

Robotiikka sisälogistiikassa

Logistiikkainsinöörin tulevaisuuden osaamistarpeet

Ville Karjalainen

Opinnäytetyö

Joulukuu 2019

Tekniikan ala

Insinööri (ylempi AMK), digitaalinen toimitusketju

Tekijä(t) Karjalainen, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä Joulukuu 2019
	Sivumäärä 121	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Robottiikka sisälogistiikassa Logistiikkainsinöörin tulevaisuuden osaamistarpeet		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (ylempi AMK), digitaalinen toimitusketju		
Työn ohjaaja(t) Eero Aarresola		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu, teknologiayksikkö, logistiikan tulosalue		
Tiivistelmä <p>Robottiikka on kokenut voimakkaan teknologisen murroksen muutaman viime vuoden aikana. Yksinkertaisia tehtäviä suorittavista roboteista on kehittynyt monimuotoisissa toimintaympäristössä toimivia älykkäitä koneita. Teknologisen kehityksen myötä robottiikka tulee arkipäiväistymään työelämässä. Työntekijöiltä vaaditaan uutta osaamista työtehtävien muuttuessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitä robottiikan osaamista logistiikkainsinöörit tarvitsevat tulevaisuuden työssään.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteen saavuttamiseksi määriteltiin kolme tutkimuskysymystä. Tutkimuskysymyksiin vastauksia haettiin kirjallisuuskatsauksen sekä laadullisen tutkimuksen avulla, jossa aineistonkeruun menetelmänä käytettiin teemahaastatteluja. Haastateltavat tutkimukseen kutsuttiin sisälogistiikan johto- ja suunnittelutehtävistä sekä robottiikkaa integroivista yrityksistä.</p> <p>Tutkimustuloksissa ilmeni, että robottiikkaa hyödynnetään sisälogistiikassa vielä vähän osaamisen puutteen, kalliiden investointikustannusten sekä teknologian soveltumattomuuden takia. Tulosten mukaa robottiikka tulee kuitenkin yleistymään sisälogistiikassa. Tuloksista ilmeni myös, että sisälogistiikka muuttuu lähitulevaisuudessa yhä nopeatemppoisemmaksi ja robottiikan merkitys suomen kansantaloudelle kasvaa.</p> <p>Tutkimuksen tärkeimpänä tuloksena saatiin kartoitettua kuusi pääkohtaa sisältävä kokonaisuus robottiikan osaamistarpeista sisälogistiikassa. Osaamistarpeiksi nousivat asenne, robottiikan yleistieto, tekninen osaaminen, robottiikan soveltaminen, johtaminen sekä tietojärjestelmäosaaminen. Opinnäytetyön toimeksiantaja voi kehittää koulutustuotteitansa, erityisesti logistiikan AMK-tutkintokoulutuksen sisältöä, tulosten pohjalta. Tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa myös työelämässä tarvittavan osaamisen kehittämiseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Robottiikka, sisälogistiikka, tulevaisuuden työelämä		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Karjalainen, Ville	Type of publication Master's thesis	Date December 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 121	Permission for web publication: x
Title of publication Robotics in intralogistics Future skills requirements for logistics engineers		
Degree programme Master's Degree Programme in Digital Supply Chain Management		
Supervisor(s) Aarresola, Eero		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences, School of Technology, Logistics		
Abstract <p>Robotics has undergone a major technological breakthrough in the last few years. Robots that used to perform simple tasks has evolved into intelligent machines that operate in diverse and complex environments. Because of the technological advance, robotics will become more common in every day working life. Employees are required to acquire new skills as their job descriptions will change. The objective of the thesis was to determine the competences in robotics required for logistics engineers in their future work.</p> <p>Three research questions were defined to achieve the objective of the thesis. Literature review was compiled and qualitative research methods were used to answers to the questions. Theme interviews were used as a method of data collection. The interviewees were management and development roles of intralogistics and companies integrating robotics.</p> <p>The study revealed reasons for the low utilization of robotics in intralogistics due to lack of competence, high investment costs and technological advance. However, robotics will become more common in intralogistics. The results also showed how intralogistics will become more fast-paced in the near future and the importance of robotics for Finnish economy rises.</p> <p>The main result of the study was the created model of six main skill requirements of robotics in intralogistics. The determined main skills were attitude, general knowledge of robotics, technical skills, implementation of robotics, management skills and information systems skills. The results of the study can be used to improve the educational products of JAMK University of Applied Sciences, especially the Bachelor's Degree Programme in Logistics Engineering. Business life can use the results of the study to expand the skills and competences of their human resources.</p>		
Keywords/tags (subjects) Robotics, logistics, future of work		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Robotiikka muuttaa osaamistarpeita	5
2	Tutkimusasetelma	6
2.1	Tutkimuksen tavoite	6
2.2	Tutkimusprosessi	7
3	Robotiikka	8
3.1	Robotiikan kehitys	8
3.2	Robotiikan yleistymisen	10
3.3	Robotisaatio	11
3.4	Robotiikan edut	13
3.5	Robotiikan edut kansantaloudelle	17
3.6	Robotiikan vaikutuksen työllisyyteen	21
4	Robotiikkateknologiat	27
4.1	Robotti	27
4.2	Teollisuusrobotti	28
4.3	Palvelurobotti	29
4.4	Yhteistyörobotti	30
4.5	Mobiilirobotti	32
4.6	Robotiikan kehittyvä teknologia	33
4.7	Nykyrobotiikan pullonkaulat	41
4.8	Eksoskeletoanit	43
5	Robotiikka osana sisälogistiikan murrosta	47
5.1	Robotiikan kasvupotentiaali logistiikassa	47
5.2	Verkkokaupan kasvu muuttaa sisälogistiikkaa	49
5.3	Sisälogistiikan prosessien automatisointi	50

	2
5.4 Tulevaisuuden mahdollisuudet ja visiot.....	52
6 Robotiikan osaamistarpeet	55
6.1 Työtehtävien muuttuminen	55
6.2 Teknologian osaamistarpeiden tasot liiketoiminnassa	56
6.3 Robotiikan osaamistarpeita yrityksissä	58
6.4 Robotiikan koulutustarjonta Suomalaisissa korkeakouluissa	64
7 Tutkimuksen toteutus.....	70
7.1 Aineiston keruu	70
7.2 Haastatteluteemojen valinta.....	73
7.3 Haastatteluiden toteutus	77
7.4 Aineiston analysointi	79
8 Tulokset	80
8.1 Yritysten ja haastateltavien taustatiedot	80
8.2 Sisälogistiikan toimintaympäristön muutokset.....	82
8.3 Robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa.....	90
8.4 Robotiikan osaamistarpeet	97
9 Johtopäätökset.....	99
9.1 Robotiikan kehittäminen on elinehto hyvinvoinnille.....	99
9.2 Sisälogistiikka ja työelämä muutoksessa.....	100
9.3 Robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa nyt ja tulevaisuudessa	101
9.4 Robotiikan osaamistarpeet	102
10 Pohdinta.....	107
10.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja tulokset.....	107
10.2 Luotettavuus.....	108
10.3 Soveltaminen.....	110
10.4 Jatkokehitys	111

Lähteet	113
Liitteet	118
Liite 1. Robottiikan opetustustarjonta ammattikorkeakoulujen tekniikan alojen tutkinnoissa.	118

Kuviot

Kuvio 1. Tutkimusprosessin eteneminen	7
Kuvio 2. Robottievoluutio.....	10
Kuvio 3. Käyttöön otetut teollisuusrobotit 2010-luvulla	11
Kuvio 4. Suomen teollisuuden tuottavuuden kehitys suhteessa kilpailijamaihin.....	18
Kuvio 5. Bruttokansantuotteen sekä työkäisten lukumäärän kehitys	20
Kuvio 6. Automaation uhkaamat työpaikat OECD-maissa.....	24
Kuvio 7. Työpaikkojen syntymis- ja tuhoutumisaste Suomessa	25
Kuvio 8. Palvelurobotiikan luokittelu	30
Kuvio 9. Aktiivinen eksoskeleton satamatyössä.....	45
Kuvio 10. Vuosittain käyttöön otetut palvelurobotit logistiikassa.....	47
Kuvio 11. Robottien lukumäärä Amazonin jakelukeskuksissa	48
Kuvio 12. Würthin autonominen pakkausrobotti	54
Kuvio 13. Solteq Retail Robot.....	55
Kuvio 14. Teknologioiden hyödyntämisen osaamistasot.....	57
Kuvio 15. Näkemyksiä robotiikan vaikutuksista osaamistarpeisiin.....	69
Kuvio 16. Älykkään robotiikan ja automaation opetustarve.	70
Kuvio 17. Tutkimuksen aineistonkeruuprosessi.....	74
Kuvio 18. Suunnitelma tutkimushaastateltavien valintaan.	78
Kuvio 19. Aineiston analysointiprosessi.....	79
Kuvio 20. Robotiikan osaamistarpeet.	103
Kuvio 21. Osaamistarpeiden hyödyntäminen	111

Taulukot

Taulukko 1. Robottiikan opintotarjonta Tampereen yliopistossa.....	65
Taulukko 2. Tampereen yliopiston Automaatiotekniikan DI-tutkinto-ohjelman robottiikan kurssitarjonta.....	66
Taulukko 3. LUT:n robottiikan koulutustarjonta.	67
Taulukko 4. Robottiikan koulutustarjonta Kajaanin ammattikorkeakoulussa.	68
Taulukko 5. Haastatteluteemat kategorioittain.....	73
Taulukko 6. Tutkittavien edustamien yritysten koot	78
Taulukko 7. Tutkimuksessa haastateltujen toimenkuvat ja työtehtävät.....	80
Taulukko 8. Teemahaastatteluihin osallistuneet yritykset sekä organisaatiot.....	81
Taulukko 9. Muutokset sisälogistiikan toimintaympäristössä.	85
Taulukko 10. Tuottavuuden kehittäminen robottiikan kohdeyrityksissä.	85
Taulukko 11. Havainnot tuottavuuden kehittämien vaikutuksista työllisyyteen.	88
Taulukko 12. Työvoiman saatavuuden haastavuus.	88
Taulukko 13. Näkemyksiä robottiikan yleistymisestä sisälogistiikassa.	90
Taulukko 14. Modernin robottiikan käyttökohteita sisälogistiikassa.	91
Taulukko 15. Robottiikan hyödyntämisen vaatimat muutokset	91
Taulukko 16 Syyt robottiikan hyödyntämiseen.....	92
Taulukko 17. Syitä, miksi robottiikkaa ei hyödynnetä.....	93
Taulukko 18. Modernin robottiikan hyödyt.	94
Taulukko 19. Robottiikan hyödyntämisen haitat	95
Taulukko 20. Robottiikan käyttöönotossa huomioitavia tekijöitä.	96
Taulukko 21. Työtehtävien muuttuminen.	97
Taulukko 22. Robottiikan osaamistarpeet.....	98

1 Robotiikka muuttaa osaamistarpeita

Viime vuosien voimakkaan digitaalisen kehityksen myötä robotiikka on arkipäiväistynyt. Kuluttajille on tullut tarjolle uusia roboteiksi markkinoituja autonomisesti toimivia tuotteita, kuten robotti-imureita, robottiruohonleikkureita ja ikkunanpesurobotteja (kotirobo N.d). Myös itseohjautuvien ajoneuvojen, kuten robottibussien uutisoidaan valloittavan liikenteen lähitulevaisuudessa (Keski-Korpela 2019). Robotiikan kehitys on ollut vahvasti esillä mediassa. Toisinaan robotiikasta uutisoidaan ahdistavia uhkakuvia. Esimerkiksi Ylen julkaiseman uutisen mukaan robotit vievät ihmisten työpaikat ja lisäävät sosiaalista eriarvoisuutta (Tutkimus: Robotit vievät noin 20 miljoonaa työpaikkaa seuraavan vuosikymmenen aikana 2019). Toisinaan robotiikka nähdään mediassa pelastajana, esimerkiksi palauttamalla teollisuuden menettämiä työpaikkoja takaisin Suomeen, vähentämällä sairaspöissaoloja sekä parantamalla työhyvinvointia (Kuivasmäki 2019).

Robotit eivät ole syyttä aktiivisesti esillä julkisessa keskustelussa. Ensimmäisistä, vain yksinkertaisiin työtehtäviin kykenevistä roboteista on kehittynyt viime vuosina autonomisesti monimutkaisia tehtäviä suorittavia älykkäitä laitteita (Alho, Neittaanmäki, Hänninen & Tammilehto 2018, 10). Robotiikan teknologista kehitystä on verrattu vaikutuksiltaan jopa ensimmäiseen teolliseen vallankumoukseen (Kauhanen 2016, 11). Robottiteknologioiden kehitys mahdollistaa robotiikan hyödyntämisen uusiin työtehtäviin aloilla, joissa robotiikan hyödyntäminen on ollut perinteisesti vähäistä. (Bonkenburg 2016, 5). Yksi tällainen ala on logistiikka, jossa robotiikan odotetaan yleistyvän vauhdilla (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 127).

Robotiikan tehtävänkentän laajentumisen sekä yleistymisen odotetaan muuttavan työtehtäviä ja siten tulevaisuuden työelämässä tarvittavia osaamistarpeita (Robots and the Workplace of the Future 2018, 2). Osaamistarpeiden muutosten myötä korkeakoulujen tulisi vakavasti pohtia, mitä nämä uudet osaamistarpeet ovat, ja kehittää tutkinto-ohjelmien sisältöjä vastaamaan tulevaisuuden osaamistarpeita.

Robotiikan kehitys on huomioitu myös opinnäytetyön tilaajan eli Jyväskylän ammattikorkeakoulun (jäljempänä JAMK) toimesta. JAMK:n strategiassa on määritelty kuusi eri vahvuusala, joista yhdeksi on nostettu automaatio ja robotiikka (Osaaminen kilpailukyvyksi 2017, 8). Tästä huolimatta robotiikalla on toistaiseksi ollut hyvin pieni

rooli logistiikan AMK-tutkinto-ohjelmassa. AMK-tutkinto-ohjelmassa robotiikkaa, sen sovelluksia tai sen merkitystä yhteiskunnassa ei varsinaisesti käsitellä, mutta aihetta sivutaan muutamilla opintojaksoilla. (Kantanen 2018.) Tämä opinnäytetyö toimii esiselvityksenä siitä, minkälaisia asioita logistiikan AMK-tutkinto-ohjelmassa tulisi käsitellä robotiikasta.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimuksen tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa osaamistarpeita robotiikan hyödyntämisestä sisälogistiikasta. Tavoitteena oli selvittää, mitä tietoja ja taitoja logistiikkainsinööri tarvitsee tulevaisuudessa robotiikasta? Robotiikan osaamistarpeiden kartoituksen perusteella voidaan kehittää nykyistä logistiikan AMK- tutkinto-ohjelmaa. Opinnäytetyön tavoitteiden saavuttamiseksi määriteltiin seuraavat tutkimuskysymykset ohjaamaan työn etenemistä:

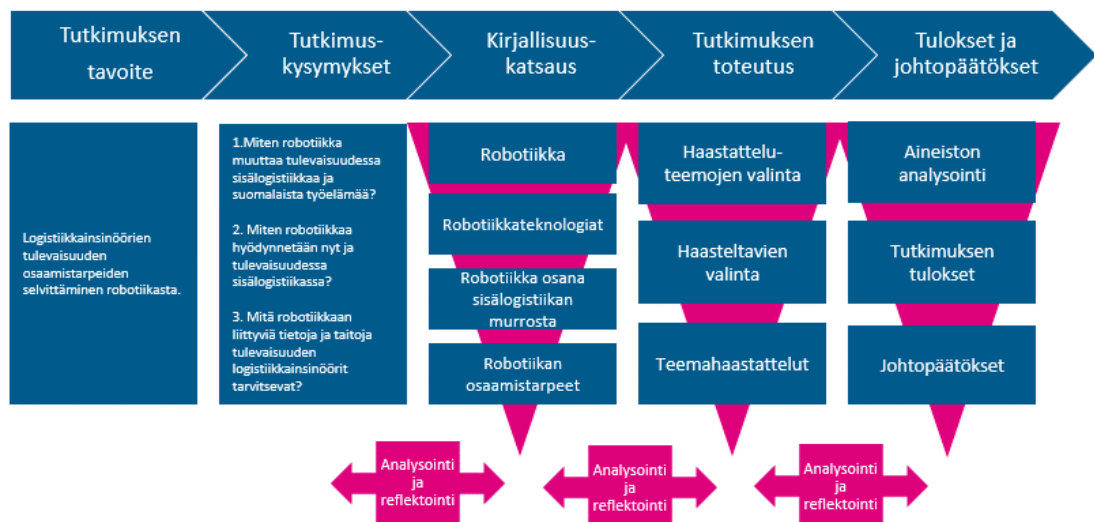
1. Miten robotiikka muuttaa sisälogistiikkaa ja suomalaista työelämää?
2. Miten robotiikkaa hyödynnetään nyt ja tulevaisuudessa sisälogistiikassa?
3. Mitkä ovat logistiikkainsinöörin tulevaisuuden osaamistarpeet robotiikasta?

Ennen kuin opinnäytetyössä pohdittiin robotiikan osaamistarpeita sisälogistiikan näkökulmasta, selvitettiin vastaukset kahteen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Opinnäytetyön ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä tavoitteena oli selvittää, miten robotiikka kehittyy ja miten kehitys muuttaa sisälogistiikkaa sekä työelämää? Tämän tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli myös selvittää, miten sisälogistiikka muuttuu lähitulevaisuudessa? Toisessa tutkimuskysymyksessä selvitettiin, miten robotiikkaa hyödynnetään tällä hetkellä sisälogistiikassa ja miten sitä hyödynnetään tulevaisuudessa? Vastausten sisäistäminen kahteen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen koettiin tärkeäksi, ennen siirtymistä kolmanteen tutkimuskysymykseen eli robotiikan osaamistarpeisiin. Kolmannen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli selvittää, mitä osaamistarpeita eli tietoja ja taitoja, tulevaisuuden logistiikkainsinöörit tarvitsevat robotiikan näkökulmasta.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan sisälogistiikkaa ja materiaalinkäsittelyä varasto-, tuotanto- sekä kokoonpanoympäristöissä. Aiheen ulkopuolelle rajattiin ohjelmistorobotit ja perinteiset varastoautomaattoratkaisut. Tutkimuksen painopiste oli uusimmissa robotiikan ratkaisuissa. Myös opetusmenetelmät ja pedagogiikka rajattiin pois opinnäytetyöstä.

2.2 Tutkimusprosessi

Kuviossa 1 on kuvattu opinnäytetyön tutkimusprosessin eteneminen. Prosessi aloitettiin määrittelemällä tutkimuskysymykset opinnäytetyön tavoitteen pohjalta. Tutkimuskysymyksistä johdettiin teemat kirjallisuuskatsaukseen. Opinnäytetyön aineistonkeruumenetelmäksi valikoitui teemahaastattelut. Teemahaastattelujen valintaa aineistonkeruun menetelmäksi on perusteltu tarkemmin luvussa 7.1. Haastatteluteemat tutkimukselle valittiin kirjallisuuskatsauksen sekä tutkimuskysymysten perusteella. Kerätty tutkimusaineisto analysoitiin ja analyysin perusteella saadut tutkimustulokset esitetään pääluvussa 8. Tutkimuksen tuloksista sekä kirjallisuuskatsauksesta koottiin johtopäätökset robotiikan osaamistarpeista pääluvussa 9.



Kuvio 1. Tutkimusprosessin eteneminen

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsaus koostuu neljästä pääluvusta jotka ovat:

1. robotiikka,
2. robotiikkateknologiat,
3. robotiikka osana sisälogistiikan murrosta ja
4. robotiikan osaamistarpeet.

Kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin, mitä robotiikka tarkoittaa sekä perehdyttiin robotiikkaan ja robotisaatioon ilmiönä. Tarkoituksena oli myös selvittää, miten robotiikka kehittyy ja mitkä ovat robotiikan vaikutukset teollisuuteen ja työelämään? Luvussa robotiikkateknologiat kartoitettiin uusimpia robotiikan sovelluksia sekä perehdyttiin robotiikan eri teknologioihin. Luvussa robotiikka osana sisälogistiikan murrosta läpikäydään sisälogistiikkaan vaikuttavia muutostrendejä sekä robotiikan mahdollisuuksia sisälogistiikan näkökulmasta. Kirjallisuuskatsauksen viimeisessä luvussa, robotiikan osaamistarpeet, selvitettiin miten työtehtävät muuttuvat tulevaisuudessa, perehdyttiin teknologian osaamistarpeisiin eri liiketoiminnan tasoilla, selvitettiin robotiikan koulutustarjontaa suomalaisissa korkeakouluissa sekä lopuksi kartoitettiin työelämässä tarvittavia robotiikan osaamistarpeita.

3 Robotiikka

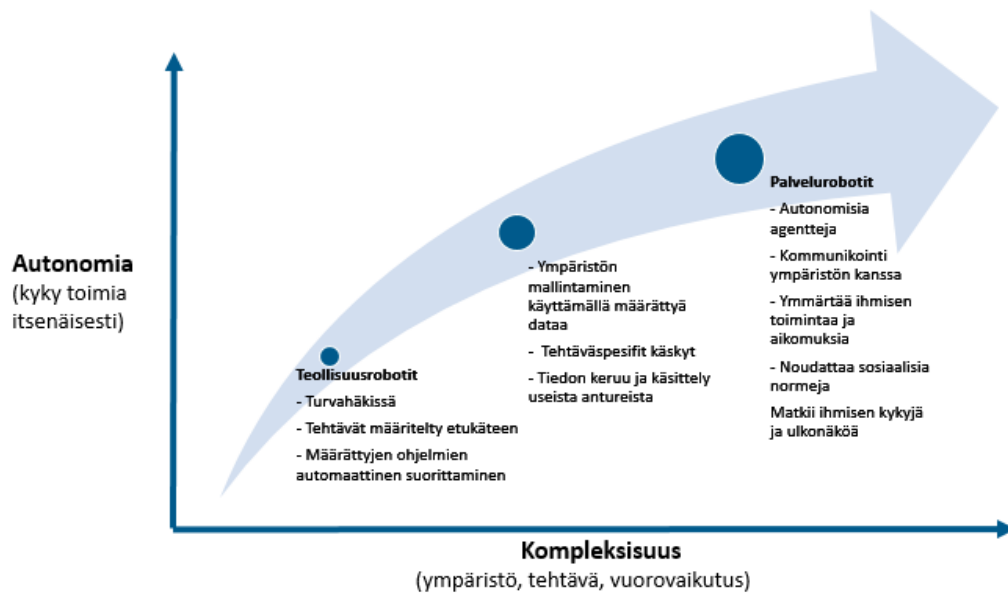
3.1 Robotiikan kehitys

Robotteihin liittyvässä kirjallisuudessa käytetään usein sanaa robotiikka (englanniksi Robotics). Standardin ISO 8373:2012 määritelmän mukaan robotiikalla tarkoitetaan robottien suunnittelun, tuotannon sekä soveltamisen tiedettä ja ammatinharjoittamista. Robottien hyödyntämisen voidaan katsoa alkaneen vuonna 1961, jolloin General Motors otti käyttöön ensimmäisenä maailmassa teollisuusrobotin nimeltä Unimation (Wallen 2008, 3). Ensimmäisten 1960-luvulla käyttöönotettujen teollisuusrobottien autonomian ja vuorovaikutteisuuden aste oli hyvin vähäinen. Perinteiset teollisuusrobotit työskentelivätkin työntekijöiltä suljetuissa teollisuusympäristöissä. Vuosien saatossa roboteista on kehittynyt itsenäisiä, tietoa kerääviä, ympäristöä havainnoivia sekä sen kanssa kommunikoivia älykkäitä laitteita. (Alho ym. 2018, 10.)

Perinteisesti teollisuusrobotiikkaa on hyödynnetty yritysten tuotantoprosessien tehostamiseen (Wallen 2008, 9). Suurin osa käyttöön otetuista teollisuusroboteista tekee yhä samanlaisia työtehtäviä tuotannon tehostamiseksi kuin ensimmäiset 1960-luvulla käyttöön otetut robotit (Balkeshwar, Sellappan & Kumaradhas 2013, 763). Vain pieni osa nykyisistä roboteista työskentelee toimitusketjun muissa vaiheissa. Suurin syy tähän on ollut teknologian kehittymättömyys. Perinteisesti robotit ovat olleet suhteellisen tyhmiä, sokeita ja paikkaan sidottuja. (Bonkenburg 2016, 5.) Perinteisellä teollisuusrobotiikalla ei ole pystytty korvaamaan työssä ihmiselle luontaisia ominaisuuksia, kuten reagointia odottamattomiin tilanteisiin ja muutoksiin toimintaympäristössä sekä suoriutumisen kehittämistä kokemuksen perusteella. Näiden puutteiden myötä teollisuusrobotit ovat olleet hyödyllisiä ainoastaan niille muokatuissa teollisuusympäristöissä, joissa päätöksenteon tarve ja erilaiset vaihtelut voidaan poistaa. (Balkeshwar ym. 2013, 763.) Tämä on tarkoittanut sitä, että teollisuusrobotit ovat tehneet toistuvia työtehtäviä suljetuissa ympäristöissä ja rajatuilla alueilla, joihin ihmisellä ei ole ollut asiaa. (Bonkenburg 2016, 5)

Viime vuosien voimakkaan digitaalisen murroksen ja teknisen kehityksen myötä myös robotiikka on kehittynyt merkittävästi (Dilip, Sauvar, Saroj & Siba 2014, 466). Robotiikan viimeaikaista kehitystä on kuvattu vaikutuksiltaan mittavammaksi kuin esimerkiksi internetin yleistymistä. Robotiikan kehitystä on jopa rinnastettu vaikutuksiltaan 300 vuotta sitten alkaneeseen teolliseen vallankumoukseen. (Kauhanen 2016, 11.)

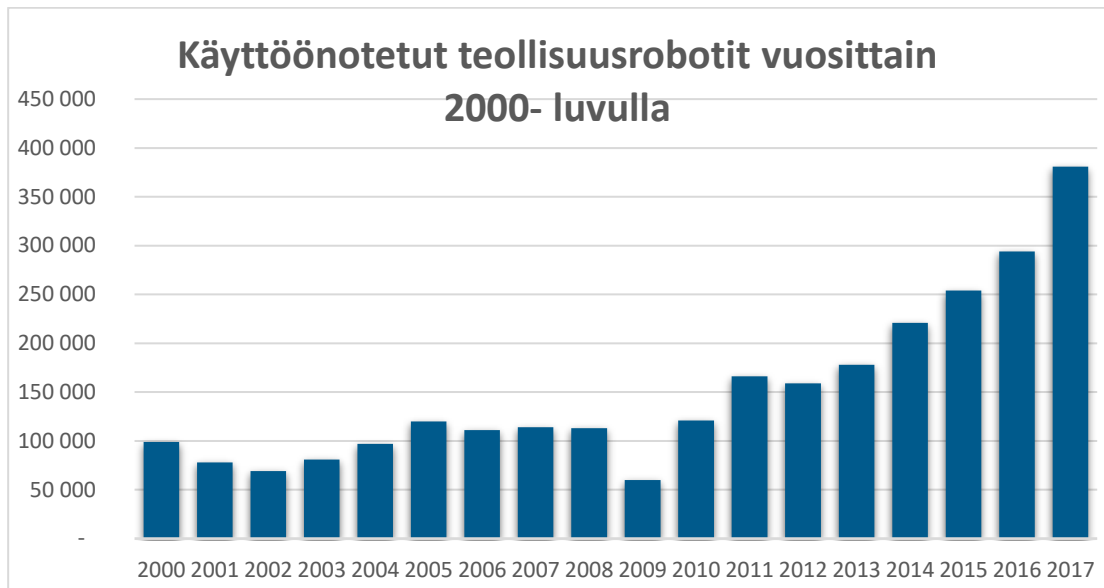
Teknologisen kehityksen myötä roboteista on tullut joustavampia sekä halvempia. Uusinta robotiikkaa voidaan hyödyntää uusiin työtehtäviin myös aloilla, joihin robotiikka ei ole aiemmin soveltunut. (Bonkenburg 2016, 5.) Nykyaikaiset ja edistyneet robotit ovatkin siirtyneet omista eristetyistä toimintaympäristöistään toimimaan itsenäisesti avoimeen ympäristöön yhteistyössä ihmisen kanssa. Tämä on mahdollistanut aiemmin toteuttamiskelvottomien, monimutkaisten sekä strukturoimattomien työtehtävien ulkoistamisen roboteille. (Alho ym. 2018, 3.) Tätä robottievoluutiota perinteisestä teollisuusrobotiikasta moderniin palvelurobotiikkaan on havainnollistettu kuviossa 2.



Kuvio 2. Robottievoluutio (Niemelä 2017, 2)

3.2 Robottiikan yleistyminen

Robottiteknologian kehitys on johtanut robotiikan yleistymiseen 2010-luvulla. Kuviossa 3 on esitetty käyttöönotetut teollisuusrobotit vuodesta 2000 alkaen. Kuten siitä huomataan, on vuosittain käyttöönotettujen teollisuusrobottien määrä pysynyt lähes ennallaan vuosina 2000 - 2010. Sen sijaan 2010-luvulla vuosittain käyttöönotettujen teollisuusrobottien lukumäärä on yli kolminkertaistunut. Vuodesta 2013 alkaen teollisuusrobottien kappalemääräinen myyntiennätys on rikottu vuosittain. Vuonna 2017 käyttöönotettiin maailmanlaajuisesti 381 000 uutta teollisuusrobottia. Vuonna 2018 luvun odotetaan nousevan 421 000 kappaleeseen, mikä tarkoittaa noin 10 %:n kasvua verrattuna vuoteen 2017. Lähivuosina roboteille ennustetaan noin 14 %:n vuosittaista kappalemääräistä kasvua. (Tsuda, Wyatt & Litzenberger 2018, 6.)



Kuvio 3. Käyttöön otetut teollisuusrobotit 2000-luvulla (Tsuda ym. 2018, 6).

Käyttöön otettujen teollisuusrobottien kasvu näkyy myös käytössä olevien teollisuusrobottien lukumäärän kasvuna. IFR eli International Federation of Robotics arvioi, että vuonna 2009 käytössä oli maailmanlaajuisesti noin miljardi teollisuusrobottia. Vuonna 2017 teollisuusrobottien lukumäärä ylitti kahden miljardin rajan, eli yhdeksän vuoden aikana niiden lukumäärä on tuplaantunut. Vuonna 2020 teollisuusrobottien lukumäärän odotetaan ylittävän jo kolmen miljardin robotin rajan. (Tsuda ym. 2018, 18.)

3.3 Robotisaatio

Vaikka robotteja on ollut teollisuuden käytössä jo kymmeniä vuosia, ei robottien yleistymistä ole voitu kutsua robotisaatio-nimiseksi ilmiöksi kuin vasta muutaman vuoden ajan. Robotisaatiolla tarkoitetaan ilmiötä, jossa modernilla robotiikalla korvataan yhä enemmän ihmisen tekemiä työtehtäviä ja jossa robotit pystyvät hoitamaan yhä laajempaa tehtäväkenttää. (Andersson & Kaivo-oja 2016, 44.)

Anderson ja Kaivo-oja (2016, 44) tarkoittavat robotisaatiolla seitsemää eri asiaa:

1. ilmiötä, jossa robotit pystyvät hoitamaan yhä laajempaa tehtäväkenttää,
2. modernia robotiikkaa,
3. asioiden robotisoitumista,
4. ihmisten robotisoitumista,
5. uuden elinkeinon syntymistä,
6. teollisuuden jatkuvaa automaatiotason kasvua ja
7. puolustus- ja turvallisuusalan robotisoitumista.

Tulevaisuudessa robotit korvaavat ihmistyötä yhä useammassa työtehtävässä. Näin on käynyt jo teollisuudessa, ja jatkossa ilmiö laajenee sekä palvelu- että tietotyöhön. Robotisaatio vaikuttaa yhteiskuntaan, elinkeinoelämään ja kansalaisiin. Robotisaatiossa on kyse myös etiikasta. Kun robotit tulevat lähemmäksi ihmistä, tarvitaan eettistä keskustelua muun muassa tulonjakoon sekä lainsäädäntöön liittyvissä kysymyksissä. (Mts. 44.)

Verrattuna perinteiseen teollisuusrobottiin, joka kykenee tekemään vain muutamia erilaisia toistettavia liikkeitä, moderni robotti voi suorittaa monia monimutkaisia liikeratoja. Moderni robotti on helpompi ohjelmoida uuteen tehtävään kuin perinteinen teollisuusrobotti. Lisäksi se on kykeneväinen autonomisempaan toimintaan, havainnointiin, oppimiseen ja päätöksentekoon yhdessä tekoälyn, antureiden ja esineiden internetin avulla. (Mts. 44.)

Eri asioiden robotisoitumisella tarkoitetaan esimerkiksi autoa, joka teknologian kehityksen myötä vähitellen robotisoituu kohti itse ajavaa robottiautoa. Omatoimisesti liikkumaan kykeneviä autoja on jo olemassa, ja lähes kaikki uudet autot sisältävät robottiteknologiaa. Samoin kuin autot myös kodinkoneet robotisoituvat vähitellen. (Mts. 44.)

Ihmisen robotisoitumisella tarkoitetaan esimerkiksi robottiteknologiaa hyödyntäviä kyberosia, joiden avulla halvaantunut ihminen voi kävellä tai kätensä menettänyt ihminen voi saada uuden käden. Myös fyysisesti raskasta työtä voidaan helpottaa tarjoamalla työntekijälle lisävoimaa erilaisten robottiosien, kuten eksoskeletonien avulla. (Mts. 44.)

Robotisaatio synnyttää myös uutta toimintaa, jota ei ole ollut olemassa aiemmin. Monilla aloilla tullaankin tulevaisuudessa näkemään täysin uutta liiketoimintaa. Esimerkiksi miehittämättömät lennokit eli dronet, jotka voidaan myös luokitella eräänlaisiksi roboteiksi, pystyvät nykyään kartoittamaan etäältä maastoa, etsimään luontoon eksyneitä ihmisiä tai tunnistamaan maastosta hyödyllisiä mineraaleja ja ottamaan niistä näytteitä. (Mts. 44-45.)

Teollisuuden jatkuvalla automaatiotason kasvulla tarkoitetaan ihmistyön korvaamista tehtaissa. Ihmistyön määrä teollisuudessa tulee vähenemään entisestään ja suoritettava työ siirtyy enenevässä määrin roboteille. Nykyään ihminen ei voi kilpailla tehokkuudessa robotin kanssa rutiininomaisissa tehtävissä. Teollisuuden robotit ovat erittäin kehittyneitä ja soveltuvat yhä modernimpien, joustavuutta edellyttävien ja monimutkaisempien työtehtävien suorittamiseen. (Mts. 45.)

3.4 Robottiikan edut

Mitä rutiininomaisemmasta työtehtävästä on kyse, sitä todennäköisemmin se tulevaisuudessa automatisoidaan robotilla. Roboteilla voidaan korvata ihmistyötä fyysisesti raskaissa, tarkkuutta vaativissa, likaisissa, vaarallisissa, pitkäkestoisissa sekä yksitoikkisissa tehtävissä. (Andersson ym. 2016, 14.) Usein robotiikan hyödyt mielletään ainoastaan vähentyneen työvoiman tarpeen ja sitä myötä pienentyneiden työvoimakustannusten kautta (Wilson 2015, 33-35). Robotiikka ei ainoastaan korvaa ihmistyötä, vaan se mahdollistaa kilpailukykyisen ja laadukkaan tuotannon (Ventä, Honkatukia, Häkkinen, Kettunen, Niemelä, Airaksinen & Vainio 2016, 8). IFR luokittelee robotiikan käyttämisestä saavutettavat hyödyt tarkemmin seuraaviin kymmeneen luokkaan (Wilson 2015, 33-35):

1. Käyttökustannusten vähentyminen
2. Tuotteiden laadun sekä yhdenmukaisuuden parantuminen
3. Työntekijöiden työn laadun parantuminen
4. Tuotannon tuottavuuden parantuminen
5. Tuotannon joustavuuden parantuminen
6. Hukkamateriaalin väheneminen ja materiaalin tehokkaampi käyttö
7. Työturvallisuuden parantuminen
8. Työvoiman vaihtuvuuden ja rekrytointikustannusten minimointi
9. Pääomakustannusten aleneminen
10. Tarvittavan tuotantotilan väheneminen.

Robottiikkaa käyttöönotettaessa on kuitenkin huomioitava, että kaikki edellä esitetyt hyödyt eivät aina toteudu, vaan ne ovat sovelluskohtaisia. Toisaalta minkä tahansa luokan taloudelliset hyödyt voivat olla suuremmat kuin perinteisesti mielletyt säästöt työvoimakustannuksissa. (Wilson 2015, 33-35.) Perehtymällä tarkemmin edellä mainittujen hyötyjen tuomiin kustannussäästöihin, voidaan robottijärjestelmän käyttöönotto perustella taloudellisesti (Wilson 2015, 38).

Käyttökustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka liittyvät tietyn tuotteen tai osan valmistukseen. Näistä kustannuksista merkittävimpiä ovat työvoimakustannukset. Myös energian käytöstä aiheutuvat kustannukset tulee huomioida, mikäli esimerkiksi kokonainen osasto tuotantolaitoksesta voidaan automatisoida. Tällöin energiaa voidaan säästää esimerkiksi lämmityksessä tai valaistuksessa. (Wilson 2015, 35.)

Robotit kykenevät työsuorituksessaan toistettavuuteen. Ne tekevät korkeaa laatua, mikäli ne ovat ohjelmoitu oikein. (Wilson 2015, 36.) Robotit pystyvät tasalaatuisuuteen, sillä ne eivät tylsisty, väsy tai kärsi häiriöistä toisin kuin ihminen suorittaessaan yksitoikkoista ja toistettavaa työtä. Robotiikan avulla prosessista voidaan karsia pois inhimilliset virheet. (Billing 2015, 79.) Ihmistyön heikkous on työsuoritusten huono toistettavuus, eli ihmisen tekemä työ poikkeaa jatkuvasti sovitusta. Koulutuksella tai ennaltaehkäisevällä laadunvarmistuksella ei pystytä eliminoimaan tätä heikkoutta kokonaan. Inhimillisyyden takia tuotantoon on varattava aika- tai materiaalipuskureita häiriöiden ehkäisemiseksi. (Väntä ym. 2018, 22.)

Roboteilla voidaan myös tasata vaihtelua tuotteiden laadun sekä valmistusmäärien suhteen (Wilson 2015, 36). Laadun parantuminen vähentää laatuvirheistä aiheutuvia kustannuksia, jotka johtuvat tuotteiden uudelleen tekemisestä, viallisten tuotteiden romuttamista sekä hallinnointikuluista (Wilson 2015, 150).

Robotit auttavat myös parantamaan työntekijöiden työolosuhteita. Ne voivat suorittaa likaisia, vaarallisia sekä vaativia työtehtäviä. Englanniksi näistä töistä käytetään termiä 3Ds (dirty, dangerous, demanding). Esimerkkejä tällaisista töistä ovat maalaaaminen, painavien tuotteiden käsittely sekä prosessityönteko. (Wilson 2015, 250) Nämä työtehtävät altistavat työntekijää fyysisiin ja kroonisiin oireisiin. Esimerkiksi hitsaaminen on erittäin vaarallinen työtehtävä ihmisvartalolle. Metalleista ja pinnoit-

teista aiheutuvat höyryt voivat johtaa vakaviin sairauksiin. Vaarallisten höyryjen lisäksi käsityönä suoritettu hitsaus voi altistaa työntekijän kovalle melulle ja kuumuudelle. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 18.) Robotin käyttö mahdollistaa ihmistyön poistamisen tuotantoprosessista ja siten vähentää myös työntekijöihin kohdistuvaa painetta päästä tavanomaisiin tuotantomääriin (Wilson 2015, 36). Parantamalla työn sisällön laatua, todennäköisesti myös työntekijöiden motivaatio työtä kohtaan kasvaa, mikä johtaa tuottavuuden ja laadun parantumiseen. Tämä vähentää myös henkilöstön vaihtuvuutta työpaikalla. (Wilson 2015, 250.)

Robottiikan hyödyntäminen takaa tasaisen tuotantomäärän sekä parantaa tuottavuutta. Tämä tarkoittaa sitä, että myös muiden koneiden tuotantomäärät voidaan tarvittaessa maksimoida, sillä robotti on aina valmis suorittamaan sille määrätyn tehtävän tarvittaessa. Esimerkiksi kappaletta työkoneeseen vaihtava robotti voi tehdä vaihdon juuri oikeaan aikaan, jolloin työkoneen käyttöaste voidaan maksimoida. Lisäksi robotti voi työskennellä ajankohtina, jolloin manuaalista työvoimaa ei ole käytössä, kuten yöllä tai viikonloppuisin. (Wilson 2015, 36). Nykyään ihminen ei pysty enää kilpailemaan robotin kanssa tehokkuudessa suorittavissa rutiininomaisissa työtehtävissä. Esimerkiksi eräällä kytkintehtaalla työvaihe, jonka ihminen suoritti 10 kertaa tunnissa, sujui robotilta 112 kertaa tunnissa. (Andersson ym. 2016, 44.)

Robotit ovat luonnostaan joustavampia kuin perinteiset automaattioratkaisut. Kun tietty tehtävä on ohjelmoitu robottiin, se voidaan ottaa käyttöön sekunneissa. Näin ollen toiminnan muuttaminen voi olla hyvinkin nopeaa ja toiminnan katkokset lyhyitä. Robottijärjestelmä voi käsitellä useita erilaisia variaatioita tuotteista, mikä mahdollistaa pienemmät eräkoot. (Wilson 2015, 37.) Robotisoidulla automaatiojärjestelmällä voidaan tuottaa tehokkaasti jopa yhden kappaleen tuotantosarjoja (Billing 2015, 3). Joitain rajoitteita tähän tuo robotin ympärillä olevat laitteet kuten tarttujat, mutta huolellisella suunnittelulla ja hyvällä konseptilla nämä rajoitteet voidaan ohittaa. Robottijärjestelmää käyttöönotettaessa on kuitenkin huomioitava, että robotti ei ole yhtä joustava työntekijä kuin ihminen. (Wilson 2015, 37)

Yksi suurimmista robotiikan eduista on se, että robotit pystyvät toistamaan tehdyn työsuorituksen, mikä johtaa laadun parantumiseen. Kun tuote saadaan tehtyä kerralla oikein, myös materiaalihukka vähenee. Robotit käyttävät vähemmän raaka-aineita tai

tarvikkeita tuotteen valmistukseen, sillä tarvittavat materiaalmäärät voidaan optimoida. (Mts. 2015, 151.) Esimerkiksi hitsausrobotti tekee aina juuri tarvittavan kokoisin hitsauksen, ei liian isoa tai liian pientä. Vastaavasti maalausrobotti maalaa aina yhtä paksun kerroksen maalia. (Mts. 2015, 37.) Robotti pystyy siis käsittelemään materiaaleja pienemmillä toleransseilla kuin ihminen (Mts. 2015, 151).

Roboteille voidaan ulkoistaa myös epämiellyttäviä, rasittavia sekä terveydelle haitallisia työtehtäviä. Työturvallisuus- ja työterveyslainsäädäntö tiukkenee jatkuvasti, jolloin joidenkin työtehtävien teettäminen manuaalisesti voi olla vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tällöin robotiikan soveltaminen voi olla hyvä ja kustannustehokas vaihtoehto. Tilanteissa, joissa työntekijä on suoraan tekemisessä potentiaalisesti vaarallisen työkoneneen tai prosessin kanssa, robotiikan hyödyntämisellä voidaan ehkäistä työtapaturmia. Teollisuudessa on paljon toistuvia ja raskaita aktiviteetteja, jotka voivat johtaa erilaisiin vaivoihin, kuten venähdyksiin. Robotiikan hyödyntäminen tällaisiin tehtäviin vähentää työtapaturmien riskiä. (Mts. 2015, 37-38.)

Työympäristön paraneminen sekä vaativimpien ja toistuvien työtehtävien poistaminen vähentää yrityksen työntekijöiden vaihtuvuutta. Työntekijä on todennäköisemmin tyytyväinen, kun hänelle annetaan haastavampia ja vähemmän toistuvia työtehtäviä, jotka vaativat korkeatasoisempia taitoja. Nämä muutokset työrooleissa johtavat myös parempaan palkkaukseen. Kun työvoiman pysyvyys yrityksessä paranee, johtaa se myös rekrytointikustannusten sekä perehdyttämisestä aiheutuneiden kustannusten pienenemiseen. (Mts. 2015, 38.)

Robotiikan tuoma joustavuus mahdollistaa tuotannon pienemmät eräkoot, jonka ansiosta voidaan minimoida varastoihin ja keskeneräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma. Robotit mahdollistavat myös esimerkiksi tiettyjen tuotantokoneiden käytön virka-ajan ulkopuolella muun tuotantolaitoksen ollessa suljettu. Näin toimimalla voidaan ehkäistä lisäkonekapasiteetin hankinta. (Mts. 2015, 38.)

Robottisovellukset voivat olla erittäin kompakteja kokonaisuuksia, sillä ne eivät tarvitse samanlaista työskentelytilaa kuin ihminen. Robotit voidaan asentaa myös tilaa säästävästi esimerkiksi kattoihin tai seiniin, jolloin tarvittava lattiapinta-ala pienenee. (Mts. 2015, 38.) Robotiikan avulla saavutetulla tilansäästöllä voidaan joissain tilanteissa ehkäistä toimitilojen laajennuksen tarvetta (Mts. 2015, 153).

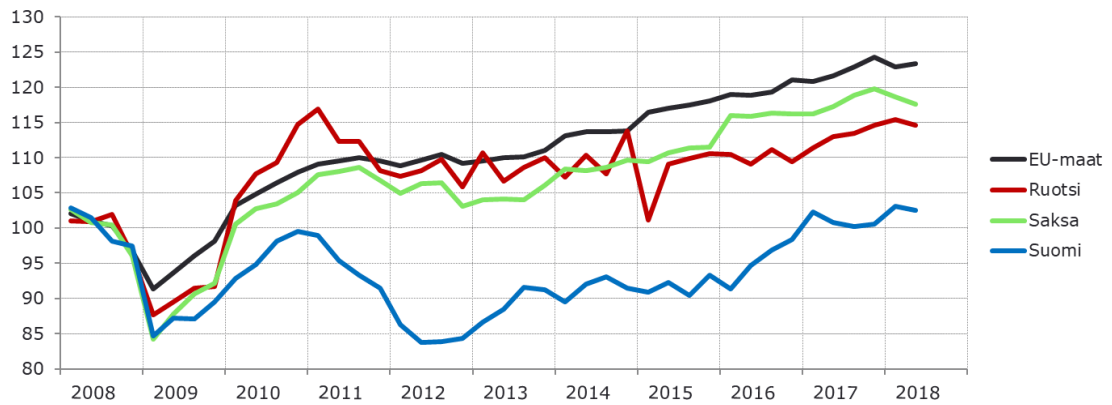
3.5 Robottiikan edut kansantaloudelle

Tuottavuuden kehittäminen

Automaation kehittämisen suurimpana tavoitteena on parantaa työn tuottavuutta. Tuottavuuden parantaminen mahdollistaa yritysten sekä kansakuntien pysymisen kilpailukykyisinä. Automaatio mahdollistaa uusien liiketoimintamallien kehittämisen, joiden avulla voidaan tuottaa uusia tuotteita sekä palveluita tehokkaammin ja joustavammin. Taloustieteilijät ovat yhtä mieltä siitä, että tuottavuuden kehittäminen on avain bruttokansantuotteen kasvattamiseen. Bruttokansantuotteen kasvu johtaa parempaan työllisyyteen sekä palkkatason kasvuun. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 1.)

Teknolomiteollisuus ry on todennut, että tuottavuuden kehittäminen on merkittävä tekijä suomalaisen teollisuuden kilpailussa globaaleja toimijoita vastaan. Tuottavuutta voidaan nostaa kolmella eri tavalla: kehittämällä teknologiaa, parantamalla työpanoksen laatua sekä kasvattamalla pääomaintensiteettiä. Pääomaintensiteetillä tarkoitetaan pääomakannan suuruutta suhteessa työn määrään. (Billing 2015, 3.) Omaksumalla ja käyttöönottamalla robotiikkaa Suomi pystyy varmimmin parantamaan tuottavuuttaan sekä pysymään kilpailukykyisenä valtiona myös tulevaisuudessa (Ventä ym. 2016, 6).

Suomen teollisuuden tuottavuuden kehitystä on verrattu merkittävimpiin kilpailijamaihin vuoden 2008 alun tasosta lähtien kuviossa 4. Kuvion 4 viimeisin havaintoarvo on kesältä 2018. Suomen teollisuuden tuottavuus on noussut viimeisen 10 vuoden aikana, eli vuoden 2008 tasoon verrattuna 2,5 %. Samalla ajanjaksolla Ruotsin teollisuuden tuottavuus on noussut 14,6 %, Saksan 17,6 % ja koko EU-alueen 23,4 %. (Teknolomiteollisuuden / Suomen talousnäkyvät 2018, 122.) Edellä mainittujen tunnuslukujen perusteella voidaankin todeta, että Suomen teollisuuden kilpailukyky on heikentynyt viimeisen 10 vuoden aikana verrattuna tärkeimpiin kilpailijamaihin.



Kuvio 4. Suomen teollisuuden tuottavuuden kehitys suhteessa kilpailijamaihin. (Teknologia-teollisuuden / Suomen talousnäkymät 2018, 122)

Robottiikalla palautetaan työpaikkoja Suomeen

Automatisointi ja robotisointi ovat elinehtoja suomalaiselle teollisuudelle sen kilpailukykyyn säilyttämisen kannalta (Andersson ym. 2016, 45). Valmistavalla teollisuudella on ollut merkittävä rooli pohjoismaiden vientivetoisissa talouksissa. Teollisuus on kuitenkin siirtänyt tuotantoaan ulkomaille pohjoismaista viime vuosina. (Heikkilä, Olhager, Martinsuo & Laine 2017, 4.)

Myös Suomesta on vuoden 2008 jälkeen siirtynyt teollista valmistusta muihin maihin. Hävinnyttä teollisuutta on hankala korvata ainoastaan täysin uusilla investoinneilla. (Ventä ym. 2016, 29.) Robottiikan avulla on kuitenkin mahdollista luoda joustavia tuotantojärjestelmiä, jotka ovat kilpailukykyisiä halvemmän työvoiman valtioiden kanssa. Toisin sanoen, robotiikan hyödyntäminen mahdollistaa työn ja teollisuuden siirtämisen takaisin Suomeen. Kirjallisuudessa tästä ilmiöstä käytetään termiä reshoring. (Andersson ym. 2016, 46-47.) Heikkilä ja muiden (2017, 24) tekemän tutkimuksen mukaan selvästi merkittävin syy tuotannon siirtämiseen ulkomaille on ollut kalliit työvoimakustannukset. Vastaavasti tärkein syy tuotannon palauttamiseen takaisin kotimaahan on ollut korkea laatu (Heikkilä ym. 2017, 24).

Reshoring on vielä suhteellisen uusi ja vähän tutkittu ilmiö (Heikkilä ym. 2017, 4). Esimerkkejä reshoringista kuitenkin löytyy. Esimerkiksi vuonna 2012 Valtavalo Oy palautti tuotantoa Suomeen Kiinasta, automatisoituun tehtaaseen (Tuotanto palaa takaisin... 2016). Toisena merkittävä esimerkkinä reshoringista voidaan pitää Yhdysval-

tain autoteollisuutta, joka on vuosina 2010-2015 palkannut 230 000 uutta työntekijää. Saman aikaisesti Yhdysvalloissa on käyttöönotettu 135 000 uutta teollisuusrobottia, joista suurin osa autoteollisuuteen. Yhdysvalloissa uusien teollisuusrobottien vuosittainen käyttöönotto on kolminkertaistunut vuoden 2009 finanssikriisin jälkeisestä tasosta. Robottien käyttöönoton tavoitteena on ollut vahvistaa teollisuuden kilpailukykyä, jonka avulla teollisuutta ja sen alihankintaa on pystytty säilyttämään sekä palauttamaan takaisin Yhdysvaltoihin (Heer 2016, 1).

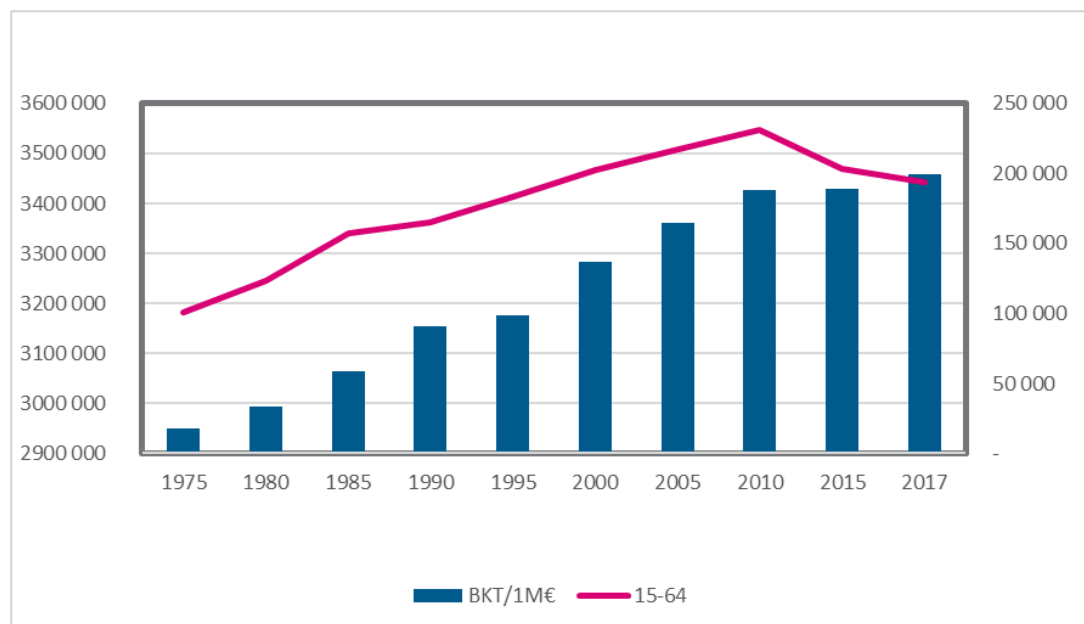
Tulevaisuuden työvoimapula vaatii tuottavuuden kehittämistä

Monissa kehittyneissä talouksissa väestön ikärakenteen muutoksen, eli pienentynyt syntyvyys sekä ikääntyvän väestön takia, käytettävissä oleva työvoima kutistuu (Strack, Baier, Marchingo & Sharda 2014, 10). Tulevaisuudessa tämä johtaa tilanteeseen, jossa työvoiman tarjonta ja kysyntä eivät enää kohtaa. Työvoiman puute länsimaissa voi muodostua talouskasvun esteeksi. (Strack ym. 2014, 3.)

Työvoiman riittävyttä ennustettaessa tulee pohtia sekä työvoiman kysyntää, että työvoiman tarjontaa. Työvoiman tarjonta tarkoittaa sitä, kuinka paljon kansantaloudella on työvoimaa käytössä tuottamaan palveluita sekä tuotteita. Ennustettaessa työvoiman tarjontaa, tulee huomioida syntyvyysaste, maahanmuuton trendit sekä työllisyysaste eri ikäryhmissä. Vastaavasti työvoiman tarvetta määriteltäessä tulee tietää tulevaisuuden bruttokansantuote sekä tuottavuus. Tuottavuuden sekä bruttokansantuotteen ennustaminen on hyvin haasteellista ja se perustuukin arvioihin. Edellä mainituista voidaan kuitenkin luoda tulevaisuudennäkymiä, olettamalla niiden kasvun pysyvän samana. (Strack ym. 2014, 6-7.)

Boston consulting group tutki työvoiman kysynnän ja tarjonnan kohtaamista maailman suurimmissa talouksissa sillä oletuksella, että tuottavuuden sekä bruttokansantuotteen kasvu pysyvät samoina kuin viimeiset 10 sekä 20 vuotta. Tämän jälkeen nämä tunnusluvut suhteutettiin käytettävissä olevaan työvoimaan. (Strack ym. 2014, 6-7.) Tutkimuksen mukaan suurin osa talouksista kärsii voimakkaasta työvoimapulasta vuonna 2030 (Strack ym. 2014, 3). Esimerkiksi Saksassa kärsitään vuonna 2030 noin 8-10 miljoonan työntekijän vajauksesta (Strack ym. 2014, 8). Tämä ei kuitenkaan ole ainoastaan läntisen Euroopan ongelma. Tutkimus ennustaa Kiinaan 24,5 miljoonan työntekijän vajuusta vuonna 2030. (Strack ym. 2014, 4).

Oletettavasti myös Suomessa törmätään vastaavaan työvoimapulaan lähitulevaisuudessa. Kuviossa 5 on esitetty Suomen bruttokansantuotteen sekä 15-64-vuotiaiden ihmisten lukumäärän kehitys. Suomen bruttokansantuote on tuplaantunut verrattuna vuoden 1990 tasoon (Liitetaulukko 1. Bruttokansantuote (BKT) 1975-2018 2019). Vastaavasti 15-64 vuotiaiden ikäryhmän, jota yleisesti voidaan pitää työmarkkinoihin osallistuvana ikäryhmänä, lukumäärä on ollut korkeimmillaan vuonna 2009. Tällöin suomessa on ollut 3,55 miljoona 15-64 vuotiasta ihmistä. Tämän jälkeen kyseisen ikäryhmän väkiluku on lähtenyt laskuun ollen vuonna 2017 3,44 miljoonaa. (Väestö iän (5-v.) ja sukupuolen mukaan, 1865-2018 N.d.) Tulevaisuudessa kyseisen väestöryhmän osuus tulee pienenemään entisestään, sillä Suomessa syntyvyyttä mittaava hedelmällisyysluku vuonna 2018 oli 1,41. Hedelmällisyysluku on laskenut suomessa kahdeksan peräkkäistä vuotta, ollen vuonna 2010 1,87. Hedelmällisyysluku on kansantalouden tunnusluku, joka kertoo kuinka monta lasta nainen synnyttää elämänsä aikana. Hedelmällisyysluvun ollessa 2,1 väestö uudistuu. (Hedelmällisyys 2019.)



Kuvio 5. Bruttokansantuotteen sekä työikäisten lukumäärän kehitys (Liitetaulukko 1. Bruttokansantuote (BKT) 1975-2018, 2019, Hedelmällisyys 2019)

Kansantalouden bruttokansantuote ei voi jatkaa kasvuaan, mikäli edellä kuvattu ennustus työvoimapulasta toteutuu. Boston consulting groupin mukaan työvoimakriisiä voidaan ehkäistä käytännössä neljällä eri toimenpiteellä: (Strack ym. 2014, 9).

1. Nostamalla tuottavuutta esimerkiksi teknologiainvestoinneilla.
2. Parantamalla työllisyysastetta, erityisesti naisilla ja ikäihmisillä.
3. Kehittämällä maahanmuuttopolitiikkaa.
4. Nostamalla työntekijöiden vuosittaista työaikaa.

3.6 Robotiikan vaikutuksen työllisyyteen

Viime vuosina on käyty kovaa keskustelua siitä, miten robotiikka yhdessä tekoälyn ja automaation kehityksen kanssa muuttaa taloutta, palkkoja, yhteiskuntaa sekä työelämää (DeCanio 2016, 280). Teknologian ja automaation voimakas kehitys on jo viime vuosikymmenien aikana muuttanut merkittävästi yhteiskunnan ja työelämän rakenteita (Van Roy, Vertesy & Vivarelli 2018, 1762).

Kovinta väittelyä käydään siitä, mitkä ovat robotiikan vaikutukset työllisyyteen.

Viekö teknologian kehitys työpaikat vai luoko tuottavuuden kasvu uusia työpaikkoja? (DeCanio 2016, 280.) Robotiikan yksi tärkeimmistä tavoitteista on ihmisen tekemän työn korvaaminen automatisoinnilla sekä työn tuottavuuden parantaminen. Aiheeseen liittyy kaksi toisistaan poikkeavaa näkökulmaa. Yhden näkökulman mukaan työvoimaa säästävän teknologian kehitys johtaa tulevaisuudessa teknologiseen työttömyyteen. Vastakkaisen väitteen, niin sanotun kompensatioteorian mukaan, teknologian kehityksen myötä tapahtuva tuottavuuden kasvu vaikuttaa positiivisesti talouteen, joka johtaa uusien työpaikkojen syntymiseen. (Van Roy ym. 2018, 1762.) Myös siitä, kuinka moni työpaikka on vaarassa hävitä teknologian kehityksen myötä tulevaisuudessa, on ristiriitaisia arvioita.

Eriyisen haastavan kysymyksestä tekee se, että esimerkiksi vuoteen 2030 ulottuvaa tulevaisuutta on vaikea ennustaa tarkasti, sillä varsinaisia tieteellisiä menetelmiä tulevaisuuden ennustamiseksi ei ole. Tämä näkyy myös kirjallisuudessa ja aiheeseen liittyvissä tutkimuksissa, joiden tulokset poikkeavat toisistaan. Työn tuottavuuden parantuminen sekä ihmisen tekemän työn korvaaminen koneella ei ole uusi ilmiö, vaan sitä on tapahtunut läpi teollisen historian. Toisaalta myös tulevaa teknologista kehi-

tystä voidaan ennakoida. Tutkittaessa teknologian vaikutuksia työelämään tulee kuitenkin muistaa, että myös muilla tekijöillä, kuten globalisaatiolla, politiikalla ja väestörakenteella on merkittävä rooli näissä muutoksissa. (DeCanio 2016, 281.)

Teknologinen työttömyys

Teknologiseksi työttömyydeksi kutsutaan ilmiötä, jossa voimakas teknologian kehitys vähentää nopeammin työpaikkoja kuin uusia työpaikkoja ehtii syntyä tilalle. Termi ei ole uusi, vaan sen kehitti taloustutkija John Keynes jo 1930 -luvulla. Nykyään on laajalti hyväksytty tosiasia, että teknologian kehitys lisää työpaikkoja tietyillä aloilla ja vastaavasti vähentää työvoiman tarvetta joillain aloilla. (DeCanio 2016, 281)

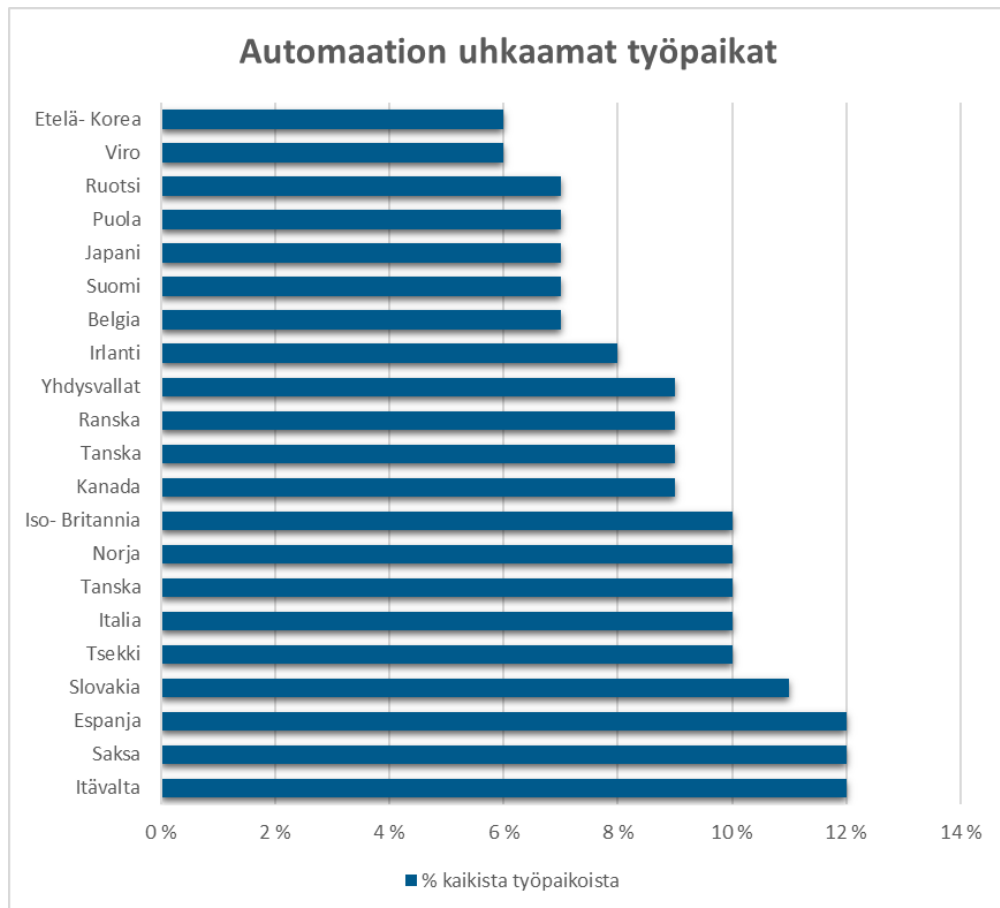
Viime vuosina useat tutkimustulokset ovat herättäneet huolta siitä, että teknologian kehitys voi johtaa laajaa massatyöttömyyteen tulevaisuudessa (Arntz, Gregory & Zierahn 2016, 25). Nämä teknologista työttömyyttä ennustavat tutkimukset perustavat väitteensä teknologian nopeaan ja voimakkaaseen kehitykseen. Tekoälyn ja robotiikan nopean kehityksen myötä robotit kykenevät yhä vaativimpiin työtehtäviin. Tämä tarkoittaa sitä, että robotiikalla ja tekoälyllä voidaan korvata yhä useampia työtehtäviä tulevaisuudessa. Teknologian kiihtyvä kehitysvauhti voi johtaa tilanteeseen, jossa uusia työpaikkoja ei ehdi syntyä yhtä paljon kuin niitä tuhoutuu. (DeCanio 2016, 281)

Tutkimusten mukaan työttömyys tulee lisääntymään merkittävästi, mikäli robotiikka sekä tekoäly saavuttavat riittävän korkean tason. Tällöin yhä useampi työtehtävä on automatisoitavissa. Esimerkiksi DeCanio (2016, 289) tutki Houthakkerin mallin avulla ihmistyön korvaamista robotiikalla ja tekoälyllä. Tutkimuksessa selvitettiin työn korvaamisen elastisuutta tilanteessa, jossa robotti korvaa ihmisen tekemän työn. Tutkimuksessa elastisuus kuvastaa sitä, kuinka vaikeaa työn korvaaminen on. Tutkimuksen mukaan, kun robotiikan elastisuus suhteessa ihmistyöhön ylittää tason väliltä 1,7-2,1, vaikuttaa se negatiivisesti palkkatasoon sekä työllisyyteen. Tutkimuksessa huomauteaan, että saavutettava taso ei ole kovin korkea, vaikkakin robotiikalla on vielä matkaa tähän tasoon. Vertailtaessa korkeakoulutetun työntekijän korvaamista kouluttamattomalla työntekijällä, on elastisuus 2,9. Toisin sanoen, kun robotiikalla pystytään korvaamaan riittävä määrä työtehtäviä, johtaa se teknologiseen työttömyyteen. (DeCanio 2016, 289.)

Yleisesti on turvallista olettaa, että tekoäly tulee kehittymään voimakkaasti tulevaisuudessa. Tekoäly on yksi merkittävimmistä tekijöistä robotiikan kehityksessä. Mooren lain mukaan vuodesta 1945 lähtien tietokoneiden tehokkuus on kasvanut 45 %:n vuosivauhdilla. Tehokkuuden kasvun kaava on pätenyt myös viime vuosina eikä merkkejä tehokkuuden kasvun hiipumisesta ole havaittu. Päinvastoin, vastaavan kasvun voidaan olettaa jatkuvan. Monet valtiot ovat huomanneet tekoällyn potentiaalin ja panostavat merkittävästi vahvan tekoällyn kehittämiseen saavuttaakseen taloudellista ja sotilaallista etua (DeCanio 2016, 289.)

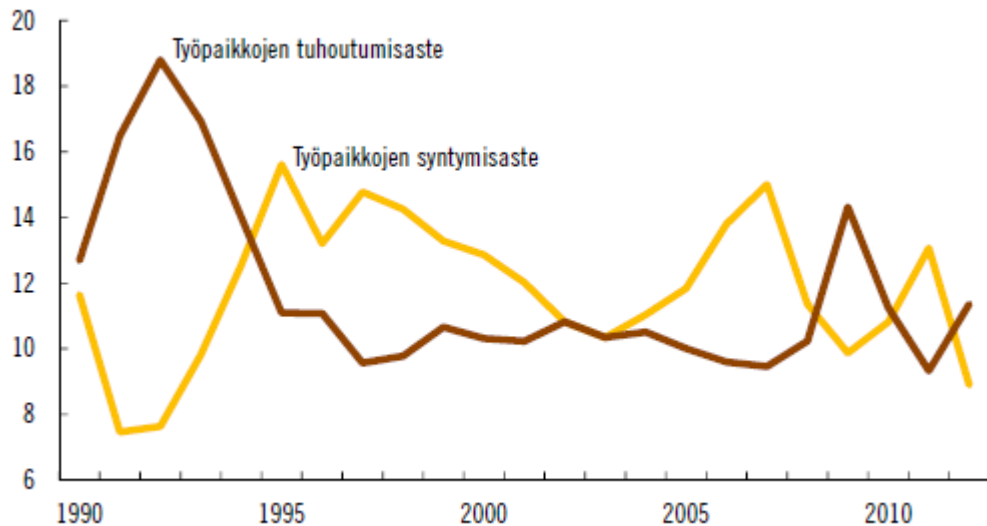
Tekoällyn ja robotiikan kehityksen myötä robotit kykenevät siis yhä vaativimpiin työtehtäviin, mikä johtaa ihmisen tekemän työn korvaamiseen (DeCanio 2016, 281). Arviot siitä, kuinka paljon työtehtäviä voidaan tulevaisuudessa korvata vaihtelevat. Useiden tutkimusten mukaan on todennäköistä, että jopa 40 - 50 % työvoimasta on vaarassa menettää työpaikkansa robotiikalle ja automaatiolle seuraavan muutaman vuosikymmenen aikana. (DeCanio 2016, 289.) Maailman pankin mukaan teknologian kehitys uhkaa jopa 57% OECD-maiden työpaikoista. Toisaalta tulee huomioida, että nämä työpaikat eivät häviä varmasti. Nämä prosenttiosuudet tarkoittavat enemmänkin sitä, että näin paljon työtä voidaan teoriassa automatisoida. (Technology at work v2.0 The Future Is Not What It Used to Be 2016, 18.)

On olemassa myös tutkimustuloksia, joiden mukaan robotiikan vaikutukset työllisyyteen eivät ole niin synkkiä kuin monissa tutkimuksissa on annettu ymmärtää. Esimerkiksi Arntz, Gregory & Zierahn (2016, 4) tutkivat töiden automatisointia 21 OECD-maassa hyödyntäen työtehtävöpohjaista lähestymistapaa, toisin kuin kovia työttömyysprosentteja ennustavat tutkimukset. Tutkimuksessaan he huomioivat myös työtehtävien heterogeenisuuden eri ammateissa. Tutkimuksen tuloksena 21 OECD-maassa vain yhdeksän prosenttia töistä on merkittävässä vaarassa hävitä automatisoinnin takia. Luku jää pieneksi, sillä työntekijöillä on usein paljon myös rutiinittomia työtehtäviä, joita on vaikeampi automatisoida. (Arntz ym. 2016, 4.) Tutkimuksen tulokset maittain on esitetty Kuviossa 6.



Kuvio 6. Automaation uhkaamat työpaikat OECD-maissa. (Arntz ym. 2016, 33)

Kuten kuviosta 6 huomataan, noin seitsemän prosenttia Suomen työpaikosta on vaarassa hävitä työtehtävien automatisoinnin myötä. Kuviossa 7 on esitetty Suomessa yrityssectorilla tuhoutuneiden ja uusien työpaikkojen prosenttiosuus kaikista yrityssectorin työpaikoista. Suomessa keskimäärin 12 % työpaikosta tuhoutuu vuosittain. Seitsemän prosentin lisäys tuhoutuneisiin työpaikkoihin on iso, mutta ei johda teknologiseen massatyöttömyyteen. (Kauhanen 2016, 13.)



Kuvio 7. Työpaikkojen syntymis- ja tuhoutumisaste Suomessa (Kauhanen 2016, 13)

Kompensaatioteoria

Niin sanotun kompensaatioteorian mukaan tuottavuuden kasvu johtaa kilpailuilla markkinoilla tuotteiden hintojen laskuun, mikä puolestaan johtaa kysynnän kasvuun. Kysynnän kasvun myötä myös työllisyys paranee. Vähemmän kilpailuilla markkinoilla tuottavuuden kasvu johtaa usein yritysten suurempiin voittoihin sekä työntekijöiden palkkojen nousuun. Pääoman kasvu johtaa uusiin investointeihin ja palkkojen nousu lisää kulutusta. Molemmat muutokset taloudessa vaikuttavat positiivisesti työllisyyteen. (Van Roy ym. 2018, 1762.)

Tuottavuuden nopea kasvu ei ole uusi ilmiö. Monet tutkimukset ovat osoittaneet korrelaation tuottavuuden ja talouden kasvun välillä. Voimakasta teknologista työttömyyttä ennustavat tutkimuksen jättävät usein huomioimatta automaation myötä parantuneen tuottavuuden vaikutuksen tulojen sekä työvoiman tarpeen kasvuun. (The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs 2018, 7.) Todellisuudessa tuottavuuden kasvun suhdetta työllisyyden paranemiseen pidetäänkin yleisesti historiallisena faktana (Kauhanen 2016, 13). Myös monet tutkimukset osoittavat positiivista korrelaatiota automaation ja työllisyyden välillä. Esimerkiksi 1999-2010 EU:n jäsenvaltioissa tietokoneiden kehityksen myötä työvoiman tarve kasvoi 11,6 miljoonalla työpaikalla, eli kehityksen työllistävä vaikutus oli suurempi kuin työpaikkoja hävittävä vaikutus. Lisäksi valtiot kuten Saksa ja Etelä-Korea, joilla on eniten robotteja

käytössä suhteessa asukasluukuun, on myös maailman pienimmät työttömyysasteet. (The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs. 2018, 7.)

Parhaimmillaan teollisuuden tuottavuus Suomessa on ollut noin 35-kertainen vuoden 1926 tasoon verrattuna. Toisin sanoen nykyaikaisella tuotantoteknologialla 1900-luvun alun tuotanto olisi aikaan saatu noin kolmella prosentilla sen aikaisesta työvoimasta. Myös Suomen bruttokansantuote on lähes tuplaantunut vuodesta 1975. Tämä tarkoittaa sitä, että vuoden 1975 aineellinen hyvinvointi voitaisiin nykyään saavuttaa työskentelemällä puolet tuolloin käytetystä työajasta. Tästäkin huolimatta tehtyjen työtuntien määrä ei käytännössä ole pienentynyt 30 vuoden aikana. Vaikka teollisuuden tuottavuus on vuosien varrella kasvanut merkittävästi, on tarvittavan työvoiman määrä pienentynyt vain vähän. Pohjimmiltaan tämä johtuu kompensatioteoriasta, eli tehokkuus luo varallisuutta, joka johtaa talouden kokonaiskasvun kasvuun. (Kauhanen. 2016, 20-23.)

Suhteellisen edun periaate

Vaikka tulevaisuudessa kaikki työtehtävät voitaisiin tehdä robotiikan avulla tehokkaammin, ei ihmisen tekemä työ menetä merkitystään taloustieteilijä David Ricardon kehittämän suhteellisen edun periaatteen mukaan. Ricardo sovelsi periaatettaan alun perin kansainväliseen kauppaan. Periaatteen mukaan kahden valtion kannattaa käydä kauppaa keskenään, vaikka toinen valtio pystyisi tuottamaan kaikki tarvitsemansa hyödykkeet itse halvemmalla. Tällöin tuottavamman valtion kannattaa priorisoida resurssinsa valmistamaan tuotteita, joissa se on suhteellisesti paras verrattuna muihin maihin ja ostaa muut tuotteet. (Kauhanen 2016, 19-20.)

Samaa periaatetta voidaan soveltaa myös ihmistyön korvaamiseen robotiikalla. Vaikka robotiikka olisi kaikissa työtehtävissä tehokkaampi kuin ihminen, robotiikalla kannattaa automatisoida vain ne työtehtävät, joissa se on suhteellisesti paras verrattuna ihmiseen. Kansantaloudellisesti ei olisi järkevää jättää käyttämättä ihmisen tuotantopanosta, koska silloin kokonaistuotanto jäisi pienemmäksi. (Kauhanen 2016, 19-20.)

4 Robotiikkateknologiat

4.1 Robotti

Robotista on useita erilaisia, hieman toisistaan poikkeavia määritelmiä. Tämä johtuu siitä, että robottien monimuotoiset ja erilaiset sovellukset hankaloittavat määrittelyä. Esimerkiksi robotti-imuri voidaan luokitella robotiksi samoin kuin autotehtaassa toimiva hitsausrobotti tai itseohjautuva auto. (Bonkenburg 2016, 9.) Yksi merkittävimmistä englannin kielen sanakirjoista, Oxford English Dictionary, antaakin robotille kaksi hieman toisistaan poikkeavaa määritelmää (Definition of robot in English N.d):

A machine resembling a human being and able to replicate certain human movements and functions automatically.

A machine capable of carrying out a complex series of actions automatically, especially one programmable by a computer.

Ensimmäisellä määritelmällä ei tarkoiteta perinteistä teollisuudessa hyödynnettävää robotiikkaa vaan enemmänkin tieteiselokuvista tuttuja, ihmisiä muistuttavia robotteja. Vastaavasti toinen määritelmä on melko lakea ja sen voi täyttää hyvin monenlaiset koneet, esimerkiksi kuljetinjärjestelmät. (Bonkenburg 2016, 9.)

Standardi ISO 8373:2012 määrittelee robotiikassa yleisimmin käytettävät termit. Standardi määrittelee robotin mekanismiksi, joka on ohjelmoitavissa kahdelle tai useammalle vapausasteelle, jolla on jonkinasteista autonomiaa ja joka osaa liikkua ympäristössään suorittaakseen sille tarkoitettuja tehtäviä. Autonomiaksi standardi määrittelee kyvyn suorittaa tehtäviä perustuen nykytilan havaitsemiseen ilman ihmisen avustusta. Lisäksi standardi huomauttaa, että robotti sisältää ohjausjärjestelmän sekä käyttöliittymän siihen. (ISO 8373:2012.) Standardin määritelmässä korostetaan robotin ohjelmoitavuutta, autonomisuutta ja kykyä suorittaa sille annettuja tehtäviä (Alho ym. 2018, 3).

ISO 8373:2012 erottelee myös robottimaisen laitteen (robotic device) robotista. Standardin mukaan robottimainen laite on mekanismi, joka täyttää teollisuus- tai palvelurobotin ominaisuudet, mutta jolla ei ole riittävää määrää ohjelmoitavia akseleita tai se ei täytä autonomisuuden määritelmää. (ISO 8373:2012.)

Yleisesti hyväksytyimmät ja vakiintuneimmat robottien luokittelut ovat ISO -standardeihin perustuvat sekä kansainvälisen robotiikkayhdistyksen eli IFR:n hyväksymät luokittelut. Yleisesti kaikki robotit luokitellaan joko teollisuus- tai palveluroboteiksi niiden käyttötarkoituksen mukaan. (Alho ym. 2018, 3, 6.)

4.2 Teollisuusrobotti

ISO 8373:2012 määrittelee teollisuusrobotin automaattisesti ohjattavaksi, uudelleen ohjelmoitavaksi, monikäyttöiseksi laitteeksi, joka on ohjelmoitavissa vähintään kolmelle vapausasteelle, joka voidaan kiinnittää paikalleen tai se voi olla liikkuva ja jota käytetään teollisuuden automaatiosovelluksissa (ISO 8373:2012). Uudelleen ohjelmoitavuudella tarkoitetaan sitä, että teollisuusrobotin liikkeet tai toiminnot voidaan uudelleen määritellä ilman fyysisiä muutoksia. Vastaavasti monikäyttöisyydellä tarkoitetaan sitä, että robotti voidaan mukauttaa erilaiseen sovellukseen fyysisellä muutoksella. IFR jaottelee teollisuusrobotit seuraaviin seitsemään eri luokkaan niiden mekaanisen rakenteen perusteella: (Industrial robots - definition and classification. 2016, 26.)

1. Lineaariset robotit,
2. SCARA-robotit,
3. Käsivarsirobotit,
4. Delta-robotit,
5. Sylinterimäiset robotit,
6. Muut robotit ja
7. Luokittelemattomat robotit.

Perinteiset teollisuusrobotit ovat palvelleet teollisuutta jo pitkään. Ne ovat ohjelmoitavia, monitoimisia ja mekaanisia laitteita, jotka on suunniteltu teollisiin ympäristöihin. Niitä hyödynnetään teollisuudessa ihmiselle liian raskaiden, vaarallisten, toistoja vaativien ja epämiellyttävien tehtävien suorittamiseen. (Alho ym. 2018, 10.) Teollisuusrobotteja hyödynnetään materiaalinkäsittelyssä, jolloin tuotetta täytyy liikuttaa

eri tuotantokoneiden välillä sekä lisäävässä tai vähentävässä valmistusprosessissa. Lisäävällä valmistusprosessilla tarkoitetaan esimerkiksi kokoonpanoa, hitsausta, liimausta tai maalaamista. Vähentävällä valmistusprosessilla tarkoitetaan esimerkiksi jyrsintää, lakkausta, hiontaa tai kiillotusta. Tähän asti robotiikan kehitystä on vahvasti ajanut autoteollisuuden tarpeet. Tästä syystä teollisuusrobotiikan kehitys on keskittynyt suurimmaksi osaksi materiaalinkäsittelyyn ja hitsaukseen. Vuonna 2003 80 % teollisuusrobottien sovelluksista liittyivät näihin työtehtäviin. (Balkeshwar ym. 2013, 763.)

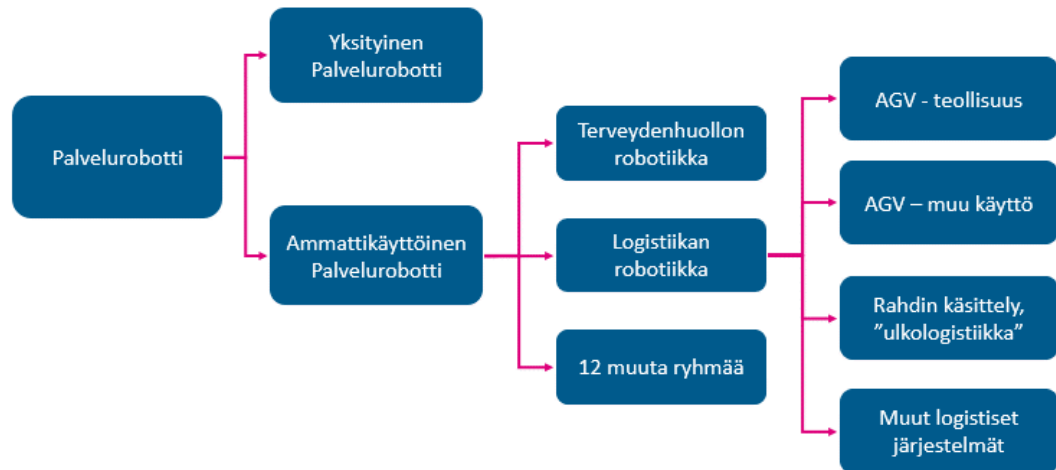
Perinteiset teollisuusrobotit ovat teknologialtaan tänä päivänä vielä melko rajoittuneita. Tästä syystä teollisuusrobotit ovat hyödyllisiä voimakkaasti jäsenellyissä työtehtävissä, joista käytännössä kaikki variaatiot ja päätöksenteot on rajattu pois. (Balkeshwar ym. 2013, 763.) Tehtaissa teollisuusrobotit ovatkin sijoitettu turvakaarien ja muiden suljettujen vaara-alueiden sisälle, jotta ne eivät aiheuttaisi vaaratilanteita ihmisille (Alho ym. 2018, 10).

4.3 Palvelurobotti

ISO 8373:12 -standardi määrittelee palvelurobotiksi robotin, joka suorittaa ihmisille tai laitteille hyödyllisiä tehtäviä, pois lukien teollisen automaation sovellukset. Standardissa teollisen automaation sovellukset sisältävät valmistuksen, tarkastuksen, pakkaamisen ja kokoonpanon. (ISO 8373:2012.) Palvelurobotin määritelmä on pohjimmiltaan hyvin yksinkertainen. Periaatteessa kaikki robotit, jotka eivät täytä teollisuusrobotin määritelmää, mutta täyttävät robotin määritelmän, voidaan luokitella palveluroboteiksi. (Ventä ym. 2018, 47.) Huomioitavaa on, että myös robotin sovel-luskohde määrittelee, onko kyseessä teollisuus- vai palvelurobotti. Esimerkiksi käsivarsirobotti, joka työskentelee tuotantolinjalla, määritellään teollisuusrobotiksi. Mikäli samaa käsivarsirobottia hyödynnetään ravintolassa ruoan tarjoiluun, on kyse palvelurobotista. (ISO 8373:2012)

Toisin kuin teollisuusrobotit, jotka luokitellaan niiden mekaanisen rakenteen perusteella, palvelurobotit luokitellaan niiden käyttötarkoituksen perusteella. Aluksi palvelurobotit luokitellaan joko yksityiskäyttöisiin robotteihin tai ammattikäyttöisiin robot-

teihin. Ammattikäyttöiset robotit luokitellaan niiden käyttötarkoituksen mukaan. Tarkempi palvelurobottien luokittelu sovelluskohteittain on esitetty kuviossa 8 (Industrial robots - definition and classification 2016, 9-12.)



Kuvio 8. Palvelurobotiikan luokittelu (Industrial robots - definition and classification 2016, 11-12)

4.4 Yhteistyörobotti

Robottiikan kehityksen painopiste on tällä hetkellä voimaohjatuissa roboteissa liikeohjattujen robottien sijaan. Uusimman anturitekniikan ja tarkan voimaohjauksen avulla tällaisista roboteista voidaan tehdä turvallisia ilman, että robotin täytyy toimia eristetyllä alueella. Toisin sanoen työntekijä voi tällöin toimia turvallisesti robotin työalueella. (Ventä ym. 2016, 10.) ISO 8371:2012 -standardi käyttää tällaisesta robotiikasta termiä yhteistyörobotiikka. Standardi määrittelee yhteistyörobotin robotiksi, joka on suunniteltu suoraan vuorovaikutukseen ihmisen kanssa. (ISO 8373:2012.) Kehitys yhteistyörobotiikassa laajentaa tehtäväkenttää, johon robotiikkaa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa (Robots and the Workplace of the Future 2018, 6).

Osa yhteistyöroboteista on asennettu kiinteiksi, osa vastaavasti kykenee liikkumaan paikasta toiseen. Yhteistyörobotit tekevät työtä yhteistyössä ihmisen rinnalla sen sijaan, että ne ovat töissä suljetuilla alueilla. Yhteistyörobotit on varustettu antureilla ja ohjelmistoilla, joiden avulla ne kykenevät havaitsevat odottamattomia voimia ja

liikkeitä sekä reagoimaan niihin. Mikäli työntekijä vahingossa törmää yhteistyörobottiin, robotti joko pysähtyy tai siirtää toimilaitteensa, esimerkiksi tarttujan tai käsivarren, pois tieltä. Usein yhteistyörobotit ovat helposti ohjelmoitavissa. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 7.) Moderni yhteistyörobotti voidaan opettaa näyttämällä sen liikerata perinteisen ohjelmoinnin sijaan. Näin ohjelmointityön voi suorittaa useampi käyttäjä. Tämä lisää myös robottijärjestelmän joustavuutta sekä vähentää ohjelmoinnista aiheutuvia kustannuksia. (Ventä ym. 2016, 23.)

Yhteistyörobotit ovat kohtuuhintaisia robotteja eikä niiden käyttöönotto ole kovin monimutkaista. Tästä syystä yhteistyörobottien käyttö ei vaadi erityisammattiosaimista. Esimerkiksi Rethinking Roboticsin tarjoaman Sawyer-robotin markkinahinta on noin 29 000 \$. Tämä robotti soveltuu mm. materiaalinkäsittelyyn, pakkaamiseen sekä lähetysten purkamiseen. Toinen esimerkki yhteistyörobotista on Universal Roboticsin valmistama UR5, jonka markkinahinta on noin 34 000 \$. Edellä mainitut summat ovat pienempiä kuin työntekijän keskimääräinen vuosipalkka kehittyneissä maissa. Tämä mahdollistaa robottien lyhyet takaisinmaksuajat. Esimerkiksi Universal Roboticsin mukaan UR-robottien takaisinmaksuaika on keskimäärin 195 päivää. Erityisesti länsimaissa lyhyt takaisinmaksuaika sekä yhteistyörobottien suhteellisen halpa hinta voivat kehittää merkittävästi pk-yritysten tuotantoprosesseja. (Technology at work v2.0 The Future Is Not What It Used to Be 2016, 92-93.) Robottien pudonneet hinnat sekä helpompi ohjelmoitavuus mahdollistavat tuottavuuden nostamisen ilman luopumista pienen yrityksen joustavuudesta sekä pienistä tuotantosarjoista (Robots and the Workplace of the Future 2018, 7).

Yhteistyörobotiikan yleistymisessä on kuitenkin huomioitava, että tekniikka on vielä varsin nuorta. Esimerkiksi kansainvälisiä turvastandardeja vasta kehitetään tätä uutta toimintamallia varten. ISO/TS 15066 on standardi, joka määrittelee yhteistyörobotiikan turvamääräykset (Ventä ym. 2016, 10). Yhteistyörobottitekniikan odotetaan kuitenkin kehittyvät lähivuosina nopeasti. Edellä kuvattu tilanne hidastaa yhteistyörobottimarkkinoiden kasvua, sillä yrityksiä huolestuttaa jumiutua lähitulevaisuudessa teknologiaan, joka on vielä varhaisessa kehitysvaiheessa. (Technology at work v2.0 The Future Is Not What It Used to Be 2016, 92-93.) Toisaalta uusia yhteistyörobotiikkaan perustuvia robotiikkakonsepteja tulee markkinoille vuosittain (Ventä ym. 2016,

10). Tällä hetkellä robotiikan kansainvälinen kattojärjestö IFR tunnistaa yli 700 yhteistyörobotiikkaa valmistavaa yritystä (Tsuda ym. 2018, 27).

4.5 Mobiilirobotti

ISO 8373:2012 -standardin mukaan mobiilirobotilla tarkoitetaan robottia, joka kykenee liikkumaan autonomisesti (ISO 8373:2012). Mobiilirobotilla tarkoitetaan siis yhteistyörobotia, joka kykenee liikkumaan. Useilla mobiiliroboteilla on jokaiseen suuntaan kääntyvät pyörät, joiden avulla ne voivat liikkua mihin suuntaan tahansa kääntymättä. Tehdas- tai varastoympäristössä operoiva mobiilirobotti voidaan ohjelmoida pysähtymään, mikäli sen anturit havaitsevat liikkuvan esineen tietyn etäisyyden sisällä. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 7.) Erityisesti logistiikassa robotin liikkuvuus on tärkeä ominaisuus (Bonkenburg 2016, 16).

Hyvänä esimerkkinä modernista mobiilirobottijärjestelmästä toimii Seinäjoen keskussairaalassa vuonna 2016 käyttöönotettu TUG-mobiilirobottijärjestelmä. Järjestelmä koostui aluksi kahdesta mobiilirobotista. Vuoden 2018 aikana järjestelmä on laajentunut kahdeksaan mobiilirobottiin. (Alho ym. 2018, 23.) Robottijärjestelmällä on pyritty automatisoimaan Seinäjoen keskussairaalan materiaalivirrat. Järjestelmässä mobiilirobotti liikkuu kutsusta tai itsenäisesti osastolta toiselle. Robotti osaa itse suunnitella reittinsä, väistää reitin varrella vastaan tulevia esteitä, avata sähköovia sekä käyttää hissiä. Robottijärjestelmään pitää ladata sairaalan pohjapiirustus, minkä jälkeen itse fyysiseen sairaalaympäristöön tarvitsee tehdä vain vähän muutoksia. Robotin kytkeytyminen sähköviin ja hisseihin toimii langattoman verkon kautta. (Väntä ym. 2018, 53.) Myös sairaalan henkilökunta voi tilata ja seurata robotin toimintaa älypuhelimilla tai päätelaitteilla (Alho ym. 2018, 23).

Puolen vuoden toiminnan jälkeen Seinäjoen keskussairaalassa järjestelmän on tuonut hyötyjä toimintaan. Robottijärjestelmä kykenee työskentelemään joustavasti kellon ympäri, jokaisena viikonpäivänä tarpeen mukaan. Tämä on parantanut tarvikkeiden saatavuutta sekä vähentänyt ruuhkaa sairaalan käytävillä. Ihmistyövoimaa robottijärjestelmässä tarvitaan ainoastaan robotin lastaamiseen sekä purkamiseen. Tämä on vähentänyt kuljetushenkilöstön tarvetta fyysisesti raskaassa työssä. (Väntä ym. 2018, 53-54)

4.6 Robotiikan kehittyvä teknologia

Robotit ovat luonteeltaan moniteknisiä järjestelmiä ja niihin liittyvän teknologisen kehityksen voidaan katsoa kehittyvät kahta erilaista reittiä. Yhdeksi reitiksi voidaan kutsua robotiikan ydinteknologioita, jotka kehittävät nimenomaisesti kyseisiä robottisovelluksia. Ydinteknologioiden kehitys on välttämätöntä, sillä niihin liittyy ominaispiirteitä, jotka eivät ole tyypillisiä muille järjestelmille. Toisaalta robottien kehitystä ajaa robotiikkaa lähellä olevien muiden teknologioiden kehitys. Robotiikan kehitystä ovat viime aikoina vieneet eteenpäin mm. tietokoneiden laskentatehon, muistin ja tallennuskapasiteetin kehitys sekä langattoman tiedonsiirron, akkutekniikan ja anturitekniikan kehitys. Arvioitaessa robotiikan teknologista kehitystä tulee huomioida sekä robotiikan ydinteknologioissa, että robotiikkaa tukevissa teknologioissa tapahtuva kehitys. Nämä molemmat teknologiat ovat tärkeitä luotaessa kilpailukykyistä robottijärjestelmää. (Ventä ym. 2016, 21.)

Eurooppalainen robotiikan strateginen tutkimusagenda SPARK SRA jakaa robotiikkaa tukevat teknologiat eri luokkaan niistä saatavien etujen perusteella. Nämä luokat ovat: (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 6.)

- Järjestelmäkehitys: paremmat järjestelmät ja työkalut
- Ihmisen ja robotin välinen vuorovaikutus: parempi vuorovaikutus
- Mekatroniikka: Parempien koneiden tekeminen
- Havainnointikyky, navigointi ja kognitio: Parempi toiminnallisuus ja tietoisuus

Järjestelmäkehitys

Robotit ovat monien eri teknologioiden integraatio. Erilaiset ohjelmistokomponentit ja järjestelmät tulevat koko ajan yleisimmiksi kulutustuotteissa, kuten mobiililaitteissa ja autoissa. Robotiikan tulevaisuus on kiinni näiden järjestelmien integroinnista tehokkaampiin ja halvempiin robotteihin. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 249.)

Luotaessa robottijärjestelmää todelliseen sovelluskohteeseen, on siis kiinnitettävä huomiota myös järjestelmätekniikkaan. Ohjelmisto- ja järjestelmäkehitys nähdään kriittisenä tekijänä suunniteltaessa monimutkaista robottijärjestelmää. (Robotics

2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 248.) Järjestelmäkehityksen tulevaisuuden tavoitteena on laajentaa nykyisiä järjestelmäsuunnittelun menetelmiä paremmin robottijärjestelmille soveltuviksi. Erityisesti haasteiksi ovat osoittautuneet monista eri komponenteista koostuvien robottijärjestelmien suunnittelu. Yhteisten arkkitehtuurien sekä rajapintojen määrittelyn avulla järjestelmäsuunnittelu helpottuu. Suunnittelu- menetelmien ja –työkalujen kehitys mahdollistaa järjestelmäkehitystyön kustannusten alenemisen. (Ventä 2016, 21-22.) Järjestelmäkehitystä eteenpäin vievät teknologiat voidaan jakaa viiteen eri kategoriaan: järjestelmäsuunnitteluun, järjestelmäarkkitehtuuriin, järjestelmätekniikkaan, järjestelmäintegraatioihin sekä pääjärjestelmään (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 68).

Ihmisen ja robotin välinen vuorovaikutus

Ihmisen ja robotin välisen vuorovaikutuksen merkitys on kasvamassa yhteistyörobotiikan yleistyessä. Tämä tarkoittaa sitä, että robotit työskentelevät yhä enemmän yhteisössä ihmisten kanssa samoissa tiloissa. Ihmisen ja robotin välisessä vuorovaikutuksessa tärkeimpiä kehityspolkuja ovat robottien ohjelmointi opettamalla, fyysinen vuorovaikutus esimerkiksi ihmisen ja robotin suorittaessa yhteistä tehtävää sekä vuorovaikutuksen turvallisuuden kehittäminen. (Ventä 2016, 22.) Fyysisestä ihmisen ja robotin välisestä vuorovaikutuksesta käytetään lyhennystä pHRI, joka tulee englannin kielen sanoista physical Human-Robot Interaction (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 257).

Fyysinen ja kongitiivinen vuorovaikutus ihmisten ja robottien välillä on uusien robotisovellusten ydin. Tulevaisuudessa roboteista tulee työkaluja, joita ihmiset käyttävät. Nykyinen tietokoneiden välityksellä tapahtuva vuorovaikutus tulee muuttumaan suoraksi ja fyysiseksi vuorovaikutukseksi. Robottien ja ihmisten välisestä yhteistyöstä tulee uusi normi, jonka tämän klusterin teknologiat mahdollistavat. Lisääntyvä fyysinen vuorovaikutus vaatii roboteilta korkeatasoista turvallisuutta ja luotettavuutta. Nämä teknologiat mahdollistavat perusteet rakentaa vuorovaikutteisia robotteja, jotka ovat turvallisia käyttää. (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 76.)

Turvallisuus

Robottien työskennellessä ihmisten kanssa niiden käytön täytyy olla turvallista. Turvallisuus on kriittinen osa-alue robotin toiminnassa, oli kyse sitten perinteisestä teollisuusrobotista tai yhteistyörobotin vuorovaikutuksesta ihmisen kanssa. Jokainen robottijärjestelmä täytyy suunnitella turvallisuus huomioiden ja turvallisuus täytyy testata määriteltyjen standardien mukaan. Perinteisessä teollisuusrobotiikassa turvallisuus on huomioitu poissulkemalla ihminen robotin työskentelyalueelta, usein fyysisten esteiden avulla. Tulevaisuudessa tullaan kehittämään standardeja ja menetelmiä, jotka mahdollistavat turvallisen ihmisen robotin välisen yhteistyön. (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 77.)

Ihmisen ja robotin yhteistyö

Robotin kyky olla fyysisesti vuorovaikutuksessa ihmisen kanssa on perustavanlaatuisen vaatimus seuraavan sukupolven roboteille. Moni potentiaalinen robottisovellus vaatii sitä, että pystytään kehittämään turvallisia robotteja, jotka takaavat autonomisen, intuitiivisen ja fyysisen vuorovaikutuksen. Tämän saavuttamiseksi yhteistyö ihmisen kanssa ja turvallisuusvaatimukset täytyy ottaa robottijärjestelmän suunnittelu-prosessin keskiöön. Tulevaisuudessa tavoitteena on mahdollistaa läheinen ja turvallinen robottien ja ihmisten välinen yhteistyö jaetuissa työympäristöissä. Tulevaisuudessa tutkimuksen tavoitteena on mm.: (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 77.)

- kehittää itsenäisempiä järjestelmiä, jotka kykenevät reagoimaan ja olemaan vuorovaikutuksessa ihmisten kanssa,
- ymmärtää ihmisten loukkaantumisten ja liikkeiden biomekaniikkaa,
- jäljittää, ymmärtää ja ennustaa ihmisen liikettä reaaliaikaisesti erilaisissa ympäristöissä,
- Integroida kognitiivisia teknologioita ihmisen robotin väliseen yhteistyöhön ja
- Kehittää työkaluja turvallisuuden validointiin.

Ihmisen ja robotin rajapinta

Tulevaisuudessa robotit ovat yhä enemmän vuorovaikutuksessa ihmisten kanssa. Vuorovaikutuksen merkitys on tärkeää, jotta robotit hyväksytään ja voidaan integ-

roida osaksi arkea. Ihmisen ja robotin välinen kommunikointi voi tapahtua painonap-pien ja kosketusnäyttöjen tai fyysisen kanssakäymisen ja eleiden kautta. Ihmisen ro-botin välinen vuorovaikutus tulee siirtymään tietokonemaisesta kanssakäymisestä enemmän siihen, että robotti tulkitsee ihmisen tarkoitusperiä. (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 76.)

Kommunikointi kosketusnäyttöjen kautta on nykyisin yleinen ratkaisu robotiikassa. Kaupallisia sovelluksia, joissa robotti tulkitsee esimerkiksi ihmisen eleitä, on vähän tarjolla. Sovellukset, joissa hyödynnetään puheentunnistusta tai katseiden seurantaa ovat yleistyneet. Tulevaisuudessa tullaan kehittämään käyttöliittymiä, jotka tukevat ihmisen ja robotin välistä yhteistyötä ja robotin ohjeistamista sekä standardoituja käyttöliittymiä autonomisiin sovelluksiin. (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 76.)

Mekatroniikka

Mekatroniikka on tieteen ala, mikä yhdistää konetekniikan ja elektroniikan. Robotii-kassa mekatroniikalla tarkoitetaan robotteihin kuuluvia laitekomponentteja, kuten antureita, toimilaitteita, teholähdettä, materiaaleja ja tietoliikennettä sekä niiden oh-jausta. (Ventä ym. 2016, 21.) Mekatroniikka on aina ollut yksi robotiikan tärkeim-mistä teknologioista ja se on tärkeä osa robotin toiminnan kannalta. Merkittävä osa robotiikan ydinteknologioiden innovaatioista sekä tulevaisuuden robotiikan kehityk-sestä riippuukin hyvin paljon mekatroniikan kehityksestä. Merkittävä kehitys missä tahansa mekatroniikan teknologiassa näkyy laajalti eri sektoreilla yhteiskunnassa. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 264.)

Nykyisin mekatroniikan kehitystyö keskittyy uuden sukupolven robotteihin, jotka ovat turvallisia työskennellessään ihmisen läheisyydessä. Ne ovat sopeutuvia muu-toksiin, kuten uudelleenohjelmointiin sekä suunnittelemattomiin tai vahingossa syn-tyneisiin tilanteisiin. Uuden sukupolven roboteilta odotetaan parempaa tehokkuutta sekä kovempaa fyysistä kestävyyttä. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 264.) Robotit tarvitsevat monimutkaisia rakenteita suoriutuakseen tehtävistään. Tämä asettaa haasteita mekatroniikan kehitykselle. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 269.) Mekatroniikka sisältää suuren määrän eri teknologioita, joista

tärkeimmät ovat mekaaninen järjestelmäsuunnittelu, sensoriteknologia, toimilaitteet, virtalähde ja sen hallinta, kommunikointi, materiaalit ja kontrollointi (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 264).

Anturiteknologia

Yksi kriittisimmistä, robotiikkaa kehittäneistä mekatroniikan teknologioista on anturiteknologia. Robotit eroavat muista laitteista siinä, että ne pystyvät aistimaan ympäristöään. Kolmiulotteisen ympäristön näkeminen, nivelen pienen liikkeen tunnistaminen, haistaminen tai maistaminen tarvitsevat antureita. Anturiteknologia on yksi pisimmälle kehittyneimmistä robotiikkaa tukevista teknologioista. Antureilla pystytään nykyään mittaamaan lähes kaikkia fysikaalisia suureita. Robotiikassa anturit mittaavat tyypillisesti liikettä, asentoa, objektien etäisyyttä, näkyvää- ja infrapunavaloa sekä audio- ja yläääniä. Yleisesti robotiikassa antureita hyödynnetään robotin nivelien liikkeen ja asentojen tunnistamiseen sekä ympäristön havainnointiin. Anturit ovat myös tärkeitä robottien käyttöliittymien kannalta. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 270-271.)

Robotiikka itsessään ei ole taloudellisesti niin merkittävä ala, että se pystyisi tuomaan antureiden tuotekehitys- ja yksikkökustannukset riittävän matalalle tasolle. Yleensä perinteinen teollisuusrobotti on hankittu ilman antureita. Kun robottia on asennettu tuotantolinjalle, siihen on integroitu tarvittavat sovelluskohtaisesti räätälöidyt ja kalliit anturit. (Bonkenburg 2016, 11.) Suurin osa anturiteknologian kehityksestä, josta robotiikka hyötyy merkittävästi, tulee muilta aloilta, kuten auto-, peli- tai puhelinteollisuudesta. Tämän kehitys on johtanut erilaisten antureiden massatuotantoon. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 270-271.)

Nykyaikaiset anturit tukevat paremmin robotiikkaa, sillä niiden koko, paino ja virran kulutus ovat pienentyneet. Nykyään onkin saatavilla monia erityyppisiä antureita erilaisilla ominaisuuksilla. Viimeisin kehitys robotiikkaa tukevassa anturiteknologiassa on 3D-anturit. Nämä anturit pystyvät tuottamaan tarkkaa ja reaaliaikaista kuvaa ympäristöstä myös syvyysuunnassa, eli anturit näkevät ympäristön kolmiulotteisesti. Näiden 3D-antureiden fyysinen koko on pienentynyt merkittävästi ja hinnat ovat nykyään verrattavissa markettien kuluttajahintoihin. (Robotics 2020 Multi-Annual Road-

map 2016, 270-271.) Uusien mittausmenetelmien, materiaalien ja parempien integraatioiden odotetaan tulevaisuudessa vaikuttavan merkittävästi antureiden kehitykseen (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 265).

Havainnointikyky

Parempi havainnointikyky antaa roboteille mahdollisuuden suorittaa vaikeampia tehtäviä ja käsitellä monimuotoisempia kappaleita monimutkaisemmissa ympäristöissä. Havainnointikyvyn parantuessa robotit tulevat yleistymään niin tehtaissa kuin jakelukeskuksissakin. (Bonkenburg 2016, 13.)

Havainnointitekniikat yhdistävät eri antureiden tuottaman monimuotoisen datan rakentaakseen yhtenäisen kuvan robotin ympäristöstä. Havainnointitekniikat mahdollistavat robotille kyvyn mitata ja tulkita ympäristöään. Mahdollistaakseen robotin älykkään käytöksen, havainnointitekniikat prosessoivat antureiden tuottamaa dataa, pääättelevät siitä lisäarvoa tuottavaa informaatiota ja esittävät antureiden tuottaman datan hyödyllisessä muodossa. Havainnointitekniikat tiivistävät dataa, suodattavat pois turhan ja virheellisen datan, tulkitsevat yhteyksiä eri datojen välillä sekä oppivat kaavoja ajan myötä kerätyistä tiedoista. Kuten muitakin robotiikkaa kehittäneitä teknologioita, myös havainnointitekniikoita ovat kehittäneet muut teollisuudenalat, kuten kuluttaja- ja peliteollisuus. Havainnointitekniikat voidaan karkeasti jakaa kahteen kategoriaan; havainnointiin sekä havaitun tiedon tulkitsemiseen. Havainnoinnin tavoitteena on suodattaa hyödyllinen informaatio kaikesta robotin antureiden tuottamasta datasta. Tulkintatekniikoiden (interpretation) tavoitteena on tuottaa robotille korkeamman tason ymmärrys ympäristöstä antureiden tuottaman tiedon pohjalta. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 284.)

Navigointi

Robotin tarkoituksen mukainen liikkuminen paikasta toiseen vaatii navigointikykyä. Navigointitekniikoita tarvitaan, jotta robotti voi kulkea toiminta-alueellaan. Kehittyneissä robottisovelluksissa täytyy suorittaa tehtäviä epäsäännöllisissä ja muuttuvissa ympäristöissä ilman ihmisen jatkuvaa ohjaamista. Navigointi voidaan määritellä kolmen eri teknologian yhdistelmäksi. Nämä teknologiat ovat: (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 289.)

- paikannus,
- kartan muodostaminen ja sen tulkinta sekä
- Reitin ja liikkeen suunnittelu sekä toteutus.

Tyypillisesti paikannus ja kartan muodostaminen mahdollistavat reitin suunnittelun. Jos robotti ei pysty paikantamaan itseään ympäristössään luotettavasti, ei myöskään reittisuunnittelu ole mahdollista. Robotin autonomia usein realisoituu sen kyvykkyydestä navigoida itsenäisesti ympäristössään yhteistyössä muiden elementtien, kuten ihmisen tai toisen robotin kanssa. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 289.)

Robotit luottavat paikannuksessa sekä kartan luomisessa ympäristöstään antureihin. Robotit voivat myös hyödyntää olennaista tietoa ympäristöstään asemansa määrittämiseksi tai perustaa sijainnin erilaisten maamerkkien perusteella. Robotin sijainnin määrittämisen tekniikat voidaan jakaa kolmeen ryhmään: (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 289.)

- satelliitti ja verkkopohjainen paikannus,
- antureihin perustuva paikannus ja
- merkkeihin perustuva paikannus.

Kartoitus luo tarkan tai suhteellisen tarkan kuvan ympäristöstä robotille navigoinnin tueksi. Kartan muodostaminen huolehtii ympäröivän maailman esittämisestä ja on siten riippuvainen paikannusprosessista. Yleisimmät tekniikat kartan luomiseksi ovat SLAM-tekniikat (Simultaneous Localisation and Mapping), joissa kartta ja robotin paikannustieto muodostetaan hetki hetkeltä reaaliaikaisesti robotin kartoittaessa ympäristöään. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 289-290.)

Täysin autonomisesti liikkuvia robotteja pidetään navigointiteknologioiden perimmäisenä tavoitteena. Vastaan tulee kuitenkin tilanteita, joissa ihminen halutaan pitää mukana kontrolloimassa robottia, sillä ihmisen päätöksentekokyky on usein ylivoimainen verrattuna koneisiin. Tästä syystä roboteilla on usein eri autonomia-asteita. Robotin liikesuunnittelun näkökulmasta nämä autonomia-asteet voidaan karkeasti jakaa kahteen ääripäähän; täysin autonomiseen liikkeen suunnitteluun sekä suoraan manuaaliseen kontrollointiin. Täysin autonomisoidussa navigoinnissa robotille määri-

tetään ainoastaan sijainti, johon halutaan päästä. Vastaavasti manuaalisessa kontrollinnissa robottia ohjataan esimerkiksi ohjaussauvan kautta, jolloin käyttäjä määrittelee robotin liikkeen suunnan ja nopeuden. Tällaisissa sovelluksissa voidaan toisaalta hyödyntää esimerkiksi automaattisesti tömäyksiä estäviä turvajärjestelmiä. Tällä hetkellä on olemassa menetelmiä reittien ja yksinkertaisten liikkeiden suunnitteluun esteiden välttämiseksi. Lähitulevaisuudessa navigointiteknologioilta odotetaan useita kehitysaskelleita. Näitä kehitysaskelleita ovat mm. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 291-293.)

- Saumaton navigointi siirryttäessä sisätiloista ulkotiloihin. Tuloksena järjestelmä, joka sulauttaa yhteen eri lähteistä saadut paikannusdatat.
- Navigointi yhteistyössä, jolloin esimerkiksi laivue robotteja voisi navigoida yhteistyössä.
- Tarkempi navigointi halvemmalla. Uusia kartoitusmenetelmien sekä olemassa olevien algoritmien yhdistäminen halvempaan anturitekologiaan.
- Kartanrakennusmenetelmien, paikannuksen ja liikkeiden suunnittelun kehittäminen muuttuviin ympäristöihin.
- Pilvipalveluihin perustuva paikannus.
- Sosiaalinen navigointi. Robotin työskennellessä ihmisen kanssa, sen täytyy ymmärtää ihmisten hyväksymät käyttäytymistavat, esimerkiksi seurattava samaan suuntaan liikkuvaa ihmisvirtaa.
- Uudet paikannusmenetelmät.

Kognitio

Kognition avulla robotti ymmärtää ympäristöään, vaikka se ei saisi siitä täydellistä tietoa. Tulevaisuudessa robotit osaavat vielä tulkita tätä tietoa, toimia sen pohjalta ja ymmärtää toimintansa vaikutukset. (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 82.) Kognitio antaa robotille kyvyn ymmärtää, miten asiat voisivat olla, ei vain nyt, vaan myös tulevaisuudessa. Tulevaisuuden ennakointi vaatii robotilta aiemman muistamista ja siitä oppimista. Kognition avulla robotti kykenee ennakoimaan, sopeutumaan ja kehittämään toimintaansa sekä toimimaan turvallisemmin. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 295.) Tämä on tärkeää, jotta robotit pystyvät työskentelemään muuttuvissa ympäristöissä. Monet aiemmin kuvatut robotiteknologiat, kuten havainnointi, navigointi sekä ihmisen ja robotin välinen vuorovaikutus hyödyntävät kognitiivisia prosesseja ja tekniikoita. (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 2014, 82.)

Tärkeimmät kognition tekniikat ja menetelmät ovat:

- KR&R (Knowledge representation and reasoning),
- toiminnan suunnittelu,
- oppimisen kehittäminen ja omaksuminen (koneoppiminen) sekä
- luonnollinen vuorovaikutus.

(Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 295-298.)

4.7 Nykyrobotiikan pullonkaulat

Lähiaikoina uutisissa suurta julkisuutta ovat saaneet varoitukset, joiden mukaan tekoälyn ja robottien kyvykkyyden merkittäväällä kasvulla on arvaamattomat seuraukset. Kuitenkin nykyrobotiikan arki on vielä hyvin kaukana näistä uhkakuvista. Vaikka robotiikalla ja tekoälyllä demonstroidaan yhä huimempia suorituksia, on liike-elämällä huoli siitä, miten moninaisten tehtävien suorittamien robotiikalla saadaan onnistumaan riittäväällä luotettavuudessa tai hyväksyttävyydellä. Robotiikka on aina tekemisissä reaalimaailman kanssa. Reaalimaailman monimuotoisuutta on usein lähes mahdotonta huomioida parhaimmallakaan itseoppivalla järjestelmällä. Robotiikalla on useita haasteita, joiden odotetaan pysyvän pitkään ns. ikuisuusongelmina. (Ventä ym. 2018, 86.)

Ihminen on joustavampi, monipuolisempi ja kyvykkäämpi ratkaisu kuin automaatio moneen tehtävään (Ventä ym. 2018, 86). Roboteilta puuttuu useita ihmisille luontaisia kykyjä. Tällaisia kykyjä ovat erityisesti reagointi odottamattomiin tilanteisiin tai muuttuvaan ympäristöön sekä kyky kehittää suoriutumista kokemuksen perusteella. (Balkeshwar 2013, 763.) Robotit suoriutuvat hyvin ainoastaan ennalta ohjelmoituista tehtävistä ja tilanteista. Odottamattomat tilanteet aiheuttavat robotiikalle haasteita. (Ventä ym. 2018, 22.) Robotit eivät ole kykeneväisiä toimimaan vaihtoehtoisilla tavoilla, käsittelemään merkityksiä tai tekemään tulkintoja. Reaalimaailmassa tilanteet eivät ole yksiselitteisiä vaan monitulkintaisia. Roboteilla ei ole laaja-alaista sekä tilansidonnaista yleisälyä, vaan robotti suorittaa yksittäisiä älykkäitä toimintoja. Robotin toiminnan rajat määrittävätkin yksittäiset algoritmit. (Alho ym. 2018, 9.)

Rutiinittomat työtehtävät

Mitä rutiininomaisemmasta työtehtävästä on kyse, sitä todennäköisemmin se korvataan tulevaisuudessa robotilla. Roboteilla voidaan korvata ihminen esimerkiksi fyysisiä ominaisuuksia tai tarkkuutta vaativissa työtehtävissä. Rutiini perustuu sääntöihin. Rutiininomaiset työtehtävät voidaan pilkkoa sarjaksi sääntöjä. Tehtävät, joille osaamme määritellä säännöt, voimme automatisoida robotiikalla. Nämä tehtävät ovat mahdollista suorittaa robotiikan avulla ihmistä nopeammin, luotettavammin sekä tarkemmin ja siten todennäköisesti teettää halvemmalla. Roboteille haastavampaa on korvata työt, joihin sisältyy ihmisten välistä viestintää, tilannetajua tai töitä, joita on vaikea pilkkoa rutiineihin, eli sarjaksi sääntöjä. (Kauhanen 2016, 14.)

Rutiinitöiden korvaaminen robotiikalla johtaa eri ammateissa työtehtävien muuttumiseen. Tällä tarkoitetaan sitä, että ammatin rutiininomaiset työtehtävät hoitaa roboti, jolloin ihmiselle jää tehtäväksi niin sanotut asiantuntia-ajattelua vaativat tehtävät. Tämä johtuu siitä, että ihmisen vahvuus verrattuna koneeseen on kyky luovaan ongelmanratkaisuun sekä monimutkaiseen viestintään. (Kauhanen 2016, 15.)

Polaniyanin paradoksi

Robotit osaavat toimia hyvin ennalta määrätyissä tilanteissa sekä erittäin säännöllisissä työympäristöissä. Erilaisten tilanteiden tunnistaminen ja niissä toimiminen tilanteen vaatimalla tavalla sekä kyky liikkua muuttuvassa ympäristössä ovat vielä haastavaa nykyrobotiikalle. Tämä haasteellisuus johtuu pohjimmiltaan niin sanotusta Polaniyanin paradoksista. Polaniyanin paradoksi tarkoittaa sitä, että ihminen on hyvä tekemään monia yksinkertaisia asioita, mutta ei itse tiedä kuinka sen tekee. Hyvänä esimerkkinä tästä toimii kappaleiden tunnistaminen. Ihminen on hyvä tunnistamaan erilaisia kappaleita ja muotoja, esimerkiksi osaamme tunnistaa, onko jokin tietty esine tuoli. Vastaavasti robotille tuolin tunnistaminen on haastavaa. Tunnistamista varten robotille pitäisi pystyä kuvaamaan tuoli sääntöjen avulla. Ihminen osaa esimerkiksi kävellä, mutta ei osaa mallintaa kävelyä niin hyvin, että voisimme opettaa robotit kävelemään. Tulevaisuudessa Polaniyanin paradoksin murtaminen on mahdollista, mikäli osaamme kouluttaa robotit oppimaan. Tällöin ihmisen ei tarvitse tietää luovan ongelmanratkaisun sääntöjä, vaan kone voi itse oppia ne esimerkiksi tutkimalla esimerkkejä luovasta ongelmanratkaisusta. (Kauhanen 2016, 15-18)

4.8 Eksoskeletoinit

Termi eksoskeletoin on lähtöisin luonnosta ja tarkoittaa nimensä mukaisesti ulkoista tukirankaa. Monilla nilviäisillä on, kuten rajuilla on ulkoinen tukiranka, jota puettavat eksoskeletoinit kopioivat. (Bonkenburg 2016, 21.) Eksoskeletoineilla tarkoitetaan järjestelmiä, jotka auttavat ihmisiä liikuttamaan ruumiinosiaan sekä järjestelmiä, jotka lisäävät vartalon liikettä, voimaa tai nopeutta. Eksoskeletoinit voivat olla joko kokovartalo tai osavartalojärjestelmiä. Eksoskeletoineilla on tulevaisuudessa potentiaalisia sovelluskohteita kuntoutuksessa, vanhusten hoidossa, sotilasoperaatioissa sekä teollisuudessa. (Bostelman, Messina & Foufou 2017, 1447.)

Eksoskeletoinit voidaan jaotella kahteen luokkaan, passiivisiin sekä aktiivisiin eksoskeletoineihin. Passiivissa eksoskeletoineissa ei ole ulkoista virtalähdettä, vaan voiman tuottaminen perustuu vastapainovoimien hyödyntämiseen esimerkiksi jousien avulla. Aktiiviset eksoskeletoinit tuottavat voiman moottoreiden avulla. Eksoskeletoineita kutsutaan puettaviksi roboteiksi silloin, kun niiden toimintaa kontrolloidaan tietokoneiden ja antureiden avulla. (Bostelman ym. 2017, 1447.)

Eksoskeletonien luokittelu

Eksoskeletoineja voidaan luokitella eri tavoilla useisiin eri kategorioihin. Eksoskeletoinreport- sivusto jaottelee eksoskeletoinit eri kategorioihin kuuden eri kriteerin perusteella: (Marinor 2015.)

1. Vartalon osa, johon eksoskeletoin vaikuttaa: kokovartalo, ylävartalo tai alavartalo.
2. Eksoskeletonin käyttövoiman mukaan: Sähkökäyttöiset-, passiiviset- puolipassiiviset- sekä hybrid-eksoskeletoinit.
3. Liikkuvuus: Kiinteät, tuetut sekä liikutettavat eksoskeletoinit.
4. Käyttöliittymä: kontrolloimattomat, ohjaimilla kontrolloidut, painikkeilla ja paneeleilla kontrolloidut, mielellä kontrolloidut ja antureilla kontrolloidut eksoskeletoinit.
5. Rakenteen mukaan: Joustavarakenteiset sekä jäykkärakenteiset eksoskeletoinit.
6. Laitteen alkuperän mukaan: Kotitalouksissa rakennetut, tutkimuslaboratorioissa rakennetut, teollisten yritysten rakentamat sekä valtioiden rakentamat eksoskeletoinit.
7. Käyttötarkoituksen mukaan: Teolliset-, lääketieteelliset-, sotilas- ja kaupalliset eksoskeletoinit.

Teolliset eksoskeletonit

Teollisuudessa hyödynnettävät eksoskeletonit voidaan luokitella eri kategorioihin niiden käyttötarkoituksen ja toimintaperiaatteen mukaan (Yatsun & Jatsun 2018, 1). Eksoskeletonien käyttö teollisuudessa on kuitenkin vielä vähäistä. Eksoskeletoniteknologia on vielä nuorta ja kehittyvää eikä monet eksoskeletonsovellukset ole vielä kypsiä markkinoille. Edellä mainituista syistä johtuen eksoskeletonien tekniset määritelmät sekä standardit eivät ole vielä lopullisia eikä niitä ole selkeästi määritelty. (Dahmen, Wöllecke & Constantinescu 2018, 269.) Kirjallisuudesta löytyy kuitenkin paljon erilaisia jaotteluja nykyisille sekä tulevaisuuden teollisille eksoskeletoneille. Teolliset eksoskeletonit voidaan jaotella käyttötarkoituksen mukaan esimerkiksi seuraavasti:

1. työkaluja tukevat eksoskeletonit,
2. alaraajoja tukevat eksoskeletonit,
3. selkää tukevat eksoskeletonit,
4. puristusvoimaa lisäävät eksoskeletonit,
5. moottoroidut kokovartaloeksoskeletonit ja
6. ylimääräiset robottiraajat.

(Yatsun & Jatsun 2018, 1)

Edellä mainittujen luokkien lisäksi Eksoskeleton report- sivusto luokittelee eksoskeletonit myös käsivarsia tukeviin eksoskeletoneihin (Industrial exoskeletons for work and industry. N.d.). Exoskeletonreport- sivusto on vapaaehtoisuuteen perustuvan, puolueettomasti toimivan organisaation ylläpitämä sivusto. Sivusto ylläpitää luetteloa markkinoilla olevista eksoskeletoneista sekä niiden valmistajista. Luettelossa on listattu ainoastaan markkinoilta saatavilla olevat eksoskeletonit ja niiden valmistajat. (About ExoskeletonReport.com 2018.)

Eksoskeletonien suorituskyky ja nykytila

Niin passiivisia, kuin aktiivisia eksoskeletoneja käyttöönotettaessa niiden suorituskykyä, turvallisuutta, tehokkuutta ja käytettävyyttä tulisi testata. Eksoskeletonit ovat vielä melko uutta teknologiaa, joten tällä hetkellä standardoituja mittareita sekä testimenetelmiä niiden käytettävyydelle, tehokkuudelle sekä turvallisuudelle ei ole vielä kehitetty. Edellä mainittujen testimenetelmien tärkeyttä voidaan havainnollistaa kuviossa 9, jossa satamassa työskentelevän työntekijän nostokykyä on parannettu aktiivisen eksoskeletonin avulla merkittävästi. Kyseisessä tilanteessa nostokyvyn parantumisesta sekä lihakseen kohdistuvaa rasitusta voidaan mitata, mutta saatu tulos on vain

yksi mittari määriteltäessä eksoskeletonin hyödyllisyydestä työtehtävässä. (Bostelman ym. 2017, 1448.)



Kuvio 9. Aktiivinen eksoskeleton satamatyössä (Bostelman ym 2017, 1449)

Pelkkä nostokyky ei yksin ole riittävä mittari mittaamaan eksoskeletonin suorituskykyä sekä turvallisuutta. Tämä mittari ei ota kantaa muihin eksoskeletonien hyödyllisyyttä mittaaviin tekijöihin. (Bostelman ym. 2017, 1449.)

Bostelman ja muut (2017, 1449) ehdottavatkin seuraavaa kahdeksaa mittaria eksoskeletonien tehtäväkohtaiseen suorituskyvyn arviointiin.

1. **Kesto:** Maksimi aika, kuinka kauna tehtävän tekemiseen kuluu testattavan eksoskeletonin kanssa ja ilman.
2. **Nopeus:** Nopeus, joka voidaan saavuttaa ja ylläpitää testattavan eksoskeletonin kanssa verrattuna nopeuteen, joka saavutetaan ilman eksoskeletonia tehtävää suoritettaessa.
3. **Asento:** Tarkkuus mentäessä työasentoon eksoskeletonin kanssa, asentoon menon toistettavuus sekä kuinka tarkasti jalkaa tai kättä voidaan ohjata. Tässä mittarissa mitattava suure on työkalun tai käsiteltävän laitteen asentovirhe.
4. **Kontrollointivoima:** Voiman suuruus, jonka työntekijä tarvitsee eksoskeletonin komponentin reaktion vastustamiseen tai testattavan eksoskeletonin komponentin liikuttamiseen.
5. **Pukemisen ja riisumisen monimutkaisuus:** kuinka vaikeaa on eksoskeletonin päälle laittaminen ja päältä pois ottaminen.
6. **Helppokäyttöisyys:** Pehdytyksen yksinkertaisuus sekä testattavan eksoskeletonin hallinnan helppous, kun se parantaa käyttäjän suorituskykyä tehtävän suorittamiseksi.
7. **Pystysuuntainen ohjaus:** Kyky ja nopeus kulkea portaita sekä kallistettuja ja aaltoilevia pintoja eksoskeletonin kanssa.
8. **Vaakasuuntainen ohjaus:** Kyky ja nopeus kulkea eteenpäin, taaksepäin sekä sivuille eksoskeletonin kanssa.

Eksoskeletoneiden nykytila

Eksoskeletoneiden käytöstä löytyy julkaistuja tutkimustuloksia ainoastaan laboratorio-olosuhteissa. Esimerkiksi Huysamena, Loozeb, Boschb, Ortizc, Toxiric & O’sullivan (2018, 131) totesivat eksoskeletonien käytön vähentävän ihmisen selkään kohdistuvaa rasitusta merkittävästi nosto- sekä tavarankäsittelytyössä. Vastaavasti eksoskeleton valmistaja Laevo lupaa V2.56 päälle puettavan selkätukensa avustavan nostamista 40 Nm vääntömomentilla (Laevo V2.56. 2018, 18). Julkaistuja tutkimustuloksia, joissa eksoskeleton teknologiaa on testattu oikeassa työympäristössä ei tiettävästi ole saatavissa. Tiedossa kuitenkin on, että eksoskeletoneja on testattu tai testataan parhaillaan maailmalla mm. autoteollisuudessa (Paukku 2019) ja logistiikkakeskuksissa (Eksoskeletonit: Puettavilla roboteilla terveempiin työolosuhteisiin. N.d). Suomessa eksoskeletoneja on testattu kiinteistön huollon työtehtävissä (Collin 2019) sekä raskaan teollisuuden työtehtävissä (Puettava exoskeleton keventää raskaissa työtehtävissä 2019)

5 Robotiikka osana sisälogistiikan murrosta

5.1 Robotiikan kasvupotentiaali logistiikassa

Toistaiseksi robotiikkaa on hyödynnetty vain vähän logistiikassa (Bonkenburg 2016, 3). Merkkejä robotiikan yleistymisestä logistiikassa on jo kuitenkin havaittavissa (Tsuda, Wyatt & Litzemberger 2018, 21) ja lähitulevaisuudessa robotiikan käytön odotetaan yleistyvän voimakkaasti viime vuosien teknologisen kehityksen myötä (Bonkenburg 2016, 3).

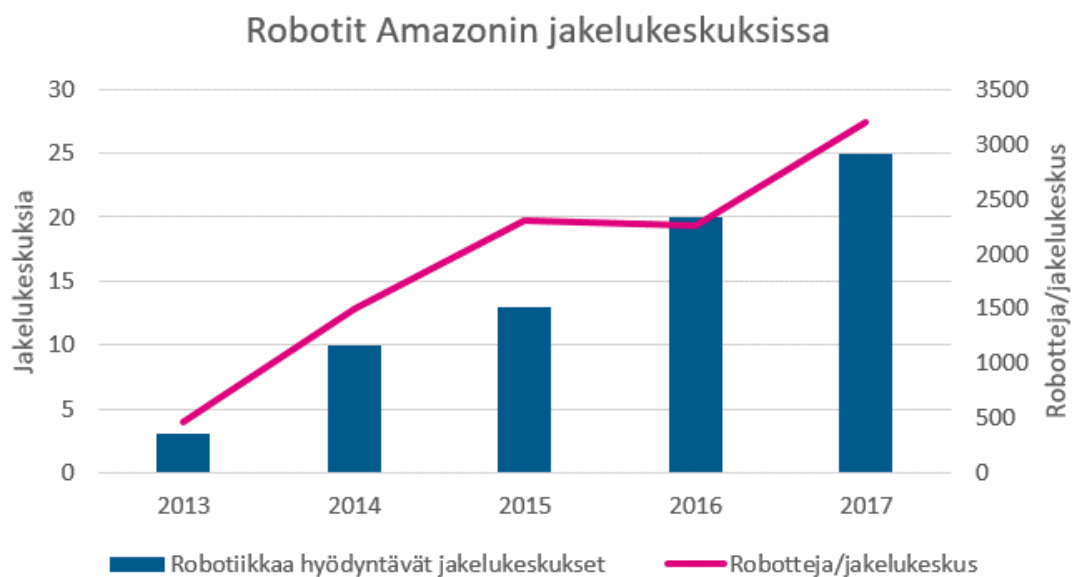
Kuviossa 10 on esitetty vuosittain käyttöönotetut palvelurobotit logistiikassa.

Vuonna 2017 käyttöönotettiin yhteensä noin 69 000 palvelurobottia logistiisiin sovelluksiin. Vuoteen 2016 verrattuna kasvua on tapahtunut 162 %, jolloin käyttöönotettiin 26 300 palvelurobottia logistiisiin sovelluksiin. Vuonna 2017 käyttöönotetuista palveluroboteista noin 62 000 yksikköä työskentelee varastoissa, logistiikkakeskuksissa sekä sairaaloissa, loput noin 7 000 tuotantolaitoksissa. (Tsuda ym. 2018, 20.)



Kuvio 10. Vuosittain käyttöönotetut palvelurobotit logistiikassa (Tsuda ym. 2018, 20)

Kuvio 9 huomioi ainoastaan IFR:lle ilmoitettujen palvelurobottien toimitukset, sillä IFR kerää palvelurobotiikkatilastot suoraan robotiikkavalmistajilta (Introduction into Service Robots 2016, 10). Vastaavanlainen kasvu logistiikan palvelurobotiikassa on nähtävissä myös kuviossa 11, jossa on esitetty Amazonin robotiikkaa hyödyntävät jakelukeskukset sekä keskimääräinen robottien lukumäärä yhtä jakelukeskusta kohden (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 4).



Kuvio 11. Robottien lukumäärä Amazonin jakelukeskuksissa (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 4).

Robotiikan hyödyntämisen potentiaali sisälogistiikassa on valtava. Esimerkiksi Euroopassa itseohjautuvien AGV-trukkien (Automated guided vehicles) osuus kaikkien trukkien myynnistä on noin 1 %. Vuosittain Euroopassa myydään noin 200-300 tuhatta trukkia. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 129.) Vastaavasti varastoissa tehtävästä keruutyöstä noin 90 % tehdään käsityönä. Automatisoimalla varaston keruuprosessi voidaan saavuttaa jopa kuusinkertainen tuottavuus verrattuna käsin tehtävään keruuseen. Talousinstituutio Citi arvioikin, että 80 % logistiikan työtehtävistä on erittäin herkkiä automaatiolle. (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 3.) IFR:n arvion mukaan vuonna 2018 käyttöön otetaan 115 000 uutta palvelurobottia logistiikan sovelluskohteisiin. Tämä tarkoittaa 66

-%:n kasvua vuoteen 2017 verrattuna. IFR ennustaa logistiikan palveluroboteille noin 18 %:n vuosittaista kasvua vuosille 2019-2021. Toteutuessaan tämä tarkoittaisi sitä, että kyseisinä vuosina käyttöön otettaisiin yhteensä noin 485 000 uutta robottia logistiikan sovelluskohteisiin. (Tsuda ym. 2018, 21-23.)

Robotiikan hyödyntämisessä logistiikassa ja materiaalinkäsittelyssä on vielä monia teknisiä haasteita ratkaistavana, ennen kuin robotiikka voi yleistyä. Nykyiset robottisovellukset pystyvät käsittelemään ja lavoittamaan tuotteita, joiden mitat, paino ja muoto ovat standardin mukaisia. Sisälogistiikassa on kuitenkin tarvetta joustavammille järjestelmille, jotka pystyvät käsittelemään kooltaan ja muodoiltaan ennestään tuntemattomia esineitä ilman ihmisen apua. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 127.) Toistaiseksi suurin syy robotiikan vähäiseen hyödyntämiseen sisälogistiikassa onkin ollut robotiikan teknologioiden kehittymättömyys. Tähän asti robotit ovat olleet suhteellisen tyhmiä, sokeita ja ne ovat kyenneet työskentelemään ainoastaan tiloissa, jotka on rajattu ihmisiltä. (Bonkenburg 2016, 5.) SPARC:n mukaan syitä robottien vähäiseen käyttöön logistiikassa ovat:

- Joustavuuden ja sopeutumiskyvyn puute muutostarpeisiin.
- Kallit ylläpitokustannukset ja pitkät takaisinmaksuajat.
- Vähäinen tietämys robottiteknologioiden kyvykkyyksistä.
- Käyttäjiä huolettaa robottijärjestelmien kompleksisuus.
- Standardien puute järjestelmien rajapinnoissa.

(Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 126)

5.2 Verkkokaupan kasvu muuttaa sisälogistiikkaa

Robotiikan kehitystä ajaa myös muutokset logistiikan toimintaympäristössä. Verkkokaupan voimakas kasvu on merkittävin tekijä, joka ajaa varastoautomaation yleistymistä (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 3). Maailmanlaajuisesti verkkokauppa on kasvanut 20 %:n vuosivauhtia 2010-luvulla. Tänä aikana verkkokaupan osuus kaikesta vähittäiskaupasta on kasvanut kahdeksaan prosenttiin vuosikymmenen alun kahdesta prosentista. Tämän kehityksen odotetaan jatkuvan myös lähitulevaisuudessa. (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 31.) Robotiikan yleistymistä logistiikassa ajaa myös markkinoiden paine keventää toimitusketjun kustannusrakennetta,

parantaa valmistajien kilpailukykyä sekä pienentää tuotekustannuksia (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 127).

Verkkokauppa työllistää enenemän logistiikkaa kuin perinteinen vähittäiskauppa. Tämä johtuu siitä, että perinteisessä vähittäiskaupassa tavarat siirretään jakelukeskuksista kauppoihin suurina massoina, joista asiakkaan itse hakevat tarvitsemansa hyödykkeet. Vastaavasti verkkokaupankäynnissä jakelukeskus joutuu keräämään ja käsittelemään jokaisen verkkotilauksen yksilöllisesti, usein käsityönä. Tämän seurauksena jakelukeskuksessa joudutaan tekemään enemmän käsittelytyötä, sillä ennen suuryksiköissä kerätyt ja lähetetyt tavaramäärät joudutaan verkkokaupan myötä lähettämään useampana pakettina suoraan kuluttajille. Verkkokaupan kasvu johtaa jakelukeskuksissa käsiteltävien pakettien määrän nousuun ja siten teettää enemmän töitä jakelukeskuksissa kuin perinteinen vähittäiskauppa. (Bonkenburg 2016, 4.)

5.3 Sisälogistiikan prosessien automatisointi

Yleisesti sisälogistiikassa automaatio toimii ihmistyön korvaajana. Perinteisen automaation hyödyntäminen on useimmissa tapauksissa perusteltua vain, kun työvoimakustannukset ovat suhteellisen suuria tai käsiteltävät tuotteet yhdenmukaisia. Mikäli automaation hankinta on perusteltua, täytyy automaatiojärjestelmän toimia jatkuvasti, jotta hankinnan takaisinmaksuaika olisi mahdollisimman lyhyt. (Barteholdi & Hackman 2017, 193.)

Perinteisellä sisälogistiikan automaatiolla on myös haittapuolia. Suurin näistä haittoista on automaation joustamattomuus. Automaatio suoriutuu erittäin hyvin tarkoin määritellyistä tehtävissä, joihin se on suunniteltu. Toisaalta liiketoiminnan muuttuessa automaation uudelleen sovittaminen uuteen toimintaan voi olla kallista. (Barteholdi & Hackman 2017, 193.) Automatisoinnin näkökulmasta sisälogistiikan prosessit voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan; automaattisiin varastointijärjestelmiin sekä materiaalinkäsittelyjärjestelmiin (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 126.)

Automaattiset varastointijärjestelmät

Varastoissa automaatiolla on pyritty perinteisesti vähentämään työntekijän liikkumisen tarvetta keräilyssä. Usein tähän tarpeeseen on vastattu automaattisilla varastoin-

tijärjestelmillä ja -laitteilla. (Barteholdi & Hackman 2017, 193.) Automaattiset varastointijärjestelmät automatisoivat varastointiprosessin eli tuotteen viemisen ja hakemisen varastosta (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 126). Perinteisissä automaattisissa varastointijärjestelmissä on hyllyjen välissä automaattisesti liikkuva hissi, joka tuo varastoyksiköitä keräilyaseman keräilijälle (Metahri & Hachemi 2018, 807). Tällaisista järjestelmistä käytetään lyhennettä AS/RS (Automated storage and retrieval system) (Richards 2011, 187). AS/RS järjestelmä vaatii usein suuren investointikustannuksen (Barteholdi & Hackman 2017, 204).

AS/RS-järjestelmät ovat tyypillisesti modulaarisia (Barteholdi & Hackman 2017, 193) ja käyttäjiltä suljettuja järjestelmiä. Käyttäjät operoivat järjestelmää käsittelyasemilla, joihin järjestelmä tuo ja vie kiinteän kokoisia varastoyksiköitä varastosta. Tavaroitten kerääminen ja hyllyttäminen varastoyksiköihin vaatii kuitenkin manuaalista työtä. Tulevaisuudessa automaattisten varastointijärjestelmien tehokkuuden odotetaan kasvavan ihmisen ja robotin yhteistyöllä. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 126.)

Automaattiset materiaalinkäsittelyjärjestelmät

Käsittelyjärjestelmiä tarvitaan jokaisen varastoprosessin välissä. Toistaiseksi varastoprosessien materiaalinkäsittelyn automatisointi on ollut robotiikalle haastavaa. Esimerkiksi perinteisen keruun, pakkaamisen ja tavaran purkamisen automatisointi robotiikan avulla on onnistunut laboratorioympäristöissä, mutta kaupallisia sovelluksia ei toistaiseksi ole tarjolla. Ihmisen nopeuteen pystyvän käsittelyn toteuttaminen on ollut robotiikan kehittäjille toistaiseksi haastavaa. Näiden prosessien hoitaminen robotiikalta vaatii vielä teknologian kehittymistä manipulaattoreissa ja robotin havainnointikyvyssä. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 126.)

Materiaalin siirtäminen käsittää monia erilaisia järjestelmiä, jotka voidaan jakaa automaattisiin ja manuaalisiin järjestelmiin. Materiaalinsiirtoja voidaan automatisoida erilaisilla kuljetinratkaisuilla, joissa siirrettävät yksiköt liikkuvat ennakolta määritellyjä ja rajattuja reittejä pitkin. Materiaalin siirtoja voidaan automatisoida myös hyödyntämällä automaattitrukkeja, eli AGV- järjestelmiä. (Ghianni, Laporte & Musmano 2013, 222.) Vaikka AGV:t tarjoavat ratkaisun sisäisten siirtojen automatisointiin, nii-

den hyödyntämisessä on heikkoutensa, sillä niiden tarjoamat ratkaisut eivät ole joustavia. AGV:t vaativat suuret käyttöönottokustannukset ja niiden käyttöönotolla on vaikutuksia varaston layouttiin. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 127.)

5.4 Tulevaisuuden mahdollisuudet ja visiot

Perinteiset automaattioratkaisut tarjoavat mahdollisuuksia sisälogistiikan automatisointiin. Sisälogistiikassa on kuitenkin vielä tarvetta skaalautuvimmille, joustavimmille ja paljon halvemmille automaattioratkaisuille, joiden integroiminen on helpompaa. Tästä syystä varastorobotteja pidetään yhtenä nopeimmin kehittyvänä teknologiana toimitusketjuissa. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 127-128.)

Ihmisen robotin välinen yhteistyö on merkittävässä roolissa sisälogistiikan automaattiotason nostamisessa robotiikan avulla. Robottien työskentely ihmisten rinnalla varmistaa mahdollisimman joustavan järjestelmän. Tällaisella joustavalla järjestelmällä on mahdollista parantaa toimitusketjujen läpinäkyvyyttä yhdistelemällä tavaroiden käsittely, varastotasojen kontrolloiminen sekä jatkuva inventointi ja tuotetietojen päivittäminen. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 127-128.) Seuraavassa on esitelty muutamia teknologian kehityksen tuomia sisälogistiikan tulevaisuuden mahdollisuuksia.

Autonomiset kulkuneuvot

Autonomisia kuljetusjärjestelmiä on nykyisin tarjolla strukturoituihin sisätiloihin. Uuden sukupolven autonomiset kuljetusjärjestelmät vaativat vielä kehitystä autonomiseen navigointiin, kartoittamiseen sekä paikannukseen. Tulevaisuuden autonomiset kulkuneuvot voivat toimia dynaamisissa ympäristöissä ihmisten läheisyydessä. Ne sopeutuvat hyvin ympäristön ja layoutin muutoksiin. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 128.) Tällaisia mobiilirobottisovelluksia on jo tullut markkinoille. Esimerkkejä tällaisista ratkaisuista ovat Agilox IGV (AGILOX IGV - Intelligent Guided Vehicle N.d), Robotize GoPal (Introducing our robots N.d) sekä Amazonilla käytössä olevat Kiva-robotit. Amazonin mukaan robottijärjestelmä on parantanut tilankäytön tehokkuutta, sillä järjestelmä mahdollistaa hyllyjen sijoittamisen lähemmäksi toisiaan. Tärkeimmäksi hyödyksi Amazon nostaa sen, että robottijärjestelmä on vähentänyt

liikkumiseen käytettävää aikaa noin 50 - 60 % (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 57 – 58.)

Autonominen keräily

Kasvu B2C (Business-to-Customer) kaupassa on muuttanut keräily keskittymisen konnaisten lavojen keräämisestä yksittäisten tuotteiden keräämiseen. Tämä muutos on luonut tarpeen kehittää järjestelmiä, joiden avulla voidaan kerätä yksittäisiä tuotteita varastosta sekä avustaa ihmistä keruuprosessissa. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 128.) Toistaiseksi itse keruutapahtuman automatisointi on pysynyt haasteellisena robotiikalle (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 48).

Autonominen pakkaus ja lähetys jakelukeskuksesta

Verkkokaupan kasvu on lisännyt lähetysten määrää, jotka toimitetaan suoraan varastosta loppuasiakkaalle. Tämän seurauksena jakelukeskukset joutuvat käsittelemään suurempia määriä lähetettäviä paketteja. Tässä sektorissa seuraava haaste on kehittää autonominen järjestelmä, joka tunnistaa, pakkaa, käsittelee ja lastaa lähetykset tehokkaasti ja luotettavasti. (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 128.) Suomessa autonomista pakkausrobotia on testattu ainakin Würth:n jakelukeskuksessa. Siiri-niminen robotti kykenee tunnistamaan ja käsittelemään 400 erilaista tuotetta. Würth:n tavoitteena on, että Siiri kykenee käsittelemään yli 80 % jakelukeskuksen tilausriveistä. Siiri-robotti on esitetty kuviossa 12. (Leino 2018.)



Kuvio 12. Würthin autonominen pakkausrobotti (Leino 2018)

Vähittäiskaupan sisälogistiikka

Vähittäiskaupan sisälogistiikassa robotiikan avulla voidaan tulevaisuudessa valvoa varastotasoja sekä tuotteiden ominaisuuksia, kuten viimeisiä käyttöpäiviä (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 128). Hyvänä esimerkkinä tällaisesta robotista toimii Solteq Retail Robot. Tämä robotti kykenee liikkumaan itsenäisesti myymälässä ja se pystyy havaitsemaan tyhjät hyllypaikat sekä puutteet hyllyissä, kuten väärät hintalaput. Robotissa on kaksi metriä korkea torni, joka on varustettu konenäkölaitteilla. Solteq Retail Robot on esitetty kuviossa 13. (Solteq Retail Robot N.d.)



Kuvio 13. Solteq Retail Robot. (Solteq Retail Robot N.d)

6 Robotiikan osaamistarpeet

6.1 Työtehtävien muuttuminen

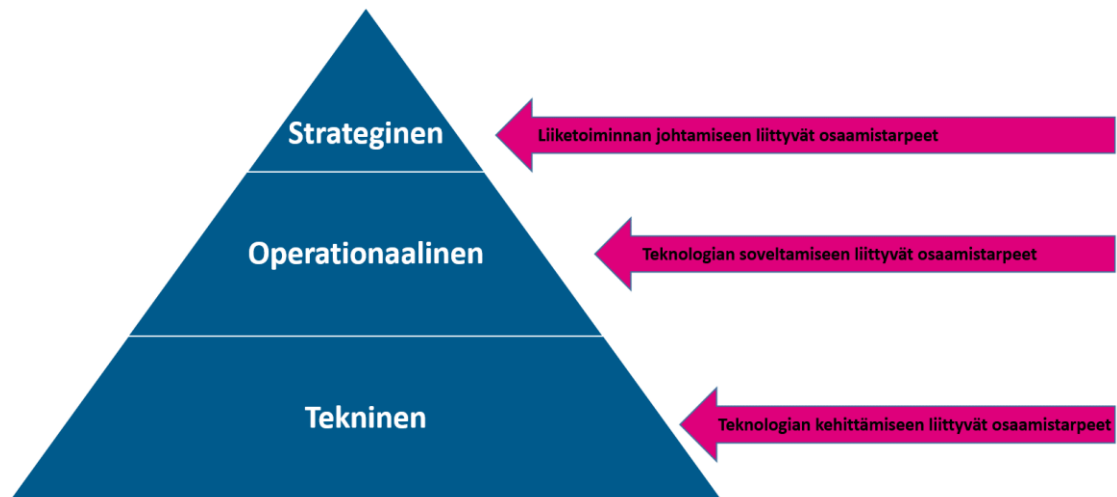
Robotiikan vaikutuksista työelämään ja työllisyyteen on paljon erilaisia näkemyksiä, joita on kuvattu tarkemmin luvussa 3.6. Teknologian kehityksen myötä aiemmin tapahtuneet murrokset työelämässä ovat johtaneet työtehtävien häviämiseen, uusien työtehtävien syntymiseen sekä työtehtävien profiilien muuttumiseen. Tällä hetkellä käynnissä olevan murroksen vaikutusten odotetaan olevan samanlaisia. Ainoana poikkeuksena voidaan pitää työprofiilien ja työelämässä tarvittavien taitojen muutosnopeutta, joka tällä hetkellä näyttää olevan vauhdikkaampaa kuin aiemmin. Esimerkiksi henkilöstöpalveluita tarjoavan Manpowerin mukaan 65 % töistä joita tämän päivän lapset tekevät tulevaisuudessa, ei ole vielä olemassa. Tulevaisuuden työtehtävien odotetaan olevan palkitsevimpia niin palkan kuin työhyvinvoinnin suhteen. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 2.)

Ihmisen ja robotin yhteistyö poistaa rutiinitöitä

Suurin osa teollisuuden, logistiikan ja terveydenhuollon asiantuntioista ennustavat, että tulevaisuudessa ihmiset ja koneet tekevät töitä yhteistyössä, niin sanotussa ihmis-cyber-fyysisessä järjestelmässä (Robots and the Workplace of the Future 2018, 2). Tällä muutoksella tulee olemaan merkittävä vaikutus työn ja organisaatioiden rakenteisiin (Robots and the Workplace of the Future 2018, 4). Digitalisaatio yhdessä automaatiasteen kasvun myötä muuttaa työn profiilia sekä osaamistarpeita. Tulevaisuudessa robotit suorittavat yhä enemmän rutiininomaisia sekä toistuvia työtehtäviä. Esimerkiksi The European Factories of the Future Research Association-järjestö ennustaa, että tuotantotyöntekijät eivät enää suorita rutiininomaisia työtehtäviä. Tällöin ihmisille jää tehtäväksi strukturoimattomat työtehtävät. Näitä tehtäviä ovat mm. tuotantovirtauksen ohjaaminen, poikkeustilanteiden ja pullonkaulojen ratkaiseminen, robottien valvonta ja ohjelmointi sekä prosessityön tekeminen, mikäli työ poikkeaa suunnitellusta prosessista. Kuitenkin myös tulevaisuudessa työntekijät joutuvat tekemään jonkin verran rutiininomaisia työtehtäviä. Tämä johtuu siitä, että automaatio luo uusia rutiininomaisia työtehtäviä, joihin tarvitaan ihmisen taitoja. Lisäksi kaikkia rutiinitöitä ei ole taloudellista automatisoida. Edellä kuvatun työtehtävien muutoksen odotetaan tapahtuvan myös logistiikkatyössä. Uudet työprofiilit vaativat pääsääntöisesti työntekijöiltä korkeampaa osaamista ja muuttaa työtä autonomisemmaksi. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 16)

6.2 Teknologian osaamistarpeiden tasot liiketoiminnassa

Kyky hyödyntää teknologioita liiketoiminnassa perustuu oikeanlaiseen osaamiseen. Liiketoiminnassa teknologioita voidaan hyödyntää monin eri tavoin, joten yritykset tarvitsevat monenlaista osaamista. Oikea osaaminen pohjautuu usein oikeanlaiseen koulutukseen. Teknologian hyödyntämiseen ja käyttöönottoon liittyvät osaamistarpeet voidaan luokitella kuviossa 14 esitettyyn kolmeen tasoon, joita ovat strategiset, operationaaliset sekä tekniset osaamistarpeet. (Nissilä, Kokkonen & Kuittinen 2016. 14.)



Kuvio 14. Teknologioiden hyödyntämisen osaamistasot. (Nissilä ym. 2016. 14)

Teknisellä osaamisella tarkoitetaan ihmisten kyvykkyyttä teknologioita hyödyntävien ratkaisujen kehittämiseen. Teknisellä tasolla työskentelevillä henkilöillä on usein taustalla teknistä- ja ICT- koulutusta. Nämä henkilöt mm. suunnittelevat ja valmistavat robotiikan ja automaation laitteita, luovat ohjelmistoja ja tekoälyä robotiikalle sekä datan analysoimiseen. Tämän tason osaamistarpeet ovat pääasiassa teknisiä. Olennaista teknisellä tasolla on omaksua uudet teknologiat mahdollisimman nopeasti ja integroida ne tuotteiksi. Tekniset osaamistarpeet keskittyvät yrityksiin, jotka tuottavat tai tukevat robotiikka- ja automaatoratkaisuja. (Mts. 2016. 14.)

Operationaalisella osaamisella viitataan yritysten ja ihmisten kyvykkyyteen soveltaa teknologiaa käytännön toimintaan. Tällä tasolla työskentelevät työntekijät hyödyntävät tai käyttävät teknologiaa työssään, mutta eivät osallistu teknologian kehittämiseen. Operationaalinen taso kattaa suuren osan työvoimasta ja osuus kasvaa teknologian käyttöönoton myötä. Teknologian käyttöönotto muuttaa tämän tason ammattiryhmien toimenkuvia. Esimerkiksi kirurgin toimenkuvaan voi jossain määrin kuulua leikkausrobotin käyttö. Operationaalisella tasolla edelläkävijöitä ovat ne, jotka omaksuvat uusien teknologioiden tehokkaan käytön ensimmäisenä. (Mts. 2016. 14-15.)

Strategisella osaamisella tarkoitetaan ihmisten ja yritysten kyvykkyyttä teknologioiden hyödyntämiseen liiketoiminnan johtamisessa, oli kyse sitten teknologian kehittämisestä tai soveltamisesta käytännön toimintaan. Tällä tasolla toimiessa on tärkeää

ymmärtää omaa organisaatiota, sääntely-ympäristöä, markkinoita ja asiakkaiden tarpeita sekä sitä, miten asiakastarpeisiin voidaan vastata teknologioilla. Yritys ei pysty reagoimaan teknologiseen murrokseen sekä hyödyntämään sen tuomia mahdollisuuksia, mikäli siltä puuttuu strategista osaamista. (Mts. 2016. 15)

Strategisella tasolla osaamistarpeista korostuu mm. liiketoimintaosaamisen, tiedolla johtaminen ja informaatio-oikeus. Liiketoimintaosaamisella tarkoitetaan niiden uusien toimintamallien oivaltamista, joita uudet teknologiat luovat. Tiedolla johtamisella tällä tasolla tarkoitetaan mm. massadatan tuottamien mahdollisuuksien hyödyntämistä liiketoiminnan strategisen suunnittelun pohjana. Vastaavasti informaatio-oikeudella tarkoitetaan mm. yksityisyyden suojaan, tietoturvaan sekä tiedon omistusoikeuksiin liittyviä kysymyksiä. Edellä mainittujen lisäksi myös osaamisen johtaminen korostuu. Kun organisaation koulutustaso ja asiantuntemus paranevat, on johtamisessa tärkeää pystyä hyödyntämään saavutettua osaamista. (Mts. 2016. 15.)

Edellä läpikäytyt teknologioiden hyödyntämisen tasot kuvaavat sitä, millaista osaamista teknologioiden hyödyntäminen yrityksiltä edellyttää. Usein työntekijät työskentelevät vain yhdellä tasolla. Yksittäinen työntekijä voi silti omata kaikkien tasojen osaamista. Esimerkiksi startup-yrityksissä johto tyypillisesti osallistuu strategian luontiin sekä tuotekehitykseen. Myös toimialaosaaminen läpi leikkaa kaikkia osaamistasoja. Teknisellä tasolla toimivien laite- ja ohjelmistovalmistajien on tärkeää ymmärtää, mihin heidän tuotteitaan käytetään ja muokata tuotteitaan tämän perusteella. Toimialalle tyypillinen osaaminen korostuu myös operationaalisella tasolla, sillä teknologioiden hyödyntäjät työskentelevät oman toimialansa tehtävissä. Myös strategisella tasolla johdon on tunnettava toimiaja ja asiakastarpeet. (Mts. 2016. 15.)

6.3 Robotiikan osaamistarpeita yrityksissä

Kirjallisuudesta löytyy monia erilaisia näkemyksiä ja tutkimustuloksia eri osaamistarpeista, joita yrityksissä tarvitaan robotiikan laajemman ja monipuolisemman hyödyntämisen ylläpitämiseksi sekä lisäämiseksi. Pula oikeanlaisesta osaamisesta voi rajoittaa kansantalouksien kasvua ja jo nyt muutamilla aloilla on havaittavissa merkittäviä osaamisvajeita (Robots and the Workplace of the Future 2018, 3). Accenturen, Harvardin yliopiston sekä Burning Glassin tekemän tutkimuksen mukaan niin sanottua

keskiosaamista vaativissa hallinnollisissa töissä, jotka ovat syntyneet automatisoinnin myötä, työnantajat vaativat vähintään kandidaatin tutkintoa. Nämä tutkinnot eivät kuitenkaan tarjoa työssä tarvittavia uusia osaamisia. Vastaavia tutkimustuloksia on saatu myös Kiinasta, jossa Fudan ja Tsinghuan yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan 70 % yrityksistä on sitä mieltä, että opiskelijat oppivat kouluissa on vain vähän asioita, joilla on heille käytännön merkitystä. Voidaankin siis todeta, että jo nyt työelämässä tarvittavat taidot eivät kohtaa koulutusjärjestelmän tuottamia taitoja. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 28.) Tähän lukuun on koottu edellä mainittuja tärkeimpiä osaamistarpeita ja taitoja kirjallisuudesta.

Positiivinen asenne robotiikkaan

Julkinen asenne robotiikkaa kohtaan vaihtelee maittain. Esimerkiksi Japanissa suhtautuminen robotiikkaan on erittäin positiivista. Monissa maissa on viime vuosina kohdattu kasvavia tuloeroja, poliittista polarisoitumista sekä sosiaalista levottomuutta. Kasvavan automaation myötä robotiikasta on helppo tehdä syntipukki mm. tuloeroihin ja työttömyyteen liittyviin huoliin. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 1-2.)

Suomessa positiivinen julkinen asenne robotiikkaa kohtaan on erityisen tärkeää. Esimerkiksi robotisoitu työstö ja valmistus on Suomessa kehittynyt useita kilpailijamaita hitaammin. Yhtenä syynä tähän pidetään heikkoa asennetta robotiikkaa kohtaan. (Linturi & Kuitunen 2016, 87.) Esimerkiksi Munnukka (2017, 29) toteaa raportissaan, että digitaalisuus kiinnostaa huonosti logistiikka-alan yrityksiä. Usein uusien robotisovellusten käyttöönotto vaatii organisaation liiketoimintaprosessien ja työntekijöiden suhtautumistapojen muuttumista (Ventä ym. 2016, 30).

Robotiikan ja robotisaation yleistieto

Japanin robottistrategian mukaan on välttämätöntä lisätä robotiikan yleistietoa ja tietotaitoa erityisesti sellaisilla osa-alueilla, joissa robotiikkaa on vielä vähän käytössä. Tärkeäksi strategiassa koettiin robotiikan yleistiedon lisääminen työntekijöille, jotka tekevät tulevaisuudessa työtä yhdessä robottien kanssa. (New Robot Strategy 2015, 38.) Suomessa on paljon yrityksiä, joissa ei vielä hyödynnetä robotisaation tuomia mahdollisuuksia. Tämä koskee erityisesti pk-yrityksiä. Ongelmaksi muodostuu

yrittäjien halu ja kyky ottaa riskejä investoimalla robotiikkaa. Osittain kyse on yritysten kyvyttömyydestä nähdä toimintaympäristön radikaalit muutokset ja toimia niiden mukaisesti. (Nissilä ym. 2016, 29- 30.)

Ymmärrys robotiikan hyödyistä

Robotiikkaa soveltavat yritykset tarvitsevat syvempää ymmärrystä robotiikalla ja automaatiolla saavutettavista hyödyistä (Nissilä ym. 2016. 30). Erityisesti pk-yritysten johtoon tarvitaan lisää ymmärrystä robotiikan tuomista mahdollisuuksista. Esimerkiksi kappaletavaroita valmistavat pk-yritykset voivat hyötyä modernin robotiikan mahdollisuuksista muita yrityksiä enemmän. Yritysten operatiivinen johto tai hallitus eivät kuitenkaan välttämättä ymmärrä kaikkia modernin robotiikan tuomia mahdollisuuksia ja hyötyjä. (Nissilä ym. 2016. 29.)

Tuottavuuden kehittämisen kulttuurin luominen

Tikan (2016, 58) mukaan tekoälyn kehitys antaa yrityksille mahdollisuuden tavoitella supertuottavuutta. Hänen mukaansa kyky luoda supertuottavuuden kulttuuri erottaa tulevaisuudessa hyvät johtajat huonoista (Tikka 2016, 58). Tikka antaa artikkelissaan esimerkin tietotyöstä, jossa robotteja ja tekoälyjärjestelmiä hyödyntävän työntekijän tuottavuus voi nousta jopa 1 000 kertaa perinteisin menetelmin toimivaa työntekijää korkeammaksi. Tästä syystä yrityksen johdolla täytyy olla kyky luoda supertuottavuuden kulttuuri. (Tikka 2016, 67-68.) Supertuottavuuden tavoittelu ei todennäköisesti onnistu perinteisellä projektijohtamisella tai työkalujen standardoimisella. Tärkeämpää on voimaannuttaa työntekijät supertuottavuuteen. Yleisesti organisaatioissa on pystyttävä tuottavuuskulttuurin kasvattamiseen. Tämä tarkoittaa mm. työntekijöiden vastuunottamista oman työn tuottavuutensa kehittämistä, työntekijöiden oppimista yhteistyössä sekä parhaiden tuottavuutta parantavien keinojen laajaa käyttöönottoa. (Tikka 2016, 70-71.) Tuottavuuden kehittäminen robotiikan ja automaation avulla on erityisesti teollisten pk-yritysten eilinehto (Andersson & Kaivo-oja. 2016, 59).

Tekninen osaaminen

The European Factories of the Future Research järjestön arvion mukaan robotiikan lisääntyessä työpaikoilla työntekijät eivät enää suorita rutiininomaisia työtehtäviä.

Toisaalta tulevaisuudessa työntekijät joutuvat esimerkiksi valvomaan sekä toisinaan ohjelmoimaan robotteja. Tämän lisäksi työtehtävät tehdään manuaalisesti silloin, kun työprosessiin tulee odottamattomia muutoksia. Edellä mainitut tehtävät muutokset ovat odotettavissa myös logistiikassa. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 23.)

Saksalaisen VDMA- organisaation tekemän tutkimuksen mukaan kandidaattitason tutkinnot eivät anna oppilaille riittäviä käytännön teknisiä taitoja. VDMA- organisaation mukaan 95 % saksalaisista yrityksistä kannattaa teknisen osaamisvajeen täyttämistä yhdistämällä teoreettista osaamista harjoitteluun yrityksissä. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 23.) Maailmalla korkeakoulut ovat heränneet käytännön teknisten taitojen opettamiseen (Robots and the Workplace of the Future 2018, 24). Robotiikan käytännönläheisten teknisten taitojen opettamisen haasteena nähdään kuitenkin tarvittavat laiteinvestoinnit. Robotiikan kehitys on nopeaa ja osaamisen saavuttamiseksi tavitaan investointeja moderniin laitteistoon. (Venta ym. 2016. 27.)

Suomessa automaatio-osaamisen puute on kehityksen este erityisesti konepajateollisuudessa. Tämä on johtanut siihen, että Suomessa robotteja on vajaakäytössä teknisen osaamisen puuttumisen vuoksi. (Andersson & Kaivo-oja 2016, 59.) Ventä, Honkatukia, Häkkinen, Kettunen, Niemelä, Airaksinen & Vainio (2018, 90) jopa ehdottaa, että teknisten taitojen opetusta otettaisiin mukaan jo peruskouluihin ja lukioihin, sillä teknologian merkitys yhteiskunnassa kasvaa. Myös Japanin robottistrategiassa nähdään tärkeänä teknisten osaamistaitojen merkitys tulevaisuudessa mm. henkilöillä, jotka työskentelevät robotiikan käyttöönoton parissa. Sen mukaan on tärkeää, että robotiikan tieto-taito lisääntyy yrityksissä. (New Robot Strategy 2015, 38-39.)

Digitaaliset osaamistarpeet ja ohjelmisto-osaaminen

Digitaaliset taidot tulevat olemaan avainasemassa kaikilla teollisuuden aloilla, sillä uudet työtehtävät sisältävät todennäköisesti vahvan digitaalisen elementin. Useiden tutkimusten mukaan tulevaisuudessa työprofiilit yhdistävät digitaalisuuden tuotannon, prosessien ja toiminnan suunnitteluun. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 16-17.) Boston Consulting Groupin tekemässä tutkimuksessa kerättiin

mielipiteitä yli 750 tuotantopäälliköltä, jotka työskentelevät autoteollisuuden eri vaiheissa. Vastaajista yli puolet uskoivat palkkaavat tulevaisuudessa enemmän henkilöitä, joilla on IT-osaamista. Myös linkedinin ”Top 20 hottest skills of 2015”-listan kaikki osaamistarpeet olivat digitaalisuuteen liittyviä. Digitaalisuuden kasvu johtaa uuden tyyppisiin töihin kaikilla osaamistasoilla. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 17.) Digitaalisiten osaamistarpeiden uskotaan kasvavan keskeiseksi osa-alueeksi eri koulutusohjelmissa (Robots and the Workplace of the Future 2018, 23). Robotiikan kehittäjien osalta osaamistarpeet painottuvat tulevaisuudessa yhä enemmän ohjelmisto-osaamiseen (Nissilä ym. 2016, 44). Myös Japanin robottistrategia nostaa esille IT-osaamisen merkityksen yhdistettynä robotiikan tietotaitoon, mikäli robotiikan käyttöönottoa halutaan lisätä tulevaisuudessa (New Robot Strategy 2015, 38).

Robotiikan integraatio-osaaminen

Yksi erittäin oleellinen robotiikan osaamistarve tulevaisuudessa on robotiikan integraatio-osaaminen, mikäli robotiikan käyttöönottoa halutaan lisätä. Tällä hetkellä monet yritykset hakevat avainhenkilöitä uusien teknologioiden käyttöönottoon. Logistiikassa tämä koskee esimerkiksi varastojen automaatiojärjestelmien integroinnin tehtäviä. (Nissilä ym. 2016, 45.) Tulevaisuudessa tuottavuuden nostamien ja sitä kautta kilpailuedun saaminen edellyttää yrityksissä kykyä suunnitella ja käyttöönottaa prosesseja, joissa ihmiset ja robotit työskentelevät yhdessä (Robots and the Workplace of the Future 2018, 2).

Johtaminen, päätöksentekokyky sekä omatoimisuus

Tulevaisuudessa tarvittavan osaamisen ja työtehtävien muuttumisen myötä myös johtamiseen liittyvät osaamistarpeet tulevat muuttumaan. Tikan (2016, 58) mukaan johtajuudessa keskeiseksi osaamiseksi nousee arvojen luominen sekä toimintakulttuurin määrittäminen. Hänen mukaansa kontrolloiva johtaminen korvautuu valmentavalla johtajuudella. Tavoitteelliseen vuorovaikutukseen perustuvan johtamisen kulmakiviä ovat arvostaminen, luottamus, innostaminen sekä yhdessä oppiminen. (Tikka 2016, 58.)

Modernin robotiikan avulla on mahdollista saada aikaan melkein mitä vain. Näin ollen tulevaisuudessa organisaation ytimen määrittelee kyky tehdä valintoja. Työnteon

painopiste tulee siirtymää pois perinteisestä tekemisestä. Tämä johtaa siihen, että aikaa käytetään enemmän päätöksiin ja harkintaan siitä, mitä kannattaa tehdä ja miksi. (Tikka 2016, 60-66.) Tulevaisuudessa työnantajat tulevat korostamaan entistä enemmän niin sanottuja pehmeitä arvoja, kuten ongelmanratkaisukykyä, päätöksentekoa paineen alla sekä viestintää (Robots and the Workplace of the Future 2018, 16).

Robottiikan ja tekoälyn kehityksen tavoitteena saada työnteon taustalta ns. teknologia katoamaan, jolloin työntekijä voi keskittyä tekemään muita asioita. Tämän kehityksen odotetaan lisäävän työntekijöiden autonomiaa organisaatioiden eri tasoilla ja toimenkuissa korostuu enemmän itseohjautuvuus. Tällöin kyvyt priorisoida ja keskittyä olennaisiin asioihin korostuvat. Itseohjautuvuuden lisääntyminen vähentää keskijohdon tarvetta. Ongelmien määrittely ja valintojen tekeminen eivät jää ainoastaan johdon hartioille. Tällöin johdon tehtäväksi jää varmistaa, että kaikki työntekijät tekevät töitä organisaation yhteisten tavoitteiden eteen. Tällöin aiemmin mainitut organisaation arvot ja kulttuuri nousevat tärkeimmiksi johtamisen välineiksi. (Tikka 2016, 60-66.) Tikka (2016, 63) ennustaa myös, että hallinnollisen keskijohdon väheneminen litistää organisaatioita. Tämä voi johtaa valtaosan nykyisistä organisaatio- ja johtamismalleista häviämiseen.

Tiimityö ja kommunikointi

International Labour- organisaation teettämän kyselyn mukaan, johon vastasi 4000 yritystä, tärkeimmiksi taidoiksi teknisten taitojen jälkeen nostettiin tiimityöskentely sekä kommunikaatiotaidot (Robots and the Workplace of the Future 2018, 17-18). Robottiikan laajempi hyödyntäminen edellyttääkin muutosta organisaation vuorovaikutuksessa, joka perinteisissä organisaatiomalleissa on liian vähäistä (Tikka 2016, 64).

Alakohtainen ydinosaaminen

Logistiikassa sekä teollisuudessa tärkeimpänä osaamistarpeena tulevaisuudessa tulee pysymään alakohtainen ydinosaaminen, eli niin sanottu prosessiosaaminen. Alakohtainen osaaminen koetaan tärkeämmäksi kuin esimerkiksi digitaalinen osaaminen. Yritysten mielestä työntekijöiden on hitaampaa omaksua alakohtaiset prosessiosaamistarpeet kuin digitaaliset osaamistarpeet. (Robots and the Workplace of the Future 2018, 3.) Teollisuuden on siis helpompaa kouluttaa prosessiasiantuntijoille IT-

osaamista, kuin IT-osaajille prosessiosaamista (Robots and the Workplace of the Future 2018, 16). Monilla aloilla automaation käyttöönotto edellyttääkin työntekijöiltä teknisten ja digitaalisten osaamisten lisäksi myös vankkaa prosessiosaamista (Robots and the Workplace of the Future 2018, 26).

6.4 Robottiikan koulutustarjonta Suomalaisissa korkeakouluissa

Liikenne ja viestintäministeriön tilaamassa ja Nissilä ym. (2016, 20) toteuttamassa selvityksessä tarkasteltiin mm. älykkään automaation ja robotiikan koulutustarjontaa keskeisissä suomalaisissa ammattikorkeakouluissa sekä yliopistoissa. Selvityksen tiedot perustuvat korkeakoulujen internetsivuihin, haastatteluihin sekä oppilaitoskyselyihin. Sen mukaan strategisen tason osaamista tuottavat tyypillisemmin kaupallisen, oikeustieteellisen tai teknillis- taloudellisen alan koulutusohjelmat. Selvityksessä huomautetaan, että nämä koulutusalat harvoin keskittyvät suoraan robotiikkaan. Sen mukaan operationaalisen tason osaamista on mahdollista syntyä mistä tahansa koulutusalaista, jossa hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää robotiikkaa. (Nissilä ym. 2016. 20.)

Selvityksen mukaan automaatiota opetetaan useissa eri koulutusohjelmissa. Suomen yliopistoissa robotiikkaa opetetaan ainakin neljässä yliopistossa. Nämä yliopistot ovat Aalto-yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä Oulun yliopisto. Näistä yliopistoista varsinaisia robotiikan koulutusohjelmia on vain Aalto-yliopistossa sekä Tampereen teknillisessä yliopistossa. (Nissilä ym. 2016. 23.)

Aalto-yliopiston koulutustarjonta

Aalto-yliopistossa robotiikkaa opetetaan systeemi- ja automaation laitoksella. Laitoksen Automaatio- ja informaatioteknologian kandidaattiohjelman, pääaineen Automaatio ja systeemitekniikka, robotiikka on pakollinen kurssi (Nissilä ym. 2016. 23). Kyseisen robotiikan opintojakson oppimistavoitteena on, että opiskelija osaa mallintaa ja ohjata robottikäsivarsimekanismeja sekä osaa teollisuusrobottien ohjelmoinnin käytännön tasolla (ELEC-C1320 Robotiikka N.d).

Aalto-yliopiston Automation and Electrical Engineering-maisteriohjelman pääaine Control, Robotics and Autonomous Systems sisältää pakollisina opintoina robotiikan

taustateorioita (Nissilä ym. 2016. 23) sekä vapaavalintaisia opintoja yhteensä 30 opintopistettä. Vapaavalintaisten kurssien tarjonnassa on yhteensä viisi robotiikkaan liittyvää opintopaksoa, jotka ovat (Control, Robotics and Autonomous Systems N.d):

- Autonomous Mobile Robots, 5 op,
- Micro and Nano Robotics, 5 op,
- Robotic Vision P, 5 op,
- Robotics, 5 op sekä
- Robotics: Manipulation, Decision Making and Learning, 5 op

Edellä mainittuja opintokokonaisuuksia on mahdollista opiskella myös sivuaineena Aalto-yliopistossa (Nissilä ym. 2016. 23). Suurin osa Aalto-yliopiston opetustarjonnasta painottuu perinteiseen teollisuusrobotiikkaan, modernia robotiikkaa opiskelee vain pieni määrä opiskelijoita. Aalto-yliopistossa on myös kolme robotiikan professoria, jotka ovat autonomiset järjestelmät, älykäs robotiikka sekä mikro- & nanorobotit. (Nissilä ym. 2016. 24.)

Tampereen yliopiston opetustarjonta

Tampereen yliopistossa robotiikan opintoja on tarjolla automaatiotekniikan maisteriohjelmassa. Automaatiotekniikan maisteriohjelma sisältää viisi suuntautumisvaihtoehtoa, joista kolmessa tarjotaan robotiikan opintoja. Nämä kolme suuntautumisvaihtoehtoa on esitelty taulukossa 1. (Opinto-oppaat 2018–2019 N.d.)

Taulukko 1. Robotiikan opintotarjonta Tampereen yliopistossa. (Opinto-oppaat 2018–2019 N.d)

Koulutusohjelma	Pääaine	Robotiikan opetus
Automaatiotekniikan DI-tutkinto-ohjelma	Robotics	4 pakollista robotiikan opintopaksoa (yht. 20 op.) Lisäksi täydentäviä opintopaksoa 0-40 op
Automaatiotekniikan DI-tutkinto-ohjelma	Factory Automation and Industrial Informatics	1 pakollinen robotiikan kurssi (5op)
Automaatiotekniikan DI-tutkinto-ohjelma	Älykkäät työkoneet	Valittavana 2 robotiikan opintopaksoa täydentäviä opintoja (yht. 10 op)

Tampereen yliopiston automaatiotekniikan maisteriohjelmassa on robotiikalle oma englannin kielinen suuntautumisvaihtoehto nimeltä Robotics. Suuntautumisvaihtoehto sisältää 4 pakollista robotiikan opintojakoa, yhteensä 20 opintopistettä. Näiden lisäksi suuntautumisvaihtoehtoon sisältyy 3 vapaasti valittavaa täydentävää robotiikan opintojaksoa. Maisteriohjelman Factory Automation- and Industrial Informatics-suuntautumisvaihtoehtoon sisältyy ainoastaan yksi pakollinen viiden opintopisteen robotiikan opintojakso nimeltä Robot Manipulators: Modeling, Control and Programming. Suuntautumisvaihtoehtoon Älykkäät työkoneet sisältyy kaksi vapaasti valittavaa robotiikan täydentävää opintojaksoa. Kaikki koulutusohjelman robotiikan opintojaksot on esitetty taulukossa 2. (Opinto-oppaat 2018–2019 N.d.) Tarkasteltaessa Automaatiotekniikan DI-tutkinto-ohjelman robotiikan kurssitarjontaa on myös huomiotava, että kaikki suuntautumisvaihtoehdot sisältävät useita robotiikan teknisiä osamistarpeita tukevia opintojaksoja.

Taulukko 2. Tampereen yliopiston Automaatiotekniikan DI-tutkinto-ohjelman robotiikan kurssitarjonta. (Opinto-oppaat 2018–2019 N.d)

Pääaine	Kurssin nimi	Opintopisteet	Pakollinen/vapaasti valittava
Robotics	Robot Manipulators: Modeling, Control and Programming	5	P
Robotics	Mechatronics and Robot Programming	5	P
Robotics	Fundamentals of Mobile Robots	5	P
Robotics	Robotics Project Work	5	P
Robotics	Advanced Robotics	5	V
Robotics	Collaborative Robotics	5	V
Robotics	Fundamentals of Robot Vision	5	V
Factory Automation and Industrial Informatics	Robot Manipulators: Modeling, Control and Programming	5	P
Älykkäät työkoneet	Mechatronics and Robot Programming	5	V
Älykkäät työkoneet	Fundamentals of Mobile Robots	5	V

Muut yliopistot

Robotiikkaa läpi käydään jonkin verran myös Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa sekä Oulun yliopistossa. Kyseisten korkeakoulujen opetustarjonta robotiikasta perustuu muutamisiin yksittäisiin kursseihin. Oulun yliopistossa robotiikan koulutus painottuu tekoälyyn (Nissilä ym. 2016. 23). Oulun avoimen yliopiston koulutustarjonnassa ei ole tarjolla yhtään robotiikan opintojaksoa (Avoimen yliopiston opetustarjonta. N.d). Lappeenrannan teknisen yliopiston tuotantotalouden kandidaattiohjelmassa ei sisällä yhtään robotiikan opintojaksoa. Taulukossa 3 on esitetty Lappeenrannan teknisen yliopiston, eli LUT:n kurssitarjonta robotiikasta. Robotiikka LUT:ssa opetetaan ainoastaan energiatekniikan opinnoissa. (Opintotarjonta N.d.)

Taulukko 3. LUT:n robotiikan koulutustarjonta. (Opintotarjonta n.d)

Yksikkö	Kurssin nimi	Taso	Opintopisteet
LUT School of Energy Systems	Advances in Robotics	-	3
LUT School of Energy Systems	Control and Design of Robot Systems	-	5
LUT School of Energy Systems	Industrial Applications of Robot Systems	-	7
LUT School of Energy Systems	Industrial Robotics	Doctoral Studies	6
LUT School of Energy Systems	Postgraduate Course in Automation, Robotization and Mechanization of Welding	Doctoral Studies	10

Ammattikorkeakoulujen koulutustarjonta

Suomalaisissa ammattikorkeakouluissa älykkääseen automaatioon ja robotiikkaan liittyviä aiheita opetetaan muutamissa eri koulutusohjelmissa. Lisäksi robotiikkaa tukevia opintoja tarjotaan lähes jokaisessa tekniikan alan koulutusohjelmassa. Laajimmat robotiikan koulutustarjonnat ovat Kajaanin sekä Vaasan ammattikorkeakouluilla. Vaasan ammattikorkeakoulun konetekniikan koulutusohjelmassa on kolme pakollista robotiikan opintojaksoa, joiden laajuus yhteensä on 15 opintopistettä (Konetekniikan koulutus (KT 2019) N.d). Kajaanin ammattikorkeakoulun konetekniikan koulutusohjelmassa on mahdollisuus erikoistua robotiikkaan. Kyseisessä koulutusohjelmassa on tarjolla yhteensä 10 robotiikan kurssia, joiden laajuus yhteensä on 36 opintopistettä.

Kajaanin ammattikorkeakoulun robotiikan opintojaksot on esitetty taulukossa 4. (Konetekniikan koulutus 2019 N.d.)

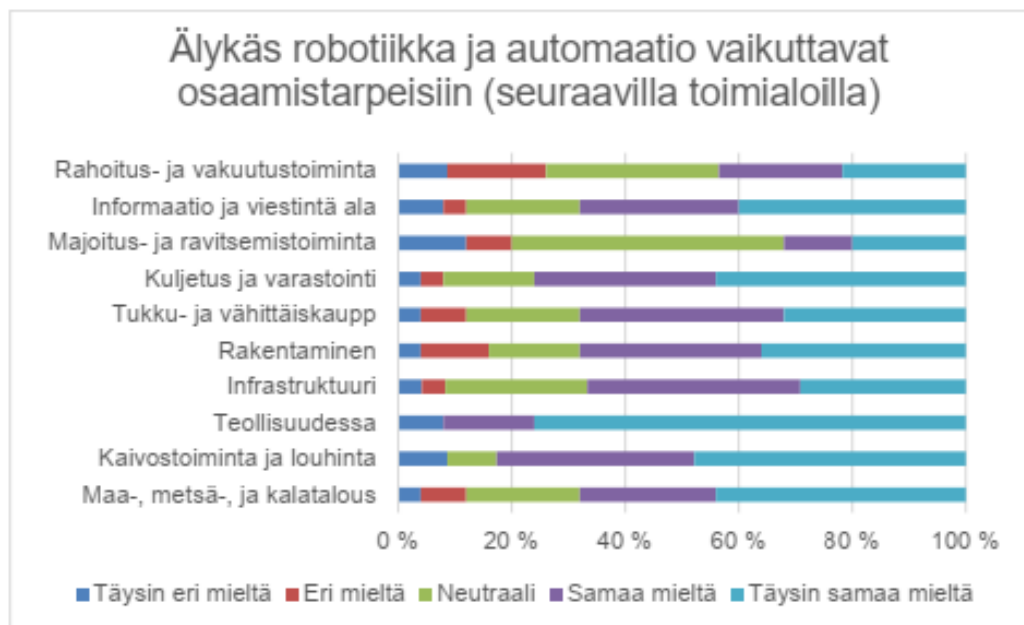
Taulukko 4. Robotiikan koulutustarjonta Kajaanin ammattikorkeakoulussa. (Konetekniikan koulutus 2019 N.d)

Tutkinto & erikoistuminen	Opintojakson nimi	P/V	Opintopisteet
Konetekniikka, perusopinnot	Robotiikka	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 1	Modernia teknologiaa, Älykkäät ratkaisut	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 1	Robotit tuotannossa	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 1	Robottijärjestelmien simulointi	P	6
Koentekniikka, Robotiikka 1	Robottien ohjelmointi	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 1	Robotiikan projektityöt	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 2	Konenäkö	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 2	Robottijärjestelmien integrointi	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 2	Robottijärjestelmien turvallisuus	P	3
Koentekniikka, Robotiikka 2	Robotiikka 2 projektityöt	P	6

Suomen ammattikorkeakoulujen tekniikan alojen robotiikan opetustarjontaa on kuvattu tarkemmin liitteessä 1. Logistiikan, tuotantotalouden sekä ajoneuvo- ja kuljetustekniikan koulutusohjelmissa varsinaista robotiikan opetusta on tarjolla vain vähän. Ainoastaan Satakunnan ammattikorkeakoulututkinnossa Tuotantotalous ja -tekniikka on tarjolla robotiikan opintojaksoja. Tutkinnossa tarjolla on Robotiikka- sekä Konenäkö- opintojaksot. Molempien opintojaksojen laajuus on neljä opintopistettä. On kuitenkin hyvä muistaa, että robotiikkaa tukevia teknisiä, operationaalisia sekä strategisia osaamistarpeita opetetaan ammattikorkeakoulujen opetussuunnitelmien perusteella jokaisessa tekniikan tutkinto-ohjelmissa, vaikka modernin robotiikan opetus onkin vielä vähäistä.

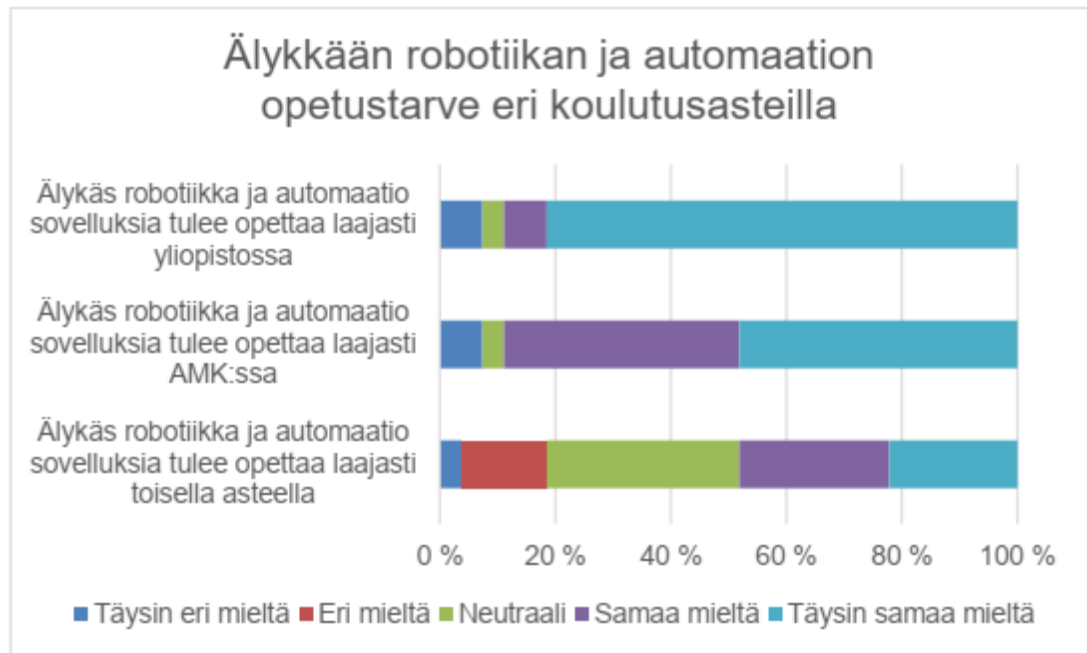
Oppilaitosten näkemyksiä robotiikan koulutustarpeen tulevaisuudesta

Kuviossa 15 on esitetty suomalaisten oppilaitosten näkemyksiä älykkään robotiikan ja automaation vaikutuksista yritysten ja työntekijöiden osaamistarpeiden muuttumiseen eri aloilla. Kuvion 15 tulokset perustuvat oppilaitoksille lähetettyihin kyselyihin sekä haastatteluihin. Neutraalien vastausten osuus voi viitata siihen, että robotiikan mahdollisuuksia ei vielä tiedosteta riittävän hyvin. (Nissilä ym. 2016, 24 – 25.) Kuvion 15 voidaan todeta, että lähes 80 % oppilaitoksista on sitä mieltä, että robotiikka tulee muuttamaan kuljetuksiin sekä varastointiin liittyviä osaamistarpeita. Suurin osa oppilaitoksista uskoo robotiikan muuttavan osaamistarpeita myös tukku- ja vähittäiskaupan alalla.



Kuvio 15. Näkemyksiä robotiikan vaikutuksista osaamistarpeisiin. (Nissilä ym. 2016, 25)

Kuviossa 16 on esitetty oppilaitoksen näkemykset robotiikan opetustarpeesta eri koulutusasteilla. Suurin osa, eli lähes 90 % oppilaitoksista on sitä mieltä, että älykkään robotiikan ja automaation sovelluksia tulisi opettaa laajasti ammattikorkeakouluissa sekä yliopistoissa. Oppilaitosten mielestä robotiikka on tärkeä teknologia lähes kaikilla sovellusaloilla. (Nissilä ym. 2016, 26.)



Kuvio 16. Älykkään robotiikan ja automaation opetustarve. (Nissilä ym. 2016, 26)

Oppilaitosten näkemyksen mukaan poikkitieteellisyys on tärkeä toimintamuoto robotiikan edistämiseksi. Poikkitieteellisyttä harjoitetaan jo monissa oppilaitoksissa, mutta oppilaitosten mielestä sitä pitäisi lisätä entisestään koulutukseen. Esimerkiksi automaation potentiaalisten sovelluskohteiden välinen yhteistyö koetaan oppilaitoksissa tärkeäksi. Tärkeimmät yhteistyömuodot oppilaitosten mukaan ovat poikkitieteelliset tutkimushankkeet sekä yhteiset opintojaksot eri alojen välillä. Yliopistollisten toimijoiden mielestä robotiikan koulutusta tulisi laajentaa. Myös robotiikan sovellusten koulutusten lisääminen nähtiin tärkeänä. Uusien koulutusohjelmien lisäksi oppilaitokset pitävät tärkeänä robotiikkaan liittyvien sisältöjen lisäämistä nykyisiin koulutusohjelmiin. (Nissilä ym. 2016, 26)

7 Tutkimuksen toteutus

7.1 Aineiston keruu

Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2009, 205) mukaan tutkimuksen aineistonkeruumenetelmä pitää olla perusteltu. Tämän opinnäytetyön pääasialliseksi tiedonkeruumenetelmäksi valittiin tutkimushaastattelut. Hirsjärven ja muiden (2009, 205-206)

mukaan tutkimushaastattelulla aineiston keruun muotona on sekä hyviä että huonoja puolia. Erityisen hyviä tutkimushaastattelun puolia ovat seuraavat:

- Aineiston keruuta voidaan säädellä joustavasti tilanteen edellyttämällä tavalla.
- Haastatteluaiheiden järjestystä voidaan muuttaa.
- Enemmän mahdollisuuksia tulkita vastauksia.
- Haastateltavat voidaan tavoittaa myöhemmin, mikäli aineiston selventämiselle tai täydentämiselle on tarvetta.

(Hirsjärvi ym. 2009, 205-206)

Tutkimushaastatteluihin sisältyy tutkimuksen kannalta myös riskitekijöitä. Haastattelut vievät paljon aikaa ja lyhyisiin haastatteluihin ei yleisesti kannata ryhtyä, sillä tällöin ongelma on todennäköisesti mahdollista ratkaista kevyemmällä tutkimusmenetelmällä, kuten kyselyllä. Tutkimushaastattelut vaativat myös huolellista suunnittelua sekä hyvää valmistautumista. Edellä mainittujen lisäksi tutkimushaastatteluiden katsotaan sisältävän monia virhelähteitä, jotka johtuvat haastattelijan tai haastateltavan toiminnasta sekä itse haastattelutilanteesta. Haastateltava saattaa esimerkiksi antaa sosiaalisesti suotavia vastauksia tai kokea haastattelutilanteen uhkaavana tai pelottavana. Haastateltava haluaa herkästi esiintyä esimerkiksi hyvänä kansalaisena tai moraaliset ja sosiaaliset velvollisuudet täyttävänä ihmisenä. Vastaavasti haastateltava vaikenee mielellään taloudellisesta tilanteesta sekä norminvastaisesta käyttäytymisestä. Haastatteluaineisto onkin tilannesidonnaista, jolloin on riski, että haastateltava puhuu eri tavalla toisessa tilanteessa. Haastattelijan on osattava tulkita vastauksia edellä mainittujen seikkojen valossa ja huomioitava ne tuloksissa. (Hirsjärvi ym. 2009, 205-207.)

Edellä kuvattuja tutkimushaastattelujen riskien minimoimiseksi tämän tutkimuksen teemahaastatteluiden yksittäisten vastausten tuloksia, haastateltavien henkilöllisyyksiä sekä työnantajia ei julkaista. Näin toimimalla haastateltavilta pyritään saamaan mahdollisimman rehellisiä ja luotettavia näkemyksiä.

Aiemmin kuvatuista haasteista huolimatta tutkimushaastatteluiden käyttöä kuitenkin perustellaan usein seuraavilla seitsemällä syyllä: (Hirsjärvi ym. 2009, 205-207)

1. Korostetaan, että ihminen on tutkimustilanteessa subjekti ja hänellä on mahdollisuus tuoda esille itseään koskevia asioita mahdollisimman vapaasti.
2. Tutkitaan vähän kartoitettua tai tuntematonta aluetta, jolloin vastausten suuntia on vaikea tietää etukäteen.
3. Tulos halutaan sijoittaa laajempaan kontekstiin. Haastattelutilanteessa on mahdollista nähdä vastaaja ja hänen ilmeensä ja eleensä. Lisäksi vastaaja voi kertoa aiheesta laajemminkin kuin tutkija pystyy ennakoimaan.
4. Tiedetään, että tutkimuksen aihe tulee tuottamaan vastauksia monitahoisesti ja moniin suuntiin.
5. Halutaan selventää saatavia vastauksia.
6. Halutaan syventää saatua tietoa. Haastateltavalta voidaan pyytää mielipiteelleen perustelu sekä voidaan kysyä lisäkysymyksiä aiheesta.
7. Halutaan tutkia vaikeita tai arkoja aiheita.

Edellä kuvatut syyt puoltavat tutkimushaastatteluiden valintaa pääasialliseksi tutkimusmenetelmäksi tähän opinnäytetyöhön. Kuten tietoperustassa on aiemmin kuvattu, ovat robotisaatio sekä moderni robotiikka ja sen kehitys varsin uusia, mutta voimakkaasti kasvavia ilmiöitä, erityisesti sisälogistiikassa. Tästä syystä tutkimuksen tuloksia ja vastausten suuntia on erittäin vaikea ennalta ennakoida. Tutkimushaastatteluisissa haastateltavilta halutaan saada mahdollisimman paljon tietoa aiheista ja heidän näkemyksistään, jolloin haastateltavien mielipiteitä halutaan selvittää mahdollisimman tarkasti. Myös robotiikkaan liittyvät osaamistarpeet ovat hyvin monitasoisia, kuten tietoperustassa nousi esiin. Näin tutkittavilta saatuja vastauksia haluttiin selventää ja perusteluja mielipiteille haluttiin kartoittaa mahdollisten lisäkysymysten kautta.

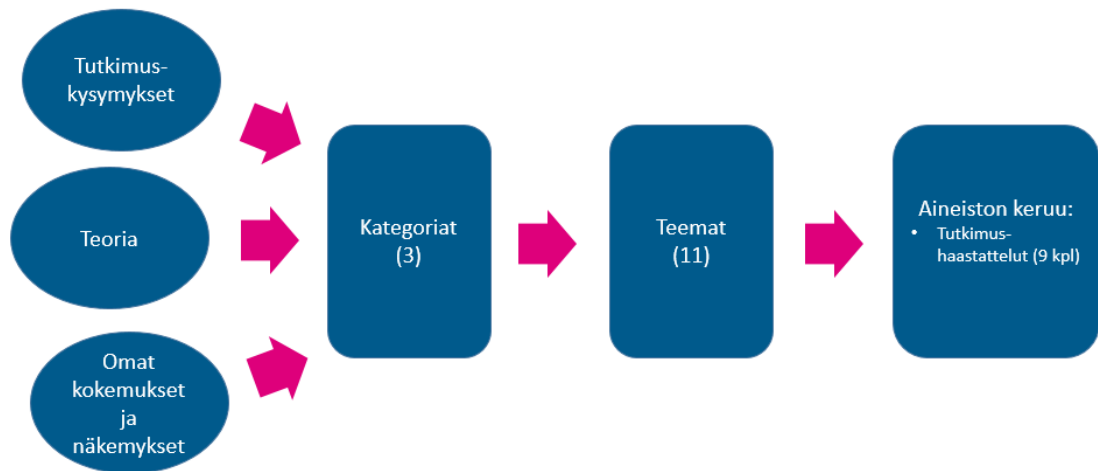
Erilaisista tutkimushaastattelutyypeistä opinnäytetyön haastattelumenetelmäksi valikoitui teemahaastattelu, sillä tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoa eri tyyppisistä ja erilaisissa tilanteissa olevista yrityksistä. Teemahaastattelu on strukturoidun lo-makehaastattelun sekä keskustelua muistuttavan avoimen haastattelun välimuoto. Teemahaastattelussa haastattelun aihepiirit ja osa-alueet, eli teemat ovat tiedossa, mutta kysymysten tarkka muoto ja järjestys puuttuvat (Hirsjärven ym. 2009, 208). Tämä tuki opinnäytetyön tutkimusasetelmaa. Teemahaastattelussa aineistoa voidaan analysoida ja tulkita monin eri tavoin, esimerkiksi tilastollisten analyysien avulla (Hirsjärven ym. 2009, 208-209).

7.2 Haastatteluteemojen valinta

Teemat tutkimushaastatteluun nousivat opinnäytetyön tietoperustasta, tutkimuskysymyksistä sekä opinnäytetyön tekijän aiemman kokemuksen perusteella. Tutkimushaastattelun teemoiksi valittiin lopulta 11 teemaa, jotka jaoteltiin 3 kategoriaan. Nämä kategoriat ovat muutokset sisälogistiikan toimintaympäristössä, robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa sekä robotiikan hyödyntämiseen ja käyttöönottoon liittyvät osaamistarpeet. Edellä mainittujen teemojen lisäksi haastattelussa kartoitettiin haastateltavan sekä hänen edustaman organisaation taustatietoja sekä heidän omaa osaamista ja tietämystä robotiikasta. Tutkimushaastatteluiden teemat jaoteltuna kategorioihin on esitetty taulukossa 5. Vastaavasti tutkimukset sekä aineiston keruun prosessi kokonaisuutena on esitetty kuviossa 17.

Taulukko 5. Haastatteluteemat kategorioittain.

Kategoria	Teemat
Sisälogistiikan toimintaympäristö ja muutokset	Vaatimukset Tuottavuuskehitys Työmarkkinat ja työvoima Automaatio ja robotiikka
Robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa	Robotiikan mahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa Robotiikan vaatimat muutokset Miksi/miksi ei hyödynnä robotiikkaa Robotiikan edut ja haitat Hyödyntämisessä huomioitavat tekijät
Robotiikan osaamistarpeet	Työtehtävien muuttuminen Insinöörin osaamistarpeet



Kuvio 17. Tutkimuksen aineistonkeruuprosessi.

Yritysten taustatiedot

Tutkimushaastatteluissa haluttiin selvittää yritysten sekä haastateltavien henkilöiden taustatiedot. Tutkittavien taustatiedoista tutkimuksen kannalta kiinnostavimpia selvitettäviä asioita olivat tutkittavan nykyinen työtehtävä sekä työ- ja koulutushistoria. Näiden tietojen avulla haluttiin kartoittaa haastateltavien kokemusta sisälogistiikasta.

Yritysten taustatiedoista pyrittiin kartoittamaan yrityksen perustietoja, kuten yrityksen toimialaa, henkilöstömäärää, yleistä kuvausta yrityksestä sekä yrityksen logistiikan toiminnasta. Näiden lisäksi yrityksiltä haluttiin selvittää, kuinka paljon yritykset hyödyntävät robotiikkaa tai automaatiota toiminnassaan sekä yritysten oma arvio siitä, mikä on heidän teknologian hyödyntämisen tasonsa verrattuna muihin toimijoihin omasta.

Sisälogistiikan toimintaympäristö ja muutokset

Tämän kategorian haastatteluteemoissa pyrittiin selvittämään, toteutuvatko kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseet muutokset käytännön työelämässä sekä miten ne muuttavat sisälogistiikkaan. Aluksi haastateltavilta haettiin näkemyksiä sisälogistiikan vaatimukseen liittyviin muutoksiin. Haastateltavilta haluttiin selvittää, miten sisälogistiikkaan kohdistuvat vaatimukset ovat muuttuneet heidän kokemuksensa mukaan sekä näkemys tulevaisuuden muutoksista. Seuraavaksi tutkittavilta pyrittiin selvittä-

mään, kuinka tärkeäksi he kokevat tuottavuuden kehittämisen, miten he ovat kehittäneet tuottavuuttaan sekä miten he kehittävät tuottavuuttaan tulevaisuudessa. Lisäksi yrityksiltä haluttiin näkemys siitä, miten tuottavuuden kehittäminen vaikuttaa tai on vaikuttanut yrityksen työllisyyteen.

Tämän jälkeen haastatteluissa selvitettiin tutkittavien kokemuksia työvoiman saamisesta nyt ja näkemyksiä työvoiman löytymisestä lähitulevaisuudessa. Lisäksi haastateltavia pyydettiin kertomaan mahdollisista toimenpiteistä työvoiman löytämiseksi tulevaisuudessa, mikäli he näkivät sen haasteelliseksi. Viimeisenä haastatteluteemanä sisälogistiikan toimintaympäristö ja muutokset kategoriassa oli automaatio ja robotiikka. Tässä teemassa pyrittiin selvittämään yritysten tietämystä sekä halua etsiä tietoa uusimmista automaatiotratkaisuista ja modernin robotiikan sovelluksista. Lisäksi kyseisessä teemassa kartoitettiin yritysten näkemystä robotiikan roolista ja yleistymisestä sisälogistiikassa.

Robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa

Robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa kategorian pääasiallisena tavoitteena oli selvittää, miten haastateltavien yritysten näkemyksiä siitä, miten robotiikan voidaan hyödyntämisen sisälogistiikassa heidän näkökulmastaan sekä mitä käytännön asioita hyödyntämisessä tulee huomioida. Ennen keskustelua tämän kategorian teemoista, haastateltaville annettiin lyhyt info robotiikan uusimmista ratkaisuksista ja mahdollisuuksista sekä käytiin läpi robotiikan kehitystä lähitulevaisuudessa.

Kategorian teemoiksi valikoitui seuraavat viisi teemaa:

- robotiikan mahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa,
- robotiikan vaatimat muutokset,
- Miksi tai miksi ei robotiikkaa hyödynnetä,
- robotiikan edut ja haitat sekä
- robotiikan hyödyntämisessä huomioitavat tekijät.

Teemassa robotiikan mahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa pyrittiin selvittämään, miten ja minkälaisissa työtehtävissä robotiikkaa voidaan hyödyntää sisälogistiikassa. Teemat robotiikan vaatimat muutokset sekä miksi robotiikkaa hyödynnetään tai ei hyödynnetä, ovat hyvin lähellä toisiaan. Kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseiden näkökulmien mukaan palvelurobotiikan hyödyntäminen logistiikan työtehtävissä on

vielä hyvin vähäistä. Toisaalta esiin nousseiden näkökulmien mukaan monet teknologiset esteet robotiikan käytölle ovat murtuneet ja robotiikan hyödyntämiselle on paljon potentiaalia. Haastateltavilta haluttiinkin näkemyksiä siitä, mitä asioita pitäisi muuttua, jotta robotiikan käyttö sisälogistiikassa sekä suomalaisessa teollisuudessa yleistyisi. Samalla haluttiin selvittää, miksi toiset yritykset hyödyntävät robotiikkaa ja toiset eivät. Näissä teemoissa keskustelua pyrittiin käymään monipuolisemmin, kuin pelkästään teknologian soveltuvuuden ja investoinnin takaisinmaksun näkökulmasta.

Edellä mainittujen teemojen lisäksi tässä kategoriassa pyrittiin selvittämään yritysten näkemyksiä robotiikan hyödyntämisellä saavutettavista hyödyistä ja eduista sekä robotiikan haitoista. Viimeisessä tämän kategorian teemassa kartoitettiin yritysten näkökulmia siitä, mitä tekijöitä robotiikan käyttöönotossa ja hyödyntämisessä on huomioitava.

Robotiikan osaamistarpeet

Tutkimuksen kannalta oleellisin kategoria, eli robotiikan osaamistarpeet, koostui kahdesta teemasta:

- Työtehtävien muuttuminen
- Insinöörien osaamistarpeet

Ennen haastatteluiden toteutusta tavoitteena oli, että näihin teemoihin olisi saatu näkemyksiä haastateltavilta jo kahden aiemman kategorian teemoista keskusteltaessa. Lisäksi aiempien teemojen tavoitteena oli toimia haastateltaville orientaationa sekä keskustelun herättäjänä robotiikasta, ennen varsinaista keskustelua robotiikan osaamistarpeista.

Ensimmäisenä teemana robotiikan osaamistarpeet kategoriassa oli työtehtävien muuttuminen. Tässä teemassa haluttiin siis selvittää, miten yritykset kokevat työtehtävien muuttuvan robotiikan myötä lähitulevaisuudessa. Tutkimushaastatteluiden viimeisessä teemassa kartoitettiin, mitä uusia osaamistarpeita, eli tietoja ja taitoja insinöörit tarvitsevat tulevaisuuden työelämässä. Teemassa oli tarkoitus keskustella aiheesta robotiikan ja yritysten näkökulmasta, eli selvittää mitä osaamista yritykset tarvitsevat eri tasoilla, erityisesti strategisella ja operationaalisella tasoilla. Tavoitteena oli saada vastauksia seuraaviin erityisesti kysymyksiin.

- Mitä osaamista tarvitaan, jotta robotiikan hyödyntäminen yleistyy sisälogistiikassa?
- Mitä osaamista tarvitaan, mikäli robotiikan hyödyntäminen yleistyy sisälogistiikassa?

7.3 Haastatteluiden toteutus

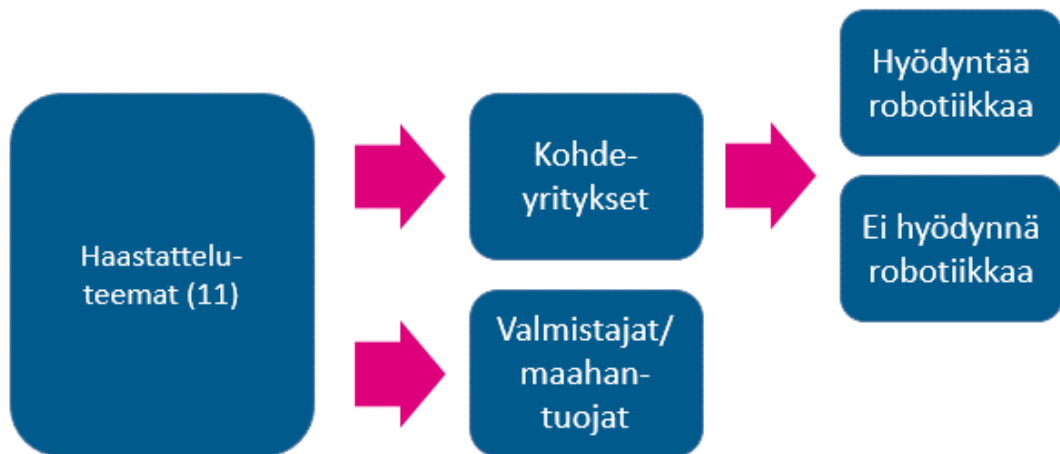
Haastateltavat tutkimushaastatteluihin päätettiin lähtökohtaisesti kutsua kahdesta eri kohderyhmästä:

1. **Robotiikan kohdeyritykset:** Yritykset, joilla on kohtuullisen suurta sisälogistiikan toimintaa.
2. **Robotiikan integraattorit:** Yritykset, jotka valmistavat, maahantuovat, integroivat robotiikkaa tai muuten toimivat robotiikan parissa.

Tässä tutkimuksessa ensimmäisestä kohderyhmästä käytetään termiä robotiikan kohdeyritykset. Vastaavasti toisen kohderyhmän yrityksiä kutsutaan robotiikan integraattoreiksi. Molemmille ryhmille haastatteluteemat pysyivät samoina. Haastattelut tosin painottuivat eri teemoihin kohderyhmien välillä. Robotiikan kohdeyrityksistä haastateltavien odotettiin jakaantuvan kahteen ryhmään:

1. Yrityksiin, jotka hyödyntävät robotiikkaa tai automaatioita sisälogistiikassaan merkittävästi.
2. Yrityksiin, jotka eivät hyödynnä robotiikkaa tai automaatioita sisälogistiikassaan merkittävästi.

Tätä jakoa on selvennetty kuviossa 18. Tutkimukseen haasteltaviksi valittiin henkilöitä, jotka ovat johtavassa tai päätöksissä tekevässä asemassa yrityksen logistiikan organisaatiossa tai robotiikkaa maahantuovan, valmistavan tai integroivan yrityksen organisaatiossa. Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluna. Haastatteluteemat pyrittiin valitsemaan siten, että ne soveltuvat jokaiselle kuviossa 18 esitetylle ryhmälle.



Kuvio 18. Suunnitelma tutkimushaastateltavien valintaan.

Tutkimushaastatteluja suoritettiin lopulta 9 kappaletta. Näistä haastatteluista yksi suoritettiin Skypen välityksellä, haastatteluista kaksi suoritettiin JAMK:n tiloissa ja loput kuusi yritysten omissa toimitiloissa. Tällöin haastatteluihin sisältyi usein myös tutustuminen yrityksen toimintaan sekä toimitiloihin. Näitä tutustumiskäyntejä ei kuitenkaan käytetty aineiston keruussa hyväksi. Jokainen tutkimushaastattelu nauhoitettiin myöhempää analysointia varten.

Haastatteluihin valitut yritykset painottuivat alueellisesti Keski- sekä Etelä-Suomeen. Suurin osa, eli viisi haastatteluun osallistuneista henkilöistä edusti suuria yrityksiä. Taulukossa 6 on esitetty haastatteluissa edustettujen yritysten jakaantuminen yrityskoon mukaan. Haastateltavista henkilöistä kolme edusti ryhmää robotiikan integraattorit ja kuusi robotiikan kohdeyrityksiä.

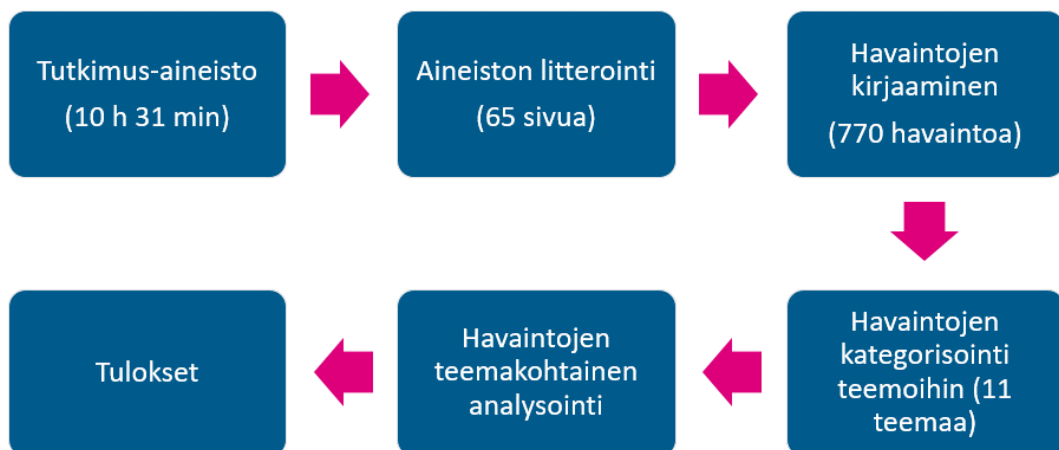
Taulukko 6. Tutkittavien edustamien yritysten koot

Yrityksen koko	lukumäärä
Suuri	5
Keskisuuri	3
Pieni	1

7.4 Aineiston analysointi

Lopullista analysoitavaa aineistoa, eli nauhoitettuja tutkimushaastatteluja, kertyi 9 kappaletta. Nauhoitettujen haastatteluiden kokonaiskesto oli 10 h 31 min. Näin ollen yhden haastattelun keskimääräiseksi kestoksi muodostui 1 h 10 min. Aineiston analysointi aloitettiin litteroimalla nauhoitettu aineisto tekstimuotoon. Litteroitua aineistoa kertyi yhteensä 65 sivua eli hieman reilut seitsemän sivua yhtä haastattelua kohden. Litteroituun aineistoon merkittiin jokaisen haastatteluteeman kohdalle aikamerkintä, jonka avulla epäselvissä tapauksissa aineiston alkulähteelle oli helppo palata analysointiprosessin myöhemmässä vaiheessa.

Aineiston analysoinnin seuraavassa vaiheessa kaikki litteroitu aineisto läpikäytiin ja niistä kerättiin havaintoja sekä huomioita Excel-taulukkoon. Taulukkoon merkittiin haastateltavan nimi sekä edustama yritys, haastattelijan esittämä kysymys haastateltavalle tai haastatteluteema sekä haastateltavan suora lainaus. Tämän jälkeen havainnot jaoteltiin luvussa 7.2 esitettyihin teemoihin. Jokaiseen teeman havainnot analysoitiin erikseen. Analysoinnin lopuksi kunkin teeman merkittävimmät löydökset ryhmiteltiin, jonka jälkeen ne koottiin luvussa 8 esitettyihin taulukoihin. Kokonaisuutena aineiston analysointiprosessi on esitetty kuviossa 19.



Kuvio 19. Aineiston analysointiprosessi.

8 Tulokset

8.1 Yritysten ja haastateltavien taustatiedot

Tutkittavilta löytyi paljon kokemusta logistiikan sekä suomalaisen teollisuuden kehittämis-, suunnittelu- ja johtotehtävistä. Haastateltavista vain kahdella oli alle kymmenen vuoden (6v. ja 8v.) työkokemus logistiikan tai teollisuuden johtotehtävistä. Vastaavasti neljällä haastateltavalla työkokemusta johtamis- ja kehittämistehtävistä löytyi noin 10-15 vuotta, kolmella haastateltavista vastaavaa työkokemusta löytyi lähes tai yli 20 vuotta. Taulukossa 7 on esitetty haastateltavien toimenkuvat sekä työtehtävät.

Taulukko 7. Tutkimuksessa haastateltujen toimenkuvat ja työtehtävät.

Haastateltu henkilö	Toimenkuva	Työtehtävät
XXX	Liiketoimintajohtaja	Projektiliiketoiminnan johtaminen
XXX	Varastoyönjohtaja ja kehitysinsinööri	Työnjohtaminen ja sisälogistiikan kehittäminen, mukana kehityshankkeissa
XXX	Tuotantoteknologia päällikkö	Tuotanto- ja sisälogistiikkaprosessien sekä tietojärjestelmien kehittäminen
XXX	Toimitusjohtaja/Omistaja	Yrityksen johtaminen
XXX	Tehdaspäällikkö	Tehtaan johtaminen ja toiminnasta vastaaminen
XXX	Tuotannon esimies	Tuotannon ja työmenetelmien kehittäminen sekä prototyyppien kokoonpanon esimies
XXX	Tuotantojohtaja	Jakeluliikenteen, terminaalitoimintojen sekä lisäarvopalveluiden tuottamisen johtaminen
XXX	Logistiikkapäällikkö	Logistiikan johtaminen
XXX	Logistiikka-asiantuntija	Logistiikan konsultointia

Haastateltavista 6 kuului aiemmin määriteltyyn, robotiikan kohdeyritykset, kategoriaan. Kahdella näistä yrityksistä sisälogistiikan toiminta koostui pääasiassa perinteisistä jakelukeskuksen toiminnoista. Yhdessä kohdeyrityksessä sisälogistiikan toiminta

jakaantui terminaalitoimintoihin sekä varastointi- ja sisälogistiikan lisäarvopalveluihin. Edellä mainituissa yrityksissä automaation hyödyntäminen sisälogistiikassa oli erittäin vähäistä. Lopuissa kolmessa yrityksessä sisälogistiikan toiminta oli hyvin perinteistä tehtaan tai tuotantolaitoksen sisälogistiikkaa. Näissä yrityksissä sisälogistiikka piti sisällään pääasiassa materiaalien, komponenttien ja puolivalmisteiden varastointia ja käsittelyä sekä keräilyä tuotantoon.

Robottiikan kohdeyrityksistä kahdella oli kokemusta AGV- trukkien hyödyntämisestä materiaalien siirroissa. Yrityksistä 3 hyödynsi robotiikkaa jollain tasolla. Taulukossa 8 on esitetty edellä mainittujen kuuden yrityksen tai organisaation toimiala, heidän omat näkemyksensä teknologian hyödyntämisen tasostaan suhteessa muihin vastaaviin toimijoihin sekä yritysten oma näkemys heidän robotiikan tai automaation hyödyntämisen tasostaan.

Taulukko 8. Teemahaastatteluihin osallistuneet yritykset sekä organisaatiot.

Yrityksen tai organisaation toimiala	Teknologian hyödyntämisen taso suhteessa muihin toimijoihin (Yrityksen näkemys)	Robottiikan/automaation hyödyntämisen taso (Yrityksen näkemys)
Huolto- ja varaosapalvelut, After sales- liiketoiminta	Ei ainakaan edelläkäviiä, korkeintaan keskitasoa	Ei robotiikkaa, jonkin verran varastoautomaatiota. Vähäinen tietämys robotiikasta
Kokoonpanoteollisuus	Samaa tasoa muiden toimijoiden kanssa, joissain ratkaisuihin jäljessä. Ei ole vahva automaatiassa.	Automaatiota on ollut pitkään (esim. AGV- trukkeja). Viimeiset vuoden vähemmällä huomiolla, nyt taas kiinnostuttu
Valmistava teollisuus & Kokoonpanoteollisuuden alihankinta	Joissain asioissa edelläkäviiä, joissain jäljessä alan parhaita	Hyödyntää robotiikkaa, esim. hitsaus, koneen palvelu sekä hionta
Kokoonpanoteollisuus	Hieman jäljessä, toisaalta toimijat, joilla on vastaavaanlaista toimintaa, ovat usein isompia	On jonkin verran robotiikkaa, koneistusta automatisoitu, AGV- trukkeina
Kuljetus- varastointi- sekä logistiikan lisäarvopalveluiden tuottaminen	Monissa ratkaisuihin edelläkävijä	Ei toistaiseksi juurikaan automaatiota, muutama varastotautomaatti. Robotiikka kiinnostaa tulevaisuudessa
Sisälogistiikan palveluiden sekä lisäarvopalveluiden tuottaminen	Jäljessä, halu kehittyä	Ei juurikaan automaatiota tai robotiikkaa, eikä ole suunnitelmissa lähitulevaisuudessa

Robotiikan integraattoreita tutkimushaastatteluihin osallistui yhteensä 3 yritystä. Näistä yrityksistä yksi oli robotiikan maahantuoja. Tämä yritys on viime vuosina keskittynyt erityisesti modernien robotiikkaratkaisujen maahantuontiin. Yksi haastatelluista yrityksistä oli puhtaasti robotiikkajärjestelmiä suunnitteleva ja integroiva yritys. Yritys ei siis itse valmista robotteja, mutta suunnittelee niihin ohjauksen ja robottijärjestelmäkokonaisuuden sekä suorittaa järjestelmän asennuksen ja toimituksen. Kolmas haastatelluista henkilöistä edusti yritystä, joka tarjoaa logistiikan konsultointipalveluita erityisesti sairaaloiden uudisrakentamiseen sekä elintarviketeollisuuteen. Yritys siis suunnittelee asiakkailleen logistiikan konsepteja, joissa pääpaino on erilaisissa automaattioratkaisuissa.

8.2 Sisälogistiikan toimintaympäristön muutokset

Sisälogistiikan nopeasyklisyys korostuu

Haastatteluissa merkittävimmäksi sisälogistiikan toimintaympäristön muutokseksi nousi sisälogistiikan muuttuminen nopeatempoisemmaksi ja nopeasyklisemmäksi. Tämä trendi nousi esille lähes jokaisessa haastattelussa. Käytännössä nopeatempoisuudella tarkoitetaan sitä, että tuotteet ja raaka-aineet joudutaan lähettämään ja käsittelemään nopeammalla aikataululla ja useammin. Jakelukeskuksien parissa työkentelevien vastaajien mukaan syyksi tälle nähtiin verkkokaupan kasvu sekä varastotasojen minimointi. Muutos nopeasyklisyyteen varastologistiikassa voidaan kiteyttää alla oleviin haastatteluissa esiin nousseisiin kommentteihin. Kaikki alla esitetyt kommentit ovat eri vastaajilta.

- *Nykyään jokaista tuotetta pitää lähettää jokaiselle asiakkaalle joka päivä.*
- *Toimitusaikoja pitää lyhentää. Varastoinnin kustannuksia halutaan laskea ja nopeasyklisyys korostuu. Järjestelmiin pitää saada tuotteita nopeasti sisään ja nopeasti ulos, kaiken pitää tapahtua joustavasti.*
- *Joka paikassa on sama ajatus. Varaston arvo pitää olla mahdollisimman pieni, jotta varaston kierto on tehokasta. Tämä on*

muuttunut hurjasti 10 v. aikana. Eli asiakkaat haluavat pienempiä määriä nopeammalla aikataululla.

Nopeasyklisyyden trendi näkyy myös tuotantolaitosten ja tehtaiden sisälogistiikassa. Syiksi tähän haastatteluissa nousi esille lisäarvoa tuottamattoman logistiikkatyön eriyttäminen lisäarvoa tuottavasta kokoonpanotyöstä sekä varastotasojen optimointi. Sisälogistiikkatyön eriyttämisellä tarkoitetaan sitä, että tuotantosolussa tai kokoonpanolinjalla varastoidaan mahdollisimman vähän komponentteja ja sisälogistiikkatiimi tuo kokoonpanoa varten tarvittavat tuotteet tuotantosoluun tai kokoonpanolinjalle. Tavoitteena on minimoida tuotantotyöntekijän sisälogistiikkaan käyttämä työaika. Haastateltavissa yrityksissä joissa oli kokoonpanoa, tämä tarkoitti äärimmilleen vietyä sitä, että tuotantosoluun tuotiin jokaista valmistettavaa tuotetta kohden joka kerta omat komponentit tehtaan materiaalivarastosta. Varastotasojen optimoinnilla vastaavasti tarkoitetaan sitä, että tuotantoon tarvittavat komponentit hankitaan pienemmissä toimituserissä.

Kaikki haastateltavat kokivat, että sisälogistiikkatyö työllistää nopeasyklisyyden kasvun myötä enemmän. Tämä johtuu siitä, että saman tavaramäärän siirtämiseen ja lähettämiseen käytetään enemmän käsittelykertoja. Esimerkiksi ennen tuotantolinjan varteen on saatettu siirtää viikon tarve komponentteja, nykyään tuotteet saatetaan tuoda yhtä kokoonpanoa varten. Toisin sanoen sisälogistiikan rivimäärät kasvavat, vaikka kokonaisvolyymit pysyisivätkin samoina. Lisäksi muutamissa haastatteluissa nostettiin esille, että käsittelykertojen kasvun lisäksi nopeasyklisyys pakottaa nopeuttamaan sisälogistiikan prosessien läpimenoaikoja sekä parantamaan reagoitokykyä.

Digitaalisuus lisää läpinäkyvyyttä sekä parantaa seurattavuutta ja jäljitettävyyttä

Toisena isona logistiikan trendinä haastateltavat nostivat esille digitaalisuuden kehittymisen sekä sen mukana tuomat mahdollisuudet toimitusketjun läpinäkyvyyteen sekä tuotteiden seurattavuuteen. Sisälogistiikan näkökulmasta digitaalisuuden ja läpinäkyvyyden nähtiin tuovan muutoksia erityisesti tavaran tunnistamiseen ja kirjaimiseen sekä tietojärjestelmien integraatioihin. Tavaran tunnistamisella tarkoitetaan

sitä, että sisälogistiikan prosesseissa liikkuvia tuotteita joudutaan kirjaamaan useammin tietojärjestelmiin toimitusketjun eri vaiheissa. Kyseistä tietoa jakamalla eri järjestelmiin toimitusketjun läpinäkyvyys lisääntyy. Tämän muutoksen odotettiin lisäävän järjestelmäintegraatioita, jolloin sama tieto esimerkiksi varastosaldoista on käytössä kaikissa toimitusketjuin vaiheissa. Järjestelmäintegraatioiden lisäksi myös tietojärjestelmien sekä tunnistamiseen liittyvien teknologioiden odotettiin kehittyvän.

Edellä kuvattujen muutosten lisäksi järjestelmiin kirjattavien tietojen nähtiin monipuolistuvan. Aiemmin pelkkä tuotetunnuksen kirjaaminen on riittänyt, tulevaisuudessa esimerkiksi tehdasympäristöissä joudutaan haastateltavien näkemyksen mukaan kirjaamaan myös muita tietoja, esimerkiksi komponentin valmistus- tai saapumiserä. Näin kuluttajan saaman tuotteen komponentit voidaan tietyissä tapauksissa jäljittää aina raaka-aineisiin asti.

Uusia tuotteita tulee markkinoille nopeammin ja suurempina kokonaisuuksina

Haastatteluissa nousi esille tuotemuutokset sekä paine uusien tuotteiden markkinoille saattamiseen nopeammin. Haastateltavien mukaan asiakkaat haluavat myös koko ajan isompia kokonaisuuksia toimittajilta. Tätä muutosta kuvaa hyvin seuraava lainaus haastatteluista.

- *Uusien tuotteiden julkaisu tiheys näyttää kiihtyvän. Myös muut brändit kiihdyttävät tahtia. Vaikuttaisi yleiseltä trendiltä, että tuotteet eivät pysy samanlaisina pitkään. Myös asiakkaat vaativat, että tuotteita päivitetään koko ajan.*

Haastatteluissa nousi esille myös varastotilan tarpeen sekä sisälogistiikan volyymin kasvu. Yhden vastaajan mukaan uusia tuotteita tulee tuotevalikoimaan nopeammin kuin vanhoja ehtii poistua ja siten varastointitilaa tarvitaan lisää. Vastaavia haasteita kohdistuu myös tuotantolaitosten sisälogistiikkaan. Kokonaisuutena havainnot sisälogistiikan muutoksista on koottu taulukkoon 9.

Taulukko 9. Muutokset sisälogistiikan toimintaympäristössä.

Muutos toimintaympäristössä	Havaintoja
Nopeasyklisyys	31
Muutokset tuotteissa	15
Digitaalisuus	11
Laatu- ja tehokkuusvaatimukset kiristyvät	9
Logistiikan volyymien kasvu	9
Muut muutokset	8

Tuottavuuden kehittäminen yrityksissä

Lähtökohtaisesti tuottavuuden kehittäminen haastatteluihin osallistuneissa yrityksissä on tapahtunut perinteisin menetelmin. Tuottavuuden kehittäminen on perustunut pääosin esimerkiksi työmenetelmien kehittämiseen, prosessien yksinkertaistamiseen ja tavarankäsittelykertojen minimointiin tai kuten muutamissa haastatteluissa nousi esiin, ”pieniä asioita viilaamalla”. Perinteisten menetelmien lisäksi kaksi yritystä kertoi parantaneensa tuottavuutta kehittämällä tietojärjestelmiä tai tekemällä tietojärjestelmien välisiä integraatioita. Lisäksi kaksi yritystä on kehittänyt tuotantoprosessien tehokkuutta robotiikan avulla viimeisten vuosien aikana. Yksikään haastatteluissa edustetuista yrityksistä ei ollut kehittänyt sisälogistiikkaansa robotiikan tai automaation avulla. Tuottavuuden kehittämisen menetelmät kohdeyrityksissä on koottu taulukkoon 10.

Taulukko 10. Tuottavuuden kehittäminen robotiikan kohdeyrityksissä.

Kehittämisen menetelmä	Yritykset
Perinteiset menetelmät	6
Tietojärjestelmien kehittäminen	2
Automaation tai robotiikan lisääminen	2
Tuotteiden suunnittelu helpommin valmistettavaksi	1
Kopioimalla parhaita toimintamalleja muilta	1
Kehittämällä laatua	1

Jokaisessa robotiikan kohdeyrityksessä tuottavuus on kehittynyt viime vuosina ja tuottavuuden kehittäminen koettiin tärkeäksi. Tuottavuuden kehittämistä pidettiin

elinehtona yrityksen hengissä pysymisen tai mahdollisen kasvun kannalta. Perusteluiksi haastateltavat nostivat mm seuraavaa:

- Kilpailu kiristyy, tuotteiden markkinahinnat tippuvat. Mikäli tuottavuus ei kehity, yritys tekee tappiota.
- Tuottavuuden kehittäminen on tuonut lisää myyntiä, erityisesti vientiä sekä mahdollistaa kilpailun myös hinnalla.
- Mikäli tuottavuuden kehittämiseen ei olisi satsattu viimeisen kymmenen vuoden aikana, yritysten liiketaloudellinen asema olisi huomattavasti huonompi.

Robottiikkaa integroivien yritysten näkemyksen siitä, miten suomalaiset yritykset suhtautuvat tuottavuuden kehittämiseen, vaihtelivat. Jokainen haastateltava koki, että tuottavuuden kehittämistä pidetään tärkeänä yrityksissä. Toisaalta jokainen haastateltava nosti myös esille, että tätä ymmärrystä tarvittaisiin enemmän. Seuraavat haastatteluissa esiin nousseet kommentit kuvaavat hyvin tuottavuuden kehittämisen merkitystä yrityksissä:

- *Eryteisesti valmistava massateollisuus ymmärtää tuottavuuden kehittämisen merkityksen. Heille jokainen sentti/kpl merkitsee paljon ja se näkyy myös logistiikassa.*
- *Monissa yrityksissä kehityshenkilöstö on karsittu minimiin. Jos meille tulee pienempi case, me emme voi käyttää liikaa aikaa asiakkaan konsultointiin ja opettamiseen, vaikka asiakas sitä tarvitsisi.*

Työvoiman saatavuus

Lähes jokainen tutkimushaastatteluun osallistunut haastateltava oli sitä mieltä, että tuottavuuden kehittäminen, esimerkiksi automaation avulla, mahdollistaa liikevaihdon kasvattamisen. Yritykset siis lähtökohtaisesti kokivat, että tuottavuuden kehittäminen ei johda työntekijöiden vähentämiseen vaan toiminnan kapasiteetin kasvattamiseen sekä kilpailukyvyyn parantumiseen ja siten liikevaihdon kasvattamiseen. Toisin sanoen yritykset uskoivat kirjallisuuskatsauksessa esiin nostettuun kompensatioteoriaan. Esimerkiksi eräs haastateltava kertoi yrityksensä nostaneen tuottavuuttaan

merkittävästä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Samana aika haastateltava kertoi yrityksen tuplanneen henkilöstönsä.

Ainoastaan kaksi haastateltavaa nosti esiin näkemyksen, jossa tuottavuuden merkittävän kasvun myötä on mahdollista vähentää henkilöstöresursseja, mikäli tuottavuus kasvaisi merkittävästi. Tällöin vähennystarve koskisi kausi- ja vuokratyöntekijöitä. Yhdessä haastattelussa mainittiin projekti, jossa sisälogistiikan työtä automatisoitiin, jolloin työvoiman tarve väheni. Kyseisessä tilanteessa ei suoraan irtisanottu henkilöstöä vaan vähennystarve toteutettiin niin sanotun luonnollisen poistuman kautta, eli esimerkiksi eläköityneen työntekijän tilalle ei palkattu uutta työntekijää.

Haastatteluissa nousi esiin myös näkemys, jossa automaation lisääminen näkyy investointilaskelmassa työvoiman vähentymisenä tietyssä työtehtävässä. Nämä yritykset olivat kuitenkin sitä mieltä, että tällöin sama henkilöstöresurssi siirretään toiseen työtehtävään eikä työtehtävän automatisointi johda irtisanomiseen. Tämä näkemys kiteytyy hyvin erään haastateltavan kommentteihin:

- *Ei haluta nähdä niin, että robotiikka on henkilöstöä vähentävä tekijä.*
- *Investointilaskelmassa näkyy tietysti niin, että työ vähenee kohdassa, jossa robotiikkaa käyttöön otetaan. Tällöin kuitenkin pystyttäisiin kotiinkutsumaan töitä alihankkijoilta. Toki työ on pois toimitusketjun toisesta vaiheesta.*
- *Asia nähdään niin, että halutaan lisätä paikallisesti arvoa jalostavaa työtä ja tehdä itse mahdollisimman paljon täällä paikan päällä.*

Taulukkoon 11 on koottu haastateltavien näkemykset tuottavuuden kehittämisen vaikutuksista työllisyyteen.

Taulukko 11. Havainnot tuottavuuden kehittämien vaikutuksista työllisyyteen.

Havainto	Havaintojen lkm.
Tuottavuuden kehitys mahdollistaa yrityksen kasvun	3
Tuottavuuden kasvu mahdollistaa työvoiman siirtämisen muihin tehtäviin	3
Tuottavuuden kehitys vähentää työvoiman tarvetta	2
Pakko automatisoida, sillä nuoria ei kiinnosta työ teollisuusympäristöissä	1

Näkemykset työvoiman saatavuudesta nyt ja lähitulevaisuudessa vaihtelivat haastatteluissa merkittävästi. Työvoiman saatavuuteen liittyvät havainnot on koottu taulukoon 12. Haastateltavista viisi kertoi havainneensa edes jonkinlaisia haasteita osaan työvoiman löytämisessä joko omassa toiminnassaan tai asiakkaiden toiminnassa. Loput haastateltavista eivät olleet kohdanneet haasteita työvoiman löytämiseksi. Neljä haastateltavaa koki työvoiman saatavuuden muuttuvan haastavammaksi entistään tulevaisuudessa. Osa robotiikan kohdeyrityksistä on jo reagoinut tai aikoo reagoida tähän haasteeseen erilaisilla toimenpiteillä. Toimenpiteiksi nostettiin mm.

- Oppilaitosyhteistyö sisältäen työharjoittelumahdollisuuksia sekä perehdytysohjelmia
- Työhyvinvoinnin, työtyytyväisyyden ja työssä jaksamisen parantaminen
- Etätömahdollisuudet, mikäli työ ei vaadi paikkasidonnaisuutta
- Yrityksen brändin vahvistaminen ja vetovoiman lisääminen

Taulukko 12. Työvoiman saatavuuden haastavuus.

Havainto	Havaintojen lkm.
Työvoiman löytämiseen liittyy haasteita	5
Työvoiman löytämiseen ei liity haasteita	4
Työvoiman löytäminen on haastavampaa tulevaisuudessa	4
Työvoiman löytyminen ei ole haasteellista tulevaisuudessa	1

Muutokset saatavilla olevassa automaatioissa ja robotiikassa

Haastatteluissa robotiikan kohdeyritysten tietämys robotiikasta vaihteli. Kolmelle haastateltavalle modernin robotiikan, erityisesti yhteistyö- ja mobiilirobotiikan uusimmat ratkaisut olivat tuttuja ja kahdelle vastaajalle ratkaisut olivat lähes täysin vieraita. Yksi vastaajista oli tietoinen modernin robotiikan ratkaisuista, mutta ei ollut

juurikaan perehtynyt syvällisesti näihin, sillä ei kokenut niiden soveltuvan heillä käsiteltäville erittäin raskaille tuotteille.

Puettavan robotiikan ratkaisut ja niiden mahdollisuudet olivat tuttuja kahdelle kohdeyritykselle, vastaavasti kolmelle yritykselle täysin vieraita. Yksi vastaaja oli nähnyt eksoskeletoneita youtube- videolta. Robotiikan integraattoreiden näkökulman mukaan tietämys robotiikasta ja sen mahdollisuuksista on lisääntynyt yrityskentässä viime vuosina. Tosin tietämys on heidän mukaansa hyvin jakaantunutta, osa yrityksistä tietää mahdollisuuksia, osa ei.

Haastatteluissa syntyi näkemys, jonka mukaan yritykset, joilla tietämys modernista robotiikasta oli heikkoa, eivät juurikaan olleet panostaneet tietämyksensä lisäämiseen eivätkä aktiivisesti kartoittaneet uusia teknologisia ratkaisuja toimintansa kehittämiseen. Näissä yrityksissä tietämyksen lisääminen perustui internetin selaamiseen sekä Youtube- videoiden katsomiseen. Nämä yritykset olivat myös sitä mieltä, että yleisesti eri teknologiatoimittajat eivät ole esitelleet ratkaisujaan heille. Vastaavasti yritykset, joilla oli hyvä tietämys robotiikasta, olivat selvästi kiinnostuneempia etsimään uusia ratkaisuita sekä lisäämään tietämystään teknologioista.

Tutkimushaastatteluissa kerättiin myös haastateltavien näkemyksiä robotiikan yleistymisestä. Yritykset, jolla tietämys robotiikasta oli vähäisempää, olivat skeptisempiä robotiikan yleistymisen suhteen. Vastaavasti muut yritykset sekä robotiikan integraattorit olivat sitä mieltä, että robotiikka tulee yleistymään sisälogistiikasta. Haastateltavien näkemyksiä robotiikan yleistymisestä on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Näkemyksiä robotiikan yleistymisestä sisälogistiikassa.

Vähäinen tietämys robotiikasta (2 vastaajaa)	Vahva tai kohtuullinen tietämys robotiikasta (4 vastaajaa)	Integraattorit (3 vastaajaa)
Tuskin tulee trendi, johon kaikki pyrkivät.	Varmasti merkittävä rooli sisälogistiikassa, rajattomasti sovelluskohteita.	Kappaletavara-automaatio on kehittynyt, tullut isompi segmentti kuin prosessiautomaatiosta
	Robotiikalla on vahva tulevaisuus sisälogistiikassa. Ei ole pelkkä hype vaan työkalu lähitulevaisuudessa	Robotiikka on kehittynyt, erityisesti materiaalien siirroissa. Lähes jokaiseen tilanteeseen löytyy ratkaisu. Robotiikka ja automaatio on myös halventunut merkittävästi.
Yleistyy, mutta volyymin pitää kohdata investoinnin hinta, eli vaatii suuret volyymit.	Varmasti yleistyy. Tosin meidän ympäristö on haastava, sillä osat ovat erittäin painavia.	Robotiikka on murrosvaiheessa, laitekanta kehittyy koko ajan. Kantokyky paranee ja äly lisääntyy. Järjestelmistä tulee helpommin käyttöönotettavia ja uudelleen ohjelmoitavia, standardoidut ratkaisut yleistyvät.
Jakelukeskukset tulevat kasvamaan suuremmiksi ja suurissa jakelukeskuksissa robotiikkaa pyritään hyödyntämään.	Tulee yleistymään. Mutta vaatii esimerkiksi parempaa yksilöintiä ja yksiköiden tunnistamista.	Uusia valmistajia tulee markkinoille koko ajan
		Nyt yleistymistä rajoittaa maahantuojien osaaminen. Tarjolla laitteita, ei valmiita järjestelmiä.

8.3 Robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa

Robotiikan mahdollisuudet sisälogistiikassa

Yleisellä tasolla kohdeyritykset näkivät paljon erilaisia sovelluskohteita modernille robotiikalle. Nämä sovelluskohteet on koottu taulukkoon 14. Potentiaalisimmat sovellukset haastateltavien mukaan olivat puettavan robotiikan sovellukset sekä mobiilirobotiikkaa hyödyntävät sovellukset. Mobiilirobotiikalle nähtiin potentiaalisia sovelluskohteita erilaisissa materiaalinsiirtotehtävissä. Yllättävimmät esiin nostetut materiaalinsiirtotehtävät olivat erilaiset, niin sanotut tuottamattoman työn kuljetustehtävät. Tällaisiksi tehtäviksi nähtiin esimerkiksi jäteastioiden ja rullakoiden siirtotehtävät. Tällöin materiaalinkäsittelijöille, kuten keräilijöille, jää enemmän aikaa tuottavan työn tekemiseen. Yhdessä haastattelussa nousi myös esille ajatus, jossa mobiilirobotti voisi hoitaa osan siirtotehtävistä, esimerkiksi yksinkertaisimmat materiaalien siirrot, jolloin monimutkaisemmat tehtävät sekä materiaalit jäisivät työntekijöille.

Taulukko 14. Modernin robotiikan käyttökohteita sisälogistiikassa.

Robotiikan käyttökohteita sisälogistiikassa	Havaintojen lkm.
Materiaalien siirrot	9
Eksoskeleton - Nostotyö & raskaiden kappaleiden käsittely	6
Pakkaaminen ja kappaleiden käsittely	4
Keräily ja sen avustaminen	3
Eksoskeleton - Työergonomia	2
Eksoskeleton - painavat työkalut	1
Inventointi	1
yhteensä	26

Kaikki robotiikan kohdeyritykset näkivät paljon potentiaalia eksoskeletoneissa. Ne nähtiin työkykyä ja työn tehokkuutta parantavina apuvälineinä tilanteissa, joissa työ sisältää paljon raskaiden kappaleiden käsittelyä ja nostamisia sekä tilanteissa, joissa esimerkiksi kokoonpanotyö sisältää paljon työtehtäviä, joiden työergonomiaa on mahdotonta saada hyväksi. Tällaisissa tilanteissa passiiviset, ala- tai yläraajoja tukevat eksoskeletonit nähtiin erittäin hyvänä ratkaisuna.

Robotiikan vaatimat muutokset

Taulukossa 15 esitetty haastatteluissa esiin nousseet merkittävimmät muutostarpeet joita vaaditaan, jotta robotiikan hyödyntäminen yleistyisi suomalaisessa sisälogistiikassa. Noin kaksi kolmasosaa tutkimushaastatteluista nostetuista havainnoista liittyi kahteen kategoriaan. Nämä kategoriat ovat osaamisen tietoisuuden, asenteiden ja rohkeuden lisääminen sekä muutokset teknologioissa ja robottijärjestelmissä.

Taulukko 15. Robotiikan hyödyntämisen vaatimat muutokset

Robotiikan vaatimat muutokset	Haasteltavien lkm	Havainnot
Osaamisen, tietoisuuden, asenteiden ja rohkeuden lisääminen	8	27
Muutokset teknologioissa ja robottijärjestelmissä	7	18
Volyymit, hinta ja takaisinmaksuaika	4	7
Oman toiminnan muuttaminen ja standardointi	4	7
Digitaalisuus ja tietojärjestelmämuutokset	3	3
Toimitusketjun yhteistyön lisääminen	2	3
Resursseja kehitystyöhön	1	3
Robotiikan tarjonta	1	1
Yhteensä		69

Lähes kaikki haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että yrityksiin tarvitaan lisää osaamista ja tietämystä robotiikasta sekä rohkeutta käyttöönottaa robotiikkaa. Tietämystä tarvitaan yrityksen jokaiselle tasolle aina erityisesti yritysten johdolle sekä insinööreille ja työnjohtajille. Hyvänä esimerkkinä tietämyksen vähyydestä yrityksissä voidaan nostaa puettavan robotiikan ratkaisut. Kuudesta kohdeyrityksestä vain kahdella oli aiempaa tietämystä puettavasta robotiikasta, vaikka kaikki kohdeyritykset näkivät sen potentiaalisena teknologiana. Yleisesti haastatteluissa nousi siis esille näkemys, jossa yritysten tietämys erilaisista ratkaisuista sekä esimerkiksi niiden hyödyntämisestä ja kyvykkyyksistä merkittävä robotiikan yleistymistä rajoittava tekijä.

Teknologian näkökulmasta merkittävimmät muutostarpeet koskivat valmiita robotijärjestelmiä, robotiikan turvallisuusstandardeja sekä konenäköjärjestelmien kehittämistä. Yhdessä haastattelussa robotiikan maahantuoja verrattiin pölynimurikauppiainiin. Robotiikan maahantuoja pidettiin ainoastaan laitemyyjiä, jotka säilyttävät robotijärjestelmien projektointivastuun kohdeyrityksiin. Tällöin mm. valmiin robotijärjestelmän toimivuutta ei voida taata sekä lopullisten kustannusten arviointi ennen investointia on hankalaa. Haastatteluissa nousi esille, että yritysten olisi helpompi investoida robotiikkaan, mikäli laitevalmistajilla olisi tarjota helposti käyttöönotettavia, standardoituja projektijärjestelmiä.

Miksi yritykset hyödyntävät tai eivät hyödynnä robotiikkaa?

Havaintoja siitä, miksi yritykset hyödyntävät robotiikkaa, saatiin haastatteluista ainoastaan 4. Nämä syyt on listattu taulukkoon 16. Merkittävin syy robotiikan hyödyntämiseen yrityksissä on kannattavuuden parantaminen. Eräässä haastattelussa esiin nousi yrityksen kokemus robotiikan käyttöönotosta, jonka ansiosta työntekijöiden kokema fyysinen kuormitus keveni ja sairaspotilaat vähenivät.

Taulukko 16 Syyt robotiikan hyödyntämiseen.

Miksi yritys hyödyntää robotiikka?	Havaintoja
Kannattavuus paranee	2
Työ vähenee materiaalin siirroissa	1
Työn kuormittavuus vähenee	1
Yhteensä	4

Havaintoja kysymykseen, miksi yritykset eivät hyödynnä robotiikkaa toiminnassaan, saatiin yhteensä 52 kpl. Nämä havainnot kategorisoitiin 11 kategoriaan, jotka on esitetty taulukossa 17. Havaintojen lukumäärällä mitattuna merkittävimmät syyt siihen, että yritykset eivät hyödynnä robotiikkaa, liittyvät robotiikan hintoihin ja pitkiin takaisinmaksuaikoihin, yritysten monimuotoisiin tuotteisiin sekä pieniin volyymeihin. Nämä kolme kategoriaa kattavat puolet havainnoista. Haastateltavat kokivat siis robotiikan ratkaisut vielä liian kalliiksi, volyymit automaatiolle liian pieniksi sekä käsiteltävien tuotteet liian monimuotoisiksi automaatiolle. Yhdeksi syyksi haastatteluissa nousi investointeihin liittyvä riski sekä varojen puuttuminen investointeihin. Haastatteluissa nousi esiin näkemys, jossa robotiikan ratkaisut koettiin niin kalliiksi, että vaikka investointilaskelmat puoltaisivat robotiikan käyttöönottoa, varoja investointiin ei löydy tai kallis investointi koetaan suureksi riskiksi pienessä yrityksessä.

Taulukko 17. Syitä, miksi robotiikkaa ei hyödynnetä.

Miksi yritys ei hyödynnä robotiikka?	Havaintoja
Robotiikka on liian kallista ja takaisinmaksuajat pitkiä	10
Käsiteltävien tuotteet rajoittavat robotiikan hyödyntämistä	9
Volyymit robotiikalle ovat liian pienet	7
Standardoitujen robotiikkajärjestelmien puuttuminen	5
Halu tai aika kehittämiseen puuttuu	4
Investointiin sisältyy riski tai investointiin ei ole varaa	4
Robotiikan mahdollisuuksia ei ymmärretä	4
Rohkeuden tai riittävän osaamisen puuttuminen	3
Tarjontaa robotiikalle ei ole	2
Strategiset syyt	2
Työhön liittyvät vaatimukset estävät robotiikan hyödyntämisen	2
Yhteensä	52

Robotiikan hyödyt ja haitat

Taulukossa 18 on esitetty haastatteluissa esiin nousseita modernin robotiikan avulla saavutettavia hyötyjä. Havaintoja haastateltavien näkemyksistä hyödyistä saatiin yhteensä 60 kpl. Kaikki haastateltavat nostivat esille kustannussäästöihin liittyviä teki-

jöitä tai robotiikan avulla kapasiteetin nostamisen mahdollistamisen, joka mahdollistaa myynnin ja volyymin kasvattamisen. Hieman yllättäen suurin osa, eli noin puolet, haastatteluiden havainnoista liittyivät työhyvinvoinnin ja työn mielekkyyden parantamiseen sekä työn kuormittavuuden minimoimiseen. Uutena näkökulmana verrattuna kirjallisuuskatsaukseen voidaan pitää toiminnan järjestelmällisyyden ja tuotantolaitosten siisteyden parantumista sekä toiminnan standardoitumista. Nämä näkökulmat nousivat esille robotiikkaa hyödyntävien yritysten haastatteluissa sekä robotiikan valmistajien haastatteluissa. Edellä mainitut edut haastateltavien mukaan johtuivat siitä, että robotiikan hyödyntäminen vaatii toiminnan standardisointia sekä järjestelmällisyyttä. Haastateltavat näkivät tämän positiivisena kehityksenä.

Taulukko 18. Modernin robotiikan hyödyt.

Modernin robotiikan hyödyt	Havainnot
Työn keventäminen, työolosuhteiden, työhyvinvoinnin ja mielekkyyden jne. parantaminen	26
Tehokkuuden ja kannattavuuden parantaminen sekä kustannussäästöt	10
Mahdollistaa kapasiteetin, volyymin ja liikevaihdon kasvattamisen	8
Lisää toiminnan järjestelmällisyyttä, siisteyttä ja standardoi toimintaa	4
Asiakaskokemuksen parantuminen	3
Joustavuus lisääntyy verrattuna perinteiseen automaatioon	2
Työn siirtäminen ajalle, jolloin henkilöstöä ei ole paikalla	2
Imagon parantuminen	2
Uudelleen ohjelmitavuus verrattuna perinteiseen automaatioon	2
Pienempi häiriöalttius verrattuna perinteiseen automaatioon	1
Käsityön korvaaminen	1
yhteensä	61

Taulukossa 19 on esitetty haastateltavien näkemyksiä robotiikan hyödyntämiseen liittyvistä haitoista. Yhteensä havaintoja haitoista kertyi vähemmän kuin hyödyistä. Havaintojen lukumäärällä mitattuna merkittävimiksi robotiikan haitoiksi nousivat häiriöalttius, joustavuuden puute sekä robotiikan työhön tuoma epämukavuus ja henkilöstön pelkotilat robotiikasta. Kaikki edellä mainitut haitat toisaalta nousivat

esille myös hyötyinä. Esimerkiksi moderni robotiikka nähtiin huomattavasti joustavampana ratkaisuna kuin perinteinen automaatio. Vastaavasti joustavuus verrattuna ihmisen tekemään työhön nähtiin robotiikan heikkoutena. Toisena esimerkkinä voidaan pitää työhyvinvointia ja työn mielekkyyttä. Robotiikan nähtiin parantavan työhyvinvointia ja tekevän työtehtävistä mielekkäämpiä, mm. poistamalla työstä yksitoikkoisia työvaiheita. Toisaalta haastatteluissa nousi esiin esimerkkejä, joissa robotiikan käyttöönotto oli lisännyt työntekijöiden ahdistusta ja epämukavuutta mm. uusien työtehtävien opettelu myötä.

Taulukko 19. Robotiikan hyödyntämisen haitat

Robotiikan hyödyntämiseen liittyvät haitat	Havainnot
Häiriöalttius	6
Joustavuus	5
Epämukavuus ja pelko	5
Muutosvastarinta	2
Käyttöönoton takkuilu	2
Elinkaarikustannukset	2

Robotiikan käyttöönotossa huomioitavia tekijöitä

Tutkimushaastatteluissa nousi esiin paljon erilaisia tekijöitä, joita on otettava huomioon robotiikkajärjestelmän käyttöönotossa. Nämä tekijät on tiivistetysti kategorisoitu 13 eri luokkaan, jotka on esitetty taulukossa 20. Haastatteluissa kerättyjen havaintojen perusteella lukumäärällisesti merkittävin robotiikan käyttöönotossa huomioitava asia on muutosvastarintaan varautuminen ja sen ehkäisy. Muutosvastarinta hankaloihtaa järjestelmän käyttöönottoa, sillä muutosvastarintainen työntekijä ei tue Robotiikan käyttöönottoa ja pahimmillaan saattaa sabotoida sitä. Erimerkkinä edellä mainitusta haastatteluissa nousi esiin kommentti, jossa AGV-trukin eteen laitetaan ruuveja ja muttereita. Muutosvastarinnan nähtiin johtuvan työntekijöiden kokemista peiloista.

Näitä pelkoja ovat mm.

- Pelko työpaikkojen menetyksestä.
- Heikko luottamus järjestelmän toimivuuteen ja sen tuottamaan laatuun.
- Ahdistus muuttuvia työtehtäviä kohtaan.

Taulukko 20. Robotiikan käyttöönotossa huomioitavia tekijöitä.

Robotiikan käyttöönotossa huomioitavia asioita	Havainnot
Muutosvastarintaan varautuminen ja ehkäisy	10
Toimintaympäristön muutoksien ja vaatimusten huomiointi	7
Turvallisuuden ja yhteistyön huomioiminen robotin kanssa	6
Oman toiminnan ja toimintatapojen muuttaminen ja sopeuttaminen	6
Johdon visiot ja tahtotila, mitä käyttöönotolla halutaan saavuttaa	4
Robottijärjestelmän toiminnan ymmärtäminen	3
Järjestelmän testaaminen	3
Varaosatarpeen ja järjestelmän riskien tunnistaminen	3
Rajapinnat tietojärjestelmiin ja muihin laitteisiin	3
Koulutus ja perehdytys järjestelmään	3
Järjestelmän toiminnan tarkka määrittely	2
Järjestelmän vaatimusten ja mahdollisuuksien sisäistäminen	2
Käyttöönoton suunnittelu	1

53

Pohdittaessa yhteistyörobotiikan käyttöönottoa, tärkeimpien huomioitavien tekijöiden joukossa on turvallisuus ja yhteistyössä toimiminen robotin kanssa. Järjestelmän on täytettävä sille asetetut turvastandardit. Turvallisuuden lisäksi on huomioitava toiminta yhteistyössä robotin kanssa sekä työntekijöiden toimintatapojen muuttaminen. Haastatteluissa nousikin esiin näkemyksiä, joissa suurin osa yhteistyörobotiikan häiriötilanteista ja järjestelmän tekemistä virheistä johtui työntekijöiden toiminnasta. Robottijärjestelmien toiminnan nähtiin parantuvan jatkuvasti käyttöönoton jälkeen. Suurimpana syynä tähän pidettiin työntekijöiden kehittyvää yhteistyötä robottijärjestelmien kanssa sekä robottijärjestelmän toiminnan sisäistämistä.

Kolmantena merkittävänä kokonaisuutena robotiikan käyttöönotosta haastatteluissa esiin nousi toimintaympäristöön liittyvät muutokset sekä robotiikan vaatimusten huomioiminen. Tällä kokonaisuudella tarkoitetaan karkeasti fyysisessä toimintaympäristössä huomioitavia tekijöitä, joita käyttöönotossa täytyy huomioida. Tällaisiksi tekijöiksi haastatteluiden perusteella nousi mm.

- Riittävä toimintatila sekä esteiden poistaminen.
- Tuotteiden jättöpaikkojen ja kulkureittien merkitseminen.
- Langattoman lähiverkon toiminta.
- Siisteyden ja järjestyksen ylläpito.

8.4 Robottiikan osaamistarpeet

Työtehtävien muuttuminen

Yleisesti lähes jokaisessa haastattelussa nousi esiin näkemys, jonka mukaan logistiikkainsinöörin työt tulevat muuttumaan tulevaisuudessa. Haastatteluista saatiin kuitenkin kohtuullisen vähän näkemyksiä siitä, miten robotiikka muuttaa logistiikkainsinöörin työtehtäviä tulevaisuudessa. Yhteensä näitä havaintoja saatiin 12 kpl. Nämä havainnot on kategorisoitu eri luokkiin taulukossa 21.

Taulukko 21. Työtehtävien muuttuminen.

Työtehtävän muutos	Havainnot
Tietotekniikan ja digitaalisuuden korostuminen, töiden pelillistyminen	4
Toimenkuvien monipuolistuminen	2
Asioiden laaja-alaisen ymmärtämisen korostuminen sekä töiden keskittyminen	2
Prosessin valvonnan sekä laaduntarkkailun lisääntyminen	2
Rutiininomaisten työtehtävien häviäminen	1
Ihmisen parhaita ominaisuuksia vaativien tehtävien korostuminen	1

Isoimman robotiikan aiheuttaman muutos työtehtäviin haastateltavien mielestä on tietotekniikan käytön lisääntyminen, digitaalisuuden korostuminen sekä töiden pelillistyminen. Robottijärjestelmiä ohjataan, opetetaan ja niiden toimintaa suunnitellaan ohjelmistoilla ja tietojärjestelmillä sekä robottien käyttöjärjestelmillä. Erään haastattelun mukaan myös tekoäly auttaa työntekijöitä tulevaisuudessa. Yleisesti haastatteluissa nähtiin, että insinöörien toimenkuvat tulevat monipuolistumaan, laaja-alaisuuteen sekä keskittymään. Yleisesti logistiikkatyössä nähtiin, että rutiininomaiset työtehtävät tulevan vähenemään, toisaalta tilalle odotetaan tulevan prosessin toimivuuden sekä laaduntarkkailun työtehtäviä.

Robotiikan osaamistarpeet

Taulukkoon 22 on koottu tutkimushaastattelussa esiin nousseet robotiikan saamistarpeet. Taulukossa on myös selvennetty lyhyesti, minkälaisia asioita jokainen osaamistarve karkeasti pitää sisällään. Yhteensä havaintoja osaamistarpeista saatiin 82. Eniten havaintoja kertyi robotiikkaan liittyviin asenteisiin. Haastattelussa haastattelut kokivat, että asenteet sekä rohkeus robotiikan hyödyntämistä kohtaan eivät ole suomalaisessa liike-elämässä riittävällä tasolla. Erityisesti nuorilta ja valmistuvilta insinööreiltä toivottiin avarakatseisuutta sekä ymmärrystä, miksi robotiikan kehittämisen on tärkeää. Hieman yllättäen, vain yhdessä haastattelussa nousi esiin muutosjohtamisen osaaminen, vaikka tämä nähtiin haastattelussa merkittävimmäksi huomioitavaksi tekijäksi robotiikkaa käyttöönotettaessa.

Taulukko 22. Robotiikan osaamistarpeet.

Osaamistarve	havaintoja	Selvennys
Rohkeus, avarakatseisuus ja asenteen robotiikkaa kohtaan	14	Rohkeutta robotiikan hyödyntämiseen, ymmärrys kehittämisen merkityksestä
Robotiikan soveltaminen	11	Ongelmien ratkaisukyky, robotiikan soveltamisen osaaminen, eri tekijöiden huomiointi, tietoa eri sovelluksista, toiminnan standardointi, ihmisen ja robotin välinen yhteistyö
Robotiikan yleistietämys	10	Miten robotiikka muuttaa toimialaa, robotiikan yleistieto, tietoisuus robotiikan mahdollisuuksista, robottien toiminnan ymmärtäminen
Ohjelmisto- ja tietojärjestelmäosaaminen	9	Tiedon integrointi osaaminen, tietojärjestelmien ja tietokantojen ymmärtäminen, ohjelmistojen käyttö, robotin ohjelmintiosaaminen
Robottitekologioiden tunteminen	9	Tietämys eri teknologioista ja niiden mahdollisuuksista, tietämys tulevaisuuden teknologioista
Invenstoitilaskelmat (investointi vs. elinkaari)	8	Osattava määrittää robotiikan elinkaarikustannukset ja investointikustannukset, investointilaskelmat
Robotiikan tekninen osaaminen	5	Laitteiden perustekniikan ja toimintaperiaatteiden tietämys
Robottijärjestelmän suunnittelu ja käyttöönotto	4	Toiminnan suunnittelu, käyttöönoton vaatimien muutosten ymmärtäminen
Tiedonhankinta & kyky oppia uutta	4	Tekniikkaa muuttuessa osattava etsiä tietoa itsenäisesti, seurattava valmistajia ja robotiikan trendejä
Hyötyjen ymmärtäminen ja perustelu	3	Ymmärrettävä hyötyjä laajemmin, kuin pelkästään tehokkuuden nousun myötä
Kokonaisuuksien hallinta	2	Robotiikan vaikutus koko toimintaa, kokonaisuuden hallintakyky
Muu osaamistarve	2	CAD-osaaminen, excel, työelämän taidot
Muutosjohtaminen	1	Muutosvastarinnan ymmärtäminen ja käsittely

yht 82

Haastatteluissa merkittäviksi osaamistarpeiksi lähes jokainen haastateltava nostivat seuraavat osaamistarpeet:

- Robotiikan soveltamisen osaaminen
- Robotiikan yleistietämys
- Robottiteknologioiden tunteminen
- Ohjelmisto- ja tietojärjestelmäosaaminen
- Investointiosaaminen

Robotiikan soveltamiseen liittyvistä osaamistarpeista haastateltavat nostivat esille mm. ongelmanratkaisukyvyyn, miten erilaisia robottisovelluksia hyödynnetään erilaisissa tilanteissa, mitä tekijöitä robotiikan hyödyntämisessä on huomioitava sekä miten ihmisen robotin välinen yhteistyö huomioidaan. Robotiikan soveltavan osaamisen lisäksi erittäin tärkeäksi osaamistarpeeksi haastatteluissa koettiin robotiikan yleistietämys, jonka koettiin olevan työelämässä puutteellista. Haastateltavien mielestä erityisesti juuri valmistuneilla insinööreillä pitäisi olla paras robotiikan yleistietämys, jota he voivat viedä yrityksiin. Myös eri robottiteknologioiden tuntemus sekä tulevaisuuden teknologioiden tuntemus koettiin haastatteluissa tärkeiksi osaamistarpeiksi.

Merkittäväksi osaamistarpeiksi haastatteluissa nostettiin ohjelmisto- sekä tietojärjestelmäosaaminen. Erityisesti tietojärjestelmiin liittyvä osaaminen koettiin yllättävän heikoksi valmistuneilla insinööreillä. Tietojärjestelmiin ja tiedon integrointiin liittyvä osaaminen nähtiin tärkeäksi, sillä toimiva robottijärjestelmä täytyy integroida muihin tietojärjestelmiin. Tämä osaamistarve pitää sisällään myös robotin ohjelmointiosaamisen. Muutamissa haastatteluissa nousi näkemys, jossa yrityksen täytyy pystyä itsenäisesti muuttamaan joustavaa robottijärjestelmää ilman laitetoimittajan konsultointia, jolloin robotiikan ohjelmointiosaaminen on välttämätöntä.

9 Johtopäätökset

9.1 Robotiikan kehittäminen on elinehto hyvinvoinnille

Työn tuottavuuden kehittäminen ja kilpailukyvyyn parantaminen ovat elinehtoja suomalaisen hyvinvoinnin takaamiseksi. Mikäli suomalaisen työn tuottavuutta ei kehi-

tetä on suuri vaara, että töitä siirtyy Suomesta yhä enemmän muihin maihin teetetäväksi. Esimerkiksi Teknologiateollisuus ry nostaa tuottavuuden kehittämisen merkittävimmäksi toimenpiteeksi, mikäli Suomi haluaa menestyä globaalissa kilpailussa (Billing 2015, 3).

Tuottavuuden kehittämistä tarvitaan myös, jotta suomen bruttokansantuote ja sen myötä suomalainen hyvinvointi voi kasvaa. Suomen työikäinen väestön lukumäärä on ollut laskussa vuodesta 2010 alkaen (Hedelmällisyys 2019). Tämä kehitys johtaa työvoimapulaan, mikäli bruttokansantuote halutaan pitää samana tai sitä halutaan kasvattaa. Boston consulting group nostaa ensimmäiseksi vaihtoehdoksi ongelman ratkaisemiseksi työn tuottavuuden kehittämisen teknologiainvestointien avulla. Mikäli tuottavuutta ei kehitetä, ongelmaa joudutaan ratkaisemaan muilla keinoilla, kuten lisäämällä maahanmuuttoa, pidentämällä työntekijöiden vuosittaista työaikaa tai nostamalla ikäihmisten työllisyysastetta. (Strack ym. 2014, 9.) Ikäihmisten työllisyysasteen nostaminen tarkoittaisi käytännössä eläkeiän nostamista. Vuosittaisen työajan pidentäminen tai eläkeiän nostaminen ovat varmasti hyvin epämiellyttäviä ratkaisuja kansakunnan hyvinvoinnin kannalta.

Työvoimapula näkyy jo tällä hetkellä suomalaisissa yrityksissä. Yli puolet haastateltavista oli kohdannut haasteita työvoiman löytämiseksi. Kyseiset yritykset uskoivat vahvasti siihen, että ongelma pahenee tulevaisuudessa. Osa haastatteluissa edustetuista yrityksistä olivatkin ryhtyneet toimenpiteisiin työvoiman löytämiseksi tulevaisuudessa.

9.2 Sisälogistiikka ja työelämä muutoksessa

Samanaikaisesti, kun työvoiman saatavuus muuttuu haastavammaksi, muuttuu sisälogistiikan toimintaympäristö entistä työllistävämmäksi. Yksi merkittävä muutosvoima toimintaympäristössä on verkkokaupan huima, jopa 20 % vuosittainen kasvu (Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door 2017, 31). Verkkokauppa työllistää logistiikka enemmän kuin perinteinen kaupankäynti (Bonkenburg 2016, 4). Tutkimustuloksissa eniten huomioita sisälogistiikkaan vaikuttavista muutoksista sai toimintaympäristön muuttuminen nopeasyklisemmäksi. Käy-

tännössä nopeasyklisyys tarkoittaa sitä, että sisälogistiikan täytyy pystyä käsittelemään yhä suurempia rivimääriä nopeammin sekä joustavammin ja siten pystyttävä toimimaan tehokkaammin.

Samanaikaisesti kun nopeasyklisyys korostuu, vaatimukset tuotteita kohtaan kasvavat. Opinnäytetyön tutkimustulosten mukaan tuotteita pitää päivittää ja tuoda markkinoille yhä nopeammin. Haastatteluissa esiin nousseiden näkemysten mukaan tämä kehitys haastaa ja työllistää sisälogistiikkaa niin tuotantoympäristössä kuin jakelukeskuksissa.

Kolmantena merkittävänä sisälogistiikkaa muuttavana trendinä tuloksissa esiin nousi digitaalisuus. Tulevaisuuden työtehtävät tulevat sisältämään yhä vahvemman digitaalisen elementin (Robots and the Workplace of the Future 2018, 16-17) Digitaalisuuden lisääntymisen myötä tiedosta tulee läpinäkyvämpää ja tieto on kaikkien saatavilla. Tietoa pitää pystyä tuottamaan ja sitä on osattava hyödyntää toiminnan kehittämiseen.

9.3 Robottiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa nyt ja tulevaisuudessa

Robottiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa on vielä hyvin vähäistä (Bonkenburg 2016, 3). Toistaiseksi sisälogistiikan monimutkaiset toimintaympäristöt ovat olleet liian haastavia perinteisille ja joustamattomille robottijärjestelmille (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 127). Robottiikan vähäinen hyödyntäminen ilmeni myös tutkimushaastatteluiden tuloksissa. Tutkimustulosten mukaan merkittävimmät syyt robottiikan vähäiseen hyödyntämiseen ovat teknologian kehittymättömyys ja soveltumattomuus yritysten kompleksiseen toimintaan sekä robottiikkajärjestelmien kalliit hinnat ja siten pitkät takaisinmaksuajat.

Robottiikkateknologiat ovat kuitenkin kehittyneet viimeisien vuosien aikana valtavasti (Dilip ym.2014, 466). Robotit pystyvät suorittamaan yhä haastavampia tehtäviä ja toimimaan monimutkaisemmissa työympäristöissä. Robottiikkaa pystytäänkin nykyään soveltamaan työtehtäviin, joiden automatisointi on aiemmin ollut haastavaa tai liian kallista. Modernin robottiikan ratkaisut ovat myös huomattavasti joustavampia, kuin perinteiset automaattoratkaisut. (Bonkenburg 2016, 3-5.) Näiden muutosten ansiosta robottiikkaa voidaan hyödyntää laajemmin sisälogistiikassa. Modernin robottiikan

ansiosta sisälogistiikan automatisointi ei enää vaadi valtavia volyymeja sekä investointikustannuksia.

Robotiikan teknologinen kehitys näkyy myös robotiikan yleistymisenä. Vuonna 2017 käyttöön otettiin yli kolme kertaa enemmän uusia teollisuusrobotteja kuin vuonna 2010 (Tsuda ym. 2018, 6). Palvelurobotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa on vielä vähäistä, mutta viime vuosien aikana kasvuprosentit ovat olleet hurjia (Tsuda ym. 2018, 20). On siis selvää, että robotiikka tulee yleistymään sisälogistiikan työtehtävissä.

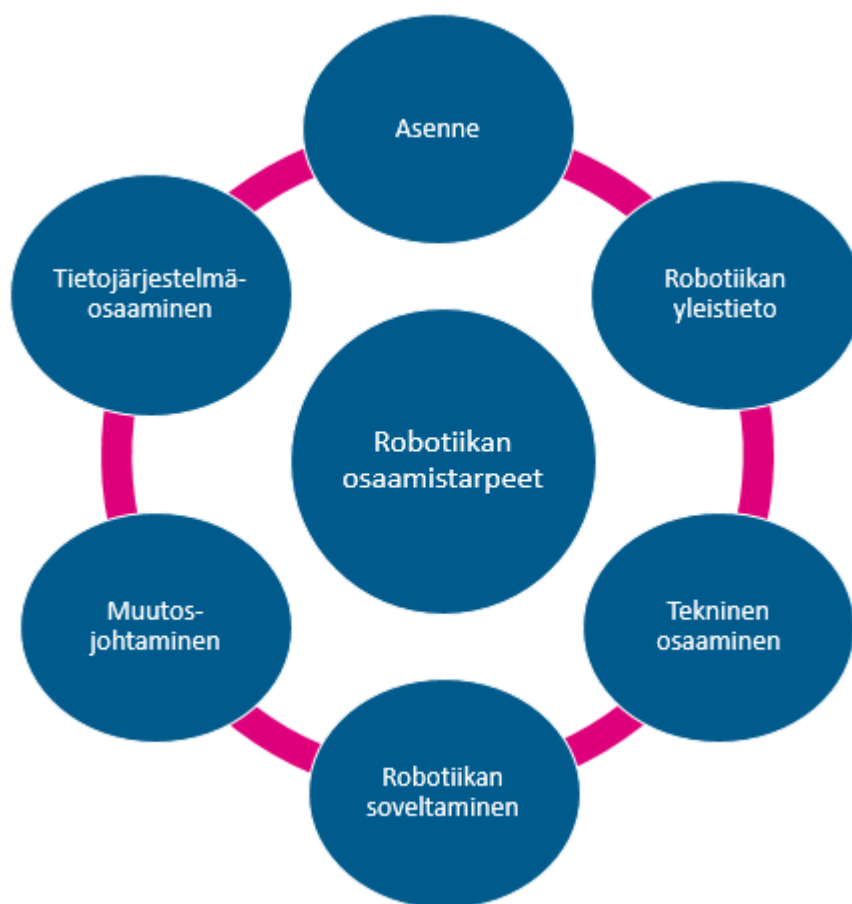
Tutkimuksen tuloksissa nousi esille kolme merkittävää robotiikan sovelluskohdetta sisälogistiikassa. Nämä sovelluskohteet ovat:

- Mobiilirobotiikan hyödyntäminen materiaalin siirtoihin.
- Eksoskeletonien hyödyntäminen työn kuormittavuuden keventämiseen.
- Yhteistyörobotiikan hyödyntäminen kappaleiden käsittelyyn ja pakkaamiseen.

Erityisesti materiaalin siirtojen ulkoistaminen robotiikalle tulee yleistymään merkittävästi jo lähitulevaisuudessa. Euroopassa vain 1 % kaikista myydyistä trukeista on automaattisia AGV-trukkeja (Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 129). Tämä tilasto tarkoittaa valtavaa kasvupotentiaalia mobiilirobotiikalle.

9.4 Robotiikan osaamistarpeet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tulevaisuuden logistiikkainsinöörien tärkeimmät osaamistarpeet liittyen robotiikkaan. Robotiikan tärkeimmät osaamistarpeet on tiivistetty kuvioon 20. Kuviossa 20 esitetyt osaamistarpeet on johdettu tutkimustuloksista sekä kirjallisuuskatsauksen tuloksista.



Kuvio 20. Robottiikan osaamistarpeet.

Asenne

Niin tutkimustuloksissa, kuin kirjallisuuskatsauksessa tärkeimmäksi robottiikan osaamistarpeeksi nousi oikea asenne robottiikan hyödyntämistä kohtaan. Tällä hetkellä asenteet ja kiinnostus robottiikkaa kohtaan ovat yksi merkittävimmistä syistä siihen, miksi robottiikka hyödynnetään Suomessa vähemmän kuin kilpailijamaissa (Linturi & Kuitunen 2016, 87). Oikeanlaista asennetta ja rohkeutta robottiikkaa kohtaan tarvitaan yritysten strategisella ja operationaalisella tasolla. Opinnäytetyön tutkimustulosten mukaan strategisella tasolla tarvitaan rohkeutta investointeihin ja toiminnan kehittämiseen. Vastaavasti operationaalisella on tärkeää olla kiinnostunut robotiikasta ja tiedon hakemisesta uusista teknologioista. Tulevaisuuden insinöörien täytyy myös tiedostaa tuottavuuden kehittämisen merkitys niin yrityksen kuin koko Suomen näkökulmasta.

Oikealla asenteella robotiikkaa kohtaan tarkoitetaan kokonaisuudessa seuraavia osaamisia:

- Toiminnan kehittämisen merkityksen ymmärtämistä.
- Ymmärrystä robotiikan potentiaalista tuottavuuden kehittämisessä.
- Avarakatseisuutta, rohkeutta ja innostusta robotiikan tiedonhankintaan ja hyödyntämiseen.
- Positiivista suhtautumista robotiikkaa kohtaan.

Robotiikan yleistieto

Eräs merkittävimmistä osaamistarpeista asenteiden lisäksi on yleistieto robotiikasta ja robotisaatiosta. Esimerkiksi Japanin robottistrategiassa korostetaan robotiikan yleistiedon lisäämisen tärkeyttä aloilla, joilla robotiikan hyödyntäminen on vielä vähäistä (New Robot Strategy 2015, 38). Myös opinnäytetyön tutkimustulosten mukaan robotiikan yleistiedon puute on merkittävä syy robotiikan vähäiseen hyödyntämiseen yrityksissä. On selvää, että robotiikkaa on vaikea hyödyntää, mikäli tietämystä robotiikan mahdollisuuksista sekä erilaisista vaihtoehdoista ei ole. Kokonaisuudessaan robotiikan yleistiedolla tarkoitetaan seuraavia osaamistarpeita:

- Tietämys robotiikan ja robotisaation kehityksestä.
- Robotiikan mahdollisuuksien ymmärtäminen.
- Robotiikalla saavutettavien hyötyjen ymmärtäminen.
- Robotiikan investointikustannusten sekä elinkaarikustannusten määrittäminen.
- Perustietämys robotiikan eri teknologioista.

Robotiikan tekninen osaaminen

Lähtökohtaisesti JAMK:n logistiikan AMK- tutkintoa pidetään hyvin laaja-alaisena tutkintona, joka sisältää useita laajoja asiakokonaisuuksia. Useissa näistä kokonaisuuksissa ei mennä kovin syvälliselle osaamisen tasolle. Tämä saman asian tulisi päteä myös robotiikan tekniseen osaamiseen. Logistiikan insinööreillä ei ole tarvetta kone-tekniikan koulutusohjelmien tasoiselle tekniselle osaamiselle. Toisaalta logistiikan insinöörit tarvitsevat jonkin verran robotiikan teknistä osaamista. Tulevaisuudessa työntekijät joutuvat valvomaan ja ohjelmoimaan robotteja (Robots and the Workplace of the Future 2018, 23), jolloin myös insinöörit ja esimiehet tarvitsevat teknistä osaamista. Robotiikan yleistymisen myötä roboteista tulee arkipäiväisempiä

työkaluja, joiden käyttöliittävät ovat parempia ja helpompikäyttöisempiä kuin perinteisten teollisuusrobottien käyttöliittymät. Tällöin useampi työntekijä pystyy hallitsemaan robotin käytön (Ventä ym. 2016, 23). Jokaisiin teknisiin järjestelmiin, myös robottijärjestelmiin tulee aina häiriötilanteita. Tutkimushaastatteluissa nousi esiin näkemys, jonka mukaan pienet häiriötilanteet on kyettävä ratkaisemaan itsenäisesti ilman laitetoimittajan tukea.

Robottiikan tärkeimmät tekniset osaamistarpeet ovat:

- Tietämys robotiikan teknologioista.
- Robotiikan toimintaperiaatteiden ymmärtäminen.
- Robotin perustoimintojen hallinta ja robottien opettaminen.
- Robottijärjestelmän vikatilanteiden ratkaiseminen.

Robottiikan soveltaminen

Robottiikan yleistyessä sisälogistiikassa on selvää, että robotiikkaa pitää pystyä soveltamaan. Sovellessa robotiikka käytäntöön on huomioita monia erilaisia tekijöitä. Tutkimushaastatteluissa esiin nousseita tekijöitä on esitetty taulukossa 20. Näitä tekijöitä ovat mm. oman toiminnan vaatimat muutokset, toiminnan prosessien standardointi, fyysisten tilojen vaatimat muutokset sekä yhteistyö robotin kanssa. Robotiikan yleistyessä sisälogistiikassa myös robottijärjestelmien käyttöönottoprojektit lisääntyvät. Operationaalisella tasolla sisälogistiikan asiantuntijoiden on osattava suunnitella robottijärjestelmiä. Jotta robotiikan soveltaminen on mahdollista, vaaditaan logistiikkainsinööreiltä seuraavia osaamistarpeita:

- Robottijärjestelmän toiminnalle vaatimien muutosten ymmärtäminen.
- Robottijärjestelmän suunnittelun osaaminen, sisältäen mm. teknisen mallintamisen sekä prosessien ymmärtämisen.
- Robottijärjestelmän käyttöönottoon vaikuttavien tekijöiden tiedostaminen.
- Ongelmanratkaisukyky.
- Ihmisen ja robotin välisessä yhteistyössä huomioitavien asioiden ymmärtäminen.

Tietojärjestelmäosaaminen

Robottijärjestelmiä hallitaan, operoidaan ja opetetaan erilaisten ohjelmistojen ja käyttöjärjestelmien avulla. Rakennettaessa toimivaa robottijärjestelmää on kiinnitettävä huomiota järjestelmäintegraatioihin ja tietojärjestelmien toimivuuteen (Robo-

tics 2020 Multi-Annual Roadmap 2016, 249). Robottijärjestelmää ohjaavan pääjärjestelmän on siis saatava tietoa sekä monissa tapauksissa osattava kommunikoida eri tietojärjestelmien kanssa. Järjestelmäarkkitehtuurin näkökulmasta robottijärjestelmä on uusi tietojärjestelmä, joka liitetään toiminnanohjausjärjestelmään.

Tutkimuksen tulosten mukaan tietojärjestelmiin liittyvää osaamista tarvitaan lisää robotiikan sekä myös muiden tietojärjestelmien yleistymisen myötä. Useassa tutkimushaastattelussa nousi esille näkemys, jonka mukaan valmistuvilla opiskelijoilla ei ole riittävän monipuolista tietojärjestelmäosaamista. Tietojärjestelmäosaamisella tarkoitetaan laajempaa osaamista kuin pelkän järjestelmän käytön osaamista. Insinööreillä on oltava käsitys siitä, mitä eri tietojärjestelmiä ja tietokantoja yritykset käyttävät ja miten niiden välinen tiedonsiirto tapahtuu. kokonaisuudessaan tietojärjestelmäosaamisella tarkoitetaan alla listattuja osaamistarpeita.

- Yritysten järjestelmäarkkitehtuurien ymmärtäminen.
- Ymmärrys erilaisten tietojärjestelmien toimintaperiaatteista.
- Tiedon ja tietojärjestelmien integroinnin osaaminen.
- Järjestelmien käytön osaaminen.

Johtaminen

Tutkimuksen tuloksissa merkittävimäksi robotiikan käyttöönotossa huomioitavaksi asiaksi nousi muutosvastarinta. Muutokset aiheuttavat pelkoa ja ahdistusta työntekijöissä. Eräässä tutkimushaastattelussa nousi esiin tilanne, työntekijät ovat jopa sabotoineet muutosta. Tulevaisuuden johtajien ja esimiesten on huomioitava edellä mainitut tekijät esimiestyössä. Toisin sanoen tulevaisuudessa muutosjohtamisen merkitys korostuu.

Johtamiseen liittyvät uudet osaamistarpeet eivät jää pelkästään muutosjohtamiseen. Työtehtävien muuttumisen myötä tulevaisuudessa tarvitaan myös uudenlaista johtamisosaamista (Tikka 2016, 58). Merkittävimpänä työelämän muutoksena kirjallisuuskatsauksessa nousi esille rutiininomaisten työtehtävien väheneminen (Robots and the Workplace of the Future 2018, 16). Tällöin yritysten keskijohdolle ja esimiehille jää enemmän aikaa rutiinien poistumisen myötä käytettäväksi esimerkiksi päätösten tekemiseen.

Uusia johtamiseen liittyviä osaamistarpeita ovat mm.:

- muutostilanteen johtaminen ja hallinta,
- muutosvastarintaan varautumien ja sen ehkäiseminen,
- tiimityöskentely ja tiimin johtaminen,
- päätöksenteko- ja reagointikyky sekä
- omatoimisuus ja itsensä johtaminen.

10 Pohdinta

10.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja tulokset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää logistiikkainsinöörien tulevaisuuden osaamistarpeita robotiikasta sisälogistiikan näkökulmasta. Tunnistamalla robotiikan osaamistarpeet työn tilaaja, eli Jyväskylän ammattikorkeakoulu, voi kehittää logistiikkainsinöörin AMK- tutkinto-ohjelman sisältöä.

Tutkimukselle asetettiin kolme tutkimuskysymystä, joihin vastaamalla tutkimuksen tavoitteet pyrittiin saavuttamaan:

1. Miten robotiikka muuttaa sisälogistiikkaa ja suomalaista työelämää?
2. Miten robotiikkaa hyödynnetään nyt ja tulevaisuudessa sisälogistiikassa?
3. Mitkä ovat logistiikkainsinöörin tulevaisuuden osaamistarpeet robotiikasta?

Nämä tutkimuskysymykset ohjasivat opinnäytetyön etenemistä. Aluksi tutkimuskysymyksistä johdettiin käsiteltävät aiheet kirjallisuuskatsaukseen. Tämän jälkeen kirjallisuuskatsauksen ja tutkimuskysymysten pohjalta valittiin teemat, joihin opinnäytetyön tutkimusosuudessa haettiin näkemyksiä. Tutkimusmenetelmäksi valikoitui teemahaastattelut. Teemahaastatteluisa kerätty aineisto analysoitiin ja analysoinnin tulokset on esitetty luvussa 8. Lopullisen vastauksen tutkimuskysymyksiin haettiin kirjallisuuskatsauksesta sekä tutkimushaastatteluiden tuloksista. Vastaukset tutkimuskysymyksiin on esitelty tarkemmin luvussa 9.

Opinnäytetyön ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä oli tarkoituksena selvittää, miten robotiikka kehittyy ja miten kehitys muuttaa Suomalaista työelämää ja sisälogistiikka. Opinnäytetyöprosessin aikana tutkimuskysymykseen haettiin vastausta erityisesti työvoiman saatavuuden ja logistiikkatyön muutoksen näkökulmasta. Luvussa 8

esitettyt tutkimustulokset vahvistavat kirjallisuuskatsauksen näkökulmaa, jonka mukaan sisälogistiikka työllistää tulevaisuudessa enemmän, vaikka työvoimaa on vähemmän saatavissa. Tutkimustulosta ei voida pitää uutuusarvoltaan mullistavana, toisaalta tulos tuo kuitenkin uutta tietoa aiheeseen sisälogistiikan näkökulmasta.

Toisessa tutkimuskysymyksessä kartoitettiin robotiikan hyödyntämistä sisälogistiikassa nyt ja tulevaisuudessa. Tutkimustulokset vahvistivat kirjalliskatsauksen näkemyksiä robotiikan vähäisestä hyödyntämisestä ja yleistymisestä sisälogistiikassa. Tutkimustulokset toivat uusia näkökulmia siihen, miksi robotiikan hyödyntäminen on vähäistä sisälogistiikassa. Tutkimuksessa kartoitettiin myös robotiikan eri sovellusten mahdollisia käyttökohteita sisälogistiikan toiminnoissa. Uudeksi näkökulmaksi voidaan erityisesti nostaa eksoskeletonien hyödyntäminen sisälogistiikan työtehtävissä.

Kolmannessa ja opinnäytetyön tavoitteen kannalta olennaisimmassa tutkimuskysymyksessä oli tarkoitus kartoittaa robotiikan tuomia uusia tarpeita. Tuloksena luotiin malli, joka sisälsi kuusi osaamistarvekokonaisuutta. Malli luotiin analysoimalla kirjallisuuskatsauksen sekä tutkimushaastattelun tuloksia. Robotiikan osaamistarpeita on jonkin verran käsitelty kirjallisuudessa, mutta hyvin laaja-alaisesti. Analyysiä, jossa mukaan uusiksi muuttujiksi otettiin Suomi alueena sekä sisälogistiikka, ei ole aiemmin tehty. Opinnäytetyö tuo siis uutta näkökulmaa tulevaisuuden osaamistarpeisiin. Kokonaisuutena voidaan todeta, että opinnäytetyö saavutti sille asetetut tavoitteet ja jokaiseen tutkimuskysymykseen saatiin vastaus. Opinnäytetyö tuo uutta näkökulmaa ja uutta tietoa erittäin ajankohtaiseen aiheeseen.

10.2 Luotettavuus

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä toimi teemahaastattelut eli kyseessä oli laadullinen tutkimus. Luotettavuuden arviointi on tärkeä osa tutkimusta. Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta on kuitenkin hankalampi arvioida kuin määrällisen tutkimuksen luotettavuutta. Perinteisesti luotettavuutta arvioidaan reliabiliteetin ja validiteetin avulla. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006) Tiivistetysti reliabiliteetilla tarkoitetaan tutkimuksen toistettavuutta. Vastaavasti validiteetilla arvioidaan tutkimuksen pätevyyttä eli tutkimusprosessin, tulosten ja johtopäätösten oikeellisuutta. (Hirjärvi ym. 2009, 231-232.)

Tutkimuksen reliabiliteetin kannalta merkittävimäksi riskitekijäksi voidaan nostaa tutkittavien antamien vastausten oikeellisuus sekä kerätyn aineiston oikea tulkinta. Tutkimushaastattelussa tutkittava voi antaa esimerkiksi yleisesti hyväksyttävän normin mukaisia vastauksia totuuden sijaan (Hirjärvi ym. 2010, 206-207). Tätä riskiä pyrittiin minimoimaan salaamalla tutkittavien henkilöllisyydet sekä heidän edustamansa yritykset. Haastattelutilanteen luoman jännityksen purkamiseksi ja haastatteluteemoja päätettiin valita reilusti, eli yhteensä 11. Ensimmäiset haastatteluteemat toimivatkin pienimuotoisena lämmittelynä ja orientaationa tutkimuksen varsinaiseen aiheeseen. Näin tekemällä pyrittiin lisäämään luottamusta tutkittavien ja tutkijan välille. Tässä myös onnistuttiin erittäin hyvin. Haastateltavat nostivat esiin vaikeita ja epämiellyttäviä asioita avoimesti. Toisaalta haastateltavien näkemysten luotettavuutta esimerkiksi oman toiminnan tuottavuuden kehittämisestä ei voida täysin taata.

Tutkimushaastattelut toteutettiin haastateltavan kanssa kahden kesken, pääsääntöisesti haastateltavan määrittämässä tilassa. Näin haastattelutilanteessa tutkittavan eleistä ja olemuksesta pystyttiin analysoimaan vastausten luotettavuutta. Ainoastaan yksi haastattelu suoritettiin etäyhteyden välityksellä. Haastatteluille oli lähtökohtaisesti varattu riittävästi aikaa. Ainoastaan yhteen haastatteluun aikaa oli varattu liian vähän haastateltavan tiukan aikataulun takia. Tämä osittain vähensi kyseisestä haastattelusta esiin nousseita havaintoja.

Tutkimushaastattelut nauhoitettiin, jonka jälkeen nauhoitettu aineisto litteroitiin. Litteroitu teksti analysoitiin poimimalla tekstistä havaintoja. Jokainen havainto kirjattiin erilliseen taulukkoon, jossa oli haastateltavan lainaus sekä tutkijan huomio. Tämän jälkeen havainnot kategorisoitiin ja jokaisen kategorian havainnot läpikäytiin uudelleen. Kerätty aineisto läpikäytiin siis useaan kertaan. Tämä osittain heikentää tutkimuksen luotettavuutta, sillä tutkija tekee helposti tulkintoja jokaisella analysointikeralla. Tätä riskiä minimoitiin siten, että jokaiseen havaintoon kirjattiin myös alkupe-
räinen litteroitu kommentti. Lisäksi jokaiseen litteroituun haastatteluun merkittiin ajankohtia määräajoin. Näin haastateltavan alkuperäiseen kommenttiin oli helppo palata. Aineiston läpikäyminen useaan kertaan myös vähensi väärin tehtyjä tulkintoja. Yleisesti aineiston analysointiprosessia sekä luvussa seitsemän esitettyjä tuloksia voidaan siis pitää luotettavana.

Tutkimushaastatteluja suoritettiin yhdeksän kappaletta, joka on kohtuullinen määrä laadulliselle tutkimukselle ja lisää tutkimustulosten luotettavuutta. Toisaalta määrällisen tutkimuksen näkökulmasta otanta on hyvin pieni. Näin ollen tutkimustuloksista ei voida vetää tilastollisia johtopäätöksiä esimerkiksi siitä, kuinka moni yritys hyödyntää robotiikkaa toiminnassa. Toisaalta esimerkiksi osaamistarpeista keskusteltaessa viimeisimmissä haastatteluissa alkoi hahmottua saturaatiopiste, jossa tietyt näkemykset toistuivat. Saturaatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa tutkimus ei tuo enää uutta tietoa (Hirsjärvi ym. 2010, 182). Haastatteluotannon kasvattaminen olisi lisännyt tutkimuksen luotettavuutta ja tutkimuksella olisi mahdollisesti saatu muutamia uusia näkemyksiä. Yleisesti opinnäytetyön tuloksia voidaan kuitenkin pitää luotettavina ja käyttökelpoisina.

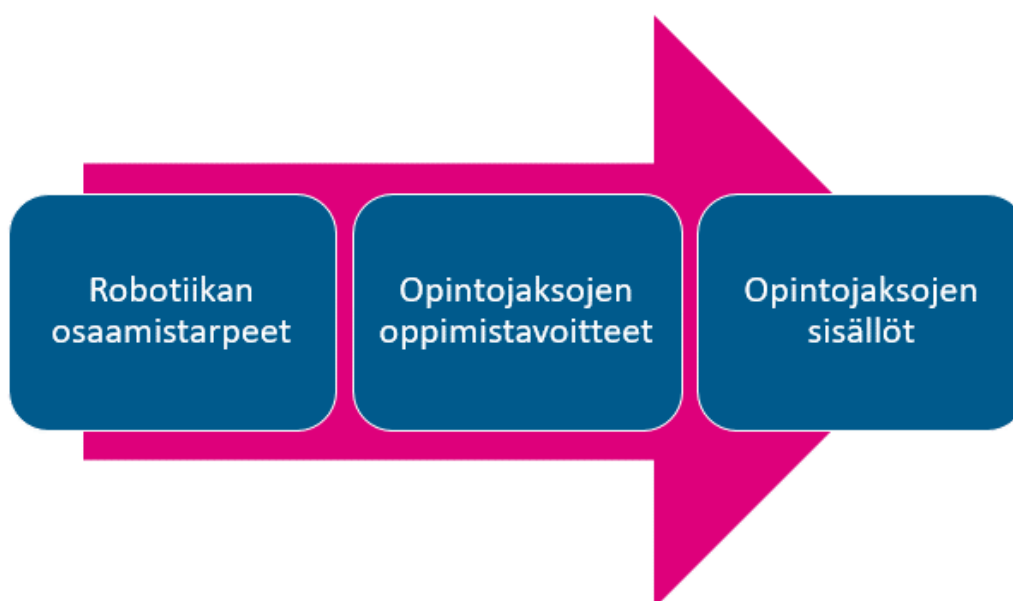
10.3 Soveltaminen

Työn tilaaja, eli Jyväskylän ammattikorkeakoulun tulisi soveltaa tutkimuksen tuloksia erityisesti logistiikan AMK- tutkinnon opintosuunnitelman kehittämiseen. Kartoitettujen osaamistarpeiden avulla voidaan kehittää opintojaksojen osaamistavoitteita, joiden pohjalta voidaan kehittää opintojaksojen sisältöjä. Myös uusien opintojaksojen perustamista tulisi pohtia. Tuloksia voidaan hyödyntää myös muiden JAMK:n insinööritutkintojen kehittämiseen. Robotiikan osaamistarpeet tulisi yleisesti huomioida kehitettäessä suomalaista koulutusjärjestelmää. Opinnäytetyön tuloksena saatuja osaamistarpeita voidaan soveltaa myös muiden JAMK:n koulutustuotteiden päivittämiseen sekä uusien koulutustuotteiden luomiseen. Esimerkiksi esimiehille tai sisälogistiikan kehittäjille suunnatuissa koulutuksissa tulisi huomioida robotiikan osaamistarpeet.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan pitää merkityksellisinä myös työelämän kehittämisen näkökulmasta. Yritysten ja organisaatioiden tulisi huomioida opinnäytetyön johtopäätöksissä esitetyt osaamistarpeet osaamisensa kehittämisessä sekä rekrytoidesaan uusia työntekijöitä.

10.4 Jatkokehitys

Kartoitettujen osaamistarpeiden perusteella tulisi seuraavaksi suunnitella sisälogistiikan, automaation ja robotiikan opintojaksojen sisältöjä. Tämän työ tulisi aloittaa jakamalla luvussa 9 esitetyt osaamistarpeet eri opintojaksoille määritettyihin osaamistavoitteisiin. Tämän määrittelyn jälkeen tulisi tarkemmin selvittää, miten opiskelijat saavuttavat osaamistavoitteet, eli määrittellä opintojaksojen sisällöt. Tätä prosessia on havainnollistettu kuviossa 21.



Kuvio 21. Osaamistarpeiden hyödyntäminen

Tutkimuksessa saatiin aikaiseksi malli tulevaisuuden logistiikkainsinöörin robotiikan osaamistarpeista sisälogistiikan näkökulmasta. Kun malli on saatu implementoitua käyttöön, tulisi pohtia muiden digitalisaatiota voimakkaasti eteenpäin vievien ilmiöiden vaikutusta osaamistarpeisiin. Muita sisälogistiikka ja toimitusketjuja muuttaviksi ilmiöiksi voidaan tunnistaa:

- esineiden internet sisältäen sisätilapaikannuksen ja 5G- verkon tuomat mahdollisuudet,
- big data-analytiikka ja tekoäly,
- ohjelmistorobotiikka,
- VR- ja AR-teknologiat sekä
- 3D-tulostus.

JAMK:n logistiikan tulosalueen tulisi jatkossa panostaa tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnassaan edellä kuvattujen ilmiöiden tutkimiseen oman osaamisen lisäämiseksi. Tällä hetkellä logistiikan tulosalue on mukana modernia robotiikkaa teollisuuden soveltavassa kehityshankkeessa. Hanke on merkittävästi lisännyt robotiikan osaamista. Tämän tutkimuksen pohjalta JAMK onkin jo päättänyt lähteä tutkimaan puettavien teknologioiden, kuten eksokseletoineiden hyödyntämistä eri teollisuuden aloilla. Logistiikan tulosalueen tulisi myös aktiivisemmin pyrkiä seuraamaan tulevaisuuden vaikuttavia mega- sekä teknologiatrendejä. Trendejä seuraamalla tulisi pohdita niiden vaikutuksia logistiikkaan ja siten tulevaisuuden osaamistarpeisiin.

Lähteet

About ExoskeletonReport.com. 2018. Exoskeleton report. Viitattu 17.4.2019.

<https://exoskeletonreport.com/about-exoskeletonreport/>.

Alho, T., Neittaanmäki, P., Hänninen, P. & Tammilehto, O. 2018. Palvelurobotiikka. Jyväskylän yliopisto, Informaatioteknologian tiedekunta. Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja 50/2018

AGILOX IGW - Intelligent Guided Vehicle. N.d. AGILOX Systems GmbH. Viitattu 1.9.2019. <https://agilox.net/en/agilox-igv>.

Andersson, C., Haavisto, I., Kangasniemi, M., Kauhanen, A., Tikka, T., Tähtinen, L. & Törmänen, A. 2016. Robotit töihin: Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla?. EVA Raportti. Helsinki: Taloustieto Oy.

Andersson, C. & Kaivo-oja, J. 2016. Teknologiatiekartat ja suomalaisten yritysten kyvykkyydet. Robotiikan taustaselvityksiä. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. 2016. The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers. Pariisi: OECD Publishing.

Autor, D. 2015. Why are there still so many Jobs? The history and future of workplace automation. Journal of Economic Perspectives. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Autor, D. & Salomons, A. 2017. Does Productivity Growth Threaten Employment? ECB Forum.

Avoimen yliopiston opetustarjonta. N.d. Oulun yliopisto. Viitattu 22.6.2019.

<https://www.oulu.fi/avoinyliopisto/opetustarjonta>.

Benedikt, C. & Osborne, A. 2013. The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization? Oxford: University of Oxford.

Barteholdi, J. & Hackman S. 2017. Warehouse & distribution science. Atlanta: Georgia Institute of Technology. H. Milton Stewart School of Industrial and Systems Engineering. The Supply Chain & Logistics Institute.

Billing, M. 2015. Robotiikka. Vaasan ammattikorkeakoulu.

Balkeshwar, S., Sellappan, N. & Kumaradhas, P. 2013. Evolution of Industrial Robots and their Application. Salalah: International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 3.5. 763 - 768

Bonkenburg, T. 2016. Robotics in logistics. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation.

Bostelman, R., Messina, E. & Foufou, S. 2017. Cross-industry standard test method developments: from manufacturing to wearable robots. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering.

Collin, P. 2019. Auttaako RoboCopin asu raskaissa kiinteistöissä? Turkulaisfirma testaa, vähentääkö päälle puettava tukiranka sairauslomia. Yle uutiset 15.1.2019. Viitattu 18.8.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10595068>.

Control, Robotics and Autonomous Systems. N.d. Aalto- yliopisto. Viitattu 22.6.2019. <https://into.aalto.fi/display/enaee/Control%2C+Robotics+and+Autonomous+System+S>.

Dahmen, C., Wöllecke, F. & Constantinescu, C. 2018. Challenges and possible solutions for enhancing the workplaces of the future by integrating smart and adaptive exoskeletons. Procedia CIRP 67.

DeCanio, S. 2016. Robots and humans –complements or substitutes?. Tulsa: Journal of Macroeconomics.

Definition of robot in English. N.d. Lexico.com. Oxford University Press. Viitattu 18.11.2018. <https://www.lexico.com/en/definition/robot>.

Dilip, K., Sauvar, D., Saroj, K., Siba, S. 2014. Multi-criteria decision making toward selection of industrial robot. Rourkela: National Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering.

ELEC-C1320 Robotiikka. N.d. Aalto- yliopisto. Viitattu 22.6.2019. <https://oodi.aalto.fi/a/opintjakstied.jsp?Kieli=1&html=1&Tunniste=ELEC-C1320>.

Eksoskeletoinit: Puettavilla roboteilla terveempiin työolosuhteisiin. N.d. DB Schenker. Viitattu 18.8.2019. <https://www.dbschenker.com/fi-fi/tietoja-meista/ajankohtaista/globalit-tarinat/eksoskeletoinit>.

Gorle, P.2013. Positive Impact of Industrial Robots on Employment. Lontoo: International Federation of Robotics.

Ghianni, G., Laporte, G & Musmano, R. 2013 Introduction to Logistics Systems Management. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.

Hedelmällisyys. 2019. Findikaattori, Tilastokeskus. Viitattu 23.5.2019. <https://findikaattori.fi/fi/16>.

Heer, C. 2016. US-Industry: 135,000 new robots bring jobs back home. Press release. Frankfurt: International Federation of Robotics.

Heikkilä, J., Olhager, J., Martinsuo, M. & Laine, T. 2017. RELOCATION OF NORDIC MANUFACTURING. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Industrial and Information Management.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

Huysamena, K., de Loozeb, M., Boschb, T., Ortizc, J., Toxiric, S. & O'Sullivan, L. 2018. Assessment of an active industrial exoskeleton to aid dynamic lifting and lowering manual handling tasks. Applied Ergonomics.

Industrial exoskeletons for work and industry. N.d. Exoskeleton report. Viitattu 17.4.2019. <https://exoskeletonreport.com/product-category/exoskeleton-catalog/industrial/>.

Industrial robots - definition and classification. 2016. International Federation of Robotics.

Introducing our robots. N.d. Robotize. Viitattu 1.9.2019.
<http://www.robotize.com/our-products/our-robots/>.

Introduction into Service Robots. 2016. International Federation of Robotics.

ISO 8373:2012(en) Robots and robotic devices — Vocabulary. ISO - International Organization for Standardization.

Kantanen, S. 2018. Päällikkö, logistiikka. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Haastattelu 1.11.2018.

Kauhanen, A. 2016. Uusi työnjako. ROBOTIT TÖIHIN: Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla?. EVA Raportti. Helsinki: Taloustieto Oy.

Keski-Korpela, N. 2019. Robottibussia koeponnistetaan jo Hämeenlinnassa – kuskittoman bussin kyytiin pääsee elokuussa. Yle. Viitattu 25.11.2019.
<https://yle.fi/uutiset/3-10830468>.

Konetekniikan koulutus 2019. N.d. Opinto-opas. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.8.2019. <http://opinto-opas.kamk.fi/index.php/fi/68146/fi/68098/KKT19S/year/2019>.

Konetekniikan koulutus (KT 2019). N.d. Vaasan ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.8.2019. <https://ops.vamk.fi/fi/KT/2019/>.

Koontz, R. 2016. Robotics in the Real World. Minnesota: Core Library, an imprint of Abdo Publishing.

Koti robo. N.d. PeTe Innovation Oy. Viitattu 25.11.2019. <https://www.koti robo.fi/>.

Kuivasmäki, U. 2019. ABB investoi Vaasan kytkintehtaaseen – napojen valmistus palaa maailmalta Suomeen. Yle. Viitattu 25.11.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10684038>.

Laevo V2.56. 2018. Käyttöohje. Laevo.

Leino, R. 2018. Robotti aloitti Riihimäellä työharjoittelussa – pakkausrobotilla on jopa oma mentori. Tekniikka & Talous. Alma Talent Oy. Viitattu 1.9.2019.
<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/robotti-aloitti-riihimaella-tyoharjoittelussa-pakkausrobotilla-on-jopa-oma-mentori/680509cd-79d2-3568-9e45-eab7c8bf990c>.

Linturi, R. & Kuitunen, O. 2016. Digitaalinen tietopohja ja robotisaation vaikutukset. Robottiikan taustaselvityksiä. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Liitetaulukko 1. Bruttokansantuote (BKT) 1975-2018. 2019. Suomen virallinen tilasto (SVT): Kansantalouden tilinpito. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 5.11.2019.
http://www.stat.fi/til/vtp/2018/vtp_2018_2019-09-20_tau_001_fi.htm.

Marinor, B. 2015. Types And Classifications of Exoskeletons. Exoskeleton Report. Viitattu 17.4.2019. <https://exoskeletonreport.com/2015/08/types-and-classifications-of-exoskeletons/>.

- Metahri, D. & Hachemi, K. 2018. Retrieval–travel-time model for free-fall-flow-rack automated storage and retrieval system. *Journal of Industrial Engineering International*.
- Munnukka, T. 2017. Digitalisaatio Sisälogistiikassa. Kaakois-Suomen ammattikorkeakoulu.
- New Robot Strategy. 2015. The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization.
- Niemelä, M. 2017. Robotit hoiva- ja hoitotyössä. VTT.
- Nissilä, J., Kokkonen, V & Kuittinen, O. 2016. Kokemuksia massadatan, omadatan sekä älykkään robotiikan ja automaation osaamistarpeista ja –tarjonnasta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 13/2016. Liikenne- ja viestintäministeriö.
- Opinto-oppaat 2018–2019. N.d. Tampereen yliopisto. Viitattu 22.6.2019. <https://www10.uta.fi/opas/index.htm>.
- Opintotarjonta. N.d. Lappeenranta University of technology. Viitattu 22.6.2019. <https://weboodi.lut.fi/oodi/opasopiskopas.jsp>.
- Osaaminen kilpailukyvyksi. 2017. Strategia. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Paukku, T. 2019. Keho, joka jaksaa ja jaksaa – Duunari sai voimahaarniskan, ja se auttaa nostoissa jopa kymmenien kilojen verran. *Helsingin Sanomat*. Viitattu 12.8.2019. <https://www.hs.fi/tiede/art-2000006196287.html>.
- Puettava exoskeleton keventää raskaissa työtehtävissä. 2019. Prizztech. Viitattu 18.8.2019. <http://www.prizz.fi/puettava-exoskeleton-keventää-raskaissa-työtehtävissä#.XcZ7x3duJMt>.
- Richards, G. 2011. *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. London: Kogan Page.
- Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap. 2016. SPARC, The Partnership for Robotics in Europe.
- Robots and the Workplace of the Future. 2018. Positioning paper. Frankfurt: International Federation of Robotics.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. *KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto*. Verkkojulkaisu. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 24.11.2019. https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3.html.
- Sarcos Teams with Leading Industrial Innovators to Form Exoskeleton Technical Advisory Group. 2018. Tiedote. Sarcos robotics. Viitattu 27.5.2019. <https://www.sarcos.com/company/news/press-releases/sarcos-teams-leading-industrial-innovators-form-exoskeleton-technical-advisory-group/>.
- Solteq Retail Robot. N.d. Solteq Oyj. Viitattu 1.9.2019. <https://www.solteq.com/fi/ratkaisut/solteq-retail-robot>.
- Strack, R., Baier, J., Marchingo, M. & Sharda, S. 2014. *The global workforce crisis*. The Boston consulting group.

Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020. 2014. SPARC, The Partnership for Robotics in Europe.

Technology at work v2.0 The Future Is Not What It Used to Be. 2016. Citi GPS: Global Perspectives & Solutions.

Technology at work v3.0 Automating e-Commerce from Click to Pick to Door. 2017. Citi GPS: Global Perspectives & Solutions.

Teknoliateollisuuden / Suomen talousnäkymät. 2018. Teknoliateollisuus ry.

The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs. 2018. Frankfurt: International federation of robotics.

Tikka, T. 2016. Kun kone ottaa ohjat. ROBOTIT TÖIHIN: Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla?. EVA Raportti. Helsinki: Taloustieto Oy.

Tsuda, J., Wyatt, S. & Litzenberger, G. 2018. Welcome to the IFR Press Conference. Tokyo: International federation of robotics.

Tuotanto palaa takaisin Suomeen - "Suomessa jokainen on oman itsensä laatupäällikkö". 2016. Talouselämä. Viitattu 27.5.2019.
<https://www.talouselama.fi/uutiset/tuotanto-palaa-takaisin-suomeen-suomessa-jokainen-on-oman-itsensa-laatupaallikko/345d5ed4-2cf4-3e80-a68b-57a3a4c0fca9>.

Tutkimus: Robotit vievät noin 20 miljoonaa työpaikkaa seuraavan vuosikymmenen aikana. 2019. Yle. Viitattu 25.11.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10848330>.

Van Roy, V., Vertesy, D. & Vivarelli, M. 2018. Technology and employment: Mass unemployment or job creation? Empirical evidence from European patenting firms.

Ventä, O., Honkatukia, J., Häkkinen, K., Kettunen, O., Niemelä, M., Airaksinen, M. & Vainio, T. 2018. Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030. Valtioneuvoston kanslia.

Ventä, O., Lehtinen, H., Lempiäinen, J., Kyrki, V., Röning, J., Siren, A. & Latonkartano, J. 2016. Robottiikkatiekartta. Robottiikan taustaselvityksiä. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Väestö iän (5-v.) ja sukupuolen mukaan, 1865-2018. N.d. Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannat. Tilastokeskus. Viitattu 4.2.2019.
https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vaerak/statfin_vaera_k_pxt_11rc.px.

Wallen, J. 2008. The history of the industrial robot. Technical report. Linköping: Linköping universitet, Department of Electrical Engineering.

Wilson, M. 2015. Implementation of robot systems: An introduction to robotics, automation, and successful systems integration in manufacturing. Amsterdam: Butterworth-Heinemann.

Yatsun, A. & Jatsun, S. 2018. Investigation of Human Cargo Handling in Industrial Exoskeleton. Global Smart Industry Conference.

Liitteet

Liite 1. Robotiikan opetustustarjonta ammattikorkeakoulujen tekniikan alojen tutkinnoissa.

Ammattikorkeakoulu	Tutkinto	Robotiikan opintojaksot
Centria ammattikorkeakoulu	Information Technology	Ei robotiikan opintojaksoja.
Centria ammattikorkeakoulu	Sähkö- ja automaatiotekniikka, Kokkola	Automaatiotekniikan perusteet- opintojakso (4 op.), Automaatiojärjestelmät- opintojakso (5 op.).
Centria ammattikorkeakoulu	Tieto- ja viestintätieteiden tekniikka, Kokkola	Automaatio ja elektroniikka- opintojakso (21 op.) Vapaasti valittavana opintojaksona Strateginen teknologiajohtaminen (4 op.)
Centria ammattikorkeakoulu	Tuotantotalous, Kokkola	Ei robotiikan opintojaksoja.
Hämeen ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja. Valmistusautomaatio- opintojakso (15 op.), jossa mukana robotin ohjelmointia
Hämeen ammattikorkeakoulu	Liikenneala	Ei robotiikan opintojaksoja.
Hämeen ammattikorkeakoulu	Sähkö- ja automaatiotekniikka	Modern Technology Applications- opintojakso (15 op.)
Hämeen ammattikorkeakoulu	Mechanical Engineering and Production Technology	Ei robotiikan opintojaksoja. Manufacturing automation in the workshop- opintojakso (15 op), jossa mukana robotin ohjelmointia
Jyväskylän ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Jyväskylän ammattikorkeakoulu	Logistiikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu	Logistiikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu	Liiketoiminnan logistiikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu	Sähkö- ja automaatiotekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Kajaanin ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Mahdollisuus erikoistua robotiikkaan, Tarjolla 10 robotiikan opintojaksoa, yhteensä 36 op.
Karelia-ammattikorkeakoulu	Industrial Management	Tietoja ei ole saatavissa, päivittyvät syksyn 2019 aikana
Karelia-ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Lahden ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Kaikkissa suuntautumisvaihtoehdoissa valittavana Tulevaisuuden digitaalisuus- opintojakso (3 op.).
Lapin ammattikorkeakoulu	Konetekniikka, Kemi	Pakollinen Tulevaisuuden tekniikka- opintojakso (5 op.).
Lapin ammattikorkeakoulu	Sähkö- ja automaatiotekniikka, Kemi	Ei robotiikan opintojaksoja.
Metropolia ammattikorkeakoulu	Elektroniikka	Opinto-opasta ei saatavilla
Metropolia ammattikorkeakoulu	Informaatiotekniikka- Information technology	Opinto-opasta ei saatavilla
Metropolia ammattikorkeakoulu	International Business and Logistics	Opinto-opasta ei saatavilla
Metropolia ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Opinto-opasta ei saatavilla
Metropolia ammattikorkeakoulu	Sähkö- ja automaatiotekniikka	Opinto-opasta ei saatavilla
Metropolia ammattikorkeakoulu	Tuotantotalous	Opinto-opasta ei saatavilla
Oulun ammattikorkeakoulu	Sähkö- ja automaatiotekniikka	Robotiikka- opintojakso (5 op.) ja Tekoälysovellukset teollisuudessa- opintojakso (5 op.) Opintojaksot vapaasti valittava
Oulun ammattikorkeakoulu	Tuotantotekniikka	Production automation- opintijaksolla osana robotiikkaa 4 op.
Saimaan ammattikorkeakoulu	Kone- ja tuotantotekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Saimaan ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Satakunnan ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Satakunnan ammattikorkeakoulu	Logistiikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Satakunnan ammattikorkeakoulu	Tuotantotalous ja -tekniikka	Robotiikka- opintojakso (4 op.) ja Koneäly- opintojakso (4 op.).
Savonia-ammattikorkeakoulu	Konetekniikka (Kuopio)	Ei robotiikan opintojaksoja.
Savonia-ammattikorkeakoulu	Internet of Things (Kuopio)	Pakollisen Industrial Automation and Networking- opintojakson (5 op.) yhtenä sisältönä Intelligent Robotics
Savonia-ammattikorkeakoulu	Mechanical Engineering (Kuopio)	Ei robotiikan opintojaksoja.
Seinäjoen ammattikorkeakoulu	Automaatiotekniikka	Robotiikka- opintojakso (4 op.)
Seinäjoen ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Robotiikka- opintojakso (4 op.)
Tampereen ammattikorkeakoulu	Sähkö- ja automaatiotekniikka	Robotiikka- opintojakso (5 op.), vapaasti valittavana Automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehdossa.
Tampereen ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Koneautomaation suuntautumisvaihtoehdossa Robotiikka- opintojakso (5 op.).
Turun ammattikorkeakoulu	Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka	Ei robotiikan opintojaksoja.
Turun ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Koneautomaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehdossa Teollisuusrobotiikka- opintojakso (6 op.) sekä Koneäly- ja sensoritekniikat- opintojakso (4 op.).
Turun ammattikorkeakoulu	Tuotantotalous	Ei robotiikan opintojaksoja.
Vaasan ammattikorkeakoulu	Konetekniikka	Robotiikka- opintojakso (5 op.), Robotiikan etäohjelmointi ja simulointi- opintojakso (5 op.) sekä Tuotantoteknologiat ja robotisoidut järjestelmät- opintojakso (5 op.). Opintojaksot pakollisia Opintojaksot pakollisia.