

Olli Ventä, Juha Honkatukia, Kai Häkkinen, Outi Kettunen, Marketta Niemelä, Miimu Airaksinen, Terttu Vainio

Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030

Lokakuu 2018

Valtioneuvoston selvitys-
ja tutkimustoiminnan
julkaisusarja 47/2018

KUVAILULEHTI

Julkaisija ja julkaisuaika	Valtioneuvoston kanslia, 16.10.2018		
Tekijät	Olli Ventä, Juha Honkatukia, Kai Häkkinen, Outi Kettunen, Marketta Niemelä, Miimu Airaksinen, Terttu Vainio		
Julkaisun nimi	Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 47/2018		
Asiasanat	robotiikka, automaatio, kansantalous		
Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot			
Julkaisuaika	Lokakuu, 2018	Sivuja 93	Kieli Suomi

Tiivistelmä

Robotiikan ja automaation merkitys kansantalouden kasvumoottorina on merkittävä. Robotiikkaa ja automaatiota on sovellettu teollisessa tuotannossa, kuluttajatuotteissa, työkoneissa, liikenteessä ja terveydenhoidossa jo pitkään.

Tässä raportissa selvitetään millaisia vaikutuksia robotisaatiolla ja automatisaatiolla on työllisyyteen, vientiin ja Suomen kansantalouteen. Raportissa yhdistetään toimialoja koskeva tarkastelu kansantaloudelliseen tarkasteluun, joka ottaa huomioon toimialojen ja työmarkkinoiden väliset riippuvuudet ja tuottaa kokonaisarvion robotisaation ja automatisaation vaikutuksista valituilla sovellutusalilla.

Selvitettäväksi sovellutusaloiksi on valittu: 1) Teollisuus ja logistiikka, 2) verkkokauppa, 3) palvelu- ja terveydenhuolto ja 4) kiinteistö- ja rakennusala.

Robotisaation kasvuvaikutukset aiheutuvat suurelta osin työvoiman ja muiden tuotannon tekijöiden käytössä toimialojen välillä tapahtuneista muutoksista; robotisaatio nostaa työn tuottavuutta ja vapauttaa resursseja muun talouden käyttöön. Kun toimialat kilpailevat työvoimasta, on selvää, että tässä raportissa tarkasteltujen sektorien robotisaation yhteisvaikutus on pienempi kuin osiensa summa, mutta se on selkeästi positiivinen. Kaikkiaan kansantuotteen arvioidaan nousevan n. 6 prosenttia perusuraa korkeammaksi vuoteen 2030 mennessä, mikä vastaa vajaan puolen prosentin lisäystä kansantuotteen vuosikasvuun.

Raportti esittää lopuksi toimenpidesuosituksia robotiikan ja automaation osaamisen, koulutuksen ja työllisyystoimien sekä hyvinvointiin liittyvän automaation kehittämisestä.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2016 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokaytoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare & utgivningsdatum	Statsrådets kansli, 16.10.2018		
Författare	Olli Ventä, Juha Honkatukia, Kai Häkkinen, Outi Kettunen, Marketta Niemelä, Miimu Airaksinen, Terttu Vainio		
Publikationens namn	Effekterna av robotisering och automatisering på finska ekonomin 2030		
Publikationsseriens namn och nummer	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 47/2018		
Nyckelord	Robotisering, automation, ekonomi		
Publikationens delar /andra producerade versioner			
Utgivningsdatum	Oktober, 2018	Sidantal 93	Språk Finska

Sammandrag

I den nationella ekonomin är robotikens och automatiseringens roll som tillväxtmotor betydande. Robotik och automation har länge använts inom industri, transport och sjukvård, samt i konsumentprodukter och arbetsmaskiner.

Denna rapport undersöker effekterna av robotisering och automatisering på sysselsättning, export och den finska ekonomin. Rapporten kombinerar en sektoral granskning med ett nationalekonomiskt perspektiv. Rapporten beaktar ömsesidigt beroende mellan branscher och arbetsmarknaden. Den ger en övergripande bedömning av effekterna av robotisering och automatisering i utvalda områden. Följande applikationsområden har valts för utredning: 1) Industri och logistik, 2) E-handel, 3) Service och hälsovård, och 4) Fastighets- och byggbranschen.

Tillväxteffekterna av robotisering beror till stor del på förskjutningar i användningen av arbetskraft och andra produktionsfaktorer mellan industrier. Robotisering höjer produktiviteten och frigör resurser till andra delar av ekonomin. När industrin konkurrerar om arbetskraften är det tydligt att helhetseffekten av robotiseringen i de beaktade sektorerna är lägre än summan av deras komponenter, men den är klart positiv.

Totalt förväntas BNP stiga ca. 6 procent högre än baslinjen till år 2030, vilket motsvarar en ökning på en knapp halv procent av den årliga tillväxten i nationalprodukten.

Slutligen presenterar rapporten rekommendationer för åtgärder för utveckling av robotik- och automatiseringsfärdigheter, utbildning och sysselsättning och för automatisering relaterad till välfärden.

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2016 (tietokayttoon.fi/sv).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

DESCRIPTION

Publisher and release date	Prime Minister's Office, 16.10.2018		
Authors	Olli Ventä, Juha Honkatukia, Kai Häkkinen, Outi Kettunen, Marketta Niemelä, Miimu Airaksinen, Terttu Vainio		
Title of publication	The effects of robotization and automatization on the Finnish economy 2030		
Name of series and number of publication	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 47/2018		
Keywords	robotics, automation, national economy		
Other parts of publication/ other produced versions			
Release date	October, 2018	Pages 93	Language Finnish

Abstract

The role of robotics and automation as a growth engine in the national economy is significant. Robotics and automation have been applied manufacturing, consumer goods, non-road machinery, transport and healthcare applications for long.

This report explores the effects of robotization and automation on employment, export and the Finnish economy as a whole. The report combines sectoral perspective with national economy perspective, taking into account the interdependencies between industries and the labor market, and generating an overall assessment of the impact of robotization and automation in selected areas of application.

The following application areas have been selected for the report: 1) Industry and Logistics, 2) E-commerce, 3) Service and Health Care, and 4) Real estate and Construction.

The growth effects of robotization are largely due to changes in the use of labor and other production factors in different industries; Robotization raises productivity and releases resources to other sectors and roles.

As the industries compete about the labor force, it is clear that the total impact of the robotization of the sectors discussed in this report is lower than the sum of their components, but it is clearly positive.

All in all, the growth effect with robotics and automation on GDP is expected to be to approx. 6 percent higher by 2030 compared to the baseline. This represents almost a half percent increase in annual GDP.

Finally, the report presents recommendations for actions on the development of robotics and automation skills, education and employment as well as on development of automation in welfare.

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2016 (tietokayttoon.fi/en).


The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.



SISÄLLYS

ESIPUHE	8
0. Selvityksen rakenteesta ja sisällöstä	9
1. Robotiikka ja automaatio yleisesti	10
1.1 Robotiikka	10
1.2 Automaatio	12
1.3 Automaatiosuunnittelu	13
1.4 Automaatio ja robotiikka digitaalisessa murroksessa	14
1.5 Suomen erityispiirteet robotiikassa	15
1.6 Robotiikan luoma lisäarvo	16
1.7 Robotiikka, automaatio, massadata ja tekoäly	17
2. Teollisuus	18
2.1 Robotiikan ja automaation lyhyt historia teollisuudessa	18
2.2 Robotiikan ja automaation merkitys tuottavuudelle	19
2.3 Robotiikka ja automaatio teollisuudessa	21
2.4 Robottien sovellettavuus tuotannossa	22
2.5 Automaatio ja tietotekniikka teollisten yritysten välisessä yhteistyössä.....	22
2.6 Pohjoismaisen teollisuuden kansainväliseen sijoittumiseen vaikuttavia tekijöitä ...	25
2.7 Asiantuntijakeskusteluissa esiin tulleita näkökulmia	26
2.8 Teollisuuden kehitysnäkymiä lukujen valossa	28
3. Logistiikka	29
3.1 Robotiikan ja automaation lyhyt historia logistiikassa	29
3.2 Robotiikka ja automaatio logistiikassa tänään	29
3.3 Tulevaisuuden näkymiä logistiikassa.....	31
3.4 Käytännön esimerkkejä logistiikan robotiikasta ja automaatiosta ja niiden vaikutuksista	34
3.5 Asiantuntijakeskusteluissa esiin tulleita näkökulmia.....	35
3.6 Logistiikan kehitysnäkymiä lukujen valossa.....	37
4. Verkkokauppa	38
4.1 Kaupankäynnin historiaa	38

4.2 Verkkokaupan historiaa	39
4.3 Verkkokauppa tänään	39
4.4 Tulevaisuuden näkymiä verkkokaupassa	43
4.5 Verkkokaupan kehitysnäkymiä lukujen valossa.....	45
5. Palvelu- ja terveydenhuollon robotiikka	47
5.1 Robotti on palvelurobotti, jos se ei ole teollisuusrobotti	47
5.2 Terveydenhuollon ja hoivan robotit eli hoivarobotiikka	47
5.2.1 Hoivarobotiikan lyhyt historia	47
5.2.2 Hoivarobotiikan kehitys ja käyttöönotto 10 vuoden sisällä	49
5.2.3 Hoivarobotiikan tehokkuus.....	50
5.3 Sairaalaympäristöjen robotit ja sairaalalogistiikka	51
5.3.1 Sairaalakirurgian ja tehohoidon robotit	51
5.3.2 Apteekkirobotit	52
5.3.3 Sairaalogistiikka	53
5.3.4 Tekoälyn merkitys terveydenhuollossa	54
5.4 Robotiikan ja automaation vaikutukset	55
Lähteet	59
6. Kiinteistö- ja rakennusala	60
6.1 Tuottavuuskehitys	60
6.1.1 Teollistuminen ja automatisaatio.....	60
6.1.2 Rakentamisen robotisaatio	62
6.1.3 Kiinteistön ylläpidon robotisointi.....	63
6.2 Tulevaisuuden näkymiä kiinteistö- ja rakennusalalla.....	63
6.2.1 Rakentaminen	63
6.2.2 Kiinteistöt.....	65
6.3 Kiinteistö- ja rakennusalan kehitys numeroiden valossa	66
7. Robotiikan ja automaation kansantaloudelliset vaikutukset	69
7.1 Laskentamalli	70
7.2 Laskentamallin soveltaminen tässä raportissa	72
8. Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset	83
8.1 johtopäätökset eri toimialoilla	83
8.2 Robotiikan ja automaation myyttejä	86
8.3 Kansantaloudelliset vaikutukset.....	87
8.4 Robotiikan ja automaation imago vaikutuksia.....	88



8.5 Toimenpidesuosituksset	89
LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA	91

ESIPUHE

Robottiikan ja automaation merkitys on ollut kasvamaan päin, ja useat tahot ovat viime aikoina todenneet ne osaksi kansakunnan kestäväen kilpailukyvyen tekijöitä. Robottiikkaa ja automaatiota on Suomessa pitkään sovellettu teollisuuden tuotannossa, kuluttajatuotteissa, terveydenhoidossa, työkoneissa ja liikenteessä.

Suomi on ollut kasvavan vahva nk. kenttärobottiikassa, so. liikkuvissa työkoneissa, joissa meillä on muutama globaali eturivin yritys. Huippuunsa kehitetty elektroniikkavalmistus, joka on osaltaan vauhdittanut teollisuuden automaatiokehitystä, on muutamassa vuodessa dramaattisesti vähentynyt Suomesta, mutta kasvua odotetaan tulevina vuosina erilaisista palveluroboteista.

Vahvan opetuksen ja tutkimuksen siivittämänä maassamme on varsin korkeatasoinen tarvittavien teknologioiden osaaminen, joka on suuntautunut edellä mainituille sovellusaloille. Robotisaation ja automatisaation lupaavina kehitys- ja soveltamisalueina Suomessa nähdään mm. autonomisen liikenteen kehitys sekä maalla, merellä että ilmassa. Toisaalta nousevat teknologiset mahdollistajat, kuten tekoäly avaavat uusia mahdollisuuksia yhä vaativammille automaatiotratkaisuille.

Tässä raportissa selvitetään, millaisia vaikutuksia robotisaatiolla ja automatisaatiolla on työllisyyteen, vientiin ja kansantalouteen Suomessa vuoteen 2030 mennessä, niiden osaamistarpeisiin lähivuosina ja millaisia vaatimuksia tämä asettaa niiden hyödyntämistä vauhdittavalle koulutukselle ja työllisyystoimille sekä terveyteen ja hyvinvointiin liittyvälle automaatiolle.

Raportissa yhdistetään valittuja toimialoja koskeva tarkastelu kansantaloudelliseen tarkasteluun. Tarkastelu ottaa huomioon toimialojen ja työmarkkinoiden väliset riippuvuudet ja tuottaa kokonaisarvion robotisaation ja automatisaation vaikutuksista lähempään tarkasteluun valituilla toimialoilla: 1) teollisuus, 2) logistiikka, 3) verkkokauppa, 4) palvelu- ja terveydenhuolto ja 5) kiinteistö- ja rakennusala. Nämä toimialat vastaavat n. 60 % osuutta Suomen kansantaloudesta.

Raportissa esitetään lopuksi toimenpidesuosituksia Suomen kilpailuasemien vahvistamiseksi robotisaation ja automaation osaamisessa ja soveltamisessa.

Kiitän tämän RoboFIN-selvityshankkeen tekijöitä selvitystyöstä

Antti Eskola
Työ- ja elinkeinoministeriö
Hankkeen ohjausryhmän puheenjohtaja

0. SELVITYKSEN RAKENTEESTA JA SISÄL- LÖSTÄ

Selvitykseen valituille ja siitä poisvalituille toimialoille on seuraavat pragmaattiset perustelut: Liikenteen ja autonomisen ajamisen osalta on tehty ja on menossa erittäin laajoja ja syväluotaavia muita selvityksiä, jotka tuottavat laaja-alaisesti samoja vastauksia, mitä tämäkin selvitys olisi tuonut esiin. Teollisuuden osalta on keskitytty tuotantoautomaatioon, koska hallitusohjelman teksti painottaa robotiikkaa yhtä suurella painoarvolla kuin automaatiota. Varsinkin laajan prosessiteollisuuden piirissä alan ihmiset eivät miellä työskentelevänsä robottien parissa, vaan hallitsevat tuotantoa automaatiolla. Logistiikkaa on käsitelty tavaroiden kuljetamisen näkökulmasta, osana tuotantoa ja kauppaa; erityisesti osana kehittyvää verkkokauppaa. Sen sijaan ja vastaavasti kuin liikenne / autonominen ajaminen on rajattu selvityksen ulkopuolelle, myös ihmisten logistiikka, so. joukkoliikenne tai yksityisautoilu on jätetty tarkastelusta pois. Nousevasta palvelurobotiikasta olemme poimineet hoivarobotiikan, osana terveydenhuollon teknologioiden ratkaisua ja mahdollistajaa. Sen sijaan selvitysprojektin aikana totesimme, että hupi- tms. -käyttöön myytävät robotit tulisi rinnastaa kulutustavaroiksi, ja ainakin kansantalousanalyysejä varten tarvittavaa dataa ei ole helposti saatavilla.

Digitalisaatiosta, robotisaatiosta ja automaatisaatiosta on tehty lukuisia erilaisia kansainvälisiä ja kotimaisia tutkimus- ja selvitysraportteja. Aihealue on kansainvälisessä tutkimuksessa ja kehittämisessä erittäin vahvassa nosteessa. Tämä raportti nojautuu suurelta osin näihin julkisesti saatavilla oleviin raportteihin, joita internetin kautta on helposti saatavilla. Selvitykseen on haettu mahdollisimman tuoreita raportteja. Joissakin tapauksissa on kuitenkin jouduttu tyytymään vanhempaan aineistoon. Tämän raportin tekijät ovat kuitenkin arvioineet kriittisesti jokaisen lähdeaineiston kelvollisuuden ja validiteetin raportin mahdollisimman hyvän luotettavuuden näkökulmasta.

Kun arvioidaan vuoteen 2030 ulottuvaa tulevaisuutta, ollaan joka tapauksessa asiantuntijoiden näkemysten varassa. Varsinaisia tieteellisiä metodeita ei ole olemassa tulevaisuuden ennustamiseksi. Raportin tekijöiden asiantuntemus on keskeisellä sijalla. Lisäksi on haastateltu teollisuuden ja logistiikan johtohenkilöitä arvontien luotettavuuden parantamiseksi.

Tässä raportissa jokaisen toimialan tuottavuuskehitysarvio on kriittisin lähtöparametri kansantaloudelliseen tarkasteluun. Nämä tuottavuuskehitysprosentit kertovat tuotos per panosuhteen kehittymisen vuoteen 2030 mennessä.

Kansantaloustarkastelu tuottaa kansantuotteen muutosta kuvaavia prosenttilukuja, joiden perusteella voidaan arvioida robotisaation ja automatisaation vaikutuksia kansantalouden eri osa-alueilla.

1. ROBOTIIKKA JA AUTOMAATIO YLEISESTI

1.1 Robotiikka

Robotiikalla on todellista potentiaalia luoda työpaikkoja, parantaa tuottavuutta ja turvallisuutta sekä parantaa vanhenevan väestön elämänlaatua. Robotiikka on jo nyt tärkeä monella suomalaisella teollisuudenalalla. Maamme työkoneteollisuus on kansainvälistä kärkeä automaatioteknologioitten hyödyntämisessä. Robotiikan on sanottu vievän työpaikkoja. On kuitenkin harhaanjohtavaa tuijottaa siihen, kuinka robotiikka korvaa ihmistä, vaan tarkastella ennen muuta sitä, kuinka robotisaatio tekee kilpailukykyisen ja laadukkaan tuotannon tai toiminnan mahdolliseksi. Kaikkeen kehitykseen ja kasvuun liittyy jonkin verran luovan tuhon elementtejä, mutta omaksumalla Suomessa robotiikkaa ja muita uusia teknologioita, pysymme varmimmin kansakuntana kestävän kehityksen ja kilpailukyvyyn uralla. Robotiikka antaa pitkällä aikavälillä mahdollisuuksia vastata väestön ikääntymisen aiheuttamiin paineisiin. Suomalaisen asenne teknologioita kohtaan on yleensä positiivisempi kuin monissa maissa. Robotiikka on monitekninen alue, jossa suomalainen korkealaatuinen osaaminen mm. tietotekniikassa, automaatiossa, elektroniikassa sekä konetekniikassa tarjoaa todellisia mahdollisuuksia sekä olemassa olevalle teollisuudelle, että uusille innovaatioille.

Robotin määrittelyminen on haasteellista. Wikipediaan on otettu hyvin lavea kuvaus: ”robotti (tšek. robota = pakkotyö) tarkoittaa mekaanista laitetta tai konetta, joka osaa jollain tavoin toimia fyysisessä maailmassa”. Tässä selvityksessä ei puututa määrittelyjen yksityiskohtiin, vaan robotisaatio kuvataan sellaisena, kuin se todellisuudessa ilmenee. Suomalaisessa opeuksessa ja alan ammattilaisten keskuudessa robotisaatiota pidetään automaation osa-alueena. Robotiikan ammattilaisilla on yleensä vahva automaation monitekninen koulutus. Itse automaatiokin monesti määritellään yhdeksi ICT:n tai digitalisaation osa-alueeksi. Samoin sinne asemoidaan muita läheisiä teemoja: tekoäly, neurolaskenta, digitaaliset alustat, kone näkö, mittaustekniikka, signaalinkäsittely, simulointi ja monet muut. Robotiikka monesti hyödyntää näitä muita teknologioita, ja moniteknisyys on ilman muuta nähtävä vahvuutena ja välttämättömyytenä eikä lokeroivana. ICT:n viimeisimpiä virtauksia ovat esineiden internet, teollinen internet, big data, pilvilaskenta, software-as-a-service ja kyberturvallisuus. Näillä digitalisaation sinänsä isoilla osa-alueilla on iso merkitys myös robotisaatiolle ja automaatiolle, jotka ovatkin modernin digitalisaation vaativimpia sovelluskohteita.

Robotiikka ja automaatio liittyvät hyvin tiiviisti omaan sovellusalueeseensa. Robotiikkaa ja automaatiota käytetään tekemään sovellusalueessaan aina jotakin hyödyllistä tai oleellista. Jos robotiikka ja automaatio itsessään jo ovat moniteknisiä, sovellusalojen myötä tulee ehdoton vaatimus hallita myös sovellusalojen tekniikoita, hallintatapoja ja liiketoimintaa. Koska nämä muutkin osuudet ovat digitalisoitumassa monin tavoin, robotiikkaa ja automaatiota enää harvoin viedään eteenpäin irrallaan muusta, vaan ratkaisut tehdään yhä kokonaisvaltaisemmin. On myös nähtävissä, että tämän kokonaisvaltaisuuden tai ratkaisuhakuisuuden myötä robotisaatio ja automaatio yhä tavallisemmin nähdään saumattomasti luontevana ja keskeisenä osana nousevaa alustataloutta, pilvilaskentaa - tai yleensä yksinkertaisesti osana digitalisaatiota. Tämä monipuolinen robotiikan, automaation, digitalisaation uusien osa-alueiden sekä sovellusalueiden tekniikoiden hallinta antaa mahdollisuuden Suomen kaltaiselle korkean osaamisen kansakunnalle toimia monin tavoin globaalina suunnannäyttäjänä. Myös EU:n tutkimusagendat, joiden määrittelyssä suomalaiset ovat paikka paikoin hyvinkin näkyvästi mukana, ovat nopeasti kehittymässä tällaisin moniteknisin tavoin, ja sovellusalueiden digitaalisuutta erityisesti korostaen.

EU:n Robotics Strategic Research Agenda (tutkimusstrategia) jakaa robotiikan markkinat seuraavasti: kuluttajat (robotiikan kuluttajamarkkinat, kuluttajille suunnatut robotit), julkinen sektori (sis. mm. julkisen infrastruktuurin ylläpito, ympäristöasiat, pelastustoimi, lainvalvonta), yksityinen sektori (palveluiden ja tuotteiden tuotanto yksityisellä sektorilla), liikenne ja logistiikka (ihmisten ja tavaroiden liikuttaminen, varastot), puolustus tai sotilassovellukset, valmistus, maatalous ja terveydenhuolto. Tämä sovellusalueisiin tai markkinasegmentteihin jako vastaa melko hyvin suomalaistakin tilannetta. Markkinasegmentit muodostavat tämän selvityksen rungon.

Taulukko 1 erittelee lyhyesti markkinasegmentit oleellisine alasegmentteineen tyypillisine liiketoimintamuotoineen.

Taulukko 1 Robotisaation sovellusalueet Suomessa.

Segmentti	Alasegmentti	Esimerkkejä	Liiketoimintamuodot
Teollisuus	Tuotantolinjat	Hitsaus-, pakkausrobotit	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu. Vienti > Tuonti
	Materiaalinkäsittely	Kuljetin, autom. varasto vihivaunu	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu. Vienti > Tuonti
Palvelurobotiikka	Hupi	Nelikopteri, rakennussarjat	Vähittäiskauppa, nettikauppa
	Apu	Autonom. ruohonleikkuri, pölynimuri	Vähittäiskauppa, nettikauppa
	Hoiva	Etäläsnäolo, terapia	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu
Sairaalatekniikka		Leikkausrobotit tomografia	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu
Kenttärobotiikka	Kaivoskoneet	Porauskone, dumper, kuljetin	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu
	Metsäkoneet	Harvesteri	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu
	Maatalous	Traktori-työkone-yhdistelmä	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu
	Rakentaminen	Tiekarhu, kaivinkone	Laitekauppa, järjestelmät, palvelu
	Logistiikka	Lukki, kurottaja, trukki	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu
	Valvonta	Nelikopteri (prof.)	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu
	Turvallisuus	IR-sensor, pelastus ja palontorjunta, rajavalvonta	Laitekauppa, järjestelmät, urakointi, palvelu
	Sotilassovellukset		
Liikenne	Ajoneuvot	Semi-, highly-, fully-autonomous cars	
	Raideliikenne	Automaattinen metro, people mover	
	Lentoliikenne	Miehittämättömät ilma-alukset UAV (autonomiset, etäohjatut)	
	Sisävesi-, meriliikenne	Auto pilot => Miehitettämättömät komentosillat	

1.2 Automaatio

Jos robotilla tarkoitetaan useimmiten yhtä älykästä laitetta, joka tekee älykkäällä mekaniikaltaan jotakin hyödyllistä, niin automaatiolla viitataan tehtaissa, sairaaloissa, rakennuksissa, liikenteessä jne. jotakin laajempaa teknologiajoukkoa. Esimerkkeinä tehtaassa automaattisesti hitsaava laite on hitsausrobotti, modernissa navetassa lehmiä automaattisesti lypsävä laite on lypsyrobotti ja sairaalassa verinäytteitä käsittelevä laite on näytteenottorobotti. Sen sijaan esimerkiksi paperitehtaassa on monenlaisia laiteita ja työvaiheita raaka-ainepuiden käsittelyyn, puukuitujen mekaaniseen ja kemialliseen käsittelyyn, sellumassan suihkuttamiseen paperiviirille sekä paperin kuivattamiseen ja kietomiseen paperirullaksi. Automaation tekniikoissa on samaa kuin robotiikassa mutta myös paljon erilaista, ja tätä kaikkea on vuosikymmenet kutsuttu paperitehtaan automaatioksi.

Teollisuuden puolella automaatiossa on tapana tehdä aluksi karkea jako prosessiautomaation ja tuotantoautomaation kesken. Prosessiautomaatiolla hallitaan nestemäisten, kaasumaisten ja jauhemaisten materiaalien käsittelyä. Hyvinkin edustavia esimerkkejä ovat em. paperitehtaan automaatio, energia-automaatio, kemian tai petrokemian automaatio, elintarvikeautomaatio, lääketeollisuuden automaatio jne. Tuotantoautomaatio puolestaan kohdistuu yksittäisinä kappaleina käsiteltävien kohteiden käsittelyyn; edustavina esimerkkeinä konepaja-automaatio, saha-automaatio, autovalmistuksen automaatio, varastoautomaatio ja vaikkapa elektroniikkatuotannon automaatio. Alan ihmiset puhuvat usein myös osuvasti kappaletavara-automaatiosta. Vielä on tärkeää mainita, että yhdessä tehtaassa tai tuotantolinjassa voi olla kumpaakin automaatiotyyppiä: esimerkiksi elintarviketehtaassa tuotanto voi alkaa nestemäisten raakamaidon ja veden käsittelyllä, ja loppupäässä välituotteet ovat pitkiä osuuksia kiinteinä kappaleina, pakkauksissa jne. Robotit ovat luonteva osa tuotantoautomaatiota, mutta joukkoon kuuluu esimerkiksi kuljettimia, varastoja, annostelijoita, pakkaus koneita, joita käytännössä mielletään useammin automaationa kuin robotteina.

Rakennuksissa puhuttiin aikoinaan pelkästään lyhenneyhdistelmästä LVIS (lämpö, vesi, ilmastointi, sähkö), mutta laitteiden tietokoneistuksessa osuvammaksi ja vakiintuneeksikin nimitykseksi on noussut rakennusautomaatio. Digitalisaation edistymisen myötä rakennukset ovat muuntumassa älytaloiksi (smart building) ja vastaavasti ns, rakennettu ympäristö älykkääksi ympäristöksi (esim. smart city). Asumiseen tai viihtymiseen liittyvät älykkäiden piirteiden joukossa osa mielletään rakennusautomaatioksi - osa muuksi älykkyydeksi tms., vastaavasti kuin tehtaissa tai voimalaitoksissa on paljon digitalisaatiota, joista iso osa on mielletty automaatioksi tai robotiikaksi - ja kasvava määrä muuksi älykkään tehtaan piirteeksi. Rakentamiseen käytettäviä koneita sen sijaan luokitellaan useimmiten joko työkoneiksi, kenttäroboteiksi tai erilaisten rakentamistöiden roboteiksi.

Terveydenhuollon automatisoitavissa kohteissa kirjo on vähintään yhtä laaja kuin rakennusautomaatiossa, samoin nimeäminen vaihtelee. Leikkausrobotti on alalle vakiintunut, sen sijaan esimerkiksi sairaalan toimintoja laajasti automatisoitaessa tai digitalisoitaessa termi sairaala-automaatio on luontevampi ja yleisempi. - Sama joustava ja vaihteleva käytäntö toistuu muillakin aloilla.

Valitettavasti tällaiset taksonomiat eivät ole käytännössä läpileikkaavan johdonmukaisia! Esimerkiksi autonomista autoa tultaneen pitkään kutsumaan autonomiseksi autoksi, mutta harvemmin robottiautoksi. Sama koskee autonomista laivaa tai junaa. Samoin viime vuosina yleistyneet nelikopterit pitänevät tämän nimen. Puhuminen työkoneista kenttäroboteina on suomalainen tahtotila: halutaan tuoda esiin meidän tällaista huomattavaa robotti- tai automaatioteknologian tasoa. Pullonpalautusautomaatti tulisi ehkä luokitella robotiksi, mutta vuosikymmeniä vakiintunutta termiä on enää vaikea muuttaa.

Perustermien esittelyn loppuksi pitää vielä todeta, että niin automaatio- kuin robottisanoja on hyödynnetty laajalti sekä suomenkielessä että muissa kielissä monin tavoin, mistä seuraavassa muutamia esimerkkejä. Hakurobotilla (mm. Google Search ja Bing) viitataan usein tietokoneohjelmaan, jonka avulla haetaan internetistä tietoa. Pörsseissä saatetaan sanoa, että robotit tekevät arvopaperikauppoja, vaikka kyseessä ovat kyvykkäät tietokoneohjelmat, jotka operoivat automaattisesti pankkien ja pörsien tietokantojen välillä. Emme käsittele tässä raportissa tällaisia roboteiksi tai automaateiksi kutsuttavia asioita, vaan ne ehkä kuuluvat tekoälysovellusten tai yleisen tietotekniikan sovellusten joukkoon.

1.3 Automaatiosuunnittelu

Robotit ja automaatio ovat yhä harvemmin toimintaympäristössään yksin. Sairaaloita, työmaita, tehtaita, rakennuksia, logistiikkaa jne. hallitaan yhä moninaisimmilla ja yhä tiukemmin yhteen kytketyillä tietojärjestelmillä, mitä digitalisaation eteneminen näissä yhteyksissä käytännössä tarkoittaa.

Kuva 1 Automaatiosuunnitteluprojektin jäsenitys

Elinkaari- vaihe ja etappi	Sisältö		Ratkaisuavaruus				
	Ongelma-avaruus		Lähtötiedot	Vaatimukset	Tiedot ja toiminnot	Teknologia- valinnat	Toteutus: SW, HW, sijoitus
Esisuunnittelu Investointipäätös	■	■	□	□	□	□	□
Perussuunnittelu Sopimus	□	■	■	■	■	□	□
Suunnitteluvaihe Toteutuslupa	□	□	□	□	□	■	■
Toteutusvaihe Toimitushyväksyntä	□	□	□	□	□	■	□
Asennusvaihe Mekaaninen valmius	□	□	□	□	□	□	□
Toiminnallinen testaus Luovutus	□	□	□	□	□	□	■

Automaatiosuunnittelu (kuva 1) muistuttaa päällisin puolin ohjelmistosuunnittelua, mutta vaatii paljon myös automaatio-osaamista. Yleensä alalla ajatellaan, että hyvästä automaatiosuunnittelijasta voi tulla hyvä ohjelmistosuunnittelija, mutta päinvastoin ammatinvaihto on vaikeampaa.

Automaatiosuunnittelussa tehdään kohde kohteelta valinnat, millä tavalla kukin kohteen hallintatehtävä toteutetaan: sen tekee ihminen, sen tekee mekaniikka, sen tekee elektroniikka tai sen tekee automaatio (tai robotti). Tehtaan tms. automaatioasteella tarkoitetaan niiden hallintatehtävien suhteellista osuutta, jotka on toteutettu automaatiolla. Vakiintuneissa ja hyvin tunnetuissa kohteissa automaatioaste voi nousta lähelle 100%. Mutta on tavallista, että hyvin moderneina ja menestyvissäkin tehtaissa automaatioaste jää reilusti alle 50%. Automaatioaste ei ole luonnonilmiö tai useimmiten kehittyneisyyden tunnuslukukaan, vaan suunnittelijan valinta, jolloin joudutaan tarkkaan punnitsemaan monia näkökohtia: ratkaisun luotettavuus ja toteutuksen kalleus, säädön suorituskyky, tarvittava adaptiivisuus, jne. Monesti myös monimutkainen ja hyvin automaattinen ratkaisu on hidas ja kallis kehittää ja työläs muuttaa.

Automaatiosuunnittelu sisältää monia vakiintuneita ja hyvin tunnettuja tekniikkoja. Mutta toisaalta vaativat kohteet edellyttävät suurta asiantuntijuutta sekä pitkää ja laajaa kokemusta. Ilman tällaista Suomessa ei voisi olla kilpailukykyistä autotehdasta tai öljyjalostamo, hyvällä hyötysuhteella toimivia voimalaitoksia, maailman tehokkaimpia ja päästöttömmimpiä puunjalostustehtaita jne. Tekoälytekniikoilla on ollut ja tulee olemaan kasvava merkitys automaation monissa osissa, anturista konsernitason päätöksenteon tukeen. Automaatoratkaisut muuntuvat vähitellen myös tekoälyratkaisuiksi.

1.4 Automaatio ja robotiikka digitaalisessa murroksessa

Edellä kuvattu nk. traditionaalinen tietokonepohjainen automaatio on edennyt omaa kehityskaartaan 80-luvulta nykyaikaan, ja valtaosa automaatiosta on sen mukaista. Tehtaiden, koneiden, sairaaloiden jne. fyysinen elinikä on tyypillisesti 10–80 vuotta, ja tyypillisesti niiden automaatio uusitaan asteittain n. 10–15 vuoden välein - usein muun uusinnan tai laajennuksen yhteydessä.

Automaation tehtäväkenttä on ollut laajenemassa ja monimutkaistumassa. Ratkaisut alkavat vaatia automaatiolta enemmän, ja muutoksistakin on tullut monin paikoin arkipäivää. Em. traditionaalisen automaation ominaisuudet ovat alkaneet olla ääri rajoilla. Aiemmat automaatiota varten tuotetut tiedonsiirtoväylät on korvattu monesti ethernet/internet -pohjaisilla kaapeleilla, joka tasolle, ja kaapelikin on voinut muuttua langattomaksi, joko kustannussyistä tai tarkoituksenmukaisuussyistä, tai automaatiota on ulotettu paikkoihin, jonne kaapelia ei voi asentaa. Yksittäiset toiminnot ovat monipuolistuneet ja yleisesti isossa kokonaisuudessa toiminnot ovat tiukemmin kytkettyneinä toisiinsa niin, että aiempi tiukempi hierarkkinen malli ei ole enää riittävän joustava. Liiketoiminnan hallinta on laajentunut tehtaiden ja konsernien väliseksi, mitä traditionaaliset systeemit tukivat huonosti, jos ollenkaan.

Automaatiolla on nähtävissä seuraavia kehitystrendejä:

- **Internet** on osittain korvaamassa erilaisia kommunikaatioväyliä, sekä tehtaiden tai koneiden sisällä tai niiden välillä, periaatteessa globaalisti. Koska teollisuuden kriteerit internetin luotettavuudelle, reaaliaikaisuudelle ja suorituskyvyille ovat monelta osin tiukemmat kuin kuluttajasovelluksille, tällaista konseptia on alettu kutsua **teolliseksi internetiksi**. Sittemmin teollisella internetillä on alettu tarkoittaa myös kaikkia laitteita, ohjelmia ja palveluita, joita sen varrella on olemassa.
- Internetin langattomia yhteyksiä toteutetaan tällä hetkellä nk. 3G ja 4G -tekniikoilla. Muutaman vuoden kuluttua meillä on yleisessä käytössä **5G**-tekniikkaa, mikä tuo tullessaan mielenkiintoisia parannuksia tiedonsiirron nopeuteen, viiveiden lyhenemiseen ja toivon mukaan tietoturvaankin. 5G-verkkojen kapasiteetti ei enää välttämättä edellytä, että automaatiokalustosta suuren osan olisi välttämätöntä olla ohjattavan koneen tai prosessin välittömässä läheisyydessä, ja siten esimerkiksi automaatio palveluna voi alkaa olla realistista. 5G:n ja automaation yhdistämistä on alettu kokeilla sitä mukaa kuin 5G-prototyyppilaitteita on alkanut olla saatavilla.
- Antureiden, toimilaitteiden kyvykyys kasvaa, ja ne ovat luontevasti kytkettävissä internetiin. Tästä ajatusmallista kumpuaa käsite **Internet of Things** tai esineiden internet, myös teollisuuteen.
- Tehtaan hallinta laajenee tehtaiden tai **arvoketjujen hallinnaksi**, globaalisti.
- **Industry4.0**: Teollisen internetin konseptin laajennus ja toisaalta uusi aiemmasta hierarkiasta poikkeava jäsentelytapa, standardointi jne., joka mahdollistaa huomattavan digitaalisuuden kasvun ja tehostumisen teollisessa tuotannossa. Konsepti on syntynyt alun perin Saksassa n. 2012, ja samaan aikaan hieman eri nimillä ja eri konseptein USA:ssa, Japanissa jne. Monien muiden maiden teollisuuden digitalisaatiokonseptit ovat alkaneet

mukailla yhä selkeämmin Industry4.0:aa. Konsepti on löyhästi alkanut siirtyä ainakin nimenä muille aloille: Food 4.0, Energy 4.0 jne, mikä vastaa EU:n Digitising European Industry –aloitteen¹ lähestymistapaa, jossa termi industry tarkoittaa valmistavan teollisuuden lisäksi useita muita toimialoja ja alustatalouden liiketoiminta-alueita.

- Edellisen tärkeä muunnelmä on **palvelullistaminen**. Lähes kaikkiin Suomesta myytäviin koneisiin, laitteisiin, tuotantolinjoihin tehtäisiin on liitetty aluksi käyttöönoton ja takuujan monitorointeja ja toimintoja. Tästä on laajennuttu tarjoamaan varaosa- ja huoltopalveluja. Tämä puolestaan merkittävästi tehostuu, jos asiakkaille myytävät koneet ja järjestelmät saadaan globaalien etäyhteyksien päähän, jolloin voidaan asiakkaan puolesta kantaa huolta kunnonvalvonnasta, kaluston käyttökuntauisuuden hallinnasta jne. Käyttäjää tai asiakasta voidaan myös auttaa monin tavoin toteuttamaan omia perustehtäviään paremmin. Asiakkaan kannalta kyse on liiketoimintaprosessien **ulkoistamisesta**. Palveluliiketoiminta saattaa suomalaisilla kärkitoimittajilla edustaa yli 50% liikevaihdosta.
- **Pilvilaskenta**: Asiakkaille tarjottavat palvelut asennetaan toimitettavaksi erityisille tietokoneservereille, mitä on alettu kutsua pilvilaskennaksi. Pilvilaskennan tietokoneita ei välttämättä tarvitse olla toimittajalla tai asiakkaalla, vaan tarvittava kapasiteetti ostetaan tai vuorataan palveluna. On myös monesti tarkoituksenmukaista, että pilvipalveluiden yhteyteen asetetaan paikallisesti erityinen tietokone, joka huolehtii yhteydenpidosta toisaalta pilvipalvelimiin ja toisaalta paikallisen tehtaan tai konelaivaston automaatioon. Tällaista tietokonetta on alettu kutsua **edge’ksi**, koska se kuvaannollisesti sijaitsee internet-pilven reunalla. Tarvittaessa yhteys pilveen voidaan katkaista, tai yhteys katkeaa, jolloin paikallista toimintaa voidaan rajoitetusti jatkaa saarekkeena.
- **Digitaalinen kaksonen**: Koska koneiden, tehtaiden jne. hallinnasta ja ominaisuuksista hyvin suuri osa toteutuu tietokoneilla, tätä kokonaisuutta on alettu kutsua iskevästi digitaaliseksi kaksoseksi. Digitaalinen kaksonen on olemassa jo ennen fyysistä puoliskoa, kun konetta, tehdasta, rakennusta, tuotetta suunnitellaan digitaalisin suunnittelutyökaluin, sitten tuote siirtyy digitaalisilta suunnittelupöydiltä digitaalisesti tai automaatiolla terästettyyn valmistukseen tai rakentamiseen, ja lopulta vahvasti digitalisaatiolla hallituun käyttöön. Monet yleistyneet virtuaali- tai lisätyn todellisuuden tekniikat sekä vielä vaativimmat mallinnus- ja simulointitekniikat tehokkaasti korostavat mielikuvaa digitaalisesta kaksosesta, jolla voidaan simuloida todellista käyttöä, ennen kuin fyysinen laitteistokokonaisuus on rakennettu.
- **Digitaaliset alustat ja ekosysteemit**: Koska automaatiojärjestelmiä tarjottaessa tarvitaan vaihtelevasti ja räätälöidysti monenlaisia ohjelmia, datalähteitä ja palveluita, niitä on alettu koostaa toimimaan yhteisen käyttöjärjestelmän tapaisen ohjelmiston modulaarisina osina. Tällaista käyttöjärjestelmän tapaista ohjelmistoa on alettu kutsua platformiksi tai alustaksi. Alusta voi olla suljettu, eli tarkoitettu yhden toimijan automaatiopalasten alustaksi. Tai alusta voi olla avoin tai avoimempi, jolloin sen yhteyteen toimimaan voivat ulkopuoliset tai periaatteessa kaikkikin tarjota tai toimittaa omia komponentteja, palveluja jne., jolloin ne ovat myös ostajien hyödynnettäviä. Tällaista toimijoiden joukkoa kutsutaan ekosysteemiksi (toki ekosysteemejä voi olla olemassa ilman avointa digitaalista alustakin - yhteisölliset mekanismit toteutuvat silloin muilla tavoin). Alustataloudesta voi kehittyä merkittävä uusi innovaatiomoottori hyvin erilaisissa konteksteissa, segmenteissä, jne. Automaatioala on yksi vaativimmissa alustatalouden hyödyntäjistä.

1.5 Suomen erityispiirteet robotiikassa

Suomalaisen robotiikan ja automaation profiili poikkeaa hieman tyypillisen ison kehittyneen talouden profiilista. Suomessa on kokonsa nähden erittäin vahva metsäteollisuus, energia-teollisuus, metalliteollisuus ja kaivosteollisuus. Tämä vahvuus koskee kokonaisia arvoketjuja, eli loppupäästä lukien meillä on esim. globaalistikin merkittäviä paperitehtaita, loppukäyttäjiä

¹ http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-17/digitising_european_industry_infographics_v5_15260.jpg

palvelevia kone- ja laitetoimittajia, ja tehtaiden automaatio on erinomaisella tasolla, sekä tehdasurakointi ja -automaatio- ja muu suunnittelu on vahvalla pohjalla. Automaatiotekniikan yliopistokoulutus ja tutkimus on laajaa ja korkeatasoista. Vastaava luonnehdinta pätee myös kemian teollisuuteen, öljynjalostukseen ja elintarviketeollisuuteen, edellisiä hieman pienemmin volyymin.

Suomessa on konepajoja, omilla niche -markkinoilla. Suomessa valmistetaan hissejä, tuotantolinjoja, varastojärjestelmiä, sähkökoneita, voimalaitoskomponentteja (moottoreita, kattiloita). Tuotannon ja tuotteiden automaatioasteita voi luonnehtia sanalla vaihteleva, eli automaation ja robotiikan soveltamisen potentiaaliakin on. Kirkkaina helminä loistavat elpynyt telkkateollisuus sekä ennen kaikkea Uudenkaupungin autotehdas. Autoteollisuuden merkitys ja volyymi ei Suomessa kuitenkaan ole Saksaan verrattavissa, sen sijaan Suomen työkoneteollisuus (nk. kenttärobotiikka) on poikkeuksellista: suomalaiset metsäkoneet, kaivoskoneet, lastinkäsittelykoneet, traktorit ja leikkuupuimurit ovat omilla niche-alueilla globaalissa eturintamassa. Suomessa ei ole robottikäsivarsien valmistusta. Suomessa on muutama automaatioitujen tuotantolinjojen tai varastojen valmistaja.

Teollisuustuotteisiin liittyvä palveluliiketoiminta on huomattavan kehittyntä. Lähes kaikki alan toimittajayritykset ovat lähteneet lisäämään tarjoamaansa niihin liittyvää varaosa-, huolto-, kunnossapito-, käytön opastus-, -koulutus ja rahoituspalveluitakin. Ei ole harvinaista, että palveluiden osuus edustaa 40-60% näiden yrityksen liikevaihdosta, ja trendi on kasvamaan päin. Useimmat muut maat tulevat teollisuuden palveluintensiivisyydessä jäljessä Suomea. Tai jos palveluita on kehitetty, ne ovat keskittyneet omiin myytyihin tuotteisiin, kun taas suomalaiset yritykset huoltavat sekä omia myytyjä laitteita että kilpailijoiden vastaavia laitteita tai koneita.

Siirryttäessä pois ns. perinteisen teollisuuden automaatiosta tai robotiikasta esimerkiksi terveydenhuoltoon, hyvinvointiin tai yleensä kuluttajatuotteisiin, sovellettavat robotit tai automaatiojärjestelmät ovat yhä selkeämmin korkean teknologian tuontia. Toki ilahduttavia huippuniche -valmistajia on, esimerkiksi suomalainen Planmeca on hammaslääketieteen tuolien globaali toimittaja tai muutamilla kansainvälisillä jäteillä, esim. GE on Suomen mittakaavassa merkittävää tutkimusta ja tuotekehitystä sekä myyntiä Suomessa.

1.6 Robotiikan luoma lisäarvo

Robotiikan hyöty ilmenee kahta kautta: kustannusten säästöinä ja kilpailukyyn kasvuna. Ajankohtaisena esimerkkinä voidaan pitää Valmet Automotiven kokoonpanotehdasta, joka on ainutlaatuinen. Kehittyneissä maissa on itse asiassa autonvalmistuksen ylikapasiteettia, mutta Uusikaupungissa lisätään tuotantoa. Uusikaupungin tehdas on määrätietoisesti kehittänyt osaamistaan kymmenien vuosien ajan: se pystyy nykyisin ottamaan valmistukseen uusia sarjoja erittäin nopeasti pätevän suunnittelun, kumuloidun osaamisen, ammattitaitoisen henkilöstön - ja laajamittaisen robotiikan ja automaation avulla. Tehtaan automaatioaste on silti edelleenkin reilusti alle 50%, koskien lähinnä hitsausta ja maalausta. Koska kilpailukykykonsepti nojaa vahvasti tuotannon kokonaisuuden hallinnan osaamiseen ja kokemukseen, tehdasta ei ehkä koskaan täysautomasoida. Valmet Automotiven esimerkki osoittaa, että järkevällä robotiikan soveltamisella saadaan kilpailukyky pidettyä korkealla ja siten tuotantoa Suomeen. Toisessa skenaariossa, eli ilman robotiikkaa ja automaatiota, vastaavaa autojen kokoonpanoliiketoimintaa ei todennäköisesti olisi Suomessa lainkaan.

Toinen hyvin ilmeinen pullonkaula on syntymässä logistiikkaan, jos tavaroiden tilaaminen verkon kautta yleisty nykyisestä alle 10%:sta esimerkiksi 50%:iin, mikä ei ole ollenkaan epärealistinen skenaario. Verkkokaupassa tilataan yksilöllisiä tuotteita yksilölliseen aikaan, toimitettavaksi kotiin edelleen yksilölliseen aikaan. Niin tuotteiden valmistus kuin kuljetus muuttuvat

nykivämmiksi, ja etenkin logistiikka tulee vaatimaan nykyistä huomattavasti automatisoidumpaa pakkausten käsittelyä lähtötehtaissa, logistiikkakeskuksissa, satamissa, tukkuliikkeissä ja lähikuljetuksissa kotiin (ns. last mile dilemma). Globaalit trendit asettavat logistiikan suoriutumiskyvyn erittäin koviille, mistä voidaan selvittää vain erilaisten, vielä kehitettävienkin automaattioratkaisujen avulla.

Merkittävänä tulevaisuuden haasteena on terveydenhuolto, jonka kustannukset kasvavat, koska väestö ikääntyy, ja sairaanhoitokulut aina keskittyvät iäkkäisiin. Hoidettavia on paljon, mitä voidaan lievittää kahta kautta: 1) lisäämällä kotihoitoa, 2) tehostamalla eriasteisten sairaaloiden toimintaa. Kummassakin robotiikan ja automaation rooli voi olla tulevaisuudessa yhtenä ratkaisevan laadukkaan sairaanhoidon mahdollistajana.

1.7 Robotiikka, automaatio, massadata ja tekoäly

Tekoäly oli hyvin suosittu tutkimusaihe ensimmäisen kerran jo 80-luvulla. 90-luvun vielä suuremman huomion ja suosion sain nk. neurolaskenta. Nyt 2010-luvulla tekoäly on jälleen yltänyt suureen suosioon ja suuriin odotuksiin. Tämän vuosikymmenen tekoäly muistuttaa sisälöltään paljon enemmän neurolaskentaa kuin em. hieman vanhempaa, edellisen boomin tekoälytutkimusta. Neurolaskenta on aina käyttänyt syötteenä dataa. Viime vuosina datan määrä on tunnetusti kasvanut huomattavasti, ja asetelmaa on alettu luonnehtia termillä massadata (engl. Big Data). Keskeisimmät tekniikat, joilla massadataa käsitellään, ovat tekoäly- tai neurolaskentatekniikkoja. Ainakin sovellusten näkökulmasta tällainen yksinkertaistus on oikein!

Jo 90-luvulla sekä tekoäly- että neurolaskentatekniikoita vietiin osaksi robottien tai automaation tekniikkoja. Esimerkiksi neuraalisäädöstä tuli jo silloin yksi robotiikan ja automaation huomattavimmista kehityssuunnista. Vähitellen, mutta odotuksiin nähden huomattavan vähän, nämä uudet teknologiayhdistelmät päätyivät teolliseen käyttöön ja kaupalliseen hyödyntämiseen. Robotiikassa ja automaatiossa yksi tärkeä osa-alue on kunnonvalvonta, laadunhallinta, hälytysjärjestelmät, mittaustiedon analytiikka, suorituskyvyn ennustaminen ja optimointi. Sekä tekoäly että neurolaskenta ottivat nopeasti omakseen tämän tärkeän tehtäväkentän. Nykyinen teollisuuden palveluliiketoiminta perustuukin hyvin paljon asiakkaan koneista, laitteista ja prosesseista etämitattuun (big) dataan - ja sen käsittelyyn mm. neurolaskenta- ja tekoälytekniikkojen keinoin. Näin saadaan tehokkaasti tietää palvelusopimuksessa olevan kohteen suorituskyky, komponenttien vikaantuminen jne., sekä voidaan tarjota käytön opastusta, varaosapalvelua ja huoltoa ja ylläpitoa.

Suomalaiset tutkijat olivat poikkeuksellisen vahvasti ja näkyvästi mukana jo tässä edellisessä tekoälyn ja neurolaskennan aallossa. Jo silloin sanottiin Suomen olevan tekoälyn ja neurolaskennan suurvalta, ainakin kokoonsa nähden. Varsinkin näiden uusien tekniikoiden hyödyntämisessä, teollisuus ja sen automaatio tai robotiikka oli kasvavan keskeisessä roolissa. Digitalisaation fokus, tekoälyineen ym., siirtyi 90-luvulla sitten tunnetusti mobiilipuhelimiin, kunnes nyt 2020-luvun kynnyksellä haemme jälleen uutta nousua näistä tekniikoista. Emme kansakuntana hukanneet välillä osaamista, ja voimme jälleen perustellusti sanoa että Suomi on poikkeuksellisen kyvykäs etenemään, myös aikaisempaa laajemmalla rintamalla - robotiikka ja automaatio yhtenä tärkeimmistä.

2. TEOLLISUUS

2.1 Robotiikan ja automaation lyhyt historia teollisuudessa

Automaation historia ulottuu pitkälle ihmiskunnan teknologisen kehityksen historiaan. Tuotannollisiin järjestelmiin automaatio alkoi levitä laajemmin vasta 1950-luvulla. Ennen tätä teknologia, erityisesti sähköisten ja sähköhydraulisen servotekniikan (käsite tulee tarkemmin esille myöhemmin) teknologia kehittyi harppauksen omaisesti toisen maailman sodan aseteknologian kehityksen myötä. Seuraavan vuosikymmenen kuluessa erityisesti prosessiteollisuuden automaatio kehittyi pitkin harppauksin ja tehtaisiin ilmestyivät valvomot, joista prosesseja pääosin käytettiin. Ensimmäinen valmistusprosessin (polymeerireaktori) tietokoneohjaus toteutettiin koemielessä 1957 Yhdysvalloissa. Sen aikainen tietokoneteknologia oli vielä lapsen kengissä ja kokeilu tehtiin noin kymmenen vuotta ennen kuin ensimmäiset tietokoneohjaukset alkoivat tulla teollisuuteen 1960-luvun lopulla. Tällöinkin kokemukset olivat vielä pitkään ristiriitaisia ja automaation kehitys eteni vielä erillisten elektroniikkaan ja osin pneumaatiikkaan perustuvien ratkaisuiden varassa. Pahin ongelma liittyi luotettavuuteen. Vasta mikroprosessoritekniikan kehityksen myötä 1970-luvun lopulla tietotekniikan luotettavuus ylitti kriittisen rajan ja automaation teknologia muuttui nykyisen kaltaiseksi digitaaliseen tietotekniikkaan perustuvaksi².

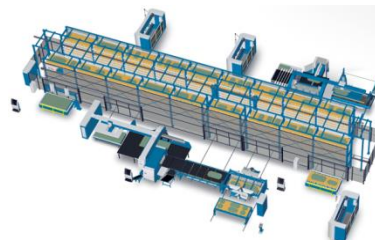
1970-luvulla alkoi markkinoille tulla CNC-koneita (kuva 2) (Computerized Numerical Control), joissa yksi kone pystyy ohjelmoidusti suorittamaan useita peräkkäisiä työvaiheita. CNC-koneiden tehokkuuden merkitys oli käännteentekevää teollisuudessa. Valmistusprosessin läpimenoaika ja valmistusaika lyhenivät radikaalisti. Ja koska kone valmistaa tuotteen automaattisesti, ei tarvita myöskään paljon henkilöaikaa. Valmistuksen laatutaso nousi myös jyrkästi, koska ihmisen merkitys valmistuksessa pieneni.

FMS valmistusjärjestelmät (kuva 3) tulivat markkinoille 1980-luvulla (Flexible Manufacturing Systems). Samoihin aikoihin markkinoille tulivat myös CAD/CAM-suunnitteluohjelmistot (Computer Aided Design & Computer Aided Manufacturing), joiden avulla tuotteiden suunnittelutyö helpottui ja nopeutui merkittävästi. Näihin ohjelmistoihin voitiin myös liittää simulointiohjelmia, joilla valmistusta voitiin simuloida tietokoneen näytöllä ennen varsinaista valmistusta.

Kuva 2 Nykyaikainen CNC-sorvi³



Kuva 3 Nykyaikainen FMS-järjestelmä⁴



² <http://docplayer.fi/18072667-Elec-c1110-automaatio-ja-systeemitekniikan-perusteet-opetusmoniste-arto-visala-aarne-halme.html>

³ <http://www.cmz.com/en/cnc-lathe-tx-series.php>

⁴ <https://www.primapower.com/fi/tuotantolinja-night-train-fms/>

CNC-koneita on nykyään saatavilla monenlaisiin tarkoituksiin. CNC-levytyökeskukset tulivat markkinoille 1990-luvulla. Samoihin aikoihin alkoivat robotit lisääntyä teollisuudessa. CNC-koneisiin liitetyt kappaleenvaihtajrobotit (kuva 4) muodostavat täysautomaattisen tuotantosolun, jota voidaan ajaa miehittämättömänä vuorokauden ympäri.

Kuva 4 Robottisärmäysolu⁵



2000-luvulle tultaessa CNC-koneet kehittyivät edelleen. Markkinoilla on koneita, jotka pystyvät valmistamaan entistä monimutkaisempia tuotteita täysin automaattisesti miehittämättömissä soluissa. 2000-luvulla alkoi markkinoille tulla myös 3D-tulostimia⁶, jotka pystyvät tuottamaan kolmiulotteisesta mallista fyysisen tuotteen. 3D-tulostimia voidaan soveltaa erilaisille muoveille ja metalleille ja niiden yleistyminen on vauhdittunut viime vuosina.

2.2 Robottiikan ja automaation merkitys tuottavuudelle

Robottiikan ja automaation merkitys teollisuuden tuottavuudelle on ollut dramaattinen. Työntuottavuuden kasvu on parhaimmillaan ollut lähes 35-kertainen vuoden 1926 tasoon verrattuna. Eli jos tuolloin olisi ollut nykuteknologiat käytössä, olisi reilu viikon työpanos vuodessa riittänyt teollisuustyöntekijälle silloisen elintason ylläpitämiseksi (Andersson et al. 2016). Vaikka lyhyellä tähtämellä vaikuttaakin, että automaatio vähentää työvoiman tarvetta ja siten aiheuttaisi työttömyyttä, ovat vaikutukset pitkällä tähtämellä olleet täysin päinvastaisia. Automaatiota soveltavissa maissa kansalaisten elintaso on noussut jyrkästi ja työllisyys on säilynyt ennallaan. Työpaikat siirtyvät aloilta toiselle.

Pajarinen, M. et al. (2015 ja 2014) raportin: “Computerization Threatens One-Third of Finnish and Norwegian Employment” mukaan noin kolmannes sekä Suomen että Norjan nykyisistä työpaikoista on uhattuna seuraavien 20 vuoden aikana (kuva 5). Perusteluna on, että digitaalisesti koodatun informaation tuottaminen, varastoiminen, prosessoiminen ja lähettäminen on lisääntynyt eksponentiaalisesti viime vuosikymmeninä. Samalla datan hyödyntämismuutos on tuplaantunut lähes vuosittain. Toiseksi on tullut uusia ilmiöitä, jotka olivat vielä tuntemattomia alle 10 vuotta sitten kuten pilvipalvelut, mobile internet ja sosiaalinen media. Kolmantena asiana ovat robotit, jotka kykenevät toimimaan yhteistyössä ihmisten kanssa. Samaan yhteyteen voidaan niputtaa myös 3D-tulostus, IoT (internet of things) ja teollinen internet kaikkine liitännäisineen.

Digitalisaatio vaikuttaa ihmistyön tarpeeseen sekä ruumiillisen että aivotyön osalta. Useita asiantuntijatehtäviä voidaan automatisoida ainakin osittain ja jättää ihmisille se osuus, jota ei kyetä automatisoimaan. Ruumillisen työn korvaamisesta automaatiolla ja robotiikalla on tehty jo

⁵ <http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisuominta/hit2netversio.pdf>

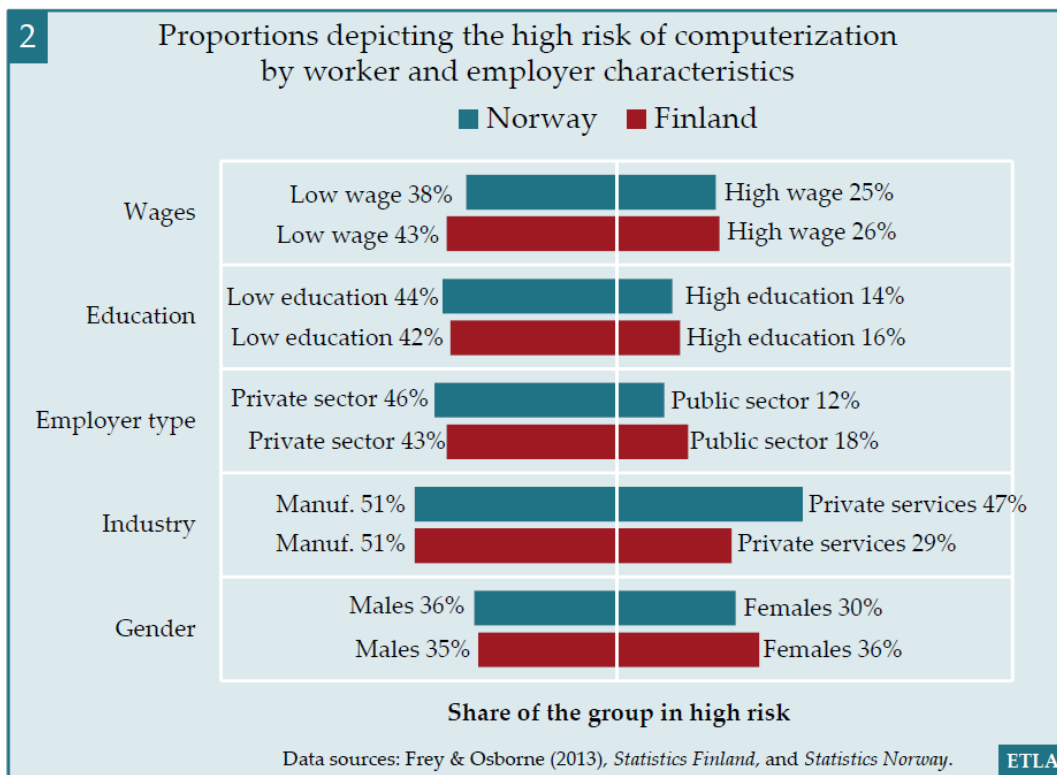
⁶ https://fi.wikipedia.org/wiki/Kolmiulotteinen_tulostus

pitkään ja kehitys jatkuu samaa rataa. Ajankohtaisena kehityskulkuna näyttävät olevan robotit, jotka toimivat niin turvallisesti, että ne voivat työskennellä yhdessä ihmisten kanssa sen sijaan, että ne jouduttaisiin sijoittamaan turvahäkkeihin.

Amerikassa on selvitetty, että n. 49 % työpaikoista on uhan alaisia. Norjassa vastaava luku on n. 33 % ja Suomessa n. 35 %.

Japanin robottistrategiapaperissa⁷ kuvataan tietokoneiden kehitysvauhtia, jolla tietokoneet saavuttavat ihmisen aivojen prosessointitehon vuonna 2020 ja ihmisen koko älykkyyden vuoteen 2045 mennessä. Ennakoidaan, että tällaisella kehitysvauhdilla tietokoneet tulevat radikaalisti lisäämään robottien kykyä ajatella tulevaisuudessa.

Kuva 5 Eri alojen työpaikkojen vähennysennuste seuraavan 20 vuoden kuluessa



Raportin mukaan teollisuuden luvut ovat kaikkein murskaavimmat. Noin 51 % teollisuuden työvoimasta olisi uhanalaisena.

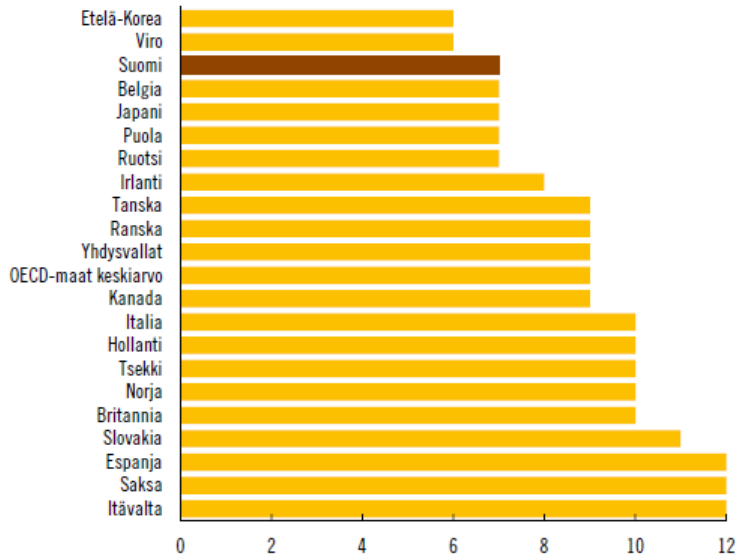
On myös muita ennusteita. Mm. (Arntz et al. 2016) arvioivat, että automatisoituminen uhkaa Suomessa 20 vuoden kuluessa suurella todennäköisyydellä noin seitsemää prosenttia nykyisistä työpaikoista (kuva 6).

⁷ http://www.meti.go.jp/english/press/2015/pdf/0123_01b.pdf

Kuva 6 Automatisoitumisen uhkaamat työpaikat (Arntz et al. 2016)

KUVIO 1 AUTOMATISOITUMISEN UHKAAMAT TYÖPAIKAT* OECD-MAISSA (PROSENTTIA TYÖPAIKOISTA)

* KORKEAN RISKIN TYÖPAIKAT, JOIDEN AUTOMAATIOLLA KORVAAMISEN TODENNÄKÖISYYS VÄHINTÄÄN 70 PROSENTTIA. LÄHDE: ARNTZ YM. (2016).



Raporttien tulkinnaissa on kuitenkin oltava varovainen. Vaikka työntekijöiden tarve väheneekin, on hyvin todennäköistä, että tapahtuu samanlainen ilmiö kuin vuoden 1926 jälkeisenä aikana, eli työn tuottavuus tulee edelleen kasvamaan ja sitä kautta yhteiskunnan hyvinvointi jatkaa edelleen kasvamistaan. Automaation lisääntyminen vaikuttaa ennen kaikkea työtehtävien sisältöön ja lisää sitä kautta tuottavuutta. Tällä tavoin työtehtävien sisältö muuntuu vähitellen ja samalla työtehtävän nimike muuttuu. Välttämättä työpaikat eivät vähene, vaikka työtehtävänimikkeitä poistuu.

2.3 Robottiikka ja automaatio teollisuudessa

Teollinen toiminta on kokenut melkoisia muutoksia internet-aikakaudella 1990-luvulta lähtien. Internet kaikkine siihen liittyvine asioineen on mahdollistanut toimivan kansainvälisen kommunikoinnin. Siten on ollut mahdollista hajaannuttaa tuotantoa ja muita toimintoja globaalisti sinne, missä toiminta on tehokkainta. Toimintaa voidaan johtaa ja koordinoita etänä.

Automaation kehitys on vaikuttanut tehdastyön tuottavuuden kohenemisen lisäksi myös kaupankäyntitoimintoihin. Internetin välityksellä voidaan tavarantoimittajien ja alihankkijoiden toimintaa koordinoita ja synkronoida entistä paremmin omaan toimintaan. Lisäksi internet mahdollistaa markkinoiden paremman kytkennän omaan myynti- ja markkinointitoimintaan. Uusien asiakkaiden etsintä ja niiden kanssa operoiminen on tehostunut radikaalisti. Erilaisia kaupankäyntiin liittyviä dokumentteja voi siirtää globaalisti silmänräpäyksessä. Kaikenlainen muutosten hallinta ja muu kommunikaatio on tehostunut samassa mitassa.

Robottiikan ja automaation soveltamismahdollisuudet voivat olla hyvin erilaisia eri toimialoilla. Kuitenkin peruseriaatteet ovat samantapaisia ja siten skaalattavissa eri toimialoille ja erikoisiin yrityksiin.

2.4 Robottien sovellettavuus tuotannossa

Robottijärjestelmät ovat kehittyneet alkuaikojen suljetuista systeemeistä nykyisiin järjestelmiin, joissa robotit voivat liikkua ihmisten joukossa. Robottijärjestelmät (ml. robotit) seuraavat kameroilla ja muilla sensoreilla tuotantolaitoksessa tapahtuvaa kaikin puolista liikennettä. Kun ohjausjärjestelmä huomaa, että robotti ja ihminen lähestyvät toisiaan, hidastaa robotti liikettään ja riittävän lähelle tultaessa pysähtyy, kunnes tilanne on ohi. Työturvallisuus on huomioitu monin tavoin.

Tuotannon työtehtävät voidaan jakaa karkeasti kolmeen luokkaan:

1. Varsinaiset prosessivaiheet (sorvaus, hitsaus, jyrsintä, maalaus, kokoonpano, jne.)
2. Tuotantologistiikka (sisälogistiikka):
 - Tuotannon materiaalien siirrot varastosta työpisteeseen ja palautukset
 - Työkalujen ja – välineiden siirrot varaston ja työpisteen välillä
 - Myös siirrot tontilla olevien rakennusten ja ulkoalueiden välillä
3. Tuotantojärjestelmän ylläpito, kunnossapito ja huolto

Robotille sopivat parhaiten erilaiset toistuvat rutiinitehtävät. Tavaroiden ja työvälineiden haku ja palautus ja yleensä siirrot ovat sopivia tehtäviä. Robotille voidaan opettaa rajaton määrä erilaisia kulkuratakombinaatioita ja muita työtehtäviä.

Robotteja voidaan ohjata myös puhumalla. Samoin robotti voi raportoida puhumalla havainnoistaan - myös radioteitse (wlan, 3G, jne.). Robotilla voi olla myös konenäköominaisuuksia, jolloin se voi tehdä ennalta ohjelmoituja laaduntarkastusvaiheita ja lajitella tuotteita eri tilanteissa. Ja pystyy näön ansiosta myös navigoimaan kulkureittiään.

Tuotannonohjauksen ja päivittäisen tuotannon pyörittämisen kannalta robotiikka ja automaatio ovat aina eduksi. Ihmisten pysyvä ja korjaamaton ongelma on työsuorituksen huono toistettavuus. Eli ihmisen tekeminen poikkeaa jatkuvasti sovitusta. Siksi syntyy laatuvirheitä, myöhästymisiä ja muita ongelmia. Mikään koulutus ja ennalta tehtävä laadunvarmistustoiminta ei tätä ongelmaa koskaan täysin eliminoi. Ihmistuotannossa on aina varattava joko aika tai materiaalipuskureita ihmisten aiheuttamien häiriöiden eliminoimiseksi.

Robottien sovellettavuutta rajoittaa kuitenkin niiden aivotominnan puute. Ne selviytyvät vain ennalta ohjelmoiduista tehtävistä ja tilanteista. Odottamattomat tilanteet aiheuttavat heti ongelmia.

2.5 Automaatio ja tietotekniikka teollisten yritysten välisessä yhteistyössä

Teollinen toiminta on laajalti hajaantunut erilaisiksi yhteistyöverkostoiksi. Yrityksillä on tyypillisesti joukko liiketoimintapartnereita, joiden osaamisen hyödyntäminen on välttämätöntä nyky-yhteiskunnassa. Näiden yhteistyösuhteiden hallinnassa on kolme vaihetta. 1) Uusien kumppaneiden haku ja etsintä, 2) liiketoiminnan pyörittäminen kumppaneiden kanssa ja 3) yhteistyösuhteen lopettaminen. Yhteistyösuhteet voivat olla ajallisesti eripituisia. Strategisesti merkittävät yhteistyösuhteet ovat yleensä pitkäaikaisia, kun taas alemman osaamistason kumppanuudet voivat olla hyvin lyhytaikaisia. Yhteistyökumppaneita ovat esimerkiksi asiakkaat, alihankkijat, suunnitteluyritykset, logistiikkayritykset, diileriverkosto ja agentit.

Tässä yhteydessä on ehkä hyvä sivuta kuluttajille suunnattua verkkokauppaa, joka etenkin Aasiassa on kehittynyt pitkälle varsinkin siksi, että siellä ollaan hyppäämässä perinteisen kivijalkakauppavaiheen yli suoraan verkkokauppaan. Verkkokaupasta on jo paljon kokemusta ja hyvin toimii. Kuluttajien toiminta poikkeaa kuitenkin perusteellisesti teollisesta toiminnasta

ja siksi kuluttajapuolen kokemuksista vain osaa voidaan soveltaa teollisuuteen. Erityisen merkittävä asia kuluttajien verkkokaupassa on maksaminen etukäteen tilauksen teon yhteydessä. Tämä vaikuttaa merkittävästi kummankin osapuolen toimintaan. Toimittajan ei tarvitse selvittää asiakkaan luottotietoja, ei tule luottotappioita, kirjanpito yksinkertaistuu eikä tarvitse lähettää laskuja. Lisäksi asiakas rahoittaa toimintaa, jolloin pääomien hankinta helpottuu. Kaiken kaikkiaan kaupankäynti sujuvoituu merkittävästi.

Teollisuudessa verkkokauppa näyttäytyy erilaisessa valossa. On tilanteita ja tuotteita, joiden osalta verkkokauppa toimii myös teollisuudessa. Esimerkkinä standardityyppiset tuotteet, joissa ei ole tarvetta neuvotteluille. Varaosat, kulutusosat, työkalut ja kiinnitystarvikkeet ovat hyviä esimerkkejä näistä.

Teollisuudessa verkkokauppaa on tarkasteltava erikseen oston ja myynnin näkökulmista. Ostotoiminnassa verkkokaupalla on merkitystä. Hankintatoimessa uusien toimittajien etsintä voi helpottua merkittävästi ja sitä kautta kilpailuttaminen tehostuu. Internet helpottaa myös uusien tuotteiden ja materiaalien etsintää. Jatkuvissa toimittajasuhteissa internetin hyödyntäminen tilaus-toimitus-prosesseissa voi tarjota merkittäviä automatisointimahdollisuuksia.

Teollisuuden myynnissä ja markkinoinnissa internet on jo pitkään tarjonnut uudenlaisia markkinointimahdollisuuksia ja näkyvyyden lisäämistä.

Myynnin tilaus-toimitus-prosesseissa internet on kuitenkin hyvin vähäisessä käytössä. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että suomalaisen teollisuuden tuotteet ovat pääosin investointihyödykkeitä muille teollisille yrityksille. Investoinneissa on tavallista, että tuotteet ovat enemmän tai vähemmän asiakaskonfiguroitavia tai –räätelöitäviä ja siten eivät ole standardituotteita. B-to-B-liiketoiminta on usein myös projektiliiketoimintaa, jolloin toimitukset ovat projekteja, joihin osallistuu useampia toimijoita tuotteen valmistajan lisäksi. Näitä toimijoita ovat esimerkiksi suunnitteluyritykset, asennusyritykset, rakennusyritykset, logistiikkayritykset, tarkastusyritykset, huoltoyritykset, jne. Lisäksi toimituksiin liittyy usein myös erilaisia julkisen hallinnon toimijoita ja hyväksymismenettelyitä.

Teollisuuden jälkimarkkinoinnissa ja teknisessä tuessa internetiä hyödynnetään monin tavoin. Varaosien ja kulutusosien kaupassa internet toimii hyvin. Tilaukset saadaan nopeasti mistä tahansa maailmankolkasta suoraan tehtaalte. Teknisessä tuessa erilaisten dokumenttien ja ohjelmistopäivitysten jakelu on arkipäivää.

Internetin hyödyntäminen teollisuuden kommunikoinnissa yhteistyökumppaneiden kanssa on kehittymässä oleva aihealue. Sopimussuhteessa olevan verkostoituneen teollisuuden jokapäiväinen kommunikointi on huomattavan laajaa ja siihen käytetään paljon aikaa ja erilaisia kommunikointijärjestelmiä (posti, lähetti, puhelin, sähköposti, extranet, kokoukset, vierailut, SOME, jne). Tälle alueelle on viime aikoina syntynyt erilaisia digitaalisia kommunikointialustaratkaisuita, joiden avulla yhteistoimintaa saadaan sujuvoitettua merkittävästi. Nykyiset älypuhelimet, tabletit ja tehokas internet ohjelmistoympäristöineen ovat tuoneet uusia mahdollisuuksia kommunikointiin.

Digitaalisten alustojen kautta voidaan helposti siirtää tarvittavaa tietoa eri osapuolille nopeasti ja luotettavasti mihin tahansa ja milloin tahansa. Tiedon siirron lisäksi alustoihin on tullut erilaisia automaattisia toimintoja, kuten hälytykset, toiminnan kontrollointi, IoT-datan keruu, -varastointi ja -käsittely, osapuolien luotettavuuden seuranta ja monet muut asiat. Digitaalisten alustojen kehitys on kuitenkin alkuvaiheessa ja tulee nousemaan lähitulevaisuudessa tärkeäksi kehityskohteeksi teollisuudessa. Tietoturvakysymykset ovat samaan aikaan nousseet entistä tärkeämpään rooliin. Digitaalisten alustojen myötä lisääntyvä tiedon jakaminen tulee parantamaan ekosysteemien tuottavuutta merkittävästi.

Erilaisia alustaratkaisuita voidaan luokitella esim. seuraavasti (taulukko 2):

Taulukko 2 Erilaisia alustaratkaisuita

Alustatyyppi	Merkitys	Esimerkkituotteita
Kollaboraatioalustat (yhteistyöalustat)	Tiimien, työryhmien ja yksilöiden välinen keskustelu ja rakenteiden hallinta	ProofHQ, Wrike, 9teams, Wrike, Confluence, Zoho Docs, Tallium, Sharepoint
Kommunikaatioalustat (viestintäalustat)	Ihmisten välinen tiedon välitys, neuvottelut, keskustelut, keskusteluiden arkistointi	Evernote Business, Slack, Basecamp, Yammer, Office365, Skype, GoToMeeting, TeamViewer, Glip
Sisällönjakoalustat	Sisällön jako eri yritysten ja ihmisten välillä	Dropbox, Microsoft OneDrive, GoogleDrive
Projektinohjausalustat	Projektiliiketoiminnan ohjaus yritysten ja tiimien välillä. Painottu aikatauluihin, työnjakoon, tehtävälisiin ja seurantaan.	Clarizen, Workfront, dapulse
ERP-järjestelmien portaalit (tuotannonohjausjärjestelmät) (ERP = Enterprise Resource Planning)	Tilaus- ja ennustetietojen pohjalta laskettua tarvelaskentatietoa. Myös kaupallisia prosesseja.	SAP, Microsoft Dynamics AX, IFS, Oracle Fusion, Epicor
Erilliset SCM-ratkaisut (toimitusketjun hallinta) (SCM= Supply Chain Management)	Erillisiä ratkaisuita toimitusketjun ohjaamiseen ja sisällön jakamiseen	Jakamo, Team Center Supplier Integration, Plex, HGI

Valmista sovellustarjontaa maailmalla on paljon ja kaiken aikaa tulee uusia tuotteita markkinoille. Alustamarkkinat ovat tällä hetkellä kasvussa.

Yritysten välinen kommunikointi ja sen kehittäminen on ensiarvoisen tärkeää globalisoituvassa maailmassa.

Alustaratkaisuiden tuoma muutos verrattuna perinteiseen internetin kautta tapahtuvaan kommunikointiin on merkittävä. Perinteisillä tavoilla (esim. sähköposti ja extranet) kommunikointi on kahdenvälistä. Alustaratkaisuilla päästään monensuuntaisiin kommunikointitapoihin. Yhdellä viestillä tavoitetaan koko yritysjoukko, joka puolestaan voi vastata kaikille. Lisäksi alustaratkaisuilla saadaan yritysjoukon yhteisiä dokumentteja arkistoitua.

2.6 Pohjoismaisen teollisuuden kansainväliseen sijoittumiseen vaikuttavia tekijöitä

Teollisuuden tuottavuuskehityksellä on myös vaikutuksia yritysten kansainväliseen sijoittumiseen. Heikkilä et al. (2017) ovat tehneet aiheesta selvityksen. Automaation ja robotiikan soveltaminen vaikuttaa yritysten tuottavuuden lisäksi myös laaduntuottoon, sen tasaisuuteen ja myös joustavuuteen. Automaatio ja robotiikka ovat sidoksissa kunkin maan koulutus- ja tutkimusjärjestelmiin, joiden kautta maakohtainen kilpailukyky saavutetaan.

Tutkimus keskittyi selvittämään sitä, miksi yritykset siirtävät valmistustoimintojaan ulkomaille (offshoring) ja toisaalta palauttamaan niitä takaisin (backshoring) (taulukko 3).

Taulukko 3 Tuotannon sijoittumiseen vaikuttavia tekijöitä

TABLE 8. BENEFITS OF OFFSHORING AND BACKSHORING (MEAN VALUES, IN THE ORDER OF OFFSHORING MINUS BACKSHORING SCORE).

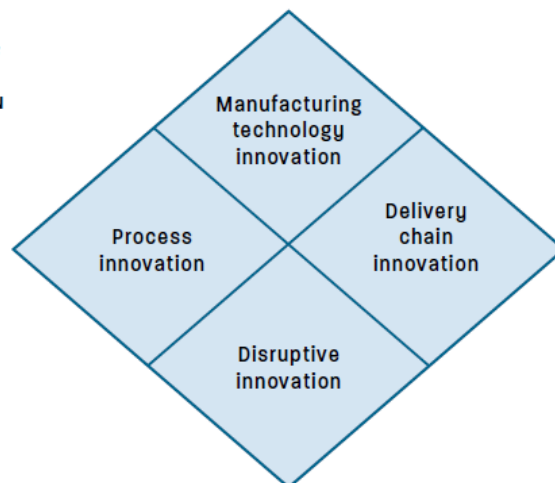
Benefits of off- and backshoring	OFFSHORING N=275	BACKSHORING N=160
Labor costs ^a	4.09	2.87
Profitability	3.75	3.74
Other costs	3.44	3.57
Logistics costs ^a	3.07	3.56
Volume flexibility ^a	3.25	3.79
Product mix flexibility ^a	2.96	3.69
Delivery reliability ^a	2.90	3.85
Delivery speed ^a	2.90	3.87
Process quality ^a	2.73	3.83
Product quality ^a	2.79	3.94

Statistical significances: a – $p \leq 0.001$; b – $p \leq 0.010$; c – $p \leq 0.050$

Työvoimakustannukset olivat tärkein syy offshoringiin. Kun taas backshoringin syyt olivat laajemmat liittyen laatuun, joustavuuteen, toimitusaikaan, osaamiseen, teknologiaan, tuotekehityksen läheisyyteen ja time-to-market tekijään.

Kuva 7 Valmistustoimintaan liittyvien innovaatioiden luokittelua

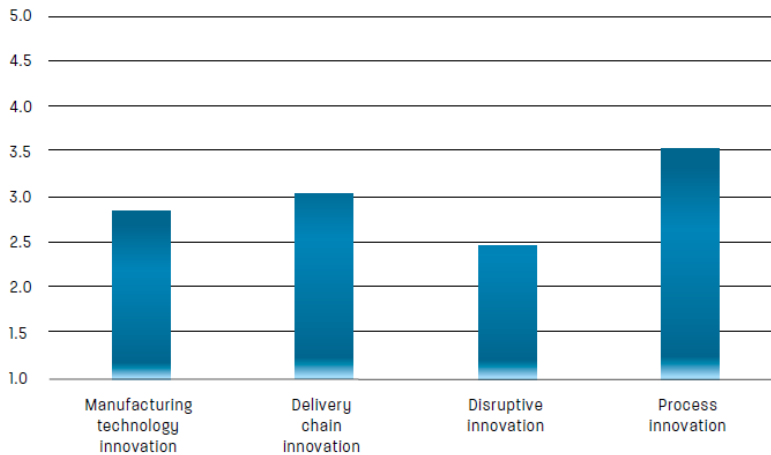
FIGURE 4.
DIMENSIONS OF
MANUFACTURING
INNOVATION
STUDIED.



Valmistustoimintaan liittyvien Innovaatioiden merkitys sijoituspäätöksiin on merkittävässä roolissa (kuva 7). Raportissa on selvitetty erilaisten innovaatioiden merkitystä tuotantotoiminnan kehittämisessä (kuva 8).

Kuva 8 Erilaisten innovaatioiden merkitys tuotantotoiminnan kehittämisessä

FIGURE 5. RESPONDENTS' EXPERIENCES OF THE DEGREE TO WHICH FIRMS IMPLEMENTED DIFFERENT TYPES OF MANUFACTURING INNOVATIONS (N = 793...812)



Tärkeimpänä asiana pidettiin prosessi-innovaatioita (esim. liiketoimintaprosessit, resurssien uudelleen organisointi, rutiineiden muutokset ja ansaintalogiikka).

Toiseksi tärkeimmäksi nousivat toimitusketjuinnovaatiot (esim. uudet asiakas- ja toimittajasuhteet, uuden tyyppiset palvelut ja yhteistyö kilpailijoiden kanssa).

Vähemmälle huomiolle jäivät valmistusteknologiainnovaatiot (esim. uudet prosessi teknologiat, digitalisaatio, uudet high-tech-materiaalit, automaatio ja robotiikka).

Disruptiiviset innovaatiot⁸ (esim. toimitus- ja kysyntäketjut, arvolupaukset, toimittajakumppanuus ja –prosessit) saivat vähiten kannatusta.

Kaiken kaikkiaan kyselyn tulokset osoittivat, että aktiivisuus valmistustoimintaan liittyvissä innovaatioissa vaikuttaa merkittävästi tuotantotoiminnan sijoituspäätöksiin.

- Aktiivinen valmistustoiminnan innovaatiotaso -> backshoring
- Passiivinen valmistustoiminnan innovaatiotaso -> offshoring

2.7 Asiantuntijakeskusteluissa esiin tulleita näkökulmia

Tämän selvityksen yhteydessä haastateltiin teollisuuden johtoa ja haettiin sitä kautta näkemyksiä tulevaisuudesta automatisaation ja robotisaation soveltamisesta ja sen vaikutuksista.

Metalliteollisuudessa varsinaisissa prosessivaiheissa (hitsaus, maalaus, sorvaus, jne.) automaation soveltaminen etenee pitkälti konevalmistajien tuotekehityksen kautta. Kun markkinoille tulee uusia koneita, niin niihin investoidaan tilanteen mahdollisuuksien mukaan.

⁸ **Disruptive innovation** is a term in the field of [business administration](#) which refers to an [innovation](#) that creates a new [market](#) and [value network](#) and eventually disrupts an existing market and value network, displacing established market leading firms, products, and alliances https://en.wikipedia.org/wiki/Disruptive_innovation

Toinen tärkeä automaation sovellutusalue on tuotantologistiikka; Tuotannon materiaalien siirto, käsittely ja varastointi. Lisäksi työkalujen, työvälineiden, kunnossapitomateriaalien ja välineiden vastaavat käsittelyt sekä sisätiloissa että tehdas piha-alueella.

Panostuksia tarvittaisiin koulutukseen, tutkimukseen ja kehittämiseen.

Arvioidaan, että vuoteen 2030 mennessä tuotannon säästöpotentiaali automaatiolla ja robotiikalla voisi olla varovasti arvioiden luokkaa 30 – 80 % tapauksesta riippuen. Tämä luku perustuu nyt tunnettuihin teknologioihin ja on siten kohtuullisen realistinen luku.

Seuraavia yksittäisiä kommentteja nostettiin esille:

- Suomessa ollaan yleisesti jäljessä maailmaluokan tasosta automaatiossa ja robotiikassa
- Osaaminen on ratkaisevassa asemassa
- Varhaiskasvatuksella on suuri merkitys
- Ammatillisessa koulutuksessa ollaan tekemässä huonoja ratkaisuita
- Yrityksille investointikynnys on suuri. Pitäisi alentaa mm. verotuksellisin keinoin
- Soveltaminen ei ole yrityskoosta kiinni, pienemmissä yrityksissä pienemmillä ratkaisuilla ja isommissa isommilla
- Keskeistä on tuottavuuden kasvu ja kilpailukyvyyn parantuminen

Robotiikan ja automaation osa-alueita on paljon, mm.:

- Valmistuksen perusprosessit (hitsaus, lastuava työstö, jne.)
- Robotit ja tekoäly
- Robotiikka kytketty erilaisiin muihin järjestelmiin
- Robotiikka tuotantologistiikassa (varasto, siirto, käsittely, jne).
- Robotiikka ja ihmiset vuorovaikutuksessa

Robotiikan ja automaation soveltamiseen vaikuttavia tekijöitä mm.:

- Automaatio on otettava huomioon jo tuotekehitys ja –suunnitteluvaiheissa, jotta tuotekonstruktiot olisivat mahdollisimman sopivia automaatiojärjestelmille
- Markkinat määräävät tuotteen ominaisuudet, joka vaikuttaa tuotekehitykseen. Mitä vakioidumpi tuote, sitä helpommin tuotanto on automatisoitavissa.
- Toisaalta mitä vakioidumpi tuote, sitä matalampi alalle tulokynnys ja sitä kovempi kilpailu ja huonompi hintataso
- Tuotteen elinkaari. Pitkän elinkaaren tuotteissa automaation soveltaminen voi olla hankalaa, mikäli tuotekonstruktiota ei voi muuttaa.

Automatisointiin vaikuttavat siten mm. seuraavat tekijät:

- Markkinoiden ominaisuudet & myyntikulttuuri
- Tuotekehitys ja –suunnittelu
- Tuotantojärjestelmä
- Valmistusvolyymit
- Kumulatiivinen osaaminen
- Tuotteen elinkaaren pituus

2.8 Teollisuuden kehitysnäkymiä lukujen valossa

Teollisuusyritysten edustajien näkemykset vuoden 2030 tähtäimellä ovat hyvin samansuuntaisia kirjallisuudesta löydettyjen arvioiden kanssa. 30 – 80 % säästöpotentiaali tarkoittaisi tuottavuuden nousuna n. 40- 400 %. Toisin sanoen samalla henkilöresurssikäytöllä saataisiin jopa 5-kertainen tuotanto nykyiseen tasoon verrattuna. Näin suuri tuottavuusnousu on kuitenkin mahdollista vain joissain yksittäistapauksissa, joissa kyseessä on esimerkiksi tuote, jonka volyymit kasvavat radikaalisti ja voidaan siirtyä käsityöstä automatisoituun tuotantoon.

Tuottavuuden kasvun alin arvio 40 % tarkoittaisi 13 vuoden aikana n. 2,6 % vuotuista tuottavuuden nousua. Tätä voi verrata aiemmin mainittuun tuottavuuden kasvulukuun vuodesta 1926 näihin päiviin (35 kertainen), joka on n. 4 % vuodessa.

Seuraavan 13 vuoden aikana 4 % vuotuinen tuottavuuden kasvu olisi kumulatiivisesti n. 67 %, jota voi pitää täysin mahdollisena lukuna. Luku on myös hyvin linjassa Pajarisen et al. (2015 ja 2014) laatiman selvityksen kanssa.

Koska Suomen metalliteollisuus on pääosin piensarja- tai yksittäistuotantoa ja yritysten koko on melko pieni, olisi tärkeää lisätä robotiikan ja automaation soveltavaa tutkimusta yritysten välittömässä toiminnassa ja siten kiihdyttää oppimista ja soveltamisvauhtia.

Yritysten kyky hyödyntää ja soveltaa jo olemassa olevia teknologioita on aina rajallinen. Uusien asioiden kehittäminen vaatii myös paljon aikaa varsinaisen välittömän panostuksen lisäksi. Koska robotiikka ja automaatio edellyttävät yleensä laajoja liiketoimintamallimuutoksia, on kehittämiseen varattava paljon aikaa.

Kehittämisen ja soveltamisen pullonkaulana ovat:

- Ihmisten osaamispuutteet
- Liian suuret taloudelliset riskit
- Kehittämisen pitkä aikajana
- Liiketoimintariskit

Päätelmiä:

Vuoteen 2030 mennessä robotiikasta ja automaatiosta johtuvan teollisuuden tuottavuuden kasvuksi arvioidaan 40 %.

3. LOGISTIIKKA

3.1 Robottiikan ja automaation lyhyt historia logistiikassa

Nopeimmat automaation aiheuttamat muutokset logistiikassa tapahtuvat terminaaleissa ja etenkin varastoissa. Mistään uudesta ilmiöstä ei ole kyse, sillä esimerkiksi Keskon Hakkilan automaatiovarasto avattiin jo 1980-luvulla. Automaatio kehittyi ripeästi, ja sen hinta laskee. Koneet ja ihmiset pystyvät toimimaan jo hyvin yhdessä, mikä mahdollistaa osittaisen automatisoinnin eikä tarvita suuria kertainvestointeja. Esimerkiksi trukki osaa kulkea itsestään, kun keräilijä tekee työnsä⁹.

Varastoautomaatit alkoivat olla melko kehittyneitä 1990-luvulla, ja esimerkiksi paternosterit ja karusellit toivat lisää työntehokkuutta varastoihin. Automaattien toimintalogiikka ja erityisesti niiden integrointi yrityksen koko tietojärjestelmiin on muuttunut tehokkaammaksi 2000-luvulla.

Logistiikan teknologiat kehittyivät myös kaupankäynnin osalta 1980- ja 1990-luvuilla nopeasti. Erityisesti ostotoimintaa sähköistettiin mm. EDI:n ja Extranetin avulla. Myös kuljetuksissa ja tavaran vastaanotossa alettiin käyttää sähköisiä asiakirjoja mm. viivakoodien käytön yleistymisen myötä. RFID (radio frequency identification) –teknologian ensimmäinen kaupallinen sovellus kehitettiin 1980-luvulla tietullien käyttöön. Sen käyttö yleistyi 1990-luvulla konttien ja kuormalavojen tunnistuksessa. RFID-teknologia on parantunut ja halventunut jatkuvasti, ja sitä on alettu käyttää myös tuotteiden tunnistukseen ja seurantaan¹⁰.

Kehittyneempien tietokoneiden, kasvaneen tiedonsiirtokapasiteetin sekä lisääntyneen robotiikan myötä yrityksissä alkoivat myös yleistyä kehittyneemmät WMS (warehouse management system) –järjestelmät, mikä tehosti toimintaa huomattavasti¹¹. Tietoa alettiin myös jakaa koko toimitusketjun tasolla tiedonsiirtoteknologioiden kehityksen myötä¹².

3.2 Robottiikka ja automaatio logistiikassa tänään

Suomessa on vahvaa osaamista varastoissa ja logistiikkakeskuksissa käytettävien AGV-vihivaunujärjestelmien suunnittelussa ja valmistuksessa sekä maailmanlaajuisesti johtava asema satamien automaattisessa kontinkäsittelyssä ja siihen liittyvässä raskaassa kenttärobotiikassa. Tämän robotiikan ja automaation volyymi suomalaisilla yrityksillä on 100 – 200 M€. Siitä n. 2/3 tehdään Suomessa, loput yritysten ulkomaisissa yksiköissä. Sen sijaan kehittämistyöstä valtaosa tehdään kotimaassa ja Suomessa toimivat globaalit veturiyritykset ovat luoneet ympärilleen laajan toimittajaverkoston, josta löytyy suuri määrä vaativan automaation ja robotiikan asiantuntemusta esim. navigoinnin, paikannuksen, ympäristön havainnoinnin, etäoperoinnin, koneryhmien hallinnan ja kommunikoinnin aloilla.

Satamien automaatio on vasta alussa. Niiden automatisointi merkitsee suuria projekteja ja kokonaisjärjestelmien toimituksia ja Suomella on jo hyvä jalansija tässä suurissa mahdollisuuksissa tarjoavassa robotiikan sektorissa. Se kehittyi kuitenkin nopeasti ja siksi on olennaisen

⁹ <http://paivinoin.fi/minne-menet-logistiikka-ala-ajatuksia-logistiikka-alan-tulevaisuudesta/>

¹⁰ <https://fi.wikipedia.org/wiki/RFID>

¹¹ <http://veridiansol.com/history-of-wms/>

¹² https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/elo_katsaus.pdf

tärkeää tunnistaa alan todelliset kehittämistarpeet ja niiden vaatimat toimenpiteet, jotka pitävät yllä kotimaisten yritysten innovaatio – ja kilpailukykyä. Toimituksista kilpailevat konevalmistajan ohella myös suuret automaatio- ja ohjelmistotalot.

Satamien, suurten varastojen ja logistiikkakeskusten (kuva 9) robotiikka ja automaatio ovat poikkeuksetta suurten järjestelmien toimituksia. Suuria kokonaisuuksia tai alueita automatisoidaan kerralla, ihmisten kuljettamat koneet väistyvät ja alueet suljetaan muulta liikenteeltä ja ulkopuolisilta. Toimittajilta edellytetään kykyä hallita yksittäisen koneen lisäksi suuria koneryhmien ohjausjärjestelmiä ja jopa koko varaston tai sataman toiminnanohjaus-järjestelmiä. Lisähaastetta soveltamiselle tuo loppuasiakkaiden korostunut tarve koneiden ja järjestelmien rajapintojen standardointiin, joka tekee mahdolliseksi eri valmistajien järjestelmien toiminnan samassa ympäristössä.

Kuva 9 Nykyaikainen logistiikkakeskus



Logistiikan puolella robotiikkaa ja automatiikkaa vievät eteenpäin samat ajurit kuin aikanaan teollisuudessa: tuottavuuden ja turvallisuuden kasvutavoitteet. Varastoissa ja satamissa tavaran läpimenoaika ja hukkaprocentti ovat päämittareita, joilla tuottavuutta mitataan. Vain automaattiset koneet ja järjestelmät ovat siinä määrin hallittavissa ja tuottavat riittävästi tietoa, että niiden avulla toiminnan tuottavuutta on mahdollista kasvattaa uudelle tasolle. Kuljettajien suuri vaihtuvuus ja alhainen koulutustaso luovat lisätarvetta automaatiotason nostamiseen.

AGV-vihivaunuille on olemassa turvallisuusstandardit ja ne voivat esimerkiksi toimia osin samoissa tiloissa ihmisten kanssa. Raskaan logistiikkarobotiikan kehitystä hidastaa vielä vakiintuneiden ratkaisuiden puute. Tyypillisesti koneet liikkuvat suljetulla alueella. Niitä seurataan ja tarvittaessa ohjataan alueella olevasta valvomosta käsin. Usein jokin yksittäinen liike tai työvaihe suoritetaan etäohjauksessa. Raskaiden automaattisten koneiden toiminta ainakin osittain ihmisten kuljettaman kaluston rinnalla olisi merkittävä harppaus, mutta vielä ei ole kyetty määrittelemään turvallisuusstandardeja, joiden käyttöönotto edistäisi näiden uusien ratkaisuiden käyttöönottoa. Alan valmistajat ja asiakkaat tekevät jatkuvaa yhteistyötä ja lisääntyneiden toimitusten myötä markkinatoimijat alkavat vähitellen olla valmiita standardointityöhön¹³.

Varastoautomaatit tehostavat varastointia. Ne ovat tietokoneohjattuja varastointi- ja siirtojärjestelmiä, jotka parantavat merkittävästi tuotteiden varastoinnin ja keräilytehoa. Varastoautomaatit voidaan integroida yrityksen varastonhallintajärjestelmään. Automaattinen varastointijärjestelmä nostaa työntehokkuutta pienentämällä keräilyaikaa keskimäärin yli

¹³ http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_vleinen.pdf (Lahden Ammattikorkeakoulu)

60%:lla sekä vähentämällä keräilyvirheitä. Esimerkkejä varastoautomaateista ovat paternosterit, karusellit ja tornadot.

3.3 Tulevaisuuden näkymiä logistiikassa

Raportti ”Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa” (Pöyskö et al. 2016) käsittelee näkymiä käynnissä olevasta kehityksestä:

Tiekuljetuksissa autonomiset rekat ovat kehityksessä (Mm. Scania, Volvo ja Daimler). Australiassa Rio Tinto on jo ottanut käyttöön täysautonomisia rahtijunia rautamalmin kuljetukseen kaivoksilta satamiin (kuva 10).

Kuva 10 Ensimmäinen automaattinen rahtijuna testikäytössä Länsi-Australiassa 2015 (Pöyskö et al. 2016)



Rautatiekuljetuksissa automaatiota sovelletaan lähinnä kulunohjauksessa ja –valvonnassa. Täyttä automaatiota tärkeämmäksi nähdään edelleen mm. liikennöinnin turvallisuutta parantavien ratkaisuiden kehittäminen.

Vesitiekuljetuksissa automaatiota käytetään esimerkiksi alusten etävalvonnassa ja –hallinnassa sekä konetehtojen ja ohjauksen automatiikassa. Digitalisaation arvioidaan konkretisoituvan satamalogistiikassa esineiden internetin yleistymisenä laivojen huolto- ja korjaustoimintojen ennakoimisessa ja toteuttamisessa. Kehitteillä on lisäksi miehittämättömiä rahtialuksia ja uusia laivakonsepteja (kuva 11).

Kuva 11 Visio miehittämättömistä ja etäohjatuista laivoista (Pöyskö et al. 2016)



Jakelukuljetusten ajoneuvoissa suositaan energiatehokkuutta ja vähäpäästöisyyttä. Kaupunkijakelussa ovat yleistyneet kevyet sähkökäyttöiset tai –avusteiset ajoneuvot sekä polkupyörälähetien käyttö (kuva 12). Dronit eli miehittämättömät ilma-alukset ovat myös tulossa. Amazon.com on yksi tunnetuimmista lennokkeja kokeilevista yrityksistä. Amazon Prime Air

lentää 400 jalan (121m) korkeudessa, painaa alle 25 kg ja kuljettaa paketit suoraan asiakkaalle n. puolessa tunnissa maks. 16 kilometrin etäisyydelle. Amazon kertoo ottavansa lennokit kuljetuskäyttöön heti, kun lainsäädännölliset luvat myönnetään. On arvioitu, että Yhdysvaltojen ilmatilassa tulee olemaan n. 7500 lennokkia seuraavan viiden vuoden sisällä. Niitä tullaan käyttämään kuljetustoiminnan lisäksi mm. tutkimuskäytössä, maanviljelyn apuna ja maan pinnan ja kasvillisuuden tarkkailussa.

Kuva 12 Kaupunkijakeluun kehitetään uudenlaisia poljettavia ja sähkökäyttöisiä ajoneuvoja (Pöyskö et al. 2016)



Kuljetusrobotit ovat last mile –toimitusten itseohjautuvia apuvälineitä. Kuljetusrobotit kulkevat maata pitkin ja niiden käyttö on siten vähemmän säädeltyä kuin esimerkiksi lennokkien. Robotit ovat automaattiohjautuvia ja niissä on sisäänrakennetut navigointi- ja sensorijärjestelmät. Ne voivat kulkea pyöriteitä ja jalkakäytäviä pitkin tai isojen kiinteistöjen ja laitosten sisällä, kuten kampus- tai sairaala-alueilla.

Lähetysten vastaanottoratkaisuja on kehitetty verkkokaupan kasvun myötä. Lähetysten vastaanottajan ja/tai tilojen saavutettavuus on kaupunkilogistiikan sekä samalla last mile –kuljetusten keskeinen haaste. Ratkaisuksi on kehitetty ja otettu käyttöön erilaisia automaattisesti toimivia automaatteja ja/tai vastaanottotiloja.

Logistiikan solmukohtissa (satamat, varastot, terminaalit) voidaan käyttää autonomisia lukeja ja robottivaunuja. Lisäksi esimerkiksi kuormalavojen ja häkkien käsittelyssä voidaan käyttää erilaisia kuljetusrobotteja. Kasvava verkkokauppa on lisännyt pakettiautomaation tarpeita.

Uusia digitaalisia palveluita on kehitteillä mm. logistiikan ohjaukseen ja lähetysten seurantaan. Esimerkiksi GS1 Finland Oy:n kehittämä Golli-palvelu¹⁴, joka on suunnattu erityisesti pk-yrityksille, joilla ei ole omaa seurantajärjestelmää.

Digitaaliset tilaus- ja markkinakanavat ovat tulleet myös vahvasti liike-elämään. Erilaisia B-to-B-verkkokauppa-alustoja on saatavilla ja niitä kehitetään edelleen.

Mobiiliapplikaatioita on tällä hetkellä saatavilla muun muassa joukkoistetuille tavarakuljetuksille niin pienille kuin isoille kuljetusmäärille ja yhteiskäyttöajoneuvojen hallintapalveluille. Automaation ja digitalisaation vaikutuksia logistiikkaan eri osa-alueilla pitkällä aikavälillä on tiivistetty taulukkoon 4.

¹⁴ <https://www.gs1.fi/palvelumme/golli>

Taulukko 4 Automaation ja digitalisaation vaikutuksia logistiikan eri osa-alueilla pitkällä aikavälillä (Pöyskö et al. 2016)

	Autonomiset kuljetusvälineet	Automaatio solmukohtissa	Uudet digitaaliset palvelut ja tilauskanavat	Kehittyvät tuotantoteknologiat (automaatio ja 3D tulostus)
Logistiikan joustavuus ja toimintavarmuus	Lisää operoinnin joustavuutta ja skaalautuvuutta. Kuljetusketjun automatisaatio voi vähentää esim. työtaistelusta aiheutuvia häiriöitä.		Varaston ja tilausten optimointi helpottuu; verkostomainen liiketoiminta lisää joustoa.	Mahdollistaa tuotannon hajauttamisen lähemmäs asiakasta ja pienten eräkokojen tuottamisen tehokkaasti.
Logistiikkaoperoinnin tehokkuus	Lisää tehokkuutta ja vähentää työvoimakustannuksia (erityisesti tielikenteessä)	Lisää tehokkuutta ja vähentää työvoimakustannuksia.	Kuljetus- ja palvelutarve lisääntyvät. Kuljetusten tehokkaampi yhdistely mahdollistuu.	Ei vaikutusta.
Toimitusmäärät ja kuljetukset	Ei todennäköisesti vaikutusta.	Ei todennäköisesti vaikutusta pitkällä aikavälillä. Synergiahyötyjen takia kuljetusvirrat saattavat keskittyä solmukohtiin, mikä lisää kuljetusmatkoja.	Verkkokaupan kasvun myötä tilausten ja lähetysten määrä kasvaa, mikä lisää pien- ja jakelukuljetuksia.	3D tulostuksen mahdollinen yleistyminen vähentää komponenttien ja osien toimitustarpeita. Kuljetustarve vähenee, kun tuotanto on lähellä markkinaa.
Logistiikan kustannukset	Merkittäviä kustannusvaikutuksia useiden mekanismien kautta.	Tehostaa logistiikkaa ja laskee yksikkökustannuksia.	Tehostaa myös pienten yritysten logistiikkaa ja laskee kustannuksia.	Kuljetustarpeen väheneminen laskee logistiikkakustannuksia.
Turvallisuus	Autonomiset ajoneuvot vähentävät merkittävästi liikenneonnettomuuksia.	Lisääntyvä automaatio parantaa työturvallisuutta.	Jakelulogistiikka lisääntyy, toisaalta ajoneuvot turvallisempia.	Ei merkittävää vaikutusta. Mahdollisesti työ-turvallisuus parantuu.
Vaikutukset ympäristöön	Vähentää merkittävästi päästöjä ajoneuvojen optimoinnin kautta. Lisäksi tulevaisuudessa suositaan vähäpäästöisiä teknologioita.	Tehokkuuden kasvu vähentää energian tarvetta. Tuotetaan ja käytetään uusiutuvaa energiaa.	Jakamistalouteen pohjautuvat mallit vähentävät ympäristökuormitusta. Toisaalta esim. verkkokaupan kasvu voi lisätä kuormitusta.	Positiiviset vaikutukset kuljetustarpeen vähenemisen kautta.
Liikennejärjestelmän toimivuus	Sekaliikenne aiheuttaa haastetta liikennejärjestelmään, mutta siirtyminen automaatioon tehostaa liikennejärjestelmän kapasiteettia.	Ei merkittävää vaikutusta. Mahdollisesti automaation käyttöönotto voi keskittää volyymin ja raskasta liikennettä.	Lisää palveluntarjontaa (uusia liikennepalveluita), toiminnan joustoja ja seurattavuutta.	Ei vaikutusta liikennejärjestelmään.
Infrastruktuuri	Voi vähentää tarvetta liikenneverkon laajentamiseen. Toisaalta autonomiset ajoneuvot voivat vaatia liikenneverkon kehittämistä.	Ei merkittäviä vaikutuksia. Jos toiminnot keskittyvät automaation myötä, mahdollistaa infran kohdenetun kehittämisen.	Ei vaikutusta.	Ei nähtävissä merkittävää vaikutusta. Kuitenkin joillakin teknologioilla voi olla vaikutusta infrastruktuurin kehittämiseen.

3.4 Käytännön esimerkkejä logistiikan robotiikasta ja automaatiosta ja niiden vaikutuksista

Taloussanomien 19.9.2013 kirjoittaa¹⁵: Suurten varastojen automatisaatio vähentää runsaasti alan työpaikkoja lähivuosina. Ja jatkaa: SOK on rakentamassa uutta täysin automaattista keskusvarastoa Sipooseen. Se tarkoittaa käytännössä lähes tuhannen työpaikan katoamista vuoteen 2020 mennessä. Nykyisin Kilon logistiikkakeskuksessa työskentelee noin 1 500 työntekijää. Olemme arvioineet, että uudessa Sipoon logistiikkakeskuksessa työskentelisi noin 600 työntekijää, SOK:n tytäryhtiön Inex Partnersin toimitusjohtaja **Jari Pousi** sanoo *Taloussanomille*. Oletus on, että 10–20 vuoden päästä ei ole saatavilla niin paljon työvoimaa tekemään raskasta työtä, Pousi sanoo. Tuottavuuden kasvu olisi siten n. 250 %.

Maailman suurin toimistotarviketoimittaja Staples lupaa tehdä toimistotarvikkeiden ostamisesta helppoa ja toimittaa vain täydellisiä tilauksia. Leanware WMS -varastonhallinta ohjaa ja tehostaa toimintaa Staplesin Finlandin logistiikkakeskuksessa Tuusulassa (kuva 13). Leanware WMS -järjestelmään siirtymisen jälkeen keräilytehomme on kaksinkertaistunut ja varastohenkilöstömme määrä on puolittunut asiakaslupauksemme tinkimättä¹⁶. Tuottavuuden kasvu on n. 100 %.

Kuva 13 Staples (ent. Lindell Oy) Oy:n robottikeräilyjärjestelmä¹⁷



¹⁵ <http://www.is.fi/taloussanomiat/art-2000001810082.html>

¹⁶ <https://leanware.fi/fi/case/staples-finland-wms-varastonhallintajarjestelma/>

¹⁷ https://www.orfer.fi/Portals/114/esitteet/Oy%20Lindell%20Ab%20&%20Orfer%20Oy_20081202_web.pdf

3.5 Asiantuntijakeskusteluissa esiin tulleita näkökulmia

Selvityksen yhteydessä haastateltiin logistiikan asiantuntijoita ja logistiikkayritysten johtoa ja haettiin sitä kautta näkemyksiä tulevaisuudesta robotisaation ja automatisaation soveltamisesta ja sen vaikutuksista.

- Varastoulokoistukset ja logistiikan hallinnan ulkoistukset lisääntyvät kaiken aikaa. Kuljetusten osalta ulkoistukset alkoivat jo kauan sitten, johtuen kaikinpuolisesta standardoimisesta, joka mahdollistaa kuljetuspalveluiden tarjonnan.
- Suomessa lähitulevaisuuden näkymät teollisuudessa ovat melko vakaat. Suuria volyymilisäyksiä tuskin on tulossa.
- Suomen markkinat ovat melko pienet ja siten myös tavaravirrat.
- Varasto-operaattorit eivät investoi automaatioon, koska on lukuisia asiakkaita, joilla hyvin erilaisia pakkauksia ja tarpeita. Sen sijaan jotkut keskusliikkeet ja tukkuliikkeet investoivat.
- varastoissa ja logistiikkakeskuksissa henkilöstökulut ovat liki 60% kokonaiskustannuksista ja tilakustannukset liki 30 % ja tämän perusteella
 - työtä tehostavat/poistavat automaatio, robotiikka ja tietojärjestelmäratkaisut ovat järkeviä, joskin joskus investoinnit ovat suuria ja pelottavia, mutta suunta on maailmalla sinne
 - samaten näillä järjestelmillä voidaan tehostaa tilankäyttöä ja tehdä korkeampia rakennuksia – m3-hinta rakentamisessa laskee kun rakennuksen korkeus kasvaa
 - toisaalta nämä ratkaisut ovat perusteltavissa myös laadun parantumisella eli virheet ja vauriot vähenevät ja työturvallisuuskin paranee
- keräily on varastossa työllistävin yksittäinen vaihe ja siinä ulkomailla on paljon esimerkkejä ratkaisusta joissa:
 - tavarat varastoidaan muovilaatikoissa korkeavarastoissa (halpa tila)
 - automaattiset huiman tehokkaat kuljetinjärjestelmät tuovat nämä keräilyasemille, joissa kerääjät poimivat niistä tavarat samalla useille tilauksille. Kuljetinjärjestelmissä ei ole vain yksi noudin per hyllysola vaan niitä on useita, jolloin voidaan samassa solassa poimia samanaikaisesti tavaraa useilta hyllytasoilta. Jos ajatellaan, että yksi kerääjä poimii työasemalla yhden rivin 5 -10 sekunnissa, niin laatikoita pitää pystyä syöttämään tässä tahdissa ja kapasiteettitarve tietysti kasvaa keräilyasemien määrän kasvaessa. Tehokaimmissa järjestelmissä henkilöt voidaan korvata roboteilla.

Asiakkaan ja toimittajan välisen tilaus-toimitus-prosessin automatisointi tulee olemaan tulevaisuuden kehityskohde. Nykyinen tietotekniikka antaa paljon mahdollisuuksia. Älykännyköihin perustuva kommunikointi tilaus-toimitus-prosessissa mahdollistaa nopeat ja sujuvat rutiinit. Vaaditaan kuitenkin kehitystoimintaa kummankin osapuolen toiminnoissa.

Nykyiset tilaus-toimitus-rutiinit ovat kehittyneet varsin vähän viime vuosina. Toiminta on edelleen varsin vanhanaikaista.

Uusilla systeemeillä voisi tilaukset ja toimitukset erottaa toisistaan esimerkiksi siten, että asiakas päivittää jatkuvasti omaa tuotanto-ohjelmaa toimittajan käyttöön, jolloin voidaan tehokkaasti synkronoida toimitukset suoraan kokoonpano-ohjelmaan. Tiheisiin toimituksiin liitettäisiin uuden tyyppinen laskutusjärjestelmä, jossa kuukausittain laskutetaan yhdellä laskulla

kaikki toimitukset. Tai sitten laskutetaan kiinteä summa kuukausittain ja vuoden lopussa tehdään tasauslasku. Laskun käsittelykustannus on merkittävä. Laskun käsittelykustannuksia on selvitetty useissa tutkimuksissa ja kustannus on 15 – 50 euroa per lasku.

Sisälogistiikan automaatio on kovassa kehitysvauhdissa maailmalla. Varastojen automaatioon keskittyneitä yrityksiä on monia. Vaakaratkaisuita löytyy. Eräs uusimmista on unkarilainen IVM¹⁸, joka on kehittänyt erilaisille pientavaroille sopivia etävalvottavia varastojärjestelmiä (kuva 14).

Kuva 14 Etävalvottava varastoyksikkö (IVM)



Valmistaja kuvaa etävalvottavaa varastoyksikköä seuraavasti:

“SaveBox Smart is a stand-alone SaveBox (locker-type storage) with its own control-system. SaveBox Smart is our most universal intelligent system to store and distribute manufacturing tools. Moreover: thanks to an optional function – the built-in scale – you can use SaveBox Smart for the 100% controlled distribution of small tools, which are stored in bigger volume and difficult to measure one-by-one. It is managed by the same SaveLog software as our other automats, which means that it comes with the same advantages and its management is just as easy!”

Tulollaan ovat myös etävalvottavat mobiilivarastot, joita siirretään kuorma-autoilla tarpeen mukaan työmaalle ja tehtaiden ulkoalueille.

Markkinoilla on myös sisätiloissa olevien siirrettävien varastojen ja varastoyksiköiden paikanusjärjestelmiä.

Tietoteknistä potentiaalia varastotoimintojen ja tilaus-toimitus-prosessien automatisointiin on paljon. Suomessa kehitysvauhti on hyvin hidasta. Asiakaskuntakaan ei osaa vaatia toimittajilta edistyksellisiä järjestelmiä.

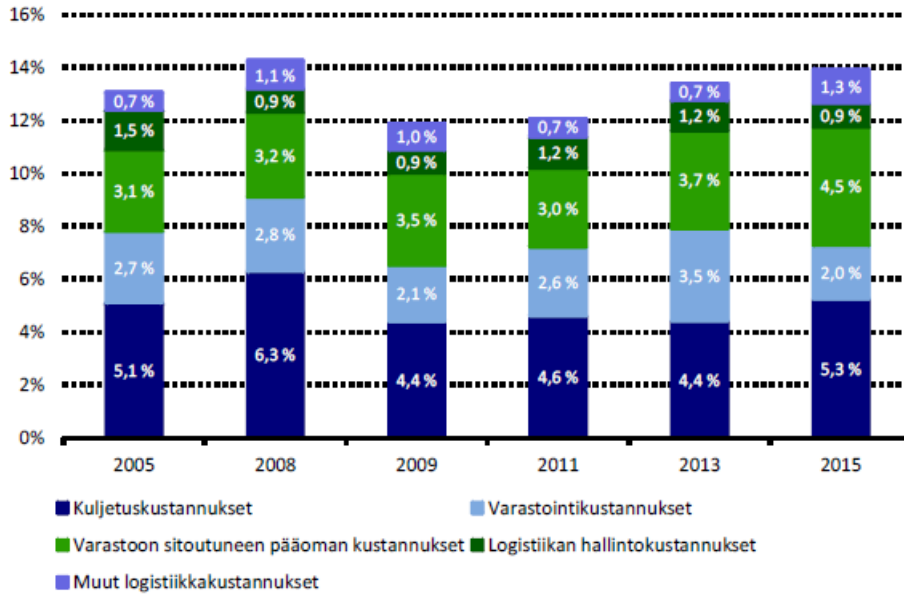
¹⁸ <https://www.ivm-vending.eu/>

3.6 Logistiikan kehitysnäkymiä lukujen valossa

Otteita tutkimuksesta ”Logistiikkaselvitys 2016”, Solakivi, T. et al., Turun kauppakorkeakoulu, sarja E-1:2016.

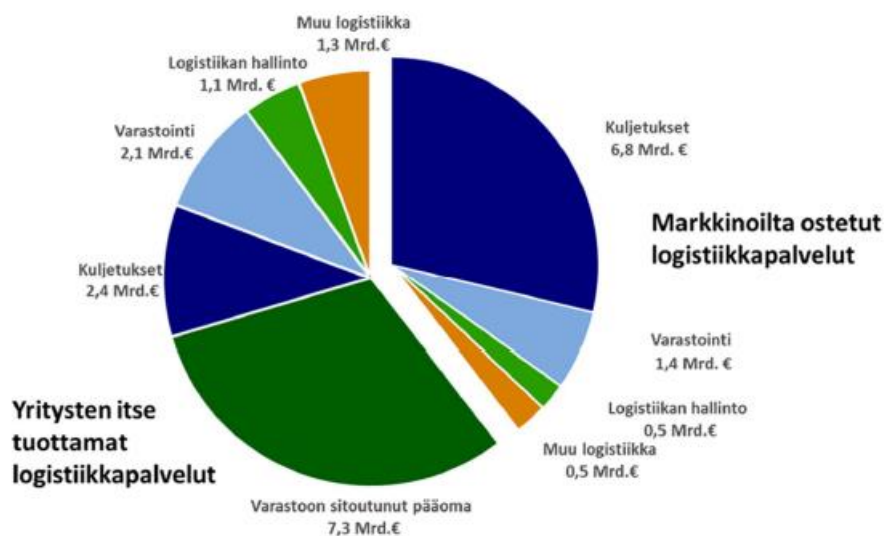
Teollisuuden ja kaupan logistiikkakustannuksia on selvitetty vuodesta 2005 lähtien (kuva 15).

Kuva 15 Teollisuuden ja kaupan logistiikkakustannukset % liikevaihdosta yritysten ja toimialojen liikevaihdolla painotettuna 2005-2015



Kuvassa 16 teollisuuden ja kaupan logistiikkakustannukset sisältävät sekä ostetut että itse tuotetut palvelut.

Kuva 16 Yritysten markkinoilta ostamat ja itse tuottamat logistiikkapalvelut vuonna 2015 Logistiikkaselvitys 2016 –kyselyn perusteella



Teollisuuden ja kaupan markkinoilta ostamien logistiikkapalveluiden yhteisarvo v. 2015 oli n. 9,2 mrd. euroa. Asiakasyritykset tuottivat tarvitsemiaan logistiikkapalveluita n. 7 mrd. euron arvosta ja samaan aikaan varastoon sitoutuneen pääoman kustannus oli n. 7,3 mrd. euroa.

Automatisaation ja robotisaation vaikutukset kohdistuvat pääasiassa varastointiosioon, joka oli vuonna 2015 n. 2 % yritysten liikevaihdosta, eli n. 3,5 mrd. euroa.

Päätelmiä:

Logistiikassa tuottavuuden kasvun vuoteen 2030 arvioidaan keskittyvän varastointiosioon ja sen arvioidaan olevan n. 100 %. Muiden osioiden osalta robotisaation ja automatisaation vaikutus tuottavuuden nousuun on pieni, eikä siten huomioida erikseen.

4. VERKKOKAUPPA

4.1 Kaupankäynnin historiaa

Arhi Kivilahti kirjoittaa artikkelissaan kaupan historiaa¹⁹ seuraavasti.

”Vaikka verkkokauppa mahdollistaa uudenlaisia kaupankäynnin muotoja, ei se ole ensimmäinen iso mullistus kaupan alalla, eikä takuulla viimeinen. Viimeisten vuosisatojen aikana kauppa on kohdannut lukuisia isoja murroksia. Jokainen niistä on muokannut kaupan rakennetta tuoden mukanaan uusia toimijoita ja hävittäen vanhoja.”

Koska uuteen ympäristöön mukautuminen ja vanhasta luopuminen on vaikeaa, ovat vuosikymmeniä vanhat yritykset harvassa. Tämä korostaa Stockmannin yli 150 -vuotisen historian ainutlaatuisuutta. Esimerkiksi Yhdysvalloissa vain kaksi kaupan alan yritystä (Brooks Brothers, 1818; Lord&Taylor, 1826) on selvästi vanhempia kuin Stockmann (perustettu 1862). Se on vanhempi kuin monet kaupan alan klassikko-yritykset, kuten Selfridges, John Lewis Partnership, Galleries Lafayette, Marks&Spencer tai Nordiska Kompaniet.

Toinen merkittävä murros kaupan alalla tapahtui myös 1800-luvun lopulla postimyynnin synnyessä. Sears-Roebuckin oli postimyynnin pioneeri, jonka katalogia kutsuttiin “consumer bibleksi”. Yrityksen strategiana oli tarjota suuri valikoima, johon yksikään myymälä ei voinut vastata, halvimmilla hinnoilla, kaikille kuluttajille ilman että heidän tarvitsi mennä kauppaan asti.

Muita kaupan alaa merkittävästi muovanneita murroksia ovat olleet itsepalvelukaupan kehittyminen sekä ostoskeskukset ja myöhemmin kauppakeskukset. Nämä sekä erikoiskaupan kasvu ovat haastaneet alkuperäisen tavaratalo-konseptin.

Tavaratalojen esimerkki havainnollistaa miten verkkokauppakin tulee luultavasti kehittymään. Alkuvaiheessa sen kasvua ovat edistäneet uudet puhtaasti verkossa toimivat yritykset. Toisaalta perinteiset toimijat ovat lähteneet hitaasti verkkoon. Heidän siirtymisestä verkkoon muodostuneekin uusi lähde verkkokaupan kasvuille. Tämä ei kuitenkaan tapahdu niinkään myymälöiden kustannuksella kuin niiden rinnalla. Hyvien sijaintien merkitys ei verkkokaupan

¹⁹ <http://digitalistnetwork.com/kaupan-historian-tuntemus-auttaisi-ymmartamaan-viimeisinta-murrosta/>

myötä poistu, se korostuu. Huonojen sijaintien ja vanhentuneiden liiketoiminta-mallien kuituminen on yhteistä kaikille kaupan murroksille. Kuten myös se, että murrokset tarjoavat asiakkaalle lisää palveluita ja vaihtoehtoja.

Pitkässä juoksussa voittajiksi valikoituvat ne toimijat, jotka puhuttelevat, helpottavat ja koskettavat asiakkaitaan. Pitkäikäisten yritysten tyyli on ikuista, kun liiketoiminnan muodit ja virtaukset vaihtelevat.

4.2 Verkkokaupan historiaa

Helena Puronen kirjoittaa tutkielmassaan verkkokaupan historiasta seuraavaa²⁰: Verkko liiketoiminta sai alkunsa vuonna 1991, kun Yhdysvallat antoi yrityksille luvan perustaa kaupallisia verkkokauppasivustoja. Varsinainen verkko liiketoiminta alkoi vasta 1994, kun verkkoon ilmestyi verkkokauppasivustoja jotka tarjosivat kuluttajille pankkipalveluita ja lehtitilauksia.

Fyysisten tavaroiden verkkokauppa käynnistyi 1990-luvun loppupuolella. Verkkokauppa käynnistyi aluksi muutamien suurien epäonnistumisten ja vuosituhannen vaihteen dotcom-kuplan puhkeamisen nostamien imago-ongelmien ympäröimänä. Verkkokauppa ei kuitenkaan kuollut uuden talouden tuhoutumisen myötä vaan siirtyi vähitellen voimistuvalla kasvurallalla vetäessään mukaan vakiintuneita perinteisen kaupan kauppiaita. Nämä perinteisen kaupan kauppiat toivat mukanaan alalle tarpeellista vanhan talouden mukaista kannattavuusajattelua.

Lisäksi perinteisten kauppioiden vahvuuksiin kuului perinteisten myymälöiden verkosto, joka varmisti uskottavuuden kuluttajien silmissä. Verkkokauppa jatkaa kasvuaan, ja sekä ilman myymäläverkostoa että sen kanssa on mahdollisuus menestyä, jos konsepti muuten on toimiva.

Ensimmäinen, Internetiin keskittynyt verkkokaupan vaihe kesti 1990-luvun puolivälistä vuoteen 2000. Sen aikana keskeinen tavoite oli luoda mahdollisuudet kaupankäyntiin ja houkuttella mahdollisimman paljon kävijöitä verkkokaupapaikkoihin. Eri kanavien integrointiin ei panostettu, ja liiketoimintamallit olivat vielä kehittymättömiä.

Toinen vaihe, eli verkko liiketoiminnan vaihe alkoi teknologiakuplan puhjettua vuonna 2000. Kannattavuuden tavoittelu muuttui oleelliseksi, ja yritysten sisäisiä prosesseja alettiin koordinoida paremmin verkkokauppaa tukevaksi. Asiakkuudenhallinta tuli kiinnostavaksi, kun asiakasuskollisuuden merkitys korostui.

4.3 Verkkokauppa tänään

Lehti, M. et al. (2012)²¹ toteavat, että digitaalitekniikka ja siihen liittyvät palvelut ovat muuttamassa taloutta ja yhteiskuntaa tavalla, joka on verrattavissa höyryn ja sähkön hyödyntämisen aiheuttamiin muutoksiin. Olemme siirtymävaiheessa kohti *digitaalista palveluyhteiskuntaa*.

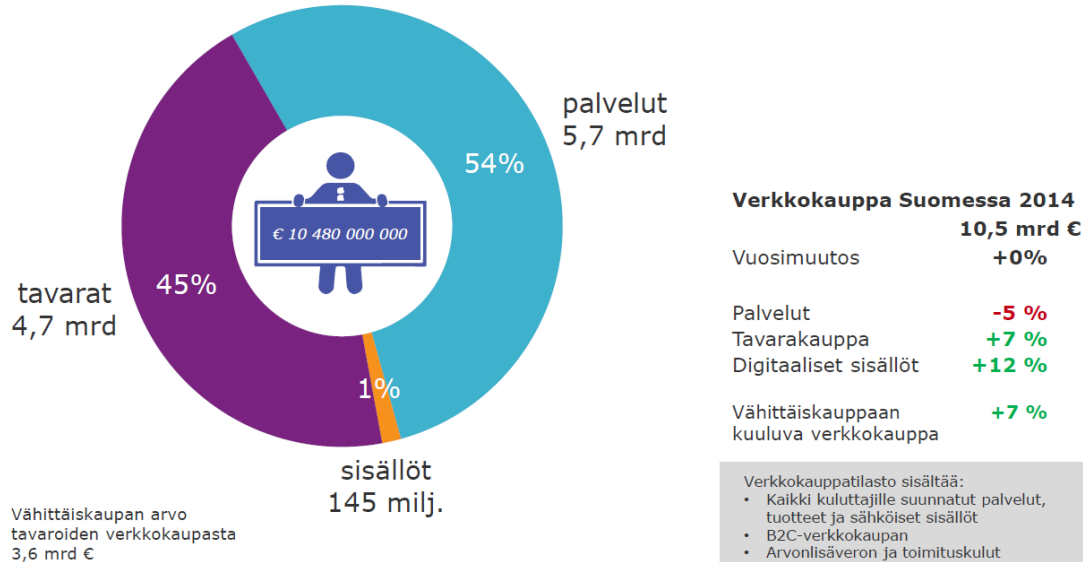
Tämä kehityssuunta näkyy jo nyt kaupan rakenteessa ja sen tuottavuusluvuissa.

²⁰ https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38804/puronen_helena.pdf?sequence=1

²¹ <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/2012/09/B254.pdf>

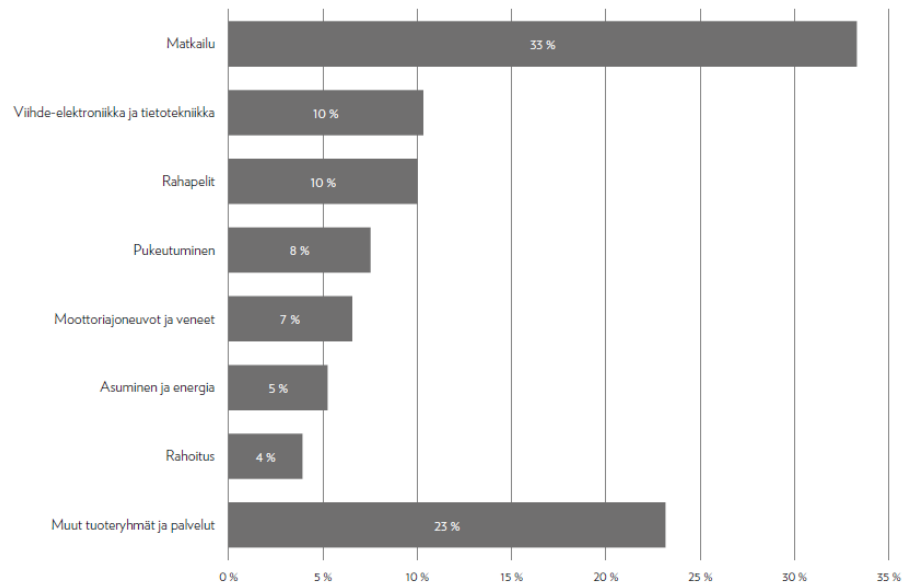
Vuoden 2014 tilaston (kuva 17) mukaan kuluttajille suunnattu verkkokauppa oli yhteensä n. 10,5 mrd. euroa²², josta tavarakaupan osuus oli 4,7 mrd. euroa. Vähittäiskaupan arvo tavaroiden verkkokaupasta oli 3,6 mrd. euroa, joka on n. 10 %

Kuva 17 Verkkokauppa Suomessa 2014



Kuvassa 18 on eritelty verkkokaupan suurimmat tuoteryhmät.

Kuva 18 Verkkokaupan suurimmat tuoteryhmät 2014 (Santasalo et al. 2015)



²²http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahU-KEwibo5aAsu_VAhXiJzokHeaOD3AQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fkauppa.fi%2Fcontent%2Fdownload%2F83572%2F1071402%2Ffile%2FVerkkokauppatilasto%25202014.pdf&usq=AFQICNG5YX0z0qX9DNxJtIVG70maPa_9WA

Verkkokaupan (kaikki tuoteryhmät) euromääräinen kasvuvauhti Suomessa on ollut n. 40 % vuosittain²³ (kuva 19). Suurin osa verkkokaupasta kohdistuu erilaisiin palveluihin, kuten matkailupalveluiden ostaminen. Tavarakaupan osuus on pienempi.

Kuva 19 Verkkokaupan euromääräinen kasvu



Tavara-
kaupan verkkokaupalla on merkitystä logistiikkaan ja kaupan tuottavuuteen. Verkkokauppa eroa perinteisestä kivijalkakaupasta jakelutien rakenteessa. Erilaisia väliorganisaatioita on vähemmän (maahantuojat, tukkuri, vähittäiskauppa). Väliorganisaatioiden vähentyminen vaikuttaa varastotoimintojen (hyllytys, varastointi, keräily) vähenemiseen ja siten kaikinpuolisten kustannusten alenemiseen. Kaupan tuottavuus kasvaa verkkokaupan myötä. Lisäksi verkkokaupan jakelutie on luonnostaan nopea ja siten myös jakelujärjestelmään sitoutunut pääoma alenee merkittävästi.

²³ <https://www.paytrail.com/blog/verkkokaupan-vuosi-2016-lukuina>

Kuva 20 Vähittäiskauppa Suomessa 2015²⁴

Keskusliikkeet, ryhmittymät ja pikatukut

Tukkukaupat, valmistajat, maahantuojat ja agentuurit



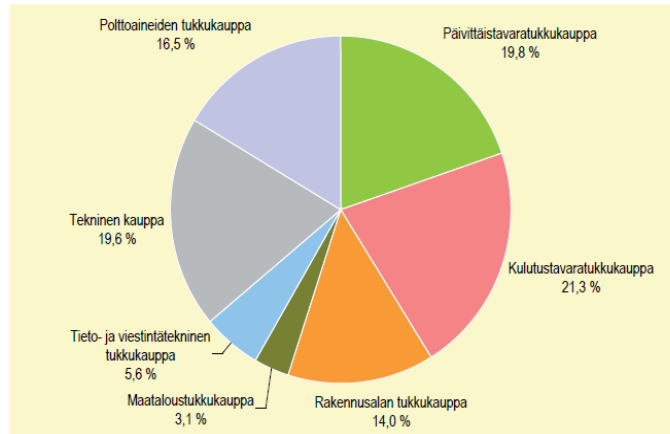
Pallon sisällä toimialan liikevaihto (ei sis. alv ja muita veroja) vuonna 2013, mrd euroa. Vähittäiskauppa yhteensä 39,5 mrd euroa (ilman autokauppaa).

Vuonna 2014 vähittäiskaupassa työskenteli 161 000 työntekijää ja myynti oli 39,5 mrd. euroa (kuva 20).

²⁴ https://www.pam.fi/media/vahittaiskauppa_suomessa_2015_web_20150629_smaller.pdf

Vastaavasti tukkukaupassa työskenteli vuonna 2009 72.500 työntekijää²⁵ ja myynti oli n. 70 mrd. euroa (kuva 21).

Kuva 21 Tukku kaupan markkinat toimialoittain vuonna 2008



Kuva1 Tukku kaupan markkinat toimialoittain vuonna 2008
Markkinat (lv) yhteensä 70 miljardia euroa
Lähde: Tilastokeskus ja yritysten vuosikertomukset

4.4 Tulevaisuuden näkymiä verkkokaupassa

Ulkomaiset verkkokaupat Suomessa:

- Ostaminen ulkomailta lisääntyy kaiken aikaa ”Tavaroiden verkkokaupasta lähes viidennes ostetaan jo muun kuin suomenkielisistä verkkokaupoista. Sisältöjen ostoissa muunkielisten osuus on jo kolmannes. Muunkielisten verkkokauppojen ostajamäärät kasvavat nopeammin kuin suomenkielisten verkkokauppojen”.
- Kiinasta tulevien verkkokauppalähetysten määrä on Suomessa lisääntynyt muutama vuoden ajan 50 prosentin vuosivauhtia.
- Posti kuljettaa kirjeinä jaettavia, Kiinasta peräisin olevia verkkokauppalähettyksiä jo noin 15 miljoonaa kappaletta vuodessa. Niiden kuljettaminen on Postille tappiollista²⁶.
- Arvonlisävero on myös ongelmallista. Yhteiskunnalta jää huomattava määrä veroja saamatta nopeasti kehittyneen ulkomaisen verkkokaupan osalta²⁷.
- Verkkokauppa vaatii kehitysresursseja, joita Suomessa on suhteessa vähäisesti, ja ”Suuret kansainväliset toimijat valtaavat Suomen markkinoita samaan aikaan, kun suomalainen kauppa yrittää toimia jollakin tavalla kannattavasti ilman suuria taustarahoittajia”.

Suomalainen verkkokauppa ei ole samassa määrin onnistunut kansainvälisillä markkinoilla, kuin esimerkiksi ruotsalaiset ketjut. Suomessa on kuitenkin myös onnistuneita ja menestyksekkäitä verkkokaupan toimijoita sekä Suomen markkinoilla että Suomen ulkopuolella.

²⁵ www.kauppa.fi/content/download/8357/99170/file/tukkukauppa2009.pdf

²⁶ <http://www.hs.fi/talous/art-2000005353622.html>

²⁷ <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/verottaaja-syynaa-verkkokaupan-almaksuja---ulkomaan-ostokset-erityistarkkailussa/2rVM5YiE>

Verkkokauppa ulkomailta sivuuttaa Suomessa olevat jakeluorganisaatiot, eli tukku- ja vähittäiskaupan.

Verkkokauppa vähentää sekä tukku- että vähittäiskaupan työntekijämäärien tarvetta kaupan tuottavuuden kasvaessa.

Verkkokauppa voi toisaalta avata uutta liiketoimintapotentiaalia suomalaisille verkkokaupoille, myös vientimielessä. Ja lisäksi: ”Uhan sijasta digitalisaatio on kaupallekin mahdollisuus tarjota parempia palveluita ja vaihtoehtoja omille asiakkailleen”.

Uudenmaan Liiton laatiman raportin 2014²⁸ mukaan verkkokaupan lisääntyminen on hyvin todennäköistä. Tämä lisää lentokuljetusten merkitystä ja näkyy myös jakeluliikenteessä. Kuljetusten suurta kuvaa se ei kuitenkaan muuta merkittävästi.

Verkkokauppa voi johtaa erityisaloilla nykyistä hajautuneempaan, verkostomaisempaan kaupan rakenteeseen, ja tämä vaikuttaa myös logistiikan verkkoon. Toisaalta on mahdollista, että kehitys johtaa nykyistä keskittyneempään rakenteeseen, jossa globaalisti toimivat yritykset hallitsevat markkinoita.

Suomalaisen kaupan kannalta keskeistä on vientimarkkinoiden luominen ja niiden logistiikan järjestäminen.

Verkkokauppa yleistyy todennäköisesti enemmän erikoistavarakaupassa ja sen merkitys jää vähäisemmäksi päivittäistavarakaupassa.

Päivittäistavaroidenkin osalta voi kuitenkin tapahtua, että massatuotteiden ostaminen siirtyy jossain määrin verkkoon, mutta tuoretuotteille, lihalle ym. laaduntarkkailua vaativille tuoteryhmille syntyy niihin erikoistuneita ja henkilökohtaisempaa palvelua tarjoavia liikkeitä.

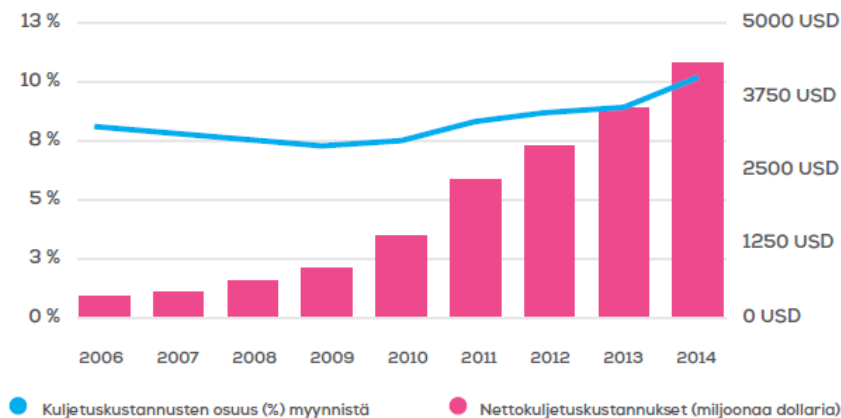
²⁸ https://www.uudenmaanliitto.fi/files/15162/Logistiikan_kehityskuva._4._vmk._E_136_-_2014.pdf

4.5 Verkkokaupan kehitysnäkymiä lukujen valossa

Verkkokauppa tulee lisääntymään myös jatkossa. Jos oletetaan, että tavaraverkkokauppa jatkaa kasvuaan 7 % vuosittain, niin vuoteen 2030 mennessä se on n. 3-kertainen verrattuna vuoteen 2014, jolloin se oli 3,6 mrd. euroa. Ja olisi siten 2014 rahassa n. 11 mrd. euroa edustuen n. 28 % vähittäiskaupasta.

”Kaupan trendit ja tulevaisuus” (Kivilahti 2015) julkaisu käsittelee verkkokauppaa. Amazonin kuljetuskustannukset kuvaavat tilannetta, jossa kuljetukset lisääntyvät verkkokaupan myötä (kuva 22).

Kuva 22 Amazonin nettokuljetuskustannusten kehittyminen



Nettokuljetuskustannus = Amazonin maksamat kuljetukset – asiakkailta perityt kuljetusmaksut.

Kuljetusten osuus Amazonin liikevaihdosta on kasvussa ja on n. 10 % vuonna 2014.

Päätelmiä

Lisääntyvän verkkokaupan vaikutus logistiikkakustannuksiin logistiikkaselvityksen rakenteella ja vuoden 2015 luvuilla on arvioitu seuraavassa taulukossa 5.

Taulukko 5 Verkkokaupan ja automaation vaikutus logistiikkakustannuksiin

Kustannuslaji	2015 % liikevaihdosta	Kustannus mrd. euroa	Verkkokaupan ja automaation vaikutus
Muut kustannukset	1,3	1,8	Ei merkittävää vaikutusta
Logistiikan hallinto kustannukset	0,9	2,6	Ei merkittävää vaikutusta
Varastoon sitoutuneen pääoman kustannus	4,5	7,3	Pääomien määrä alenee jakelukanavien suoristuessa ja varastojen vähenemisen myötä *)
Varastointikustannus	2,0	3,5	Alenee varastojen vähenemisen ja automaation myötä *)
Kuljetuskustannus	5,3	9,2	Lisääntyy kotiinkuljetusten lisääntymisen myötä *)
Yhteensä	14	24,4	

*) Kansainväliset kuljetusyhtiöt kuljettavat yleisesti lähetykset tilaajan kotiovelle. Mm. UPS ja DHL. Yhtiöt ovat laskeneet, että on kustannustehokkaampaa kuljettaa suoraan tilaajalle, kuin rakentaa välivarastoja organisaatioineen, josta tilaajat noutaisivat lähetyksensä. Tämä selittää, että varastointikustannukset ja varaston pääomakustannukset alenevat ja kuljetuskustannukset kasvavat.

Verkkokaupan ja automatisaation vaikutuksia vuoteen 2030 mennessä arvioidaan seuraasti:

- Vähittäis- ja tukkukaupan henkilöstön arvioidaan vähenevän n. 20 %, joka tarkoittaa n. 25 % tuottavuuden kasvua.
- Kuljetusten osuus tulee kasvamaan arviolta n. 20 %.
- Kaupan alan varastoihin sitoutuneen pääoman arvioidaan vähenevän 20 %

5. PALVELU- JA TERVEYDENHUOLLON ROBO- TIikka

5.1 Robotti on palvelurobotti, jos se ei ole teollisuusrobotti

Palvelurobotin määritelmä on pohjimmiltaan yksinkertainen: *palvelurobotti suorittaa ihmisille ja järjestelmille hyödyllisiä tehtäviä, jotka eivät liity teollisiin automaatoratkaisuihin*²⁹. Palvelurobotiikka kattaa siis koko sen robotiikan kirjon, joka jää tehtaiden latioilla ja valmistavassa teollisuudessa työskentelevien robottien ulkopuolelle: lypsyroboteista meren- ja avaruuden-tutkimusroboteihin ja varastojen logistiikkaroboteista lääketieteellisiin ja sosiaalisiin ns. kumppaniroboteihin. Palvelurobotti voi olla osin tai kokonaan itsenäisesti (autonomisesti) toimiva tai täysin teleoperoitu. Palvelurobotti toimii fyysisessä ympäristössä.

Logistiikkarobotit ovat nopeimmin kasvava robotiikan ryhmä³⁰, joka käsitellään pääosin toisaalla tässä raportissa. Tämä osio kattaa palvelurobotiikan osalta erityisesti

- Terveystenhuollon ja hoivan robotit eli hoivarobotiikka ("care robotics")
- Sairaalaympäristöjen robotit ("medical robotics") ja sairaalalogistiikka

5.2 Terveystenhuollon ja hoivan robotit eli hoivarobotiikka

5.2.1 Hoivarobotiikan lyhyt historia

Ensimmäisiä hoivarobotiikan patenteja haettiin 1970-luvun loppupuolella, ja hakemuksia tuli yksittäisiä vuosittain aina 1990-luvulle saakka. Patentit koskivat erityisesti robottikäsiä ja käsivarsia sekä navigointiratkaisuja. Seuraavat 10 vuotta olivat hienoista kasvua ja kehitys liittyi liikkuvan objektin paikantamiseen ja robottien oppimiseen. Tilanne alkoi muuttua selvästi vasta 2000-luvulle tultaessa. Patenttien vuosittainen määrä kasvoi 30-50:een ja niiden painopiste siirtyi robotin liikkumiseen ja vuorovaikutukseen ihmisen kanssa. Myös julkaisujen määrä on moninkertaistunut (kuva 23 ja 24). Uusimmat hoivarobotiikan kehitystrendit koskevat ihmistä muistuttavia humanoidiroboteja, luonnollista vuorovaikutusta (puhe, eleet, ilmeet, tunteet), robottien hyödyntämistä terapiassa ja hoidossa sekä kumppaniroboteja. (Goeldner, Herstatt, & Tietze, 2015)

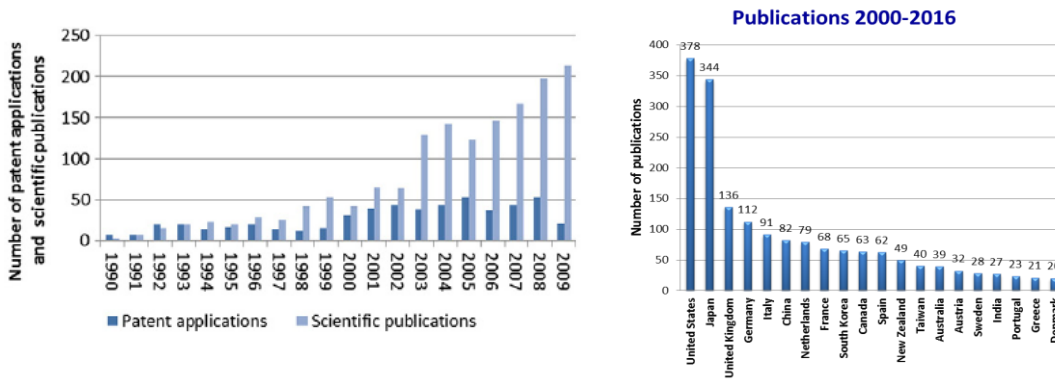
Kehitystyössä ovat aktiivisia erityisesti Japani ja Yhdysvallat; Euroopassa kehitystä johtavat Saksa, Italia, Hollanti ja Ranska. (Goeldner et al., 2015; Neuvonen, 2016). Lähes kaikki eli 94% ikääntyneille ja vammaisille tarkoitetuista kaupallisista avustavista robottiratkaisuista tulee aasialaisilta ja australialaisilta yrityksiltä. Lääketieteellisten robottien markkinat taas jakautuvat melko tasan eurooppalaisten, 52%, ja yhdysvaltalaisien, 48%, yritysten kesken.³¹

²⁹ ISO 8373 –standardi, <https://ifr.org/service-robots>

³⁰ https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2017_1.pdf

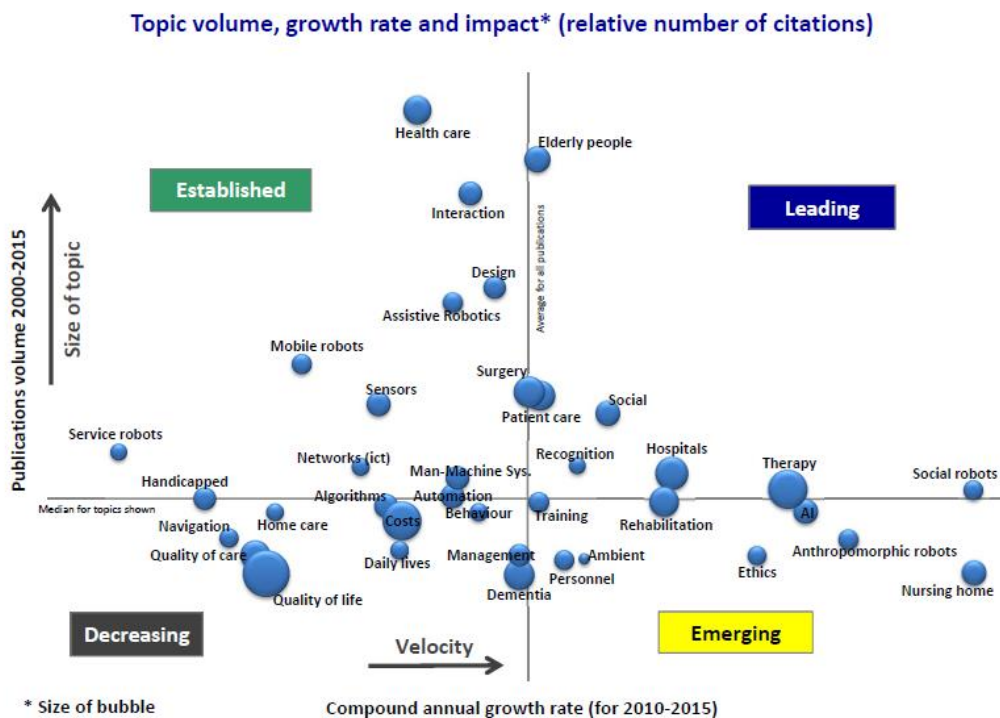
³¹ https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2017_1.pdf

Kuva 23 Terveysthuollon robotiikan kehittyminen. Vasemmalla patenttien ja julkaisujen määrän kehitys 1990-2008 (vuosi 2009 epätäydellinen)(Goeldner et al. 2015). Oikealla julkaisujen 2000-2016 määrän jakaantuminen maittain (Neuvonen 2016)



Kehittäminen on painottunut terveydenhuoltoon ja ikäihmisiin sekä vuorovaikutuksen parantamiseen. Uusia avauksia on tullut 2000-luvulla erityisesti sosiaalisen robotiikan, terapiaa tai muuta hoitoa toteuttavien robottien sekä tekoälyn tutkimuksessa (Kuva) (Neuvonen, 2016). Sairaaloihin ja hoivakoteihin tarkoitettuista roboteista on julkaistu enemmän kuin kotihoidon roboteista, mahdollisesti koska laitospäristön väliin ja säännönmukaisempiin tiloihin ja ruutiineihin on helpompi kehittää toistuviin tehtäviin tarkoitettuja robotteja kuin ahtaisiin ja yksilöllisiin yksityiskoteihin.

Kuva 24 Hoivarobotiikan julkaisujen määrä, kasvu ja vaikuttavuus sitaattien määrällä mitattuna (Neuvonen 2016)



5.2.2 Hoivarobotiikan kehitys ja käyttöönotto 10 vuoden sisällä

Suomessa ROSE-hankkeen (*Robotit ja hyvinvointipalvelujen tulevaisuus*³²) tuottamassa tiekartassa³³ on kartoitettu robotiikan mahdollisuuksia ikääntyneiden itsenäisen elämän ja korkealaatuisen vanhusten hoidon tukemisessa 5-10 vuoden aikajännteellä (kuva 25). Hoivassa käytettävien robottien sovellukset voidaan jakaa neljään osa-alueeseen: hoitohenkilökunnan tukemiseen, kuntoutukseen ja proteeseihin, henkilökohtaiseen fyysiseen apuun, sekä henkilökohtaiseen kognitiiviseen / sosiaaliseen apuun. (Lääketieteellisiä robotteja, kuten robotikirurgiaa, ei käsitellä osana hoivarobotiikkaa.)

Kuva 25 Hoivarobotiikan kehitys ja käyttöönotto ROSE-hankkeen tiekartan mukaan (Marketta Niemelä, VTT)



Terveydenhuollon ammattilaisten työn tukemiseksi robotit tarjoavat mahdollisuuksia hyvin määritellyissä tehtävissä, kuten sairaalogistiikassa, potilaiden siirrossa ja lääkkeiden jake-lussa. Etäläsnäolo (mahdollisesti robotilla) tulee saataville. Kuntoutuksen ja proteesien alalla voidaan käyttää robottivusteisia kuntoutusharjoituksia. Robotisoituja proteeseja käytetään avustamaan ylä- ja alavartalon liikkuvuutta.

Henkilökohtaiseen apuun liittyen saataville tulee robotisoituja apuvälineitä kuten ns. älykkäitä pyörätuoleja ja rollaattoreita. Uusia yksittäisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettuja robotteja tulee saataville esimerkiksi siivoukseen sekä auttamaan henkilökohtaisessa hygieniassa. Sosiaali- sesti ja kognitiivisesti avustavat robotit tukevat ihmisten välistä viestintää, tarjoavat tietoa ja opastusta, vastaavat kysymyksiin sekä tukevat arjen sujumista esimerkiksi muistutuksilla. Ro- botit voivat myös tarjota kognitiivisiä harjoituksia, esimerkiksi harjoituksia, jotka voivat olla hyödyllisiä varhaisen vaiheen dementiaa sairastaville (kuva 26).

Yleiskäyttöisiä avustavia robotteja ei nähdä seuraavien 10 vuoden aikana johtuen teknologian kypsyttömyydestä.

³² <http://roseproject.aalto.fi/fi/>

³³ Robotics in Care Services: A Finnish Roadmap. ROSE-konsortio, 1.6.2017. <http://roseproject.aalto.fi/images/publications/Roadmap-final02062017.pdf>

Kuva 26 Yleiskäyttöiset avustavat robotit kuten Fraunhofer IPAn kehittämä Care-o-Bot³⁴ vaativat vielä 10-20 vuotta kehitystyötä yleistyäkseen kodeissa



5.2.3 Hoivarobotiikan tehokkuus

Hoivarobotiikkaa on tutkittu erityisesti hyväksyttävyyden ja teknisen kelpoisuuden näkökulmista. Vaikuttavuuden ja tehokkuuden tutkimus on vähäisempää. (Khosravi & Ghapanchi, 2015) ovat selvittäneet kirjallisuuskatsauksessaan onko ICT- ja robotiikkateknologiasta todellista hyötyä ikäihmisille ja hoivan tehostamisessa. **Kroonisten sairauksien hoidossa testatut etähoitoteknologiat arvioitiin hyvin tehokkaaksi.** Jonkin verran tehokkaaksi todettiin yksinäisyyden lieventämiseen, depression hoitamiseen, hyvinvoinnin lisäämiseen ja itsenäisen asumisen tukemiseen tarkoitetut ICT-, seuranta, robotti- ja etähoidon sovellukset.

Eryyisesti robotin käytön kustannustehokkuutta on tutkittu osana terveystutkimuksia uusiseelantilaisella maaseutuklinikalla (Broadbent et al., 2015). Tutkimuksen mukaan yksinkertaista robottia voitaisiin käyttää 20% konsultaatiokäynneissä ohjeistamaan käyttäjää itsemittauksissa ja toimittamaan mittaustiedot hoitohenkilökunnalle. Tämä johtaisi konsultaatioajan lyhenemiseen ja näin työaikakustannusten vuosittaiseen vähenemiseen (n. 11300€) noin kaksi kertaa sen verran mitä robotin vuosikustannukset olivat (n. 5600€).

Suomessa Evondos-yritys esittää kotisivuillaan laskelmia, joiden mukaan kotiin lääkeautomaattipalvelun käyttöönotto 50 000 asukkaan kunnassa johtaa 0,6-1 M€ vuotuisiin suoriin kustannussäästöihin. Kotiin sijoitettavan lääkeautomaatin avulla hoitohenkilöstön käyttämä aika vapautuu lääkkeiden annostelusta välittömään hoitotyöhön, ja lääkkeiden jakeluun ja ottamisen valvontaan liittyviä kotikäyntejä voidaan vähentää. Näin pystytään palvelemaan kasvavia asiakasmääriä kasvattamatta hoitohenkilöiden määrää.³⁵

Vaikka tehokkuusarviot yksittäistapauksissa olisivat myönteisiä, robotiikan ja automaation käyttöönottoon sosiaali- ja terveyssektorilla liittyy useita ei-teknisiä haasteita liittyen mm. suhtautumiseen ja liiketoimintaekosysteemin kehittymättömyyteen. Vaikka suomalaisten suhtautuminen robotiikkaa kohtaan on myönteistä, vain noin puolet suomalaisista suhtautuu positiivisesti robottien käyttöön vanhusten ja vammaisten hyödyksi (Special Eurobarometer 427, 2015).

Osin epärointi johtunee tiedon puutteesta, mitä hoivarobotit ovat ja mihin ne kykenevät. Esimerkiksi vain 4 %:lla hoitotyöntekijöistä (N=3399) on kokemusta jonkinlaisesta palvelurobotista hoitotyössä (Turja, Van Aerscht, & Särkikoski, 2017). Päätävässä asemassa olevilla

³⁴ <http://www.care-o-bot-4.de/>

³⁵ <https://evondos.fi/terveydenhuollon-tarjoajille/>

on yleensä enemmän tietoa ja he myös suhtautuvat hoivarobotiikkaan positiivisemmin. Lappeenrannan teknillisen yliopiston toteuttaman kyselyn³⁶ mukaan hyvinvointipalvelujen sidosryhmien (kunnat, yritykset, hoiva-alan organisaatiot, ministeriöt, sairaanhoitopiirit jne.) vastaajista 76% suhtautuu myönteisesti robotiikan käyttöön hyvinvointipalveluissa ja vain noin 4% kielteisesti. Lähes kolme neljäsosaa (73%) arvioi, että robotiikalla tulee olemaan merkittävä rooli hyvinvointipalveluissa. Toisaalta vain noin kolmasosa (35%) näkee, että robotiikka tulee ratkaisemaan hyvinvointipalvelujen riittävyteen liittyvät ongelmat. 65 % vastaajista oli samaa mieltä väitteen ”robotiikka tulee korvaamaan ihmisten tekemää työtä hyvinvointipalveluiden tuottamisessa” kanssa.

Suomalainen liiketoiminta- ja innovaatioekosysteemi hoivarobotiikassa on kehittymätön (ROSE consortium, 2017). Terveysteknologiaa ja hoivarobotiikkaa kehittävät ja maahantuoavat yritykset näkevät useita haasteita teknologian tuomisessa markkinoille. VTT:n tekemän haastatteluselvityksen³⁷ mukaan teknologian hyötyjä on vaikea osoittaa ja tarvetta on pitkäaikaiselle, kattavalle, luotettavalle, puolueettomalle ja eri vaihtoehtoja tarkastelevalle tutkimustiedolle.

Kunnilta ja julkisista organisaatioilta puuttuu hankintaosaamista: ostajat nähtiin usein varovaisina ja kyvyttöminä huomioimaan teknologiaratkaisujen elinkaarikustannuksia sekä pitkäaikaisia hyötyjä. Mittavatkin yhteiskunnalliset hyödyt (terveys ja kustannussäästö) kohdentuvat maksajaorganisaation vastuualueen ulkopuolelle, minkä nähtiin vähentävän hankintaintoa ja maksuhalukkuutta. Nykyisellään myös julkisen ostajatahon löytäminen esimerkiksi kotona asumista tukeville teknologisille ratkaisuille on vaikeaa.

Yritykset odottavatkin selkeää SOTE-hallintomallia, jossa kokonaisratkaisujen hankintavastuut yksinkertaistuisivat ja hankintavastaavien teknologiaosaaminen vahvistuisi. Lisäksi tarvitaan järjestelmällistä ja monialaista tutkimus-, innovaatio- ja koulutusohjelmaa hoivarobottien käyttöön ja kehittämiseen³⁸.

5.3 Sairaalaympäristöjen robotit ja sairaalalogistiikka

5.3.1 Sairaalakirurgian ja tehohoidon robotit

Sairaalakirurgian robotit ovat tyypillisesti etäoperoituja laitteita, joita kirurgit valvovat, ohjaavat ja operoivat. Robotin avulla voidaan tehdä hyvin tarkkoja operaatioita. Esimerkiksi tikkien tekemisessä robottien on arvioitu olevan vähintään yhtä hyviä kuin ihmiskirurgien. Autonomiset kirurgirobotit ovat kuitenkin vielä tutkimusasteella.³⁹

Leikkausrobotit ovat kuitenkin saavuttaneet kaupallisen menestyksen viime vuosina. Esimerkiksi Da Vinci -robotti on käytössä jo tuhansissa sairaaloissa maailmanlaajuisesti. Suomessa on useita laitteita yliopistollisissa sairaaloissa. Hyödyt ovat olleet ilmeisiä. Käsityötä pienemmät ja tarkemmat avanteet kudoksissa nopeuttavat huomattavasti potilaan paranemista ja sairaalassaolo on lyhentynyt.⁴⁰

Robottivusteinen kirurgia on kallista, ja kustannuksia nostaa kilpailun puute laitemarkkinoilla. da Vinci -robotin hinta on noin 1,5M€. Se sisältää laitteen, takuun ja huoltosopimuksen (12

³⁶ https://www.lut.fi/documents/10633/479354/lut_robotit_innovaationa_hyvinvointipalveluissa_lowres.pdf/a62efb8e-102e-4514-9e45-7bc9bebb25d2

³⁷ <http://roseproject.aalto.fi/fi/blog/33-blog9>

³⁸ Robotics in Care Services: A Finnish Roadmap. ROSE-konsortio, 1.6.2017. <http://roseproject.aalto.fi/images/publications/Roadmap-final02062017.pdf>

³⁹ <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/robotics/medical-robots/autonomous-robot-surgeon-bests-human-surgeons-in-world-first>

⁴⁰ <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/64936/Julkaisuja%202-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

kuukautta), leikkaustiimin koulutuksen omassa sairaalassa ja jossain eurooppalaisessa yksikössä (esim. kuusi henkilöä). Huoltosopimus maksaa noin 100 000 euroa vuodessa. Lisäksi kertakäyttöinen leikkausvälineistö maksaa noin 1 400 euroa jokaista toimenpidettä kohti.⁴¹

Tutkimusten mukaan robotilla pitäisi suorittaa 300-500 leikkausta vuodessa, jotta hankinta olisi taloudellisesti kannattava. Kuopiossa KYS:ssä arvioitiin uudella Da Vinci Xi -leikkausrobotilla vuoden 2016 aikana tehtävän noin 200 leikkausta ja jatkossa 500 vuosittain. KYS:n robottileikkauksia suunniteltiin tehtäväksi urologiassa, vatsaelinkirurgiassa ja gynekologiassa, ja myöhemmin myös korva-, nenä- ja kurkkutaudeissa ja rintaelinkirurgiassa.⁴²

BCC Researchin raportin mukaan robotin avustuksella tehtävän luukirurgian markkinoista on 70 % USA:ssa ja kokonaismarkkinat kasvavat keskimäärin 41 % vuodessa välillä 2014–19. Wintergreen Research ennustaa, että kuntoutusrobottien markkinat kasvavat vuoden 2014 markkinakoosta 43 MUSD kokoon 1 800 MUSD vuonna 2020. Röntgenlaitteiden valmistus on Suomessa ollut perinteisesti vahvaa. Terveystieteiden työntekijöiden säteilyannoksen minimoimiseksi röntgenlaitteisiin on tulossa myös robottimaisia piirteitä. Nämä edesauttavat sujuvampaa työskentelyä laitteen ympäristössä. Kehitystyö on alalla vahvaa.

Tutkimuksen kohteena ovat voimakkaasti myös erilaiset exoskeleton-laitteet (ulkopuolinen tukiranka) tai aktiiviset proteesit, joiden avulla halvaantunut potilas voisi palauttaa raajojen liikkumiskykyä tai toisaalta hoitohenkilöstö selviää erilaisista nostotehtävistä käyttäessään niitä. Kaupallisia menestystarinoita alalla ei vielä ole⁴³

Ortopedisiä leikkausrobotteja käytetään polven, lantion ja selkärangan operaatioissa. Jälleen menestyksen takana on ihmistä tarkempi leikkausjälki ja tarkemmin istutetut implantit, mikä nopeuttaa paranemista. (Lehtinen, 2017).

McKinsey esittää skenaarion ensiapupolin (päivystyshuoneen) automatisoinnista: *Potilaat esirekisteröidään älypuhelimella. Ensiapuun saapuessaan heille laitetaan puettava monitorintilaite, esim. ranneke, joka seuraa keskeisiä elintoimintoja. Ensimmäiset pikadiagnoosit syntyvät automaation tukemana. Laboratoriotestit raportteineen tuotetaan automaattisesti. Poistumiskirjaamisvaiheessa lääkitykseen, laskutukseen yms. liittyvät raportit tuotetaan automaattisesti. Sairaalahoitoon siirryttäessä kuljetusrobotti vetää potilassängyn sekä tuo lääkkeitä ja instrumentit hoitopaikalle. Automaattiapteekki huolehtii lääkejakelusta. Tekoälyalgoritmit ehdottavat diagnoosia ja hoitomuotoa.*

Tekoälystä on hyötyä erityisesti monimutkaisissa ja täsmähoitoa vaativissa tapauksissa. McKinseyn mukaan skenaarion hyödyt olisivat hoitajien ja lääkäreiden kasvanut tuottavuus, potilaiden lyhyempi odotusaika sekä paremmat hoitotulokset. Hyödyistä 30% tulisi suorituskyvyn lisääntymisestä ja 70% henkilöstön korvaamisesta. Tuottavuuden noustessa työpaikkojen määrä puolittuisi, ja työvoiman tarve vähenisi erityisesti vastaanotossa ja laboratoriotestauksessa. (Bughin et al., 2017).

5.3.2 Apteekkirobotit

Apteekkirobotti Mega-Fixu on otettu käyttöön Suomen suurimmassa sairaala-apteekissa HUS-Apteekissa 2015. Täysautomaattinen järjestelmä sisältää seitsemän robottikäsivartta. Kaksi niistä syöttää varastoon sisään 4 000–5 000 lääkepakettia päivässä. Neljä kättä keräilee ja hyllyttää paketteja noin 1 500 paketin tuntivauhdilla. Yksi robottikäsistä laittaa kansia ja

⁴¹ <http://duodecimlehti.fi/duo99423>

⁴² <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=147685889>

⁴³ Ks. edellinen

osoitetarroja kuljetuslaatikoihin, jotka järjestelmä automattisesti sinetöi. Lääkevarastoon mahtuu kerrallaan 150 000 lääkepakettia.

Valmistajien omien ilmoitusten mukaan 2015 asennettujen robottien kokonaismäärä olisi apteekeissa vähintään 142: Rowia 62, New Iconeita 46 ja Consiksia 34 (RoboPharmasta ei tietoa). Lisäksi saksalainen Rowa vuokraa robotteja.

Apteekkirobotin hyödyt ovat potilasturvallisuus paranemisessa ja apteekin toiminnan tehostumisessa, kun turhat rutiinit ja logistiset prosessit eivät vie farmaseuttiselta henkilökunnalta työtunteja. Automaateilta halutaan myös enemmän apua analytiikkaan ja varastonhallintaan. Robotti vie itsenäisesti suurimman osan reseptitavaroista paikalleen, joten hyllyttäjää ei tarvita. Tilausvirheet on helppo tarkistaa, eikä inventointia tarvita. Iso robotti voi toimia myös varastona.⁴⁴

5.3.3 Sairaalogistiikka

Logistiikkaroboteilta odotetaan paljon sairaalan materiaalikuljetusten automatisoimiseksi. Esimerkiksi yhdysvaltalaisen Aethonin TUG-robotti (ks. kuva) kulkee kutsusta tai aikataulutetuna itsenäisesti osastolta toiselle: se osaa suunnitella reittinsä, väistää esteitä matkan varrella, avata sähköovet ja käyttää hissiä sekä asettua latausasemaan.

Ihmistyövoimaa tarvitaan robotin pakkaamiseen ja tavaroiden purkamiseen. Sairaalan pohjakartta ohjelmoidaan robottijärjestelmään valmiiksi ja fyysiseen ympäristöön tarvitsee tehdä vain vähän muutoksia jos lainkaan. Kytkeä sähköviin ja hissijärjestelmään toimii langattoman verkon kautta ja vaatii jonkin verran valmistelutyötä.

TUG-järjestelmän etu on työskentely 24/7 joustavasti sairaalaosastojen tarpeen mukaan. Esimerkiksi ilta- ja yökuljetuksia pystytään hyödyntämään paremmin. TUG-järjestelmiä on maailmanlaajuisesti käytössä yli 125 sairaalassa, yhteensä 450 robottia⁴⁵. Järjestelmän hyötyjä yhdysvaltalaisissa sairaaloissa on raportoitu artikkelissa (Bloss, 2011) (kuva 27).

Suomessa järjestelmän on otettu käyttöön Seinäjoen keskussairaalassa syksyllä 2016 kahdella robotilla (kuva 28). Robottia voi käyttää myös kuljettamaan potilassänkyjä (Bughin et al., 2017).

Kuva 27 TUG-logistiikkarobottijärjestelmän hyötyjä amerikkalaisissa sairaaloissa (Bloss 2011)



⁴⁴ <http://www.apteekkari.fi/uutiset/robottien-suosio-jatkuu-apteeekeissa.html>

⁴⁵ http://www.aethon.com/wp-content/uploads/2017/01/TUG_HIT_-infographics.pdf

TUG-robotit valmistaneen Aethon-yrityksen ja sen Suomen-edustajan Eagle Datan mukaan yhdysvaltalaisissa sairaaloissa Seinäjokea vastaavat usean robotin järjestelmän investoinnit ovat maksaneet itsensä takaisin 3–4 vuodessa. Tällä tehokkuustasolla toimiessaan yksittäinen kuljetusrobotti säästäisi sairaalalle noin 40 000–50 000 euroa vuodessa.

Isossa sairaalassa parinkymmenen robotin järjestelmällä päästäisiin siis miljoonaluokan säästöihin.⁴⁶

Muita sairaalan autonomisia kuljetusrobotteja ovat esimerkiksi Helpmate, Panasonic Hospi, SwissLog RoboCourier, Vecna QC Bot ja RobCab.

Kuva 28 Logistiikkarobottijärjestelmän käyttöönotto Seinäjoen keskussaira- lassa on tuonut hyötyjä jo puolen vuoden kokemusten perusteella⁴⁷

Suomessa TUG-järjestelmä on otettu käyttöön Seinäjoen keskussairaalassa syksyllä 2016. Alkuvaiheessa järjestelmään on kuulunut kaksi robottia, jotka ovat kuljettaneet instrumentteja keskustarvikevaraston, välinehuollon ja kolmen osaston välillä. Kevästä 2017 alkaen robotit ovat palveleet jo 17:ää osastoa. Käyttöaste on ollut 80%. Kokonaisuudessaan järjestelmä tulee sisältämään 5-8 robottia, jotka kuljettavat myös ruokaa ja lääkkeitä.

Puolen vuoden kokemusten perusteella järjestelmä on tuonut hyötyjä. Kuljetuksia voidaan tehdä kellon ympäri, mikä on lisännyt tarvikkeiden saatavuutta ja vähentänyt ja ruuhkaa käytävillä. Vähennyksiä on saatu aikaan myös kuljetushenkilöstön kuluissa ja fyysisesti kuormittavassa kuljetustyössä. Positiivinen suhtautuminen on lisääntynyt sisäisesti ja ulkoisesti.

Järjestelmän hinnaksi on arvioitu 1,4 M€, joka jakaantuu kolmelle vuodelle. Takaisinmaksuajaksi on laskettu seitsemän vuotta.



Kuva: Marketta Niemelä VTT

5.3.4 Tekoälyn merkitys terveydenhuollossa

Digitalisaatio, big data ja tekoäly luovat radikaalisti uusia toiminnan ja liiketoiminnan mahdollisuuksia terveydenhuollossa. Nyt ammattihenkilöstön hyödyntämä terveysteknologia (lääkinnälliset laitteet, jotka ovat regulaation piirissä) on Suomen suurin korkean teknologian vientiala, joka työllistää noin 10 000 henkilöä 300 yrityksessä, ja jonka vientiarvo on yli 2 Mrd euroa (2016, kasvua 9,7% edellisestä vuodesta⁴⁸). Kun mukaan lasketaan oheispalvelut ja ohjelmistomyynti, vientiarvo nousee lähelle 4 Mrd euroa. Viennin arvo on kasvanut keskimäärin 6,2% vuodessa. Suurin osa arvosta tulee nimenomaan lääketieteellisten laitteistojen vientistä. Uusia mahdollisuuksia ennakoitaan terveydenhuollon ja hyvinvoinnin ohjelmistoissa ja tekoälyssä sekä palveluissa.⁴⁹

Tekoälyn merkitys terveydenhuollossa kasvaa. Insinöörien yhteisö IEEE pitää kirjaa tekoälyn saavutuksista perinteisesti lääkäreille kuuluneissa tehtävissä.⁵⁰ Vaikka lääkärit osuvat oikeaan yleisissä diagnooseissa, tekoäly on jo osoittanut kyntensä esimerkiksi Alzheimerin taudin ja autismin tunnistamisessa varhaisessa vaiheessa (Ks. kuva). Tekoäly ennusti aivokuvista 90%:n tarkkuudella, kenellä potilaista kehittyisi Alzheimerin tauti. Perinteisillä menetelmillä

⁴⁶ <http://www.eva.fi/wp-content/uploads/2016/09/Robotit-t%C3%B6ihin.pdf> (Andersson et al., 2016), s. 41

⁴⁷ <http://roseproject.aalto.fi/fi/blog/32-blog8>

⁴⁸ http://healthtech.teknologiateollisuus.fi/sites/healthtech/files/htf_vientitilasto_2016.pdf

⁴⁹ <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2017/T304.pdf>

⁵⁰ <https://spectrum.ieee.org/static/ai-vs-doctors>

ennustustarkkuus on noin 65%. Edelleen tekoäly ennusti aivokuvien perusteella 81%:n tarkkuudella kenellä lapsista todettaisiin myöhemmin autismi. Tavallisesti käytetyillä käyttäytymistä seuraavilla kyselylomakkeilla päästään vain 50% tarkkuuteen.

5.4 Robotiikan ja automaation vaikutukset

Sosiaali- ja terveysalan toimialan työllisten määrä on n. 400 000 henkilöä. Vuonna 2030 kysynnän arvioidaan olevan n. 458 000 henkilöä. Koulutus voi riittää täyttämään mm. eläköitymisestä seuraavan työvoimavajeen. Tosin työn tuottavuus sosiaali- ja terveysalalla ei ole kasvanut vaan on ollut toimialalla negatiivinen koko 2000-luvun ja että koulutuksen läpäisykertoimet eivät ole nousseet tavoitetasolle.⁵¹

Neljä viidestä terveys- ja sosiaalipalveluiden asiantuntijoista uskoo, että työvoiman riittävyys tulevaisuudessa on haaste sekä terveys- että sosiaalipalveluissa⁵².

Teknologia on tärkein tuottavuuden kasvun lähde useimmilla toimialoilla. Hyvinvointialan strategisen kehittämissuunnitelman HYVÄn (2009-2015) viiteryhmälle suunnatun kyselyn (N=181) mukaan **asiantuntijoista 92% uskoo, että teknologialla on kohtalainen tai merkittävä rooli sosiaali- ja terveydenhoitoalan tulevaisuuden haasteiden – työvoiman saatavuuden ja taloudellisten resurssien riittävyyden – ratkaisemisessa** (Kuva 29)⁵³.

Merkittävimpien alan kehitykseen vaikuttavien teknologioiden uskotaan olevan seuraavat:

- etäkonsultaatiot ja yhteydenpito
- sähköiset potilastiedot ja tietojen vaihtorakenteet
- sähköinen asiointi
- etämonitorointi ja ihmisen mittaaminen
- turvapuhelinteknologia ja paikannuspalvelut.

Kuva 29 Tärkeimmät teknologiat, jotka tulevat vaikuttamaan terveys- ja sosiaalipalveluiden haasteiden ratkaisemiseen HYVÄ-ohjelman viiteryhmälle suunnatun kyselyn mukaan⁵⁴

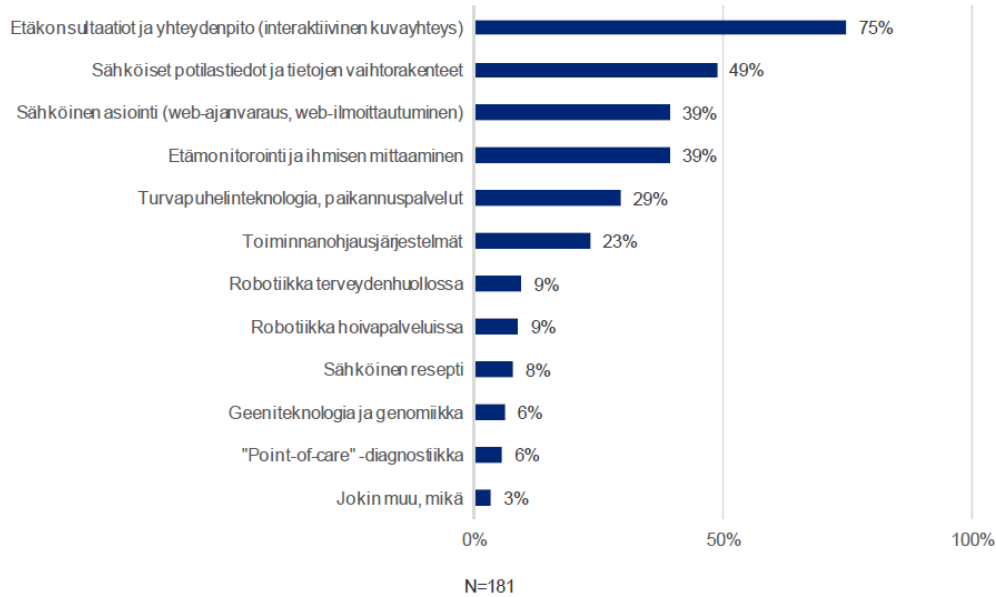
⁵¹ Koponen, 2015. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75078/TEMraportti_13_2015_web_27022015.pdf?sequence=1

⁵² (TEM, 2015)

⁵³ (TEM, 2015)

⁵⁴ (TEM, 2015)

Mitkä ovat tärkeimmät teknologiat jotka tulevat vaikuttamaan toimialan haasteiden ratkaisemiseen (työvoiman saatavuus, taloudellisten resurssien riittävyys)? Valitse kolme tärkeintä.



Erytisesti etäteknologialla voidaan korvata ja tehostaa henkilötyötä vaativia käyntejä ja vähentää logistiikkaan kuluva-aikaa. Tietojärjestelmiä voidaan hyödyntää ohjaamaan asiakkaita automatisoidummin oikeiden palveluiden piiriin. Nimenomaan robotiikan vaikutukseen terveydenhuollossa ja hoivapalveluissa uskoo 9%.

Tekoälyn, ihmisen ja robotin vuorovaikutuksen ja mekatroniikan edelleen kehittyessä ja yhdistyessä omahoitosovellusten ja etäterveydenhuollon kehittymiseen robotiikka ja automaatio tulevat hoitamaan hoidon tausta- ja rutiinitehtäviä. Esimerkiksi erään arvion mukaan jopa 20% sairaanhoitajien ja lähihoitajien tehtävistä vanhusten pitkäaikaishoivassa voidaan hoitaa automaatiolla ja roboteilla, erityisesti sairaala- ja logistiikkaroboteilla⁵⁵. Lappeenrannan teknillisen yliopiston toteuttamassa tuoreessa kyselyssä eri toimijoille kuten kunnille, yrityksille ja hoiva-alan organisaatioille 65 % vastaajista oli samaa mieltä väitteen ”robotiikka tulee korvamaan ihmisten tekemää työtä hyvinvointipalveluiden tuottamisessa” kanssa⁵⁶.

Robottien uskotaan myös toimivan terapiassa ja jo nyt autististen lasten opetuksessa ja muistisairaiden vanhusten hoidossa käytetään eläinterapiarobotteja. Robotiikkaa tullaan tarvitsemaan, sillä hoito- ja hoiva-alan työvoimapulan odotetaan kärjistyvän tulevaisuudessa sekä lääkäreiden että hoiva-alan työntekijöiden osalta⁵⁷.

Vielä nyt sosiaali- ja terveyspalvelujen robotisaatio ja automaatio merkittävässä määrin näyttää kuitenkin haastavalta. Erytisesti sosiaalipalvelut nähdään vaikeana automatisoida, koska ne sisältävät paljon vuorovaikutusta ihmisten kesken. Työtehtävät vaativat runsaasti sosiaalista älykkyyttä ja sorminäppäryyttä – taitoja, joissa robotit ovat heikoilla ainakin toistaiseksi. Britanniassa yritysjohtajille tehdystä kyselystä⁵⁸ (kuva 30) lääketieteellisten ja terveyspalvelujen johtajista vain 2% näki tekoälyllä ja robotiikalla olevan merkittäviä mahdollisuuksia vaikuttaa työpaikkoihin omassa organisaatiossaan 10 vuoden kuluessa⁵⁹ – verrattuna esimerkiksi 21% liikenteen ja jakelualan johtajista, 15% vähittäismyynnin johtajista tai 4% matkailu-, hotelli- tapahtuma- ja vapaa-ajan palvelujen johtajista.⁶⁰

⁵⁵ Andersson et al. (2016)

⁵⁶ https://www.lut.fi/documents/10633/479354/lut_robotit_innovaationa_hyvinvointipalveluissa_lowres.pdf/a62efb8e-102e-4514-9e45-7bc9bebb25d2

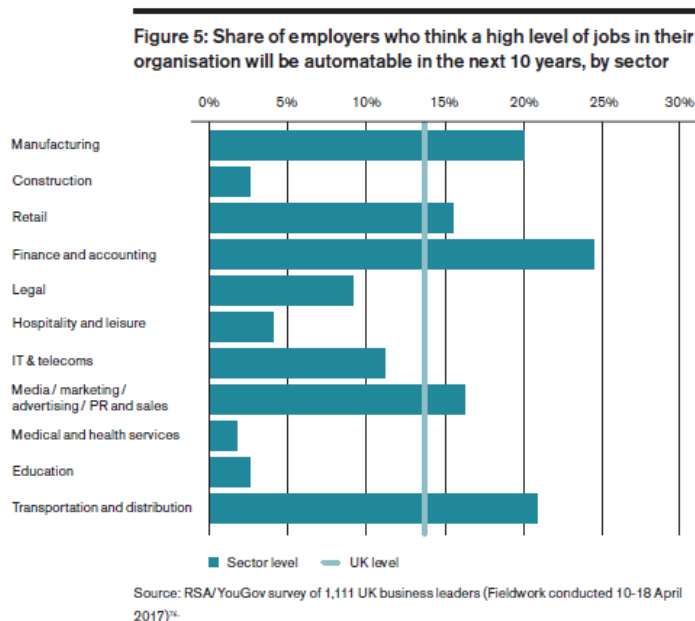
⁵⁷ (TEM, 2015); https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75084/TEMrap_3_2015_web_15012015.pdf?sequence=1

⁵⁸ https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/rsa_the-age-of-automation-report.pdf

⁵⁹ Raportin kirjoittavat huomauttavat, että selvitykseen osallistui lääketieteellisten ja terveyspalvelujen johtajia suhteellisen pieni määrä, 37 vastaajaa.

⁶⁰ (Dellot & Wallace-Stephens, 2017)

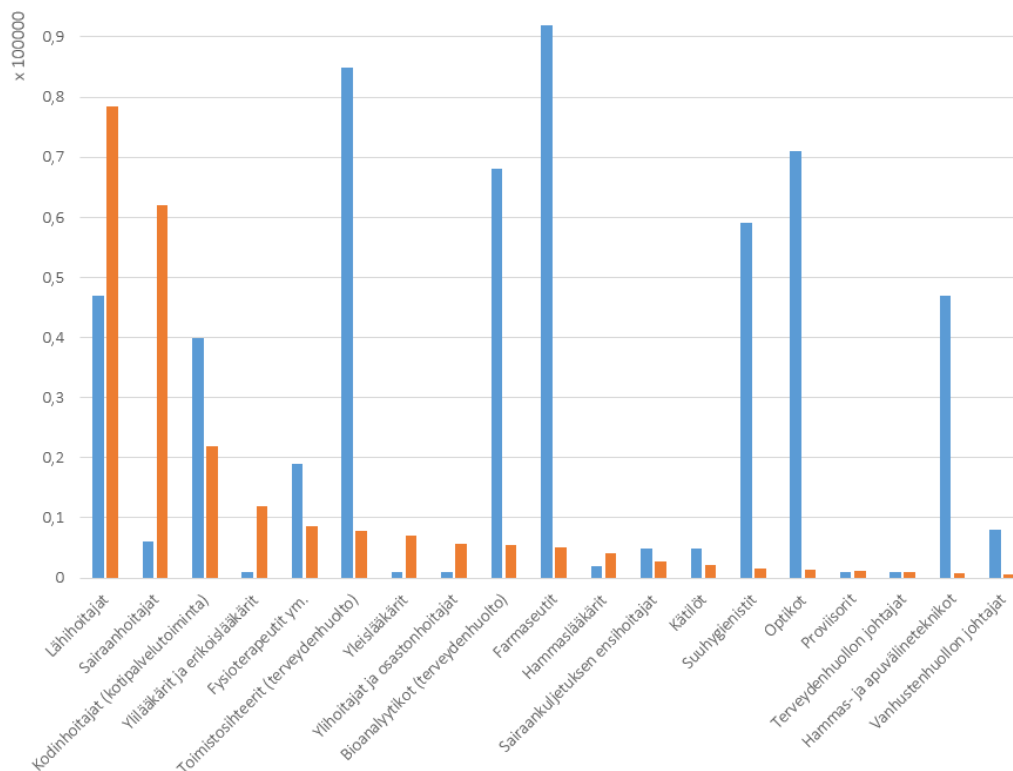
Kuva 30 Yritysjohtajien näkemys siitä, miten paljon heidän organisaatiostaan voidaan automatisoida seuraavan kymmenen vuoden kuluessa



Suomessakin terveydenhuollon ja sosiaalityön ammattien automatisoitumisen riski onkin matalampi kuin ammattien keskimäärin: Pajarisen ja Rouvisen (2014) mukaan automatisoituminen vaikuttaa merkittävästi noin kolmasosaan suomalaisista työpaikoista 10-20 vuoden kuluessa ja korkein todennäköisyys työn automatisoitumiselle on kauppa-apulaisten, sihteerien, pankkivirkailijoiden ja toimistosihteerien ammattiryhmissä. Sen sijaan sairaanhoitajat, lastenhoitajat, sosiaalityöntekijät ja terapeutit ovat matalan riskin kategoriassa. **Kuitenkin myös lähihoitajien ja kotihoitajien ammattiryhmien todennäköisyys automatisoitumiselle on 40-50%**⁶¹ (Kuva 31).

Kuva 31 Terveydenhuollon ammattiryhmät (2011) ja todennäköisyys työnkuvan muutoksille (Lehtinen 2017)

⁶¹ Berghäll & Honkatukia. On syytä täsmentää, että automatisoitumisen todennäisyys on johdettu Freyn ja Osbornen (2014) mukaisesti tarkastelemalla sitä, kuinka paljon ammatin työtehtävistä on automatisoitavissa puhtaasti teknisessä mielessä – mitä sellaiset teknologiat kuin koneoppiminen ja mobiilirobotiikka mahdollistavat. Erityisesti ns. ihmiskeskeiset työt, joissa hyödynnetään sosiaalista älykkyyttä, sorminäppäryyttä ja luovuutta, ovat vaikeita automatisoida. Kokonainen työnkuva sisältää vaihtelevasti ja saumattomasti siirtymistä tehtävästä toiseen, mikä on robotille hyvin vaikeaa. Tarkastelu ei ota kantaa siihen, miten ammatin työnkuva voi muuttua ja kehittyä teknologian käyttöönoton myötä.



Kaikkiaan robotiikan ja automaation vaikutusta erityisesti terveydenhuollon ja hoivapalveluiden tuottavuuteen on hyvin vaikea arvioida. Työn tuottavuus sosiaali- ja terveysalalla ei ole kasvanut vaan on ollut toimialalla negatiivinen koko 2000-luvun. Työn ja palvelujen tuottamisprosesseja on joka tapauksessa kehitettävä teknologian käyttöönoton rinnalla.

Merkittävin kustannus tulee työvoimasta – esim. hoivapalveluissa henkilöstömenot ovat noin 70% tuotantokustannuksista⁶² – ja robotiikka ja automaatio voi nousta merkittäväksi tekijäksi prosessien kehittämisessä. Teknologian vaikutukset sosiaali- ja terveysalan tuottavuuteen ovat kuitenkin kaksitahoisia: toisaalta esimerkiksi etähoidon ratkaisut alentavat hoivan ja hoidon kustannuksia; toisaalta teknologia mahdollistaa kalliimpien hoitomuotojen käyttöönoton⁶³.

Uuden teknologian tukemana saatetaan kuitenkin onnistua järjeistämään hoivatyötä siinä mittassa, että hoiva- ja hoivapalvelujen työn tuottavuus paranee tulevaisuudessa Suomessa perinteistä 0,5% vuosivauhtia⁶⁴.

McKinseyn mukaan eräs suuri OECD-maa arvioi saavuttavansa digitaalisatiota hyödyntämällä jopa 7-11,5% kustannussäästöt terveystoimissaan. Säästöpotentiaalista 3-4 prosenttiyksikön osuus tulisi nimenomaan prosessien digitalisoinnista ja automatisoinnista: 1.7-2.7% akuuttihoitojen automatisoinnista ja 1.0-1.1% perusterveys- ja sosiaalipalvelun automatisoinnista (mm. e-reseptit ja sähköinen ajanvaraus). Robotiikka ei erikseen näy arvioissa.⁶⁵

Kokonaisuudessaan sote-palvelujen tuottavuuden kasvu voinee olla korkeintaan muutamia prosentteja 2030 mennessä. Tästä merkittävä osa tulee omahoidon, etähoidon ja prosessien digitalisoinnin ja automatisoinnin lisääntymisestä.

⁶² <https://www.laurea.fi/dokumentit/Documents/41.%20Vento%20Asiakaslahtoisuus%20ja%20tuottavuus%20hoivapalveluissa.pdf>

⁶³ Stakes (2006). Hoivan ja hoidon taloudellinen kestävyys. Arvioita sosiaali- ja terveyspalvelujen kustannusten kehityksestä. <https://www.jul-kari.fi/bitstream/handle/10024/77670/M229-VERKKO.pdf?sequence=1>

⁶⁴ (TEM, 2015)

⁶⁵ <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/health-systems-improving-and-sustaining-quality-through-digital-transformation?cid=digistrat-eml-alt-mjp-mck-oth-1608>

Hoivarobotiikan, joka nostaa ja kuljettaa vanhuksia ja potilaita sekä avustaa kotona itsenäisesti asuvia henkilöitä, rooli hoitotyön kustannusten säästämiseksi tai tuottavuuden lisäämisessä näyttää tällä hetkellä vielä marginaaliselta, ehkä laitosten ja myös pienempien palvelutaloyksiköiden ja hoivakotien logistiikkarobotteja lukuun ottamatta. Jatkossa roolin voi odottaa kasvavan merkittävämmäksi sekä teknologian että palvelujen kehittämisen myötä. Roboteilla ja tekoälyllä on mahdollista korvata ihmisen tekemää työtä hoito- tai hoidon taustatehtävissä. Nyt laajamittaiset empiriaan nojaavat arviot hoivarobotiikan käyttöönoton vaikutuksista ja vaikeavuudesta puuttuvat.

Päätelmiä:

Vuoteen 2030 mennessä robotiikasta ja automaatiosta johtuvan palvelu- ja terveydenhuollon tuottavuuden kasvuksi arvioidaan 3 %.

Lähteet

- Andersson, C., Haavisto, I., Kangasniemi, M., Kauhanen, A., Tikka, T., Tähtinen, L., & Törmänen, A. (2016). *Robotit töihin. EVA Raportti 2/2016*.
- Bloss, R. (2011). Mobile hospital robots cure numerous logistic needs. *Industrial Robot: An International Journal*, 38, 567–571. <http://doi.org/10.1108/01439911111179075>
- Broadbent, E., Orejana, J. R., Ahn, H. S., Xie, J., Rouse, P., & Macdonald, B. A. (2015). The cost-effectiveness of a robot measuring vital signs in a rural medical practice. *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2015–Novem*, 577–581. <http://doi.org/10.1109/ROMAN.2015.7333668>
- Bughin, J., Manyika, J., Woetzel, J., Mattern, F. M., Chui, S., Lund, A., ... Nyquist, S. (2017). *A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity. McKinsey Global Institute*.
- Dellot, B., & Wallace-Stephens, F. (2017). *The Age of Automation. Artificial intelligence, robotics and the future of low-skilled work*.
- Goeldner, M., Herstatt, C., & Tietze, F. (2015). The emergence of care robotics — A patent and publication analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 92, 115–131. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.09.005>
- Khosravi, P., & Ghapanchi, A. H. (2015). Investigating the effectiveness of technologies applied to assist seniors: A systematic literature review. *International Journal of Medical Informatics*, 85(1), 17–26. <http://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.05.014>
- Lehtinen, H. (2017). *Application of novel industrial scale robot automation in elderly care. VTT Technology 301*.
- Neuvonen, A. (2016). *Robotics in health care 2000-2016. Research publication analysis. VTT internal report*.
- ROSE consortium. (2017). *Robotics in Care Services: A Finnish Roadmap. Special Eurobarometer 427. (2015). Autonomous systems (Vol. 427)*.
- TEM. (2015). *Hoito- ja hoivapalvelualan tila ja tulevaisuudennäkymät. TEM-raportti 3/2015*.
- Turja, T., Van Aerscot, L., & Särkikoski, T. (2017). Finnish care workers' attitudes toward robots: Reflections on a population sample. In *Work and Labour in the Digital Future, WORK2017, 16 - 18 August 2017, Turku, Finland Book of Abstracts. University of Turku (2017)*.

6. KIINTEISTÖ- JA RAKENNUSALA

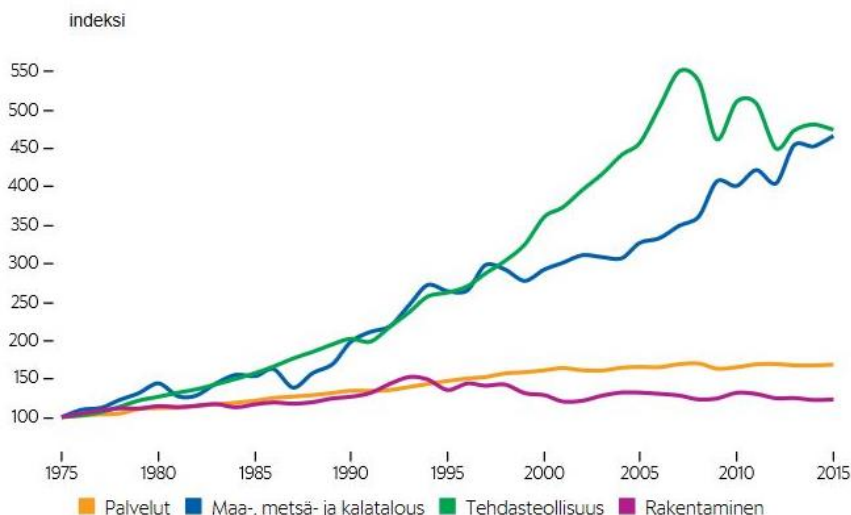
6.1 Tuottavuuskehitys

6.1.1 Teollistuminen ja automatisaatio

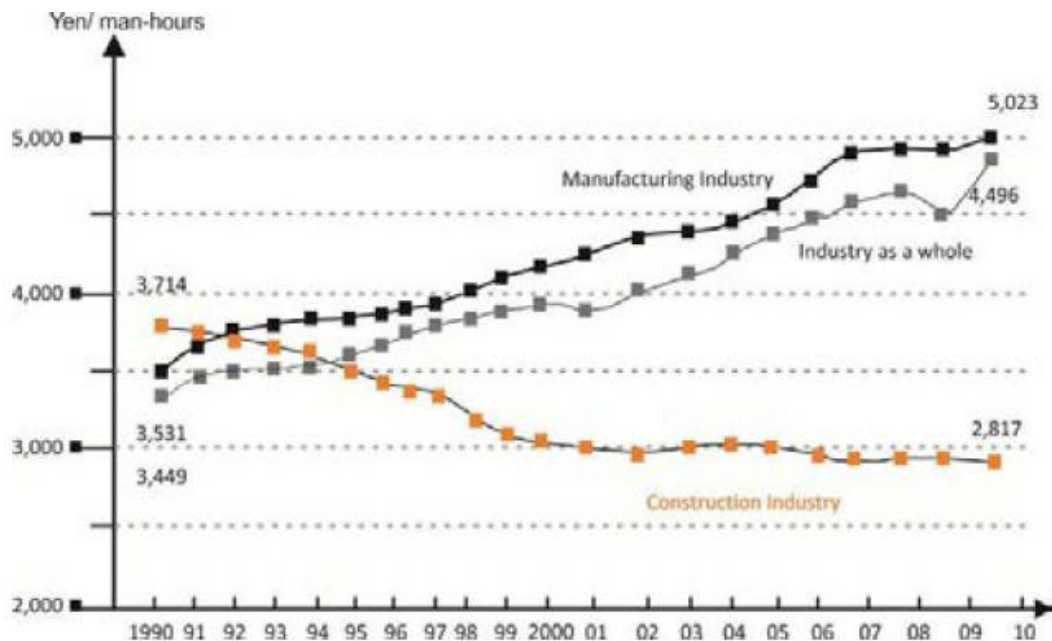
YK on arvioinut, että vuonna 2030 noin 3 miljardia ihmistä tarvitsee asunnon. Määrä on valtava ja ajaa väistämättä siihen, että rakentamisen prosessien on tehostuttava. Lisäksi kaupungistuminen lisää tiivistävän rakentamisen tarvetta.

Tilastojen mukaan työn tuottavuus rakennustyömailla on ollut vähäistä, jopa laskevaa sekä Suomessa että muissa teollistuneissa maissa (kuvat 32 ja 33). Syyt työmaiden heikkoon tuottavuuskehitykseen on rakennusprosessissa ja lopputuotteissa tapahtuneissa radikaaleissa muutoksissa (Vainio et al., 2006). Suurin osa lopputuotteen arvonmuodostuksesta tapahtuu joko rakennustuoteteollisuudessa tai taloteknisessä teollisuudessa. Rakennustyömailta on siirretty tehtäisiin kaikki ne työt, jotka ovat automatisoitavissa. Työmaille ovat jääneet vaikeimmat ja käsityövaltaisimmat tehtävät. Rakennustyömaiden sijaan tulisikin arvioida koko arvonmuodostusprosessin tuottavuuskehitystä. Lisäksi olisi huomioitava lopputuotteissa tapahtunut muutos. On aivan eri asia rakentaa kokonaan uutta tietä luonnonympäristöön kuin peruskorjata kaupungin keskustan katu, jonka pinnan alla risteileviä kaukolämpöputkia, vesi- ja viemäriputkia, sähkö- ja tietoliikennekaapeleita on varottava.

Kuva 32 Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus eri toimialoilla Suomessa (Tilastokeskus). Tuottavuustilasto on johdettu perustilastoista, jotka tuotetaan isoista yrityksistä kerättyjen tietojen perusteella. Rakennusalalla merkittävän osan arvonlisästä tuottavat pien- ja mikroyritykset, joita ei tilastoida kattavasti. Epävarmuus perustilastoissa kertautuu tuottavuustilastoissa.



Kuva 33 Työn tuottavuus rakennusalalla ja valmistavassa teollisuudessa (Construction Industry Handbook 2012, research report, Japan Federation of Construction Contractors, Tokyo 2012)⁶⁶



Suomessa rakentamisen teollistamisen merkittävimmät askeleet otettiin jo 1970-luvulla kun ala laajasti otti käyttöön moduulimitoituksen ja teollisen betonielementtirakentamisen (kuva 34), joka tunnetaan BES-järjestelmänä (Betonitieto, 2009). Toisin kuin muiden maiden rakennusliikekohtaiset järjestelmät, Suomen järjestelmä oli avoin kaikille toimijoille. Seuraava merkittävä askel teollistamisessa oli teräsrakentamisen CAD/CAM teknologia, jossa konepajat pystyivät tuottamaan rakennuskomponentit automaattisesti suoraan suunnitelmista. Pisimmälle teollistamisessa on menty puisten omakotitalojen tuotannossa. Jo 90 % uusista omakotitaloista on valmistaloja eli esivalmistettu tehtaassa kontrolloiduissa oloissa.

Kuva 34 Esivalmistettuja betonielementtejä



Tästä seuraava evolutiovaihe rakennusprosessin teollistamisessa ja automatisoimisessa on ollut tietomallinnus BIM, (building information model), jota on kehitetty kansainvälisessä yh-

⁶⁶ <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/FFACE-ISARC15-3172407.pdf>

teistyössä 1990-luvulta lähtien. BIM-tekniikalla luotua tietoa hyödynnetään koko rakennushankkeen elinkaaren ajan lähtien suunnittelusta, rakentamisesta aina kiinteistön käytön aikaisiin prosesseihin.

Infra- ja korjausrakentamisessa lähtötiedot BIM-malliin voidaan tuottaa lasertekniikalla. Esimerkiksi kaupunkisympäristön laserskannaus onnistuu ajamalla kameralla varustetulla autolla tai dronella läpi reitti, josta malli halutaan tuottaa. Kuvausmateriaali konvertoidaan lähtötiedoksi suunnittelumalliin. Samalla tavoin laserskannataan vanhoja rakennuksia lähtötiedoksi korjaussuunnittelua tai mittatarkkojen korjauskomponenttien valmistusta varten. Infrarakentamisessa merkittävä tuottavuusparannus on saatu aikaan hyödyntämällä tuotemalleja maarakennuskoneiden ohjausautomaatioissa.

Kiinteistöalalla merkittävin tuottavuusharppaus on tehty kiinteistöjen vartioinnissa. Vartijat on korvattu tunnistetekniikalla ja kameravalvonnalla. Merkittävää työtä on tehty myös kiinteistöjen teknisten järjestelmien ylläpidossa ja ohjauksessa. Seuraavia askeleita tulevat olemaan siirtyminen etämonitoroinnista etäoperointiin ja reaaliaikaiseen ennakoivaan järjestelmien ohjaukseen. Tuottavuuden ohella uusilla tekniikoilla pyritään energiatehokkuuteen ja kiinteistöjen elinkaarikustannusten alentamiseen.

6.1.2 Rakentamisen robotisaatio

Rakentamisen onnistuneen teollistamisen jälkeen Suomessa tutkittiin aktiivisesti työmaalle jäljelle jääneiden työvaiheiden robotisoinnista 1980- ja 1990-luvun vaihteessa (mm. Koskela et al. 1992). Robotisointia on tutkittu myös maissa, joissa siihen on kansallisen teollisuuden mielenkiintoa kuten Japanissa ja Sveitsissä. Japanissa on mm. kehitetty massiivisia rakenteita kokoavia robotteja (esim. Taylor et al 2003, Ikeda and Harada 2006). Tämän työvaiheen robotisoinnista kiinnostaa, koska se vaatii paljon työvoimaa ja on altis työtapa-urille. Seinien asentamiseen on kehitetty myös muita automaattisia asennusjärjestelmiä (esim. Gassel et al., 2006) mutta ne eivät ole yleistyneet.

Lattiapintojen viimeistelyn robotisoinnista on tehty paljon erilaista kehitystyötä erityisesti Japanissa, mutta toistaiseksi ne eivät ole olleet taloudellisesti kannattavia (esim. Balaguer ja Abderrahim 2008). Samoin rakennusten sisäpintojen maalausta on yritetty automatisoida, mutta sekin on edelleen prototyyppiasteella (Sorour et al. 2011).

Sveitsiläisellä ETH-yliopistolla on mittava rakentamisen robotisaation kehittämiseen räätelöity tutkimusinfrastruktuuri. Robotisoinnista näyttää lupaavalta, sillä robotit näyttävät toimivan varsin hyvin kontrolloiduissa tehdasolosuhteissa. Työmaalla muuttuvat olosuhteet tuottavat kuitenkin ongelmia ja robotit ovat siellä riski henkilöturvallisuudelle. Samalla tapaa kuin tehtaissa, työmaillakin robotit on sijoitettava rajatuilla alueilla. Työmailla robotteja on käytetty mm. muuraamiseen ja rakennusten 3D-printtaukseen (ETH Zürich, 2017). Suomessa tutkittiin muurauksen robotisointia 1990-luvulla (Koski & Nummi, 1996). Robotisointia kannattavammaksi strategiaksi osoittautui perinteisen muurauksen työmaatekniikoiden kehittäminen, ns. paikalla rakentamisen teollistaminen.

Infrarakentamisessa robotteja käytetään mm. maanalaisten tilojen rakentamisessa (porausrobotit), ratojen kunnostamisessa (leimuhitsaus ja kiskokäsittely) ja heikon maapohjan vahvistamisessa. Maapohjan vahvistukseen kehitetyn paalutusjärjestelmän keskeinen osa on satelliittipaikannus (Heikkilä et al. 2010).

6.1.3 Kiinteistön ylläpidon robotisointi

Kiinteistön ylläpidossa robotteja käytetään mm. sisätilojen imurointiin ja nurmikkojen leikkamiseen. Varsinkin liikenneväylien jyrkkien penkereiden nurmikon leikkaus on hyvä esimerkki ihmiselle vaarallisen työn robotisoinnista.

Kiinteistön ylläpidossa energiankulutuksen minimointi ja hyvien sisäolosuhteiden maksimointi on ollut merkittävä ajuri automaation lisäämiselle. Erityisesti tarpeen mukaan säädetyt tilat säästävät energiaa ja käytönaikaisia kustannuksia. Tämä onkin varsin tyyppillistä uusissa kiinteistöissä ja on lisääntymässä myös vanhoissa rakennuksissa.

Rakennusten staattisten lämmön- ja ilmanvaihdon ohjausjärjestelmien tilalle on kehitetty automaatiota, jotka muodostuvat sensoreista ja säätöjärjestelmistä. Tilojen sensorit aistivat ilman laadun ja lämpötilan, antavat indikaation säätöjärjestelmälle, joka säätää olosuhteet halutuiksi. Kehittyneimmät järjestelmät ennakoivat esim. sääennusten perusteella tulossa olevat pakkasjaksot tai käytön erityistilanteet, ja varautuvat jo etukäteen tuleviin olosuhteisiin. Järjestelmiä voidaan käyttää myös ennakoivan huollon ja kunnossapidon työkaluna. Ilmanvaihtosuodattimen eri puolien paine-ero kertoo suodattimen vaihdon tarpeesta ja reaaliaikainen vedenmittaus tunnistaa putkivuodon.

Lisättyä ja virtuaalitodellisuutta (Augmented and virtual reality) käytetään jo nyt kiinteistön huollon apuna esimerkiksi paikantamaan vikakohtia tai toisaalta antamalla hätätilanteissa tietoa esimerkiksi vaarallisten aineiden sijainnista.

Tulevaisuudessa kiinteistöt ovat enenevässä määrin aktiivinen osa energiainfrastruktuuria. Kiinteistöihin voidaan integroida aurinkosähkön tuotantoa ja energian varastointia. Koska kiinteistömäärän energiankulutus on suuri, siinä on kysyntäjoustopotentiaalia sähkön jousto- tai häiriömarkkinoille.

6.2 Tulevaisuuden näkymiä kiinteistö- ja rakennusalalla

YK:n raportin mukaan maailman väkiluku saavuttaa 9,8 miljardin rajapyykin vuonna 2050. Tällä hetkellä YK arvioi maailman väkiluvun olevan vähintään 7,6 miljardia. Kasvua odotetaan tapahtuvan megakaupunkien lisäksi kehitysmaiden pienemmissä kaupungeissa. Kaupungistuminen tulee olemaan haaste asuntojen ja infrastruktuurin rakentamiselle. Tällä hetkellä 54 prosenttia maailman väestöstä elää kaupungeissa. Kaupungistunein alue on Pohjois-Amerikka, kun taas Afrikassa ja Aasiassa vielä alle puolet väestöstä elää kaupungeissa. Vuoteen 2050 mennessä Afrikan kaupunkiväestön osuus kuitenkin nousee 56:een ja Aasian 64 prosenttiin, ennusteessa kerrotaan.

6.2.1 Rakentaminen

3D-tulostus antaa vapauden rakennusten arkkitehtuurin erikoisemmille muodoille ja helpottaa erikoisosien logistiikkaa. Jo nykyisin 3D tulostusta hyödynnetään pienessä mittakaavassa esimerkiksi kaareviin rakenteisiin. Kiinassa on kokeiltu myös kokonaisten talojen tulostamista (kuva 35). 3D-tulostuksen etuja ovat vapaa muotoilu (kuva 36), ajan ja kustannusten säästö sekä pienempi työvoiman tarve. Monimutkaisten rakenteiden tai rakennusten tulostus onnistuu, mutta talotekniikka on asennettava perinteisesti.

Kuva 35 Kaksi 3D-printattua rakennusta⁶⁷



Kuva 36 3D-printattu rakennus ja yksityiskohta printtauksesta⁶⁸



Robottiikka on yleistynyt monissa raskaissa ja vaarallisissa työvaiheissa. Rakentamisen kokonaisvaltainen robotisaatio on haastavaa, koska työmaat elävät. Teollisuudessa robotin työskentelyalue voidaan eristää täysin muusta toiminnasta ja läsnä olevista ihmisistä (kuva 37).

⁶⁷ <https://storify.com/MrGroesch/winsun-s-3d-printed-house-good-or-bad-idea>

⁶⁸ <http://www.totalkustom.com/3d-castle-completed.html>

Kuva 37 Robottikäsi auttaa nostamaan 200 kg teräsputkia Shimizun esivalmistetehtaalla⁶⁹



6.2.2 Kiinteistöt

Energiantuotannon vaihtelun lisääntyessä kysynnän jouston merkitys korostuu. Kysynnän joustoa on sovellettu pitkään teollisuudessa. Tulevaisuudessa myös rakennukset tulevat energiajärjestelmän joustoelementeiksi. Esimerkiksi Sellon Leppävaaran kauppakeskukseen on integroitu mittava sähkövarasto ja kulutuksen ennakoiva jousto sääennusteen, ihmisvirtojen, olosuhteiden sekä energiamarkkinoiden perusteella (Siemens, 2017). Järjestelmä on kaupallisesti kannattava ja sen on arvioitu säästävän noin 645 000 € vuodessa, järjestelmän takaisinmaksuajan on arvioitu olevan 7-10 vuotta. Kysynnänjoustossa sovelletaan tekoälyä yhdistelemään tietoja eri lähteistä sekä automaattisia sovellutuksia säätämään ja tekemään päätöksiä energiankulutuksen joustosta.

Myös lämmityksen joustosta on tehty kaupallisia kokeiluja. Lämmönjouston potentiaali on ilmeinen, esim. Wernstedt et al. (2008) pystyivät osoittamaan 7 % säästön energiankulutuksessa, ilman että lämpöihtiyydessä jouduttiin tekemään kompromisseja. Suomalaisen tutkimuksen (Salo 2016) mukaan 40 % varavoiman käynnistämistä voitiin välttää, kun lämmönkysynnänjousto käytettiin tehokkaasti. Tutkimuksessa havaittiin, että huippukulutusta voidaan pienentää jopa 10–25% jos koko rakennuskannan (toimistot ja kaupalliset rakennukset) otetaan mukaan kysynnänjoustoon. Tämä vaatii luonnollisesti automatisoitujen ja ennustavien algoritmien käyttöönottoa. Tampereen kaupungin ja TOASin kiinteistöissä tullaan demonstroimaan lämmönjoustoon kehitettäviä algoritmeja ja niiden vaikutusta tehontarpeeseen (STARDUST, 2017).

Lämpöihtiyyteen perustuvien algoritmien avulla voidaan pienentää sekä energiankulutusta mutta myös huippukuormia sekä jäähdytyksessä että lämmityksessä. Tämä tarvitsee kuitenkin uudentyypistä algoritmiosaamista ja tekoälyä säätämiseen. Tällaista algoritmia kokeillaan jo esim. Helsingissä Viikissä (mySmartlife, 2016).

⁶⁹ <http://www.globalconstructionreview.com/innovation/japan-turns-construct7ion-rob7ots-workf7orce/>

Koska nykyisissä rakennuksissa on kymmeniä tuhansia datapisteitä automaation ja konelu- kemisen ja analyysin merkitys kasvaa (M2M communication and learning). Samoin reaaliai- kaisen tiedon yhdistäminen monista eri lähteistä auttaa rikastuttamaan tilannekuvaa ja mah- dollistaa paremman kokonaisoptimoinnin. Tulevaisuuden järjestelmissä luonteenomaista on monitavoite optimointi. Adaptiiviset ja itseoppivat järjestelmät ovat jo nyt osittain käytössä ja niiden yleistyminen on erittäin todennäköistä.

3D-tulostus tuo myös mahdollisuuden lisätä alpoja antureita vanhoihin kiinteistöihin. Tällöin myös vanha, mittava kiinteistö-kanta voidaan ottaa kysynnänjoustoelementiksi Uusien tekno- logioiden integroinnilla ja tekoälyn käytöllä onkin merkittävä potentiaali olemassa olevassa rakennuskannassa.

6.3 Kiinteistö- ja rakennusalan kehitys numerojen valossa

Kansallisuusvarallisuudestamme merkittävä osa on sitoutunut rakennuksiin, noin 480 mrd. € ja infrarakenteisiin (82 mrd. €). Vuonna 2016 kiinteistöjen ylläpito (pois lukien vuosikorjauk- set), uudistalonrakentaminen ja talojen korjausrakentaminen (mukaan lukien vuosikorjaukset) kukin olivat arvoltaan noin 13 mrd. €. Asuinrakennusten ylläpitoon, uudisrakentamiseen ja korjausrakentamiseen käytettiin yhteensä 19 mrd.€ ja muiden rakennusten vastaavasti 20 mrd € (Rakennusteollisuus, 2017; Vainio & Ala-Kotila, 2016). Infrarakentamisen. Infrainves- tointeihin ja infrarakentaiden kunnossapitoon käytettiin yhteensä 6,6 mrd €, josta 1,7 mrd. € kunnossapitoa. Rakennusteollisuus työllistää neljännesmiljoona henkilöä ja kiinteistöala sekä alaan liittyvät palvelut mukaan lukien yli puoli miljoonaa. Klusteri on suurin työllistäjä Suomessa, joten potentiaalia työn tuottavuuden parantamiseen on.

Rakennukset ovat myös merkittävä energiankuluttaja. Pelkästään rakennusten energia- manageroinnin globaalin markkinan on arvioitu olevan 5,5 mrd. US\$ vuonna 2020 (Global industry Analysts, 1/2016).

Sisäolosuhteet heikentävät työn tuottavuutta ja huonosta sisäilmasta aiheutuvien sairauspois- saolojen taloudellisten vaikutusten on arveltu olevan miljoonien eurojen luokkaa. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan selvityksen perusteella (2012) arvioitiin, että altistumisen alkuvaiheessa syntyy lyhyitä sairauspoissaoloja, joista aiheutuu yhteiskunnalle 403 miljoonan euron kustan- nukset vuodessa. Tästä summasta altistumisen pitkittymisestä johtuvien astmojen kustannuk- set olisivat noin 45 miljoonaa euroa vuodessa. Viime vuoden tutkimus koski kosteusvaurioi- den korjauskustannuksia. Niiden mukaan (Vainio et al 2016) mukaan kosteusvaurioiden kor- jaamisen kustannukset ovat yhteensä noin 600 milj.€, joka on noin 5 % korjausrakentamisen kokonaisarvosta.

Tilojen käytön tehostamisella voidaan säästää merkittävästi. Toimistojen käyttöasteen huo- mioiminen tilojen mitoituksessa voisi vähentää tilatarvetta jopa kolmanneksella (Rapal, 2015, Toimiva työympäristö). Erilaisten työtilanteiden huomioimiseksi monitilatoimistojen mitoituks- ssa käytetään kuitenkin 20 % vähennystä tilatarpeeseen.

Kiinteistöjen energiankäytön hallinnan säästöpotentiaalin on arvioitu olevan noin 10 %, yksit- täisissä kohteissa tätäkin enemmän. Energiankäytön hallinnan keinoja ovat lämmitys- ja il- manvaihtojärjestelmien säädöt sekä oikea käyttö.

Rakentaminen muodostuu monista tuotantoprosesseista ja lopputuotteista. Maailmanlaajui- sesti rakentaminen sijoittuu hyvinkin erilaisiin liiketoimintaympäristöihin. Matalan tulotason vä-

kirikkaissa maissa rakennustyön robotisointia on vaikea perustella. Tilanne on kokonaan toinen korkean tulon maissa, joissa rakennustyömaille on vaikea saada työntekijöitä. Jälkimmäiset rakennushankkeet ovat yleensä myös vaativia ja tästä syystä työvoiman osaamisvaatimukset ovat korkeat.

Päätelmiä:

Vuoteen 2030 mennessä robotiikasta ja automaatiosta johtuvan rakennusalan tuottavuuden kasvuksi arvioidaan 0 %.

Lähteet:

C. Balaguer, M. Abderrahim, Trends in Robotics and Automation in Construction, In: Robotics and Automation in Construction pp. 1-20, Published by In-Tech, Croatia, October 2008.

Betoniyhdistys, Tehdään elementeistä - Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia, SBK-Säätiö, 2009.

F. van Gassel, P. Schrijver, J. Lichtenberg, Assembling wall panels with robotic technologies, The 23rd ISARC, International Symposium on Automation and Robotics in Construction 2006, Tokyo, October 3 to 5, 2006.

R. Heikkilä, T. Kivimäki, K. Puolitaival, Development of automation for foundation engineering — case piling machine and the working process of driven piling, ISARC 2010 — 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction pp. 73–80, Bratislava, Slovakia, June 25–27, 2010.

Y. Ikeda, T. Harada, Application of the automated building construction system using the conventional construction method together, The 23rd ISARC, International Symposium on Automation and Robotics in Construction 2006 pp. 722–727, Tokyo, October 3–5, 2006.

L. Koskela, T. Kemppainen, H. Lehtinen, M. Matikainen, H. Sainio, K.-J. Siren, Rakentamisen sisävalmistustöiden robotisointi, VTT Tiedotteita 1327, 1992.

H. Koski, J. Nummi, Pientalomuurauksen kehittäminen, VTT Tiedotteita 1755, 1996.

H. Pourghazian, Industrial construction methods for cost-effective and energy-efficient multi-storey buildings, Doctoral Thesis, KTH, Stockholm, Sweden, Sep 2008.

S. Salo, Predictive demand-side Management in District Heating and Cooling Connected Buildings, Aalto University master thesis, 2016.

M.T. Sorour, M.A. Abdellatif, A.A. Ramadan, A.A. Abo-Ismael, Development of roller-based interior wall painting robot, World Acad. Sci. Eng. Technol. 59, 2011.

M. Taylor, S. Wamuziri, I. Smith, Automated construction in Japan, Proceedings of ICE, Civil Engineering 156, Paper 12562 pp. 34–41, February 2003..

T. Vainio, P. Ala-Kotila, Kiinteistöpalvelujen vaikuttavuus ja rooli yhteiskunnassa, VTT, 2016

T. Vainio, E. Nippala, H. Kauranen, Productivity development at construction branch after the last recession, EPC pp. 109-112, 2006.

Wernstedt, F., Johansson, C. & Wollerstrand, J. 2008, "Sänkning av returtemperaturer genom laststyrning". Available: <http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrsyn/Forskning--Resultat/Ny-kunskapsresultat/Rapporter/Teknik/20082-Sankning-av-returtemperaturer-genom-laststyrning/>

mySmartLife, <https://www.mysmartlife.eu/cities/helsinki/> , 2016

STARDUST, <http://smart tampere.fi/files/sites/1742/smart-tampere-stardust-002.pptx>

2017

Global industry Analysts, 1/2016

ETH Zürich, <https://www.ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2017/06/building-with-robots.html>, 2017

Siemens 2017, <http://www.siemens.fi/fi/media/uutiset/kauppakeskus-sellosta-kaeynnistyy-kiinteistoejen-virtuaalisen-voimalaitoksen-rakentaminen-suomessa.htm>

Rakennusteollisuus, Tietoa alasta, <http://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/>, 2017

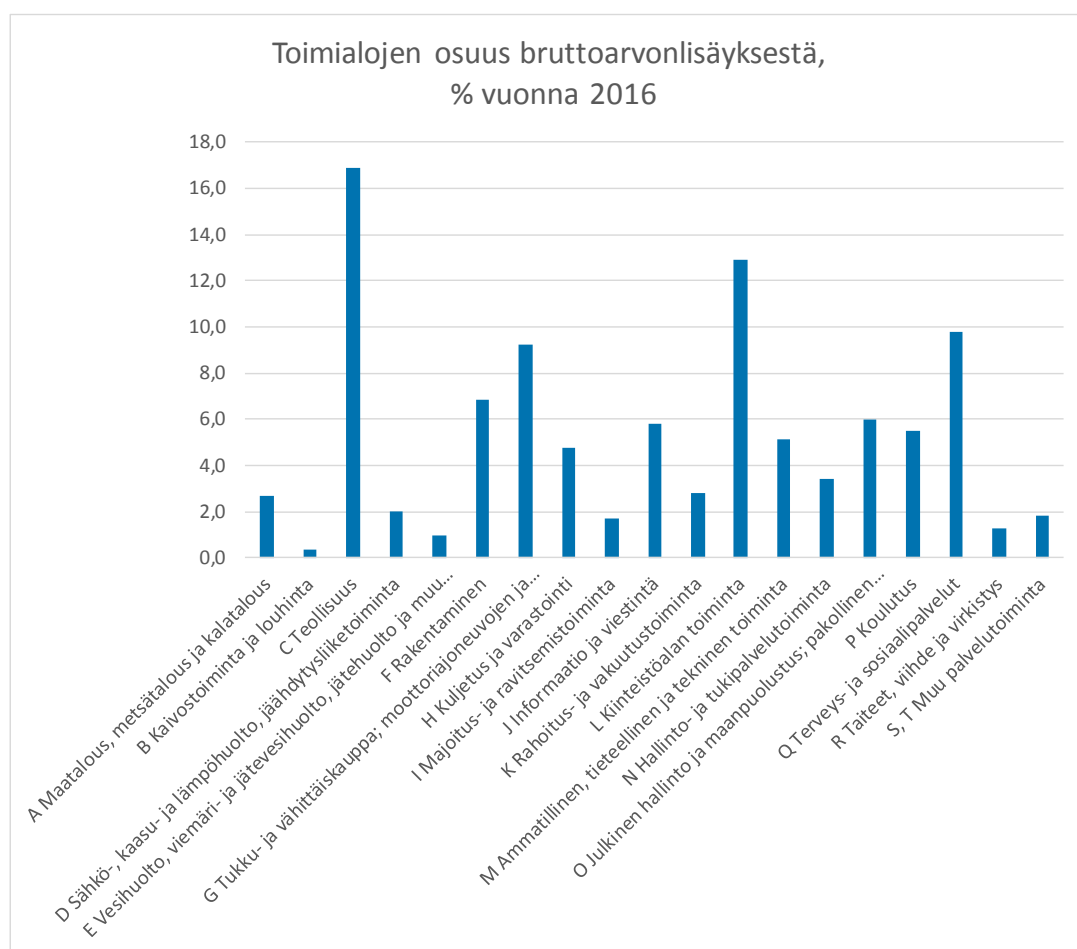
7. ROBOTIIKAN JA AUTOMAATION KANSANTALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Tässä luvussa arvioidaan robotisaation ja automatisaation kansantaloudellisia vaikutuksia aikajänteellä 2017-2030.

Vaikutusten arvioinnissa yhtenä syötteenä ovat luvuissa 2-6 esitetyt tuottavuuskehitysarviot eri toimialoilla.

Tarkastellut toimialat (teollisuus, logistiikka, verkkokauppa, palvelu- ja terveydenhuolto ja kiinteistö- ja rakennusala) edustavat n. 60 % kansantaloudesta (kuva 38)⁷⁰

Kuva 38 Toimialojen osuus bruttoarvonlisäyksestä 2016



Kansantaloudellisten vaikutusten arvioinnin pohjana on käytetty laskennallista tasapainomallia FINAGE (ent. VATTAGE)⁷¹. Tällaista lähestymistapaa on käytetty jo pitkään kansantalouden pitkän aikavälin kehityksen arviointiin. Malli kuvaa talouden kehitystä taloudellisten toimijoiden päätöksistä seuraavina, taloudellisina toimina. FINAGE-mallin skenaariot ja niiden väliset kytkennät ulottuvat sekä vuosissa taaksepäin, että vuosissa eteenpäin. Talusteoria luos sen kehikon, jolla historiaa tulkitaan, kun taas historiasta kumpuavat taloudelliset trendit ja muun muassa ennakoitu väestönkasvu luovat ne raamit, joissa taloudelliset toimijat tekevät

⁷⁰ http://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_kansantalous.html#toimialojenosuusbruttoarvonlisäyksestä,%

⁷¹ <http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/kak/kak12009/kak12009honkatukia.pdf>

päätöksiään. Ennakointi perustuu siis useisiin skenaarioihin. Historiaskenaarioissa käytetään kansantalouden toteutuneita tietoja tilastoista yms. talouden trendien tunnistamiseen ja laskentamallin kalibroimiseen historian kanssa konsistentiksi. Tulevien vuosien skenaarioiden pohjalla ovat osaltaan historialliset trendit - muun muassa tuottavuuskasvun tai maailmanmarkkinoiden muutosten reunaehtojen kehitystä koskevat oletukset sekä tietyt, ennustettavat politiikkatoimet. Yleensä tarkasteluun liittyy myös makrotalouden kehitysennuste, jolla kiinnitetään lähimmiksi vuosiksi huoltotaseen kehitysarvio esimerkiksi ministeriöiden politiikan suunnittelussa käyttämää vastaavaksi – niin tässäkin. Mallilla tuotetussa perusskenaariossa talouden kehityksen taustatekijöiden oletetaan kehittyvän ”business-as-usual”, kun taas erilaisten talouspoliittisten tavoitteiden tai maailmantalouden tai teknologian reunaehtojen muutosten vaikutusta arvioidaan vaihtoehtoisissa skenaarioissa, joita verrataan perusskenaarioon. Tällä tavoin saadaan eristettyä tarkasteltavien ilmiöiden vaikutus talouskasvun taustatekijöistä. Tässä tutkimuksessa käytetty perusskenaario nojaa Honkatukian ja Lehmuksen (2016) esitykseen⁷².

Laskentamalleja on kuvattu useissa julkaisuissa (Honkatukia 2009, 2013) ja sen soveltamista täsmennetään seuraavissa kappaleissa.

7.1 Laskentamalli

Tutkimuksessa käytetyssä FINAGE-tasapainomallissa on perusskenaarioon kuvattuna taloutta kotitalouksien, kymmenillä toimialoilla toimivien yritysten ja julkisten sektorien päätöksistä käsin. Kotitalouksien keskeisiä päätöksiä ovat kulutus ja säästämisspäätökset sekä työn tarjonta. Nämä päätökset kuvataan kansantaloudellisissa malleissa historiassa havaittujen kulutustottumusten pohjalta, joiden lisäksi kulutuksen kehityksessä otetaan huomioon hyödykkeiden suhteellisten hintojen ja kotitalouksien käytettävissä olevien tulojen kehitys.

Yritykset päättävät tuotantopanosten – työ, pääoma ja välituotteet – käytöstä pyrkien maksimoimaan tuotannon katetta sekä investointeja sen mukaan, kuinka eri toimialojen tuotto-odotukset kehittyvät ja suhteutuvat toimialojen historialliseen kasvuvauhtiin ja pääoman tuottoasteeseen.

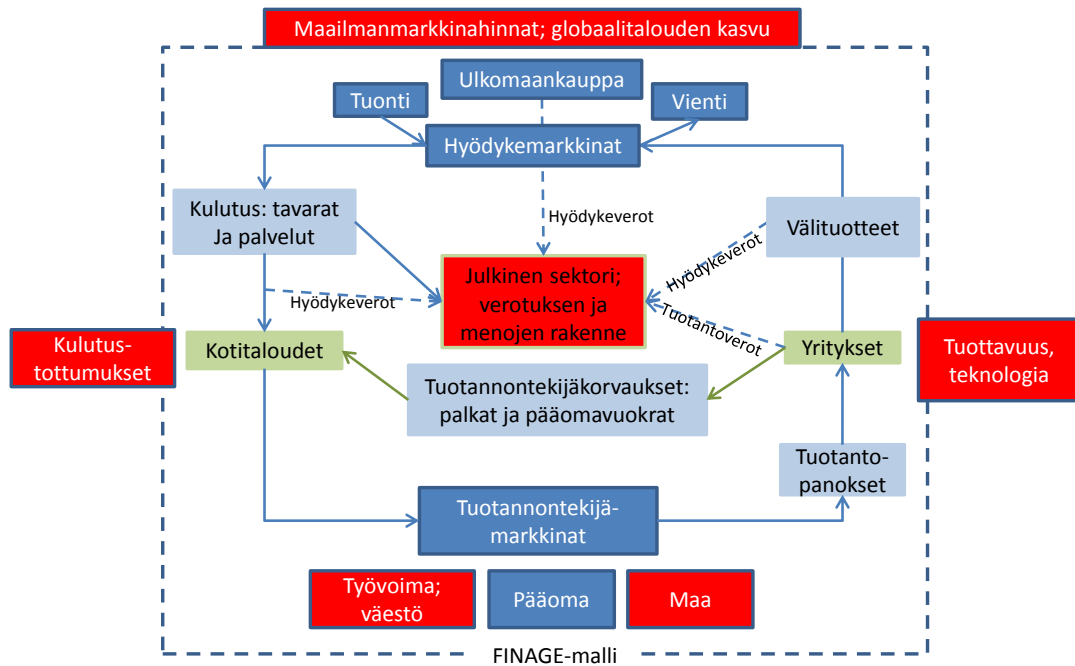
Julkisten sektorien toimintaa kuvaavat ennen kaikkea verotuksen rakenne sekä tulonsiirrot kotitalouksille ja toisille julkisille toimijoille. Ulkomaita tarkastellaan lähinnä viennin ja tuonnin näkökulmasta mutta myös kansantalouden ulkoisen velan ja varallisuuden kehittymistä seurataan ja pitkän aikavälin tarkastelussa ulkoinen tasapaino nousee mallin yhtälössä määrääväksi.

Mallissa kysynnän ja tarjonnan tasapaino toteutuu hintamekanismin kautta. Mallin osat, riippuvuudet ja rakenne on pääkohdittain ja kuvaannollisesti esitetty kuvassa 39. Kuvassa kotitaloudet, julkinen sektori ja yritykset ovat siis taloudellisten päätöksen tekijöitä, joiden valinnoista seuraavat tavaroiden ja palveluiden kulutuskysyntä ja välituotekysyntä, niiden kysyntä julkisten palveluiden ja hallinnon käyttöön sekä investointikysyntä eri toimialojen investointeihin. Lisäksi kuvasta nähdään, että osa tavaroiden ja palvelujen loppukysynnästä tulee ulkomailta, ja tuontitavarat muodostavat osan tavaroiden ja palveluiden kotimaisesta tarjonnasta.

Kuvasta nähdään myös tuotannontekijämarkkinat sekä tuotannontekijätulojen ja erilaisten verotuottojen kohdentuminen.

⁷² <http://vatt.fi/documents/2956369/3011957/t183.pdf>

Kuva 40 Talouden kehityksen ajurit

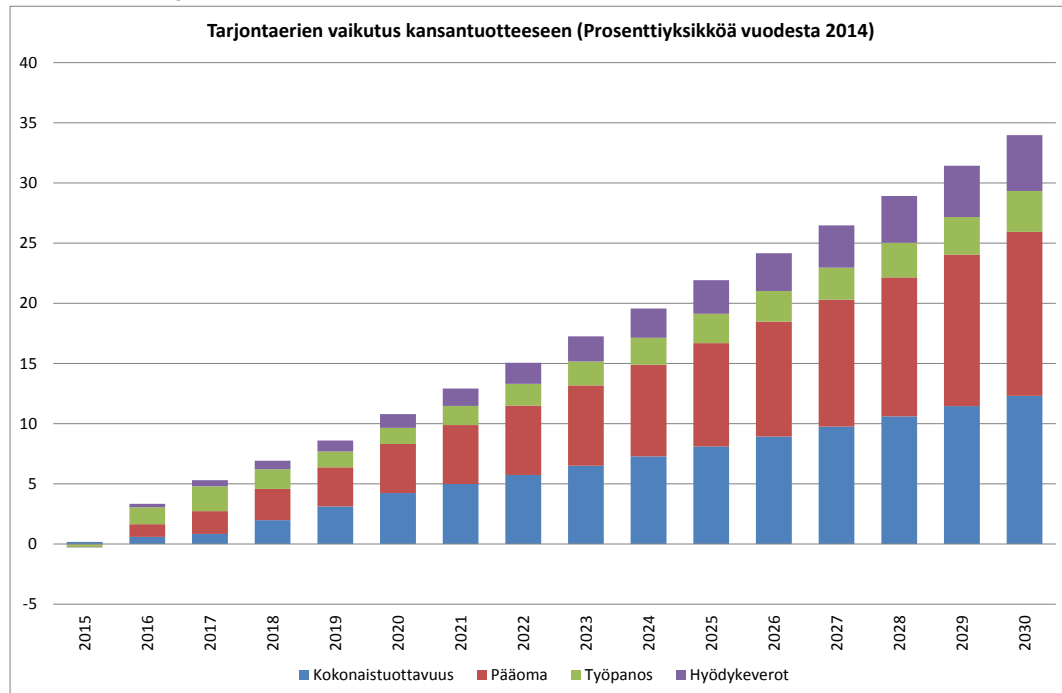


Kehitykseen vaikuttavasta politiikasta tehdään yleensä ns. "business-as-usual"-oletus, eli jo tehdyt politiikkapäätökset otetaan huomioon. Tarkasteltavana olevia uudistuksia verrataan sitten tähän perusskenaarioon. Tässäkin tutkimuksessa otetaan annettuna useita uudistuksia, jotka vaikuttavat paljonkin talouden kasvupotentiaaliin lähivuosina (esimerkiksi eläkeuudistus, jonka vaikutukset alkavat näkyä selvemmin vasta 2020-luvulla.). SOTE-uudistusta ei kuitenkaan tässä oteta annettuna, koska sen vaikutukset voivat osaltaan riippua robotisaation toteutumisesta.

7.2 Laskentamallin soveltaminen tässä raportissa

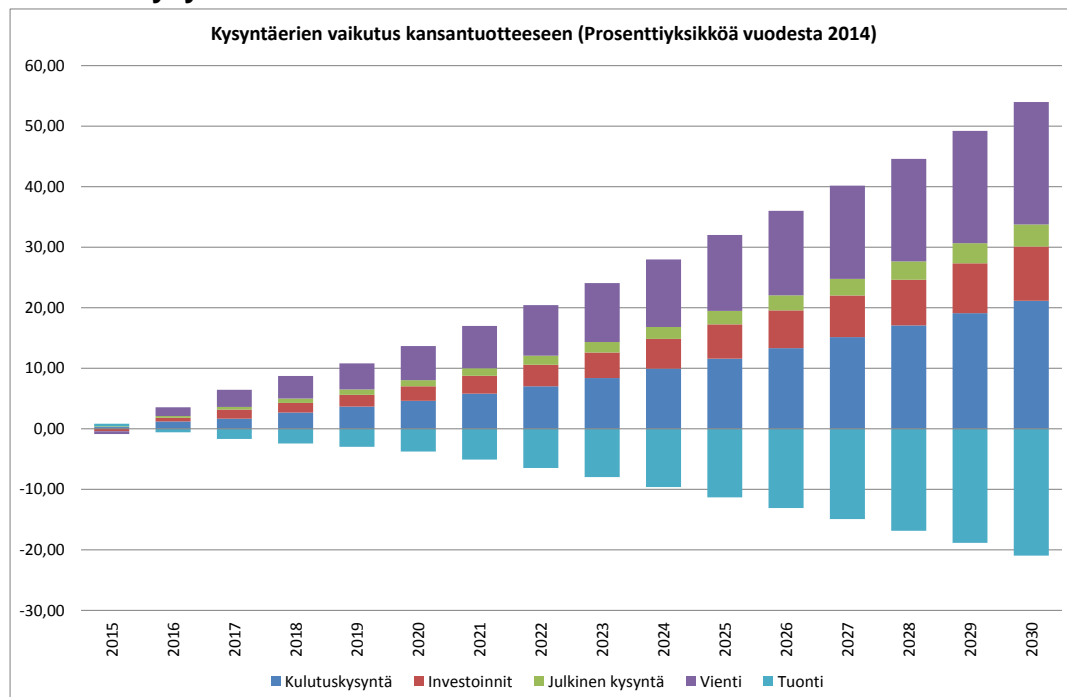
Kuvat 41 ja 42 esittävät, miten perusskenaarioissa eri tarjontaerät ja kysyntäerät vaikuttavat talouden kasvuun, kun talouskasvun taustatekijöiden oletetaan kehittyvän historiallisten tai ennustettujen trendien mukaisesti ja talouspolitiikan noudattavan jo tehtyjä päätöksiä. Kuva 41 esittää tarjontaerien vaikutuksen kansantuotteen kasvuun prosenttiyksikköinä vuodesta 2014 eteenpäin. Malli hakee kullekin vuodelle tasapainopisteen, ja lisäksi millä tuotantoerien (kokonaistuottavuus, pääoma, työpanos, hyödykeverot) keskinäisellä suhteella tasapainopiste luonnostaan tai laskemalla mallissa määräytyy. Pääomalla tai investoinneilla on suurin merkitys, tuottavuudella lähes yhtä suuri merkitys, kun taas työpanoksen kasvu jää vähäisemmäksi väestön hitaan kasvun vuoksi. Hyödykeverot kuuluvat määritelmällisesti kansantuotteen tarjontatekijöihin ja niiden osuus on Suomessa vajaat kymmenen prosenttia. Niiden vaikutus kasvuun johtuu lähinnä välituotteiden ja kulutustavaroiden käytön kasvusta. Kansantuotteen kasvu todellisuudessa ja mallissa riippuu siis viime kädessä työn tarjonnasta, tuottavuuden kasvusta ja pääomakannan (tuotantokapasiteetin) kasvusta. Työn tarjonnan kasvu on Suomessa 2020-luvulle tultaessa pitkälti eläkeuudistuksen ansiota. Mallia tulkiten kasvava ennen kaikkea työn tarjonta ja tuottavuuden paraneminen vetävät myös investoinnit nousuun.

Kuva 41 Tarjontaerien vaikutus kansantuotteeseen



Kuvassa 42 on esitetty kansantuotteen käytön osuudet ja kehitys perusskenaariossa. Koska koko 2010-luvun talouskasvu on ollut kotimarkkinoiden varassa, korostuu viennin elpyminen vuosikymmenen loppua kohti tultaessa ja seuraavalla vuosikymmenellä. Kuten Honkatukia ja Lehmus (2016) mallia tulkiten toteavat, viennin elpymistä ajavat työmarkkinoiden oletettu lähivuosien maltillisuus ja 2020-luvulla eläkeuudistuksen aikaansaama työn tarjonnan kasvu, jotka yhdessä parantavat viennin kilpailukykyä.

Kuva 42 Kysyntäerien vaikutus kansantuotteeseen



Seuraavaksi siirrytään tarkastelemaan FINAGE-mallin tuottamia lukuja käsittelemällä mallia edellisissä kappaleissa (2-6) arvioiduilla tuottavuuskehityksillä. Kaikki tulokset esitetään muutoksina eri tekijöihin suhteessa mallin laskemaan perusskenaarioon. Koska rakennusalan tuottavuuskehitys arvioitiin olevan käytännössä nolla prosenttia, ei sitä käsitellä tässä luvussa.

Politiikkaskenaariot

Politiikkaskenaarioiksi kutsutaan skenaarioita, joissa talouden perusskenaarion taustaoletuksia muutetaan usein juuri eri politiikan lohkoilla. Valitun politiikan vaikutukset raportoidaan suhteessa talouskehityksen perusskenaarioon. Tässä muistiossa politiikkaskenaariot keskittyvät robotiikan potentiaaliin logistiikassa sekä hoiva- ja terveystaloudissa.

Verkkokauppaskenaariossa tarkastellaan digipalvelujen so. – nettikaupan - yleistymisen aiheuttamaa murrosta kaupan alalla. Usein ajatellaan, että se johtaa työpaikkojen vähenemiseen, mutta itse asiassa esimerkiksi logistiikkajätti DHL odottaa nettikaupan kasvattavan logistiikkapalvelujen työvoiman tarvetta merkittävästi, ja ettei kasvusta selvitä ilman logistiikkapalvelujen robotisaatiota, koska työvoimaa ei yksinkertaisesti ole saatavissa riittävästi. Niinpä verkkokauppaskenaario näyttyy työpaikkojen siirtymisenä kaupoista logistiikkaan.

Hoivapalveluskenaariossa tarkastellaan vanhusten hoivapalvelujen tarpeen vähentymistä, joka voisi tarkoittaa digitalisaation ja robotisaation ansiosta vanhusväestön laajempaa selviytymistä kotona laitoshoidon sijaan. Vaikka kyseessä ei ole hoivasektorin suurin osa tai voilyymi, kalliin laitoshoidon tarpeen kasvun pysäyttäminen merkitsee vuosikymmenen kuluessa helposti miljardisäästöä vuosittain.

Sairaala-skenaariossa keskitytään terveydenhoidon säästöpotentiaaliin erilaisen sairaalarobotiikan käyttöönoton myötä. Koska SOTE-uudistus keskittää palvelujen tuotantoa, potentiaali robotisaation hyödyntämiseen kasvaa, ja voisi THL:n arvioiden mukaan olla miljardiluokkaa vuositasolla.

Teollisuus-skenaariossa tarkastellaan potentiaalia konapajateollisuudessa. Kuten yllä todettiin, konepajateollisuuden robotisaatio ei ole Suomessa edennyt kovin pitkälle, koska laajamittaista robotisaatiota ei ole katsottu meidän oloissamme taloudelliseksi tai tarkoituksenmukaiseksi. Sektori on vielä varsin työvoimavaltainen, ja tuottavuuden kautta saatavan kasvun potentiaali olisi varsin tuntuva.

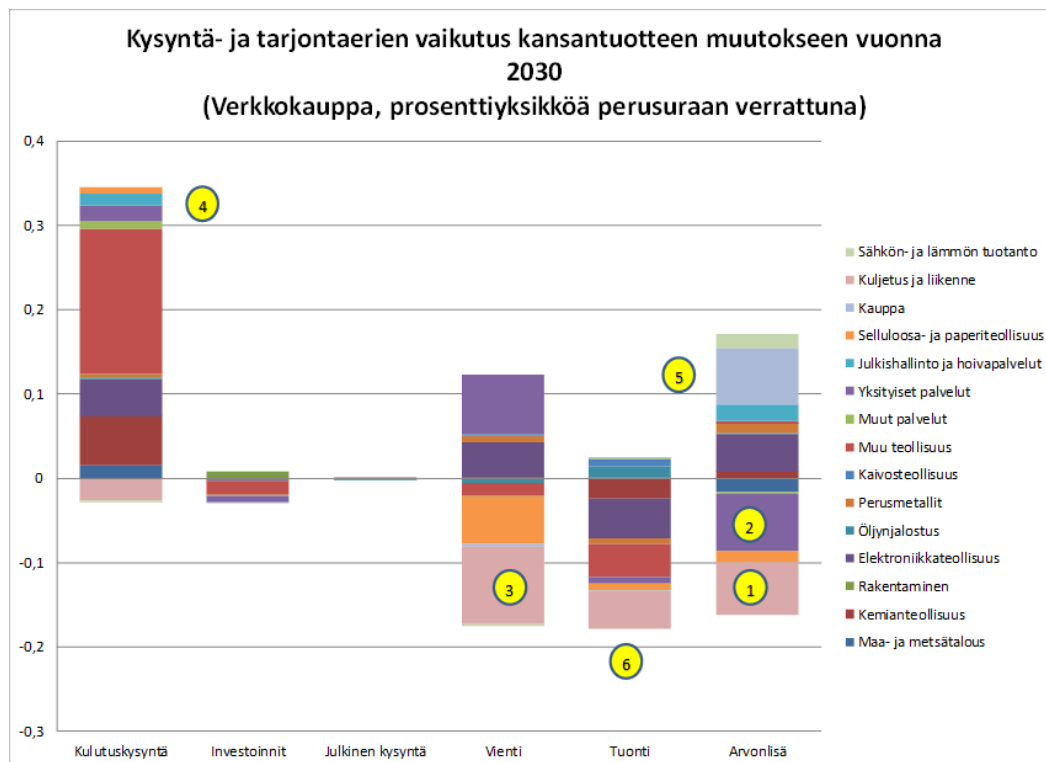
Logistiikka-skenaariossa arvioidaan robotiikan mahdollisuuksia teollisuuden tuottavuuden parantamiseen varastojen ja tehtaiden sisäisen logistiikan tehostamisen kautta. Varastoihin sitoutuu nykyisellään huomattavia pääomia, minkä lisäksi niiden ylläpito vaatii paljon resursseja. Logistiikka-skenaariossa oletetaan, että robotiikka vähentäisi tätä resurssitarvetta. Varastoihin sitoutuu vähemmän resursseja myös kaupan alalla. Kuljetuksien rooli sen sijaan korostuu.

Vaikka kaikissa skenaarioissa on mahdollista nojautua tutkimustietoon robotiikan potentiaalista sovelluksista, ei missään niistä ole esitetty arviota robotiikan käyttöönotosta aiheutuvista lisäkustannuksista. Niinpä tulokset kuvaavat sitä ”ikkunaa”, jossa robotiikkaa voitaisiin kehittää.

Edellä mainittujen laskentatapausten tai esimerkkien tulokset on esitetty kuvissa 43 - 48. Kuvissa esitetään laskennoissa vuoteen 2030 päättyvät luvut. FINAGE-mallin seikkaperäisyys mahdollistaa tulosten erittelyn teollisuus-, liike-elämä- ym. -sektoreittain. Mallista on kussakin tapauksessa otettu ulos kulutuskysyntä, investoinnit, julkinen kysyntä, vienti, tuonti ja arvonlisä - muutoksena edellä kuvattuun perusskenaarioon, eli millaisilla kokoonpanoilla mallin uusi tasapainotila määräytyy 2030. Aikasarjat vuodesta 2014 eteenpäin ovat suhteellisen tasaisesti kaartuvia, kasvavia tai väheneviä, eikä niitä sivumääräkin silmällä pitäen ole otettu raporttiin. Tällainen jaottelu on jo riittävän tarkka kuvataksaan resurssien ja kulutuksen uudelleen suuntautumista eri skenaarioissa.

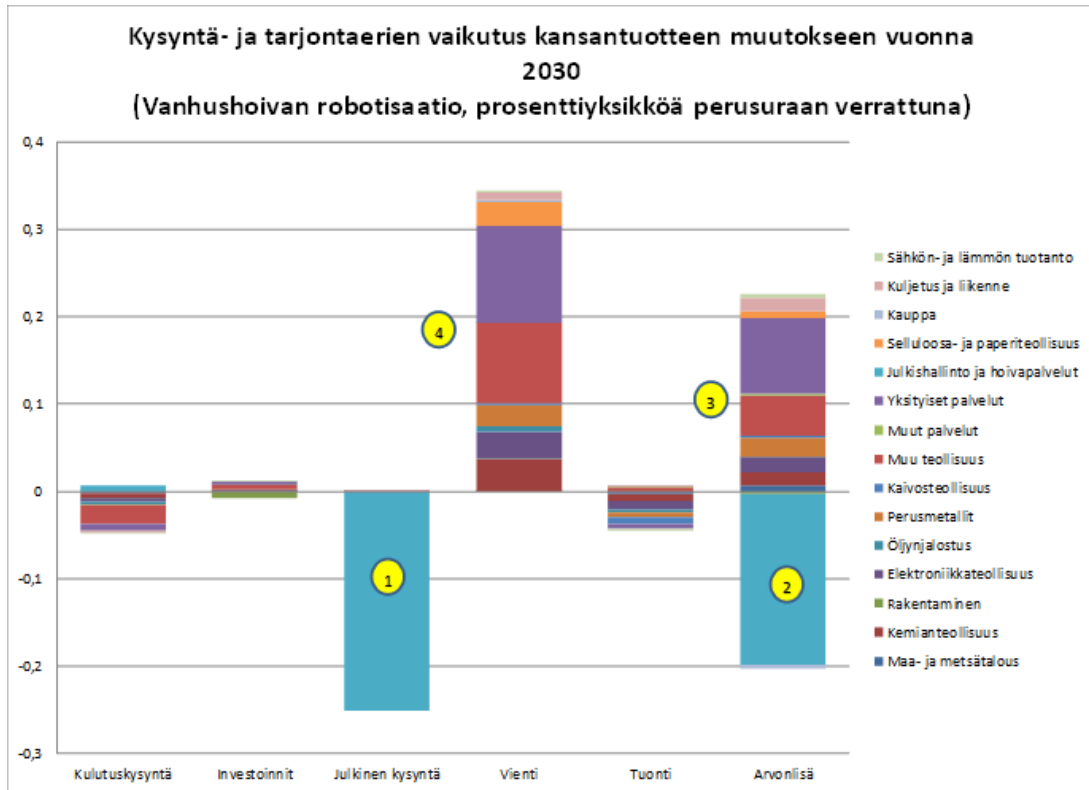
Edellä mainittujen laskentatapausten tai esimerkkien tulokset on esitetty kuvissa 43 - 48. Kuvissa esitetään laskennoissa vuoteen 2030 päättyvät luvut. FINAGE-mallin seikkaperäisyys mahdollistaa tulosten erittelyn teollisuus-, liike-elämä- ym. -sektoreittain. Mallista on kussakin tapauksessa otettu ulos kulutuskysyntä, investoinnit, julkinen kysyntä, vienti, tuonti ja arvonlisä - muutoksena edellä kuvattuun perusskenaarioon. Tällainen jaottelu on jo riittävän tarkka kuvataksaan resurssien ja kulutuksen uudelleen suuntautumista eri skenaarioissa.

Kuva 43 Kysyntä- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030/verkkokaupan vaikutus



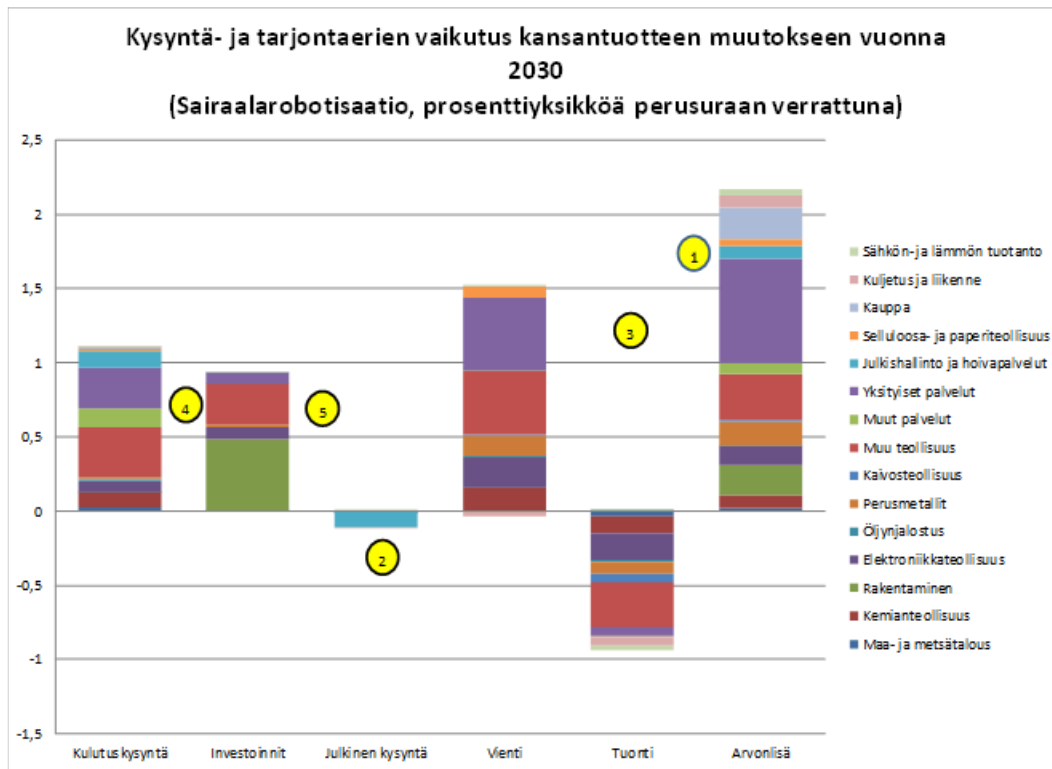
Kuvasta 43 näkyy, kuinka työpaikkojen siirtyminen kaupasta kuljetuksiin vaikuttaa kaupan ja kuljetusten suhteellisiin kustannuksiin ja suuntaa kysyntää uudelleen. Verkkokauppaskenaariossa kuljetusten (1) ja yksityisten palvelujen (2) arvonlisä supistuu, kun niiden työvoimakustannukset nousevat. Tästä syystä myös kuljetuspalvelujen vienti (3) laskee, kun taas kotitalouksien ostovoima kasvaa verkkokaupan myötä, mikä näkyy paitsi kulutuksen kasvuna, myös tuonnin kasvuna, joka pienentää kansantuotetta (6). Kaupan arvonlisä (5) kasvattaa kansantuotetta, kun verkkokauppa nostaa kaupan tuottavuutta merkittävästi.

**Kuva 44 Kysyntä- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030
/vanhushoivan robotisaatio**



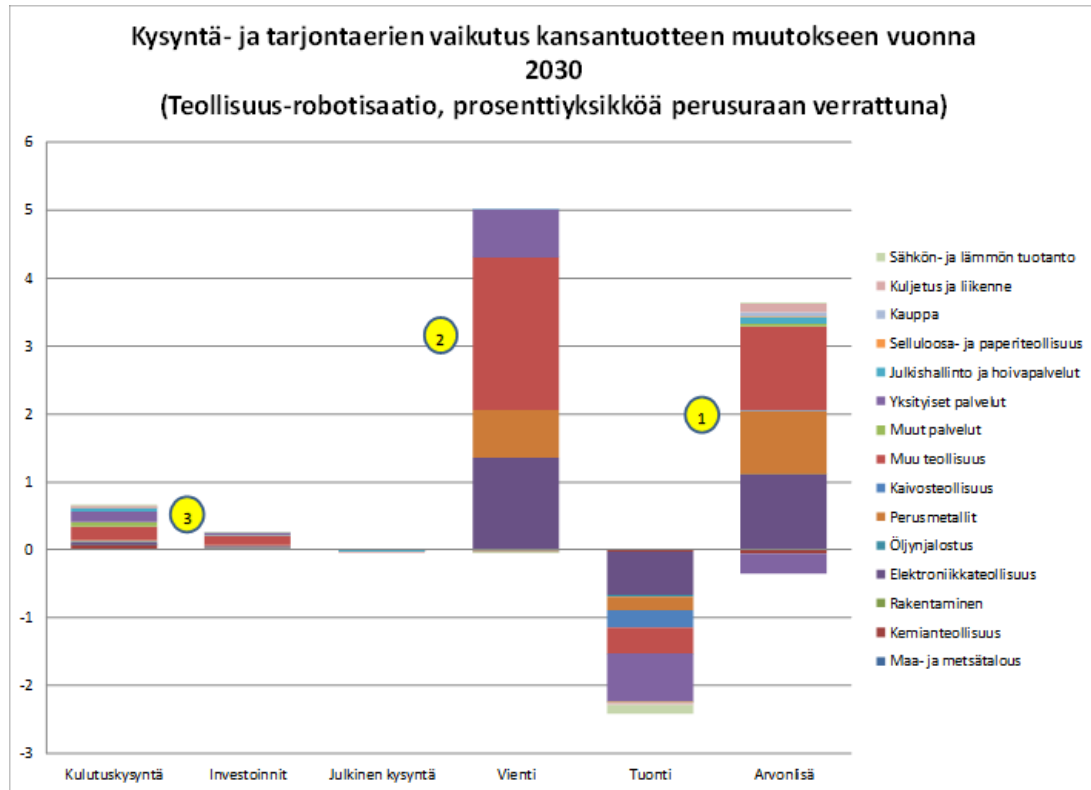
Vanhushoiva-skenaariossa (kuva 44) robotiikka avaa mahdollisuuden hillitä hoivapalvelujen kasvua, mikä vapauttaa resursseja talouden muiden sektorien käyttöön. Niinpä muutokset tässä skenaariossa liittyvät toisaalta julkisen kysynnän pienenemiseen (1), toisaalta julkisen sektorin arvonlisän perusuraan nähden pienempänä kasvuaikutuksena (2) (kun työvoimaa tarvitaan perusuraa vähemmän) ja muiden sektorien työllisyyden perusuraa nopeampaan kasvuun (3) (kun niiden käyttöön jää enemmän työvoimaa), mikä kasvattaa ennen kaikkea vientiä (4). Arvonlisä kasvaa kokonaisuudessaan hieman perusuraan nähden ennen kaikkea siksi, että työn tuottavuus on muilla sektoreilla julkista sektoria korkeampi.

Kuva 45 Kysyntä- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030/sairaalarobotisaatio



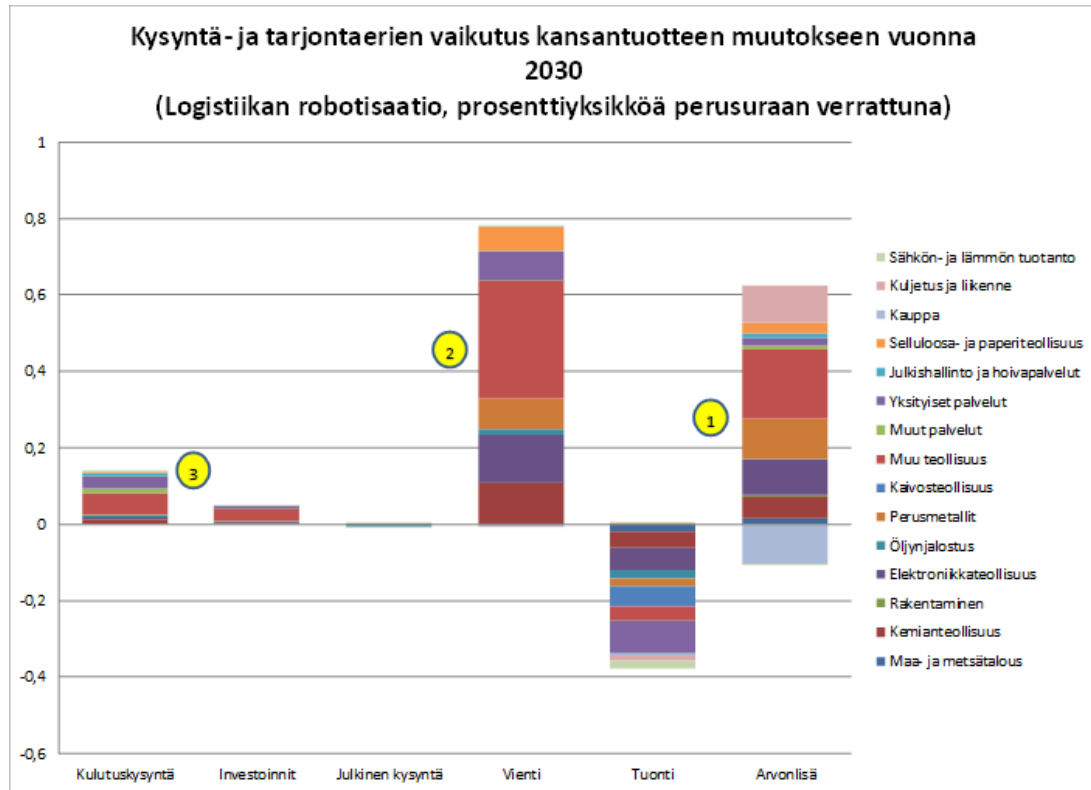
SAIRAALA-skenaariossa (kuva 45) robotiikka puolestaan nostaa terveydenhoidon tuottavuutta (1), mikä paitsi aiheuttaa julkispalvelujen perusuraa hitaamman kulutuksen (ja työllisyyden) kasvun (2) ja mahdollistaa muiden sektorien työllisyyden perusuraa nopeamman työllisyyden kasvun, nostaa suoraankin keskimääräistä tuottavuuden kasvua. Kasvu ohjautuu ennen kaikkea työvoimavaltaiseen vientiteollisuuteen ja palveluihin (3), mutta kotitalouksien kasvaneet tulot kanavoituvat yksityisen kulutuksen kasvuun (4) ja tuotannon kasvu investointien kasvuun (5) perusuraan verrattuna.

Kuva 46 Kysyntä- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030/teollisuus robotisaatio



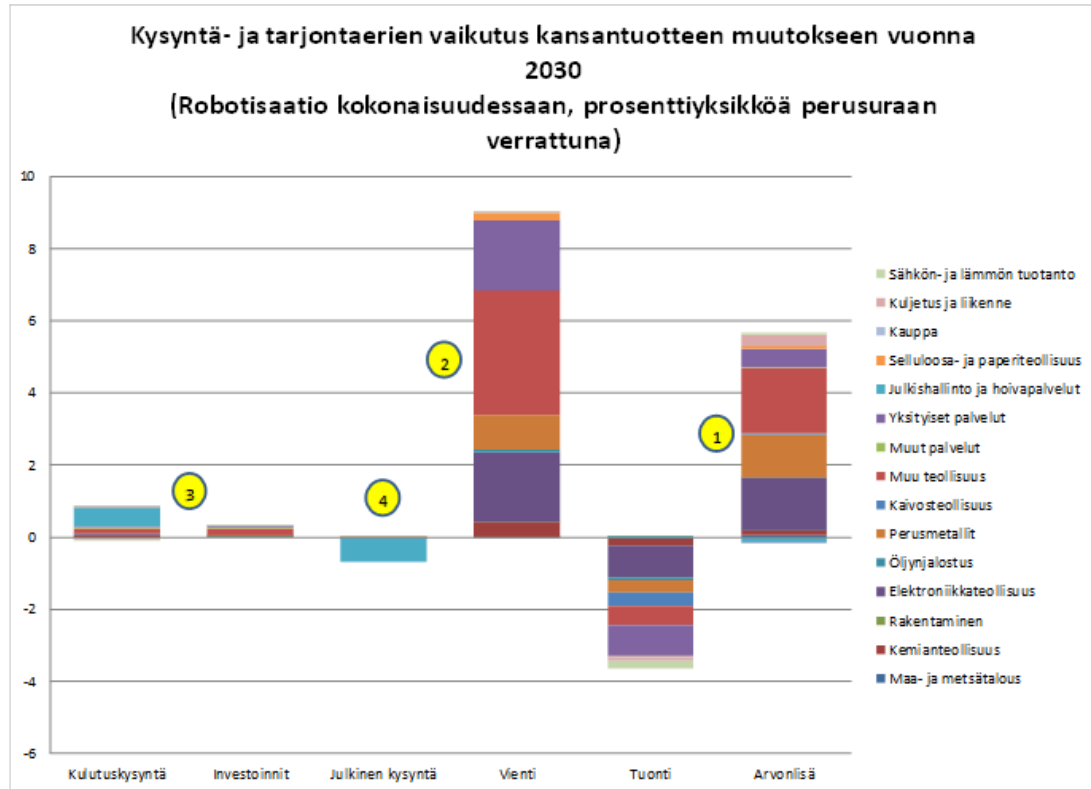
Teollisuusrobotisaatio-skenaariossa kuvassa 46 konepajateollisuuden tuottavuus kasvaa robotisaation ansiosta merkittävästi perusuraa nopeammin (1), mikä hyödyttää näiden vientiin suuntautuneita toimialojen hintakilpailukykyä ja näkyy niiden arvonlisän selvänä kasvuvaikutuksena perusuraan verrattuna kasvavan tuotannon suuntautuessa pääosin vientiin (2). Tuottavuuden ja talouskasvun vauhdittuminen generoi myös suurempia tuotantontekijätuloja, mikä vetää kotitalouksien kulutuksen perusuraa nopeampaan kasvuun (3).

Kuva 47 Kysyntä- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030/logistiikan robotisaatio



Logistiikkaskenaariossa kuvassa 47 tuottavuus kohenee koko teollisuudessa (1) ja suosii työvoimaintensiivisimpiä teollisuudenaloja (2), kun robotiikan ajatellaan skenaariossa vapauttavan juuri työvoimaa varastojen pienentyessä. Kasvu synnyttää lisätuloja, jotka kanavoituvat myös kotitalouksille ja siksi kotitalouksien kulutuskin kasvaa (3).

Kuva 48 Kysyntä- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030/Robotisaatio kokonaisuudessaan, prosenttiyksikköä perusuraan verrattuna

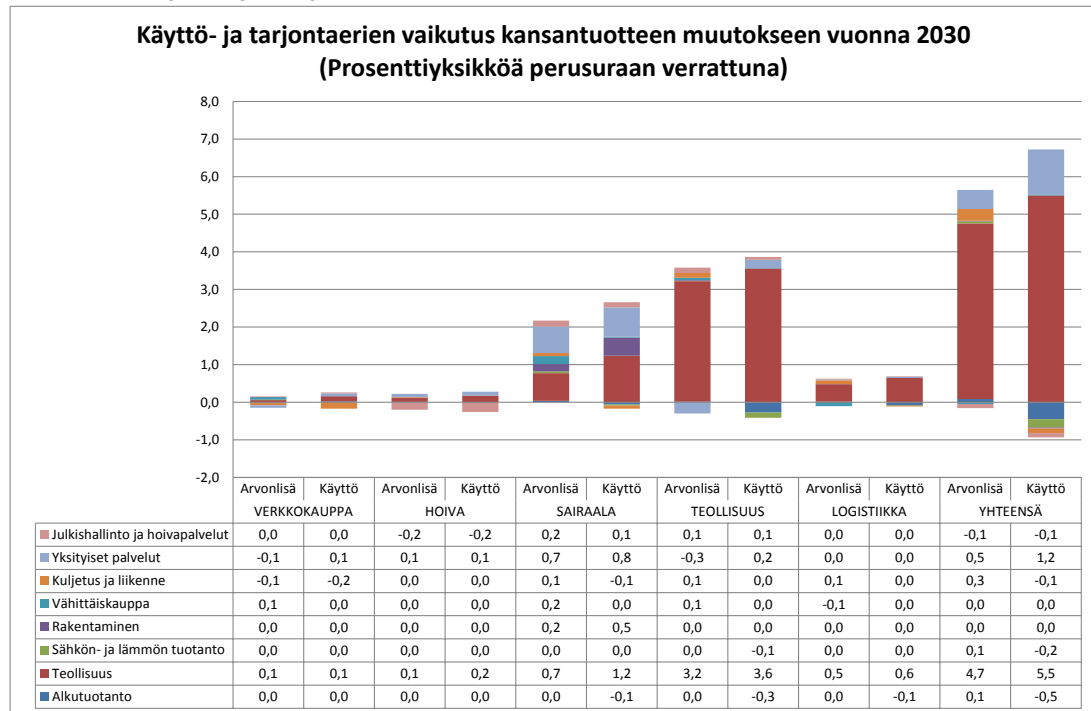


Eräs tämän tutkimuksen keskeisiä havaintoja on, että robotisaation kasvuvaikutukset aiheutuvat suurelta osin työvoiman ja muiden tuotantoteijöiden käytössä toimialojen välillä tapahtuneista muutoksista. Robotisaatio nostaa työn tuottavuutta ja vapauttaa resursseja muun talouden käyttöön julkiselta sektorilta, kaupasta ja myös teollisuuden sisäisistä prosesseista. Kun toimialat kuitenkin kilpailevat työvoimasta, on selvää, että tässä tarkasteltujen sektorien robotisaation yhteisvaikutus on pienempi kuin osiensa summa. Se on kuitenkin selkeästi positiivinen.

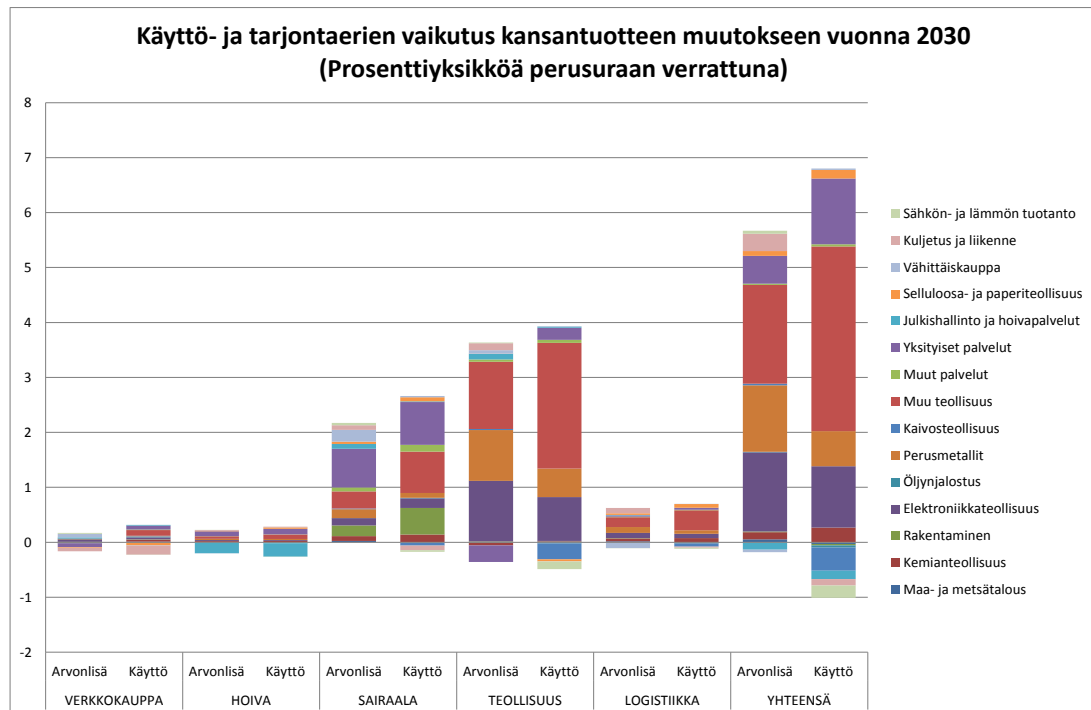
Kuvaan 48 on koottu arvio tässä tarkasteltujen potentiaalien yhteisvaikutuksesta. Yhteisvaikutuksissa korostuu vientiteollisuuden ja palvelujen saama kasvusysäys (1), joka näkyy ennen kaikkea viennin kasvuna (2) mutta myös kotitalouksien kysynnän lievänä kasvuna (3). Julkisen sektorin kulutus sen sijaan laskee, kun uusi teknologia vaikuttaa suoraan myös palvelutarpeen kasvuun. Kaikkiaan kansantuote nousee kuutisen prosenttia perusuraa korkeammaksi vuoteen 2030 mennessä, mikä vastaa vajaan puolen prosentin lisäystä kansantuotteen vuosikasvuun. Tämä on huomattavan suuri vaikutus.

On myös selvää, että robotiikan suurin kasvupotentiaali keskittyy toisaalta terveydenhoitoa tehostavaan Sairaala-skenaarioon ja teollisuuden tuottavuutta nostavaan Teollisuus-skenaarioon. Tämä näkyy hyvin kuvioista 49 ja 50, joihin on koottu sekä käytön kokonaisvaikutus, että arvonlisän kautta laskettu vaikutus vuonna 2030.

Kuva 49 Käyttö- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030

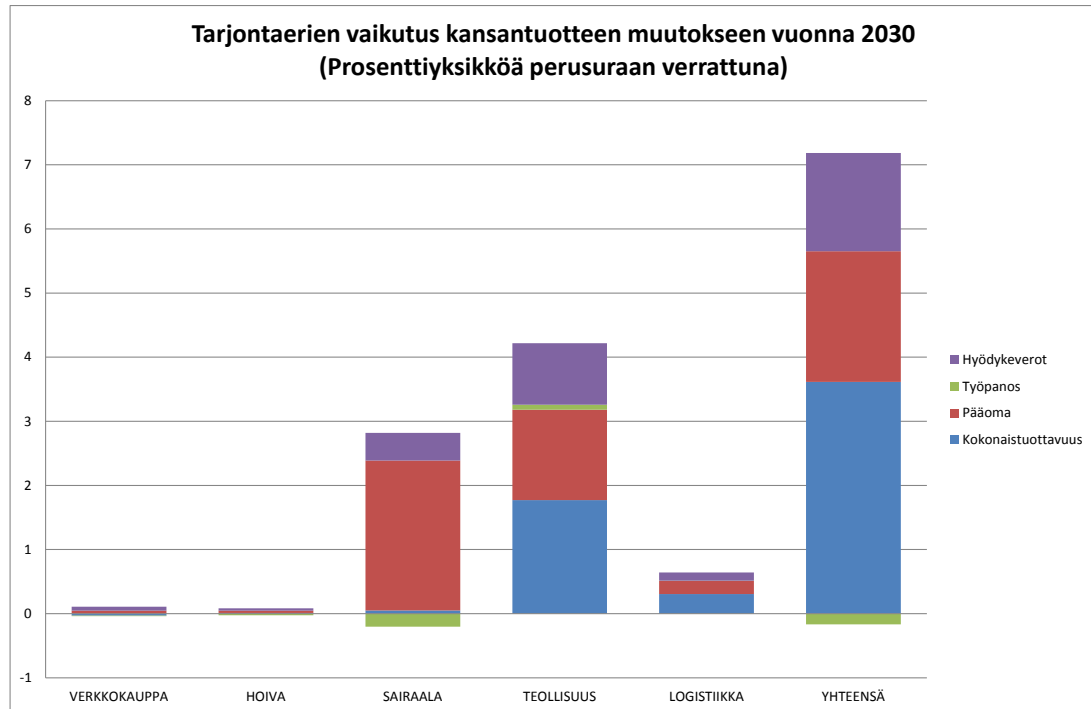


Kuva 50 Käyttö- ja tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030



Kuvaan 51 on koottu skenaarioiden keskeiset tulokset. Siinä on esitetty robotiikan vaikutus koko kansantalouden tasolla kokonaistarjonnan erien hajotelmana.

Kuva 51 Tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030



Taulukkoon 6 on vielä koottu kuvan 51 tarjontaerien vaikutus kussakin skenaariossa.

Taulukko 6 Tarjontaerien vaikutus kansantuotteen muutokseen 2030.

	VERKKO-KAUPPA	HOIVA	SAIRAALA	TEOLLISUUS	LOGISTIIKKA	YHTEENSÄ
Kokonaistuottavuus	0,0	0,0	0,1	1,8	0,3	3,6
Pääoma	0,0	0,0	2,3	1,4	0,2	2,0
Työpanos	0,0	0,0	-0,2	0,1	0,0	-0,2
Hyödykeverot	0,1	0,0	0,4	1,0	0,1	1,5
YHT	0,1	0,1	2,6	4,2	0,6	7,0

Kuviosta näkyy, että sekä Verkkokauppa- että Hoiva-skenaarioissa vaikutukset kansantuotteen syntyvät ennen kaikkea talouden painopisteen muutoksesta työvoimaintensiivisistä palveluista hyödykkeiden kulutuksen suuntaan (koska epäsuorien verojen vaikutus kansantuotteen kasvuun).

Kun taas sairaala-skenaariossa työvoimaa vapautuu terveydenhoidosta pääomaintensiivisillä aloilla (mikä synnyttää lisäinvestointien tarpeen, joka taas näkyy pääoman positiivisena vaikutuksena kansantuotteen kasvuun).

Teollisuus-skenaariossa taas tuottavuuden kasvu vetää teollisuuden investoinnit mukaan, kun tuotanto laajenee viennin vetämänä.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

8.1 johtopäätökset eri toimialoilla

Teollisuuden toiminta perustuu kilpailukykyyn ja liiketaloudelliseen kannattavuuteen. Jokaisen yrityksen on oltava pitkällä aikavälillä kannattava ja on tuotettava voittoa. Toiminnan kehittäminen on ollut aina melko hidasta. Teollisuus ottaa käyttöön uutta teknologiaa niin paljon kuin on taloudellisesti perusteltua. Useimmiten käyttöön otettavat uutuudet on oltava ainakin jossain määrin koeteltuja. Yleensä ei oteta suuria riskejä toiminnan uudistuksissa. Tällä hetkellä tarjolla olevat uudet teknologiat antavat paljon uusia mahdollisuuksia teollisuuden kehittämiseen, mutta useistakin hitautta aiheuttavista tekijöistä johtuen kehitys tulee olemaan maltillista. Arvioimme tuottavuuskehityksen olevan n. 40 %

Vievätkö robotit työpaikat? Mikäli menestys perustuu pääasiassa kustannussäästöihin ja automaatio- tai robotisaatioaste nousee lähelle 100%, näin epäilemättä käy. Nämä edellytykset eivät päde useimmiten, ja automaatioasteetkin ovat tavallisimmin alle 50%, ja niitä ei ole halpaa, nopeaa ja teknisesti aina luotettavan mahdollista muuttaa. Kriittisten kohtien automatisointi on usein ratkaisevan tärkeää. Kilpailukyky on monen tekijän summa, mistä automaatio tai robotiikka on yksi, ja voi olla tärkeinkin. Jos yritys tai liiketoiminnan alue on kilpailukykyistä ja kannattavaa, se menestyy ja kasvaa, se tuo tuloja, työpaikkoja ja hyvinvointia, sekä suoraan että epäsuoraan. Ellei kilpailukykyistä huolehdita, liiketoiminta taantuu ja lakkaa, eikä ole mitään muutakaan. Ajatus robottien vastustamisesta on väärä. Kannattaa miettiä kestävää kasvua ja sen edellytyksiä.

Maatalous, metsätalous, teollisuus, laivanrakennus, energian tuotanto jne. ovat olleet työvoimavaltaisia aloja Suomessa, kymmeniä vuosia sitten. Aluksi koneellistaminen, sittemmin automaatio ja viimein myös robotiikka ovat osaltaan aiheuttaneet isoja rakennemuutoksia, joiden ainakin työllisyysvaikutukset ovat enimmäkseen jo koettu. Kotimaisten ja globaalien markkinoiden kilpailutilanteet, hintatasot, erilaiset kustannustekijät sanelevat olosuhteita hyvin paljon. Se mihin yritykset voivat eniten vaikuttaa, on innovatiiviset tuotteet ja tuotantoprosessit, innovatiiviset liiketoimintamallit, brändit, Suomen tapauksessa korkea laatu, luotettavuus, luottamus, koulutettu ja kokenut henkilöstö ja monet muut kilpailutekijät. Automaatio, robotiikka, tekoäly ja digitalisaatio ovat yhä tärkeämpiä kilpailutekijöitä, ja jos näissä pärjäämme, teollisuutemme kasvaa ja kukoistaa. Ei ole mahdollista palata vuosikymmenten takaiseen tilanteeseen, jossa kotimaisella työvoimalla tehtiin kaikki tarvittava suljettuun omavaistalouteen.

Kasvu tulee perinteisten alojen ja yritysten uusiutumisesta ja uusille aloille tai uusiin tuotteisiin siirtymisestä, joissa kilpailutekijät on taitavasti rakennettava nopeasti globaalille tasolle, mikä tarkoittaa myös tarkoituksenmukaista robotiikan ja automaation hyödyntämistä. On tyypillistä, että uudet tuotteet valmistetaan aluksi hyvinkin työvoimavaltaisesti, hakien parhaita tapoja. Esimerkkinä olkoon sähköauto Tesla, joka on tuotteena jo menestyksekkäs, mutta tehtaat ovat vielä paljon jäljessä autotehtaiden edes keskimääräisestä automaatioasteesta ja muutkin valmistuksen menestys-elementit ovat ns. perinteisiä. Mikäli tuotteet etenevät massavalmistukseen, moni automaatio- ja robotiikka-aste lähtee nousemaan. Oleellista ei ole kuitenkaan pyrkiä 100% automaatio- tai robotiikka-asteeseen, ts. täysin autonomiseen tuotantoon, vaan ääripäiden välissä on laaja ja merkittävin puoliautomaattisten tai tehokkaan ihmisen-teknologia

yhteispelin alue, jossa ihmisten ja koneiden kyvykkyyksistä haetaan parhaita kombinaatioita. Kokonaisu-menestys tuo hyödyn myös työllisyyteen, mutta menestymättömyys aiheuttaa tehtaiden sulkemisia jne.

Pyrkimys isojen volyymien tuotantoon on pysyvä trendi. Silti monilla markkinoilla siirtyminen yksilöityihin tuotteisiin, ja tuotannon adaptointi vaihtelevaan kysyntään on kasvava trendi, mikä asettaa automaation ja robotisaation kasvavien haasteiden eteen. Mitä monimutkaisempi valmistus on, sitä teknisesti vaativampaa, aikaa vievämpää, kalliimpaa automaation kehittäminen on. Monimutkaista järjestelmää on myös hidasta ja kallista muuttaa, jos ja kun agiili toimintatapa jatkuu ja laajenee. Automaatio ja robotisaatio ei siten ehdi koskaan kehittyä 100% automaatioasteeseen, tai muutoksen keuden alla päädytään useimmiten ns. järkevään kompromissiin automaation ja ihmisen joustavuuden kesken. Sopiva automaatioaste on varmempaa ja kustannustehokkaampaa.

Globaali kilpailu on viime vuosina aiheuttanut valmistuksen siirtoja ns. halpamaihin. Aiemmin siirtopäätöksiä perusteltiin työvoiman ja raaka-aineiden kustannuksilla, kevyen verotuksen, paikallisten tukien ja protektionismin kiertämisen takia. Kaikkein merkittävimmäksi perusteluksi on noussut läheisyys markkinoihin, jolloin logistiikkakulut vähenevät, tuotteet voidaan adaptoida paikallisille markkinoille, ja asiakastuki saadaan lähelle. Erilaiset kustannushyödyt ovat nopeasti katoamassa, ja markkinoiden läheisyys on jäämässä ainoaksi terveeksi ulkoistusperusteluksi. On totta, että automatisoitu tai robotisoitu tuotanto helpottaa tehtaan siirtämistä ulkomaille. Tehokas globalisaatio on kuitenkin korostetusti verkottunutta liiketoimintaa, ja jos siirretyt tehtaat ovat automatisoituja, robotisoituja ja yleisesti digiaikaan valmiita, saadaan myös edellytykset sellaisen työnjakoon, jossa arvoketjujen arvokkaimmat osuudet, tutkimus ja tuotekehitys sekä after-sales -tyyppinen teollisuuden palveluliiketoiminta voi pysyä ja kasvaa Suomessa, ja Suomi siten voi pysyä globalisaation voittajana. Halpatyövoimaa laajasti hyödyntävä ulkoistettu tehdas on tämän Suomelle edullisen kehityksen ulkopuolella.

Kenttärobotiikka on Suomessa kokoonsa nähden poikkeuksellisen merkittävä. Suomalaiset valmistajat ovat omilla niche- markkinoilla globaaleja johtajia. Suomalaisen työkoneiden kilpailukykyä on rakennettu korostetusti koneautomaatioon ja digitalisaatioon tukeutuen, ja trendi on selvästi kasvamassa. Suomalaisen koneiden laatu, suorituskyky ja liittyvä palveluliiketoiminta on huomattavan korkea. Metsäkoneiden, traktoreiden, kaivoskoneiden ja satalaitteiden lisäksi energiateollisuuden koneet ja laitteet, muutamia lääketieteellisten laitteiden, hissien ym. ovat vastaavassa vahvassa kansainvälisessä tilanteessa. - Tehdasrakentaminen ja laivanrakennus on merkittävää globaalia liiketoimintaa suomalaisille yrityksille. Eniten tällaisten investointi-intensiivisten alojen menestykseen vaikuttavat kansainväliset suhdanteet, mutta omalla kyvykkäällä innovatiivisuudella on osoitettu merkittävää menestystä.

Logistiikassa tilanne on, että etenkin varastoihin sopivia kaupallisia ja koeteltuja automaatio- ja – robotiikkaratkaisuita on markkinoilla tarjolla runsaasti. Suomessakin on paljon esimerkkejä, joissa uusinta teknologiaa on onnistuttu soveltamaan sekä teollisuuden että kaupan varastoissa. Tämä kehitys tulee jatkumaan ja tuottavuuden lisääntyminen tulee olemaan merkittävää. Logistiikan muut osiot kuten kuljetukset sen sijaan tulevat pysymään ennallaan. Rekka-autoja, kuorma-autoja, junia, lentokoneita, jne. ei kyetä automatisoimaan ainakaan lyhyellä tähtäimellä. Arvioimme logistiikan varastoissa tapahtuvan tuottavuuskehityksen olevan n. 100 %.

Kaupassa tuottavuuden lisääntyminen tulee pääosin perustumaan verkkokaupan nopeaan lisääntymiseen. Mutta myös kauppojen sisäiset automaatoratkaisut vaikuttavat jossain määrin. Verkkokaupan nopeaan lisääntymiseen vaikuttaa se, että sillä ei korvata olemassa olevia rakenteita, vaan rakennetaan uusia jakeluteitä vanhojen rinnalle. Lisäksi verkkokaupan operaattorit ovat useimmiten uusia yrittäjiä. Esimerkiksi Amazon, Alibaba ja monet muut ovat aloittaneet nollassa. Arvioimme verkkokaupan lisääntymisestä aiheutuvan kaupan tuottavuuskehityksen olevan n. 25 %.

Näemme myös logistiikassa ja kaupassa nousevan pullonkaulan, mikäli joustava verkosta tilaaminen yleisty. Internetin kilpailukyky perustuu ostamisen helppouteen, ja kasvamassa määrin suureen asiakas- tai yksilökohtaisuuteen. Standarditavaran toimittaminen standardikanavin voi kasvaa ja tehostua nykykäytännöin, mutta yksilöidyn tuotteen tilaaminen yksilöityyn aikaan, kotiin toimitettuna asiakkaan haluamaan aikaan asettaa valmistuksen ja logistiikan suurien haasteiden eteen, joka voi toteutua vain lisäämällä erittäin vaativaa ja kyykykästä automaatiota koko valmistusketjuun, robotisoimalla huomattavasti enemmän pakkausten käsittelyä satamissa, terminaaleissa, kotiinkuljetuksissa jne. Ei ole olemassa riittävästi käsiä, että selvittäisiin kaikesta. (Tämä on nk. last mile problem). Suurilla runkolinjoilla logistiikka hoituu konteissa tai muissa standardikehikoissa, joiden käsittelyyn on olemassa suomalaisitainkin merkittävää tekniikkaa. Kun tavara siirtyy yksittäispakkausten pienvirroiksi, teknologiaaukot ovat merkittäviä, huolimatta RFID:n, viiva- tai Q-kooditekniikoiden, konenäköä hyödyntävien robottien kehityksestä. Automaattisesta ajamisesta ja nelikoptereista myös odotetaan paljon. Automaatio on helpompaa, jos pakkaukset olisivat standardoidumpia tai vakioidumpia, globaalisti, mutta tästä sopiminen on edennyt hitaasti, jos ollenkaan - tai vanha toimintatapa on vielä arvioitu toimivammaksi ja halvemmaksi.

Liiketoiminta siirtyy hitaasti mutta vääjäämättä internettiin tukeutuvien operaattoreiden, uusien tai perinteisten hallintaan. Vastaavasti perinteiset rakenteet maahantuojiineen, jälleenyjiineen, marketteineen, myymäläketjuineen, välivarastoineen on murenemassa tai muuntumassa, mutta muutokset ovat hitaita. Jos ja kun logistiikkaketjusta rationalisoituu pois osia, muutos näkyy tärkeässä lopputuotteen hinnassa.

Palvelu- ja terveydenhuollon robotiikassa on paljon erilaisia kokeiluita meneillään eri puolilla maailmaa. Painetta lisää väestön ikääntyminen, työvoimapula, korkealle kasvavat kustannukset ja monet muut asiat. Siksi näihin kokeiluihin löytyy runsaasti tutkimusrahoitusta. Kuitenkin tilanne on, että mitään suurempia teknologiaharppauksia ei ole ainakaan vielä näkyvissä. Lisäksi palvelu- ja terveydenhuollossa on kyse ihmisistä ja siten sosiaalisista suhteista. Jos vertaa tilannetta teollisuuteen, on ero merkittävä. Teollisuudessa käsitellään elotomia tuotteita ja tavaroita automaatiolla. Ei haittaa, vaikka välillä tavarat rusentuvat automaatiohäiriöissä. Palvelu- ja terveydenhuollossa ei vastaavia häiriöitä voi olla. Automaation luotettavuuden tulee olla tasan 100 %, joka on erittäin suuri vaatimus. Lisäksi toiminnan laatuvaatimukset ovat erittäin korkeat. Pienintäkään hoito-, ym. virhettä ei sallita. Onkin perusteltua olettaa, että automaatioon ja robotiikkaan perustuva tuottavuuskehitys tulee olemaan hyvin hidasta. Arvioimme palvelu- ja terveydenhuollon tuottavuuskehityksen olevan n. 3 %.

Kaikkialla ainakin länsimaissa väestön ikääntymisen ja kallistuvien hoitojen kasvavia kustannuksia pyritään ratkaisemaan siirtämällä hoitamista sairaaloista kotiin. Lääketieteen instrumenttien kehittyminen tekeekin potilaiden oma- tai etävalvonnan yhä monipuolisemmaksi tai ylipäättään mahdolliseksi - ja potilaiden voidaan katsoa pärjäävän kotona enemmän ja pitempään, ja potilaita ei tarvitse pitää jatkuvassa seurannassa teho-osastoilla. Potilaiden tai esimerkiksi vanhusten kotona selviytymistä voidaan edistää myös monin muiden teknisin tavoin,

esimerkiksi kynnyksiä ja portaita vähentämällä, instrumentoimalla keittiöitä, kylpy- ja makuuhuoneita, asentamalla hissejä, ja lisäämällä kotiautomaatiikkaa. Nykyaikaiset kommunikaatiotekniikat voivat helpottaa yhteydenpidossa ja yksinäisyyden välttämässä. Hyvällä suunnittelulla ja asiaan satsaamalla on tehtävissä paljon. Michael Schumacherin traaginen onnettomuus ja sen ilmeisen kallis kotihoito olkoon ääriesimerkki. Yleisesti kotien instrumentointi ottamaan vastaan sairaalan tai vanhainkodin vuodepaikkojen ihmisiä onkin sekä asumiskustannus- ja teknologian kyvykkyyksymys. Jos tällä saralla edetään, kotihoidossa olevien hoitajien määrä ei vähene, vaan he teknologian avulla voivat hoitaa tehtävänsä mielekkäämmin, helpommin ja vaikuttavammin. Kotihoidon laajentamisessa ja tason nostamisessa teknologian kehittyminen ja laajempi käyttöönotto on välttämättömyys.

Kiinteistöalan perinteisissä tehtävissä Suomessa automaatio ja etävalvonta ovat yleistyneet jo normaaliksi toimintatavaksi. Energiatehokkuustavoitteet ja tietoliikennetekniikan kehittyminen ovat siirtämässä kiinteistöjä etävalvonnasta automaattisen etäoperoinnin piiriin. Tämä askel ottaa kiinteistöt dynaamiseksi osaksi Suomen energiahuoltojärjestelmää. Myös perinteisiä kiinteistöalan palveluja on mahdollista siirtää robottien tehtäväksi.

Rakentamisen arvoketjussa rakennustuoteteollisuuden automatisointi ja robotisaatio ei poikkea muusta tehdasteollisuudesta. Rakennustyömaalla tapahtuvan kokoamisen ja viimeistelyn automatisointia on yritetty, mutta se on osoittautunut vaikeaksi. Työmaolosuhteet muuttuvat jatkuvasti, läsnä olevien ihmisten turvallisuus on huomioitava ja rakennustyömaat ovat keskellä rakennettua ympäristöä. Arvioimme kiinteistö- ja rakennusalan robotisaation vaikutuksen tuottavuuskehitykseen olevan 0 %.

8.2 Robotiikan ja automaation myyttejä

Varoitukset robottien tai teknologian ylivallasta: Viime aikoina on suurta julkisuutta saaneet julkilausumat tai varoitukset tekoälyn tai robottien kyvykkyyksien hyppäksenomaisesta kasvusta, jolla olisi arvaamattomat seuraukset. Kuitenkin automaation tai robotiikan ns. arki on kaukana tällaisista uhkakuvista ja tavoitteista. Vaikka automaatio, robotiikka ja tekoäly yleistyvät, niillä pääasiassa rakennetaan tehokkuutta, ja ne parhaimmillaan voivat helpottaa pulonkautoja tai tekevät monet arkisen hienot asiat ylipäätään mahdolliseksi. Vaikka automaatiolla tai tekoälyllä demonstroidaan yhä huimempia suorituksia, liike-elämän ja julkisen sektorin suureen määrään arkihaasteita jää päällimmäiseksi huoli siitä, miten moninaisten tehtävien tekeminen saadaan ylipäätään onnistumaan riittävällä luotettavuudella tai yleisellä hyväksyttävyydellä. Automaatio ja robotiikka ovat aina tekemisissä reaali maailman kanssa, jonka monimuotoisuutta on usein mahdotonta parhaimmankaan itseoppivan järjestelmän ottaa huomioon. Alan ihmiset pystyvät luettelemaan monia yksittäisiä haasteita, joiden ratkaiseminen on ollut ja uskotaan pysyvänkin ikuisuusongelmana vielä vuosia. Liian vaativa automaatio on helposti liian kallista saada lopulta toimimaan, ja monimutkaista järjestelmää on riskialtista ja nykyliike-elämän nopeissa käänteissä liian hidasta muuttaa, mikä pitää sitkeästi automaatioasteet reilusti alle 100% tasolla. Ihminen on kyvykkäämpi, joustavampi, monipuolisempi resurssi moneen vaihtelevaan tehtävään.

Automaation tai tekoälyn huippudemonstraatiot julkistetaan mediassa uskomattomina tai mystisinä suorituksina. Koska tällainen pilotti on siirtynyt uskomattoman tai mystiikan puolelle, joko pilottien tekijät itse tai media alkaa käyttää mielikuvitusta ja yleistää tietokoneen kyvykkyyksien mahdollisuuksia vaikka mihin. Ei ole teknistä realismia, että näin tulisi helposti käymään. Vastaesimerkiksi otettakoon 60-70 -lukujen taitteen kuulennot, jotka loivat suuria odotuksia lähivuosina yleistyvistä suuren yleisön avaruusmatkoista, Mars -yhdyksunnista jne.

Projekti oli aikanaan myös automaation ja tekoälyn huippusaavutus, se tarvitsi maailman rikkaimman ja kyvykkäimmän valtion kohtuuttoman suuret ponnistukset, sekä nykyarvion mukaan erittäin uhkarohkeat astronautit. Nyt 50 vuoden jälkeen voidaan todeta, että maailmassa on ollut ehkä yksi avaruusturisti, ja 10 vuoden päästä niitä voi olla muutama lisää. Samalla tavalla Garri Gasparovin häviäminen tietokoneelle shakkipelissä on utopistinen kapea-alainen suoritus, joka ei realistisesti mitenkään lupaa mielikuvituksellisia yleistyksiä, että kaikkiin reaali maailman asioihin olisi pian luvassa ylivoimainen robotti.

8.3 Kansantaloudelliset vaikutukset

Eräs tämän tutkimuksen keskeisiä havaintoja on, että robotisaation kasvuvaiikutukset aiheutuvat suurelta osin työvoiman ja muiden tuotannontekijöiden käytössä toimialojen välillä tapahtuneista muutoksista: robotisaatio nostaa työn tuottavuutta ja vapauttaa resursseja muun talouden käyttöön. Kun toimialat kilpailevat työvoimasta, on selvää, että tässä tarkasteltujen sektorien robotisaation yhteisvaikutus on pienempi kuin osiensa summa. Se on kuitenkin selkeästi positiivinen. Kaikkiaan kansantuote nousee n. 6 prosenttia perusuraa korkeammaksi vuoteen 2030 mennessä, mikä vastaa vajaan puolen prosentin lisäystä kansantuotteen vuosikasvuun. Tämä on huomattavan suuri vaikutus.

Mallin antamien tulosten tulkinnassa arvioimme seuraavia kansantaloudellisia vaikutuksia:

Työllisyys:

Teollisuuden tuottavuuskehitysarvio n. 40 % tarkoittaa n. 2,6 % vuotuista tuottavuuskasvua. Se tarkoittaa, että samalla henkilömäärällä kyetään tuottamaan jatkuvasti enemmän tuotantoa. Tämä kehitys ei vaaranna missään vaiheessa nykyisiä työpaikkoja. Yritysten kilpailukyvyyn kasvaessa tuotannon määrä tulee kasvamaan, joka varmistaa nykyisten työpaikkojen säilymisen. Voidaan myös olettaa, että kilpailukyvyyn kasvaminen lisää vientiä ja toisaalta vähentää jossain määrin tuontitarvetta, jolloin työvoiman kokonaistarve tulee kasvamaan.

Logistiikassa n. 2% yritysten logistiikkakustannuksista (varastointiosio) tulee tehostumaan automaation ja robotiikan soveltamisen kautta. Muut kustannukset pysyvät samoina tai kasvavat. Kokonaisuutena logistiikan kokonaishenkilömäärä tulee kasvamaan vähintäänkin kansantuotteen kasvuvauhtia.

Vähittäis- ja tukkukaupassa tuottavuuskehitys tulee olemaan n. 25 %, joka tarkoittaa henkilöstön vähennystä n. 20%. Suurin vaikuttaja on verkkokaupan lisääntyminen erittäin merkittävästi. Tässä raportissa on tehty varovaisia arvioita, jotka saattavat toteutua paljonkin suurempina. Joka tapauksessa näemme, että kaupan henkilöstö tulee vähenemään, vaikka kansantuote kasvaisikin.

Palvelu- ja terveydenhuollon osalta tuottavuuskehitysarvio on n. 3 %. Tilannekuva on kuitenkin erittäin huolestuttava. Vanhusten määrä kasvaa nopeammin kuin tuottavuus, josta johtuen työvoiman tarve ei ainakaan vähene. Suurempi kysymys on, että kuinka paljon henkilöstöä pitää lisätä vuoteen 2030 mennessä. Emme lähde sitä tässä ennakoimaan. SOTE järjestelmä on liian monimutkainen arvioitavaksi tämän selvityksen puitteissa.

Kiinteistö- ja rakennusalan tuottavuuskehitykseksi olemme arvioineet 0 %. Mitään merkittäviä automaatio- ja robotiikkasovellutuksia emme näe lähitulevaisuudessa rakennuksilla. Rakennusalan työllisyys säilyy nykyisellä tasolla. Rakennusten laatuvaatimusten kasvaessa voidaan kuitenkin olettaa, että työvoiman tarve tulee kasvamaan vähintäänkin kansantuotteen kasvuvauhtia.

Kokonaisuutena arvioimme, että automatisaation ja robotisaation ansiosta kokonaistyöllisyys tulee kasvamaan ja osaltaan tukee suomalaisen hyvinvointiyhteiskunnan säilymistä.

Vienti liiketoiminta:

Suomalainen teollisuus valmistaa enimmäkseen investointihyödykkeitä teollisuuteen ja kauppaan. Puhutaan B-to-B liiketoiminnasta (Business- to-Business). Suomessa on merkittäviä teollisia yrityksiä, joiden kilpailukyvyn varassa Suomen kansantalous on. Näiden yritysten toiminnan kannalta toiminnan ja tuotteiden jatkuva kehittäminen on avainasemassa.

Näemme, että erityisesti vientiyriyten kannalta panostaminen automaation ja robotiikan soveltamiseen takaa parhaiten niiden elinkelpoisuuden. Suomalaisten vientiyriyten kilpailukyky on säilynyt jatkuvasti hyvänä, joka kertoo sen tosiasian, että yritysten strateginen johtaminen on kunnossa ja siinä on huomioitu yrityksen osaaminen, sen säilyttäminen ja parantaminen.

Kuitenkin tällä hetkellä, tulevaisuuteen katsoen on useitakin haasteita näköpiirissä. Automaation ja robotiikkaan liittyvä kehitysvauhti maailmalla on nyt erittäin kovaa. Siten on olemassa riski, että yritysten omat voimavarat eivät riitä kehityksen vauhdissa pysymiseen. Tämän riskin vähentämiseksi olisikin tärkeää saada tutkimuslaitostukea aihealueen osaamisen lisäämiseksi.

Kaiken kaikkiaan suomalaisen tuotannon vientinäköymät ovat hyvät ja oletamme myönteisen kehityksen jatkuvan.

Osaamistarpeet ja niiden muutokset:

Työvoiman tarpeissa eri toimialoilla tapahtuu muutoksia. Ehkä suurin muutos tulee tapahtumaan kaupassa, jossa työvoiman tarve vähenee. Teollisuus, logistiikka, SOTE ja rakentaminen puolestaan tulevat lisäämään työvoimaan. Kaikilla toimialoilla - myös niillä, joita ei tässä raportissa käsitellä - tulee tapahtumaan voimakas digitalisoituminen. Siksi näemme, että osaamistarpeiden osalta tärkeintä on panostaa koko kansakunnan tietoteknisen osaamisen lisäämiseen. Jokapäiväinen eläminen digitalisoituvassa yhteiskunnassa hankaloituu, mikäli ei hallitse nykyisiä tietoteknisiä alati lisääntyviä sovellutuksia.

Eryteisesti automaatioon ja robotiikkaan keskittyvä koulutus ja tutkimus tulee olemaan polttopisteessä kaikilla aloilla.

8.4 Robotiikan ja automaation imago vaikutuksia

Kokemuksesta tiedetään, että robottien tulo tuotantolaitokseen vaikuttaa henkilöstöön merkittävästi. Ihmisten kiinnostus robotteihin on suurta ja niiden kanssa mielellään tehdään töitä. Henkilöstö kokee helposti ylpeyttä saadessaan olla töissä yrityksissä, joissa on robotiikkaa ja pitkälle vietyä automaatiota. Vaikuttaa motivaatiotasoon ja työtyytyväisyyteen merkittävästi. Henkilöstön osalta robotiikan vaikutukset ovat positiivisia. Työteho ja tuottavuus lisääntyvät, laatu paranee. Keskittyminen työn tekemiseen paranee.

Markkinoiden näkökulmasta yritys, jolla on robotiikkaa ja pitkälle vietyä automaatiota, saa ylimääräisen imagon noston. Asiakaskunta arvostaa yli kaiken kehittyviä yrityksiä, koska se takaa yleensä sen, että tuotteet ja palvelut ovat myös laadukkaita ja edullisia.

Asiakaskunta vieraillee mielellään tällaisissa yrityksissä, jopa Suomessa saakka, merien takana. Kaiken kaikkiaan yrityksen on hyödyllistä lisätä robotiikkaa ja automaatiota, vaikka ole-mattomallakin rationaalisella hyödyllä, jos markkinoiden imagovaikutus on merkittävä.

Robotiikalla ja automaatiolla on myös vaikutuksia kilpailuasetelmiin markkinoilla. On huomattavan paljon helpompaa lähteä rakentamaan erilaisia yhteistyösopimuksia, alliansseja ja muita liiketoimintamalleja, kun on näyttöä ja imagoa teknologiajohtajuudesta.

Myös omistajien kannalta yrityksen arvo osakemarkkinoilla kasvaa helposti teknologiajohtajuuden myötä.

Robotiikan ja automaation myötä yritys saa myös helposti markkinanäkyvyyttä erilaisissa medioissa. Yrityksen edustajia pyydetään myös usein puhumaan ja osallistumaan erilaisiin seminaari- ym. tilaisuuksiin, joka edelleen edistää yrityksen näkyvyyttä markkinoilla.

Työvoiman saatavuus tulee olemaan ongelma jo lähitulevaisuudessa. Robotiikalla on mahdollista kompensoida työvoimapulaa. Ja samalla kun sillä kompensoidaan työvoimapulaa, lisätään nuorison keskuudessa kiinnostusta teollista toimintaa kohtaan, jolloin työvoiman tarjonta ehkä hieman myös lisääntyy metalliteollisuuteen.

8.5 Toimenpidesuosituksset

Kuten tämä selvitys on tuonut esiin, robotiikan ja automaation hyödyt ilmenevät lähinnä kahta kautta: kustannusten säästönä ja kilpailukyyn kasvuna; molemmat reitit ovat tärkeitä. Kustannusten säästö ilmenee siten, että alalla tai organisaatiossa on runsaasti työvaiheita tai työtehtäviä, automaation kannalta helppoja tai vaikeita, ja tehtävät ovat tyypillisesti vaatineet paljon työvoimaa - ja tähän kokonaisuuteen kohdistuu suuria kasvun tai tehokkuuden noston paineita. Tässä selvityksessä sekä terveydenhuollon että logistiikan kasvuskennariot ovat tällaisia. Kasvupaineiden purkamiseen on käytettävä kaikki keinot, ja silloin myös robotiikkaan ja automaatioon kohdistuu suuria odotuksia, tai jopa on niin, että automaatio- ja robotiikka-asteen nostaminen on ainoa mahdollisuus. Kilpailukyyn kasvu on monen tekijän summa, ja automaatio ja robotiikka on yksi niistä. Tämä reitti ilmenee teollisuudessa, kenttärobotiikassa, automaatio-suunnittelussa ja teollisuuden palveluliiketoiminnassa.

Näemme, että digitalisaation ja siinä automatisaation ja robotisaation merkitys kansantalou-teen on merkittävä ennen kaikkea pitkällä aikavälillä, jolla kehitystä on tapahtunut jatkuvasti pienin askelin. Suomalaisen yhteiskunnan kehittyminen nykyiselle tasolle on ollut monellakin tavalla erinomainen suoritus. Kehittymisessä on lukuisia eri taustatekijöitä, jotka yhdessä ovat saaneet aikaan nykyisen yhteiskunnan. Digitalisaatio ja siinä automatisaatio ja robotisaatio ovat olleet merkittävässä asemassa useilla toimialoilla, josta ne ovat levinneet myös muille aloille. On hyvin vaikeaa, ellei peräti mahdotonta erottaa digitalisaation osuus kokonaisuudesta. Kaikki vaikuttaa kaikkeen. Ehkä merkittävin asia on kuitenkin suomalainen koulutus- ja tutkimusjärjestelmä, joka on kyennyt tuottamaan maailmanluokan asiantuntijoita eri aloille.

Pidämmekin tärkeänä asiana huolehtia suomalaisen insinööri- ja muun peruskoulutuksen nykyisestä tasosta. Peruskoulutuksen tehtävänä on antaa opiskelijalle perustiedot ja valmentaa hänet liike-elämän palvelukseen. Erityisesti voisi painottaa tohtorikoulutuksen merkitystä, joka varmistaa teollisuuden pysymisen maailman luokassa. Varsinainen liiketoiminnallinen oppi-minen tapahtuu joka tapauksessa yrityksissä. Tuotekehitys-, tuotanto- ja myyntitoiminta on jokaisessa yrityksessä oma monisäikeinen kokonaisuus, johon yrityksen menestys perustuu.

Ei myös voi liikaa korostaa alan monialaisuutta. Automaatiokoulutus on jo pari vuosikymmentä sisältänyt tekoälykoulutusta, automaation ja robotiikan yhä monipuolisempi nojautuminen moderniin tietotekniikkaan on 80-luvulta asti voimistunut trendi ja fakta. Sovellusalueita tai sovellusalueita on syytä tuntea, sekä sisällöllisinä perusteina että kokemuksena alalta. Ihminen-teknikka -vuorovaikutus peräänkuuluttaa esimerkiksi psykologian osaamista. Mikään yksittäinen tohtoritutkintokaan ei kata kaikkea tarvittavaa, elinikäinen oppiminen on siksikin tarpeen, yhdistettynä hyviin vuorovaikutustaitoihin eri alan ihmisten kanssa. Automaatioissa ja robotiikassa teollisuuden sovellukset ovat olleet menneinä vuosikymmeninä hallitsevassa asemassa, mutta sovellusalueiden laajetessa muiden alojen näkökulmia tulee ainakin lisätä tarjontaan.

Näemme myös, että insinöörien elinikäiseen oppimiseen on syytä panostaa nykyistä enemmän. Elinikäinen oppiminen alkaa jo varhaiskasvatusvaiheessa ja sen pitäisi kestää läpi elämän. Koska teknologian merkitys jatkuvasti kasvaa, olisi ehkä harkittava teknisten oppiaineiden mukaanottoa jo peruskoulun ala-asteelta lähtien. Saman ajattelun mukaan lukiossa voisi olla erilliset tekniset ”linjat”, joista valmistuneet ylioppilaat olisivat jo tässä vaiheessa valmiita siirtymään työelämään. Viimeistään 90-luvulta asti on alalla oltu huolissaan matemaattisten painotusten suosion hiipumisesta kouluissa. Abstraktina mielletäviin matematiikan kursseihin sopiva tekninen muokkaus voisi innostaa oppilaita. Vastaava muutos tarvitaan opettajakoulutukseen.

Niin alan huipulle kouluttautumisen takia kuin teollisuuden ja julkisen sektorin uudistumisen kannalta runsaat soveltavan tutkimuksen puitteet ovat avainasemassa. Automaatio ja robotiikka ovat aloja, joissa on traditiota olla maailman huipulla sekä hyvin teoreettisella tavalla että tiiviissä ja luottamuksellisessa suhteessa teollisuuteen ja muihin sovellusalueisiin. Esimerkiksi lähimenneisyydessä niin vahvojen Tekesin, SHOK-toiminnan resurssit yms. tulee pyrkiä palauttamaan valtionalouden elpyessä, uudistuneina ja uusissa puitteissa Business Finlandissa, Digital Innovation Hubeissa tai muissa osaamisklusterirakenteissa, kuten kilpailijamaamme ovat tehneet. EU:n tutkimus- ja innovaatiotoiminta on integroitumassa ja synkronoitumassa yhä tiiviimmin kansallisiin innovaatioinstrumentteihin. Vahvojen kansallisten tutkimusagendojen yhdistelmien jatkeeksi ja päälle pyritään rakentamaan vahvaa Eurooppalaajuisista tutkimus- ja innovaatiotoimintaa. Eli on pidettävä huolta, että Suomesta löytyvät vahvat ja vireät kansalliset tukijalat; tällä hetkellä puhutaan em. alueellisista tai kansallista digital innovation hubeista, erilaisista osaamiskeskittymistä, opetuksen, tutkimuksen ja innovaatioiden ekosysteemeistä. Jos Suomessa on puutteita näissä tukijaloissa, menetykset kertautuu menestyksen puutteena EU-tasolla. Kansainvälisyys on ollut viime vuosina hyvässä kasvussa, mutta ulkomaisten huippuasiantuntijoiden, T&K-keskusten ja huippuyritysten houkuttelemisen vaatii paljon nk. suomalaiselta innovaatioympäristöltä.

Kuten on todettu, automaatio ja robotiikka ovat huomattavan monialaisia aloja itsessään. Automaatio ja robotiikka ovat kenties olleet vuosikymmeniä sitten nykyistä itsenäisempiä ja erilisempiä teknologia-aloja, mutta tänä päivänä ja tulevaisuudessa ei näin ole. Sovellusalueilla tehokkuus ja kilpailukyky vaativat laaja- ja monialaisia ratkaisuja, joissa automaatio ja robotiikka ovat yhtenä mahdollistajana, saumattomasti muiden keinojen joukossa. Tämän hetken digitalisaatio on nostamassa esiin tekoälyä, digitaalisia alustoja, 5G:tä, massadatan käsitteilyä, tietoturva jne. Tällaiset kokonaisratkaisut ovat yhä vaativampia yhdistelmiä näitä. Automaatio ja robotiikka, sovellusalueissaan, ovat olleet ja tulevat olemaan näiden läheisten tekniikoiden suurimpia, hanakampia ja myös vaativimpia soveltajia.

Lisäksi näemme, että eläkkeelle jääviä ja jääneitä alan huippuammattilaisia olisi järkevää houkutella tavalla tai toisella edes jollain panoksella takaisin liike-elämään. Eläköityvien mukana häviää melkoinen määrä kumulatiivista osaamista liike-elämästä. Eläköityneiden asiantuntijoiden pysyminen työelämässä vaikuttaa kansantalouteen myös monella muullakin tavalla positiivisesti.

Eriyisesti rakentamistoiminta kiinnittää huomiota. Sen tuottavuuskehitys on kansainvälisellä tasolla ollut heikkoa ja samoin ovat näkymät. Kuitenkin kyse on suuresta kansantalouden osa-alueesta, joka puolestaan antaisi aihetta tutkimus- ja kehittämistoiminnan lisäämiseen.

Näemme myös, että palvelu- ja terveydenhuollon robotiikan tutkimukseen ja soveltamiseen on järkevää panostaa nykyistä enemmän. SOTE-alan tuottavuuskehitykselle on asetettava korkeat tavoitteet. Lähivuosikymmeninä Suomen huoltosuhde heikkenee huomattavasti ja aiheuttaa suuria haasteita politiikalle. Koska maailmalla tämän alueen tutkimukseen panostetaan huomattavia summia, on erityisen tärkeitä huolehtia ulkomailla tuotetun uuden tiedon systemaattisesta siirtämisestä suomalaisen yhteiskunnan hyödyksi.

Näemme myös, että olisi tärkeää laatia Suomelle erillinen automatisaatio- ja robotisaatiostrategia, jonka avulla vauhditettaisiin alan kehitystä ja jo-tuotettujen toimenpide-ehtotusten toimeenpanoa. Strategiassa painopiste olisi oltava osaamisen vahvassa kehittämisessä. Osaamisen kehittyminen perustuu pääosin peruskoulutukseen, yrityksissä tapahtuvaan oppimiseen ja tutkimuslaitosten uuden tiedon tuottamiseen. Näiden kolmen instituution merkitys on keskeisellä sijalla tulevaisuuden menestyksessä.

LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA

Andersson, C., Haavisto, I., Kangasniemi, M., Kauhanen, A., Tikka, T., Tähtinen, L., Törmänen, A. Robotit töihin; Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla? EVA raportti 2/2016.

Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. (2016): The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries, A comparative analysis, http://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-risk-of-automation-for-jobs-in-oecd-countries_5jlz9h56dvq7-en.

Dufva, M., Halonen, M., Kari, M., Koivisto, T., Koivisto, R., Myllyoja, J. Kohti jaettua ymmärrystä työn tulevaisuudesta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 33/2017.

Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *OMS Working Papers, September 18*. http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

Heikkilä, J. (Ed.), Olhager, J., Martinsuo, M., Suomala, P., Johansson, M., Ahvonen, P. (2017). Relocation of Nordic Manufacturing. Tampere University of Technology. Industrial and Information Management.

Innamaa, S., Kanner, H., Rämä, P., Virtanen, A. Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Trafin tutkimuksia 01/2015.

Kivilahti Arto, Think Tank – kaupan trendit ja tulevaisuus 2015. Solita Oy. https://www.solita.fi/wp-content/uploads/2015/05/Kauppan_trendit_ja_tulevaisuus_2015.pdf

Pajarinen, M., Rouvinen, P., Ekeland, A. Computerization Threatens One-Third of Finnish and Norwegian Employment. ETLA Briefs 34 (2015) <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Muistio-Brief-34.pdf>

Pajarinen, M., & Rouvinen, P. (2014). Computerization threatens one third of Finnish employment. *ETLA Briefs*, 22. <http://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-22.pdf>

Pilli-Sihvola, E., Miettinen, K., Toivonen, K., Sarlin, L., Kiiski, K., Kulmala, R. Robotit maalla, merellä ja ilmassa. Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 7/2015.

Pöyskö, T, Hurskainen, E., Lapp, T., Vaarala, H. Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa, kehitysnäkymiä Suomessa ja maailmalla,. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2016.

Robotiikan taustaselvityksiä, Liikenne- ja viestintäministeriö, julkaisu 2/2016. Sisältää 4 erillisraporttia; 1) Robotiikkatiekartta, 2) Liikenteen robotiikka, 3) Teknologiakartat ja suomalaisten yritysten kyvykkyydet ja 4) Digitaalinen tietopohja ja robotisaation vaikutukset.

Solakivi, T., Ojala, L., Laari, S., Lorentz, H., Töyli, J., Malmsten, J., Lehtinen, N. Logistiikkaselvitys 2016, Turun Kauppakorkeakoulun julkaisu, sarja E-1:2016.

Stewart, I., De, D., Cole, A. Technology and people: The great job-creating machine. Deloitte 2015. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/finance/deloitte-uk-technology-and-people.pdf>

Ventä, O. et al. Robotiikkatiekartta, VTT-CR-00422-15, 2015

VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

tietokayttoon.fi

ISSN 2342-6799 (pdf)

ISBN 978-952-287-484-9 (pdf)

