Sensorit siirtävät kerätyn datan pieneen, irrotettavaan lähettimeen, joka edelleenlähettää datan bluetooth-yhteyden avulla älylaitteeseen. Datansiirron voi tehdä enintään 10 metrin etäisyydeltä älylaitteeseen, ja jos etäisyys kasvaa suuremmaksi, data siirtyy, kun etäisyys laitteeseen on taas 10 metriä tai sen alle. Lähetin on irrotettava ennen pesua, mutta itse paita on vesipestävä. (Dailymail 2014) Dataa

analysoimalla voidaan tarkkailla paitaa käyttävän henkilön terveyttä ja nähdä, jos henkilö on väsynyt, stressaantunut tai jopa saamassa sydänkohtauksen. Mahdollisuus ladata älypaita pesukoneen liike-energialla on vasta kehitysasteella (New Atlas 2014a)

#### PoloTech Shirt – Ralph Lauren

Ralph Lauren:n vartalon myötäisessä PoloTech-treenipaidassa (kuva 4) on johtavia hopeakuituja ommeltuna kankaaseen ja pieni laatikko täynnä sensoreita, joka kiinnitetään paitaan kiinni. Sensorit mittaavat johtavien kuitujen avulla biometristä ja psykometristä dataa kuten sykettä, hengitystä, stressitasoa, askeleiden määrää sekä energiatasoa. Bluetooth-yhteyden avulla data siirtyy älylaitteen sovellukseen. (The Verge 2015) Pienessä sensorilaatikossa on myös kiihtyvyyssanturi sekä hyrräkompassi, jotka tallentavat liikettä ja liikkeen suuntaa (Businesswire 2014).



Kuva 4. PoloTech-paidassa on etupuolella mittalaite (The Verge 2015)

#### Owlet Smart Sock 2

Owlet:n tekemä vauvojen älysuikka mittaa vauvan sykettä sekä happitasoa, ja ilmoittaa sovelluksen kautta, jos jokin on pielessä (Owlet 2018). Suikka käyttää sairaalan monitorien kanssa samaa pulssioksimetriateknologiaa sykkeen ja happitason mittaamiseen

sensorien avulla varmistakseen, ettei vauvan uni tai hengitys ole keskeytyneet tarpeettomasti. Sukka kommukoi sovelluksen kanssa Bluetooth-yhteyden avulla. (Wareable 2018b)

#### AIO smart sleeve – Komodo Technologies

Komodo Technologies:n tekemä AIO, älykäs hiha (kuva 5), mittaa sykettä, unen laatua sekä harjoitteen intensiivisyyttä. Hihassa on pieni sensorilaite sekä Toshiba:n prosessori, ja siihen voidaan erikseen lisätä ulkoinen muisti. Näiden avulla hiha kerää tietoa ja lähettää dataa reaaliajassa AIO:n sovellukseen. (Wareable 2016) Sensorilaite mahdollistaa myös kehon lämpötilan, ilmanlaadun sekä UV-säteilyn tarkkailun (Wareable 2018b). Hiha käyttää EKG:ta mitatakseen dataa ranteesta ojentajiin asti. EKG mahdollistaa sen, että dataa voidaan mitata pitkällä aikavälillä, jolloin saatu data on syvällisempää. Mitatun datan analysointi antaa tietoa stressitasosta ja jopa sydänsairaudesta. (Wareable 2016)



Kuva 5. AIO:n älykäs hiha (Wareable 2016)

#### Lumo Run

Lumo Run on puettava sensori (kuva 6), joka analysoi juoksuharjoitusta ja auttaa saavuttamaan asetetut tavoitteet äänivalmennuksen avulla. Sensori

kiinnitetään klipsillä juoksushortseihin taakse selkärangan suuntaisesti. Sensori mittaa harjoituksen aikana tahtia, ponnahduksia sekä lantion asentoa. Jos älylaite on harjoituksen aikana mukana, saa harjoitteesta dataa myös tahdistusta, etäisyydestä sekä GPS:n tiedoista. (Lumo 2018) Harjoitteen aikainen data mitataan sensorissa olevalla kiihtyvyyssanturilla, gyroskoopilla, magnetometrillä sekä ilmanpainemittarilla. GPS-signaalina sensori käyttää älylaitteen GPS-signaalia. Sensorilaitteen voi kiinnittää mihin tahansa alaosaan, ja se on hikeä sekä vettähylkivä. Sitä ei kuitenkaan voi pestä pesukoneessa. Laite ladataan erillisellä laturilla USB-portin kautta, ja akku kestää jopa 20 tuntia latausten välillä. (Wareable 2017a)



Kuva 6. Lumo Run:n puettava sensori kiinnitetään takavyötärölle

### ZOZOSUIT – Start Today & StretchSense

ZOZOSUIT (kuva 7) on Start Today:n ja StretchSense:n yhdessä kehittämä vartaloa mittaava puku (Start Today 2017). Sensoritekniikkaa käyttävä puku varmistaa, että netistä ostettu vaate on sopivan kokoinen käyttäjälleen. (Trendwatching 2018) Puvun sensoritekniikka koostuu StretchSensen joustavista ja kevyistä sensoreista, joustavasta kaapeloinnista sekä pienikokoisesta elektroniikasta, jotka on integroitu



pukuun huomaamattomasti ja käyttäjäystävällisesti (StretchSense 2017). Puvussa on yhteensä 150 sensoria, jotka keräävät noin 15 000 vartalon mittaa (Trendwatching 2018), ja lähettävät ne Bluetooth-yhteyden avulla sovellukseen, jossa ne voi tallentaa myöhempää käyttöä varten (Start Today 2017). Sovelluksen kautta voi tilata omien vartalon mittojen mukaan tehtyjä mittatilausvaatteita (Trendwatching 2018).



Kuva 7. ZOZOSUIT-puvussa on huomaamattomaksi integroitua teknologiaa (Start Today 2017)

### Yhteenveto

Sykettä ja muuta aktiviteettia mittaavissa ratkaisuissa on paljon erilaisia toimintoja, joita voitaisiin hyödyntää erilaisissa työvaatteissa. Sykkeen mittaaminen on yleisin toiminto näissä benchmarking-tuotteissa. Tuotteet mittaavat kehon fysiologisia suureita, ja esimerkiksi sykkeen ja hengityksen sekä hengitystaajuuden mittauksesta saatuja arvoja voidaan hyödyntää muun muassa tehdessä päätelmiä käyttäjän stressitasosta tai siitä, onko hän esimerkiksi nukahtamassa kesken työvuoron auton rattiin.

Osassa tuotteista on fysiologisten mittaussensorien lisäksi erilaisia liike- ja paikannussensoreita, joiden avulla saadaan tietoa muun muassa liikkeestä, liikkeen suunnasta, kiihtyvyydestä, sijainnista sekä nopeudesta. Yhdessä sykkeen mittauksen kanssa kiihtyvyyssanturilla saadaan tietoa esimerkiksi siitä, jos henkilö on pudonnut jostakin ja elintoiminnot ovat vaarassa. Nämä yhdistettynä korkeutta mittaavaan sensoriin voidaan heti päätellä, miten pahasti on käynyt ja tarvitseeko soittaa apua.

Työvaatteessa hyvä mittari olisi myös AIO:n kaltainen kehon lämpötilaa, UV-säteilyä sekä ilman laatua tarkkaileva sensoroitu tuote olisi myös hyvin käyttökelpoinen, kun työpisteet vaihtuvat päivän mittaan eikä ilman laadun huononemista välttämättä huomaa, jos se tapahtuu hiljalleen.

Itse tuotteet ovat suurilta osin vesipestäviä, ja esimerkiksi D-shirt-paidan kehitteillä oleva lataus pesukoneen liike-energialla lisäisi tuotteiden käytettävyyttä eikä enää tarvitsisi miettiä, onko akkua vai ei, jos tuote on puhdas. Työvaatteita käytetään välillä liiankin pitkään ennen pesuun laittamista, joten tämä voisi ratkaista myös ongelman siitä, ettei tuotteita pestä tarpeeksi usein. Jos akku loppuisi, kun tuotetta ei ole pesty, motivoisi se aivan uudella tavalla käyttämään vaatteita pesussa.

Lumo Run:n erillinen sensori kiinnitetään omiin housuihin, ja se antaa dataa etäisyydestä sekä sijainnista. Erillisen sensorin voisi kiinnittää mihin tahansa omiin housuihin, joten työvaatteiden väljyys ei olisi ongelma laitteen käytettävyyden kannalta. Väljyyttä ei saa olla kuitenkaan liikaa tuotteessa vaan tuotteen on oltava oikeankokoinen, jotta se ei aiheuta itsessään jo turvallisuusriskiä. Zozosuit-puvun avulla voidaan mitata keho, ja varmistua siitä, että käyttäjällä on oikeankokoiset työvaatteet päällään. Puku voisi myös ilmoittaa, kun mitat muuttuvat tiettyjä raja-arvoja suuremmiksi, että on aika vaihtaa isompaan tai pienempään vaatteeseen.

### 5.3 Toimintoja ohjaavat ratkaisut

#### Project Jacquard - Levi's & Google

Levi's Commuter Trucker –takki on Levi's: ja Google:n yhteistyöprojekti, joka on suunniteltu erityisesti pyöräilijöitä ajatellen, sillä pelkällä hihanapin (kuva 8) hipaisulla tai napautuksella voi käyttää esimerkiksi puhelimen navigaatiota tai musiikkisovellusta ilman että puhelinta tarvitsee ottaa taskusta esille. Takissa on suoraan rannekkeeseen kudottuja kosketus- ja elesensoreita, jotka joustava, pienelektroniikkaa sisältävä hihatägi yhdistää älylaitteeseen Bluetooth-yhteyden avulla. Laiteyhteyden avulla käyttäjä pystyy esimerkiksi säätämään musiikin äänenvoimakkuutta, katsomaan reittiohjeita sekä vastaamaan puheluihin, ja esimerkiksi saapuvan puhelun huomaa valon ja värinän avulla suoraan hihatägistä. Hihatägi toimii pienellä akulla, jonka kesto on usb-latausten välillä 2 viikkoa. (Levi's 2017; Google 2017)



Kuva 8. Pelkällä hihanapin hipaisulla voi käyttää kännykän ominaisuuksia (Google 2017)

## Nadi X - Wearable X

Wearable X:n Nadi X -joogahousuissa on lantion, polvien sekä nilkkojen kohdalle kudottu sensoriteknologiaa, joka ohjaa kevyellä värinällä tekemään jooga-asennot oikeaoppisesti (Wearable X 2018). Nadi X koostuu kolmesta osasta: joogahousuista, pienestä Pulse-virtalaitteesta sekä älylaitesovelluksesta. Pulse-laite kiinnitetään housuihin, josta se kontrolloi värinäpalautetta ja kommunikoi sovelluksen kanssa sekä lähettää dataa sovellukseen että ottaen vastaan sovelluksen lähettämiä ohjeita asentojen nopeudesta ja intensiteetistä. Nämä ohjeet laite ilmoittaa eteenpäin värinällä. (Digital trends 2018) Sovellukseen yhdistettynä harjoitteesta saa lisäksi kuva- ja äänipalautteen, joka vastaa joogahousujen sensorien välittämää värinäpalautetta. Housut ovat vesipestävät virtalaitetta lukuun ottamatta. (Wearable X 2018)

## Synapse Smart Dress – Anouk Wipprecht & Intel

Intel:n 3D-printatussa, Anouk Wipprecht:n suunnittelemassa Synapse-mekossa (kuva 9) on Intel:n Edison-siru, jonka tarkoituksena on mitata biosensoreiden avulla, mitä mekon käyttäjä tuntee. Mekko reagoi kehon elektronisiin impulsseihin, jotka prosessoidaan biosignaalien avulla. (Materialise 2018) Mekossa on myös läheisyyttä mittaava sensori, joka mittaa etäisyyttä. Jos jokin on liian lähellä mekkoa, 120-ledivaloa syttyvät varoitusvaloiksi. Mekossa on näiden lisäksi kamera, joka ottaa kuvan, kun käyttäjä tuntee olonsa joko jännittyneeksi tai rennoksi, jotta jälkikäteen voi analysoida näiden tunteiden aiheuttajan. Mekon kanssa voi käyttää yhdessä hiuspantaa, joka mittaa käyttäjän huomion tasoa, ja kertoo myös muille, jos käyttäjä esimerkiksi keskittyy intensiivisesti. (Wearable 2014)



Kuva 9. Synapse-mekko on 3D-printattu (Materialise 2018)

#### Ping Dress – Electricfoxy

Electricfoxy:n Ping-mekko (kuva 10) toimii langattomasti yhdistäen käyttäjänsä Facebook-tiliin missä vain ilman älylaitetta. Mekko havaitsee käyttäjän tekemiä eleitä ja liikkeitä, jotka on syötetty mekkoon etukäteen, ja tekee toimintoja Facebook-tiliin tehtyjen liikkeiden mukaisesti. (Electricfoxy 2015) Teknologia on integroitu mekon mekaniikkaan (Electricfoxy 2015), ja esimerkiksi hupun päähän laittaminen ja pois ottaminen, vyön kiristäminen ja napin avaaminen kommunikoivat Facebookin kanssa tietyllä tavalla (Inhabitat 2010a). Mekon olalle on integroitu sensoreita, jotka antavat haptista palautetta taputtamalla kevyesti olalle esimerkiksi kaverin lähettäessä kommentin tai viestin Facebookin kautta. Facebook-sovelluksessa voi muokata eleiden lähettämiä viestejä ja signaaleja sekä olkataputusrytmejä niin halutessaan, jolloin pystyy esimerkiksi tunnistamaan, kuka viestin tai kommentin lähetti ja reagoimaan sen mukaisesti. (Electricfoxy 2015) Mekko havaitsee eleet kolmiulotteisesti, ja kommunikoi reaaliajassa sovelluksen kanssa (Inhabitat 2010a).



Kuva 10. Ping-mekko (Electricfoxy 2015)

#### Spider Dress – Intel & Anouk Wipprecht

Anouk Wipprecht:n suunnittelema, Intel:n teknologiaa käyttävä 3D-tulostettu Spider Dress (kuva 11) ilmaisee käyttäjänsä tunteita ja suojelee hänen henkilökohtaista tilaansa liikuttamalla mekon kaula-aukon vieressä olevia ”hämähäkin jalkoja” uhan havaitessaan. Mekkoon on ennalta syötetty biometriikkaa sosiaalisista normeista sekä niiden rikkomuksista, ja mekossa olevat ”jalat” ottavat nämä seikat huomioon arvioidessaan, onko toinen henkilö uhka vai ei. Sekä tietokone että sensorit ohjaavat ”jalkoja”, mutta ne ovat autonomiset ja ne adaptoituvat käyttäjänsä tunteiden ja halujen mukaisesti. Mekossa on sekä läheisyysensoreita että hengitystä mittaava sensori, ja ne mittaavat biometrisiä signaaleja. Laitteisto arvioi niiden perusteella kehon stressitasoa. ”Jalkojen” liikkuminen perustuu sekä sosiaalisten normien biometriikkaan että käyttäjän hengityksen ja läheisyysensensorien tarkkailuun. (iQ 2015)



Kuva 11. Spider-mekossa on olalla hämähäkin jalkoja muistuttavat muoviosat (IQ 2015)

#### M-Dress – CuteCircuit

M-Dress on CuteCircuit:n ihonmyötäinen trikoomekko, joka toimii myös puhelimenä eletunnistusteknologian avulla. (CuteCircuit 2018a) Mekon sisäpuolelle on tehty pehmeä johdotus, joka yhdistää SIM-kortin, joka laitetaan niskaan kokomerkin alle, helmassa olevaan antenniin. Mekon liikeseensorit yhdessä eletunnistusteknologian kanssa voivat soittaa tai vastata puheluihin. (Inhabitat 2010b) Kun SIM-kortin numeroon soitetään, siirtämällä käden korvan luo, sensortechnologia tunnistaa eleen ja vastaa puheluun. Kun puhelu halutaan lopettaa, käsi lasketaan alas, jolloin puhelukin katkeaa. (CuteCircuit 2018a) Mekon teknologia mahdollistaa sen, että kädet voi nostaa ylös ilman, että puheluihin vastataan tai niitä soitetään. Ainoastaan jos samaan aikaan, kun nostat kättäsi, puhelin sattuu soimaan, vastaa mekko puheluun. Puheluita voidaan vastaanottaa useasta numerosta, mutta niitä voidaan soittaa vain yhteen valittuun numeroon, sillä mekossa ei ole näyttöä eikä näppäimistöä. (The Star 2010)

## Bionic Bra – University of Wollongong

Bionic Bra on Wollongong:n yliopiston prototyyppi rintaliiveistä, jotka automaattisesti tukevat enemmän tai vähemmän rintoja sensoriteknologialla havaitsemansa liikkeen perusteella. (University of Wollongong 2014) Liivien kankaaseen on kudottu sensorikuituja, jotka havaitsevat rintojen lisääntyneen tai nopeutuneen liikkeen, esimerkiksi bussiin juostessa. (New Atlas 2014b) Tavallisen kangaskuidun rakenteeseen on lisätty johtavaa ainetta, jolloin alkuperäisen kuidun ominaisuudet, kuten joustavuus, säilyy ennallaan. Johtavuus muuttuu joustamisen mukaan, minkä ansiosta sensorikuitu havaitsee vaatteiden käyttäjän liikkeitä. Sensoriteknologia havaitsee liikkeitä, ja kalastussiimasta tehdyt keinotekoiset lihaskudokset kontrolloivat liikettä sensorien viestien mukaisesti. Kun sensori lähettää signaalin, keinotekoinen lihaskudos supistuu, mikä lisää rintojen kompressiota ja vähentää liikettä. Teknologia liiveissä vaatii virtaa ja virtalähteen. Liivien virtalähde vietyinä kuituun on vielä kehitysasteella. (ABC 2016) Kaikki komponentit liiveissä eivät ole pesukoneessa pestäviä, mikä vaatii tuotteelta vielä kehitystä. (New Atlas 2014b)

## The Twitter Dress - Cute Circuit

CuteCircuit:n tekemä Twitter-mekko (kuva 12) on tehty sifongista ja CuteCircuit:n mikroLED-kankaasta, jossa on LED:jä yli 10 000 kpl. LED-kangas luo animaatioita sekä vastaanottaa Twitter-viestejä reaaliajassa. (CuteCircuit 2018b) Sovelluksen viestit, joissa on käytetty tekstiä #tweetthedress, tulevat näkyviin mekon etuosaan ledien avulla. (Vimeo 2018) Mekko toimii langattomalla yhteydellä 4G-verkossa. (CuteCircuit 2018b)





Kuva 12. Twitter-mekossa on yli 10000 kpl ledvaloja (CuteCircuit 2018b)

#### Vibrating Connected Jeans - Spinali

Spinali:n farkuissa on vyössä kaksi värinäsensoria, jotka on yhdistetty älylaitteeseen Bluetooth:n kautta. Navigoitaessa johonkin sensorien värinä ohjaa kääntymään oikealla tai vasemmalle sen mukaan, väriseekö oikean- vai vasemmanpuoleinen sensori. Farkkujen teknologia voidaan myös ohjelmoida värisemään, jos on esimerkiksi myöhästymässä palaverista. Applikaation avulla voi myös ohjelmoida sähköpostin asetuksia niin, että vain tietyistä viesteistä tulee värinäpalaute farkkuihin. Tämän avulla älylaitetta ei tarvitse tarkkailla koko ajan ja esimerkiksi palaverissa ollessa saat helposti tiedon siitä, jos jokin välittömiä toimenpiteitä vaativa odottamasi viesti tulee sähköpostiin tai tekstiviestillä. Virransäästön optimoimiseksi farkut on ohjelmoitu olemaan lepotilassa silloin, kun niitä ei käytetä. Lepotilan ohjelmoinnissa on otettu huomioon pesukoneen liikkeet, jotta lepotila ei mene pois päältä, vaikka pesukoneessa ollessaan farkut liikkuisivat kuin olisivat käytössä. Farkkuja voidaan näiden virransäästö- ja lepotila-asetusten avulla käyttää jopa neljän vuoden ajan kerran viikossa ilman, että niitä tarvitsee ladata tai vaihtaa patteria. (SpinaliDesign 2018)

## NFC smart suit – Samsung & Rogatis

Samsung:n ja Rogatis:n yhteistyönä tekemä puku käyttää NFC-teknologiaa (Wareable 2018b), jonka avulla tietoja voidaan siirtää koskettamalla älypuhelimella puvun hihassa sijaitsevaa nappia, jossa NFC-siru sijaitsee. (Mashable 2016) NFC-sirun avulla käyttäjä voi avata puhelimensa lukituksen, välittää digitaalisen käyntikortin, toiseen älylaitteeseen tai muuttaa älylaitteensa tilaa (Wareable 2018b). Näin esimerkiksi palaveriin mennessä, puhelimen saa nopeasti äänettömään tilaan. NFC-sirulla välitettäviä tietoja voidaan muokata tuotteen omassa sovelluksessa. (Mashable 2016)

## Yhteenveto

Toimintoja ohjaavat ratkaisut ovat hyvin kiinnostavia ja monitahoisia ratkaisuja. Project Jacquard -takissa voi pelkästään hihanappia koskettamalla ohjata älylaitteen toimintoja kosketus- ja elesensorien avulla, ja esimerkiksi saapuvasta puhelusta tulee sekä valo- että värinäpalaute. Tällainen ratkaisu voisi toimia työtehtävissä, joissa on muutama tehtävä ja kuittaus, mitä pitää tehdä, ja ne voisi tehdä vain yhden napin painalluksella. Myös Ping-mekko sekä M-mekko sisältävät eletunnistusteknologiaa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi siinä, että tuote tunnistaa teknologian avulla tietyn työvaiheen ja kuittaa järjestelmään työtehtävän etenemistä. M-mekossa on lisäksi kommunikointitekniikka, joka on myös työvaatteessa tarpeellista esimerkiksi hätätilanteissa tai konsultointia kaivatessa. Jotkin työtehtävät ovat sen verran likaisia, että puhelinta ei voi kesken työtehtävän kaivaa taskusta esille ja soittaa halutulle henkilölle. Tällaisissa tilanteissa eletunnistusteknologialla toimiva puhelin, joka voi soittaa yhteen numeroon, mikä voi olla esimerkiksi keskus tai esimies, on hyvinkin käyttäjäystävällinen.

Ergonomiaan liittyvä kiinnostava sovellutus on Nadi X, joka antaa värinäpalautteen, jos tekemäsi asento eroaa sovellukseen etukäteen syötetystä asennosta, mikä sopii hyvin myös työvirheasentojen ja huonon ergonomian kitkemiseen työpaikalta. Ihokontaktia voitaisiin tarpeen vaatiessa luoda Bionic bra:n tyyppisellä ratkaisulla, jossa sensoriteknologian signaalien mukaan tietty osa tuotteesta, esimerkiksi hiha, muuttuu tarvittavaksi ajaksi ihokontaktipisteeksi. Nadi X:n tapaan myös Spinali:n farkuissa on käyttökelpoista värinäpalautetta antavaa teknologiaa, sillä yön värinäsensorit auttavat navigoimaan tai antavat värinäpalautetta esimerkiksi, jos olet myöhästymässä palaverista. Kyseinen navigointijärjestelmä voisi työvaatteessa olla hyvä, sillä se vapauttaa kädet johonkin muuhun, kun ei tarvitse kantaa kännykkää navigoitaessa käsissä. Sijaintiin toisella tavalla liittyvä ratkaisu on sekä Synapse- että Spider-mekkaan integroidut läheisyyttä mittaavat sensorit, joita voidaan työvaatteessa hyödyntää esimerkiksi työkoneen tai -laitteen tullessa liian lähelle tai käyttäjän astuessa koneen turva-alueelle.

#### 5.4 Ympäristöön reagoivat ratkaisut

##### Solar Shirt - Pauline Van Dongen & Holst Centre

Pauline Van Dongen:n ja Holst-teknologiakeskuksen yhteistyössä luoma Solar Shirt, aurinkopaneelipaita (kuva 13), yhdistää aurinkopaneeleita sekä joustavaa elektroniikkaa. Paita sisältää 120 ohutta aurinkokennofilmiä, jotka on integroitu paitaan Holst-keskuksen käyttämällä joustavalla teknologialla. Aurinkopaneelimoduuleita voidaan massatuottaa ja yhdistää vaatteeseen perinteisellä silitysteknologialla ennen kuin vaate on ommeltu valmiiksi. (Pauline Van Dongen 2016) Auringonpaisteessa paita kerää n. yhden watin energiaa, jolla voi ladata minkä tahansa kannettavan USB-laitteen, esimerkiksi älypuhelimien,

muutaman tunnin aikana. Energia voidaan myös varastoida paidan etutaskussa olevaan akkuun myöhempää käyttöä varten. (Pauline Van Dongen 2018b) Paita ei tarvitse mitään erityisiä puhdistusprosesseja vaan se voidaan vesipestä normaalisti pesukoneessa (Dailymail 2015)



Kuva 13. Aurinkopaneelipaidassa on 120 kpl olalle integroitua aurinkokennofilmiä (Pauline Van Dongen 2016)

#### Human sensor – Kasia Molga

Human Sensor on Kasia Molga:n suunnittelema vaate, jonka ansiosta sen käyttäjä sekä lähellä olevat ihmiset pystyvät huomaamaan häkän ja huonon ilmanlaadun, sillä vaate muuttaa väriään ja kuvioitaan havaitsemansa ilmansaasteiden tason mukaisesti (Inhabitat 2016). Vaate, joka koostuu viitasta ja kasvomaskista, aktivoituu käyttäjän hengityksestä ja reagoi reaaliajassa hengityksen rytmiin sekä ilman kemiallisen koostumuksen muutoksiin (Kasia Molga 2018). Vaatteessa on pienikokoinen aerosolimonitori, joka on linkitetty GPS-kelloon sekä Rasperryn PI-tietokoneeseen. Rasberry Pi kommunikoi vaateen

ledvalojen kanssa saaden ledit välkkymään ja muodostamaan erilaisia kuvioita ja värejä monitorin havaitsemansa ilmansaastetason mukaisesti. Vaate muuttuu valkoisesta positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan sen mukaisesti, havaitseeko se saastuneita partikkeleita ympäröivässä ilmassa. Vaate esimerkiksi muuttuu vihreäksi puiston läheisyydessä ja vastaavasti punaiseksi auton pakokaasujen läheisyydessä. (Rasberry Pi 2016)

#### Mesopic Light Jacket – Pauline Van Dongen & Philips Research

Mesopic Light Jacket on Pauline Van Dongen:n suunnittelema takki, jonka tarkoituksena on tehdä käyttäjästäan näkyvämpi myös yöaikaan. Takin kankaaseen on integroitu Philips:n tekstiilistä LED-nauhaa, joka tuottaa hienovaraista ja tehokasta valoa, jotta takin käyttäjä näkyisi hyvin myös vähävaloisemmissa ympäristöissä. (Pauline Van Dongen 2018a)

#### Phototrope running shirt – Pauline Van Dongen

Phototrope on Pauline Van Dongen:n suunnittelema juoksupaita, joka lisää juoksijan reagointikykyä muuttuviin valaistusolosuhteisiin. (Pauline Van Dongen 2018c) Phototrope-paitaan on integroitu LED-nauhoja (kuva 14), jotka on peitetty pehmeällä ja joustavalla TPU-kalvolla. Kalvo taittaa prismaattisen rakenteensa ansiosta valoa hienovaraisesti ja monivärisesti, mikä lisää vaatteen dynaamista ulkonäköä. LED-nauhat ovat joustavia, ja ne pystytään pesemään normaalisti pesukoneessa. Kun LED-valot yhdistää iPad-sovellukseen, voi valoilla luoda interaktiivisia pelejä juoksijalle, esimerkiksi juoksuryhmän samantahtiselle juoksurytmille. (Paulienrouts 2018) Paidassa on pieni akku piilotettuna vaatteen sisälle, minkä avulla valot voi kytkeä päälle ja pois päältä. (Dezeen 2015)



Kuva 14. LED-nauhojen päällä on ohut kangas, jonka läpi ledien valo kuultaa (Dezeen 2015)

#### Aerochromics – Nikolas Bentel

Aerochromics on Nikolas Bentel:n suunnittelema kolmen t-paidan mallisto (kuva 15), jonka paidat vaihtavat väriä ja kuviota, kun ne altistuvat ilmansaasteille tai radioaktiivisuudelle. Jokaisella kolmesta paidasta on nimi sen mukaan, mitä ainetta paita auttaa havaitsemaan ilmasta. Häkäpaidan painatus sisältää kemiallisia suoloja, jotka reagoivat ilman hiilimonoksidin kanssa tuottaen hiilidioksidia. Painatusväri reagoi ilman hiilimonoksidipitoisuuteen tuomalla paidan painatuskuvion esiin. Kemialliset suolat painatusvärissä sitovat happea ilmasta ja näin stabilisoivat hiilimonoksidia, mikä muuttaa paidan painatuksen taas normaaliksi. Partikkelisaaste-paita reagoi ilman partikkelisaasteeseen, kuten pölyyn, nokeen tai savusumuun. (Dezeen 2016) Kun ilmanlaatu saavuttaa ilmanlaatuindeksin mukaisen arvon 60 tai yli, kohtalainen terveysriski, sensorit aktivoivat kauluksessa olevan mikrokontrollerin, joka aktivoi paidassa olevat lämpöanturit. Anturit aktivoivat paidan lämpöreaktiivisen painovärin, minkä johdosta painatus alkaa vaihtamaan väriä. Kun ilmanlaatu saavuttaa arvon 160, epäterveellinen, paljastuu painatuskuvio kokonaan. (Citylab 2016) Radioaktiivisuus-paidan

painatusväri reagoi gammasäteisiin ja elektronisäteilyyn. Kun altistuminen kasvaa, paidan kuvio tulee esiin yhä paremmin. Kun on altistunut liian suurelle säteily määrällä, paidan väri ei vaihdu enää takaisin mustaksi. (Dezeen 2016)



Kuva 15. Ilmansaasteista ja radioaktiivisuudesta ilmoittavat t-paidat (Aerochromics 2016)

### Yhteenveto

Ympäristöön reagoivat ratkaisut ovat mielenkiintoisia oman kehittämistyöni kannalta, sillä työympäristössä on paljon vaaratekijöitä, joita ei välttämättä ilman sensoreita havaita. Human sensor ja Aerochromics mittaavat molemmat ilman laatua ja ilmassa olevia erilaisia ilmansaasteita. Vaatteen väri ja kuvio muuttuvat esimerkiksi häkän tai partikkelisaasteen takia tai säteilyn vuoksi, jolloin haitalliset aineet ilmassa on helppo huomata myös työympäristössä. Tämä toimii indikaattorina myös muille samassa työympäristössä.

Valoon liittyviä ratkaisuja on myös tarjolla sekä virtalähteiksi että valonlähteiksi. Solar shirt on esimerkki aurinkopaneeleiden integroinnista

vaatteeseen, ja kerätyn energian voi sekä käyttää esimerkiksi akun lataukseen tai varastoida myöhempää käyttöä varten. Tällainen paita on kiinnostava myös siksi, että aurinkopaneeleiden kiinnitystekniikka soveltuu hyvin vaateen valmistusprosessin sisään. Paneelit ovat myös vesipestäviä, joten ne ovat käyttäjäystävällisempi virtalähde kuin perinteiset akut ja patterit, jotka on irrotettava ennen pesua. Aurinkopaneeleja voitaisiin myös yhdistää Mesopic-takin led-nauhan kaltaisiin led-ratkaisuihin, jolloin järjestelmä kerää aurinkoenergiaa niin kauan kuin aurinko paistaa. Kun virransaanti rupeaa hiipumaan, toimii se indikaationa sille, että led-valojen tulisi syttyä, kun on hämärää.

## 5.5 IoT-sovellutukset työvaatesektorilla

### Tracker 1 - Snickers workwear & People People

Snickers Workwear aloitti vuonna 2016 testikäytön, jossa 100 ammattityöntekijää viidessä eri maassa käyttivät älykästä teknologiaa sisältäviä työhousuja (kuva 16.). Housut mittaavat ja keräävät housuissa olevan älysirun avulla tietoja muun muassa lämpötilasta, melutasosta sekä polvistumisen aiheuttamista vaikutuksista työpäivän aikana. (Snickers Workwear 2018) Housujen tarkoituksena on auttaa käyttäjänsä seuraamaan polviensuojauksen laatua mittaamalla, montako kertaa polvi osuu maahan. (People People 2018) Datan perusteella käyttäjät tietävät, milloin on tarvetta polvisuojille, ja äänten noustessa kriittiselle tasolle, käyttäjä saa ilmoituksen, jotta osaa toimia sen mukaisesti (Snickers Workwear 2018).





kuva 16. Tracker 1 –housut (People People 2018)

#### Coldwear – SINTEF

SINTEF:n Coldwear-projektin takki on suunniteltu arktisten alueiden öljytyöntekijöille, jotka työskentelevät ääriolosuhteissa altiina kylmälle ja kosteudelle (Eniday 2018). Takin tarkoituksena on auttaa esimiehiä määrittelemään, milloin työntekijöiden olisi hyvä pitää taukoa ja palata sisälle kylmettymisen estämiseksi (New Atlas 2013). Takin sensorit mittaavat käyttäjänsä lämpötilaa, kosteutta, hikoilua sekä sijaintia ja liikkumissuuntaa. Ne mittaavat myös ulkoista lämpötilaa sekä kosteutta. (Eniday 2018), ja vertaavat niitä käyttäjästä saamiinsa mittaustuloksiin. Sensoriyksikkö on sijoitettu oikean hihan alaosaan, jotta se on tarpeeksi lähellä käsiä saadakseen tarkempia mittaustuloksia, mutta tarpeeksi kaukana hihansuusta, jotta asioiden kantaminen ja nostelu eivät häiritse sensoriyksikön toimintaa. Takissa on myös erillinen sensorimoduuli hihansuussa (kuva 17), jossa on infrapuna-ihonlämpösensori ja aktiivisuussensoreita, jotka antavat tietoa kiihtyvyydestä ja rotaatiosta sekä vapaan pudotuksen havainnosta. Lämpötilaa ja kosteutta mittaava sensoriyksikkö sekä hihansuun irroitettava sensorimoduuli on yhdistetty johtavalla langalla. Sensorimoduuli siirtää tietoa Bluetooth-yhteydellä älylaitteelle tai tietokoneelle, ja se käyttää vain vähän energiaa. (Seeberg,

Vardøy, Austad, Wiggen, Stenersen, Liverud, Storholmen & Færevik (2013) Takki voidaan pestä (Eniday 2018).



kuva 17. Coldwear-projektin takin hihasensorit (Seeberg yms. 2013)

#### Safety++ – Massachusetts Institute of Technology

Safety++ on MIT:n projekti, jonka laiteverkkoon on yhdistetty kenkien ja karabiinilenkin lisäksi kaksi vaateprototyyppiä: takki ja aluspaita. Takissa (kuva 18) olevat sensorit havainnoivat ilmanlaatua. Kun sensorit havaitsevat esimerkiksi häkää tai rikkivetyä ilmasta, ne lähettävät niskassa olevan keskusyksikkölevyn kautta viestin takin käyttäjän sekä muiden alueella olevien henkilöiden aluspaidan värinäsensoreille, joiden haptinen palaute saa käyttäjät huomaamaan uhkan ja toimimaan sen mukaisesti. Ilmoitus vaarallisista kaasuista menee myös suoraan keskusohjaamoon. Takissa on lisäksi sensori, joka mittaa desibelitasoa, ja ilmoittaa värinäpalautteella, jos alueen melutaso nousee yli annetun desibelirajan. Aluspaidassa on värinäsensorien lisäksi biosensoreita, jotka mittaavat sykettä, hengitystä, ihon sähkökemiallista vastetta sekä käyttäjänsä avaruudellista sijaintia gyroskoopilla. (Design Lab 2018)



Kuva 18. Safety++ -takin viimeisin prototyyppi (Bernal, Colombo, Baky & Casalegno 2017)

## Havep

Havep:n älykäs sensori analysoi varastotyöntekijän työasentoja, ja kertoo jos työtehtävän suorittamiseen tarvitaan apulaite jakamaan nostettavan laatikon painoa. Erillinen sensori on paidan niskassa ”taskussa” (kuva 19), joka on tehty erityisesti sitä varten ompelu- ja kuumaprässitekniikoilla. Sensori siirtää tiedon langattomasti reitittimelle, joka siirtää tiedon edelleen pilvipalveluun. Sensorin palaute on työntekijöiden nähtävillä varastossa olevilla näytöillä. Datasta saa myös tarkempia tilastoja kaavioiden ja raportin muodossa (Youtube 2016)



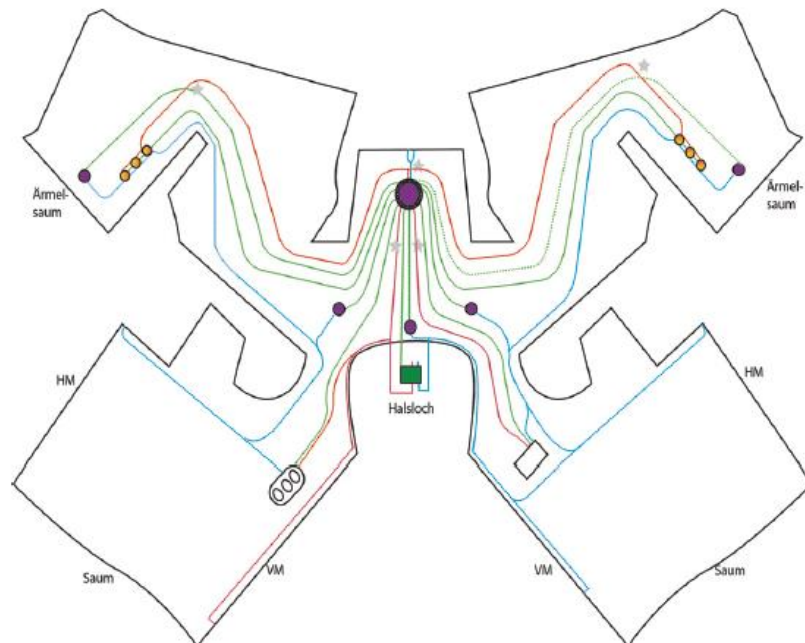
Kuva 19. Havep:n älykäs sensori (Youtube 2016)

#### The Industry 4.0: Smart maintenance jacket

– Berlin University of the Arts & Telekom Innovation Laboratories

Älykäs kunnossapitotyöntekijän takki on prototyyppi, joka aistii ympäristöään ja antaa siitä visuaalista palautetta ledvaloilla ja ääni- sekä värinäpalautetta äänen ja värinän vaihtelulla paikan turvallisuuden mukaan. Takin teknologia auttaa navigoimaan tehtaassa, auttaa vaarallisten alueiden läpi sekä antaa varoituksen, jos näkökentän ulkopuolelta lähestyy jokin. Toimivan prototyypin ohella tarkasteltiin vaatteiden rakenteita (kuva 20) käytettävyyden ja käyttäjähyväksynnän kannalta sekä pestävyyden ja kierrätettävyyden näkökulmista. Takissa on kaksi kerrosta, joista sisemmässä on elektroniikka ja ulompi on takin päällikerros. Kerrokset ovat kiinni toisissaan tarranauhalla, jotta ne voidaan irrottaa toisistaan päällikerroksen pesemistä varten. Vihreä, oranssi sekä punainen ledi on integroitu hihaan, jotka indikoivat mihin suuntaan mennä tai onko käyttäjä vaarallisella alueella. Värinäsensorit rannekkeessa värisevät navigaation osoittamiseksi siinä kädessä, mihin suuntaan on mentävä. Niiden värinä muuttuu mentäessä vaaralliselle alueelle tai jonkin lähestyessä. Niskassa oleva ultraäänisensori ilmoittaa äänivaihteluilla, onko jokin lähestymässä tai onko käyttäjä menossa

vaaralliselle alueelle. (Greinke, Guetl, Wittmann, Pflug, Schubert, Helmut, Bitzer, Bredies & Joost 2016)



Kuva 20. Takin yhden palan kaava piirikaavioineen (Greinke yms. 2016)

### EasyJet – CuteCircuit

Easy Jet loi yhteistyössä CuteCircuitin kanssa työvaatetuksen sekä lentohenkilökunnalle että lentomekaanikoille. Lentoemäntien työasussa on lisävalaistuksen takia integroitu ledvalot olkapäille ja helmaan, ja ne saavat virtansa USB-ladattavilla akuilla. (Wareable 2015b) Takin liepeissä on ledvalopohjainen nauhikirjoitin, joka tuo näkyviin tietoa esimerkiksi lennon numerosta ja määränpäästä. Takissa on myös sisäänrakennettu mikrofoni, joka helpottaa kommunikointia lentohenkilöstön kesken. (Businessinsider 2015; Wareable 2015b) Lentomekaanikkojen univormuissa (kuva 21) on heijastavia elementtejä sekä valaisevia ledvaloja näkyvyyden lisäämiseksi. Takissa on myös mikrofoni sekä kamera, joiden avulla he saavat apua kohdatessaan teknisiä ongelmia. Myös ilmanlaatusensori sekä ilmanpainemittari on integroitu takkiin, jotta

mekaanikot pystyvät havainnoimaan työympäristönsä ongelmia.  
(Businessinsider 2015)



Kuva 21. Lentomekaanikon takki (Wareable 2015b)

#### UHF RFID - Lindström Oy & Nordic ID

Lindström on tekstiilin vuokrauspalveluita tarjoava yritys, joka on yhdessä Nordic ID:n kanssa kehittänyt UHF (Ultra High Frequency) RFID (Radio Frequency Identification) -teknologiaa Lindströmin vuokratekstiileihin, millä on tarkoitus seurata työvaatteen kiertoa pesulasta käyttäjälle ja takaisin (Lindström Oy 2018a). RFID-sirulta tieto viedään pilvipalveluun, jossa sitä voi analysoida ja tarkastella tarpeen mukaan (Nordic ID 2018). RFID-etätunnistuksen avulla on mahdollista reaaliaikaisesti seurata, missä vaate liikkuu, ja asettaa esimerkiksi hälytys, jos työtilaan saapuu henkilö väärät työvaatteet ja suojaimet päällään. Teknologian avulla on myös mahdollista lukea suuria vaatemääriä kerralla, mikä tuo helpotusta varastonhallintaan ja lisää työvaatteiden kierron läpinäkyvyyttä. RFID-sirut kestävät myös pesua sekä haastavia olosuhteita, kuten lämmönvaihteluita, joten ne sopivat hyvin tekstiilin vuokraukseen ja työvaatteeseen. (Lindström Oy 2018b)

## Yhteenveto

Työvaatesektorin IoT-prototyypeissä on kiinnostavaa nimenomaan se, että ne on suunniteltu työvaatetta, työvaatteen käyttäjää sekä työympäristöä ajatellen. Esimerkiksi Lindströmin uuden teknologian RFID-siruja käytetään teollisessa pesussa käyvässä työvaatteissa, mikä tarkoittaa sitä, että sirunteknologia kestää rankan pesuprosessin sekä pesuissa käytettävät kemikaalit ongelmitta. RFID-teknologiaa on myös joillakin työmailla, joten näitä voisi yhdistää käytettäväksi molemmissa samalla teknologiaal. Siruun voisi laittaa sekä pesulan että työmaan tarvitsevat tiedot, ja tietosuojan takia eriyttää ne niin, että vain pesula pystyy lukemaan pesulan tietoja ja vain työmaa pystyy lukemaan työmaan tietoja. Jotkin tiedot, joista olisi molemmille hyötyä, voisivat olla yhteiskäytössä.

Työympäristössä on erilaisia vaara- ja kuormitustekijöitä, joihin on hyvä löytää ratkaisuja, olivat ne sitten pieniä tai isoja. Sekä Tracker 1-housuissa että Safety++-takissa on melunmittaukseen sensortechnologiaa, mikä antaa hälytyksen, jos melutaso nousee liian kovaksi. Melu voi olla liian kovaa, mutta työntekijä on saattanut tottua pikku hiljaa nousevaan melutasoon eikä hän ilman sensorin hälytystä edes huomaisi melun altistavan jo pysyville kuulovaurioille. Huomattava on myös se, että palautteen anto on annettava työympäristön vaatimalla tavalla. Industry 4.0-takki antaa palautteen joko valolla, äänellä tai värinällä. Valopalautetta antavan ledin täytyy olla sellaisessa paikassa vaatteessa, että käyttäjä kiinnittää siihen huomiota myös työntöön lomassa. Äänipalaute toimii ainoastaan sellaisissa työpisteissä ja työmailla, joissa melun määrä ja voimakkuus eivät ole korkeita. Värinäpalaute toimii taas sellaisissa työtehtävissä, joissa työ tai työlaitteet eivät itsessään jo aiheuta tärinää, jolloin vaimeampi värinä saattaa sekoittua siihen. Värinäkuvioilla voidaan tällaisissakin tapauksissa antaa lisähälytys jonkin toisen palautteenantotavan ohella.

Coldwear-takki mittaa erilaista ympäristön vaaratekijää, kylmyyttä ja viimaa, jotka tutkitusti pitkään vaikuttaessaan lisäävät terveyshaittoja, vaikuttavat laskevasti työmotivaatioon sekä lisäävät tapaturmariskiä. Takki vertaa kehon fysiologista dataa ulkolämpötilaan ilman kosteuteen ja näin arvioi hypotermiavaaran vakavuutta. Lämpöoloilla on iso vaikutus työn riskeihin, on kyseessä sitten kuumat tai kylmät olosuhteet. Myös liian kuumassa työskennellessä, varsinkin pitkäjaksoisesti, alkavat fysiologiset haitat yhdessä tarkkaavaisuuden huonontumisen kanssa vaikuttaa työn tekemiseen, ja ne altistavat raskaan fyysisen kuormituksen lisäksi myös suuremmalle tapaturmariskille.

Safety++ on mielenkiintoinen projekti, ja siinä pääosassa on kaikkien yrityksen työntekijöiden yhteinen teknologinen ekosysteemi. Kun yhden käyttäjän takin sensorit havaitsevat ilman laadussa ongelmia, hälytys menee kaikille muillekin käyttäjille. Tällaista voitaisiin soveltaa ja ulkotyömaiden lisäksi myös tehtaisiin, joissa on kemikaaleja ja kaasuja ja iso onnettomuusriski pienessä tilassa. Näistäkin kaasuista osa on hajuttomia ja värittömiä, joita ei paljaalla silmällä näe.

Erilaisissa töissä myös käyttäjän näkyvyys on tärkeää, ja teknologian avulla työvaatteisiin on mahdollista lisätä passiivisten heijastimien ja fluoresoivan kankaan lisäksi myös aktiivisia ratkaisuja, jotka muuttuvat vallitsevien valaistusolosuhteiden mukaan ja lisäävät näin ollen näkyvyyttä myös heikommin valaistuissa olosuhteissa ja pimeään aikaan. Suomessa on pimeää tai hämärää suurimman osan vuodesta, joten käyttäjän näkyvyyden parantaminen on aina hyvä asia. Easy jet-vaatteissa on myös lisänäkyvyyden ratkaisujen lisäksi sisäänrakennettu kommunikointijärjestelmä työntekijöiden kesken, mitä voidaan hyödyntää esimerkiksi avun saantiin, työtehtävän konsultointiin sekä muihin työpäivän aikana tuleviin ongelmatilanteisiin.



## 6 ASIANTUNTIJAHAASTATTELUT

Haastateltavien valinnassa noudatin Vilkan (2015, 135-136) periaatteita siitä, että valitsin haastateltavat kehittämistyöni aihetta koskevan asiantuntemuksensa tai kokemuksensa perusteella. Osa haastateltavista valikoitui myös sillä, että he kuuluvat risteyskohtaan, jossa he kuulevat tätä aihetta koskevaa puhetta eli muiden ihmisten käsityksiä asiasta. Pari haastateltavista löytyi muiden haastateltavien kautta. IoT-työvaatesovellutukset koskettavat montaa eri alaa ja asiantuntijaa, joten halusin tehdä haastattelutkin monialaisesti. Haastateltaviksi valikoitui sekä teknologia-alan edelläkävijöitä ja tutkijoita että työvaate- ja työturvallisuuspuolen toimijoita. Haastattelin VTT Oy:stä Jukka Kääriäistä sekä Juha Häikiötä, Suomen Tekstiili & Muoti ry:stä Satu Nissi-Rantakömiä, Tapaturmavakuutuskeskuksesta Janne Sysi-Ahoa, Myontec Oy:stä Pekka Tolvasta, Aalto-yliopistosta Elina Iléniä, Polar Electro Oy:stä Juhani Kempaista, Reima Oy:stä Shahriare Mahmoodia, Työterveyslaitokselta Erja Tammelaä sekä Sakupe Oy:stä Ulla Lappalaista. Haastateltavat on esitelty tarkemmin liitteessä 2. Juuri tällainen monialainen lähestymistapa toi erilaisia näkökulmia esiin, joten sovellutukset ovat pidemmälle mietittyjä ja toteuttamiskelpoisempia, kun niissä on otettu huomioon asioita usealta eri kannalta. Muutamaa haastateltavaksi ajattelemaani henkilöä en saanut kiinni tai emme saaneet aikatauluja sovitettua yhteen. Oli myös henkilöitä, jotka eivät halunneet osallistua haastatteluun.

## 6.1 Toteutus

Toteutin haastattelut teemahaastatteluina eli kaikille haastateltaville oli samat teema-alueet, mutta teema-alueita tarkasteltiin kunkin haastateltavan asiantuntijuuden mukaisesti painottaen. Haastattelut tein maaliskuu-toukokuussa 2018. Muutama haastateltava pyysi saada kysymykset/teema-alueet tietoonsa, joten osa näki ne jo ennen haastattelua. Kysymyksiä saatettiin pyytää etukäteen siksi, että haastateltavat olivat epävarmoja siitä, onko heillä tarvittavaa asiantuntemusta aiheeseen. Jokaisen haastattelun alussa kuitenkin korostin sitä, että kysymyksiin ei ole olemassa niin sanottuja oikeita vastauksia, vaan että jokainen haastateltava voi vastata oman asiantuntemuksensa mukaisesti. Kerroin myös, ettei kaikkiin kysymyksiin tarvitse vastata, jos kokee, ettei ole aiheesta mitään sanottavaa. Osan haastatteluista pidin kasvotusten haastateltavien valitsemassa paikassa ja osan Skype for Business -sovelluksen avulla. Yhdessä Skype-haastatteluista oli kaksi haastateltavaa samaan aikaan, kun taas muut haastattelut olivat yksilöhaastatteluja. Yksi haastattelu tehtiin englanniksi ja loput suomeksi. Kaikki haastateltavat suhtautuivat positiivisesti haastatteluun.

Haastattelut, jotka tein kasvotusten, nauhoitin myöhempää litterointia varten. Skype for Business -sovelluksen haastatteluista en nauhoittanut vaan tein muistiinpanot haastattelun kanssa samanaikaisesti. Jälkikäteen epäselviä asioita tarkensin vielä sähköpostitse. Litteroinnin jälkeen käsittelin haastattelut teemoitellen tietokoneella. Siirsin tekstimuotoon tuotetut haastattelut oikeiden teemojen alle, ja annoin jokaiselle haastateltavalle oman tekstin värin. Siirsin kaikki tekstit samaan tiedostoon teemahaastattelurungon (liite 1) otsikoiden alle värikoodattuina, ja etsin teemojen alta yhteneviä tekijöitä sekä esiin nousseita asioita. Näiden kolmen esille nousseen pääteeman, tarpeen, käyttökohteiden sekä

huomioon otettavien asioiden, pohjalta tein kolme mind map -käsittekarttaa haastattelukommenteista, joihin merkitsin myös haastateltavat.

Käsittekarttojen pohjalta tein vielä haastatteluaineistolle

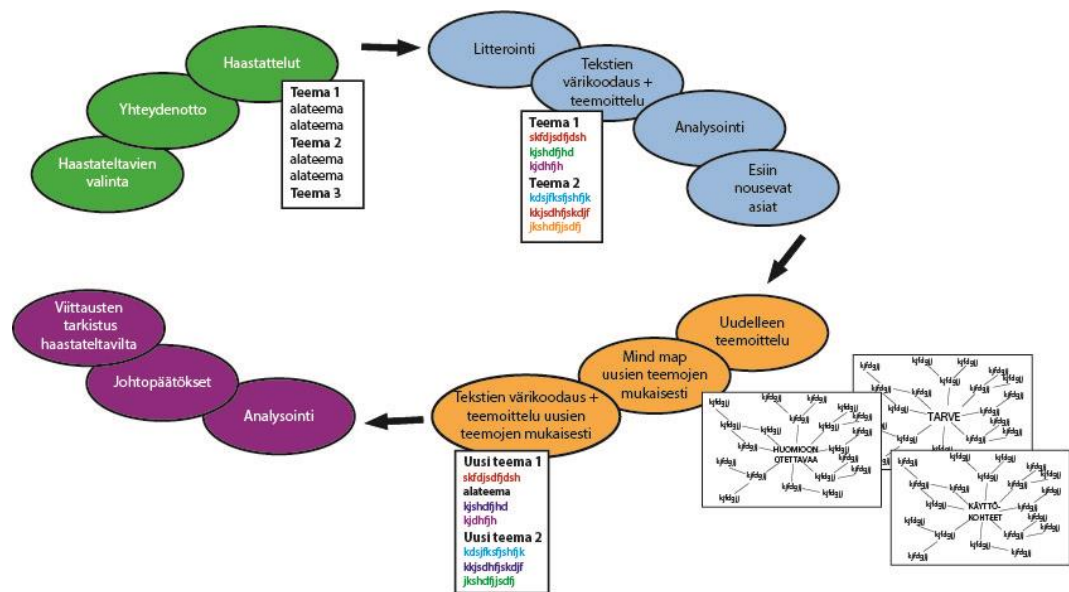
uudelleenteemoittelun kolmen pääteeman alle samoin värikoodauksiin

mutta käsittekartoissa nousseiden uusien alateemojen mukaisesti. Tämän

pohjalta kirjoitin analysointi ja johtopäätökset -osion. Haastatteluosion

prosessikaavio (kuvio 8) on alla selventämässä tekemiäni vaiheita

haastattelujen keruu ja analysointivaiheista.



Kuvio 8. Haastattelujen keruu- ja analysointivaiheet järjestyksessä

## 6.2 Teemat

Haastattelujen pääteemoiksi valikoituivat nykyhetki, lähitulevaisuus, tarve sekä huomioon otettavat asiat sen perusteella, että nämä olivat aihealueita, joista halusin saada kehittämistyöhöni monialaista materiaalia.

Haastattelujen päätarkoituksena oli selvittää, onko työvaatteiden IoT-sovellutuksille tarvetta, millaisia käyttökohteet voisivat olla sekä mitä niissä

pitää ottaa huomioon ja mitkä ovat haasteet aiheen suhteen. Pääteemat jakaantuivat vielä alateemoiksi, jotka painottuivat jokaisen haastateltavan osaamisalueen mukaan haastatteluissa. Haastatteluissa esille nousseita isoja kokonaisuuksia nousi myös alateemoiksi myöhempisiin haastatteluihin, joten alateemalistaus kasvoi haastattelujen edetessä. Haastatteluissa esille tuli samoja asioita, vaikka haastateltavat ovatkin eri alojen asiantuntijoita. Teematkin tuntuivat sopivat hyvin haluttujen asioiden selvittämiseen ja kehitteillä olevien asioiden löytämiseen.

### 6.3 Analysointi & johtopäätökset

Haastatteluissa tuli selväksi se, että haastateltavien mukaan työvaatteiden IoT-sovellutuksilla on suuri potentiaali ja mahdollisuus. Aiheeseen suhtaudutaan positiivisesti, sillä työvaateala on yksi sektori, joka voisi hyödyntää IoT:ta ja dataa erilaisten palvelujen muodostamiseen. Muilla sektoreilla on jo paljon kaupallisia sovellutuksia, mutta työvaatealalla ne eivät vielä ole yleistyneet, mihin haastateltavat eivät osanneet sanoa selkeätä syytä. Voidaan ajatella myös niin, että tarvetta ei ole vielä luotu markkinoille eikä sillä ole selkeää kuluttajakysyntää juuri sen takia, että työvaatemarkkinoilla ei ole vielä täysin loppuun asti kehitettyä tuotetta (Mahmood 2018).

*Se oikeastaan menee päinvastoin eli tarve ja kysyntä yritetään luoda markkinoille. Välillä ei suoraa kysyntää, mutta on selkeä tarve tai pakko. (Mahmood 2018)*

Teknologia kuitenkin kehittyä koko ajan, joten edellytykset paranevat koko ajan. Tässä asiassa, kuten monessa muussakin on niin, että tietty asian kypsyminen vaaditaan ennen läpimurtoa (Kemppainen 2018). Uskotaan siihen, että kaupallisia sovellutuksia tulee, mutta on hankalampi ennustaa sitä, kuinka pian: kuluuko siihen vuosi, kaksi vai peräti kymmenen vuotta.

Tarve työvaatealalla lähtee nimenomaan työstä ja arjen haasteista. Ei ole järkeä tehdä sovellutuksia vaan siksi, että ne ovat mahdollisia, vaan tuotteessa pitäisi olla logiikkaa takana ja jokin aito syy ja käyttökohde, miksi sovellutuksia tehdään (Sysi-Aho 2018; Mahmood 2018). Pitää lähteä siitä, mitä työ edellyttää ja vaatii, ja miten tuote voisi tukea työntekoa (Sysi-Aho 2018). Tarve voidaan nähdä myös turvallisempänä toimintana ja säästettyinä euroina työtapaturmakuluissa. Älykkäällä työvaatteella voidaan tukea ennaltaehkäisevää ja ennakoivaa toimintaa erilaisissa työympäristöissä, jonka hyötyinä nähdään tapaturmien ja työnkuormittavuuden väheneminen, tehokkuuden lisääminen sekä työhyvinvoinnin kasvaminen (Sysi-Aho 2018; Nissi-Rantakömi 2018; Tammela 2018; Tolvanen 2018; Häikiö 2018; Ilén 2018). Kun käyttäjä tietää enemmän olosuhteista ja ympäristöstään, helpottuu riskien arviointi ja käyttäjä on enemmän tilanteen tasalla (Nissi-Rantakömi 2018).

*Siitä, kun vahinko on jo sattunut, on saatavilla paljon tietoa ja tilastoja. Tulevaisuuden älykkäällä työvaatteella ja IoT:n mahdollistamalla lisätiedonkeruulla olisi mahdollista tukea sitä hetkeä ennen tapaturmaa eli tapaturmien ennakointia (Sysi-Aho 2018).*

Esiin nousi myös se, miten IoT-sovellutusten tarve työvaatteessa pystytään perustelemaan esimerkiksi työnantajille, sillä tuotteet ovat kalliimpia kuin työvaatteet ilman älyominaisuuksia. Hyödyn pitää olla suhteessa isompi, kuin mitä tuote ja palvelu maksavat (Kääriäinen 2018; Häikiö 2018; Kemppainen 2018). Hyötyjä punnitessa on muistettava, että usein IoT:n lisääminen tuotteeseen tuo välittömien hyötyjen lisäksi myös välillisiä hyötyjä (Ilén 2018). Sitten, kun tuotteista alkaa tullemaan massatuotantoa, hinnat varmasti laskevat ja markkinat määrittävät sopivan hinnan tuotteelle (Nissi-Rantakömi 2018).

## Käyttökohteet

Haastatteluissa löytyi paljon erilaisia käyttökohteita IoT:n työvaatesovellutuksille. Aina ei tarvita monimutkaisia ja moniulotteisia ratkaisuja ongelmiin, vaan joskus ongelmat voivat ratketa hyvinkin yksinkertaisilla asioilla (Sysi-Aho 2018; Nissi-Rantakömi 2018; Tolvanen 2018). Ongelmat on pystyttävä havainnoimaan objektiivisilla mittauksilla (Tolvanen 2018, ja yleensä tarvitaan parin eri asian mittausta, jotta voidaan päätellä jotakin käyttäjän tilasta (Ilén 2018; Nissi-Rantakömi 2018).

Yhtenä käyttökohteena tunnistettiin elintoimintojen mittaus. Työvaatteessa, esimerkiksi työn kuormitusta mitattaessa, optisella sykemittarilla voidaan syke mitata ranteesta kohtuullisen tarkasti, mutta mittarin on oltava tiukasti ranteessa kiinni kuten esimerkiksi urheilukelloissa (Tolvanen 2018). Jos mitataan elintoimintoja, kuten sykettä yhdessä kiihtyvyyden kanssa, voidaan mittaustuloksista päätellä, onko jotakin sattunut vai tekeekö käyttäjä vain raskasta fyysistä työtä (Ilén 2018; Nissi-Rantakömi 2018). Näin mittaamalla voidaan myös nopeuttaa avun saantia onnettomuustilanteessa, kun vaate voi olla se, joka hälyttää apua tiettyjen raja-arvojen täytyessä (Nissi-Rantakömi 2018).

Ergonomia on yksi iso osa-alue työhyvinvoinnissa, ja oikean ergonomian avulla voidaan vähentää työn kuormittavuutta. Vireystilaa ja kuormitusta voidaan mitata sensoreilla, ja vireystilalla voidaan vaikuttaa tehokkuuteen sekä sillä voidaan ehkäistä tapaturmia (Nissi-Rantakömi 2018). Esimerkiksi liukuhihnatyöskentelyssä voisi olla hyödyllistä, jos olisi säännöllinen vireystilan mittaus, joka ohjaisi liukuhihnastoa, ja tunnistaisi kahvitauon tarpeen (Tolvanen 2018).

Liikesensorit ja gps-mittaus ovat iso käyttömahdollisuus työvaatteissa. Liikesensoreilla pystytään mittaamaan liikkeen määrää ja käyttäjän asentoa, josta olisi hyötyä raskaassa nostamisessa tai muissa raskaissa työvaiheissa (Nissi-Rantakömi 2018). Gps-mittauksella tai muiden paikannusteknologioiden avulla voidaan työmaalla esimerkiksi tunnistaa käyttäjän sijainti verrattuna työkoneeseen, ja tarvittaessa antaa koneen kuljettajalle signaali, jos toinen henkilö on koneen turva-alueen sisäpuolella (Kääriäinen 2018; Häikiö 2018; Sysi-Aho 2018). Tähän voisi liittyä myös hälytys tehdasalueella ja evakuointitilanteet, jolloin täytyy tietää, onko evakuoitavalla alueella vielä työntekijöitä vai onko rakennus kokonaan tyhjä.

Ympäristöolojen mittaus on myös hyvä käyttökohde työvaatteessa, sillä työvaatteen käyttäjät työskentelevät erilaisissa ja vaihtuvissa ympäristöissä. Ympäristöstä voidaan mitata esimerkiksi ulkolämpötilaa, kemikaaleja ja säteilyä (Tolvanen 2018; Häikiö 2018). Osa kemikaaleista ja kaasuista on näkymättömiä, joten mittalaitteet ovat ainoa keino niiden havainnoimiseen. Ilmanlaadun mittaus työpäivän aika voi myös kertoa jotakin oleellista työskentelyoloista (Lappalainen 2018). Myös lämpötilaeroja voidaan havainnoida ja niihin voidaan reagoida älykkäiden materiaalien avulla. Faasimuutosmateriaalit muuttuvat tarvittaessa kehon lämpötilan muuttuessa joko lämmittäväksi tai viilentäväksi (Nissi-Rantakömi 2018). Myös ledvaloja ja lämmityspaneelleita on jo käytössä työvaatesektorilla, mutta nämä eivät ole niin kutsuttua IoT-teknologiaa (Tammela 2018; Ilén 2018).

Vaatteeseen voidaan myös rakentaa kommunikointi- sekä kuittausjärjestelmiä, joilla voidaan helpottaa esimerkiksi työmaalla käynnin kuittamista tai erinäisten paperisten kirjausjärjestelmien käyttöä (Ilén 2018; Häikiö 2018; Kääriäinen 2018). Tällaista voisi hyödyntää myös esimerkiksi inventoinnin tekemiseen, muuhun laskemiseen tai muuhun

samantapaista toimintaa vaativaan työtehtävään.

Kommunikaatiojärjestelmä ja mikrofoni voidaan tehdä, vaikka kaulukseen, josta se on helposti käytettävissä, ja esimerkiksi hihaan laittaa tekstiilinen kytkin, jolla voi hälyttää apua tai lähettää jokin tarvittava tieto sovellukselle pelkällä täppäyksellä (Ilén 2018).

RFID-teknologiaa eli radiotaajuista etätunnistusta voidaan myös hyödyntää työvaatteessa. RFID-siruja on jo nyt käytössä työvaatteissa työvaatepesulan puolesta, sillä pesulat seuraavat sirun avulla tuotteen pesukertoja ja sitä, milloin tietyn tuotteen, tietyin väliajoin tehtävä erikoisviimeistely pitäisi uusia sekä sitä, ovatko tuotteet pesulan sisällä vai pesulan ulkopuolella (Lappalainen 2018; Nissi-Rantakömi 2018) RFID-antureita löytyy myös työympäristöistä ja koneista, mitä voisi myös hyödyntää esimerkiksi paikannuksessa suhteessa anturiin tai työkoneeseen (Nissi-Rantakömi 2018). Teknologiaa voisi hyödyntää lyhyen kantaman paikannuksen lisäksi esimerkiksi tietyssä työpisteessä käynnin määrän mittaamiseen (Lappalainen 2018), tai hankintaketjun läpinäkyvyyteen liittyen (Nissi-Rantakömi 2018).

Huomioon otettavia asioita

Haastatteluissa nousi paljon erilaisia huomioon otettavia asioita esille. Osa näistä on jopa sellaisia, jotka viivästyttävät tällaisten älyvaatteiden sertifioitujen tai kaupallisten sovellutusten tuloa markkinoille vielä jonkin aikaa. On vielä paljon avoinna olevia asioita, jotka on ratkaistava ennen täysin valmiin tuotteen kehittämistä ja markkinoille tuomista.

Haasteellisimpia asioita IoT-teknologiaa hyödyntävässä työvaatteessa ovat huollettavuus sekä standardisointi, jotka saattavat jopa estää tietynlaisten kaupallisten sovellusten syntymisen.



Yksi isoimmista haasteista kehittämistyöni kannalta on tuotteen huollettavuus. Työvaatteita pestään sekä kotona että teollisesti pesuloissa. Älykkäille työvaatteille ongelmallisempi on nimenomaan teollinen pesu. Pesu asettaa haasteita älyvaateteknologialle, minkä vuoksi elektroniikkalaitte yleensä irrotetaan pesun ajaksi (Kempainen 2018; Tolvanen 2018; Nissi-Rantakömi 2018; Ilén 2018). Teollinen pesu on kova prosessi, ja varsinkin komponenttien kestävyys on tähän asti ollut ongelmana (Nissi-Rantakömi 2018; Lappalainen 2018). Tällä hetkellä lähinnä virtalähteet ovat niitä, jotka vaativat irrottamisen (Kempainen 2018). Jos jotakin pitää pesuprosessin takia irrottaa, aiheuttaa se hankaluuksia se hankaluuksia pesulatyöntekijöille tai käyttäjille, joiden pitää muistaa irrottaa virtalähde tai elektroniikkalaitte tuotteesta ennen pesua (Mahmood 2018; Tammela 2018; Lappalainen 2018). Elektroniikka voidaan osittain suojata laminoimalla, jolloin siitä tulee vedenpitävää ja pestävää (Ilén 2018).

Yhdeksi haasteeksi haastattelujen pohjalta nousi se, että on paljon erilaisia töitä ja työtehtäviä, ja työtehtävissä voi olla muutosta jopa työpäivän sisällä (Sysi-Aho 2018; Ilén 2018). Vaatteet on suunniteltava työtehtävien ehdoilla. Erilaisista ammateista olisi löydettävä jokin geneerinen tekijä, jotta samaa konseptia voisi soveltaa useampaan ammattiin (Ilén 2018).

*Monistettavat konseptit ovat juuri se tulevaisuuden juttu (Ilén 2018).*

Monialaisuus on myös yksi asia, joka korostuu, kun yhdistetään vaatteita ja elektroniikkaa, ja on monta erilaista näkökulmaa, jotka on huomioitava eri alojen yhteistyöprojekteissa. Toimijoiden verkosto kasvaa todella suureksi, kun yhteistyössä ovat elektroniikkavalmistajat, sovellusfirmat,

fyysisten laitteiden tai komponenttien, kuten sensorien valmistajat, pilvipalveluiden tuottajat sekä vaatevalmistajat (Ilén 2018; Häikiö 2018; Kääriäinen 2018; Nissi-Rantakömi 2018).

*Vaate toimii alustana. Se on se elektroniikan ja älyn alusta, joka kerää sitä dataa, kerää se sitten sen vaatteen ulkopuolelta tai ihosta, käyttäjästä tai sen ympäristöstä. (Ilén 2018)*

Haasteeksi on muodostunut asian poikkialaisuus ja se, ettei kunnon ekosysteemiä toimijoiden välille ole vielä muodostunut, niin kukaan ei johda hommaa eteenpäin (Ilén 2018). Yksi haaste monialaisessa toiminnassa on myös se, miten arvoa luodaan niin, että kaikki eri toimijat pysyvät tyytyväisinä (Häikiö 2018).

IoT-teknologiaa hyödyntävillä tuotteilla on melko iso virrankulutus, mikä asettaa omat vaatimuksensa tuotteen virtalähteelle. Nykyään, kun kännyköitä käytetään yhdessä älyvaatteiden kanssa, toimii kännykkä sovelluksen alustana, mutta myös energian jakajana, ja älyvaatteen virtalähdettä tarvitaan ainoastaan datan keräämiseen ja sen edelleen lähettämiseen (Ilén 2018). Akun ja pariston kanssa on huollettavuuden lisäksi mietittävä, että mikä on niiden olosuhteiden kesto, miten tuote ladataan ja miten virta saadaan tuotteeseen (Nissi-Rantakömi 2018). Akun ja pariston rinnalla tutkitaan tällä hetkellä energianlouhintaa eli autonomisia järjestelmiä, jossa ympäristö itsessään tuottaa energian laitteelle. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi aurinkokennot, lämpötilaeroon sekä liike-energiaan perustuvat järjestelmät. Näitä ei ole juurikaan vielä olemassa, vaan ne ovat vasta kehitysasteella ja vielä melko kalliita. (Kempainen 2018; Ilén 2018; Mahmood 2018).

Uusi tietosuoja-asetus astui voimaan 25.5.2018, joka tiukensi EU:n alueen tietosuojakäytänteitä. Päällimmäisenä tietosuojan suhteen on käyttäjien

huoli siitä, mitä tietoa kerätään, mihin sitä käytetään ja kuka sitä hallinnoi (Nissi-Rantakömi 2018; Sysi-Aho 2018; Tammela 2018; Häikiö 2018; Ilén 2018; Tolvanen 2018; Mahmood 2018; Kääriäinen 2018) Rajat on usein asetettava yksilöllisesti (Tammela 2018). Käyttäjät eivät myöskään halua tunnetta siitä, että heitä valvotaan ilman perusteltua syytä (Tolvanen 2018; Tammela 2018). Myös tietoturva ja ”hakkeroitavuus” ovat riskejä, jotka on ratkaistava, kun on kyseessä IoT-teknologioita sisältäviä laitteita (Häikiö 2018; Nissi-Rantakömi 2018; Tolvanen 2018; Kemppainen 2018; Kääriäinen 2018).

Kestävän kehityksen näkökulmaan kuuluu sekä valmistusprosessi että tuotteen pitkä elinkaari ja kierrätettävyys. Elektroniikan ja vaatteiden yhdistäminen asettaa haasteita kierrätettävyydelle. Sekä elektroniikkakomponentit että vaatteet ovat jo muutenkin huonosti kierrätettäviä ja tuottavat paljon jätettä, joten niiden yhdistäminen ei välttämättä huononna tuotteen kierrätettävyyttä (Ilén 2018; Mahmood 2018). Kierrätettävyyden tulisi olla komponenttien valmistajien intressi, jotta lopputuotteesta saataisiin helposti kierrätettävä (Ilén 2018; Häikiö 2018; Kääriäinen 2018). Yhtenä näkökulmana kestävään kehitykseen on myös eri komponenttien eripituinen elinkaari, esimerkiksi elektroniikkakomponentit saattavat kestää eri ajan kuin itse vaatteiden kankaat ja lisätarvikkeet (Mahmood 2018).

Käyttäjät hakevat helpoutta, jolloin sekä käyttöjärjestelmän että itse tuotteen tulisi olla käyttäjäystävällisiä (Nissi-Rantakömi 2018; Tammela 2018). Integraation tulisi olla myös mahdollisimman huomaamaton, mikä lisää käyttömukavuutta (Tolvanen 2018; Ilén 2018; Häikiö 2018; Sysi-Aho 2018). Ratkaisuja tulisi myös testata todellisessa käyttöympäristössä, jotta on mahdollista selvittää loppukäyttäjien näkökulma sekä tuotteen ja järjestelmien tekninen toimivuus mahdollisimman luotettavasti. Suomessa olevat turvapuistot voisivat olla yksi mahdollisuus kokeiluihin ja pilotointiin,

sillä puistossa voi testata ratkaisuja todellisuutta lähellä olevassa testiympäristössä. (Häikiö 2018)

Standardisointi, testaus sekä lainsäädäntö vaikuttavat prosessiin. Vielä ei ole olemassa testausmetodeja eikä kriteerejä älykkään suojavaatteen standardisointia varten, sillä älyvaatestandardin uusinta on vasta työn alla, ja sen oletettu valmistumisaika on vasta muutaman vuoden kuluttua (Nissi-Rantakömi 2018). Koska älytyövaatteet koskettavat montaa eri standardia, tulevat standardityöryhmät, kuten suojavaatetyöryhmät sekä älyvaatetyöryhmä, jonkin verran tekemään yhteistyötä (Nissi-Rantakömi 2018). Huhtikuussa voimaan tullut henkilösuojainasetus aiheuttaa myös omat aikataulupaineensa standardien soveltamiselle ja uusimiselle, joten älyvaatestandardi ei ole ensimmäisenä työjonossa (Nissi-Rantakömi 2018). Myös elektroniikalle on omat standardinsa, joten eri alojen standardien suhteen on löydettävä yhteinen kieli sekä soveltamistapansa.

Datan mittaus ja sen luotettavuus ovat yksi esille nousseista asioista. Jos virheen lähteitä tulee liikaa, luotettavuus menetetään. Esimerkiksi työtehtävän, jossa on tärinää, mittaamista häiritsee signaalin häiriöt eikä tuloksista saada luotettavia perinteisiä menetelmiä käytettäessä (Tolvanen 2018). Usein sensorit tarvitsevat ihokontaktin, kun halutaan mitata erilaisia fysiologisia ominaisuuksia (Häikiö 2018). Ihokontakti tulee datan mittauksen ja luotettavuuden kannalta tärkeäksi, sillä signaalihäiriöitä on vähemmän, kun mitataan lähempää kohdetta ja tulokset ovat tällöin luotettavampia (Ilén 2018; Tolvanen 2018; Kemppainen 2018).

Myös laitteiden luotettavuus on yksi asia, mikä on hyvä pitää mielessä. Mikään teknologia ei ole täysin varmaa eikä käyttäjä saa liiaksi luottaa laitteen toimivuuteen (Nissi-Rantakömi 2018; Ilén 2018; Lappalainen 2018; Tammela 2018; Tolvanen 2018; Kääriäinen 2018). Myös väärinkäytökset

ovat mahdollisia (Ilén 2018), eikä käyttöohjeita välttämättä lueta. Samalla lailla kuin kännyköissäkin voi joskus akku kulua nopeammin, käyttöliittymä hetkellisesti jumiutua tai yhteys hävitä. Ei saisi liikaa luottaa siihen, että laite toimii maalaisjärjen asemasta, varsinkaan, jos on oma tai toisen henki riippuvainen laitteesta. Toimivuuteen ja varmuuteen liittyy riskejä, joita voi pienentää esimerkiksi varavirtalähteellä (Tammela 2018).

Tuoteturvallisuus, kun on kyse sähkölaitteesta, on oleellinen osa tuotetta, ja tuotteen pitäisi jo itsessään olla turvallinen. Kaikista tärkein asia mietittäessä tuoteturvallisuutta on virtalähde. Akuissa ja paristoissa on vahvoja kemikaaleja, mikä täytyy myös ottaa huomioon. Ja toisaalta, kun vaatteeseen kiinnitetään virtalähde, voi se olla tulipalon alkulähde, kuten esimerkiksi kännyköiden räjähtävät akut. (Mahmood 2018) Jotta tuotteet pysyvät turvallisina ollessaan käytössä, niille on tehtävä myös säännöllisiä tarkastuksia ja päivityksiä, jotta ne vastaavat uusimpia normeja (Kääriäinen 2018).

Teollinen tuotanto on haastavaa, kun puhutaan integroiduista vaatteista (Nissi-Rantakömi 2018). Puettava elektroniikka vaatii erilaista konekantaa kuin tavallinen vaatetuotanto. Esimerkiksi ihokontaktissa olevien tuotteiden tulisi olla mahdollisimman hankaamattomia, jolloin tuotteille on omat tuotantotapansa, esimerkiksi laserleikkaus ja ultraäänisaumaus. (Ilén 2018) Jos vaate tuotetaan Kiinassa, on mietittävä, onko siellä ekosysteemiä, jossa tuottaa älyvaatteita ja onko heillä samat tuotantotavat niiden suhteen (Mahmood 2018). Tuotantoprosessi on täysin uudenlainen vaatetusalan sekä elektroniikka-alan näkökulmista katsottuna, sillä välttämättä kaikki samat tuotantotavat eivät sovellu integroituihin tuotteisiin. Uudenlainen tuotantoprosessi vaatii aikaa, kekseliäisyyttä sekä rahaa, jotta tuotteista saadaan sellaisia kuin on alun perin ajateltu (Nissi-Rantakömi 2018). Jotta saadaan bisnes aikaiseksi, tuotantotekniikoiden täytyy kehittyä edullisemmiksi (Kemppainen 2018).

Haastatteluista voidaan päätellä, että kehittämistyöni aiheena oleville sovellutuksille on tarvetta ja niitä varmasti on tulossa, mutta niiden toteutumisaikataulu on herkkä sille, miten tuotetta koskevat haasteet ja rajoitteet saadaan ratkaistua. Tämä on tärkeä aihealue, ja sitä tulisi viedä eteenpäin esimerkiksi niin, että valmis konsepti tai tuote luovat kysynnän markkinoille. Suurempi kysyntä mahdollistaa massatuotannon ja täten laskee tuotteen hintaa, mikä vaikuttaa kysyntään positiivisesti. Aihe on monialainen, joten pitäisi rohkeasti lähteä yhteistyöhön eri alojen asiantuntijoiden kanssa kehittämään tuotteita testauksen ja prototypoinnin kautta.

#### Kehittämistyön luotettavuus ja pätevyys

Tutkimusta tehdessä pyritään välttämään virheitä, mutta silti vaihtelua esiintyy tutkimuksen luotettavuuden ja pätevyyden kanssa (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2004, 216). Koska teemahaastattelu on avoin haastattelun muoto, se on tilanteelle ja henkilöiden vaikutuksille altis, ja tällä on vaikutusta pätevyyden arviointiin. Samantyyppisiä asioita tuli ilmi eri haastateltavien ja eri alojen asiantuntijoiden kesken, joten kysymysten asettelulla tai järjestyksellä ei siitä päätellen ollut merkitystä. Se, voiko eri alojen asiantuntijoiden näkemyksiä verrata niin suoraviivaisesti, kun osa on teema-alueiden suhteen oman asiantuntijuusalueensa reunalla ja toiset asiantuntijuutensa ytimessä, on yksi asia, mikä voi vaikuttaa luotettavuuteen. Osa haastatteluista toteutettiin Skypella, eikä kasvojen ilmeitä ja eleitä tällöin nähnyt, joten esitin haastattelujen aikana tarkentavia kysymyksiä ja kiinnitin enemmän huomiota äänenpainoihin vastauksia kuunnellessa.

Tutkimustulosten luotettavuutta arvioitaessa ainoastaan tiedonantaja voi sanoa jotakin tulosten luotettavuudesta ja paikansapitävyydestä (Kananen, 2008, 126), minkä vuoksi tarkistutin kirjoittamani viittaukset haastateltavillani, ja tein heidän pyytämänsä pienet tarkennukset viittauksiin. Kaikkia haastatteluja ei nauhoitettu, mutta koska teemahaastattelun yhtenä analysointitapana voi käyttää suoraa sisällönanalyysia, ei tämän vaikutus luotettavuuteen ole merkittävä.

Haastattelijoiden valinnalla voidaan myös vaikuttaa luotettavuuteen, minkä vuoksi yritin valita haastateltavat monialaisesti sekä saada useamman haastateltavan aina tietyn alueen asiantutijuudesta. Haastatteluissa olisi vielä voinut käyttää enemmän pesula- ja pesuprosessiasiantuntijuutta, ja yritinkin saada haastatteluihin pesuainetoimittajien asiantuntijuutta aineista sekä pesuprosessista, mutta tämä kariutui siihen, etten saanut heitä kiinni. Myös muutama turvallisuuden- sekä teknologia-alan asiantuntija jäivät haastatteluista pois. Haastatteluissa rupesi kuitenkin ilmenemään saturaatiota, joten uskon haastattelujen tuoneen luotettavaa sekä kattavaa tietoa aihealueesta.

## 7 ÄLYKKÄÄN TYÖVAATTEEN MAHDOLLISUUDET

Tuotekonsepteja tarvitaan, koska tulevaisuuden tuotteita ei ole vielä olemassa, ja tarvitaan työkalu, jolla hahmotellaan tulevaisuuden tuotteita ja niiden ympärille rakennettavaa liiketoimintaa. Tuotekonseptilla tarkoitetaan tuotehahmotelmaa, jonka avulla tutkitaan mahdollisuuksia ja tehdään päätöksiä, muttei suoranaisesti ohjeisteta tuotantoa eikä mennä markkinoille asti. Konseptiin yleensä sisältyy muun muassa informaatio tuotteen toiminnasta ja kohderyhmästä sekä käytetyt teknologiat ja rakenteet. (Kokkonen yms. 2005, 11, 25) Koska työvaatteelle, joka hyödyntää IoT-teknologiaa, ei ole vielä luotu suoranaista kysyntää, voi tuotekonseptien avulla konkretisoida saatavan hyödyn, ja sen avulla on mahdollista luoda kysyntä ja tarve markkinoille sekä tutkia erilaisia mahdollisuuksia. Konkreettiset tuotekonseptit tukevat päätöksentekoa, ja niihin liittyviä mahdollisuuksia ja uhkia pystytään analysoimaan, kun odotukset ja arviot ovat havainnollisemmassa muodossa (Kokkonen yms. 2005, 12, 26). Idea tuotteeseen voi syntyä joko käyttökontekstilähtöisesti eli tuote ja teknologia kehitetään vastaamaan tarvetta tai sitten fyysisen toteutuksen kautta eli jokin teknologian kehitysaskel mahdollistaa uusien tuotekonseptien kehittämisen (Kokkonen yms. 2005, 22). Olen kehittämistyössäni ideoinut tuotteita, jotka vastaavat siihen tarpeeseen, että työympäristö olisi mahdollisimman turvallinen, työtapaturmia pystyttäisiin vähentämään ja samalla työhyvinvointia voitaisiin parantaa.

Yksi konseptisuunnittelun osa-alue on visioiva konseptisuunnittelu (kuvio 9), joka ei välttämättä suoraan johda kaupallisen tuotteen kehittämiseen vaan sillä kartoitetaan pitkän aikavälin tuotemahdollisuuksia (Kokkonen yms. 2005, 17). IoT-teknologiaa hyödyntävien työvaatteiden osalta on monta kysymysmerkkiä huomioon otettavien asioiden suhteen, ja esimerkiksi älykkäiden suojavaatteiden standardisointikriteerit eivät ole vielä valmiina, joten kehittämistyöni konsepteissa puhutaan



aikataulullisesti luultavasti muutaman vuoden päähän sijoittuvista tuotteista.



Kuvio 9. Visioiva tuotesuunnittelu verrattuna muihin konseptisuunnittelun kategorioihin (Kokkonen yms. 2005, 20)

Konseptissa sovellettu teknologia voi jo olla olemassa tai toisessa ääripäässä siitä ei vielä tiedetä mitään. (Kokkonen yms. 2005, 18)

Kehittämistyössäni esitellyistä teknologioista osa on jo olemassa ja niistä on tehty myös kaupallisia sovellutuksia, mutta osa, kuten esimerkiksi energianlouhinta virtalähteenä ja teolliseen pesuun soveltuvat monimutkaiset teknologiat, ovat vasta kehittämis- ja tutkimisasteella ja vaativat vielä työtä ennen täysin valmista, kaupallisen sovellutuksen teknologiaa työvaatteeseen. Kehittämistyöni aihealue on hyvin poikkialainen, ja visioiva konseptisuunnittelu soveltuu siihen hyvin, sillä visioivaa konseptointia voidaan tehdä luontevammin yli yritysrajojen, koska kilpailua ja tuotesalaisuuksien paljastumista ei nähdä niin suurena uhkana (Kokkonen yms. 2005, 27).

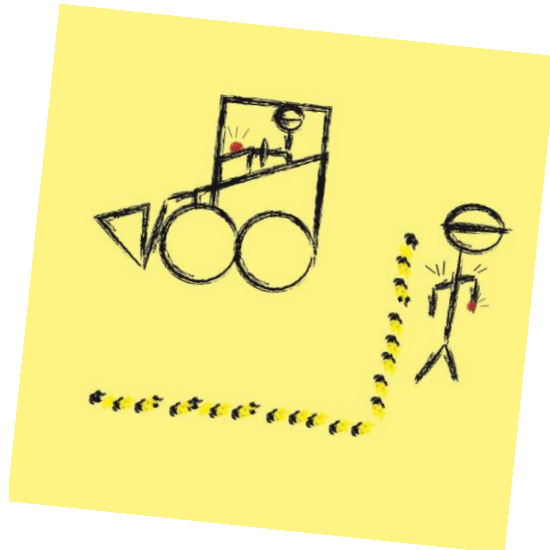
Keskustelemista varten konsepti on esitettävä selkeästi. Visioivan konseptoinnin tuloksena yleensä syntyy visio tulevaisuuteen sijoittuvasta tuotteesta, kuvaus siinä käytetystä teknologiasta sekä tuotteen markkinapotentiaalin arviointi. Tuotekonsepti voidaan esittää esimerkiksi tekstikuvauksena, jolloin se ymmärretään helposti. Kaikkia tuoteominaisuuksia ei tarvitse kuitenkaan ratkaista heti esimerkiksi sen takia, ettei kyseistä teknologiaa ole vielä kehitetty, eikä itse tuotteen rakenteella ja ulkonäöllä ole välttämättä merkitystä vielä tässä vaiheessa tuotteen kehitystä. (Kokkonen yms. 2005, 17-18, 25) Jotta konseptini olisivat mahdollisimman helposti ymmärrettäviä ja käytännönläheisiä, tein ne tekstikuvauksena tarinalliseen muotoon. Tällöin niistä välittyi lukijalle ominaisuuksien lisäksi myös käyttökonteksti ja työympäristön moninaiset piirteet sekä vaihtelevat olosuhteet, joka ovat olennainen osa työvaatetta.

Tuotekonseptin luomisen menetelmä sisältää vaiheet muutostekijöiden tunnistaminen, skenaarioiden rakentaminen, tuotetarpeiden tunnistaminen, tulevaisuuden tuotekonseptien luominen sekä yrityksen tutkimus- ja kehitystoiminnan ajoittaminen (Kokkonen yms. 2005, 69). Kehittämistyössäni muutostekijöiden tunnistaminen, skenaarioiden rakentaminen ja tuotetarpeiden tunnistaminen pohjautuvat tekemiini asiantuntijahaastatteluihin sekä valitsemini benchmarking-kohteisiin. Peilaan näitä fyysisesti raskaan työn vaara- ja kuormitustekijöihin, jotka luovat kehittämistyöni tuotetarpeet. Näiden pohjalta olen luonut tuotekonseptit rakennustyömaalle, metsurille sekä tehdastyöntekijälle. Benchmarkingissa sekä haastatteluissa esille tullutta teknologiaa käytän perusteluna sille, että konseptit ovat teknologisesti toteutettavissa tai niiden teknologia on kehitteillä.

## 7.1 Rakennustyöntekijä

*Henkilö kävelee rakennustyömaan portista sisään. Erillistä kulkukorttia ei tarvita, sillä työmaalla olevat henkilöt tunnistetaan takissa olevan RFID-sirun perusteella. RFID-siru on sama, jolla pesula seuraa vaatteiden kulkua pesulassa, ja sirulle on syötetty käyttäjän henkilötiedot, työlupanumero sekä muut työmaaseurannassa tarvittavat tiedot. Pesula ei kuitenkaan näitä tietoja näe sen tarkemmin, vaan he näkevät ainoastaan omaan järjestelmään syöttämänsä tiedot vaatteiden käyttäjästä. Portilla verrataan sirun henkilötietoja myös työvuorolistoihin sekä työmaalla olevien alihankkijoiden työntekijöiden listaukseen, jotta nähdään, ettei työmaalla ole ylimääräisiä henkilöitä. Sirulle tallennettu työntekijän kuva ilmestyy portin valvontakoneen näytölle, minkä avulla voidaan varmistaa, että takin käyttäjä on myös takin omistaja. Portti piippaa. Hälytys tulee siitä, ettei henkilöllä ole tarvittavan suojausluokituksen vaatetta päällä. Hälytys olisi myös tullut, jos työtakki olisi ollut niin likainen tai kulunut, että sen suojausominaisuudet eivät olisi enää täyttyneet esimerkiksi näkyvyyden osalta. Nopea takin vaihto autossa parkkipaikalla, ja henkilö pääsee portista sisään ilman hälytyksiä.*

*Henkilö kävelee kohti toisella puolella työmaata sijaitsevaa rakennusta, kun yhtäkkiä takki antaa värinäpalautteen olalla olevien haptisten sensoreiden avulla sekä käsivarressa oleva punainen ledvalo syttyy. Henkilö käveli minikaivurin turva-alueen reunalla (kuva 22). Jos takki olisi siirtynyt sovelluksen avulla määritellyn turva-alueen sisäpuolelle, olisi kaivuri pysähtynyt kokonaan. Nyt kaivurin kojelaudalla ainoastaan vilkahti punainen valo, joka osoitti kuljettajalle turva-alueen lähistöllä sijaitsevasta työntekijästä. Kaikki työmaan työntekijät sekä työkoneet ovat samassa työmaan teknologiaekosysteemissä, jossa ne sensoreiden avulla havaitsevat toisensa ja antavat tarpeen tullen hälytyksiä toistensa liikkeistä.*



Kuva 22. Havainnekuva henkilöstä, joka kävelee liian lähelle minikaivurin turva-alueita

*Henkilö kiipeää tikkaille noustakseen rakenteilla olevan rakennuksen toiseen kerrokseen kiinnittämään kaiteita. Hetken päästä takin olan värinäsensorit antavat merkin ja käsivarren punainen ledvalo syttyy. Takin korkeusanturi tunnistaa korkeuden muuttuneen, muttei havaitse valjaiden sensoria lähellään. Henkilö palaa takaisin ja käy pukemassa valjaat päälleen ja kiipeää uudelleen. Tällä kertaa hälytystä ei tule.*

*Henkilölle tulee ongelma kaiteita asentaessa, joten hän nostaa kätensä korvalle, ja takki tunnistaa eletunnistusteknologian avulla, että on soitettava takkiin rakennetun kommunikointijärjestelmän avulla sovelluksessa olevaan numeroon. Numero kuuluu henkilön esimiehelle, joka on vastuussa kyseisestä työmaan projektista. Kauluksessa on mikrofoni, jonka avulla henkilö kertoo asiansa ja esimies tulee paikalle. Esimies antaa ohjeita, miten ongelma voidaan ratkaista, ja kaiteet saadaan asennettua. Työvaihe on valmis, joten henkilö täppää takin rinnassa olevaa nappia, joka kuittaa tiedon järjestelmään. Valmiit työvaiheet päivittyvät reaaliajassa tietojärjestelmään, jolloin työnjohto pystyy paremmin ja tehokkaammin seuraamaan työmaan valmistumista. Näin pystytään myös ajoissa reagoimaan, jos jäädään työmaan aikataulusta jälkeen.*

*Henkilö on tulossa portaita alas, kun hän yhtäkkiä horjahtaa ja putoaa maahan. Takin kiihtyvyyssanturit mittaavat nopean kiihtyvyyden ja korkeusanturi havaitsee nopeasti tapahtuvan korkeuden tipahtamisen. Sykettä takissa mittaa takin sisäpuolelle kiinnitettävä, joustava, liivimäinen ratkaisu, joka kiinnitetään tarroilla takin sisäpuolella olalla oleviin tarroihin. Liivin etuosa on tehty joustavasta materiaalista, ja sen alareunassa on kuminauha, jossa on sykettä mittaavat sensorit sekä neppari kiinnittimen mittalaite. Tällainen ratkaisu mahdollistaa liikkuvuuden työtakkia käytettäessä, mutta on tiiviisti rinnan kohdalla mitaten sykkeen vaihteluita. Sykkeen muutoksista sekä kiihtyvyyden- ja korkeusanturin mittaamista arvoista sovellus päättää, että on hälytettävä apua. Takki tekee hälytyksen sekä lähellä oleville työntekijöille, työmaavastaavalle että suoraan hälytyskeskukseen. Hälytyskeskukseen menee tieto koordinaateista sekä tilanteen vakavuudesta sen mukaan, minkä syykoodin takin mittaavat arvot antoivat sovellukseen. Ambulanssi on matkalla jo ennen kuin esimies ehtii onnettomuuspaikalle.*

*Henkilö palaa takaisin töihin sairauslomaltaan. Hän ei ole aivan samassa kunnossa kuin ennen onnettomuutta, mutta kykenee jo palaamaan töihin. Hän lisää työtakkinsa sisäpuolelle aiemmin käyttämänsä sykettä mittaavan liivin, jonka joustamattomasta kankaasta tehtyyn selkäosaan on kiinnitetty keinotekoiset lihakset, jotka keventävät työn tekemistä. Näin fyysisten töiden tekemiseen vaaditaan vähemmän lihasvoimaa. Näin henkilö, joka palaa sairauslomalta tai kuntoutuksesta pystyy tekemään töitä tehokkaammin vaarantamatta paranemista. Tällaista ratkaisua voivat käyttää myös esimerkiksi miehet tai naiset, joilla on vähemmän voimaa fyysisesti todella kuormittavien töiden tekemiseen.*

## 7.2 Metsuri

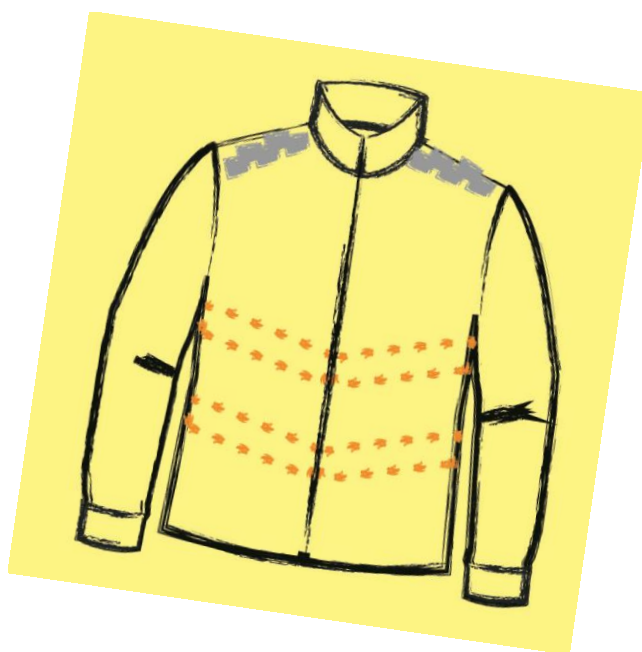
*Henkilö suunnistaa kohti metsätyömaata, jossa on tarkoitus kaataa puita moottorisahan avulla. Työmaa on vaikeasti löydettävissä, mutta housun vyötäröllä vasemmassa ja oikeassa reunassa olevat värinäsensorit sekä takkiin sisäänrakennettu gps-paikannin auttavat navigoimaan paikalle. Sovellukseen on syötetty halutun määrän mukaan koordinaatit, ja värinäsensorit värisevät sillä puolella vyötäröä, minne päin on suunnistettava. Jos on mentävä suoraan, värinä lakkaa.*

*On viileä syyskeli, ja takin ulkolämpötilaa ja ilman kosteutta mittaava sensori antaa käskyn sovelluksen kautta takissa oleville, faasimuutosmateriaaleista tehdyille lämmityspaneelille, ja ne menevät päälle. Henkilö pysyy pitkään liikkeessä ja huhkii puita katki pienemmiksi kappaleiksi. Kuitenkaan henkilöllä ei ole kuuma, sillä takin liikeseensorien mitatessa liikkeen määrää on lämmityspaneelien tehokkuus automaattisesti pikku hiljaa pienentynyt, sovellukseen asetettujen raja-arvojen mukaisesti, ja vaihtunut viilentämään henkilöä ja näin ollen vähentämään lämpökuormitusta.*

*Jonkin ajan kuluttua henkilö huomaa ledivalon syttyvän käsivarressaan ja havaitsee moottorisahan luomasta värinästä vaimeasti eroavan värinäkuvioiden selässään. Sovellukseen on etukäteen syötetty ergonomisesti oikeaoppiset työasennot, ja henkilön asento poikkeaa niistä. Värinäkuvio auttaa tunnistamaan, mitä kohtaa vartalossa on liikutettava, jotta asento palaa ergonomisesti hyväksi työasennoksi. Värinä loppuu, kun oikea työasento on saavutettu. Hetken päästä henkilö horjahtaa, ja saha irtoaa toisesta kädestä. Takin eletunnistusteknologian avulla sensorit tunnistavat etukäteen sovellukseen syötetyistä asennoista poikkeavan asennon, ja osaavat tulkita sovelluksessa erittäin haitalliseksi luokitelluksi asennoksi sen, että toinen käsi on irronnut sahasta, joten saha pysähtyy automaattisesti.*

*Uusi hälytys tulee takin sensorien kautta. Henkilö on avannut takin etulistaa hetkeksi, jotta on saanut otettua kännykän takin povitaskusta käyttöönsä. Kun kännykkä on laitettu takaisin, on etulista jäänyt vähän auki eivätkä etulistan tarrat tai nepparit ole olleet kaikki kiinni. Tämä antoi hälytyksen takille, sillä etulistan nepparit/tarrat muodostavat suljetun piirin kiinniollessaan. Jos jokin niistä jää auki, antaa takki hälytyksen, sillä se on työturvallisuusriski, kun avoinna olevasta takista voi tarttua jonnekin. Tätä samaa hälytystä voi hyödyntää laittaessa takin pesuun, jotta varmistuu siitä, että kaikki kiinnittimet on suljettuna, mikä auttaa niitä kestämään pidempään.*

*Päivä on alkanut hämärtymään, takin yläosassa olevat, virtalähteenä toimivat pienet aurinkokennot (kuva 23) eivät enää saavat kerättyä vähemmän virtaa kuin aiemmin. Sovellus havaitsee aurinkokennojen vähentyneen energian saannin, ja takissa olevat ledit syttyvät. Mitä vähemmän aurinkopaneelit keräävät virtaa, sitä kirkkaammiksi ja sitä useampi takin ledeistä syttyy.*



Kuva 23. Havainnekuva työtakista, jossa on aurinkokennot olalla ja ledivalot takin etuosassa

*Sahan liike pysähtyy yhtäkkiä. Housuissa oleva etäisyyttä mittaava sensori havaitsi, että moottorisahan ketju on liian lähellä housuja, joten sovellus antoi käskyn moottorisahalle pysähtymisestä. Henkilö käynnistää moottorisahan, ja työt jatkuvat sen jälkeen keskeytyksettä. Pitkään yhtäjaksoisesti puita sahattuaan takin hihassa oleva ledivalo syttyy. Tärinä työtä tehdessä on ollut yhdellä kertaa liian voimakas tai vaimeampaa tärinää on jatkunut yhtäjaksoisesti liian kauan. On kahvitauon aika. Lähellä olevaan taukotupaan saapuessaan takin ja housujen varavirtalähteenä toimiva akku alkaa latautua, kun sensorit havaitsevat langattoman latauspisteen lähellään.*



### 7.3 Tehdastyöntekijä

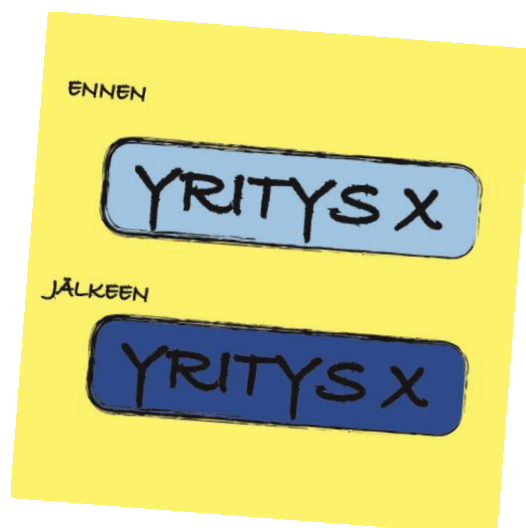
*Henkilö työskentelee tehtaan pakkauslinjastolla, ja tehtaan sisälämpötila kesäaikana kohoaa ilman lämpötilan sekä tehtaassa olevien koneiden ja laitteiden luoman lämmön johdosta korkeaksi. Kevyen takin sensori antaa sekä värinäpalautteen takin olalla olevien värinäsensorien että hihassa olevan ledvalon avulla. Takin lämpötilasensori, joka reagoi takin ulkopuolelta mitattuun lämpötilaan, on havainnut, että lämpötila on ennalta asetettujen, lämpökuormittavien raja-arvojen mukainen. Myös äänipalautte on mahdollista ottaa käyttöön niillä tehtaan alueilla, joissa ei ole korkea melutaso. Takissa tulee samaan aikaan toinen hälytys erilaisella värinäkuviolla ja toinen ledvalo hihassa syttyy. Tämä on merkki siitä, että takin ilman laatua mittaava sensori on havainnut, että ilman laatu työpisteessä on huonontunut merkittävästi. On aika säätää työpisteen ilmanvaihtokonetta kovemmalle. Takki hyödyntää kehon lämpöenergiaa, ja käyttää varavirtalähteenään akkua.*

*Henkilön työpisteessä on juuri valmistunut yksi tilaus kokonaan lähetyskuntoon, joten henkilö täppää takin rinnassa olevaa sensoria, joka kuittaa tilauksen järjestelmään valmistuneeksi. Samaa täppäysjärjestelmää hyödynnetään myös varaston inventaarissa laskiessa varastossa olevia varaosakappaleita. Toinen työntekijä tulee sillä välin viereiselle linjastolle töihin ja laittaa sen käyntiin. Takin värinäsensorit alkavat värisemään tietyn värinäkuvion mukaisesti ja käsivarren led syttyy. Takki indikoi liian kovasta melutasosta, joten on laitettava kuulonsuojaimet päähän. Hälytys tulee myös silloin, kun on vähän matalampi desibelitaso, mutta henkilö on ollut samassa melutasossa altistuneena pitkän, yhtäjaksoisen ajan.*

*Henkilö ehtii työskentelemään jonkin aikaa jo työpisteessä, kun takki antaa taas hälytyksen. Takin eleentunnistusteknologian avulla sensorit tunnistavat, että henkilö on tehnyt pitkään yhtäjaksoisesti työtä toistuvilla työliikkeillä. Henkilö vaihtaa viereisellä linjastolla työtä tekevän henkilön*

*kanssa työpisteitä, ja näin ollen työliikkeisiin saa pientä vaihtelua. Viereinen linjasto on sellainen, jossa kone syöttää samaa tahtia osia, joita on käsiteltävä sitä mukaa, kun kone niitä syöttää. Kone hidastaa jonkin ajan päästä tahtia hieman hitaammaksi, mikä on merkinä siitä, että on aika kahvitaulle. Takin hengitystä mittaavat sensorit ovat havainneet muutosta henkilön vireystilassa, mikä on antanut merkin linjastolle tahdin hidastamiseen. Kone on antanut samalla signaalin myös tauottajalle, joka tulee tuuraamaan kahvitaun ajaksi.*

*Yhtäkkiä takin rinnassa oleva logopainatus muuttaa väriään ja kuviotaan (kuva 24) ja hihassa oleva ledvalo syttyy. Painatuksen kemikaalit reagoivat ilman kemikaalien kanssa, ja takin sensoriteknologia tekee hälytyksen tehtaan järjestelmään. Sama hälytys tapahtuu, jos muu, eri tekniikalla tehty takissa oleva painatus reagoi ilmassa olevaan pölyyn tai säteilyyn. Kemikaali- ja säteilypitoisuuksia seurataan sovellukseen tallentuneen datan avulla, ja sovelluksen kautta hallinnoidaan raja-arvoja sekä hälytysrajoja. Ilman kemikaalipitoisuus on tällä kertaa niin suuri, että koko tehdas evakuoidaan. Evakuointi-ilmoitus hälyttää kaikkien työntekijöiden työvaatteissa yleisen hätäilmoituksen lisäksi. Sovellus on lähettänyt viestin myös pelastuslaitokselle, jonne on samalla mennyt tieto myös kemikaaliyhdisteestä, johon painatus reagoi. Koko tehtaan henkilöstö poistuu ulos kokoontumispaikalle. Sovelluksen avulla voidaan seurata takkien gps-paikantimien sijaintia, ja voidaan huomata, jos joku on vielä tehtaassa sisällä. Takkiin pitää seuraavaa työpäivää varten laittaa uusi painatus, sillä liian suuri pitoisuus tai säteilyn määrä muuttaa painatuksen pysyvästi eriväriseksi.*



Kuva 24. Havainnekuva painatuksesta ennen kemikaalille altistumista ja altistumisen jälkeen

## 8 YHTEENVETO

Kehittämistyöni tavoitteena oli tutkia IoT-tekniikan käytön mahdollisuuksia työvaatteissa. Minulla ei ollut yhteistyöyritystä mukana kehittämistyössäni, joten työni ei tule menemään suoraan jatkokehitykseen. Tein työni kuitenkin ajatellen nykyisen työnantajani Dimex Oy:n kaltaisten yritysten asiakaskuntaa sekä kyseisten asiakkaiden käyttämien tuotteiden tulevaisuuden mahdollisuuksia. Annan tekemäni kehittämistyön tiedoksi sekä nykyiselle työnantajalleni että haastateltavilleni, mikä voi poikata yhteistyömahdollisuuksia eri alan asiantuntijoiden kesken. Työssäni nousi hyvin esille huomioon otettavia asioita älykkään työvaatteen suhteen, ja tekemääni selvitystä IoT-tekniikkaa hyödyntävästä työvaatteesta voidaankin hyödyntää hyvin uusissa projekteissa esimerkiksi alkuselvitystyönä.

Yhteistyöyrityksen puuttumisesta huolimatta mielestäni työni onnistui hyvin, sillä onnistuin kartoittamaan tarkemmin tuotteeseen liittyviä huomioon otettavia asioita ja tehdyt konseptit toivat tarvittavaa käytännön läheisyyttä. Vaikkakin kehittämistyön tekeminen vaati paljon, oli se erittäin antoisa projekti, jonka kaikkia hyötyjä ei edes välttämättä vielä näe tässä vaiheessa.

Aikatauluhaasteet painoivat kehittämistyöni tekemistä alusta lähtien, sillä tein täyttä työpäivää koko opintojeni ja opinnäytteeni tekemisen ajan. Aiheeseen liittyvän tekniikan nopea kehittyminen ja opinnäytteen aikataulun venyminen puolella vuodella saattavat vaikuttaa lopputulokseen. Olen aloittanut aiheen alkuselvityksen jo syksyllä 2016, joten tieto, jota olen löytänyt jo alkuselvityksessä ja hyödyntänyt opinnäytteeni, on jo saattanut vanhentua opinnäytteeni julkaisupäivään mennessä. Aiheeseen liittyvät kirjalliset vanhenevat vielä nopeammin,

sillä tieto on saattanut muuttua jo kirjaan painosta ulostuloon mennessä. Myös uusia sovellutuksia kehitetään koko ajan teknologian kehityksen mukaisesti.

Työtä aloittaessani oli tarkoitus tehdä teknologiafoorumeiden havainnointia, jotta työhön saisi kaikista tuoreimman ja myös kansainvälisen teknologiatietämyksen. Tämä rajautui pois lopullisesta kehittämistyöstäni, sillä foorumit ovat pääasiassa suljettuja, maksullisia yhteisöjä, joissa saattoi jopa olla useiden satojen eurojen liittymismaksu. Mielestäni liittymismaksut myös osaltaan olisivat rajanneet foorumeilla esiintyvää sisältöä, joten tämä jäi kokonaan pois. Myös aiheeseen liittyvien LinkedIn-ryhmien linkit johtivat kalliisiin, suljettuihin asiantuntijaryhmiin. Monet aiheeseen liittyvät muutkin artikkelit saattoivat olla maksullisia tai niihin ei muutoin ollut pääsyä. Tämä saattoi osaltaan rajata kehittämistyön lopputulosta.

Menetelminä muiden alojen benchmarking sekä asiantuntijahaastattelujen tekeminen olivat oikeita ratkaisuja, jotka tuottivat monipuolista aineistoa IoT:n mahdollisuuksista työvaatteessa. Menetelmissä on kuitenkin omat rajoitteensa, jotka voivat omalta osaltaan rajoittaa lopputulosta. Benchmarking-tuotteiden etsimisessä ja aiheen penkomisessa löytyi paljon kiinnostavia sovellutuksia, mutta on hyvin mahdollista, että jotakin oleellista jäi selvitystyöni ulkopuolelle. Tietyllä tavalla siinä menestyminen riippuu hyvistä tiedonhankintataidoista, jotka kyllä koen omaavani. Myös haastattelut menetelmänä olivat uusi juttu minulle, ja asiantuntijahaastattelujen tekeminen ensikertalaisena voi muodostaa omat haasteensa. Myös haastateltavien valinta sekä kysymysten asettelu ovat mahdollisia kokonaisuuteen vaikuttavia seikkoja. Tein osan haastatteluista Skypellä, jolloin ilmeiden ja eleiden tulkinta on haastavampaa, ja on keskityttävä äänenpainojen ja sanamuotojen kuuntelemiseen. Tämän lisäksi kirjoitin Skype-haastattelut jo suoraan haastattelujen aikana

tekstimuotoon, mutta en usko tämän vaikuttavan lopputulokseen, sillä tärkeät sanamuodot ja äänenpainot ehdin tallentaa onnistuneesti analysoimista varten. Koen, että sain asiantuntijahaastatteluista monipuolista, mutta kuitenkin saturoimista tuottanutta aineistoa, joten en usko näillä olleen suurta merkitystä oman kehittämistyöni kannalta. Konseptoinnissa käytetty aineisto oli lopulta laaja-alaista ja monipuolista, ja se antoi eväitä tehdä visioivat tuotekonseptit hyvin.

Työni valmistumisen aikana on tullut ilmi muitakin tutkimuksia ja hankkeita työvaatealan älykkäistä mahdollisuuksista. Kehittämistyöni on kuitenkin omanlaisensa kokonaisuus muiden selvitysten joukossa, sillä se tarjoaa myös käytännönläheisen vision, joka auttaa helposti havainnoimaan konkreettisia käyttökohteita ja tapoja toteuttaa IoT-teknologiaa hyödyntäviä työvaatteita. Visiointi tarjoaa aina enemmän kuin listaus mahdollisuuksista sekä teknologioista, sillä se antaa tuotteelle kontekstin ja tarkemman kuvauksen todellisesta käyttöympäristöstä. On mahdollista myös aloittaa vain yhdellä konseptin osalla ja myöhemmin laajentaa työvaatteen turvallisia ratkaisuja koko konseptin kokoiseksi paketiksi.

Tekemäni havainnot ja visioivat tuotekonseptit ovat myös sovellettavissa muihin kuin fyysisesti raskaan työn työvaatteisiin sekä osa niistä on myös käyttökelpoisia vapaa-ajan vaateetuksessa. Eri alalle soveltuvuuden vuoksi on muutettava sovellusta siten, että sieltä saa irti juuri haluamansa tiedot kyseisen sovellusalan kannalta. Myöskin sensoreiden ja muiden sijoittelua voidaan miettiä vapaammin, kun vapaa-ajan vaatteissa ei tarvitse ajatella esimerkiksi valjaiden käyttöä takin päällä tai raskaiden laatikoiden siirtelyä ja kantamista.

En aluksi ollut rajannut aihealuetta tarpeeksi tarkkaan, joten lähdeaineiston tutkimisvaihe venähti hyvinkin pitkäksi. Myös

kehittämistyöni edetessä aiheen laajuus pääsi aika ajoin yllättämään, ja aihe rajautuikin loppua kohden enemmän kuin työtä aloittaessani ajattelin. Työssäni en tehnyt tarkempaa syventymistä esiin nousseisiin haasteisiin älykkään työvaatteen suhteen. Jokaisesta älykkään työvaatteen huomioon otettavasta asiasta saisi varmasti laajuudeltaan oman kehittämistyönsä, sillä ne ovat niin isoja kokonaisuuksia, että ne vaativat perusteellista selvittämistä ennen täysin valmista kokonaisuutta. Ja esimerkiksi energianlouhinnan käyttö virtalähteenä vaatii selvitystä, mutta on erittäin varteen otettava vaihtoehto työvaatesovellutuksissa. Mikään huomioon otettavista asioista ei kuitenkaan ole ylitsepääsemätön, vaan ne korkeintaan pidentävät hieman kaupallisten sovellutusten mahdollista toteutumisaikataulua.

Olen tehnyt kehittämistyöni sekä lopputuotoksena syntyneet visioivat tuotekonseptoinnit omasta, tuotesuunnittelijan näkökulmastani, ja työ rajautuikin benchmarking-kohteiden ja asiantuntijahaastattelujen lisäksi omaan tietämykseeni erilaisista työmaista ja niiden työtehtävistä sekä mahdollisista ongelmista. Loppukäyttäjillä saattaa kuitenkin olla erilainen näkemys työtehtävien arkipäivän ongelmakohdista, ja seuraava vaihe kehittämistyöni suhteen olisikin varmasti loppukäyttäjien palautteen kuuleminen tekemistäni konsepteista. Loppukäyttäjien palautteiden pohjalta voisi tarkentaa tuotekonsepteja, tehdä prototypointia sekä testausta ja lopulta ihan valmiin kaupallisen tuotteen.

Myös tuotekonseptien tarkempi tekninen toteutus teknologioiden osalta vaatii työstämistä. Vaikka selvitinkin kehittämistyötäni varten älyvaatteessa ja IoT:ssa käytettävää teknologiaa, jäi se loppukonseptoinnissa vähäisemmälle painotukselle ja perustelut konseptien teknologialla hain enemmänkin benchmarking-tuotteista sekä asiantuntijahaastatteluista. Tärkeää oman tekemisen kannalta oli kuitenkin tehdä selvitystyö mahdollisuuksista, jotta taustalla oleva, ajatuksia herättävä aineisto

teknologian mahdollisuuksista olis mahdollisimman selkeä ja kattava.

Oleellisessa osassa jatkokehityksen ja kaupallisten sovellutusten toteutumisen suhteen on monialaisen yhteistyön tekeminen. Esimerkiksi älykkäiden työvaatteiden suhteen jäi vielä paljon kysymyksiä, joiden selvittämiseen vaaditaan monialaista osaamista. Tästä tärkeimpänä esimerkkinä älykkään työvaatteen huollettavuuden varmistaminen, johon tarvitaan sekä elektroniikka-alan ja vaatetusalan osaamista kuin myös pesuainetoimittajia sekä teollisen pesulaprosessin ammattilaisia, jotta kaikki näkökulmat tulee huomioitua. Jokaisen alan osaajalle on oma roolinsa prosessissa, ja prosessissa syntyneen monialaisen keskustelun pohjalta syntyy usein ratkaisuja, jotka ovat toteuttamiskelpoisia. Olisi rohkeasti otettava yhteyttä asiantuntijoihin, joilla on erilaista osaamista aihealueeseen, kuin mitä itsellä on ja muodostettava monialaosaamista sisältäviä projekteja asian suhteen. Projektit lähtökohtaisesti tuottaisivat valmiita kaupallisia sovellutuksia. Huomattavaa on, että myös kehittämistyössä selvittämäni benchmarking-tuotteet olivat suurilta osin yhteistyöprojekteja, yleensä teknologia-alan osaajan ja vaatetusalan osaajan yhteistyön tuloksia. Eri alan asiantuntijat on saatava puhaltamaan yhteen hiileen, jolloin tuloksena syntyy monia palveleva tuote, josta kaikki tekemässä olleet yritykset ja asiantuntijat hyötyvät.



## LÄHTEET

ABC, Bionic Bra. 12.4.2016. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<http://www.abc.net.au/catalyst/stories/4441863.htm>

Aerochromics. 2016 [viitattu 3.6.2016] Saatavissa:

<http://aerochromics.com/>

Antikainen, T. Hurme, M. Ilmarinen, R. Mäkinen, H. Tammela, E. 1996.

Toimiva työ- ja suojavaatetus. Työterveyslaitos. Helsinki.

Athos [viitattu 4.12.2017] Saatavissa: <https://www.liveathos.com/athletes>

Bernal, G., Colombo, S., Baky, M. & Casalegno, F, Safety++. Designing IoT and Wearable Systems for Industrial Safety through a User Centered Design Approach. 27.6.2017. [viitattu 16.5.2018] Saatavissa: <https://dam-prod.media.mit.edu/x/2017/06/27/p163-Bernal.pdf>

Businessinsider, One UK airline is decking out its workers with body

cameras and sensors. 12,11,2015. [viitattu 1.6.2018] Saatavissa:

<http://www.businessinsider.com/cutecircuit-designs-wearable-tech-uniforms-for-easyjet-flight-attendants-2015-11?r=US&IR=T&IR=T>

Businessinsider, What is the Internet of Things (IoT)? Meaning &

Definition. 10.5.2018. [viitattu 12.5.2018] Saatavissa:

<http://www.businessinsider.com/internet-of-things-definition?r=US&IR=T&IR=T>

Businesswire, Ralph Lauren introduces the next evolution of wearable technology, 25.8.2014. [viitattu 3.12.2017] Saatavissa:

[http://www.businesswire.com/news/home/20140825005163/en/Ralph-Lauren-Introduces-Evolution-Wearable-Technology#.U\\_sOZ7y1ZSk](http://www.businesswire.com/news/home/20140825005163/en/Ralph-Lauren-Introduces-Evolution-Wearable-Technology#.U_sOZ7y1ZSk)

Centria-ammattikorkeakoulu, BILINE-hanke. [viitattu 2.6.2018, a]

Saatavissa: <https://tki.centria.fi/hanke/biline-turvallisuuteen-liittyvat-digitaaliset-ratkaisut/1201>

Centria-ammattikorkeakoulu, Tietoa hankkeesta. [viitattu 2.6.2018, b]  
<https://tki.centria.fi/project/biline-turvallisuuteen-liittyvat-digitaaliset-ratkaisut/6222/6222/6222>

Centria-ammattikorkeakoulu, Centria kehittää älykkäitä ja turvallisia työvaatteita kolmivuotisessa hankkeessa. [viitattu 2.6.2018, c] Saatavissa:  
<https://tki.centria.fi/uutinen/centria-kehittaa-alykkaita-ja-turvallisia-tyovaatteita-kolmi/1847>

Citylab, A Color-Changing Shirt That Detects Air Pollution. 27.7.2016.  
[viitattu 5.5.2018] Saatavissa: <https://www.citylab.com/life/2016/07/a-color-changing-shirt-that-detects-air-pollution/493205/>

CuteCircuit, M-Dress. [viitattu 5.5.2018, a] Saatavissa:  
<http://cutecircuit.com/the-m-dress/>

CuteCircuit, The Twitter Dress. [viitattu 5.5.2018, b] Saatavissa:  
<http://cutecircuit.com/the-twitter-dress/#tab-id-2>

Dailymail, Forget wristbands - this smart T-SHIRT has inbuilt GPS and sensors that monitor your heart rate and running speed. 26.2.2014.  
[viitattu 11.4.2018] Saatavissa:  
<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2568672/Forget-wristbands-smart-T-SHIRT-GPS-sensors-monitor-heart-rate-running-speed-woven-it.html>

Dailymail, Never run out of battery again! Fashion meets function in this solar-powered T-shirt which can charge your phone on the go. 3.4.2015  
[viitattu 28.4.2018] Saatavissa: <http://www.dailymail.co.uk/femail/article-3023396/Fashion-meets-function-solar-powered-T-shirt-charge-phone-go.html>

Design Lab, Design for the Energy Industry Safety ++. [viitattu 16.5.2018]  
Saatavissa: <https://design.mit.edu/eni/safety>

Dezeen, Nikolas Bentel designs shirts that change colour when exposed to air pollution. 29.7.2016. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<https://www.dezeen.com/2016/07/29/nikolas-bentel-aerochromics-shirts-change-colour-air-pollution-radiation/>

Dezeen, Phototrope shirt by Pauline van Dongen includes LEDs to improve safety for night runners. 18.5.2015. [viitattu 2.5.2018] Saatavissa: <https://www.dezeen.com/2015/05/18/phototrope-shirt-by-pauline-van-dongen-includes-leds-to-improve-safety-for-night-runners/>

Digital trends, Nadi X helps improve your yoga skills with feedback you can feel. 19.1.2018. [viitattu 14.4.2018] Saatavissa: <https://www.digitaltrends.com/outdoors/nadi-x-wired-yoga-pants/>

Editori, Energianlouhinnalla huoltovapaata sähköä lähes tyhjästä. 1.3.2018. [viitattu 28.5.2018] Saatavissa: <https://www.editori.fi/artikkeli/energianlouhinnalla-huoltovapaata-sahkoa-lahes-tyhjasta/>

Electricfoxy, Ping. 2015. [viitattu 29.4.2018] Saatavissa: <http://www.electricfoxy.com/ping/>

Eniday, Rising of smart workwear. [viitattu 16.5.2018] Saatavissa: [https://www.eniday.com/en/human\\_en/clothing-workwear-equipment/](https://www.eniday.com/en/human_en/clothing-workwear-equipment/)

Forbes, A Simple Explanation Of 'The Internet Of Things'. 13.5.2014. [viitattu 12.5.2018] Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#1189a3e21d09>

Fuseproject, overview. [viitattu 3.5.2018, a] Saatavissa: <https://fuseproject.com/work/superflex/aura-powered-suit/?focus=overview>

Fuseproject, product. [viitattu 3.5.2018, b] Saatavissa: <https://fuseproject.com/work/superflex/aura-powered-suit/?focus=product>

Google, Jacquard by Google, Jacquard and Levi's. A perfect fit. [viitattu 2.12.2017] Saatavissa: <https://atap.google.com/jacquard/levi/>

Greinke, B, Guetl, N, Wittmann, D, Pflug, C, Schubert, J, Helmut, V, Bitzer, H-W, Bredies, K & Joost, G, Interactive workwear: smart maintenance jacket. 2016. [viitattu 3.5.2018] Saatavissa:

[https://www.researchgate.net/publication/308042945\\_Interactive\\_workwear\\_smart\\_maintenance\\_jacket](https://www.researchgate.net/publication/308042945_Interactive_workwear_smart_maintenance_jacket)

Harjanne, K & Penttinen, A. 2006. Työsuojelulla hyvinvointia ja tulosta. Työturvallisuuskeskus. Salpausselän Kirjapaino Oy.

Hexoskin [viitattu 4.12.2017] Saatavissa:

<https://www.hexoskin.com/pages/health-research>

Hirsjärvi, S., Hurme, H. 1991. Teemahaastattelu. Yliopistopaino. Helsinki.

Hirsjärvi, S, Remes, P & Sajavaara, P. 2004. Tutki ja kirjoita. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Hirsjärvi, S., Hurme, H. 2000. Tutkimushaastattelu. Yliopistopaino. Helsinki.

Häikiö, Juha. Tutkija. VTT Oy. Haastattelu 5.4.2018.

IEEE, Stretchy, Waterproof Solar Cells to Power Wearables. 18.9.2017.

[viitattu 28.5.2018] Saatavissa:

<https://spectrum.ieee.org/energywise/energy/renewables/stretchy-waterproof-solar-cells-to-power-wearables>

Ilen, E, Decontamination of Wearable Textile Electrodes for Medical and Health Care Applications. 2015. [viitattu 28.5.2018] Saatavissa:

[https://tutcris.tut.fi/portal/files/2729693/ilen\\_1305.pdf](https://tutcris.tut.fi/portal/files/2729693/ilen_1305.pdf)

Ilén, Elina. Materiaalitekniikan tohtori. Aalto-yliopisto. Haastattelu 22.3.2018.

Ilmarinen, R, Lindholm, H, Läärä, J, Peltonen, O-M, Rintamäki, H & Tammela, E. 2011. Työterveyslaitos. Juvenes Print. Tampere

Indiegogo [viitattu 4.12.2017] Saatavissa:

<https://www.indiegogo.com/projects/new-hexoskin-smart-world-s-leading-smart-shirt-sports-sleep#/>

Inhabitat, The “Human Sensor” is a Garment That Responds to Air Pollution. 7.7.2016 [viitattu 29.4.2018] Saatavissa:

<https://inhabitat.com/ecouterre/the-human-sensor-is-a-garment-that-responds-to-air-pollution/>

Inhabitat, Little Black Dress That Works as a Cellphone Turns You into the Gadget. 27.8.2010, b. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<https://inhabitat.com/ecouterre/little-black-dress-that-works-as-a-cellphone-turns-you-into-the-gadget/>

Inhabitat, “Ping,” A Social-Networking Garment That Updates Your Every Move. 16.4.2010, a. [viitattu 29.4.2018] Saatavissa:

<https://inhabitat.com/ecouterre/ping-a-social-networking-garment-that-updates-your-every-move/>

IoT Analytics, Why the Internet of Things is called Internet of Things: Definition, history, disambiguation. 19.12.2014. [viitattu 18.5.2018]

Saatavissa:<https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/>

IoT Bootcamp, Wireless Protocols for Internet of Things. 22.3.2017.

[viitattu 27.5.2018] Saatavissa: <https://www.bootcamlab.com/wireless-protocols-for-internet-of-things/>

iQ, Robotic Spider Dress Powered By Intel Smart Wearable Technology.

6.1.2015. [viitattu 1.5.2018] Saatavissa: <https://iq.intel.com/smart-spider-dress-by-dutch-designer-anouk-wipprecht/>

Kananen, J. 2008. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet.

Jyväskylän yliopistopaino.

Kasia Molga, The Human Sensor. [viitattu 29.4.2018] Saatavissa:

<http://www.keytoalef.com/kasianet/index.php/the-human-sensor-2/>

Kemppainen, Juhani. Päällikkö, sensoriteknologiat. Polar Electro Oy. Haastattelu 6.4.2018.

Kokkonen, V, Kuuva, M, Leppimäki, S, Lähteinen, V, Meristö, T, Piira, S & Sääskilahti, M. 2005. Visioiva tuotekonseptointi. E-kirja. Teknologiainfo Teknova Oy.

Kääriäinen, Jukka. Erikoistutkija. VTT Oy. Haastattelu 5.4.2018.

Laitinen, H., Simola, A. & Vuorinen, M. 2013. Työturvallisuuden ja –terveyden johtaminen. Tietosanoma Oy. Helsinki.

Lappalainen, Ulla. Tekstiilipalvelupäällikkö. Sakupe Oy. Haastattelu 9.5.2018.

Levi's [viitattu 2.12.2017] Saatavissa:

[http://www.levi.com/US/en\\_US/features/levi-commuter-xgoogle-jacquard/](http://www.levi.com/US/en_US/features/levi-commuter-xgoogle-jacquard/)

Lindström Oy, Lindström Group and Nordic ID join forces to develop new, innovative UHF RFID solutions. [viitattu 1.6.2018, a] Saatavissa:

<https://lindstromgroup.com/ee/announcements/uhf-rfid-solutions/>

Lindström Oy, Vaate liikkuu ja me seuraamme. [viitattu 1.6.2018, b]

Saatavissa: <https://lindstromgroup.com/fi/artikkeli/vaate-liikkuu-ja-seuraamme/>

Lumo [viitattu 11.4.2018] Saatavissa:

<https://www.lumobodytech.com/lumo-run/>

Mahmood, Shahriare. R&D and Sustainability Director. Reima Oy. Haastattelu 17.4.2018.

Marttila-Vesalainen, R., Risikko, T. 2006. Vaatteet ja haasteet. Werner Söderström Osakeyhtiö.

Mashable, Samsung's smart clothes are wearables you'd actually wear.

9.1.2016. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<https://mashable.com/2016/01/09/samsung-smart-fashion/#E01srtrvHgqK>

Materialise, Wearable Tech Just Got Smarter: Anouk Wipprecht's Intel Edison-powered, 3D-printed "Synapse Dress" Logs Your Mood [viitattu 16.4.2018] Saatavissa: <http://www.materialise.com/en/cases/wearable-tech-just-got-smarter-anouk-wipprechts-intel-edison-powered-3d-printed-synapse-dress>

Metsämuuronen, J. 2008. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä 2. Vaajakoski: Gummerus Kirjapaino Oy.

Moilanen, T., Ojasalo, K. & Ritalahti, J. 2009. Kehittämistyön menetelmät. WSOYpro Oy.

Myontec [viitattu 26.11.2017] Saatavissa: [www.myontec.com](http://www.myontec.com)

Mäkelä, S-M, Häikiö, J & Kääriäinen J, Competitiveness from digitalisation of clothing industry – DICI. 6.6.2017. Hankkeen esittely -powerpoint.

New Atlas, Cityzen smart shirt tracks your health, recharges during washing. 3.2.2014, a. [viitattu 11.4.2018] Saatavissa: <https://newatlas.com/cityzen-smart-shirt-sensing-fabric-health-monitoring/30428/>

New Atlas, ColdWear project developing smart jacket for workers in the Arctic. 14.3.2013. [viitattu 16.5.2018] Saatavissa: <https://newatlas.com/sintef-coldwear/26605/>

New Atlas, Responsive "Bionic Bra" adjusts to breast movement. 8.12.2014, b. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa: <https://newatlas.com/responsive-bionic-bra-breast-movement/35088/>

Nissi-Rantakömi, Satu. Standardisointipäällikkö. Suomen Tekstiili & Muotiry. Haastattelu 15.3.2018.

Nordic ID, Tuotehallinta tehokkaammaksi Nordic ID:n IoT-ratkaisuilla. 23.3.2018. [viitattu 1.6.2018] Saatavissa: <https://www.nordiciotweek.com/single-post/2018/03/23/Tuotehallinta-tehokkaammaksi-Nordic-IDn-IoT-ratkaisuilla>

Omsignal [viitattu 3.12.2017] Saatavissa: <https://smartwear.omsignal.com/>

OmSignal, collection. [viitattu 3.6.2018] Saatavissa:  
<https://omsignal.com/collection/>

Owlet [viitattu 5.5.2018] Saatavissa: <https://owletcare.com/>

Paananen, T. Älyvaatteet – uusi musta?. 2015. [viitattu 22.5.2018]  
Saatavissa: <http://www.digifobia.com/alyvaatteet-uusi-musta>

Paulienrouts [viitattu 2.5.2018] Saatavissa: <http://paulienrouts.com/un-portfolio/phototrope/>

Pauline Van Dongen, Mesopic light jacket. [viitattu 1.5.2018, a]  
Saatavissa: <http://www.paulinevandongen.nl/project/mesopic-light-jacket/>

Pauline Van Dongen, Wearable solar shirt. [viitattu 28.4.2018, b]  
Saatavissa: <http://www.paulinevandongen.nl/project/wearable-solar-shirt/>

Pauline Van Dongen, Photothrope. [viitattu 2.5.2018, c] Saatavissa:  
<http://www.paulinevandongen.nl/project/phototrope/>

Pauline Van Dongen, Wearable Solar Shirt. 1.9.2016. [viitattu 28.4.2018]  
Saatavissa: <http://www.paulinevandongen.nl/wearable-solar-shirt/>

People People, Wearable IoT for Snickers Workwear. [viitattu 11.5.2018]  
Saatavissa, <http://www.peoplepeople.se/smart-wearables-snickers-workwear/>

Raspberry Pi, Human Sensor. 12.8.2016. [viitattu 29.4.2018] Saatavissa:  
<https://www.raspberrypi.org/blog/human-sensor/>

RFID Journal, That 'Internet of Things' Thing. 22.6.2009. [viitattu  
18.5.2018] Saatavissa: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

Seeberg, T., Vardøy, A-S., Austad, H., Wiggen, Ø., Stenersen, H., Liverud, A., Storholmen, T. & Færevik, H. Protective Jacket Enabling Decision Support for Workers in Cold Climate. 3.-7.7.2013. [viitattu 16.5.2018]  
Saatavissa:



<https://www.sintef.no/globalassets/upload/helse/arbeidsfysiologi/seeberg-et-al-2013.pdf>

SFS [viitattu 6.5.2018] Saatavissa:

<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/243621.html.stx>

Sininen polku, Internet of Things (IoT) eli Esineiden Internet: Mistä on kyse?. 1.6.2016 [viitattu 18.5.2018]

Saatavissa:<https://www.sininenpolku.fi/fi/2016/06/01/internet-of-things-iot-eli-esineiden-internet-mista-on-kyse/>

Small, Toward Wearable Self-Charging Power Systems: The Integration of Energy-Harvesting and Storage Devices. 2018. [viitattu 28.5.2018]

Saatavissa:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smll.201702817>

Snickers Workwear, Älytekniologia helpottaa työterveyden seurantaa.

[viitattu 11.5.2018] Saatavissa: <http://www.snickersworkwear.fi/suunnittelu-ja-ominaisuudet/tyovaatteiden-alytekniologia/>

Spinali-Design, Smart jeans. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<https://www.spinali-design.com/pages/vibrating-connected-jeans>

Start Today, START TODAY launches pre-orders of the body measurement suit, "ZOSOSUIT" from today ~ By using body measurement data, we will relieve the anxiety you experience when shopping for fashion online ~. 22.11.2017. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<https://www.starttoday.jp/en/news/20171122-3468/>

StretchSense, StretchSense Behind "Disappearing" ZOSOSUIT Smart Garment. 22.11.2017. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<https://www.stretchsense.com/article-resources/press/stretchsense-behind-disappearing-zososuit-smart-garment/>

Suomen Tekstiili & Muoti, Tekstiilialan innovaatiot: Mitä ovat älytekstiilit ja funktionaaliset tekstiilit?. 24.2.2017. [viitattu 25.5.2018] Saatavissa:

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

Sysi-Aho, Janne. Tietokanta-analyttikko. Tapaturmavakuutuskeskus. Haastattelu 15.3.2018.

Tahvanainen, A-J & Pajarinen, M. 2014. Älykankaita ja kukkamekkoja. Suomalainen tekstiiliteollisuus globalisaation ristiaallokossa. Helsinki: Taloustieto Oy (ETLA B265).

Tammela, Erja. Vanhempi asiantuntija. Työterveyslaitos. Haastattelu 11.5.2018.

Tao, X. Smart fibres, fabrics and clothing. 2001. Woodhead Publishing Limited. Cambridge England.

Tecnopedia, Internet of Things (IoT). [viitattu 12.5.2018] Saatavissa: <https://www.techopedia.com/definition/28247/internet-of-things-iot>

ten Bhömer, M. 2016. Designing Embodied Smart Textile Services The role of prototypes for project, community and stakeholders. Saatavissa: [https://pure.tue.nl/ws/files/14842719/20160218\\_Bohmer.pdf](https://pure.tue.nl/ws/files/14842719/20160218_Bohmer.pdf)

The Star, The dress that's also a cellphone. 18.8.2010. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa: [https://www.thestar.com/life/2010/08/18/the\\_dress\\_thats\\_also\\_a\\_cellphone.html](https://www.thestar.com/life/2010/08/18/the_dress_thats_also_a_cellphone.html)

The Verge, Ralph Lauren's 'smart' shirt is the ultimate preppy tech, 20.8.2015. [viitattu 3.12.2017] Saatavissa: <https://www.theverge.com/2015/8/20/9178923/ralph-laurens-polotech-smart-shirt-is-the-ultimate-preppy-tech>

Tilastokeskus, Työtapaturmat 2015. 30.11.2017. [viitattu 2.6.2018]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ttap/2015/ttap\\_2015\\_2017-11-30\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ttap/2015/ttap_2015_2017-11-30_tie_001_fi.html)

Trendwatching [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<http://info.trendwatching.com/meet-the-tailor-for-the-21st-century-the-zozosuit->

[1?ecid=ACsprvs7BoJW2psz87SGuxxJqO5YDIq3btWzxGDg26HL2hStVa8v92B0HBoCgRWssgbOf\\_QFxDTB&utm\\_campaign=Innovation%20of%20the%20Day%20opt-](http://info.trendwatching.com/meet-the-tailor-for-the-21st-century-the-zozosuit-1?ecid=ACsprvs7BoJW2psz87SGuxxJqO5YDIq3btWzxGDg26HL2hStVa8v92B0HBoCgRWssgbOf_QFxDTB&utm_campaign=Innovation%20of%20the%20Day%20opt-)

[in%20experiment&utm\\_source=hs\\_email&utm\\_medium=email&\\_hsenc=p2ANqtz-\\_Mem6oczo0586QIAWFerL-](http://info.trendwatching.com/meet-the-tailor-for-the-21st-century-the-zozosuit-1?ecid=ACsprvs7BoJW2psz87SGuxxJqO5YDIq3btWzxGDg26HL2hStVa8v92B0HBoCgRWssgbOf_QFxDTB&utm_campaign=Innovation%20of%20the%20Day%20opt-in%20experiment&utm_source=hs_email&utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz-_Mem6oczo0586QIAWFerL-)

[Lew01tv7MBKT7TucLQ0X23rV9mCdLOblms6Th4ADaUIrVnqtHdpgFbu\\_gJ4Jc3q8RVFL0A](http://info.trendwatching.com/meet-the-tailor-for-the-21st-century-the-zozosuit-1?ecid=ACsprvs7BoJW2psz87SGuxxJqO5YDIq3btWzxGDg26HL2hStVa8v92B0HBoCgRWssgbOf_QFxDTB&utm_campaign=Innovation%20of%20the%20Day%20opt-in%20experiment&utm_source=hs_email&utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz-_Mem6oczo0586QIAWFerL-Lew01tv7MBKT7TucLQ0X23rV9mCdLOblms6Th4ADaUIrVnqtHdpgFbu_gJ4Jc3q8RVFL0A)

Tolvanen, Pekka. Hallituksen varapuheenjohtaja. Myontec Oy. Haastattelu 20.3.2018.

Työtaturma- ja ammattitautilaki, 459/2015. 24.4.2015. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150459>

Työterveyslaitos, Suojavaatetus. [viitattu 18.4.2018, a] Saatavissa:

<https://www.ttl.fi/tyoymparisto/henkilonsuojaimet/kaytto-ja-valinta/suojavaatetus/>

Työterveyslaitos, Suojavaatetus: kuuma. [viitattu 6.5.2018, b] Saatavissa:

<https://www.ttl.fi/tyoymparisto/henkilonsuojaimet/kaytto-ja-valinta/suojavaatetus-kuuma/>

Työterveyslaitos. 2016. Henkilönsuojaimet työssä. Grano Oy. Vantaa.

Työterveyslaitos. 2003. Työsuojelun perusteet. Vammalan kirjapaino Oy.

Työterveyslaitos. 2015. Työturvallisuuden perusteet. Suomen yliopistopaino Oy. Tampere.

University of Southampton, Energy Harvesting Materials for Smart Fabrics and Interactive Textiles. [viitattu 28.5.2018] Saatavissa:

<https://www.ecs.soton.ac.uk/research/projects/799>

University of Wollongong, World-first 'Bionic Bra' inches closer to reality. 27.11.2014. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa:

<https://media.uow.edu.au/releases/UOW184372.html>

Vilkka, H. 2015. Tutki ja kehitä. PS-kustannus. Jyväskylä.

Vimeo, Nicole Scherzinger in the first ever Twitter Dress. 18.2.2013.

[viitattu 5.5.2018] Saatavissa: <https://vimeo.com/59919950>

VTT, Digitaalisuus mullistaa tekstiilialan: Yksilöllisiä vaatteita kuluttajille nopeasti ja asiakaslähtöisesti. 11.4.2017, b. [viitattu 2.6.2018] Saatavissa:

<https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/digitaalisuus-mullistaa-tekstiilialan>

VTT, Ottaako Suomen vaate- ja tekstiiliala digiloikan? 5.12.2017, a.

[viitattu: 9.4.2018] Saatavissa: <https://vttblog.com/2017/12/05/ottaako-suomen-vaate-ja-tekstiiliala-digiloikan/>

VTT, Suomalaiselle älyvaatteelle uusi urapolku. 18.9.2017, c. [viitattu 2.6.2018] Saatavissa: <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/suomalaiselle-%C3%A4lyvaatteelle-uusi-urapolku>

Wearable, Cityzen Sciences smart shirt tech to power banking ID, betting and virtual matches. 23.3.2015, a. [viitattu 11.4.2018] Saatavissa:

<https://www.wearable.com/sport/cityzen-sciences-smart-shirt-tech-to-power-banking-id-betting-and-virtual-competitions-972>

Wearable, Easyjet teams up with Cute Circuit for smart uniforms.

11.11.2015, b. [viitattu 1.6.2018] Saatavissa:

<https://www.wearable.com/wearable-tech/easyjet-cutecircuit-for-smart-uniforms-1934>

Wearable, Insane new 3D printed smart dress uses Intel tech to track your mood. 17.9.2014. [viitattu 16.4.2018] Saatavissa:

<https://www.wearable.com/smart-clothing/insane-new-3d-printed-smart-dress-uses-intel-tech-to-track-your-mood>

Wareable, Komodo AIO smart sleeve gets serious about heart rate monitoring. 5.4.2016. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa: <https://www.wareable.com/fitness-trackers/aio-smart-sleeve-specs-price-release-date-2547>

Wareable, Lumo Run review. 22.2.2017, a. [viitattu 11.4.2018] Saatavissa: <https://www.wareable.com/running/lumo-run-review>

Wareable, Superflex and Yves Béhar team up on powered bodysuits for the elderly. 12.1.2017, b. [viitattu 3.5.2018] Saatavissa: <https://www.wareable.com/smart-clothing/superflex-yves-behar-aura-powered-smart-clothing-elderly-667>

Wareable, The best smart clothing: From biometric shirts to contactless payment jackets. 16.4.2018, b. [viitattu 5.5.2018] Saatavissa: <https://www.wareable.com/smart-clothing/best-smart-clothing>

Wareable, The wearable tech that's boosting women's health and fitness. 31.1.2018, a. [viitattu 14.4.2018] Saatavissa: <https://www.wareable.com/health-and-wellbeing/wearable-tech-for-womens-health>

Wearable X [viitattu 14.4.2018] Saatavissa: <https://www.wearablex.com/products/nadi-x-pant?variant=37335539664>

Youtube, HAVEP Workwear-Protective-wear. 16.11.2016. [viitattu 1.6.2018] Saatavissa: [https://www.youtube.com/watch?v=SZVGzwP\\_1Y4](https://www.youtube.com/watch?v=SZVGzwP_1Y4)

Youtube, The Internet of Things: Dr. John Barrett at TEDxCIT. 5.10.2012. [viitattu 12.5.2018] Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=QaTIt1C5R-M>

## LIITE I TEEMAHAASTATTELUN RUNKO

### TAUSTATIEDOT - BACKGROUND

Nimi - Name

nykyinen työpaikka - current job

ammatti/taustat - profession/background

Miten olet tekemisissä työvaatteiden/IoT:n kanssa?

How are you in touch with IoT/ workwear?

### NYKYHETKI - PRESENT

Työhyvinvointi – well-being at work

Ergonomia - ergonomics

Työtaturmat – occupational accidents

IoT + työvaatteet – IoT + workwear

Teknologia - technology

Markkinatilanne – market situation

### TARVE - NEED

#### LÄHITULEVAISUUS - NEAR FUTURE

Kehitys - development

Teknologia/data – technology/data

Riskit - risks

Työhyvinvointi – well-being at work

Lait/asetukset/standardit – laws/regulations/standards

#### HUOMIOON OTETTAVAA – THINGS TO PAY ATTENTION

Ongelmakohdat - problems

Tietoturva – information security

Tietosuoja – data protection

Huollettavuus - maintainability

Tuotettavuus - producibility

Kestävä kehitys – sustainable development

Standardit/lait – standards/laws

#### MUUTA – OTHER THINGS RELATED TO THE SUBJECT

## LIITE 2 HAASTATELTAVIEN ESITTELY

### Juha Häikiö – VTT Oy

Juha Häikiö on VTT:llä tutkijana Digitaalinen muutos -tiimissä. Hän on tutkinut muun muassa erilaisia digitaalisia palveluja loppukäyttäjän näkökulmasta sekä laajemmin organisaatioiden näkökulmasta. Hän on tutkinut myös datapohjaisia palveluekosysteemejä. Häikiö on valmistunut filosofian maisteriksi Oulun yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitokselta. Muutaman vuoden työkokemus on karttunut myös Nokia Oy:ssä. Tällä hetkellä Häikiö on mukana DICI-hankkeessa tutkimassa digitalisaation mahdollisuuksia tekstiili- ja vaateteollisuudessa, ja yksi hankkeen osa-alueista on työvaatetus. Hän on myös mukana hankevalmistelussa, jossa yksi keskeinen osa on työvaatteet ja niiden hyödyntäminen rakennusalalla. IoT on hyvin vahvana osana kokonaisuutta. (Häikiö 2018) Häikiö on Jukka Kääriäisen kanssa samasta tiimistä VTT:ltä, ja Kääriäinen ehdotti haastattelukutsun saatuaan, että he voisivat molemmat tulla haastateltaviksi.

### Elina Ilén – Aalto-yliopisto, Planno Oy

Elina Ilén valmistui Tampereen teknillisestä yliopistosta (TTY) kuitu-, tekstiili- ja vaatetusteknologian puolelta diplomi-insinööriksi vuonna 1999. Hän työskenteli Clothing+-yrityksessä, joka on keskittynyt hyvinvointi- ja urheilusovellutuksiin, sen alkuajoista lähtien melkein 10 vuoden ajan. Tänä aikana hän oli mukana kehittämässä tekstiilisiä kehonmittausantureita sekä mukana työstämässä puettavan elektroniikan puolelta sinä aikana tulleita viittä patenttia. Ilén on ollut myös Reimalla kehitysjohtajana kuusi vuotta, jolloin hän vastasi tutkimus- ja kehityspuolesta sekä laadusta ja tekstiilisestä tuotekehityksestä. Hänellä ei ole suunnittelijakoulutusta, mutta hän on aina ollut mukana tutkimuksessa ja tuotekehityksessä, ja hän tehnyt käytännön tuotesuunnittelua, kuitenkin enemmän teknisistä ja

funktionaalisista kuin esteettisistä näkökulmista. Ilén väitteli TTY:ltä materiaalitekniikan tohtoriksi vuonna 2015, ja väitös koski tekstiileitä ja tekstiilisiä sensoreita sekä tekstiilistä kehon mittausta. Väitöskirjassa hän tutki sovellutuksia medikaalipuolelle eli mitä käytännössä tekstiilisiltä antureilta vaaditaan, kuten esimerkiksi steriloitavuutta ja bakteerien täydellistä tuhoamista pinnoilta. Ilén on ollut 2016 vuoden alusta Aalto-yliopistossa tutkijana muodin ja tekstiilien tulevaisuuden alueella sekä koordinaattorina Aalto-yliopiston tekstiilikierrätystä koskevassa EU-hankkeessa. Hänellä on myös oma yritys, Planno Oy, joka tekee tekstiilien ja vaatteiden tuotekehitystä sekä konsultointia. (Ilén 2018) Ilén:llä on laaja-alaista osaamista puettavan elektroniikan ja sovellusten puolelta sekä näkemystä teknologiayrityksen että tutkivan organisaation kannalta. Nissi-Rantakömi antoi vinkin siitä, että Iléniä kannattaisi haastatella kehittämistyöhöni.

#### Juhani Kemppainen – Polar Electro Oy

Juhani Kemppainen on koulutukseltaan sähkötekniikan diplomi-insinööri, ja hän on työskennellyt koko 20-vuotisen uransa Polar Electro Oy:n tutkimusosastolla erilaisissa työtehtävissä. Työ keskittyi alkuvuosina suunnittelu- ja projektijohtamisen tehtävissä elektroniikkaan sekä sykevyön sykellähettimeen. Viimeisimpinä vuosina hän on keskittynyt muuhun sensorointiin ja ollut paljon mukana yhteistyöprojekteissa. Työvaatteiden kanssa hän on ollut vähemmän tekemisissä. (Kemppainen 2018) Polar Electro on mielestäni teknologia-alan edelläkävijä Suomessa, ja otin sen takia yhteyttä yritykseen. Polarilta tuli ehdotus, että Kemppainen sopisi haastattelun kohteeksi kehittämistyöhöni.

#### Jukka Kääriäinen – VTT Oy

Jukka Kääriäinen on erikoistutkijana VTT:llä Juha Häikiön kanssa samassa digimuutosta tutkivassa tutkimustiimissä. Kääriäisen



koulutustaustana on tuotantotalouden insinööri, ja hän on väitellyt tietojenkäsittelyn puolelta filosofian tohtoriksi. Erityisesti tutkimuskohteena on ollut konfiguraation ja elinkaaren hallinta, mutta viimeaikoina fokus on ollut digimuutoksessa. Hän on tehnyt myös teollisuusyhteistyötä sekä julkisen sektorin yhteistyötä. Kääriäisellä ei ole puettavan elektroniikan puolelta kokemusta vaan enemmänkin konepajojen metallitekniikan ja automaation puolelta siitä, miten IoT:ta ja digitalisaatiota voitaisiin hyödyntää siellä. Kääriäinen on myös mukana DICI-hankkeessa. (Kääriäinen 2018) Kääriäinen valikoitui haastateltavaksi, sillä hän on mukana DICI-hankkeessa, joka on nimenomaan tekstiilialan digitalisaatiohanke. Tutkijana hänellä on erilainen näkemys aiheeseen, ja hän on myös tietyllä tavalla projektin kautta tiedon risteysalueella, ja kuulee eri ihmisten käsityksiä aiheesta.

Ulla Lappalainen – Sakupe Oy

Ulla Lappalainen opiskeli tekstiili- ja vaatetustekniikan insinööriksi Tampereen ammattikorkeakoulusta. Hän valmistui 2002, jonka jälkeen hän aloitti työskentelyn Sakupe Oy:ssä. Sakupe on tekstiilihuoltopalveluita eri aloille tarjoava yritys, joka vuokraa muun muassa työ- ja potilasvaatteita. Lappalainen aloitti Sakupella tuotannon työntekijänä, josta yleni myyntisihteerin tehtäviin. 2005 hän aloitti tekstiilipäällikön tehtävät, ja vuodesta 2010 alkaen hän on toiminut tekstiilipalvelupäällikkönä. Nykyisessä työssään hän vastaa tekstiilihankinnoista ja toimii myös jonkun verran asiakasvastaavana sekä asiakaspalvelussa. IoT käsitteenä ei ole Lappalaiselle kovinkaan tuttu, mutta työvaatteiden kanssa hän on tekemisissä päivittäin. (Lappalainen 2018) Lappalainen valikoitui haastateltavaksi, sillä hän on päivittäin tekemisissä työvaatteiden pesuprosessin kanssa, mikä on olennainen osa kehittämistyötäni.

## Shahriare Mahmood – Reima Oy

Shahriare Mahmood on ollut Reimalla, lastenvaatevalmistajalla, puolentoista vuoden ajan, ja hän vastaa Reima Oy:ssa tutkimuksesta ja kehityksestä sekä huolehtii laatuun ja kestävään kehitykseen liittyvistä asioista. Mahmood on koulutukseltaan kemian tekniikan insinööri sekä tuotantotalouden diplomi-insinööri, ja hän tekee tällä hetkellä väitöskirjaa tuotantotalouden alalle. Hänen koulutuksensa on insinööripainotteinen, mutta hän on aikaisesta vaiheesta lähtien työskennellyt tekstiilien parissa. Mahmood aloitti työt yhdistelmätehtaassa, jossa tehtiin kutominen, esikäsittely, värjäys, viimeistys ja jopa vaateen valmistus sekä jälkikäsittely, kuten esimerkiksi erilaiset pesut ja painatukset. Siitä lähtien hän on työskennellyt tekstiilien parissa, ja hänellä on kokemusta melkein kaikista vaateen valmistusvaiheista, lukuun ottamatta langan valmistusta. Hänen kokemuksensa painottuu enemmän prosessien ymmärtämiseen ja kehittämiseen sekä kemikaaliprosessien ympäristövaikutuksiin. Hän on vain vähän tekemisissä IoT:n kanssa ja on ollut tekemisissä työvaatteiden kanssa ainoastaan työskennellessään työvaatteiden pesuprosessin tehostamisen parissa Eestissä. Mahmoodilla on laaja kokemus pesuprosesseista sekä farkkujen pesuprosesseista ja -käsittelyistä. (Mahmood 2018) Otin yhteyttä Reimaan, sillä mielestäni Reimalla on innovaatioiden edelläkävijyyttä ReimaGo-sensorin takia. Reimalta ehdotettiin, että Mahmood sopisi haastateltavakseni.

## Satu Nissi-Rantakömi – Suomen Tekstiili & Muoti ry

Satu Nissi-Rantakömi on koulutukseltaan tekstiili- ja vaatetusalan diplomi-insinööri, ja työskentelee nykyään Suomen Tekstiili & Muoti ry:ssä, joka on tekstiili- ja vaatetusalan yritysten ja teollisuuden edunvalvojaliitto. Nissi-Rantakömi toimii standardisointipäällikkönä liitossa sekä myös asianhoitajana, sillä hän vetää standardisointiyhdistys Tevasta ry:tä, joka vastaa Suomen tekstiili-, vaate-, nahka- ja kenkäalan standardisoinnista. Hän on myös älyvaatestandardisointityöryhmässä sihteerinä. Liitossa

Nissi-Rantakömin vastuulle kuuluvat tekstiilimateriaalit ja -kemikaalit, tuoteturvalisuuteen ja tuotemerkintään liittyvät asiat, kuitu- ja hoito-ohjeen sisältöön liittyvät asiat sekä standardisointi isona, yksittäisenä osa-alueena. (Nissi-Rantakömi 2018) Nissi-Rantakömi valikoitui haastateltavakseni, sillä hän on mukana älyvaatestandardisointityöryhmässä ja Suomen Tekstiili & Muoti ry:n standardisointipäällikkö. Hän on työryhmän kautta myös tiedon risteysalueella, sillä hän kuulee työryhmässä eri alan asiantuntijoiden näkemyksiä aiheesta.

#### Janne Sysi-Aho – Tapaturmavakuutuskeskus

Janne Sysi-Aho on koulutukseltaan diplomi-insinööri, ja hän työskentelee tietokanta-analytikkona Tapaturmavakuutuskeskuksessa, joka kerää tapaturmatilastot sekä isännöi onnettomuustutkintaa kuolemaan johtaneista työtapaturmista. Sysi-Aho on aiemmin työskennellyt työturvallisuuspäällikkönä sekä työturvallisuustutkijana, ja ennen Tapaturmavakuutuskeskukseen tuloaan hän on toiminut tuntiopettajana sekä avustavana työsuojelupäällikkönä. Sysi-Aholla on monipuolinen kokemus erilaisista konsulttitehtävistä muun muassa arvioinneista sekä johtamisjärjestelmäkehityksestä. Myös tehdastyöt ja rakennusalan apumiehenä toimiminen ovat tuoneet monipuolista ymmärrystä työturvallisuudesta sekä työtapaturmista. (Sysi-Aho 2018)

Tapaturmavakuutuskeskus on Suomessa yksi työtapaturmien asiantuntija, ja asiantuntija kehittämistyöni kannalta, sillä teen kehittämistyötäni tapaturmien ehkäisyn näkökulmasta. Otin yhteyttä Tapaturmavakuutuskeskukseen, ja sieltä Sysi-Ahon tiimiä suositeltiin haastateltavakseni. Tiimistä lopulta Sysi-Aho oli ainoa, jonka kanssa sain aikataulut sovitettua yhteen haastattelun pitämiseksi.

## Erja Tammela – Työterveyslaitos

Erja Tammela toimii Työterveyslaitoksella vanhempana asiantuntijana, ja hänen työnsä keskittyy nykyään pääosin työvaatteiden tuotesertifiointeihin. Tammela on valmistunut TTY:ltä tekstiili- ja vaatetustekniikan diplomi-insinööriksi, ja hän teki diplomityönsä Työterveyslaitokselle lämpönukkeen liittyen, mistä lähtien hän on työskennellyt Työterveyslaitoksella erilaisissa asiantuntijatehtävissä. Ennen tuotesertifiointeja hän teki erilaisia tutkimusprojekteja liittyen eri henkilösuojaimiin. IoT ei ole käsitteenä tuttu, mutta työturvallisuus sekä sertifiointit ovat omaa asiantuntija-alaa. (Tammela 2018) Tammela on jo pitkään toiminut Työterveyslaitoksella ja viimeiset vuodet suojavaatteiden sertifiointien parissa. Tammela valikoitui haastateltavakseni suojavaatteiden sekä sertifiointiprosessin asiantuntijuuden johdosta.

## Pekka Tolvanen – Myontec Oy

Pekka Tolvanen on Myontec Oy:n, kuopiolaisen älyshortsien kehittäjäyrityksen perustaja sekä entinen toimitusjohtaja. Nykyään hän toimii Myontec Oy:n hallituksen varapuheenjohtajana. Hän on valmistunut Helsingin yliopistosta sovelletun fysiikan maisteriksi, jonka jälkeen hän on toiminut erilaisissa tuote- ja tuotantopäällikön tehtävissä tekniikan alan yrityksissä. Ennen Myontec:n perustamista hän toimi Mega Electronics Oy:n kehitysjohtajana. IoT liittyy vahvasti Myontec:n tekemiin tuotteisiin, jotka mittaavat kehon fysiologisia parametrejä, kuten lihaskuormitusta ja osittain myös sykettä. Liikesensoreita tullaan myös yhdistämään tuotteisiin jatkossa. Data lähetetään Bluetooth-yhteyden avulla mittalaitteesta kännykkään tai tietokoneella olevaan analysointiohjelmaan. Työvaatteisiin on tehty erinäisiä lihaskuormitusta mittaavia pilotointikokeiluja jo kymmenen vuoden ajan, ja nyt viimeisen puolen vuoden ajan on tehty vaatteita, joilla projektimaisesti mitataan eri työtehtävissä työn kuormitusta. (Tolvanen 2018) Myontec on teknologia-alan ja IoT-sovellutusten edelläkävijä Suomessa, ja sen johdosta otin yhteyttä Myonteciin. Tolvanen

on yrityksen perustaja, ja hänellä on kattava asiantuntemus IoT-sovellutuksista.