

LUT-YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

LUT Kone

Sari Herrala

**IHMISTYÖ AUTOMAATIOTA JA DIGITALISAATIOTA SISÄLTÄVÄN
TUOTANTOJÄRJESTELMÄN OSANA**

27.11.2021

Tarkastajat Professori Juha Varis
 DI Eero Toivanen

TIIVISTELMÄ

LUT-Yliopisto
LUT Energiajärjestelmät
LUT Kone

Sari Herrala

Ihmistyö automaatiota ja digitalisaatiota sisältävän tuotantojärjestelmän osana

Diplomityö

2021

83 sivua, 29 kuvaa ja 1 taulukko

Tarkastajat: Professori Juha Varis
DI Eero Toivanen

Hakusanat: ihmistyö, automaatio, digitalisaatio, tuotantojärjestelmä

Tässä tutkimuksessa paneuduttiin automaatiota ja digitalisaatiota sisältävän tuotantojärjestelmän kehittämiseen niin, että ihmisen tekemä työ huomioidaan keskeisenä järjestelmän tekijänä. Tutkimuksen aineisto kerättiin kirjallisuustutkimuksen ja haastattelujen avulla. Haastattavana oli kolme organisaatiota, joissa on merkittävässä määrin automatisoitu ja digitalisoitu tuotantojärjestelmää sekä yksi automaatiojärjestelmien toimittajaorganisaatio. Haastatteluissa keskityttiin haastattavien kokemuksiin ja näkemyksiin ihmisen työn huomioimisessa tuotantoympäristössä, jossa on automaatiota ja digitalisaatiota.

Kirjallisuuden avulla tutustuttiin automaation, robotisaation ja digitalisaation termien määrittelyihin, automaation ja digitalisaation kehittymiseen sekä automaation eri tasoihin. Kirjallisuudesta etsittiin myös automaation ja digitalisaation vaikutuksia ja hyötyjä sekä organisaation näkökulmasta että ihmisen näkökulmasta. Lisäksi löydettyjä vaikutuksia ryhmiteltiin ihmisen näkökulmasta vaikutuksiksi tuottavuuteen, työturvallisuuteen, työn mielekkyyteen ja työntekijämäärään. Kirjallisuudesta haettiin myös tietoa automaation ja digitalisaation suunnittelusta, johon löydettiin kolme erilaista lähestymisnäkökulmaa: teknologia-, ihmis- ja jakamisnäkökulma.

Haastattelujen ja kirjallisuuden löydösten pohjalta rakennettiin malli siitä, miten automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää kehitetään niin, että ihmisen tekemä työ huomioidaan keskeisenä järjestelmän tekijänä.

ABSTRACT

LUT University
LUT School of Energy Systems
LUT Mechanical Engineering

Sari Herrala

Human work as part of a production system that includes automation and digitalization

Master's thesis

2021

83 pages, 29 figures and 1 table

Examiners: Professor Juha Varis
M. Sc. (Tech.) Eero Toivanen

Keywords: human work, automation, digitalization, production system

This study was focused on the development of a production system with automation and digitalization, so that human work is considered as a key factor in the system. The material of the study was collected through literature research and interviews. Three organizations with a significant automated and digitized production system and one supplier of automation systems were interviewed. The interviews were focused on experiences and perspectives of interviewees at taking human work in a key factor in a production system with automation and digitalization.

With the help of the literature were familiarized to the definitions of the terms of automation, robotization and digitalization. The literature helped to understand the development of automation and digitalization, and the different levels of automation. From the literature were also looked for the reasons of automation and digitalization both an organizational and a human perspective. In addition, the effects found were grouped from a human perspective into effects on productivity, occupational safety, meaningfulness of work, and number of employees. The information of the design of automation and digitalization was also sought from the literature, with three different approaches: technocentric approach, human-centered approach, and sharing approach.

Based on the findings of the interviews and the literature, a model was built on how to develop a production system with automation and digitalization, so that human work is taken as a key factor of the system.

ALKUSANAT

Olen tehnyt tämän tutkimuksen kiinnostuksestani ihmisen, automaation ja digitalisaation yhdistämiseen työssä. Haluan kiittää professori Juha Varista ja toimialajohtaja Eero Toivasta erittäin kiinnostavista keskusteluista sekä hyvästä ohjauksesta. Kiitos kuuluu myös perheelleni tutkimuksen tekemisen mahdollistamisesta.

Sari Herrala

Sari Herrala

Raaseporissa 27.11.2021

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Tutkimusongelma	9
1.2	Tutkimuskysymykset.....	9
1.3	Tutkimuksen tavoite	10
1.4	Tutkimuksen rajaukset.....	10
1.5	Tutkimusmetodologia	10
1.6	Tutkimuksen rakenne.....	11
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	12
2.1	Kirjallisuuskatsaus	12
2.2	Haastattelu	13
2.3	Laadullinen sisällönanalyysi.....	14
2.4	Reflektointi	15
3	AUTOMAATIO, ROBOTISAATIO JA DIGITALISAATIO.....	17
3.1	Automaation ja digitalisaation kehittyminen	19
3.2	Automaation tasot.....	22
4	AUTOMAATION JA DIGITALISAATION VAIKUTUKSIA	26
4.1	Vaikutukset tuottavuuteen	30
4.2	Vaikutukset työturvallisuuteen	31
4.3	Vaikutukset työn mielekkyyteen	33
4.4	Vaikutus työntekijämäärään	39
5	AUTOMAATION JA DIGITALISAATION SUUNNITTELU	43
5.1	Teknologianäkökulma automaation ja digitalisaation suunnittelussa	43
5.2	Ihmisnäkökulma automaation ja digitalisaation suunnittelussa.....	45
5.3	Jakamisnäkökulma automaation ja digitalisaation suunnittelussa.....	48
6	HAASTATTELUT.....	51

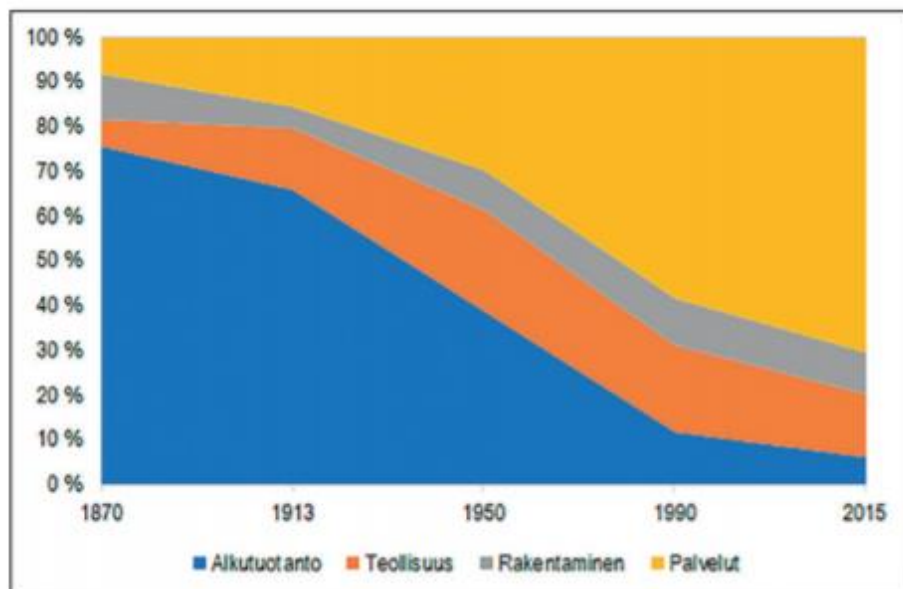
6.1	Teollisuusautomaatio, Mitsubishi Logisnext Oy	51
6.2	Teollisuusautomaatio ja ohjelmistorobotiikka, Bayer Oy	55
6.3	Ohjelmistorobotiikka, Orion Oyj	58
6.4	Automaatio- ja robotiikkatoimittaja, MTC Flextek Oy Ab	62
7	ANALYSOINTI	65
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	76
	LÄHTEET	78

SYMBOLILUETTELO

CAD	Computer-Aided Design, tietokoneperusteinen suunnittelu
CAM	Computer-Aided Manufacturing, tietokoneohjattu tuotanto
CIM	Computer Integrated Manufacturing, tietokoneintegroitu valmistus
FMS	Flexible Manufacturing System, joustava valmistus
HFE	Human Factors Ergonomics, inhimilliset tekijät ja ergonomia
HMI	Human-Machine Interface, ihmisen ja koneen välinen rajapinta
HRC	Human-Robot Collaboration, ihmisen ja robotin välinen yhteistyö
HRI	Human–Robot Interaction, ihmisen ja robotin välinen yhteistyö
ICT	Information and Communication Technology, tieto- ja viestintäteknologia
II	Industrial Internet, teollinen internet
Industrie 4.0	Saksan opetus- ja tutkimusministeriön vuonna 2013 aloittama hanke
IOT	Internet of Things, esineiden tai asioiden internet
LoA	Levels of Automation, automation tasot
PHRC	Physical Human-Robot Collaboration, fyysinen ihmisen ja robotin yhteistyö
TiA	Trust in Automation, ihmisen luottamus automaatioon
WMS	Warehouse Management System, varastohallintajärjestelmä

1 JOHDANTO

Suomi oli 1940-luvulle saakka eurooppalaista syrjäseutua, jossa lähes 70 prosenttia työvoimasta toimi maataloudessa. Koulutus- ja elintaso olivat alhaisia. Teollisuustuotanto oli pääasiassa jalostusarvoltaan alhaista metsäteollisuuden tuotantoa. Suomi kehittyi 1950-luvulta alkaen nopeasti, bruttokansantuote kasvoi voimakkaasti ja nykyinen palkkatyövaltainen yhteiskunta syntyi 1960-1970 -luvulla. (Pyöriä et al. 2020, s. 47.) Kuvassa 1 esitetään työllisyyden jakautuminen eri toimialoille vuosina 1870-2015. Kuvasta nähdään, että työvoiman osuus alkutuotannossa on vähentynyt jyrkästi vuosina 1913-1990. Samana ajanjaksona palvelujen osuus työvoimasta on kasvanut merkittävästi, ja vuonna 2015 jo lähes 70 prosenttia työvoimasta toimi palvelutoimialalla. Kuvasta nähdään myös, että teollisuus on työllistänyt koko ajan noin 15-20 prosenttia työvoimasta.



Kuva 1. Työllisyyden jakautuminen eri toimialoille vuosina 1870-2015 (Pyöriä et al. 2020, s. 48).

Suomalaisessa teollisuudessa automaatiota otettiin käyttöön 1950-luvulta alkaen sähkö- ja mittaustekniikassa. Tämän jälkeen automaatio yleistyi nopeasti erityisesti prosessiteollisuudessa. Teknisen kehityksen myötä digitaalteknikkaan perustuva automaatio alkoi yleistyä Suomessa 1980-luvulta alkaen. Tällöin se näkyi esimerkiksi

teknologiateollisuudessa tietokoneperusteisena suunnitteluna (CAD) ja tietokoneohjattuna tuotantona (CAM). Automaation avulla on uudistettu tuotantoprosesseja ja pyritty hakemaan työn tuottavuuden kasvua kiristyvässä kansainvälisessä kilpailussa. (Pyöriä et al. 2020, s. 52.)

Nykyään automaation yhteydessä puhutaan myös digitalisaatiosta ja robotiikasta. Ne tulivat ensimmäisen kerran mukaan Tilastokeskuksen säännöllisesti tekemään työolotutkimukseen vuonna 2018. Edellisessä tutkimuksessa vuonna 2013 niitä ei nostettu esiin edes tiedonkeruulomakkeen suunnitteluun osallistuneessa asiantuntijaryhmässä. (Sutela et al. 2019, s. 99.) Tämä kertoo digitalisaation ja robotiikan nopeasta teknisestä kehityksestä ja niiden tuomasta työelämän muutoksesta.

1.1 Tutkimusongelma

Tämän päivän kuuma puheenaihe on digiloikka ja digitalisoituva työympäristö. Automaatio ja digitalisaatio nähdään tärkeänä elementtinä työn tehostamisessa sekä ajasta ja paikasta riippumattoman työn tekemisessä. Samaan aikaan puhutaan digistressistä ja siitä aiheutuvasta työuupumuksesta. Tämän tutkimuksen lähtökohta on ihmistyön ja automaation sekä digitalisaation yhdistäminen siten, että ihmisen kyky ja jaksaminen otetaan huomioon, kun ihminen toimii osana tuotantojärjestelmää ja vaikuttaa osaltaan tuotannon tehokkuuteen.

Tämän tutkimuksen tutkimusongelma asetetaan seuraavasti: Miten automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää kehitetään niin, että ihmisen tekemä työ huomioidaan keskeisenä järjestelmän tekijänä?

1.2 Tutkimuskysymykset

Ihminen ja automaatio tai digitalisaatio -työpari on yleistynyt ja tulee yleistymään edelleen. Käytännössä se on arkipäivää hyvin monella toimialalla. Ihmisen hyvinvoinnin näkökulmasta esiintyy myös ilmiöitä, jotka liittyvät ihmisten kuormittumiseen. Ihmisen näkökulmasta automatisaatioon ja digitalisaatioon liittyy hyvin paljon sekä positiivisesti että negatiivisesti sävyttyneinä ennakkokäsityksiä. Automatisoituva ja digitalisoituva ihmistyö on aiheena kiinnostava ja ajankohtainen.

Tässä tutkimuksessa haetaan vastausta siihen, miten ihmisen tekemä työ huomioidaan keskeisenä tuotantojärjestelmän tekijänä, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää järjestelmää. Pääkysymys voidaan jakaa seuraaviin osakysymyksiin:

- 1) Mitä ihmiseen liittyviä tekijöitä on huomioitava kehitettäessä automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää?
- 2) Millaisia systemaattisia keinoja on ihmistyön huomioimisessa?
- 3) Miten ihmistyön systemaattinen huomioiminen parantaa tuottavuutta?

1.3 Tutkimuksen tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena on esittää malli, jossa ihmistyö huomioidaan keskeisenä tuotantojärjestelmän tekijänä, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää järjestelmää.

1.4 Tutkimuksen rajaukset

Tässä tutkimuksessa sovelletaan seuraavia teoreettisia viitekehyksiä:

- Tuotantotalouden viitekehys (Industrial Engineering)
- Systeemiteoria ja systeemiajattelu
- Henkilöstövoimavarojen johtamisen teoria
- Kognitiivinen ergonomia

Tutkimuksessa käsitellään järjestelmiä, jotka muodostuvat ihmisistä, koneista, laitteista, energiasta, materiaaleista ja informaatiosta. Tutkimuksessa pohditaan ihmistyötä osana tuotantojärjestelmää niin, että ihmisen kyky ja jaksaminen otetaan huomioon tuotantojärjestelmää kehitettäessä.

1.5 Tutkimusmetodologia

Tämän tutkimuksen tiedonhankinnassa käytetään kirjallisuustutkimusta ja haastatteluja. Haastateltavaksi valitaan 2-3 organisaatiota, joissa on merkittävästi automatisoitu tai digitalisoitu tuotantojärjestelmää, mutta joissa kuitenkin on vielä jäljellä ihmistyötä.

Aineiston analysoinnissa ja tulkinnessa käytetään laadullista sisällönanalyysiä, ryhmittelyä ja samaa tarkoittavien käsitteiden yhdistämistä. Analysoinnin tulokset kootaan taulukkoon.

1.6 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus rakentuu teoreettisesta ja empiirisestä osuudesta. Johdannossa, ensimmäinen luku, esitetään toimintaympäristö, johon tutkimus liittyy sekä tutkimusongelma, tutkimuksen tavoitteet, tutkimuksen rajausta ja tutkimuksen rakenne. Tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät esitellään luvussa kaksi.

Luvussa kolme määritellään käsitteet automaatio, robotiikka ja digitalisaatio. Samassa luvussa perehdytään automaation ja digitalisaation kehittymiseen sekä tutkijoiden muotoilemiin automaation tasojen eri konsepteihin. Neljännessä luvussa pohditaan automatisaation ja digitalisaation vaikutuksia, kuten tuottavuuden, työturvallisuuden, työn mielekkyyden, työntekijämäärän muutosta ja kehitystä. Viidennessä luvussa tutustutaan automaation ja digitalisaation suunnitteluun teknologia, ihmis- ja jakamisnäkökulmasta.

Kuudennessa luvussa esitellään haastattelujen kirjalliset kuvaukset. Seitsemännessä luvussa analysoidaan haastattelujen tuloksia ja kirjallisuudesta tehtyjä löydöksiä. Kahdeksannessa luvussa esitetään johtopäätöksiä ja lopputuloksena syntyvä malli.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämän tutkimuksen tiedonhankinta tehdään kuvailevana kirjallisuuskatsauksena ja puolistrukturoituina haastatteluina. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tiedon lähteinä käytetään tieteellisiä artikkeleita ja konferenssijulkaisuja. Haastattelujen sisältö ja kirjallisuudesta tehdyt löydökset analysoidaan laadullisena sisällönanalyysinä.

Reflektointi on oleellinen osa tutkimuksen tekemistä. Reflektoinnin kautta varmistetaan tutkimuksen eteneminen tavoitteen mukaisesti sekä arvioidaan tiedon hankinnan yhteydessä kirjallisuuden ja tutkimuskysymyksen vastaavuutta. Reflektointi ajoittuu koko tutkimusprosessin ajalle.

2.1 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaukseksi kutsutaan systemaattista menetelmää, jossa tutkija käy läpi tutkimusaiheeseensa liittyviä aikaisempia tutkimuksia ja tieteellistä kirjallisuutta. Kirjallisuuskatsauksessa voidaan pitäytyä oman alan tutkimuksessa tai tehdä katsausta poikkitieteellisesti. (Salminen 2011, s. 3-5.)

Kirjallisuuskatsaukset jaetaan yleensä kolmeen eri tyyppiin. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yksi yleisimmin käytetyistä menetelmistä. Siinä ei ole tiukkoja ja tarkkoja sääntöjä. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa käytetään laajasti erilaisia aineistoja, eikä aineiston valintaa rajata metodisilla säännöillä. Tutkittava ilmiö pystytään kuvaamaan laajasti. Tarvittaessa on myös mahdollista luokitella tutkittavan ilmiön ominaisuuksia. (Salminen 2011, s. 6.)

Toinen kirjallisuuskatsauksen tyyppi on systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Sitä voi kuvailla tiivistelmäksi tutkittavan aihepiirin aikaisempien tutkimusten oleellisesta sisällöstä. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla on kätevää testata hypoteeseja, esittää tutkimusten tuloksia tiivistetysti ja arvioida tutkimusten johdonmukaisuutta. (Salminen 2011, s. 9.)

Kolmas kirjallisuuskatsaustyyppi on meta-analyysi. Se jaetaan kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen meta-analyysiin. Kvalitatiivinen meta-analyysi jaetaan kahteen suuntaukseen. Metasynteesissä yhdistetään samaa aihetta tarkastelevia tutkimuksia ja tarkastellaan niitä pääosin yhtäläisyyksien ja erojen näkökulmasta sekä pyritään rakentamaan aiheesta vakuuttava kokonaiskuva. (Salminen 2011, s. 12.) Metayhteenvedossa laadullinen tutkimus tiivistetään kvantitatiivisilla menetelmillä (Salminen 2011, s. 13). Kvantitatiivisessa meta-analyysissä yhdistetään kvantitatiivisia tutkimuksia ja yleistetään niitä tilastotieteellisin menetelmin. Sen avulla tehdään olemassa olevista tutkimuksista päätelmiä ja yhdenmukaistetaan tutkimusten tuloksia. (Salminen 2011, s. 14.)

2.2 Haastattelu

Erilaiset haastattelut ovat varmasti yleisimmin käytettyjä tapoja hankkia tietoa. Haastattelu on hyödyllinen tapa ymmärtää haastateltavan kokemuksia, uskomuksia ja näkemyksiä. Koska laadulliset haastattelut ovat niin yleisiä, saatetaan niitä pitää itsestäänselvytenä, jolloin niiden suunnitteluun, käyttöön ja hallintaan ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. (Mann 2016, s. 2.)

Hyvä laadullinen haastattelu antaa vastauksia tutkimuskysymykseen. Se tuottaa tietoa, josta on mahdollista tehdä analyysi tai kuvaus, joka on linjassa tutkimuksen tavoitteen ja teoreettisen viitekehyksen kanssa. Haastattelu tuo usein näkyviin myös haastateltavien kokemuksia, näkemyksiä, mielipiteitä, ajatuksia ja tunteita. De la Croix et al. ovat sitä mieltä, että haastattelun laatu riippuu täysin siitä, kuinka turvallisiksi ja vapautuneeksi haastateltavat kokevat haastattelutilanteen. Haastattelijan tehtävä on luoda luottamuksellinen ilmapiiri, olla utelias, mutta kuitenkin kunnioittava sekä muistaa kuunnella haastateltavaa arvostavasti. (de la Croix et al. 2018, s. 597.)

Yleisin haastattelutapa on henkilökohtainen haastattelu. Ryhmähaastattelut ovat myös käytettyjä tilanteissa, joissa on tärkeää yhdistää eri näkemyksiä tai saada aikaan yksimielisyyttä. Ryhmähaastattelussa voidaan edetä yksilöllisesti, jolloin haastattelija toimii tavallaan puheenjohtajana ja jakaa puheenvuoroja ryhmän jäsenille. Haastattelu voidaan aloittaa samalla kysymyksellä, joka esitetään jokaiselle ryhmän jäsenelle vuorotellen. Toinen ryhmähaastattelun tapa on fokusryhmähaastattelu. Siinä saatetaan saada esiin kiinnostavia näkemyksiä, kun ryhmän jäsenet tarkentavat toistensa näkökulmia tai ovat eri

mieltä asioista. Fokusryhmän koko on enimmillään 12 henkilöä, mutta paljon yleisempää on haastatella seitsemän henkilön ryhmää. Ryhmähaastatteluissa on aina vaarana, että ryhmässä on äänekkäämpiä ja dominoivampia jäseniä, jotka vievät tilaa mahdollisesti hiljaisemmilta ryhmän jäseniltä. Ryhmähaastattelujen vetäminen vaatii haastattelijalta ryhmän ohjaamisen taitoja sekä tuntemusta ryhmädynamiikasta. (Croix et al. 2018, s. 2.)

Perinteisesti haastattelumenetelmät on jaettu strukturoituihin, puolistrukturoituihin ja avoimiin haastatteluihin. Strukturoitu haastattelu tarkoittaa sitä, että haastattelija on muotoillut kysymykset etukäteen ja esittää kaikki kysymykset samassa järjestyksessä kaikille haastateltaville. Avoin haastattelu alkaa teemaan liittyvällä kysymyksellä. Haastattelun eteneminen on riippuvainen kunkin haastateltavan vastauksista. Puolistrukturoitu haastattelu asettuu strukturoidun ja avoimen haastattelun väliin. Siinä käytetään muutamia etukäteen määriteltyjä kysymyksiä haastatteluteeman ympäriltä ja jätetään hyvin paljon tilaa haastateltavan oman ajattelun seuraamiseen, jonka pohjalta haastattelija tekee jatkokysymyksiä. Haastattelu voi olla myös tarinallinen ja tällöin puhutaan narratiivisesta haastattelusta. Se antaa jokaiselle haastateltavalle mahdollisuuden kertoa oman tarinansa. (Croix et al. 2018, s. 2.)

Haastattelujen perusteella luoduissa väitteissä ja johtopäätöksissä yhdistyvät ontologiset ja epistemologiset näkökulmat. Ontologialla tarkoitetaan sitä, missä määrin tutkija uskoo, että objektiivinen todellisuus on olemassa haastateltavien todellisuuden lisäksi. Epistemologialla tarkoitetaan sitä, missä määrin tutkija uskoo, että todellisuus voidaan saada esiin tiedonkeruun, kuten haastattelun, avulla. Haastattelumenetelmän valinnan lähtökohtana on se mitä tietoa kerätään: realistista todellisuutta vai aistimuksia todellisuuden rakenteesta. On myös hyvä pohtia edustavatko haastattelussa kerätyt tiedot vastaajien uskomuksia ja arvoja vai ovatko ne vastaus siihen, mitä vastaajan mielestä tutkijan pitäisi kuulla. (Mann 2016, s. 44.)

2.3 Laadullinen sisällönanalyysi

Laadullinen sisällönanalyysi on tekstin analysointimenetelmä, jossa tekstiä tarkastellaan eritellen. Aineistosta etsitään yhtäläisyyksiä ja eroja. Laadullisessa sisällönanalyysissä pyritään rakentamaan tutkittavasta ilmiöstä tiivis kuvaus ja liittämään ilmiö laajempaan

kokonaisuuteen sekä aihetta koskeviin muihin tutkimustuloksiin. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Laadullinen sisällönanalyysi alkaa koodauksella, joka tarkoittaa sitä, että analysoitavaa tekstiä yhdistellään ja erotellaan jonkin tutkimuksen aihepiiriin liittyvän ominaisuuden mukaan. Tämän ominaisuuden päättää tutkija. Samankaltaiset maininnat ryhmitellään ja ryhmät nimetään sisältöä kuvaavasti. (Juhila 2021.)

2.4 Reflektointi

Reflektointi on yksi tiedon keruun, kuten koko tutkimuksenkin, tärkeä elementti. Reflektointia tulisi tehdä jatkuvasti eikä vain haastattelujen tai tutkimuksen lopuksi. Toisin sanoin reflektoinnin tulisi alkaa heti tutkimuksen suunnittelun yhteydessä. (Mann 2016, s. 2.) Haastattelun yhteydessä reflektoinnin tärkeys korostuu siinä, että puhekielessä sanoilla ja ilmaisuilla on useita merkityksiä. Jos tutkija ei selvitä sanojen ja ilmaisujen lisämerkityksiä, on suuri vaara väärinymmärryksille. (Mann 2016, s. 7.)

Yksinkertaisesti määriteltynä reflektointi tarkoittaa jonkin asian ajattelua. Se on toimintaa, jossa kokemukset kerätään, niitä ajatellaan, pohditaan ja arvioidaan. Reflektointi on itsetarkkailun menetelmä, ja sitä voidaan helpottaa erilaisilla työkaluilla, esimerkiksi päiväkirjalla tai valmennuskeskusteluilla. Reflektointia voi siis tehdä ajattelemalla, kirjoittamalla tai puhumalla. (Mann 2016, s. 8.)

Reflektointi voidaan sijoittaa arvioitavaan toimintaan nähden joko toiminnan kanssa samanaikaisesti tapahtuvaksi tai toiminnan jälkeen tapahtuvaksi. Toiminnan jälkeen tapahtuva reflektointi (reflection-on-action) on yleisempää ja reflektioijan kannalta yksinkertaisempaa. Toiminnan aikana tapahtuva reflektointi (reflection-in-action) on huomattavasti vaikeampaa. Toiminnan yhteydessä ei välttämättä ole aikaa reflektoinnille, vaan saatetaan keskittyä vain ymmärtämään tilannetta. Kolmantena reflektoinnin tapana voidaan erottaa toiminnan edistämiseksi tapahtuva reflektointi (reflection-for-action). Siinä katsotaan tietoisesti eteenpäin sekä tunnistetaan tavoitteet, vaiheet tai ohjeet, joita noudattamalla tietyn tehtävän tai toiminnan onnistuminen taataan. (Mann 2016, s. 8-9.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että reflektointi on prosessi, jossa opitaan kokemuksesta. Reflektointia voidaan tehdä työssä tai yksityiselämässä. Reflektoijat voivat pohtia itseään tai itsensä ja työnsä välistä suhdetta. He voivat pohtia työtapojaan, yhteistyön tapoja tai suhteita muuhun organisaatioon. Usein reflektoinnin tuloksena syntyy pieniä muutoksia käytännön tekemiseen. (Mann 2016, s. 9.)

3 AUTOMAATIO, ROBOTISAATIO JA DIGITALISAATIO

Automaatio on laaja käsite. Encycloedia Britannican mukaan automaatio tarkoittaa konesovelluksia, jotka suorittavat tehtäviä, joita ihmiset ovat tehneet aikaisemmin. Nykyään automaatio tarkoittaa enenevässä määrin tehtäviä, jotka ilman konesovelluksia olisivat mahdottomia. Groover (2018) puolestaan määrittää automaation toisaalta yksittäisten koneiden yhdistelmiksi, joissa kone ainakin osittain tekee työhön kuuluvia päätöksiä ja toisaalta itsenäiseksi järjestelmäksi, joka toimii täysin ilman ihmisen vaikutusta.

Termi automaatio keksittiin autoteollisuudessa vuonna 1946. Termillä haluttiin kuvata syntynyttä tuotantojärjestelmää, kun mekanisoiduilla tuotantolinjoilla otettiin yhä enemmän käyttöön automaattisia laitteita ja automaattista ohjausta. Alun perin tuotantoympäristössä käyttöönotettu termi on yleistynyt tarkoittamaan nykypäivänä järjestelmiä, joissa ihmisen toimintaa ja älyä on merkittävästi korvattu mekaanisilla, sähköisillä tai tietoteknisillä toiminnoilla. (Groover 1999.) Edelliseen viitaten esimerkiksi Sheridan (2019, s. 2) tarkoittaa automaatiolla laite- ja ohjelmistojärjestelmää, joka mahdollistaa jonkin tai kaikki seuraavista toiminnoista: tunnistus, analyysi, muistaminen, toimintapäätös sekä kyseisen toimenpiteen toteuttaminen, jotta haluttu lopputulos saavutettaisiin paremmin.

Yleistasolla automaatio voidaan määrittää teknologiaksi, jossa yhdistyvät etukäteen ohjelmoidut käskyt ja ohjauspalautteet, joiden avulla varmistetaan oikeanlainen suoritus (Groover 1999). Alun perin automaatio sisälsi ainoastaan mekaanisia komponentteja ja erilaisia ympäristöä mittaavia antureita. Nykyään tietotekniikka on olennainen osa automaatiota ja sen osuus kasvaa koko ajan. (Frohm et al. 2008, s. 3.) Automaatiolla tarkoitetaan nykyään laajasti monenlaisia teknologioita, joita käytetään esimerkiksi teollisuudessa, rakennuksissa tai liikenteessä (Ventä et al. 2018, s. 12).

Automaatioteknologian kehittymisen myötä automaatiojärjestelmät ovat tulleet entistä monimutkaisemmiksi (Groover 1999). Teollisuudessa automaatio on perinteisesti jaettu prosessiautomaatioon ja tuotantoautomaatioon. Prosessiautomaatio liittyy nestemäisten, kaasumaisten ja jauhemaisten materiaalien käsittelyyn. Tuotantoautomaatio liittyy yksittäisten kappaleiden käsittelyyn. (Ventä et al. 2018, s. 12.)

Nykyään robotit ovat oleellinen osa automaatiota ja ammattilaiset pitävätkin robotiikkaa automaation osa-alueena. Robotiikassa hyödynnetään useita erilaisia teknologioita, kuten tekoäly, neurolaskenta, digitaaliset alustat, konenäkö, mittaustekniikka, signaalinkäsittely ja simulointi. Monitekniisyys on robotiikan vahvuus, mutta myös välttämättömyys sen toiminnalle. (Ventä et al. 2018, s. 10.)

Myöskään robotiikan määrittely ei ole yksinkertaista. Ventä et al. (2018, s. 11) määrittelevät robotin suhteellisen suppeasti: ”Robotilla tarkoitetaan useimmiten yhtä älykästä laitetta, joka tekee älykkäällä mekaniikallaan jotakin hyödyllistä”. Sutela et al. (2019, s. 99) määrittelevät robotin huomattavasti laajemmin: ”Roboteilla voidaan tarkoittaa hyvin monenlaisia työtä avustavia tietoteknisiä sovelluksia ja laitteita”.

Ventä et al. (2018, s. 12) kuvaavat automaation ja robotiikan eroa seuraavasti: Konepajateollisuudessa on käytössä ohjelmoitavia laitteita, jotka tekevät itsenäisesti esimerkiksi hitsaustyötä. Niitä kutsutaan hitsausroboteiksi. Kun robotit toimivat yhdessä esimerkiksi kuljettimien ja annostelijoiden kanssa, puhutaan automaatiosta.

Tietotekniikan kehittymisen myötä on alettu puhua digitalisaatiosta. Myös digitalisaatiota määritellään monin eri tavoin. Suppeasti määriteltynä digitalisaatiolla tarkoitetaan tiedon tallentamista tai siirtämistä digitaaliseen muotoon, jota on kaikki, joka esitetään numeerisesti (Vuorinen 2014, s. 5). Laajemman määrittelyn digitalisaatiosta esittää Alasoini (2015, s. 26), joka tarkoittaa sillä digitaalitekniikan tulemistä osaksi jokapäiväistä elämää yhteiskunnan kaikilla tasoilla niin työ- kuin yksityiselämässään. Korhonen ja Valli (2014, s. 3) määrittelevät digitalisaation vielä laajemmin. He tarkoittavat sillä kehitystä, jolloin liiketoiminta siirtyy tai laajenee kokonaan sähköisiin kanaviin, sisältöihin ja toimintoihin.

Digitalisaatiossa keskeinen käsite on tieto ja sen eri tasot. Tiedon perusta on data, joka muodostuu tekstistä, videoista ja kuvista. Data on tavallaan yksittäisiä tiedon hippusia ja niitä kerätään eri lähteistä. Kun dataa yhdistellään, käsitellään ja tehdään merkitykselliseksi, siitä syntyy informaatiota. Informaatio on tietoa, jota voidaan käyttää hyödyksi muun muassa päätöksenteossa. (Kambhampaty & Kambhampaty 2021, s. 445.)

Autoteollisuus on ollut edelläkävijänä myös digitalisaatiossa. Kehittyneimpien automerkkien monet toiminnot olivat jo 1980-luvun puolivälissä tietokoneohjattuja, tällöin esimerkiksi huollon vian etsinnässä hyödynnettiin tietotekniikkaa. (Vuorinen 2014, s. 26.) Konepajateollisuudessa Kone Osakeyhtiön nosturiliiketoiminnan johtaja Stig Gustavson esitti jo vuonna 1990, että nostureihin on tuotava digitaalista ohjausta (Korhonen & Valli 2014, s. 3).

3.1 Automaation ja digitalisaation kehittyminen

Koskinen kuvaa artikkelissaan automaation juurien juontavan yli 2000 vuoden taakse. Tuolta ajalta tunnetaan esimerkiksi vesikelloja ja mekaanisia laitteita, joissa on sovellettu toiminnanohjauksessa takaisinkytkentämekanismeja. (Koskinen 2017, s. 26.) Esimerkkinä varhaisesta automaatiosta voidaan pitää keskiajalla Euroopassa ja Lähi-Idässä kehitettyjä tuulimyllyjä, joissa oli automaattisesti kääntyvät siivet (Groover 1999).

Automaation tarve kasvoi teollistumisen myötä. 1800-luvun alussa Joseph Marie Jaquard kehitti kutomakoneita, joissa kuviollisten kudosten kutomista ohjattiin reikäkorteilla. Reikäkortitekniikka vaikutti myös merkittävästi tietotekniikan ja tietokoneiden kehittymiseen. (Koskinen 2017, s. 26.)

Digitalisaation kehityksen alkuhetki voidaan liittää vuoteen 1947, kun William Shockley keksi transistorin Bellin laboratoriossa. Sen teollinen tuotanto aloitettiin vuonna 1951. Ensimmäinen mikroprosessori Intel 4004 lanseerattiin vuonna 1971. (Vuorinen 2014, s. 6.) Mikroprosessorien kehittyminen mahdollisti säätö- ja logiikkaohjauksen siirtymisen analogia- ja reletekniikoista digitaalteknikkaan. Mikroprosessorien kehittymisen myötä oli mahdollista tuottaa ohjelmoitavia logiikkoja sekä toteuttaa numeerisesti ohjattuja työstökoneita ja robotteja. (Koskinen 2017, s. 27.) Robotiikka on noussut automaatiokehityksen kärkeen ja sen uudet sovellusalueet vaikuttavat lähes rajattomilta (Koskinen 2017, s. 28).

Alkuun tietokoneet täyttivät puoli huonetta. Mikrotekniikan kehittymisen myötä niiden koko on pienentynyt mini-, mikro- ja PC -koneisiin. Kannettavat laitteet tulivat saataville 1980-luvun loppupuolella. Samaan aikaan koneiden laskentateho kaksinkertaistui noin 18 kuukauden välein. Kun vuonna 1971 yksi mikropiiri sisälsi 2 300 transistoria, niin vuonna

1980 transistoreja oli yli 20 000 ja vuonna 2012 noin 2 000 000. Laskentatehon nousun mukana myös komponenttien koko on pienentynyt nanokokoon. (Vuorinen 2014, s. 6.) Tietotekniikan kehittyminen mahdollisti myös historiatiedon keräämisen, joka loi uusia mahdollisuuksia prosessien käyttäytymisen tutkimiseen, optimointiin ja hallintaan. Tämän myötä ohjelmistojen ja ohjelmistotekniikan merkitys on kasvanut jatkuvasti. (Koskinen 2017, s. 27.)

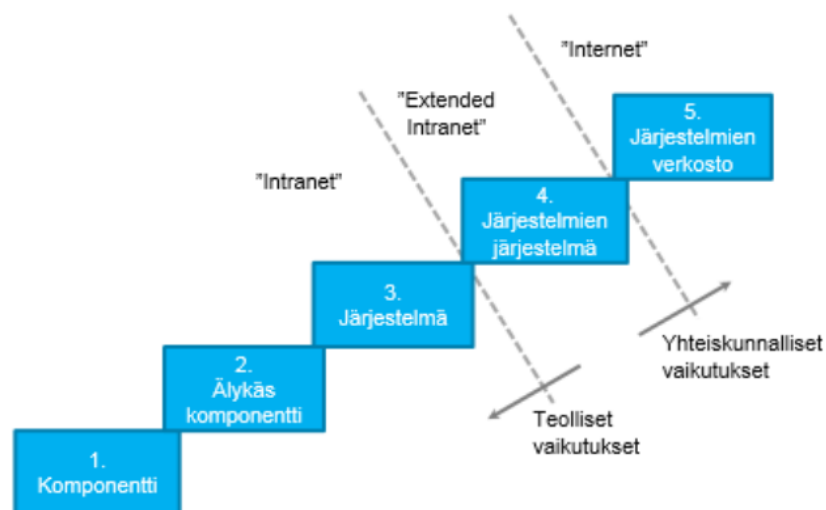
Digitalisaatio on tapahtunut myös tiedonsiirto- ja tietoliikenneteknologiassa. Internet syntyi 1990-luvulla ja henkilökohtaiset tietokoneet alkoivat olla suoraan yhteydessä toisiinsa. Seuraava kehityssaskel oli mobiilius ja sosiaalinen media, jotka syntyivät 2000-luvulla. (Vuorinen 2014, s. 8.) Tiedonsiirtotekniikoiden kehitys mahdollisti automaatiassa numeerisesti ohjatut työstökoneet, robotit, vihivaunut ja varastoautomaation. Mekaanisesta automaatiosta on siirrytty digitaliseen automaatioon joustavan tuotannon (FMS) ja tietokoneintegroidun valmistuksen (CIM) myötä. (Vuorinen 2014, s. 7-8.) Digitalisuuden uusimpia isoja osa-alueita ovat big data, pilvilaskenta, software-as-a-service ja kyberturvallisuus (Ventä et al. 2018, s. 10).

Automaatio ja digitalisaatio liittyvät yhä enemmän toisiinsa. Kun internet korvaa aikaisempia tiedonsiirtoväyliä sekä tehtaiden että laitteiden sisällä ja niiden välillä, sitä kutsutaan teolliseksi internetiksi. Kun antureita ja toimilaitteita kytketään internettiin, puhutaan esineiden internetistä (Internet of Things, IOT). (Ventä et al. 2018, s. 14-15.) Teollinen internet (Industrial Internet, II) termin teki tunnetuksi erityisesti General Electric, joka vuonna 2012 määritteli sen koostuvan älykkäistä koneista, edistyneestä analytiikasta ja ihmisistä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että koneet verkotetaan ja niihin liitetään sensoreita, ohjausta ja ohjelmistoja. Edistynyt analytiikka tarkoittaa, että fysikaalisten suureiden mittaamiseen yhdistetään ennustavat algoritmit, automaatio ja syvälinen alakohtainen osaaminen. Teollisen internetin kautta työntekijöillä on mahdollisuus päästä digitaalisesti tehtaaseen tai valmistuslinjaan, ja he voivat vaikuttaa sen valmistusprosessiin, ylläpitoon, laatuun tai turvallisuuteen internetin kautta. (Juhanko et al. 2015, s. 10.)

Saksan opetus- ja tutkimusministeriö (Bundesministerium für Bildung und Forschung) aloitti Industrie 4.0 -hankkeen vuonna 2013. Hankkeessa huomio kohdistuu tulevaisuuden joustaviin ja yksilöllisiin tuotantojärjestelmiin, liiketoiminnallisen lisäarvon tuottamiseen

asiakkaita ja alihankintaverkostoja yhdistämällä sekä hybridituotteiden luomiseen liittämällä yhteen tuotteita ja palveluja. Hankkeessa korostettiin automaattisten tuotantojärjestelmien ja niiden käyttäjien osaamisen merkitystä. (Juhanko et al. 2015, s. 12.)

Sekä General Electric että Saksan opetus- ja tutkimusministeriön hanke painottivat teollisissa tuotantoprosesseissa tai vastaavissa, esimerkiksi energiantuotanto tai sairaalatekniikka, käytettävien laitteiden ja järjestelmien toiminnan tehostamista sekä tuotannon laadun optimointia. Teollisessa internetissä sensorit ja koneet tuottavat pääosan tiedosta. Tieto lähetetään internet-pohjaiseen analysointipalveluun, joka käynnistää esimerkiksi ennakoivan kunnossapidon. (Juhanko et al. 2015, s. 11-12.) Kuva 2 havainnollistaa teollisen internetin soveltamista käytännössä.



Kuva 2. Teollisen internetin soveltaminen (Juhanko et al. 2015, s. 10).

Digitaalisuuden uskotaan vahvistuvan entisestään tulevaisuudessa. Pääministeri Marinin hallitusohjelmaan sisältyy vuosille 2020-2023 Digitalisaation edistämisen ohjelma, jonka tavoitteena on Suomen toimiminen edelläkävijänä digitalisaatiossa. Tämä tarkoittaisi sitä, että Suomessa kehitetään ja otetaan käyttöön digitalisaation ja teknisen kehityksen luomia mahdollisuuksia eri hallinto- ja toimialoilla. Ohjelman tavoitteena on julkisen sektorin digitalisaatio- ja teknologiakyvykkyyden nostaminen sekä julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyön kehittäminen. (Digitalisaation edistämisen ohjelma 2020-2023, s. 3.)

3.2 Automaation tasot

Tutkijat ovat luoneet automaation tasoille (Levels of Automation, LoA) erilaisia konsepteja 1960-luvulta lähtien. Tutkimuksissa automaatio on nähty eri tasojen jatkumona alkaen alhaisimmasta tasosta, joka perustuu ihmisen kyvykkyyteen ja on täysin manuaalisesti ohjattu ja toteutettu päätyen täysautomaatioon, johon ihminen ei vaikuta ollenkaan. (Frohm et al. 2008, s. 6.) Seuraavaksi käydään läpi muutamia tutkimuksissa syntyneitä automaation tasojen konsepteja.

Hoffman et al. vertaili vuonna 2002 ihmisen ja koneen kyvykkyyksiä toisiinsa. Heidän laatimansa lista on esitetty kuvassa 3. He määrittivät asioita, joissa ihminen ylittää koneen ja päinvastoin. Heidän mukaansa ihminen on muun muassa kyvykkäämpi improvisoimaan, toimimaan joustavasti ja harkitsemaan. Kone taas on kyvykkäämpi muun muassa vastaanottamaan nopeasti signaaleja, tuottamaan suuren voiman täsmällisesti sekä tekemään monta monimutkaista asiaa samanaikaisesti. (Frohm et al. 2008, s. 3.)

IHMINEN YLITTÄÄ KONEEN KYVYN	KONE YLITTÄÄ IHMISEN KYVYT
- Kyky huomata pieniä määriä visuaalista tai akustista energiaa - Kyky oivaltaa kaavoja valoista tai äänistä - Kyky improvisoida ja käyttää joustavia menettelytapoja - Kyky varastoida suuria määriä tietoa pitkältä aikaväliltä ja palauttaa mieleen oleelliset tosiasiat sopivaan aikaan - Kyky induktiiviseen päättelyyn - Kyky käyttää harkintaa	- Kyky vastata nopeasti ohjaussignaaleihin ja käyttää suurta voimaa pehmeästi ja tarkasti - Kyky suorittaa toistuvia rutiinitehtäviä - Kyky varastoida tietoa lyhyesti ja pyyhkiä se täysin - Kyky deduktiiviseen päättelyyn sisältäen laskennallisen kyvykkyyden - Kyky käsitellä hyvin kompleksisia toimintoja toisin sanoin tehdä monta erilaista asiaa samalla kertaa

Kuva 3. Hoffman et al. (2002) lista ihmisen ja koneen kyvykkyyksistä (muokattu Frohm et al. 2008, s. 3).

Automaatioon kuuluu mekaaninen taso, jossa tarkastellaan komponenttien ja järjestelmän mekaniikkaa sekä niiden toimivuutta automaation toteuttamisessa. Mekaniikka yhdistetään usein yksittäisiin koneisiin ja laitteisiin. Kern ja Schumann kuvasivat vuonna 1985 mekanisaation tasot, jota voidaan pitää tuotantojärjestelmän teknisinä tasoina. (Frohm et al. 2008, s. 7.) Saman tyyppisen kolmitasoisien määritelmän automaation tasoista esitti myös Duncheon vuonna 2002. Hän käytti tasojen niminä manuaalista, semi-automaattista ja automaattista tasoa. (Frohm et al. 2008, s. 8.) Kuvassa 4 esitetään Kernin ja Schumannin luomat mekanisaation tasot vasemmalla sekä Duncheonin automaation tasot oikealla.

Esimekansaatio	Manuaalinen	Manuaalinen	
	Suora virtaus		
Mekansaatio	Manuaalisen työn yksiköt	Semi-automaatio	Automatisoitu kohdistus
	Mekaanisen ohjauksen yksiköt		Automatisoitu prosessi
	Monitoiminnalliset yksiköt		Automatisoidut kasetit
	Yksiköiden järjestelmä	Automaatio	Materiaalinkäsittelyrobotti
Automaatio	Osittain automatisoidut yksiköt		Automatisoitu solun sisäinen siirto
	Osittain automatisoidut järjestelmät		
	Automatisoitu tuotanto		

Kuva 4. Kern ja Schumann (1985) kolme mekansaation tasoa vasemmalla ja Duncheon (2002) kolme automaation tasoa oikealla (muokattu Frohm et al. 2008, s. 8).

Endsley ja Kaber esittivät vuonna 1999 oman automaation tasojen konseptinsa, joka perustui automaattiseen valvontaan ja tietojen käsittelyyn. He määrittivät ihmisen ja tietokoneen roolia ja tehtävien jakoa eri automaation tasoilla. Mitä korkeampi automaation taso on, sitä suurempi on tietokoneen rooli tehtävien toteuttajana. (Frohm et al. 2008, s. 11.) Endsley ja Kaberin automaation tasojen konsepti esitetään kuvassa 5.

Automaation tasot	Roolit			
	Valvonta	Luonti	Valinta	Toimeenpano
(1) Manuaalinen ohjaus	Ihminen	Ihminen	Ihminen	Ihminen
(2) Toimenpiteiden tuki	Ihminen/tietokone	Ihminen	Ihminen	Ihminen/tietokone
(3) Erävalmistus	Ihminen/tietokone	Ihminen	Ihminen	Tietokone
(4) Jaettu ohjaus	Ihminen/tietokone	Ihminen/tietokone	Ihminen	Ihminen/tietokone
(5) Päätöksenteon tuki	Ihminen/tietokone	Ihminen/tietokone	Ihminen	Tietokone
(6) Sulautuva päätöksenteko	Ihminen/tietokone	Ihminen/tietokone	Ihminen/tietokone	Tietokone
(7) Kiinteä järjestelmä	Ihminen/tietokone	Tietokone	Ihminen	Tietokone
(8) Automatisoitu päätöksenteko	Ihminen/tietokone	Ihminen/tietokone	Tietokone	Tietokone
(9) Työnjohdollinen ohjaus	Ihminen/tietokone	Tietokone	Tietokone	Tietokone
(10) Täysi automaatio	Tietokone	Tietokone	Tietokone	Tietokone

Kuva 5. Endsley ja Kaberin (1999) konsepti automaation tasoista (muokattu Frohm et al. 2008, s. 11).

Sheridan esitti vuonna 1980 Sheridan-Verplanckin konseptin kymmenestä automaation tasosta, joka määrittelee myös ihmisen ja tietokoneen roolia suhteessa toisiinsa. Konseptissa

he määrittivät ihmisen ja tietokoneen tehtävät kullakin automaation tasolla. Mitä korkeampi automaation taso heidän konseptissaan on, sen vähemmän ihminen vaikuttaa tietokoneen päätöksiin. (Frohm et al. 2008, s. 10.) Sheridan-Verplanckin konsepti esitetään kuvassa 6.

-
1. Ihminen harkitsee vaihtoehtoja, tekee päätöksen ja toimeenpanee sen.
 2. Tietokone tarjoaa määriteltyjä vaihtoehtoja, jotka ihminen voi hylätä päätöksenteon yhteydessä.
 3. Tietokone tarjoaa rajallisesti vaihtoehtoja ja ihminen päättää mikä toimeenpannaan.
 4. Tietokone tarjoaa rajallisesti vaihtoehtoja ja ehdottaa yhtä, mutta ihminen tekee lopullisen päätöksen ja toimeenpanee sen.
 5. Tietokone tarjoaa rajallisesti vaihtoehtoja ja ehdottaa yhtä, jonka se toimeenpanee, jos ihminen sen hyväksyy.
 6. Tietokone tekee päätöksen, mutta antaa ihmiselle mahdollisuuden kieltää toimeenpanon.
 7. Tietokone tekee päätöksen ja toimeenpanee sen, mutta sen täytyy tiedottaa ihmistä toiminnon jälkeen.
 8. Tietokone tekee päätöksen ja toimeenpanee sen, ja tiedottaa ihmistä vain jos sitä kysytään.
 9. Tietokone tekee päätöksen ja toimeenpanee sen, ja tiedottaa ihmistä vain jos siitä tuntuu, että se on määräys.
 10. Tietokone tekee päätöksen ja toimeenpanee sen, jos siitä tuntuu, että pitää, ja tiedottaa ihmistä vain jos siitä tuntuu, että se on määräys.
-

Kuva 6. Sheridan-Verplanckin (1980) konsepti kymmenestä automaation tasosta (muokattu Frohm et al. 2008, s. 10).

Ruotsalaisten Chalmers University of Technologyn, Royal Institute of Technologyn ja Swerea IVF:n vetämässä Dynamo -projektissa vuosina 2004–2007 yhtenä tavoitteena oli luoda täsmällinen kuva sen hetken tietovirroista ja tuotantojärjestelmien automaation tasoista. Projektissa tuotettiin konsepti automaation tasoista, jotka soveltuivat teolliseen tuotantoympäristöön. (Fasth et al. 2008, s. 169.) Dynamo konsepti esitetään kuvassa 7.

Tasot	Kone/laite	Tiedon käsittely
1	Täysin manuaalinen	Täysin manuaalinen
2	Staattinen käsityökalu	Päätöksen antaminen
3	Joustava käsityökalu	Opettaminen
4	Automaattinen käsityökalu	Kyseleminen
5	Staattinen työasema	Valvominen
6	Joustava työasema	Väliintuleva
7	Täysin automaattinen	Täysin automaattinen

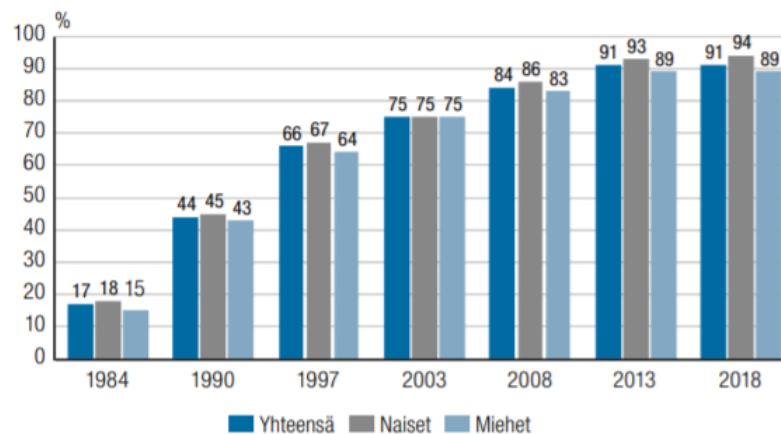
Kuva 7. Automaation tasot Dynamo -konseptissa (muokattu Fasth et al. 2008, s. 169).

Automaatioasteella tarkoitetaan automaatiolla toteutettujen hallintatehtävien suhteellista osuutta kaikista hallintatehtävistä. Vakiintuneissa kohteissa automaatioaste voisi olla lähes 100 prosenttia. Tavallisempaa kuitenkin on, että moderneissakin tehtaissa automaatioaste jää reilusti alle 50 prosentin. (Ventä et al. 2018, s. 13.)

4 AUTOMAATION JA DIGITALISAATION VAIKUTUKSIA

Tilastokeskus on tehnyt suomalaista työelämää kartoittavia työolotutkimuksia vuosina 1977, 1984, 1990, 1997, 2003, 2008, 2013 ja 2018. Tutkimukset on tehty haastattelemalla suomalaisia palkansaaajia heidän kokemuksistaan ja näkemyksistään fyysisestä, psyykkisestä ja sosiaalisesta työympäristöstä. Osa tutkimuksen kysymyksistä on ollut samoja tutkimuskerrasta toiseen, ja osa on luotu tiettyyn tutkimushetkeen siihen liittyvien ajankohtaisten teemojen kautta. (Sutela et al. 2019, s. 9.)

Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa alettiin kysyä tietotekniikan käytöstä työtehtävissä vuonna 1984. Tuolloin 17 prosenttia vastaajista käytti työssään jotain tietotekniikkaa. Kun taas vuonna 2018 tietotekniikkaa käyttävien osuus oli 91 prosenttia. (Sutela et al. 2019, s. 82.) Kuvassa 8 on esitetty työolotutkimuksen tuloksia tietotekniikan käyttämisestä työssä vuosina 1984-2018. Voidaan todeta, että automaatio ja digitalisaatio sisältyvät tänä päivänä lähes jokaisen työhön.



Kuva 8. Tietotekniikan käyttäminen työssä vuosina 1984-2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 82).

Digitalisaation vaikutuksia työhön kartoitettiin työolotutkimuksessa vuonna 2018. Haastatteluissa kartoitettiin erilaisten digitaalisten laitteiden käyttöä, niiden toimivuutta ja virtuaalista asiakastyötä. Lisäksi kysyttiin työntekijöiden kokemuksia työn tehokkuuden, työpaikan sosiaalisten suhteiden ja työn kuormittavuuden muutoksista digitalisaation yleistymisen myötä. (Sutela et al. 2019, s. 10.)

Automaation perusajatus on päästää ihminen helpommalla. Automaatiossa koneen, laitteen tai prosessin toimintaa voidaan hallita automaattisen ohjauksen tai säädön avulla ilman ihmisen jatkuvaa valvontaa tai ohjausta. Kehittynyt automaatio on usein luotettavampi ja laadukkaampi toimija kuin ihminen. (Koskinen 2017, s. 26.)

Groover määritteli automaation kannattavuutta organisaation näkökulmasta vuonna 2001 ja nimesi yhdeksän asiaa, joita tavoiteltaessa automaatio on organisaatiolle kannattavaa (Lindström & Winroth 2010, s. 150):

- 1) Tuottavuuden lisääminen.
- 2) Työntekijäkulujen vähentäminen.
- 3) Työntekijäpulan helpottaminen.
- 4) Läpimenoajan lyhentäminen.
- 5) Automatisoimattomuudesta johtuvien korkeiden kustannusten välttäminen.
- 6) Yksinkertaisten rutiinityövaiheiden poistaminen.
- 7) Työturvallisuuden parantaminen.
- 8) Laadun parantaminen.
- 9) Automaation avulla voidaan toteuttaa prosesseja, joita ei voida tuottaa manuaalisesti.

Kun automaatiolla tavoitellaan tuottavuuden nostamista, tuntuu se hyvin selkeältä, koska tuotannollisessa työssä tuottavuus on keskeinen käsite, millä työtä mitataan. Esimerkiksi automaattisten koneiden lisääminen autotehtaan kokoonpanolinjalle voi tehdä linjan työntekijöistä tuottavampia. Samalla se ehkä lyhentää läpimenoaikaa eli auto valmistuu nopeammin kuin aikaisemmin. Voi olla, että sama automaatio poistaa kokoonpanolinjalta myös yksinkertaisia rutiinityövaiheita ja vapauttaa työntekijöitä valmistusprosessin muihin tehtäviin. Tätä kautta automaatio voi myös parantaa työturvallisuutta, kun esimerkiksi kuluttavat rutiinityöt vähenevät. Automaatio tekee työn usein laadukkaammin kuin ihminen, koska automaatio ei väsy ja se toistaa saman työvaiheen yhä uudelleen samanlaisena kuin edellisenkin.

Työntekijäkulujen vähentäminen liittyy siihen, että ihmisen tekemällä työllä on aina jokin kustannus. Työntekijäkulut tulevat kysymykseen ainakin niissä tilanteissa, joissa on tarvetta lisätä työntekijämäärää. Jos työ on automatisoitavissa ja selvittää entisellä

työntekijämäärällä, on suuri mahdollisuus, että työ automatisoidaan. Joillakin aloilla on pulaa joko osaavista työntekijöistä tai työntekijöistä yleensä. Jos työtä on mahdollista automatisoida, saattaa se olla ainakin osittainen ratkaisu työntekijäpulaan. Automatisoimattomuudesta johtuvien korkeiden kustannusten välttäminen viittaa työn kustannuksiin. Automatisoinnin avulla on mahdollista hillitä työn kustannusten kasvua. Kehittyneen automaation avulla on myös mahdollista toteuttaa prosesseja, joita ei voida toteuttaa ihmisvoimin. Tästä esimerkkinä voidaan ottaa uudet lääketieteelliset tähystyksessä tehtävät robottileikkaukset, jolloin pystytään vähentämään leikkauksen aikaista verenvuotoa ja leikkauksen jälkeistä kipua sekä nopeuttamaan potilaan toipumista.

Wickens et al. tarkasteli vuonna 2004 automaation kannattavuutta työn tekemisen eli ihmisen näkökulmasta. Heidän mukaansa automaatio on ihmiselle kannattavaa, jos (Lindström & Winroth 2010, s. 150):

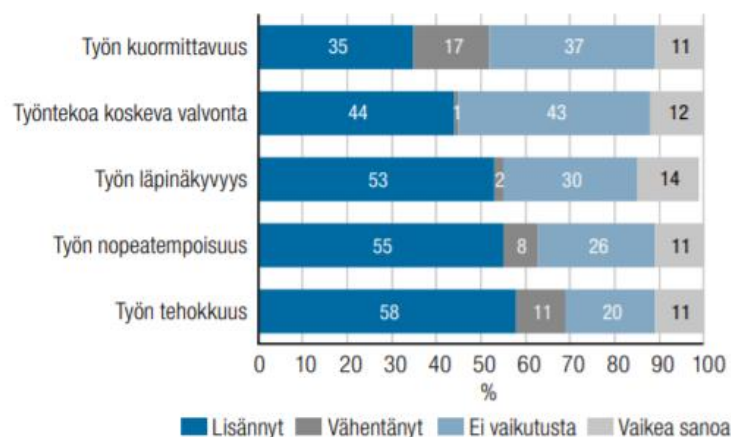
- 1) Työ on ihmisille mahdotonta tai vaarallista.
- 2) Työ on ihmisille vaikeaa tai epämielikästä.
- 3) Automaatiolla laajennetaan ihmisen kyvykkyyttä.
- 4) Automaatio on työhön teknisesti soveltuvaa.

Ihmiselle mahdoton tai vaarallinen työ liittyy läheisesti ihmisen fysiologisiin ja psykologisiin ominaisuuksiin, jotka näkyvät ihmisen kykyinä ja toisaalta niiden rajoituksina. Ihmisellä on rajalliset fyysiset kyvyt, kuten nopeus, kestävyys tai voiman tuotto. Nämä kyvyt ovat riippuvaisia ihmisen fyysisestä rakenteesta ja kunnosta sekä osittain myös ihmisen iästä ja tottumuksista. Ihmisen fyysisille ominaisuuksille on tyypillistä, että ne vaihtelevat huomattavasti eri yksilöiden kesken. Myös ihmiset psyykkiset kyvyt, kuten havainto-, ajattelu- ja päätöksentekokyky, vaihtelevat eri yksilöiden välillä. Psyykkisiin ominaisuuksiin sisältyvät muun muassa keskittyminen, tarkkaavaisuus, itsehillintä, motivoituminen, pitkäjänteisyys sekä tunteiden käsittely ja hallinta.

Ihmisille vaikea tai epämielikästä työ taas liittyy vahvasti ihmisten kokemuksiin tunteisiin työstään, motivaatioon työtä kohtaan ja työn merkityksellisyyden kokemuksiin. Tästä ilmiöstä käytetään nimeä työhyvinvointi ja negatiivisesta näkökulmasta tarkasteltuna puhutaan työpahoinvoinnista. Automaatiolla voidaan laajentaa ihmisen kyvykkyyttä. Automaatio on paljon nopeampi suorittamaan esimerkiksi laskutoimituksia tai tiedon

yhdistelyä kuin ihminen. Automaatio pystyy myös tekemään monta asiaa yhtä aikaa. Ihminen voi käyttää automaation apua hyväkseen esimerkiksi päätöksentekoa tukevan tiedon keräämisessä. Automaation tekninen soveltuvuus sisältää käytettävyyttä, luotettavuutta ja turvallisuutta ihmisen näkökulmasta.

Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa vuonna 2018 selvitettiin sitä, miten digitalisaatio on vaikuttanut työhön. Tutkimukseen vastaajista 58 prosenttia koki, että digitalisaatio on lisännyt työn tehokkuutta ja 11 prosenttia koki sen vähentäneen työn tehokkuutta. Työ on muuttunut nopeatempoisemmaksi digitalisaation myötä 55 prosentin mielestä ja kahdeksan prosenttia näki, että työn tempo on hidastunut. Digitalisaation myötä työn kuormittavuus on lisääntynyt 35 prosentin arvioinnin mukaan ja 17 prosenttia näki digitalisaation vähentäneen työn kuormittavuutta. Työn läpinäkyvyys on lisääntynyt digitalisaation myötä 53 prosentin mielestä ja vähentynyt kahden prosentin mielestä. Myös työn valvonta oli lisääntynyt 44 prosentin mielestä ja vähentynyt yhden prosentin mielestä. (Sutela et al. 2019, s. 87.) Vaikka digitalisaatio oli muuttanut työtä, oli 85 prosenttia vastaajista erittäin tai melko tyytyväisiä digitalisaation mahdollistamiin uusiin työnteon tapoihin. Vain viisi prosenttia oli melko tyytymättömiä digitalisaation aiheuttamiin muutoksiin. (Sutela et al. 2019, s. 90.) Kuvassa 9 esitetään digitalisaation vaikutuksia työhön.



Kuva 9. Digitalisaation vaikutuksia työhön vuonna 2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 88).

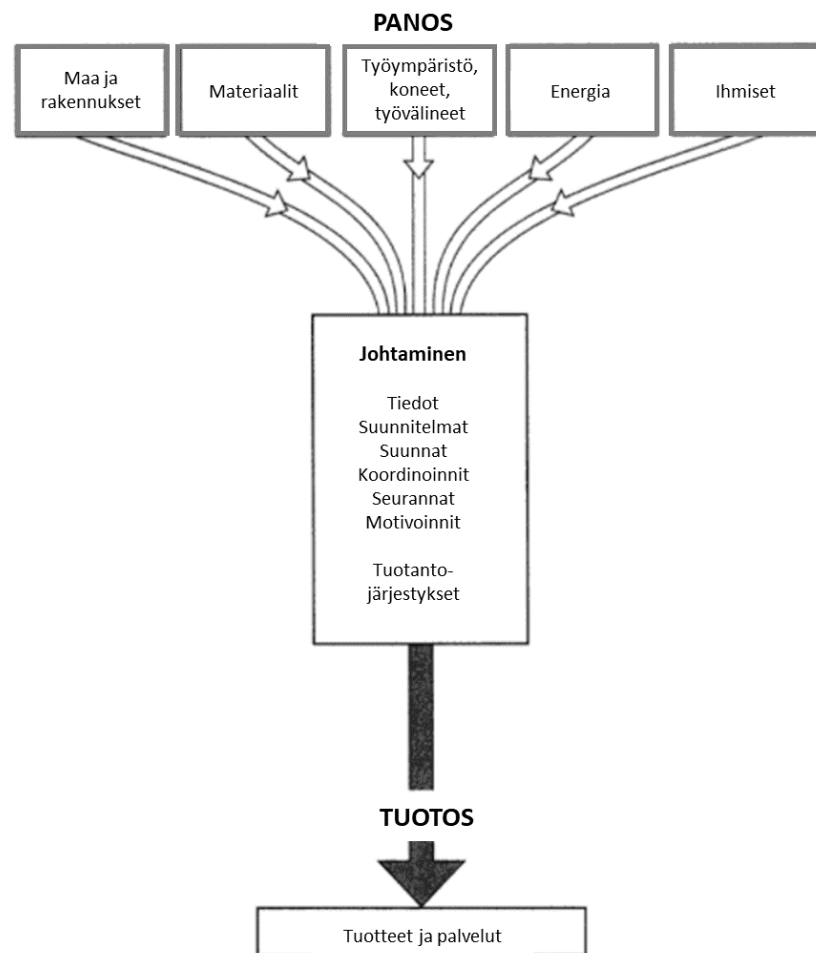
Seuraavaksi tarkastellaan lähemmin muutamia automaation vaikutuksia.

4.1 Vaikutukset tuottavuuteen

Tuottavuus määritellään tuotoksen ja panoksen suhteena: Kuinka paljon tuotosta saadaan aikaan siihen käytetyllä panoksella (Kanawaty 1992, s. 4).

$$Tuottavuus = \frac{Tuotos}{Panos} \quad (1)$$

Tuottavuuden periaate on yksinkertainen, mutta tuottavuuteen vaikuttavat tekijät ovat moninaisia ja liittyvät usein toisiinsa. Kuva 10 havainnollistaa tuottavuuden eri tekijöitä.



Kuva 10. Tuottavuuden eri tekijöitä (muokattu Kanawaty 1992, s. 7).

Organisaation ulkopuolelta tuottavuuteen vaikuttavat esimerkiksi raaka-aineiden ja osaavan työvoiman saatavuus, poliittiset tekijät kuten verotus, olemassa oleva infrastruktuuri sekä pääoman ja rahoituksen saatavuus. Organisaation sisäisiä tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi johtaminen ja inhimilliset tekijät, käytettävä tekniikka, koneet ja laitteet

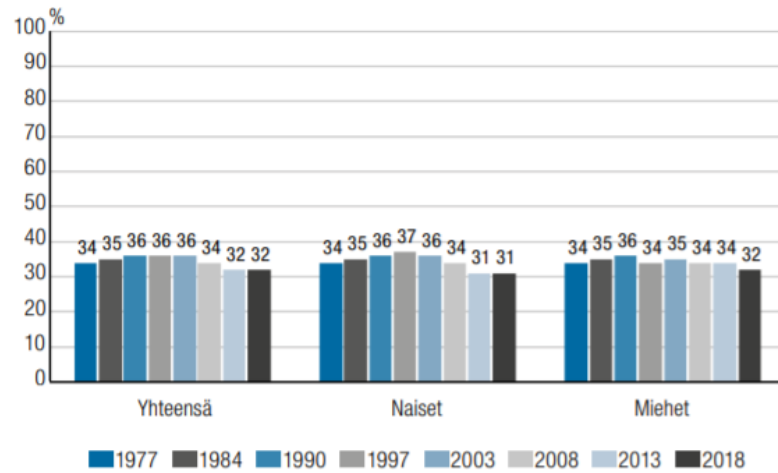
sekä energian käyttö. Organisaatiolla on rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa sen ulkopuolisiin tuottavuustekijöihin. Sisäisiä tuottavuustekijöitä organisaatio pystyy hallitsemaan täydellisesti ja johtaminen on siinä keskeisessä roolissa. (Kanawaty 1992, s. 5-6.)

Yleisesti voidaan todeta, että kaikki tekninen kehitys aiheuttaa lopulta kokonaistuottavuuden nousua joko lisäämällä pääoman tai työvoiman tehokkuutta tai jakamalla uudelleen tehtäviä työvoimalta pääomalle tai pääomalta työvoimalle (Autor & Salomons 2018, s. 4). Tuottavuuden näkökulmasta pääomalla tarkoitetaan maata ja rakennuksia sekä työympäristöä, koneita ja työvälineitä.

4.2 Vaikutukset työturvallisuuteen

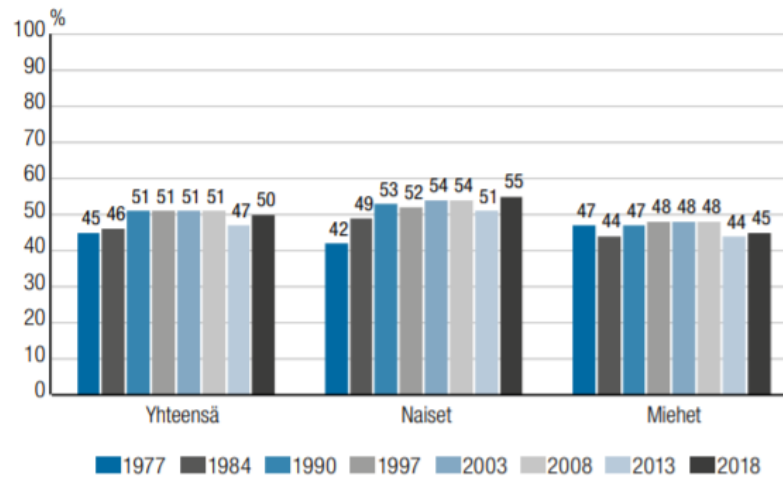
Suomessa Työturvallisuuslain (23.8.2002/738) tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita, jotta ihmisten työkyky säilyy ja se pysyy yllä. Toisena lain tavoitteena on ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja sekä muita terveyshaittoja, jotka johtuvat työstä tai työympäristöstä. Laki asettaa vastuuta ja velvollisuuksia sekä työnantajalle että työntekijöille. Työnantajan on huolehdittava työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työtä tehtäessä. Lisäksi työnantajan velvollisuus on suunnitella ja toteuttaa työolosuhteita parantavia toimenpiteitä, kuten tunnistaa, estää ja poistaa vaara- ja haittatekijöitä työstä, työajoista, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista. Laki asettaa velvollisuuksia myös työntekijöille. Heidän tulee noudattaa työnantajan ohjeita, huolehtia omasta ja toisten turvallisuudesta, välttää muihin kohdistuvaa häirintää tai epäasiallista kohtelua, ilmoittaa työnantajalle terveyttä ja turvallisuutta vaarantavista tekijöistä sekä huolehtia muun muassa henkilökohtaisista suojaamista. (23.8.2002/738.)

Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa työturvallisuus on ollut mukana vuodesta 1977 alkaen. Vuonna 1977 työtään piti ruumiillisesti raskaana 34 prosentti tutkimukseen vastanneista. Vuoden 2018 työolotutkimuksessa 32 prosenttia työntekijöistä piti työtään ruumiillisesti raskaana. (Sutela et al. 2019, s. 126.) Kuvassa 11 esitetään työn ruumiillinen rasittavuus työolotutkimuksen mukaan.



Kuva 11. Työn ruumiillinen rasittavuus vuosina 1977-2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 127).

Samassa työolotutkimuksessa vuonna 2018 työtään piti henkisesti raskaana 50 prosenttia vastaajista. Vuonna 1977 työtään oli pitänyt henkisesti raskaana 45 prosenttia työolotutkimukseen vastanneista. (Sutela et al. 2019, s. 128). Kuvassa 12 esitetään työn henkinen rasittavuus työolotutkimuksen mukaan.



Kuva 12. Työn henkinen rasittavuus vuosina 1977-2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 128).

Automaatioteknologioiden kehittymisen sekä yleistymisen myötä on haluttu estää niin sanottuja inhimillisiä virheitä eli ihmisen tekemiä virheitä automaation käyttämisen yhteydessä. Tähän teemaan otettiin Yhdysvalloissa yli 60 vuotta sitten käyttöön käsitteet

inhimilliset tekijät ja ergonomia (Human Factors Ergonomics, HFE). Käsitteet ovat toistensa synonyymeja. Nykyään puhutaan yleisesti ergonomiasta, jolla tarkoitetaan ihmisen fysiologisten, psykologisten ja sosiaalisten tekijöiden huomioimista työpisteiden rakenteissa, kalusteissa, työvälineissä, työmenetelmissä sekä ihminen-laite-integraatioissa. (Karwowski 2012, s. 3.)

Ergonomia jaetaan fyysiseen, kognitiiviseen ja organisatoriseen ergonomiaan. Fyysisellä ergonomialla tarkoitetaan ihmisen rakenteen, mittasuhteiden ja koostumuksen, toiminnan ja toimintamekanismien sekä biomekaanisten järjestelmien ominaisuuksia ja niiden huomioimista. Kognitiivisella ergonomialla tarkoitetaan henkisten prosessien, kuten ajattelun, muistin, tiedon käsittelyn, päättelykyvyn sekä havaintomotoriikkaan sisältyvien motoristen vasteiden, huomioimista. Organisatorinen ergonomia tarkoittaa sosioteknisen järjestelmän, johon sisältyvät organisaation rakenne, toimintaperiaatteet ja prosessit, optimointia. (Karwowski 2012, s. 3.)

Ihmisen ja koneen väliset kumppanuudet ovat erityisen tärkeitä niin sanotuissa likaisissa, vaarallisissa ja tylsissä olosuhteissa, joissa ihmisen tehokkuus heikkenee lähes välittömästi, esimerkiksi väsymyksen, työmäärän, stressin tai häiriötekijöiden seurauksena (Schaefer 2016, s. 379).

4.3 Vaikutukset työn mielekkyyteen

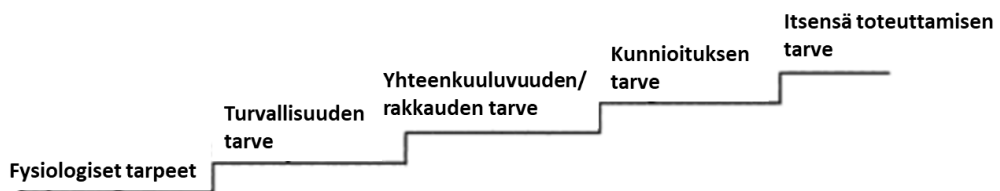
Ihmiset ovat organisaation tärkein ja kriittisin osa, sillä inhimilliset tekijät ovat avainasemassa siinä, miten organisaatiolla sujuu, ja mikä on sen tuottavuus. Ihmisten jokaisella organisaation tasolla tulee tuntea kuuluvansa organisaatioon, heidän täytyy tuntea voivansa työskennellä turvallisesti ja terveellisesti sekä vaikuttavansa työympäristöönsä. (Kanawaty 1992, s. 25.)

Työstä käytävä keskustelu keskittyy julkisuudessa usein työn herättämiin negatiivisiin tunteuksiin. Monet kokevat jatkuvaa kiirettä tai ovat kyllästyneitä työhönsä. Huonosta johtajuudesta puhutaan paljon ja osa kokee, että esihenkilöt jättävät työntekijät pärjäämään yksikseen, tai koetaan johdon suhtautuvan työntekijöihin väheksyvästi. Moni on myös turhautunut byrokraattisiin seurantajärjestelmiin tai digitaalisten työvälineiden toimimattomuuteen. Positiiviset työn ilmiöt nousevat harvemmin otsikoihin, vaikka

työpaikoilla nauretaan, iloitaan onnistumisista, autetaan työkavereita ja suoriudutaan kunnialla myös mahdottomilta tuntuvista tehtävistä. (Hakanen 2011, s. 16.)

Työn mielekkyydellä tarkoitetaan sitä, miksi ihminen on ryhtynyt tekemään sitä työtä mitä hän tekee. Hakanen jakaa työn mielekkyyden kolmeen ryhmään: työ työnä, työ urana ja työ kutsumuksena. Ihmisille, joille työ on työtä, työ merkitsee lähinnä toimeentuloa. Työltä odotetaan palkkaa, jolla voidaan hankkia itselle ja omalle elämälle tärkeitä asioita. Työn sisältöä ei koeta tärkeäksi, vaan itselle tärkeät asiat löytyvät työn ulkopuolelta. Ihmisille, joille työ on ura, työ mahdollistaa uralla etenemisen ja siten paremman sosiaalisen aseman, lisää vaikutusmahdollisuuksia ja itseluottamusta. Heille myös toimeentulo on tärkeää. Ihmisille, joille työ on kutsumus, työ itsessään on sisällöllisesti hyvin palkitsevaa. Työ voi olla esimerkiksi sosiaalisesti arvostettua eikä sitä tehdä vain toimeentulon tai uran takia. Kutsumustyö voi olla myös heikosti palkattua työn vaatimuksiin nähden. (Hakanen 2011, s. 26-27.)

Käyttäytymistieteilijät uskovat, että ihmisten käyttäytymisen ja toiminnan motivaatio syntyy tarpeiden pohjalta. Yksi laajimmin hyväksytyistä malleista on Abraham Maslowin kehittämä tarvehierarkia, jonka perustuu ajatukseen, että motivaatio seuraavan tason tarpeen täyttämiseen syntyy vasta sitten, kun edellisen tason tarve on täytetty riittävästi. (Maslow 1943.) Kuvassa 13 on kuvattu Maslowin tarvehierarkia.



Kuva 13. Maslowin tarvehierarkia (muokattu Kanawaty 1992, s. 30).

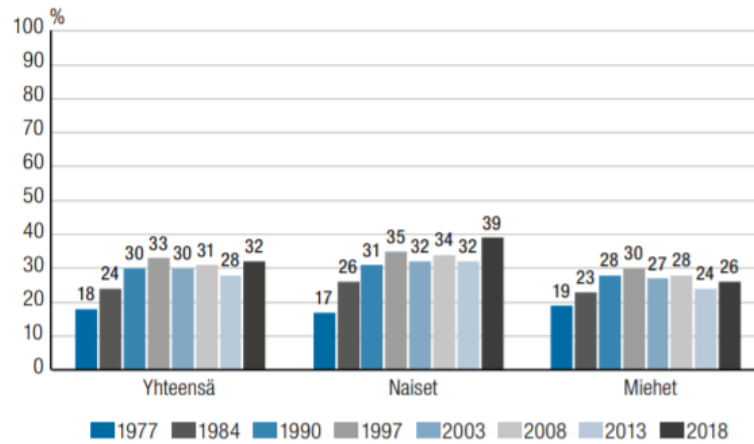
Maslowin tarvehierarkian pohjalla ovat fysiologiset tarpeet, jotka pitävät ihmiset hengissä, kuten ruoka, juoma tai uni. Työssä tätä tarvetta täytetään esimerkiksi palautumisen mahdollistamisena. Fysiologisten tarpeiden jälkeen ihminen pyrkii täyttämään turvallisuuden tarpeensa. Työssä turvallisuuden tarpeen täyttämistä ovat esimerkiksi turvallinen työympäristössä ja työtavat sekä vaarojen välttäminen. Kolmannella tasolla on yhteenkuuluvuuden ja rakkauden tarve. Työssä nämä näkyvät haluna kuulua organisaatioon

ja työryhmään. Neljännellä tasolla tarvehierarkiassa on kunnioituksen tarve, joka tarkoittaa kunnioituksen saamista muilta ja itsearvostusta. Ylimpänä Maslowin tarvehierarkiassa on itsensä toteuttamisen tarve, joka tarkoittaa mahdollisuutta käyttää omia kykyjä maksimaalisesti, esimerkiksi työssä. (Maslow 1943.)

Työmotivaatio voi syntyä ulkoisista tai sisäisistä lähteistä, ja työtä voidaan tehdä myös ilman motivaatiota. Ulkoinen motivaatio syntyy yleensä ihmisen halusta saavuttaa jokin ulkoa tuleva päämäärä, esimerkiksi halu totella, olla tunnollinen ja kuuliainen tai saavuttaa palkkio. Sisäisesti motivoitunut ihminen paneutuu työtehtävään ja kokee tekemisen iloa. Motivaatiopsykologian mukaan sisäinen motivaatio syntyy, kun ihminen pystyy toteuttamaan itsenäisyyden, yhteenkuulumisen ja pärjäämisen psykologisia tarpeitaan. Itsenäisyys tarkoittaa sitä, että ihminen voi säädellä omaa elämäänsä ja toimintaansa sekä kokea tekevänsä asioita, kuten työtä, vapaaehtoisesti. Työ, jossa voi hyödyntää omia vahvuuksia sekä käyttää omaa harkintaa, toteuttaa itsenäisyyden tarvetta. Yhteenliittymisen tarve tarkoittaa halua muodostaa ihmissuhteita sekä kuulua ryhmiin ja yhteisöihin. Työhön, joka toteuttaa yhteenliittymisen tarvetta, sisältyy työryhmän yhteisiä tavoitteita, keskinäistä tukea ja arvostava ilmapiiri. Pärjääminen tarkoittaa tunnetta oman toimintaympäristön hallitsemisesta. Työssä, joka tyydyttää pärjäämisen tarvetta, nähdään toiminnan myönteiset tulokset, koetaan onnistumista ja uskotaan uusista haasteista selviytymiseen. (Hakanen 2011, s. 31-32.)

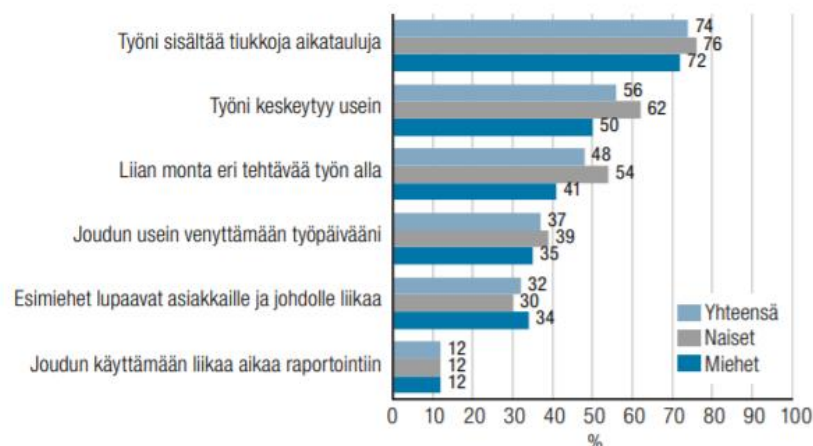
Useat ihmiset kuvailevat parhaiksi hetkikseen työssä tilanteet, jotka ovat olleet haastavia ja vaikeita, ja jotka on lopulta onnistuttu ratkaisemaan. Työssä on päästy eteenpäin, kun he ovat voineet käyttää omia vahvuuksiaan. Motivaatio työhön syntyy siis myös onnistumisten kautta. Useimmat ihmiset haluavat tehdä työnsä hyvin ja laadukkaasti. He haluavat onnistua ja jakaa onnistumisia sekä hyödyntää omaa osaamistaan ja kokemuksiaan työn kehittämisessä. Heillä on myös halu työskennellä tavoitteellisesti. (Hakanen 2011, s. 19-20.)

Kiirettä ja kiireen kokemusta on pidetty jo vuosikymmenten ajan haitallisena asiana työssä. Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa on kysytty, miten kiire haittaa työn tekemistä, vuodesta 1977 lähtien, jolloin 18 prosenttia vastaajista koki kiireen haittaavan työtä. Vuoden 2018 työolotutkimuksessa 32 prosenttia vastaajista koki kiireen haittaavan työtään. (Sutela et al. 2019, s. 133.) Kuvassa 14 esitetään kiireen haittaavuus työolotutkimuksen mukaan.



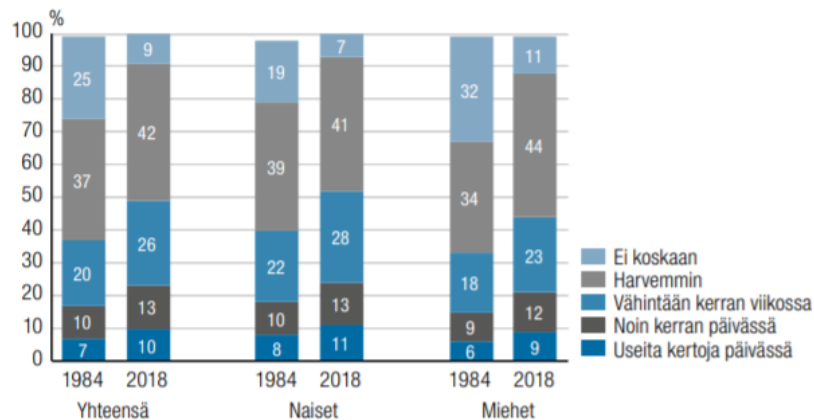
Kuva 14. Kiireen haittaavuus vuosina 1977-2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 133).

Samassa vuoden 2018 työolotutkimuksessa kysyttiin ensimmäisen kerran, miten kiire näkyy työssä. Tutkimukseen vastaajista 74 prosenttia näki, että työ sisältää tiukkoja aikatauluja, 56 prosenttia mielestä työ keskeytyi usein ja 48 prosenttia mielestä työn alla oli liian monta eri tehtävää. Työpäivää joutui venyttämään 37 prosenttia vastaajista sekä 32 prosenttia mielestä esimiehet lupasivat liikaa asiakkaille ja johdolle. Vastaajista 12 prosenttia koki, että joutuvat käyttämään liikaa aikaa raportointiin. (Sutela et al. 2019, s. 133.) Kuvassa 15 esitetään kiireen ilmeneminen työolotutkimuksessa.



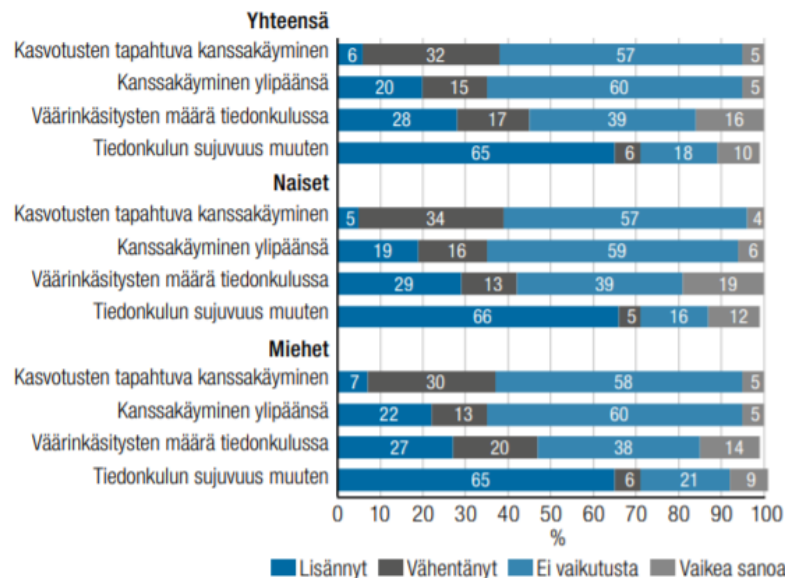
Kuva 15. Kiireen ilmeneminen vuonna 2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 135).

Olennainen osa digitalisaation hyödyntämisestä ovat myös järjestelmien toimivuus. Työolotutkimuksessa vuonna 2018 kysyttiin, kuinka usein työntekijä joutuu viivästyttämään tai odottamaan työn aloitusta tai keskeyttämään työn, kun tietotekniikka ei toimi. Työolotutkimuksen mukaan tekniset ongelmat ovat yleisiä tietotekniikassa, sillä 23 prosentille vastaajista tietotekniset ongelmat ovat päivittäisiä. Vuonna 1984 päivittäisiä tietoteknisistä ongelmista johtuvia työnkeskeytyksiä tapahtui 17 prosentin mielestä. (Sutela et al. 2019, s. 94). Kuvassa 16 esitetään tietoteknisiin ongelmiin liittyvät työn aloittamisen viivästyminen tai työn keskeytykset vuonna 2018 ja vertailukohtana vuosi 1984.



Kuva 16. Työn aloittamisen viivästyttäminen tai työnteon keskeytyminen tietoteknisten ongelmien takia vuonna 1984 ja 2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 94).

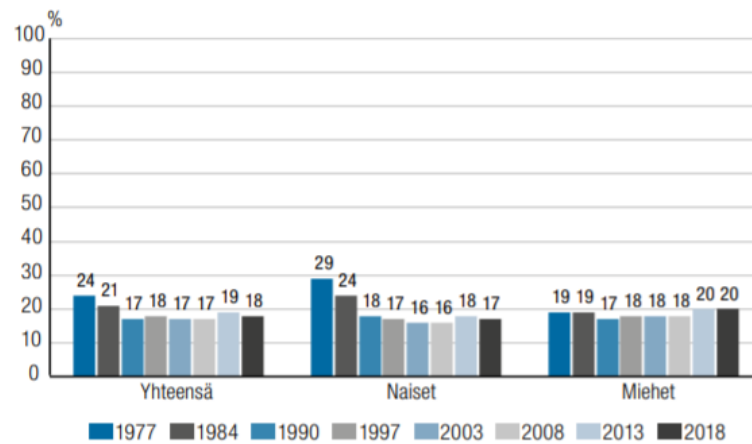
Digitaalisuuden on nähty vaikuttavan myös työpaikan sosiaalisiin suhteisiin. Vuoden 2018 työolotutkimuksessa 32 prosenttia vastaajista koki kasvatusten tapahtuvan kanssakäymisen työkavereiden kanssa vähentyneen digitalisaation myötä ja kuusi prosenttia oli sitä mieltä, että digitalisaatio on lisännyt sitä. Vastaajista 20 prosenttia koki, että kanssakäyminen on ylipäänsä lisääntynyt ja 15 prosenttia koki sen vähentyneen. Väärinkäsitysten määrä tiedonkulussa oli lisääntynyt 26 prosentin mielestä digitalisaation myötä ja 17 prosentin mielestä se oli vähentynyt. Digitalisaatio oli lisännyt tiedonkulun sujuvuutta kokonaisuudessaan 65 prosentin mielestä. (Sutela et al. 2019, s. 157.) Kuvassa 17 esitetään digitaalisuuden vaikutukset sosiaalisiin suhteisiin työolotutkimuksen mukaan.



Kuva 17. Digitalisaation vaikutus sosiaalisiin suhteisiin vuonna 2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 157).

Digitalisaatio edellyttää myös riittävää osaamista eri työvälineistä sekä osaamisen ylläpitoa ja uuden oppimista. Työolotutkimuksessa vuonna 2018 suurin osa vastaajista piti omia digitaitojaan hyvänä, vain neljä prosentti näki niiden riittämättömyyden hidastavan työn tekemistä (Sutela et al. 2019, s. 93). Työolotutkimuksessa kahdeksan prosenttia kertoi opettelevansa uutta järjestelmää viikoittain, muutaman kerran kuussa opetteli 11 prosenttia ja kerran kuussa 23 prosenttia. Tukea tietotekniikan käyttöön kertoi saavansa riittävästi 49 prosenttia vastaajista ja liian vähän tukea sai 19 prosenttia. (Sutela et al. 2019, s. 95.)

Robottien toivotaan vapauttavan ihmiset kuluttavasta ja yksitoikkoisesta rutiinistyöstä ja antavan mahdollisuuden mielenkiintoisiin ja luovuutta vaativiin tehtäviin. Vuoden 2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa 77 prosenttia vastaajista, jotka työskentelivät robotin kanssa, kokivat robotin helpottaneen työtä joko selvästi tai jonkin verran. Samalta kohderyhmältä kysyttiin, miten hyvin robotit ovat vapauttaneet heitä mielenkiintoisempiin tehtäviin. Vastaajista 74 prosenttia koki, että robotti ei ole tuonut mielenkiintoisia työtehtäviä, vaan työ on muuttunut pikemminkin tylsemmäksi. (Sutela et al. 2019, s. 101-102.) Vuoden 2018 työolotutkimuksessa 18 prosenttia vastaajista piti työtään erittäin tai melko yksitoikkoisena. Määrä on pysynyt lähes saman vuodesta 1990 saakka. (Sutela et al. 2019, s. 125.) Kuvassa 18 nähdään yksitoikkoisena työtään pitävät.



Kuva 18. Työn yksitoikkoisuus vuosina 1977-2018 Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan (Sutela et al. 2019, s. 125).

4.4 Vaikutus työntekijämäärään

Automaation ja digitalisaation on ajateltu kautta aikojen vähentävän työvoiman tarvetta ja vievän työpaikat. Nykyään tämä sama pelko liitetään robotteihin, joiden pelätään vievän ihmisten työt.

Myös eri tutkimusten hypoteeseissa on esiintynyt yleinen näkemys siitä, että automaatio, robotiikka ja digitalisaatio vähentävät työvoiman tarvetta erityisesti työvoimavaltaisilla aloilla ja kognitiivisissa tehtävissä. Tutkimuksissa on havaittu työllisyyden muutosten olevan ainakin kahdenlaisia: kokonaistyöllisyyden pieneneminen ja työvoiman siirtyminen toisille aloille tai toisentyypisiin tehtäviin. Se miten teknologiset muutokset vaikuttavat työllisyyteen riippuu tutkimusten mukaan lähinnä kahdesta tekijästä. Ensimmäisellä tekijällä on suora vaikutus: Miten teknologian kehittyminen muokkaa työllisyyttä ja työvoiman osuutta lisäarvon tuottamisessa aloilla, jotka hyödyntävät kyseistä teknologiaa? Toisen tekijän vaikutus on epäsuora: Miten edellisiä suoria vaikutuksia lisäävät tai kompensoivat työllisyyden ja työvoiman osuuden muutokset muualla taloudessa, joihin samat teknologiset voimat vaikuttavat välillisesti? (Autor & Salomons 2018, s. 1-2.)

Benanav (2019) toteaa automaatiokeskustelun synnyttävän ajoittain syvää huolta työpaikkojen riittävyydestä. Hänen mukaansa 2010-luvun automaatiokeskusteluun on sisältynyt seuraavia näkökulmia. Ensimmäiseksi: yhä kehittyneemmät koneet syrjäyttävät työntekijöitä, mikä johtaa työttömyyden kasvuun. Toiseksi: olemme siirtymässä pitkälti

automatisoituun yhteiskuntaan, jolloin lähes kaikki työ tehdään itsestään liikkuvilla ja älykkäillä laitteilla ja tietokoneilla. Kolmanneksi: yleisesti haluttaisiin, että automaatio vapauttaa ihmiskunnan kollektiivisesti kaikesta vaivannäöstä. Kuitenkin useimmissa yhteiskunnissa useimpien ihmisten on tehtävä työtä elääkseen, jolloin unelma vapaudesta voi kääntyä painajaiseksi, kun työvoiman tarve vähenee. Neljänneksi: ainoa tapa estää massatyöttömyyttä seuraava katastrofi on ottaa käyttöön perustulomalli, joka tosin katkaisee yhteyden ihmisten ansaitsemien tulojen ja heidän tekemänsä työn väliltä.

Useissa tutkimuksissa on havaittu, että työvoimaa siirtyy teknologisesti edistyneiltä aloilta vähemmän edistyneille aloille. Lisäksi on havaittu, että huolimatta viimeisen vuosisadan aikana tapahtuneesta ennen näkemättömästä teknologisesta kehityksestä tuotteiden valmistuksessa, logistiikassa ja viestinnässä, on työvoiman osuus kansantuotteesta pysynyt suhteellisen vakiona. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että automaation ei tarvitse vähentää työvoiman tarvetta, vaikka sen avulla on näennäisesti rajattomat mahdollisuudet työvoimaa säästävään kehitykseen. (Autor & Salomons 2018, s. 2.)

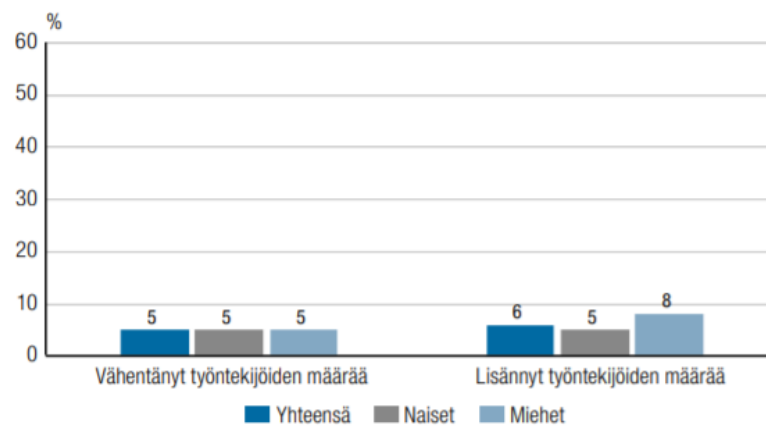
Eri tutkimuksissa on rakennettu malleja muun muassa kahdesta toisiaan tasapainottavasta taloudellisesta voimasta, jotka määrittävät työvoiman kysynnän muutoksia. Ensimmäinen voima on teknologisen kehityksen eteneminen, joka vähitellen korvaa vanhat työvoimavaltaiset alat ja vähentää työvoiman osuutta sekä mahdollisesti pienentää palkkoja. Sen vastavoima on endogeeninen teknologinen kehitys, joka luo uusia työvoimaa tarvitsevia tehtäviä ja mahdollisesti palauttaa työvoiman osuutta. Nämä voimat voivat olla toisiaan tasapainottavia, mutta eivät välttämättä toimi niin, jolloin työvoiman kysyntä voi myös laskea. (Autor & Salomons 2018, s. 5-6.)

Autor ja Salomons ovat tarkastelleet erilaisia tutkimuksia ja toteavat, että työvoiman osuus kansantuotteesta on kiistatta laskenut monissa maissa viime vuosikymmeninä ja korostuneesti 2000-luvulla. Heidän mukaansa osa tutkijoista väittää, että työvoiman vähenevä osuus johtuu tieto- ja viestintätekniiikan (ICT) laitteiden hintojen jyrkästä laskusta verrattuna työvoimakuluihin. Autor ja Salomons toteavat väitteen olevan kiistanalainen, vaikka se on luonut hypoteesin, jonka mukaan tietokoneet ja digitalisaatio heikentävät työvoiman kysyntää. Kansainvälisesti on myös havaittu, että maissa ja toimialoilla, jotka

olivat alun perin erikoistuneet rutiininomaiseen tuotantoon, työvoiman osuus lisäarvon tuottamisessa on vähentynyt enemmän. (Autor & Salomons 2018, s. 6.)

Myös robotiikan käyttöönoton vaikutuksia on arvioitu joissakin tutkimuksissa. Niissä teollisuusrobottien käyttöönoton on todettu lisänneen tuottavuutta, lisäarvoa sekä työntekijöiden palkkaa. Tutkimuksissa ei ole todettu teollisuusrobottien käyttöönotolla olleen vaikutusta käytettyihin kokonaistyötunteihin. Yhdysvalloissa on myös todettu, että teollisuusrobottien myötä paikalliset erot työllisyydessä ja palkkatasoissa pienenevät vuosien 1990 ja 2007 välillä. (Autor & Salomons 2018, s. 7.) Autor ja Salomons (2018, s. 35) toteavatkin, että yleisesti ottaen teknologinen kehitys lisää työllisyyttä.

Vuonna 2018 tehdyssä Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa haluttiin selvittää palkansaajien näkemystä robottien vaikutuksesta työntekijämäärään. Työolotutkimuksissa saatiin viitteitä siitä, että robotisaatio on sekä lisännyt että vähentänyt työntekijämäärää. (Sutela et al. 2019, s. 74.) Kuvassa 19 esitetään digitalisaation tai robotisaation vaikutukset työntekijämäärän lisääntymiseen tai vähentymiseen työolotutkimuksen mukaan.



Kuva 19. Digitalisaation ja robotisaation vaikutukset työntekijämäärän lisääntymiseen tai vähentymiseen Tilastokeskuksen työolotutkimuksen mukaan vuonna 2018 (Sutela et al. 2019, s. 74).

Työolotutkimuksessa tuli esiin, että työpaikoilla, joissa työntekijämäärä oli kasvanut viimeisen kolmen vuoden aikana, 16 prosenttia työntekijöistä näki, että digitalisaatio tai robotisaatio ovat mahdollistaneet työntekijöiden lisäämisen. Kaikkiin vastanneisiin suhteutettuna heidän osuutensa oli kuusi prosenttia. Jos työpaikalla oli vähennetty

työntekijöitä, vastaajista 23 prosenttia oli sitä mieltä, että digitalisaatio tai robotisaatio oli vaikuttanut työntekijämäärän laskuun. Kaikkiin vastanneisiin suhteutettuna heidän osuutensa oli viisi prosenttia. (Sutela et al. 2019, s. 74.)

Benanav puolestaan väittää, että työvoiman kysynnän lasku ei johdu teknologisista innovaatioista, vaan jo pidempään jatkuneesta maailmanlaajuisesta tilanteesta, jossa samanaikaisesti vaikuttavat ennen näkemätön tekninen kehitys ja syvenevä taloudellinen pysähtyneisyys. Pahenevan taloudellisen taantuman seurauksena teollisuuden työllisyysaste on laskenut. Se ei ole laskenut automaation ja tuottavuuden kasvun myötä vaan kokonaistuotannon hiipumisen myötä. Tämän taustalla on maailmanlaajuinen teollisuustuotteiden ylikapasiteetti, josta huolimatta yritykset ovat jatkaneet tuottavuustason nostamista. Työllisyysaste on supistunut vähemmän pitkälle automatisoiduissa maissa, kuten Saksa tai Japani. Tästä Benanav tekee johtopäätöksen, että automaatio auttaa säilyttämään työpaikkoja. (Benanav 2019.)

5 AUTOMAATION JA DIGITALISAATION SUUNNITTELU

Automaatio voidaan jakaa fyysisiin eli mekaanisiin osiin sekä kognitiivisiin eli tiedollisiin osiin (Frohm et al. 2008, s. 1). Kognitiiviset osat ovat nykypäivänä pääosin digitaalisia. Automaation näkökulmasta työn tekemisen ääripäitä ovat täysin käsivaraisesti tehty eli manuaalinen työ ja toisessa päässä täysautomaatio, jossa ei enää tarvita ollenkaan ihmisen ohjausta. Näiden kahden ääripään välillä on lukuisia tasoja, joissa ihminen ja automaatio toimivat rinnan hoitaen omia tehtäviään samassa tuotantojärjestelmässä.

Lähtökohtana automaation suunnittelulle ja sen tason valinnalle ovat tuotantoprosessin ja automaatiojärjestelmän käyttäjien tarpeet. Myös loppuasiakkaan vaatimukset on kuvattava mahdollisimman yksityiskohtaisesti ja varmistettava, että ne otetaan riittävästi huomioon automaatiojärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa. Tarpeiden tyydyttäminen lisää kustannuksia, joten automaatiojärjestelmän suunnittelussa ja valinnassa kannattaa vertailla järjestelmän hyötyjä ja siitä aiheutuvia kustannuksia. (Tommila et al. 2012, s. 6.) Koskinen (2018, s. 16) toteaa, että ”automaation suunnittelu siten, että se on helppokäyttöistä ja helposti kunnossapidettävää, on keskeinen vaatimus turvallisuuden, käytettävyyden ja elinkaarikustannusten kannalta”.

Automaation suunnittelua voidaan lähestyä kolmesta keskeisestä näkökulmasta: teknologia, ihmis- ja jakamisnäkökulma. Teknologianäkökulmalla tarkoitetaan tuotannon automaattisten toimintojen optimointia. Ihmiskeskeisessä näkökulmassa pidetään ihminen etusijalla suhteessa teknologiaan. Jakamisnäkökulma huomio ihmisen ja teknologian yhteistyön. (Lindström & Winroth 2010, s. 151.) Edellä mainitut näkökulmat pätevät myös digitalisaation suunnitteluun.

5.1 Teknologianäkökulma automaation ja digitalisaation suunnittelussa

Teknologianäkökulmassa automaattisia toimintoja optimoidaan teknologian avulla. Automaatiosuunnittelussa valitaan systemaattisesti kohde kohteelta, miten niiden hallintatehtävät toteutetaan. Hallintatehtävän voi suorittaa ihminen, mekaniikka, elektroniikka, robotti tai automaatio. Ratkaisuja valittaessa suunnittelussa punnitaan useita näkökulmia, kuten ratkaisun luotettavuus, toteutuksen kalleus, säädön suorituskyky tai

tarvittava adaptoituvuus. (Ventä et al. 2018, s. 13.) Automaatiosuunnittelun jäsentäminen on esitetty kuvassa 20.

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

Kuva 20. Automaatiosuunnittelun jäsentäminen (Ventä et al. 2018, s. 13).

Automaatio on poikkitieteellistä. Onnistuneen automaatiojärjestelmän tai -sovelluksen tekeminen edellyttää, että kaikki osa-alueet tunnetaan riittävän hyvin. (Koskinen 2018, s. 16.) Kuva 21 havainnollistaa automaation poikkitieteellisyyttä.



Kuva 21. Automaation poikkitieteellisyys kaaviona (Koskinen 2018, s. 17)

Teknologianäkökulmasta automaation keskiössä ovat säätö- ja systeemitekniikka. Niiden avulla laaditaan tarvittavat mallit ja algoritmit kohteena olevasta laitteesta tai prosessista. Automaatiota voidaan toteuttaa eri tekniikoilla. Nykyisin toteutus tehdään usein tietotekniikan avulla. Mittaustekniikkaan perustuvat anturit ja lähettimet tuovat automaatiolle tietoa kohteena olevan laitteen ja prosessin toiminnasta ja tilasta. Toimilaitteiden, kuten venttiilit ja moottorit, kautta automaatio pystyy vaikuttamaan kohteena olevaan laitteeseen tai prosessiin. (Koskinen 2018, s. 16.)

5.2 Ihmisnäkökulma automaation ja digitalisaation suunnittelussa

Ihmiskeskeisessä automaationsuunnittelussa ihminen asetetaan tekniikan edelle. Automaatio lisääntyy ja tunkeutuu moniin perinteisiin ihmistyön järjestelmiin. Samalla automaatio monimutkaistuu ja lähestyy yhä kehittyneempiä ja älykkäämpiä autonomisia järjestelmiä. Näissä tilanteissa minkään järjestelmän arvo ei piile ihmisen täydellisessä korvaamisessa, vaan pikemminkin ihmisen ja järjestelmän välisen yhteistyön parantamisessa. Tässä tärkeät ihmiseen liittyvät tekijät ovat inhimilliset piirteet sekä kognitiiviset ja emotionaaliset ominaisuudet. (Schaefer et al. 2016, s. 379-380.)

Uskotaan, että motivaatio automaation kanssa työskentelyyn riippuu ihmisen luottamuksesta automaatiota kohtaan (Trust in Automation, TiA). Kun ihmiset uskovat automaatioteknologian luotettavuuteen, kestävyYTEEN ja turvallisuuteen, he ovat halukkaita jakamaan päätös- tai valvontavaltaa automaattisten järjestelmien kanssa. (Drnec & Metcalfe 2016, s. 157.) Sheridan määrittelee luottamuksen tiettyyn automaatioon ihmisen taipumukseksi hyväksyä automaation haavoittuvuus ja ennalta arvaamattomuus, kun hän käyttää tätä automaatiota. Eri tutkimuksissa on osoitettu, että luottamus automaatioon riippuu toisaalta monista automaation ominaisuuksista, kuten sen kyvykkyys tai luotettavuus, ja toisaalta se on määritelty ihmisen subjektiiviseksi ominaisuudeksi. Tutkimuksissa on myös osoitettu, että luottamus ja epäluottamus automaatiota kohtaan voivat olla riippumattomia automaation ominaisuuksista. Tämä ilmiö on nimetty skeptisyydeksi automaatiotekniikkaa kohtaan. Sheridan väittää, että automaation tullessa yhä älykkäämmäksi ihmisen luottamus automaatiota kohtaan alkaa muistuttaa luottamusta toista ihmistä kohtaan. (Sheridan 2019, s. 2.)

Olemassa olevat todisteet viittaavat siihen, että useat ihmisen peruspiirteet ja ominaisuudet voivat vaikuttaa siihen, miten jokainen yksilö reagoi automaatioon. Näitä piirteitä ovat ikä, sukupuoli, etnisuus ja persoonallisuus, joiden vaikutukset ovat eri tutkimuksissa olleet ristiriitaisia vaihdellen automaation ominaisuuksien mukaisesti. (Schaefer et al. 2016, s. 380-381.)

Ihmisen yksilölliseen kykyyn käyttää automaatiota vaikuttavat automaation kuormittavuus sekä ihmisen osaaminen ja asiantuntemus. Tavallisesti automaation tarkoituksena on vähentää sekä psyykkistä että fyysistä kuormittavuutta. Jos psyykkinen kuormitus lisääntyy automaatiojärjestelmien käytön yhteydessä, johtaa se luottamuksen heikkenemiseen automaatiota kohtaan. Lisäksi psyykkinen kuormitus on suoraan riippuvainen ihmisen osaamisesta automaation käyttämisessä. Osaaminen ja syvempi asiantuntemus edistävät yleensä luottamuksen syntymistä ja vahvistumista automaatiota kohtaan. (Schaefer et al. 2016, s. 382.)

Ihmisen emotionaaliset tekijät automaation käyttämisen yhteydessä voidaan luokitella seuraavasti: luottamus automaatiota kohtaan, asenteet automaatiota kohtaan sekä sitoutuminen automaation käyttämiseen, muun muassa tyytyväisyys ja automaation käyttämisen mukavuus. Asenteet automaatiota kohtaan perustuvat yleiseen tietoisuuteen järjestelmän käyttäytymisestä. Esimerkiksi positiiviset asenteet ja tunteet vaikuttavat luottamukseen, mieltymykseen ja riippuvuuteen järjestelmästä. Sitä vastoin virheet tai vaikeudet saada tietoa järjestelmästä johtavat negatiivisiin asenteisiin ja mahdollisesti automaation käyttämättä jättämiseen. (Schaefer et al. 2016, s. 382-383.)

Ihmisen erilaiset dynaamiset tilat, kuten stressi, väsymys tai huomion kiinnittäminen, ovat suhteellisen hyvin tutkittuja alueita automaation käyttämisen yhteydessä. Useat tutkimukset osoittavat esimerkiksi, että käyttäjät, joilla on heikompi kyky kiinnittää huomiota eri asioihin, toimivat automaatiojärjestelmien kanssa eri tavalla ja luottavat niihin enemmän kuin ne, joilla on korkeampi kyky huomion kiinnittämiseen. Tutkimukset viittaavat myös siihen, että mielialalla voi olla iso merkitys luottamuksen kehittymiseen automaatiota kohtaan. (Schaefer et al. 2016, s. 381-382.)

Tutkimuksissa on huomattu, että jos automaation käyttöliittymä vastaa ihmisen ajatusmallia, se lisää järjestelmän uskottavuutta ja siten luottamusta. Ajatusmalli pohjautuu ihmisen hallussa olevaan ja jäsenneltyyn tietoon, ja se kuvaa, selittää sekä ennustaa automaatiojärjestelmän tarkoitusta, muotoa, toimintaa tai tilaa. (Schaefer et al. 2016, s. 385.) Esimerkiksi automaatiojärjestelmän koettu hyödyllisyys määräytyy usein tehtävän tai työkalun sopivuuden mukaan. Automaation koettu hyöty voi vaikuttaa siihen, luotetaanko automaatioon vai ei. Lisäksi järjestelmän imago voi vaikuttaa ihmisten odotuksiin. (Schaefer et al. 2016, s. 382.) Ajatusmallit ovat yksilöllisiä ja kollektiivisia. Ne muodostuvat aiemmista kokemuksista, kulttuurillisista ennakkoluuloista ja uskomuksista sekä yhteiskunnallisesta vaikutuksesta. (Schaefer et al. 2016, s. 385.)

Ihmisen aikaisemmat kokemukset samoista tai vastaavista automaatiojärjestelmistä vaikuttavat automaation ymmärtämiseen sekä sen käytön ja oppimisen helppouteen. Monet tutkimukset vahvistavat, että luottamus kasvaa kokemuksen myötä ja aikaisemmat kokemukset erityisesti vastaavanlaisista automaatiojärjestelmistä, vaikuttavat suoraan luottamuksen kehittymiseen. (Schaefer et al. 2016, s. 382.)

Organisaation näkökulmasta myös työryhmällä on vaikutusta ihmisen suhtautumiseen automaatiota kohtaan. Ryhmän koko, monimuotoisuus, roolit, asenteet ja arvot vaikuttavat työryhmän tehokkuuteen. Vaikka tutkimuskirjallisuudessa virtuaalitiimien on osoitettu olevan joustavampia kuin fyysisten tiimien, on niillä myös useita keskinäisen yhteistyön sudenkuoppia: vuorovaikutus ja tiedon jakaminen voivat vähentyä, tavoitteen saavuttaminen hämartyä, konfliktien mahdollisuus lisääntyä sekä luottamus ja yhteenkuuluvuus heikentyä. Virtuaalitiimien tehokkuus riippuu tiimin jäsenten kyvystä hallita monimuotoisuutta ja viestintäkontekstia. Automaatioteknologiaa voidaan myös hyödyntää tiimin työssä sovittamaan yksilölliset ominaisuudet, kuten koulutus tai kokemus, tiimin yleisiin toiminnallisiin rooleihin tai projektivaatimuksiin. (Schaefer et al. 2016, s. 386.)

Ihmisellä voi olla apunaan erilaisia automaattisia apuvälineitä. Kognitiiviset apuvälineet antavat käyttäjille suosituksia järjestelmien nykyisestä ja mahdollisesta tulevasta tilasta. Ne toimivat päätöksenteon apuvälineinä. Tällaisia apuvälineitä on käytössä esimerkiksi verkkokaupassa. Ohjausapuvälineet korvaavat erilaisia ihmisen toiminnan tasoja, kuten ajoneuvon ohjauksen apulaitteet, esimerkiksi autopilotit tai navigointilaitteet.

Havaintoapuvälineitä käytetään auttamaan käyttäjää antamalla varoituksia tai avustamalla hahmontunnistuksessa. Esimerkkinä tällaisista järjestelmistä ovat autojen varoitusjärjestelmät tai peruutustutkat. (Schaefer et al. 2016, s. 386-387.)

5.3 Jakamisnäkökulma automaation ja digitalisaation suunnittelussa

Jakamisnäkökulmassa keskeistä on ihmisen ja automaation yhteistyö. Automaation ja ihmisen taitojen yhdistäminen parantaa tuottavuutta ja mahdollistaa joustavan reagoinnin valitulla automaation tasolla. Hyvän yhteistyön edellytyksenä ovat kuitenkin sopivan automaation valinta ja asennus, tehtävien jako ja tehtävien suorittaminen. Riippuen ihmisen ja automaation kyvyistä, tehtävät voidaan jakaa eri tavalla näiden kesken. Tehtävien suoritus voidaan mukauttaa automaation kanssa työskentelevän henkilöstön fyysisten ja psyykkisten kykyjen mukaan. Tässä mielessä on otettava huomioon työtila, käsittelyalue, näköalue, valaistus, oheislaitteiden kokoonpano, työkalujen ja työkalupaleiden sijainti sekä liiketoiminnan vaatimukset. (Komenda & Malisa 2017, s. 142.)

Päätös tietyn koneen tai automaation ostamisesta ja käytöstä tulee tehdä tehtävän suorittamisen lisäksi myös sen kanssa työskentelevien ihmisten perusteella. Käytännössä tässä usein keskitytään henkilökohtaisiin ominaisuuksiin, jotka eivät juurikaan muutu elämän aikana, kuten pituus ja muut fyysiset mitat. Tärkeämpää olisi kuitenkin kiinnittää huomiota, miten paljon vaihtelua yksittäisiin työmenetelmiin sisältyy. Eri ihmiset voivat suorittaa tiettyjä samoja tehtäviä toisistaan poikkeavilla tavoilla. Käytössä olevia työmenetelmiä olisi hyvä analysoida ennen päätöstä automaation hankkimisesta ja yhtenäistää analyysin pohjalta tuotantoprosessin eri vaiheita. (Komenda & Malisa 2017, s. 142.)

Fyysinen ihmisen ja robotin yhteistyö (Physical human-robot collaboration, PHRC), määritellään tilanteeksi, jossa ihminen, robotti ja ympäristö ovat kosketuksissa toisiinsa ja muodostavat tiiviin, dynaamisen järjestelmän tehtävän suorittamiseksi. Ihannetapauksessa tämän järjestelmän jokaisen aktiivisen osan on kyettävä tarkkailemaan ja arvioimaan vastapuolten panosta yhdistämällä ja käsittelemällä omia aistitietojaan. Tästä seuraa, että järjestelmän jokaisen osan käyttäytyminen voidaan toistaa, tai sitä voidaan kehittää täydentämään ja parantamaan yhteistyökumppaneiden suorituskykyä. (Ajoudani et al. 2017, s. 957.)

Ihmiset oppivat kokemuksista pari- tai ryhmätyöskentelyssä. Ihmisille on kehittynyt implisiittisiä ja eksplisiittisiä viestintästandardeja, joiden avulla pari- tai ryhmätyöskentelyyn liittyviä tietoja voidaan havaita ja välittää intuitiivisesti. Samantyyppisiä viestintästandardeja pyritään luomaan myös ihmisen ja robotin väliseen viestintään, jotta robotti olisi tietoinen ihmisen aikomuksista ja tarpeista yhteistyötehtävän eri vaiheissa. Vaikka ihmisen aistijärjestelmän kopioiminen ei ole vielä ollut teknisesti mahdollista, voi taustalla olevien viestintäperiaatteiden ymmärtäminen johtaa parempaan ihmisen ja robotin väliseen vuorovaikutukseen. Tästä on olemassa jo muutamia esimerkkejä käyttöliittymistä, jotka pystyvät ennakoimaan ihmisen aikomuksia esimerkiksi pään, käsivarsien tai silmien liikkeiden avulla. (Ajoudani et al. 2017, s. 958.)

Ihmisillä on ainutlaatuisia ongelmanratkaisutaitoja ja aistikykyjä, mutta voima ja tarkkuus ovat rajalliset. Robottijärjestelmät puolestaan ovat väsymättömiä ja nopeampia kuin ihmiset. Ne toistavat tehtäviä paremmin. Samalla ne ovat tuottavampia, mutta niiden joustavuus on rajallinen. Ihmisen ja robotin yhteistyö (Human-Robot Collaboration, HRC) voi vapauttaa ihmisen raskaista tehtävistä. Ihannetapauksessa ihmisen ja robotin yhteistyön tulisi toimia samalla tavalla kuin ihmisten pari- tai ryhmätyöskentelyn. (Liu & Wang 2017, s. 355.)

Kun ihmiset tekevät yhteistyötä ja varsinkin, kun he ovat tottuneet tehtävään ja toisiinsa, heidän yhteistyönsä on synkronoitua: ajoitus on tarkkaa ja tehokasta, suunnitelmia ja toimia muutetaan dynaamisesti. Yhteistyön synkronointiin liittyy paljon suullista viestintää, joka takaa toiminnan sujuvuuden. (Hoffman 2019, s. 209.)

Ihmisten ja robottien välisen yhteistyön (Human–Robot Interaction, HRI) sujuvuus on herättänyt kiinnostusta viime vuosina. Suurin osa nykyisistä ihmisen ja robotin yhteistyöjärjestelmistä on rakennettu komento- ja vastausmallien (stop-and-go) mukaisesti, mikä ei tuo yhteistyöhön sujuvuutta. (Hoffman 2019, s. 209.) Käytännössä ihmisen ja robotin yhteistyöjärjestelmien toteuttamisessa on vallitsevana ollut vielä näkemys ihmisen ja robotin välisen ajan ja tilan erottamisesta, mikä heikentää sekä ihmisen että robotin tuottavuutta. Tehokkaan ihmisen ja robotin yhteistyökonseptin rakentamisessa voidaan soveltaa ihmisten tiimityöhön sisältyviä teorioita ja luoda ihmisen ja robotin yhteistyölle kolme tavoitetta:

- Kaikilla ihmisen ja robotin yhteistyötiimin jäsenillä tulee olla sama toteutussuunnitelma.
- Kaikkien ihmisen ja robotin yhteistyötiimin jäsenten tulee olla tietoisia työympäristöstä.
- Ihmisen ja robotin yhteistyötiimillä tulee olla jäsenelty viestintätapa.

(Liu & Wang 2017, s. 355.)

6 HAASTATTELUT

Tietoa siitä, miten organisaatioissa on huomioitu ihmisen tekemä työ keskeisenä tuotantojärjestelmän tekijänä, kun automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää järjestelmää kehitetään, kerättiin haastattelemalla. Haastattelut tehtiin videohaastatteluina, jotka tallennettiin. Tämän jälkeen haastattelumateriaali muutettiin kirjalliseen muotoon litteroimalla haastattelut. Seuraavaksi esitettävät kirjalliset kuvaukset laadittiin litterointien pohjalta.

6.1 Teollisuusautomaatio, Mitsubishi Logisnext Oy

Haastateltavana 7.9.2021 oli tehtaanjohtaja Ari Timonen. Mitsubishi Logisnext Oy on Mitsubishi Logisnext European (MLE) tytäryhtiö ja tunnettiin aikaisemmin Rocla Oy:nä. Yritys markkinoi itseään täyden palvelun logistiikkatalona ja tarjoaa asiakkailleen sisälogistiikkaa sekä laitteina että palveluina. Tehtaan valmistusportfoliossa ovat trukki- ja laitteiden brändit Rocla, Cat[®], Mitsubishi, Unicarriers ja TCM. Suomen jälleenmyyjänä toimii Logisnext Finland Oy, jolla on tuotepaletissaan lisäksi sähkökootteribrändi Kyburz ja lakaisu- ja harjakonebrändi Dulevo. Palveluina yritys tarjoaa sisälogistiikan laitteiden monimerkkihoidon koko Suomen alueella sekä trukkitarkastuksia ja turvallisen ajotavan varmistamiseen tähtäviä koulutuspalveluita. Viime vuosina Logisnext Finland Oy on lanseerannut myös sisälogistiikan dataa ja IoT-sensoritietoa hyödyntäviä digitaalisia palveluita huollon sopimusasiakkaille. (Tietoa Logisnext Finlandista 2021.)

Mitsubishi Logisnext Oy:llä työskentelee 500 henkilöä. Automaatio ja digitalisaatio koskevat käytännössä jokaista. Hitsaus- ja koneistustehtävissä teollisuusautomaatiota ja robotiikkaa käyttää 35 henkilöä, jotka ovat automaation kanssa tekemisissä koko ajan. Toki myös muu tuotantohenkilöstö toimii digitalisaation kanssa työvaiheiden kuitaamisen ja työhön kuuluvien tietojärjestelmien kautta. Varastohallinnan parissa työskentelee noin 30 henkilöä. Lisäksi on vielä toimihenkilötyötä sekä muun muassa pääkonttoritoimintoja ja tuotekehitystä, joissa työ on hyvin pitkälle digitaalista, ja työssä käytetään erilaisia tiedonkeruu- ja suunnitteluohjelmistoja. (Timonen 2021.)

Timonen kertoo, että yritys tekee automaatioinvestointeja suunnitelmallisesti. Tavoitteena ei ole rakentaa täysautomaattista tehdasta, vaan ihmistyö säilyy osana tuotantoprosessia tulevaisuudessakin, mutta ihmisen osaamisprofiili muuttuu. Osaamistarpeen radikaali muutos on huomattu muun muassa käyttöönotetun hitsaus- ja koneistusautomaation myötä. Enää ei riitä, että hitsari osaa hitsata, vaan tarvitaan osaamista käyttää robottiohjelmia ja sitä kautta mahdollisesti korjata lopputulosta osana päivittäistä työtä. Jo nykyään, ja tulevaisuudessa vielä enemmän, koneiden ja laitteiden tunteminen sekä vianratkaisutaidot korostuvat. Timonen näkee, että osaaminen on eräänlainen pullonkaula yrityksessä tänä päivänä, kun oikeita osaajia ei ole riittävästi eikä niitä ole saatavilla työmarkkinoilta. Yrityksessä on pyritty tekemään työjärjestelyjä niin, että jokaisessa vuorossa ja tiimissä on yksi tai kaksi enemmän koulutettua henkilöä, jotka pystyvät oman työnsä ohella myös ratkaisemaan vikatilanteita. (Timonen 2021.)

Timonen on saanut henkilöstöltä positiivista palautetta, että työ on helpottunut fyysisesti automaation myötä. Hitsareista on tullut käytännössä silloittajia eli heidän työajassaan hitsin paloaika ei ole enää merkittävässä roolissa ja voidaan puhua enemmän operaattorin työstä. Toki vielä kaikkia yrityksen valmistamia tuotteita ei ole automatisoitu, vaan edelleen on tuoteryhmiä, joita hitsataan käsin yksilöhitsauksena. Näissä työpisteissä työergonomian kehittäminen on ollut keskiössä, jotta työn kuormittavuutta on saatu vähennettyä. Kuitenkin automaation suuntaan ollaan edelleenkin vahvasti menossa. (Timonen 2021.)

Yksi automaation lisäämisen ajuri on ollut laadunvarmistus. Käytännössä on saatu hyviä tuloksia siitä, että robottihitsauksella saadaan tasalaatuisempia hitsisaumoja ja siten päästään asetettuihin valmistustoleransseihin helpommin. Toinen ajuri automaation lisäämiseen on ollut tehokkuuden parantaminen. Tästä on esimerkkinä muun muassa se, että osa automaatioasemista pystyy tekemään työtä ilman ihmistä osan vuorokaudesta, kun rata on panostettu täyteen materiaaleja työvuoron päättyessä. Timosen mukaan viimeisen viiden vuoden aikana tehokkuus on kokonaisuudessaan parantunut 10-15 prosenttia osittain automaation kautta ja osittain muilla prosessien parantamisen toimenpiteillä, kuten materiaalitoimittajien toimitustäsmällisyyden nostamisella. (Timonen 2021.)

Yrityksessä on kehitetty myös digitaalisuutta, vaikka Timonen näkee, että siinä on vielä paljon kehittämisen varaa. Tuotannossa on otettu käyttöön digitaalista koneseurantaa

tietyillä avainroboteilla ja työstökeskuksilla. Seurannasta nähdään reaaliaikaisesti koneen käytettävyyden ja samalla sieltä saadaan ulos tehokkuusmittaridataa. Tämä tietenkin tarkoittaa, että operaattorien tulee kuitata häiriöt ja kirjata häiriön aiheuttaja seurantajärjestelmään. Tämä on lisännyt tiedon laatua ja auttanut päätöksenteossa sekä tuotannon ohjauksessa. (Timonen 2021.)

Automaatioasteen nousun myötä on korostunut ennakoivan huoltotoiminnan tärkeys. Varsinkin avainkoneiden kohdalla on tärkeää löytää huoltoseisokkiaikoja, jolloin ennakko- ja huolto voidaan tehdä ja kone toimii taas luotettavasti seuraavaan huoltoon saakka. Huoltosyklien pohtiminen ja ennakko- ja huoltoon panostaminen on yrityksessä koettu erittäin tärkeäksi. Koneissa ei ole vielä sensoriseurainta, joka kertoisi esimerkiksi laakerien kulumisesta, mutta tämä voi olla tulevaisuutta. (Timonen 2021.)

Yrityksessä otettiin 1,5 vuotta sitten käyttöön WMS (Warehouse Management System) -varastohallintajärjestelmä, jonka avulla on päästy jatkuvaan varaston inventointiprosessiin ja tuottamaan reaaliaikaista seurantatietoa johdolle. Aikaisemmin omistaja edellytti inventaarion tekemistä kaksi kertaa vuodessa. Varastohallintajärjestelmän myötä omistaja saa tiedot varastossa ja keskeneräisessä tuotannossa kiinniolevista komponenteista reaaliaikaisesti. Varastohallintajärjestelmän avulla on myös menty jokaisessa tuotteessa prosessiin, jossa tuotannonohjaus vapauttaa tilaukset varastoon, varasto kerää konekohtaisesti kaikki siihen tarvittavat komponentit ja materiaalit sekä toimittaa ne tuotantoon edellisenä iltana. (Timonen 2021.)

Yrityksellä on pitkät perinteet työntutkimuksen hyödyntämisessä, kun kerätään tietoa siitä, mitä työ on, millä menetelmillä työtä tehdään ja mihin aika kuluu työssä. Viime vuosina työntutkimuksessa on siirrytty hyödyntämään työn videointia, joka on auttanut tiedon keruussa ja ymmärryksen lisäämisessä. Yritys haluaa koko ajan pysyä ajan hermoilla ja Timonen näkee, että heidän täytyy tietää tuotteen standardiaika ja jokaisen työvaiheen standardiaika, koska nämä ovat olennaisia tietoja pullonkaulojen määrittämiseksi ja tahtiajan parantamisessa. Hän ottaa esimerkkinä vuonna 2013 tulleen kokoonpanolinjan, jota on opittu tutkimuksen avulla pikkuhiljaa säätämään tasapainottamisen, tuotantojärjestyksen muotoilun ja tuotantovaiheiden tahtiajan avulla, jotta sille saadaan mahdollisimman tasainen virtaus. Työntutkimus on yrityksessä systemaattista toimintaa. Sillä kerätään paitsi

lähtötietoja työn kehittämiseen, myös tarkistetaan kehitysprojektien jälkeen niiden onnistuminen ja se mitä projektilla on saavutettu. Standardiaikoja on tavallaan pakko päivittää, kun prosessi muuttuu, jotta oikea tieto työstä säilyy. (Timonen 2021.)

Timonen näkee, että yksi tärkeä elementti työn kehittämisessä on lattiataason jatkuva parantaminen. Heillä on ollut tavoitteena saada tuotannon henkilöstöä, jotka oikeasti tuntevat työn ja näkevät ongelmat päivittäisessä työssään, mukaan jatkuvan parantamisen ryhmiin. Timonen kokee, että he ovat siinä aika hyvin onnistuneet, sillä kuukausittain tulee muutama kymmen ideaa työn kehittämiseksi. Osa ideoista on koettu erittäin hyviksi ehdotuksiksi, ja niissä on mukana myös säästöideoita. (Timonen 2021.)

Haasteita kehittämiselle tulee siitä, että käytännössä joka vuosi tulee joku tuoteuudistus, joka aina aloittaa tuotannon kehittämisen käytännössä alusta. Tässä pyritään lisäämään yhteistyötä tuotekehityksen kanssa, jotta saataisiin paremmin tehtaan näkökulma ja tuotteen valmistaminen sekä valmistuksen vaiheistaminen liitettyä osaksi tuotekehitystä. (Timonen 2021.)

Timonen näkee, että automatisointiprojektissa työntekijöiden osallistuminen on edellytys projektin onnistumiselle. He pyrkivät jo määrittelyvaiheessa saamaan työntekijöitä tai heidän edustajiaan mukaan kertomaan omat kommenttinsa sekä mahdolliset tarpeet ja toiveet. Ihmisten osallistuminen projektin aikaiseen työhön ja mahdollisuus vaikuttaa siihen, mitä ollaan tekemässä, auttaa uuden järjestelmän käyttöönotossa ja vähentää niin sanottua muutosvastarintaa. Vuorovaikutusta ja tiedottamista pyritään parantamaan myös siten, että Timonen pitää pari kertaa kuukaudessa palaveria luottamusmiesorganisaation kanssa, josta hän kokee saavansa suoraa tietoa asioiden tilanteesta ja henkilöstön näkemyksistä. (Timonen 2021.)

Tulevaisuuden kuvissa siintää eräänlainen Smart tai Digital Factory -toiminta ja paperiton tuotanto. Tämä ei koske ainoastaan koneiden ja laitteiden automaatioasteen nostamista vaan myös muuta työympäristöä. Timonen näkee, että tuotantomäärien kasvu vaatii heitä miettimään ratkaisuja, joilla saadaan kaikista tuotannonvaiheista enemmän reaaliaikaista tietoa päätöksien, joilla ohjataan ja säädetään työjonoja, tueksi. Paperittoman tuotannon edistämiseksi on suunnitteilla digitalisaatioon liittyvä kehityshanke, jolla pyritään lisäämään

tiedonkeruuta koko tuotannosta. Käytännössä se tarkoittaa muun muassa, että kuitataan valmistusprosessin eri vaiheet valmiiksi välittömästi, kun ne on tehty, kerätään laatudataa suoraan digitaaliseen muotoon ja kerätään myös komponenttien jäljitettävyyssdataa viivakoodien lukemisella suoraan järjestelmään. (Timonen 2021.)

6.2 Teollisuusautomaatio ja ohjelmistorobotiikka, Bayer Oy

Haastateltavana 7.9.2021 oli Antti Niemi, joka toimii tuotannon kehityksen päällikkönä. Hän on aikaisemmissa työtehtävissään ollut määrittelemässä automaatioastetta ja valitsemassa robotti-, manipulaattori- ja automaatiotekniikkaa tuotantojärjestelmien automatisoinnin yhteydessä. Nykyisessä tehtävässään hän vetää ohjelmistorobotiikkahanketta ja toimii teollisuusautomaatiohankkeissa enemmän asiantuntijana ja valmentajana kuin automaatioasteen määrittäjänä.

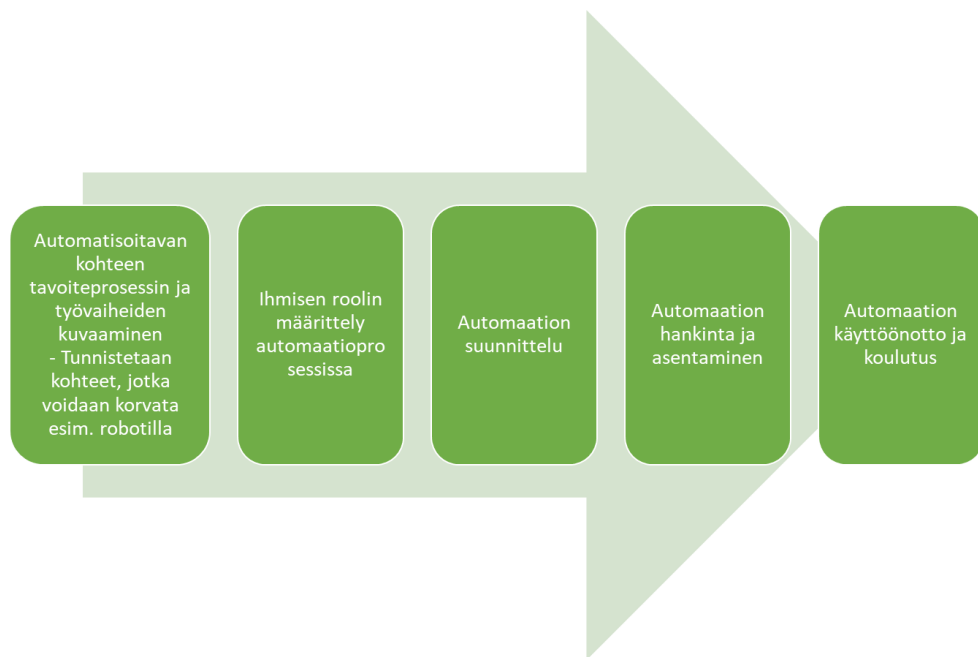
Bayer Oy on saksalaisen Bayer AG:n suomalainen tytäryhtiö. Yritys valmistaa Suomessa reseptilääkkeitä, itsehoitovalmisteita sekä kasvinsuojelu- ja torjunta-aineita maataloudelle. Yrityksen missiona on tarjota monipuolisia ratkaisuja suomalaiselle terveydenhuollolle ja maataloudelle. Bayer Oy työllistää Suomessa noin 1000 henkilöä Turun ja Espoon toimipisteissään. Bayer Oy:n tuotantolaitoksessa on käytössä teollisuusautomaatiota sekä kehitetään ohjelmistorobotiikkaa muun muassa toimihenkilötyöhön. (Bayer Suomessa 2020.)

Niemi on sitä mieltä, että nykyään ihminen on paremmin keskiössä suunniteltaessa automaatiota kuin aikaisemmin. Tekninen kehitys on mahdollistanut sen, että tehdasjärjestelmien ja työympäristön suunnittelun yhteydessä voidaan käyttää 3D-mallintamista ja simulointia. 3D-mallin avulla voidaan tutkia esimerkiksi eri kohteiden sijoittelua ja simuloinnin avulla voidaan tutkia esimerkiksi ihmisen työskentelyä ja siihen liittyvää ergonomiaa. Jo nykypäivänä käytettävissä oleva teknologia mahdollistaa ihmisläheisemmän automaation suunnittelun. Niemi uskoo, että nämä tekniset ratkaistut yleistyvät yhä pienemmissä automaatiohankkeissa tulevaisuudessa ja parantavat ihmisen tekemän työn huomionvientiä automatisoinnin yhteydessä. (Niemi 2021.)

Ihmisten erilaiset fyysiset mitat aiheuttavat haasteita ihmisen ja automaation yhteistyölle. Lääketeollisuus on prosessiteollisuutta ja siellä on tyypillistä, että tuotantoprosessiin lisätään

materiaaleja prosessin eri vaiheissa. Näitä tilanteita on ratkaistu erilaisin apuvälinein, esimerkiksi porrastasanteet, jotta mahdollisimman moni pystyisi kyseisen työvaiheen suorittamaan. Toinen yleisesti käytetty tapa on ratkaista ihmisten fyysisten mittojen ja automaation yhteensovittamista erilaisin työjärjestelyin, esimerkiksi siten, että jokaisessa vuorossa on varmasti henkilöitä, jotka pystyvät eri työvaiheita suorittamaan. Ihmisten fysiikan ja automaation yhteensovittamisessa haetaan usein vielä nykyäänkin keskiarvoista ratkaisua, joka sopisi mahdollisimman monelle henkilölle. (Niemi 2021.)

Niemi kuvaa automatisoinnin alkavan siitä, kun kuvataan automatisoitavan kohteen tavoiteprosessi ja työvaiheet. Sen jälkeen tunnistetaan työvaiheet ja prosessin osat, jotka ovat korvattavissa roboteilla tai manipulaattoreilla. Sitten määritellään ihmisen rooli prosessissa. (Niemi 2021.) Kuvassa 22 esitetään yksinkertainen automatisoinnin prosessikuvaus Niemen haastattelun pohjalta.



Kuva 22. Automatisoinnin prosessi.

Automaation avulla saadaan usein poistettua yksitoikkoisia ja ergonomisesti kuluttavia työvaiheita muuttamalla ne konetyöksi. Automaatio tuo mukanaan sen, että laitteita pitää ohjelmoida, niitä pitää huoltaa sekä niiden käyttö pitää ohjeistaa. Jos automaatiolinjalla valmistetaan useampaa eri tuotetta, tulee ihmisen tehtäväksi jokaisen tuotevaihdon

yhteydessä asetuksien muuttaminen seuraavalle tuotteelle sopivaksi. Niemi toteaa, että mitä suurempi automaatioaste on, sitä enemmän näitä tukitoimintoja tarvitaan. (Niemi 2021.)

Automaatioasteen valinnassa kustannustekijät merkitsevät paljon. Ihmisen tekemälle työlle voidaan laskea hinta ja sen avulla voidaan laskea järkevä automaatioaste, jonka tuotteen kustannusrakenne vielä kestää. Myös käytettävissä olevalla ihmistyönresurssilla on merkitystä, kun harkitaan automaatioinvestointia. Niemi kertoi esimerkin tuotteen loppupakkauksesta, johon suunniteltiin robottia. Jos linjalla oli vapaana ja käytettävissä ihmisiä, jotka voivat välillä käydä tekemässä loppupakkausta, silloin työ jäi ihmisen tekemäksi. Jos taas linja oli riittävän nopea ja sinne olisi pitänyt lisätä ihmisiä, jotta loppupakkaus ehdittäisiin tekemään, niin silloin robotti-investointi tuli kysymykseen. Niemi näkee, että tulevaisuudessa robotit ja erilaiset manipulaattorit tulevat edullisemmiksi ja niiden ohjelmointi helpottuu, mikä automaattisesti lisää niiden määrää tehtaiden tuotantoprosesseissa. (Niemi 2021.)

Yleinen malli automatisoitaessa on etsiä valmiita ratkaisuja automaatio-, robotti- sekä kone- ja laitetuottajilta. Harva yritys suunnittelee automaatiota itse, vaan luotetaan toimittajien osaamiseen, ja tutkitaan sitä, että soveltuvatko markkinoilla olevat valmiit ratkaisut tehtaan omaan toimintaan. Jopa robottisolut hankitaan valmiina ja liitetään osaksi tehtaan tuotantojärjestelmää. (Niemi 2021.)

Jos automaatiokehityksen alkuaikoina oli pelkoa siitä, että koneet vievät ihmisen työt, ei sitä Niemen mukaan enää juurikaan esiinny. Niihin töihin, mitä robotit tulevat korvaamaan, on pikemminkin vaikea löytää ihmisiä. Automaation myötä ihmisen työn rooli muuttuu suorittavasta työstä automaation tukitöihin, tiedon analysointiin ja päätöksentekoon tiedon pohjalta. Tämä tuo ihmiselle uusia osaamisvaatimuksia ja vaadetta 100 prosenttisesta oman työn ja työympäristön omistajuudesta. Tämä tarkoittaa sitä, että ihmisen täytyy tuntea koneet ja laitteet, joiden parissa työskentelee sekä ymmärtää niiden toimintaperiaatteet ja turvallinen toiminta niiden kanssa. Hänen täytyy kyetä ratkaisemaan ongelmatilanteet, joita myös automaattisten koneiden ja laitteiden sekä robottien kanssa aina tulee. Hänen täytyy ymmärtää mitä itse osaa ja mihin tarvitsee toisten apua. Silloin, kun toimintaan tarvitaan muutoksia, eivät robotit tai ohjelmistorobotiikka niitä tee, vaan se on edelleen ihmisten tehtävää. (Niemi 2021.)

Niemi näkee automaation ja digitalisaation hyötyinä sen, että prosessit on standardoitava ja vakioitava eli asetettava prosessin toiminnalle ala- ja ylärajat ennen automaation rakentamista. Automaation avulla voidaan poistaa yksitoikkoiset ja kuluttavat työtehtävät ja näin edistää terveellisempää ja turvallisempaa työtä. Toisaalta robotti ei väsy eli automatisoinnin avulla voidaan poistaa ihmisen fysiologiasta syntyviä prosessiin vaikuttavia tekijöitä sekä inhimilliset virheet, joita automaatio ei tee. Niemen kokemuksen mukaan automaatiolla on pystytty parantamaan tuottavuutta keskimäärin 30 prosenttia kappaletavaralinjalla, jossa toimii myös ihmisiä. (Niemi 2021.)

Niemi uskoo, että erilaiset yhteistyörobotit tulevat yleistymään merkittävästi tulevaisuudessa ja ne tulevat sisältämään yhä enemmän turvallisuusominaisuuksia, jolloin niistä tulee enemmän ja enemmän aputoimijoita ihmisen rinnalla työskentelyyn. Niemi uskoo, että yhteistyörobotit ovat kustannustehokkaampi vaihtoehto nykyisin hyvin yleisille robottisoluille, jotka tulisivat näin ollen harvinaistumaan yhteistyörobottien yleistymisen myötä. (Niemi 2021.)

6.3 Ohjelmistorobotiikka, Orion Oyj

Haastateltavana 15.7.2021 oli ohjelmistorobotiikkatiimin esihenkilö Anna Bova. Orion Oyj on suomalainen lääkealan yritys. Yrityksen päämarkkina-alue on Suomi, mutta yrityksen valmistamia lääkkeitä on markkinoilla yli 100 maassa kansainvälisesti. Yritys kehittää, valmistaa ja markkinoi lääkkeitä ihmisille ja eläimille sekä lääkkeiden vaikuttavia ainesosia. Yrityksen lääketutkimuksen ydinalueita ovat neurologiset sairaudet, syöpä- ja hengityselinsairaudet. (Orion yrityksenä 2021.)

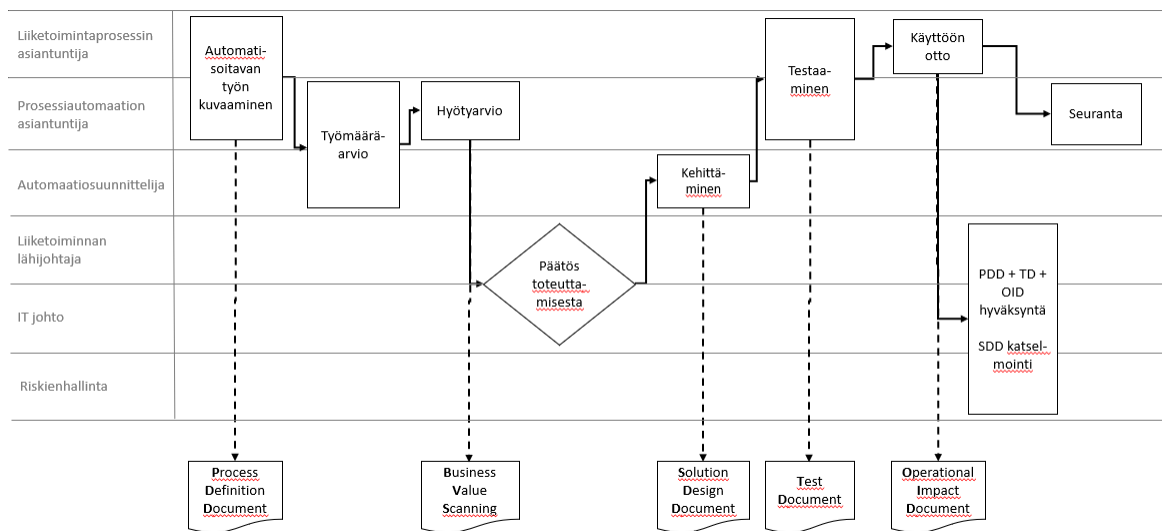
Orion Oyj:n valmistuslaitoksissa on käytössä teollisuusautomaatiota ja asiantuntijatyössä on käytössä ohjelmistorobotiikkaa. Ohjelmistorobotiikan toteuttamisen tarve syntyy tavallisesti sitä työssään käyttävän asiantuntijan aloitteesta. Heillä on kiinnostusta automatisoida työtä, kun he ovat tietoisia, että siihen on olemassa teknisiä mahdollisuuksia ja ennen kaikkea siihen on olemassa johdon vahva tuki ja viesti, että automatisointi on sallittua. Johdon tukea tarvitaan, koska automaation suunnittelu ja rakentaminen edellyttävät, että asiantuntija osallistuu automatisointiprojektiin. Hänen työpanostaan tarvitaan työprosessin kuvaamiseen, suunniteltavan automaation määrittelyyn ja valmiin ohjelmistorobotiikan

testaamiseen. Ilman johdon selkeää ja vahvaa tukea, saattaa asiantuntija myös ajatella, että hänen työnsä loppuu, jos kyseinen työ automatisoidaan. Johdon vahvaa viestiä tarvitaan työpanoksen oikeaan suuntaamiseen: Millaiset työtehtävät ovat tärkeitä ja millaiset ovat turhaa työtä. (Bova 2021.)

Monissa asiantuntijatehtävissä on tylsiä, rutiininomaisia tehtäviä, jolloin eri tietojärjestelmistä kopioidaan tietoja ja niistä koostetaan raportteja eri tarpeisiin. Orion Oyj:ssä tällaista työtä on esimerkiksi vaatimustenmukaisuusdokumenttien laatiminen aina, kun tuotteeseen tai tuotteen pakkaukseen tulee jokin muutos. Orion Oyj:ssä ohjelmistorobotiikan tarkoitus on poistaa asiantuntijoiden turhaa työtä ja antaa heille aikaa keskittyä laatuun eli pitämään huolta, että tarvittava tieto on ajan tasalla ja oikein. Ohjelmistorobotiikkaa hyödynnetään myös tilanteissa, jolloin ohjelmiston tai järjestelmien välisen integraation kehittäminen on kallista tai jopa mahdotonta, esimerkiksi elinkaarensa loppupuolella olevassa järjestelmässä. Ohjelmistorobotiikkaa voidaan hyödyntää näissä tilanteissa työn helpottamiseksi. (Bova 2021.)

Vaikka asiantuntijat itse tuovat usein esiin automatisoitavia kohteita, on Bovalla kokemusta myös automatisoinnin jarruttamisesta, joka näkyi haluttomuutena kertoa, kuinka työ tehdään ja miten paljon siihen kuluu aikaa. Hän kertoi esimerkin vanhanaikaisesta prosessista, joka huolehtii ilmoituksista eri sidosryhmille, kun lääkkeeseen tai sen pakkaukseen tulee jokin muutos. Ilmoitusprosessia on perinteisesti tehty käsityönä, jolloin siihen kuluu kerrallaan jopa kaksi tuntia. Muutoksia tulee paljon vuoden aikana, joten työhön käytetty aika on huomattava osa ryhmän työajasta. Tämä automatisoinnin kohde nostettiin esiin ylemmän johdon tasolta. Tiimin kanssa ei oltu keskusteltu ennen automatisoinnin aloittamista, joten tiimillä ei ollut selkeää käsitystä siitä, mitä automatisointi merkitsee heidän työlleen, ja he kaunistelivat ilmoitusprosessin eri vaiheita ja siihen kuluva aikaa. Haluttomuuden juurisyyt juonsivat juurensa ihmisten pelkoon työn loppumisesta. Näissä tilanteissa tarvitaan edellä kerrottua johdon vahvaa tukea sekä vuoropuhelua asiantuntijoiden kanssa heidän tärkeydestään, työn painopisteistä, keskittymisestä tärkeisiin tehtäviin ja turhasta työstä. (Bova 2021.)

Kuvassa 23 esitetään ohjelmistorobotiikan suunnittelu, kehittäminen ja käyttöönotto prosessina Orion Oyj:n prosessikehittämisen tiimissä.



Kuva 23. Ohjelmistorobotiikan kehittämisen prosessi.

Ohjelmistorobotiikka on suhteellisen nopea automaatioprosessi. Pääsääntöisesti se kestää noin kaksi kuukautta. Prosessi lähtee käyntiin automaatiotarpeen esiin nostamisesta. Usein syöte tulee työtä tekevältä asiantuntijalta itseltään. Se voi tulla myös kyseisen liiketoiminnan johdolta. Varsinainen automatisointiprosessi alkaa automatisoitavan työn tarkalla kuvaamisella, jossa käydään askel askeleelta läpi se, miten työ etenee. Kun työhön liittyy tietojärjestelmiä, viedään kuvaus pieniin yksityiskohtiin ja otetaan esimerkiksi ruutukaappauksia eri työvaiheista. Automatisoitavan työn kuvaamiseen osallistuvat prosessiautomaatiotiimin asiantuntijat sekä liiketoimintaprosessin asiantuntijat, jotka ovat tehneet automatisoitavaa tehtävää manuaalisesti. Työn tarkan kuvauksen avulla automaatiosuunnittelija ja prosessiautomaatiotiimi kykenevät määrittämään tarvittavan työmäärän, mitä automatisoinnin kehittäminen vaatii. Kun työmäärä on arvioitu, voi prosessiautomaatiotiimi arvioida automatisoinnin kustannuksia ja takaisinmaksuaikaa. Hyötyarviossa tärkein arvioitava kohta on tulevan automaation säästämä työaika. Käytännössä on todettu, että jos takaisinmaksuaika on enintään puoli vuotta, on automaation toteuttamisessa järkeä. Tämän tiedon pohjalta liiketoiminnan johto ja IT-johto tekevät päätöksen siitä toteutetaanko automaatiokehitys. Kehitysvaiheessa pidetään kerran viikossa tilanpalavereita, joilla seurataan työn etenemistä. Kehitysvaiheen jälkeen prosessiautomaatiotiimi ja automaatiota käyttävät asiantuntijat testaavat, että toimiiko automaatio virheettömästi, kuten sen pitäisi toimia. Mahdolliset virheet korjataan testausvaiheessa. Onnistuneen testauksen jälkeen pyydetään lupaa siirtää ohjelmistorobotti

tuotantoon. Se tapahtuu niin, että liiketoimintaprosessin johto ja IT-johto hyväksyvät dokumentaation, jossa määritellään automaation vaikutus liiketoimintaprosessiin, eri vastuuhenkilöt ja toiminta mahdollisissa virhetilanteissa. Käyttöönoton jälkeen alkaa seuranta, jossa tarkastellaan automatiikan toimintaa ja käyttöä. (Bova 2021.)

Automatisointiprosessissa syntyy määriteltyjä dokumentteja. Automatisoitavan työn kuvaamisessa syntyy Process Definition Document, joka kertoo tarkasti, kuinka automatisoitava työ tehdään. Koska työtä tehdään jonkin tietojärjestelmän avulla, sisältää dokumentti usein ruutukaappauksia työn eri vaiheista. Hyötyarvion yhteydessä syntyy Business Value Scanning. Ajansäästö on suurin hyöty mitä ohjelmistorobotiikalla haetaan. Toinen hyöty on myös työn mielekkyyden lisääntyminen. Ohjelmistorobotiikka voidaan toteuttaa myös laadun parantamisen näkökulmasta. Robotti ei tee virheitä ja jaksaa työskennellä tauotta. Ohjelmistorobotiikan kehittämisen aikana syntyy Solution Design Document. Testausvaihe dokumentoidaan Test Documentiin, johon sisältyy sekä testaussuunnitelmat että testiraportit. Ohjelmistorobotiikan käyttöönoton yhteydessä laaditaan Operational Impact Document, johon kuvataan hyvin tarkasti mitä robotti tekee ja mitä ihminen tai tiimi tekee. Dokumentti sisältää myös ohjelmistorobotiikan käyttöön liittyviä sopimuksia, kuten mihin sähköpostiosoitteeseen lähetetään raportteja, kuka niitä tarkistaa, mitä tulee tehdä, jos tulee virheitä tai mitä tulee tehdä, jos tulee force majeure -tapauksia, esimerkiksi sellaisia virheitä, joita ei pystytä itse korjaamaan. Operational Impact Documentin avulla määritellään siis ohjelmistorobotiikan käyttöön liittyviä vastuuta. (Bova 2021.)

Bova kertoi, että automatisointiprosessin seurannan näkökulmasta prosessiautomaatiotiimillä on kaksi selkeää pistettä, jotka kertovat onko automatisointiprojekti onnistunut. Ensimmäinen on tilanne, jolloin prosessiautomaatiotiimille ei ole paljastunut automatisoitavan työn kuvaamisen aikana työn kaikki koukerot. Liiketoimintaprosessin asiantuntijat saattavat ajatella, että automatisoitava työ on kohtuullisen yksinkertainen ja työ kuvataan näin. He eivät välttämättä huomaa kertoa kaikista mahdollisista työhön kuuluvista poikkeustilanteista joko siksi, että niitä tulee todella harvoin tai siksi, että he eivät ymmärrä ohjelmistorobotiikan toimintaperiaatteita eli miten robotti toimii tietyissä tilanteissa. Tästä Bova kertoi yksinkertaisen esimerkin. Työkaluna voi olla taulukkolaskentaformaatti, johon liiketoiminnan asiantuntija on määritellyt pilkun

pisteeksi. Automatisoitavan työn kuvaamisen aikana liiketoimintaprosessin asiantuntija ei huomaa mainita tätä ja ohjelmistorobotin testauksen aikana tulee paljon virheitä. Jos testausvaiheessa alkaa paljastua paljon sellaisia asioita, joita ei ole huomattu ottaa huomioon automatisoitavan työn kuvaamisen yhteydessä, merkitsee se yleensä sitä, että prosessi ei ole kaikkein onnistunein. Toinen piste on käyttöönottovaihe. Prosessiautomaatiotiimi seuraa ohjelmistorobotin toimintaa vielä jonkin aikaa käyttöönoton jälkeen. Jos robotiikka takkuilee paljon, kertoo se siitä, että automatisointiprosessi ei ole onnistunut. (Bova 2021.)

Bova näkee, että yksi onnistuneen automatisoinnin edellytyksistä on se, että liiketoimintaprosesseissa ymmärretään ohjelmistorobotiikan toiminnan periaatteet. Usein ohjelmistorobotiikan suunnittelun yhteydessä on edullista suunnitella automatisoitavaa prosessia uudelleen, jotta robotin toiminta on varmempaa. Ihminen toimii työtä tehdessään soveltavasti ja voi luovia epäselvissä tilanteissa. Robotti toimii suoraviivaisesti ja tarvitsee selkeät käskyt. Se ei pysty ainakaan vielä reagoimaan luovasti, jos tilanne muuttuu, vaan siitä aiheutuu toiminnan virhe. Toinen ohjelmistorobotiikan luotettavan toiminnan edellytys on tiedon oikeellisuus robotin käyttämissä lähdejärjestelmissä. Ihminen pystyy lukemaan järjestelmistä esimerkiksi vapaa teksti -kenttiä ja toimimaan niiden mukaisesti. Robotti ei tähän pysty, vaan tilanne näkyy virheenä sen toiminnassa. Ohjelmistorobotiikan hyödyntäminen edellyttää syvällistä tietoteknistä osaamista, mutta myös erittäin hyvää työprosessien ja organisaation toimintatapojen tuntemusta. (Bova 2021.)

6.4 Automaatio- ja robotiikkatoimittaja, MTC Flextek Oy Ab

Haastateltavana 8.9.2021 oli automaatio- ja robottitoimittajan myyntiedustaja Heikki Huovinen. MTC Flextek Oy Ab tarjoaa teollisuudelle työstökoneita, robotiikkaa, ruiskuvalukoneita ja oheislaitteita sekä koneisiin ja laitteisiin liittyvää automaatiota. Koneiden, laitteiden ja automaation lisäksi yritys tarjoaa palveluna eri tarpeisiin rakennettuja kokonaisratkaisuja sekä elinkaaripalveluita, kuten esimerkiksi konesiirtoja, huoltosopimuksia, koulutuksia ja mekaanisia korjauksia. Yritys toimittaa kokonaisratkaisuja asiakkaalle myös avaimet käteen -periaatteella. (MTC Flextek Oy Ab esittely 2021.)

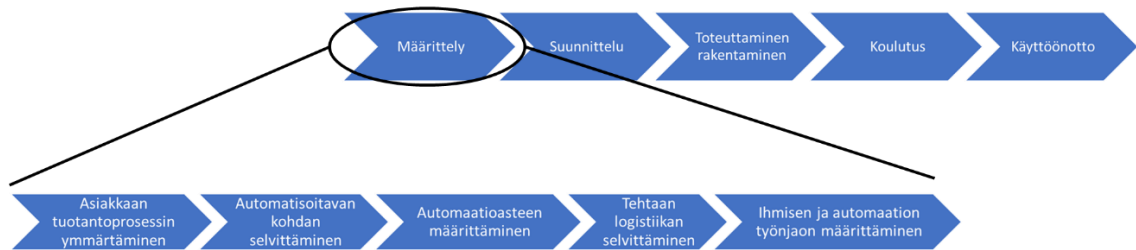
Huovinen tuo esiin sen, kuinka erilaista suomalaisen konepajan tuotanto on vaikka keskieuropalaiseen konepajaan verrattuna. Esimerkiksi Saksassa on yleistä, että tuotantolaitteisto tekee yhtä tuotetta automaation käyttöönotosta laitteiston poistoon saakka,

kun yritys toimii esimerkiksi autoteollisuuden alihankkijana. Automaatiolaitteistot määritellään tarkasti tuotettavan tuotteen mukaan. Suomessa taas tyypillinen alihankintakonepaja ei välttämättä tiedä millaisia tuotteita se tekee seuraavana vuonna. Myös eräkoot ovat tavallisesti pieniä. Tällöin automaatiolaitteisto on suunniteltava tietyn tuotetyypin mukaisesti ja on tärkeää pyrkiä säilyttämään laitteiston joustavuus, jotta sitä pystytään käyttämään erilaisten tuotteiden valmistamisessa. Suomessa on toteutettu erittäin hyviä automaatiojärjestelmiä. Täällä on hyvin valveutuneita yrityksiä, jotka ovat pystyneet ratkaisemaan hyvin omia joustavuustarpeitaan. Toisaalta täällä on yrityksiä, jotka ovat vasta aloittamassa automatisointia. Skaala yritysten automaatioasteessa on huikean iso. (Huovinen 2021.)

Huovinen kertoo, että automaatiotoimittaja yrittää päästä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa mukaan keskusteluihin, kun heidän asiakkaansa alkaa suunnitella automaatioinvestointia. Toimittajalla on tietenkin liiketoiminnallista mielenkiintoa asiakkaan automaatioinvestointeihin, mutta myös paljon osaamista siitä, mitä esimerkiksi robotilla voi tehdä, ja toisaalta mitä sillä kannattaa tehdä, jotta automaatiosta ei tule liian monimutkaista. Myös automaatiotoimittajilla on kilpailijoita ja jokainen pyrkii tekemään oman tarjoomansa kiinnostavammaksi kuin kilpailijoiden tarjooma, sekä toisaalta tarjoamaan kilpailijoita enemmän lisäarvoa asiakkaalle. Toisaalta myöskään automaatiotoimittaja ei halua ajautua projekteihin, joissa on liian suuret tekniset tai taloudelliset riskit. (Huovinen 2021.)

Automaatiotoimittajan näkökulmasta automatisointiprosessi alkaa siitä, että toimittajan täytyy päästä kiinni asiakkaan tuotantoprosessiin ja ymmärtää miten tuotanto etenee. Seuraavaksi selvitetään se, että mitä ja minkälaista osuutta asiakas ajattelee automatisoivansa, mitä automaatio tekee sekä mikä on tavoiteltava automaatioaste. Jos tavoitteena on investoida robottisoluun, silloin tutkitaan tarkkaan, kuinka tehtaan logistiikka on järjestetty, miten materiaali virtaa vaiheesta toiseen, miten materiaaleja ja kappaleita siirrellään sekä millaisilla siirtotavoilla ja -alustoilla. Tehtaan logistiikan selvittäminen on tärkeää, koska robottisoluissa käsitellään tavallisimmin kappaleita. Tämän jälkeen selvitetään automaation ja ihmisen työnjako: Pitäkö automaation ja ihmisen tehdä prosessissa jotakin yhdessä jokaisen valmistettavan tuotteen kohdalla? Onko ihmisen rooli ladata, käynnistää ja valvoa laitteistoa sekä korjata häiriöitä, jos niitä esiintyy? Ihmisen

roolilla on merkittäviä vaikutuksia siihen, minkälainen automaatio prosessiin valitaan. Kuvassa 24 esitetään automatisointiprosessi toimittajan näkökulmasta. (Huovinen 2021.)



Kuva 24: Automatisointiprosessi automaatiotoimittajan näkökulmasta.

Nykyään puhutaan paljon yhteiskäyttöroboteista. Jos ihminen työskentelee fyysisesti samassa tilassa robotin kanssa sekä osallistuu omalla työllään prosessiin jokaisen tuotteen kohdalla, on yhteiskäyttörobotti todennäköisesti oikea valinta. Muussa tapauksessa tavallinen teollisuusrobotti on nopeampi, kestävämpi ja edullisempi vaihtoehto. (Huovinen 2021.)

Huovinen ottaa esiin myös sen, että automaation kuuluisi toimia yli 99 prosenttisesti niin, että ihmisen ei tarvitse puuttua sen toimintaan. Mikäli ihmisen täytyy puuttua, kertoo se siitä, että automaation suunnittelussa on mennyt jokin asia pieleen: prosessi on määritelty väärin, automaatio on suunniteltu väärin tai valmistettavat tuotteet ovat liian haastavia automaatiolle. Ihmisen tarve puuttua automaation toimintaan näkyy tavallisesti niin, että automaation vaatimia turvajärjestelyjä on ohitettu, esimerkiksi purkamalla suojaseiniä, napsimalla pois ovirajoja tai lukitsemalla turvakytimiä ei-toiminta-asentoon. Tällainen on tietenkin automaation omistavalle yritykselle erittäin harmillista ja siitä saattaa tulla hyvin kallistakin. (Huovinen 2021.)

Huovinen toteaa vielä, että onnistuneempi automatisointiprojekti syntyy, kun prosessissa työskentelevät henkilöt otetaan mukaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. He tuntevat tuotannon, prosessit ja työn. Samalla, kun he ovat mukana suunnittelemassa automaatiota, he myös sitoutuvat sen käyttämiseen ja käynnissä pitämiseen sekä automaation toimivuuteen. Sitoutuminen luonnollisesti vahvistaa henkilöstön kykyä huolehtia automaatiosta asianmukaisesti. (Huovinen 2021.)

7 ANALYSOINTI

Analysointi tehtiin laadullisena sisällönanalyysinä, joka perustui tutkimuskysymyksistä johdetulle koodaukselle. Jokaisen haastattelun litteroitu teksti käytiin läpi systemaattisesti saman koodauksen mukaisesti. Litteroituun tekstiin merkittiin yliviivauskynällä tekstistä poimittavat koodauksen täyttävät kohdat. Nämä vietiin taulukkoon jatkokäsittelyä varten. Kuvassa 25 esitetään kuvituskuva, jossa näkyy yliviivauksina litteroinnista poimittavia.

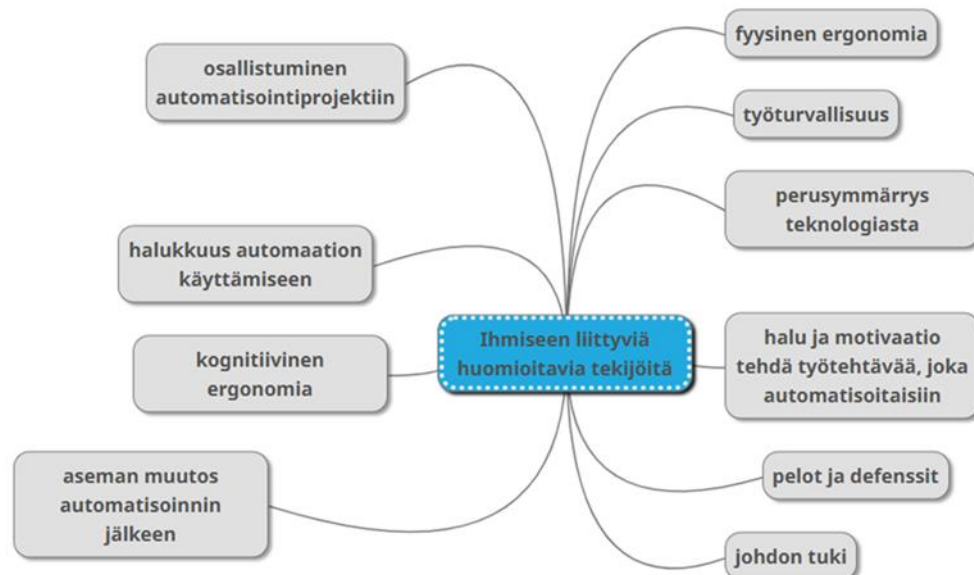


Kuva 25. Koodaukseen perustuvia kohtia litteroiduissa teksteissä merkittynä.

Seuraavaksi taulukkoon poimittuja sanontoja ja lauseita tarkasteltiin ja ryhmiteltiin samankaltaisuuksien ja samasta asiasta kertoviin ryhmiin. Tämän jälkeen ryhdyttiin tarkastelemaan saatujen ryhmien yhteyttä tutkimuskysymyksiin. Tutkimuskysymysten pohjalta muodostettiin kolme ryhmää: ihmiseen liittyviä huomioitavia tekijöitä, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää; systemaattisia keinoja ihmistyö huomioimisessa sekä ihmistyön systemaattisen huomioimisen merkitys

tuottavuuden parantumisessa. Taulukkoon muodostuneet ryhmät ryhmiteltiin uudelleen näihin kolmeen ryhmään.

Analysoinnissa löytyi 10 erilaista ihmiseen liittyvää huomioitavaa tekijää, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää. Nämä esitetään kuvassa 26.

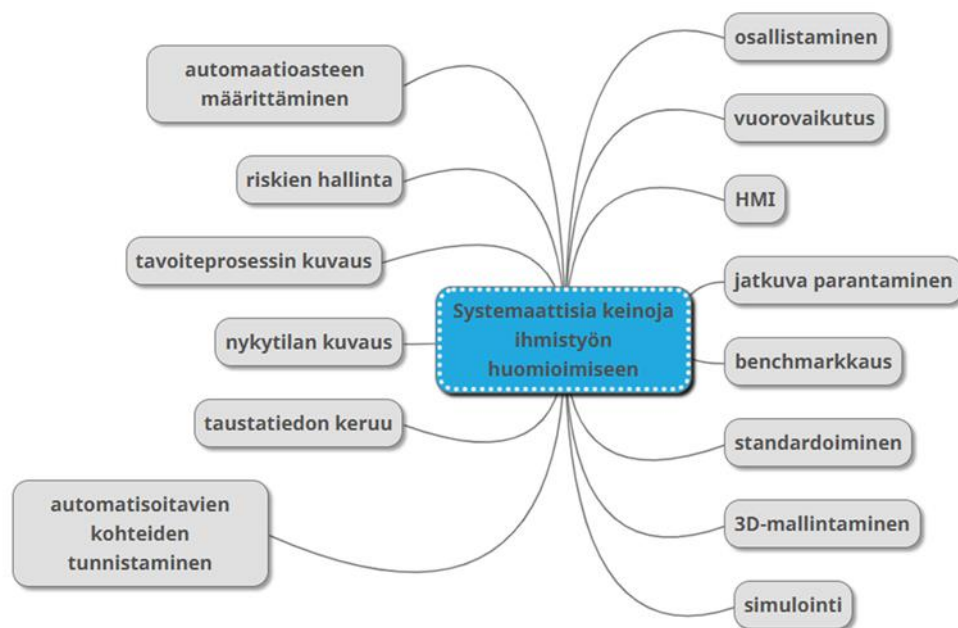


Kuva 26. Erilaisia ihmiseen liittyviä huomioitavia tekijöitä, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää.

Fyysinen ergonomia tarkoittaa ihmisen liikkeiden ja työasentojen huomioimista, kun työtä kehitetään. Työturvallisuudella tarkoitetaan työn vaarallisuuden pienentämistä, esimerkiksi automaation avulla. Perusymmärrys teknologiasta tarkoittaa sitä, että ihmiset ymmärtävät etukäteen mitä automaatio tai digitalisaatio tulisi työssä tekemään. Halulla ja motivaatiolla tehdä työtehtävää, jota suunnitellaan automatisoitavan, viitataan siihen, että moniin työtehtäviin on vaikea saada ihmistä tekijäksi, esimerkiksi työmarkkinoilta ei ole saatavilla henkilöitä, joita tehtävä kiinnostaa. Pelloilla ja defensseillä viitataan siihen, että automaatiota ja digitalisaatiota kohtaan esiintyy pelkoa, esimerkiksi siitä osaako ihminen tehdä työtä sen kanssa tai onko työtä ollenkaan jäljellä sen jälkeen; sekä puolustusreaktioita, joilla perustellaan sitä, ettei automaatio tai digitalisaatio ole hyvä asia. Johdon tuki tarkoittaa sitä, että ihmisiä, joiden työtä ollaan automatisoimassa ja digitalisoimassa, tuetaan johdon taholta ja heille osoitetaan arvostusta sekä pidetään huolta, että he kokevat olevansa tärkeitä yritykselle eikä ole tavoitteena, että heidän työnsä loppuu. Ihmisten asema muuttuu usein

automatisoinnin yhteydessä, esimerkiksi niin, että heidän työtehtävänsä muuttuvat. Kognitiivisella ergonomialla tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi ihmisen muisti, ajattelu ja havainnointikyky tulee ottaa huomioon automatisoinnin ja digitalisoinnin yhteydessä. Ihmisten halukkuus käyttää automaatiota ja digitalisaatiota on tärkeä ihmiseen liittyvä tekijä. Ihmisten osallistuminen automatisointi- ja digitalisointiprojektiin nähtiin myös tärkeänä ihmisiin liittyvänä tekijänä.

Analyysissä löydettiin 14 systemaattista keinoa ihmistyön huomioimiseen, jotka esitetään kuvassa 27.

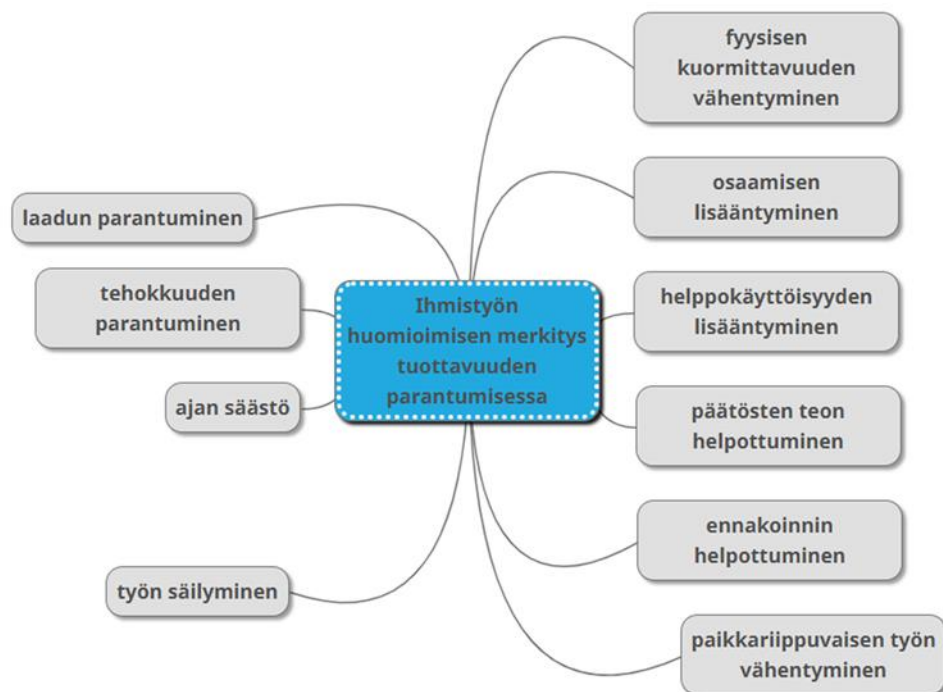


Kuva 27. Systemaattisia keinoja ihmistyön huomioimisessa.

Haastattelujen pohjalta voidaan todeta, että osallistaminen on erinomainen keino huomioida ihmistyötä. Avoin vuorovaikutus ja kommunikointi nähtiin erittäin tärkeänä keinona. HMI (Human-Machine Interface) tarkoittaa ihmisen ja koneen välistä rajapintaa ja sillä viitataan käyttöliittymien ihmislähtöiseen kehittämiseen ja helppokäyttöisyyden lisäämiseen. Jatkuva parantaminen, jossa kehittämis ehdotuksia tulee koko henkilöstöltä, nähdään myös hyvänä keinona huomioida ihmistyötä. Benchmarkkauksella tarkoitetaan oman toiminnan vertaamista toisten toimintaan joko yksilö- tai ryhmätasolla sekä parhaista käytännöistä oppimista. Työmenetelmien tai prosessien standardoimisella tarkoitetaan sitä, että yrityksessä sovitaan yhteisesti, millaisilla menetelmillä työtä tehdään sekä miten työ etenee

prosessina vaiheesta toiseen. Teknisiä apuvälineitä ihmistyön huomioimiseen ovat 3D-mallintaminen ja simulointi, joita on mahdollista hyödyntää monissa työn kehittämisen tilanteissa. Automatisoitavien kohteiden tunnistaminen koettiin tärkeänä keinona ihmistyön huomioimisessa varsinkin silloin, kun tunnistamista tapahtuu kyseisen työn tekijän taholta. Taustatiedon keruulla ymmärretään esimerkiksi työntutkimuksen hyödyntämistä ihmistyön ymmärtämisessä. Nykytilan kuvauksen avulla mallinnetaan nykyistä prosessia ja työtä. Tavoiteprosessin kuvaus taas mallintaa työprosessien tavoitetta. Riskien hallinta koettiin tärkeäksi, jotta pystyttäisiin arvioimaan suunniteltavan automaation ja digitalisaation vaikutuksia ihmistyöhön. Automaatioasteen määrittämisellä tarkoitetaan päätöksiä siitä, mitä tehtäviä automaatio tai digitalisaatio hoitaa ja mitä ihminen hoitaa sekä ihmistyön ja automaation tai digitalisaation liittämistä yhteen toimivaksi kokonaisuudeksi.

Analyysissä löydettiin 10 asiaa, joilla on merkitystä tuottavuuden parantumisessa, kun ihmistyö huomioidaan systemaattisesti. Nämä esitetään kuvassa 28.



Kuva 28. Ihmistyön systemaattisen huomioimisen merkitys tuottavuuden parantumisessa.

Fyysisen kuormittavuuden vähenemisellä tarkoitetaan työn keventymistä fyysisesti sekä ergonomian paranemista, joka taas on johtanut terveellisempään ja turvallisempaan ihmistyöhön. Osaamisen lisääntymisellä tarkoitetaan rutiinitehtävien vähentymistä ja

ihmistyön siirtymistä tuottavampiin tehtäviin ja sitä kautta ihmisten osaamisen lisääntymiseen. Helppokäyttöisyyden lisääntymisellä tarkoitetaan käytettävän automaation ja digitalisaation käyttöliittymien käyttämisen helpottumista ja sitä kautta ihmistyön siirtymistä tuottavampiin tehtäviin. Päätösten teon helpottumisella tarkoitetaan sitä, että digitalisaation ja reaaliaikaisen tiedonkeruun myötä ihmisellä on käytettävissään enemmän tosiasioita päätöksen teon yhteydessä. Ennakoinnin helpottuminen viittaa myös saatavissa olevaan tietoon, jota voidaan hyödyntää töiden ennakoinnissa, esimerkiksi ennakkohuolto. Laadun parantuminen viittaa siihen, että esimerkiksi rutiinitehtävissä ihmisen tarkkaavaisuus usein herpaantuu. Kun näitä tehtäviä on pystytty automatisoimaan, myös työn laatu on parantunut. Tehokkuuden parantumisella viitataan siihen, että ihmisen työ on siirtynyt tuottavampiin tehtäviin, jotka myös usein motivoivat ihmistä paremmin. Ajan säästöllä tarkoitetaan sitä, että automatisoinnin ja digitalisoinnin myötä ihmistyön aikaa säästyy rutiinitehtävissä ja sitä on mahdollista käyttää tuottavampiin tehtäviin. Yhdeksi tekijäksi otettiin mukaan myös työn säilyminen ylipäätään, joka on oikeastaan lopputulos tuottavuuden lisääntymisestä.

Laadullisen sisällönanalyysin pohjalta syntyi kolmeen teemaan ryhmiteltyjä tekijöitä, jotka esitetään taulukossa 1. Ryhmittely tehtiin niin, että jos analysoinnin eri näkökulmista oli tullut esiin samaan teemaan liittyviä asioita, ne kirjattiin taulukossa samalle riville.

Taulukko 1. Laadullisen sisällönanalyysin pohjalta teemoittain ryhmitelty tekijät.

Ihmiseen liittyviä huomioitavia tekijöitä, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää	Systemaattisia keinoja ihmistyö huomioimisessa	Ihmistyön systemaattisen huomioimisen merkitys tuottavuuden parantumisessa
Fyysinen ergonomia		Fyysisen kuormittavuuden vähentyminen
Kognitiivinen ergonomia	HMI	Helppokäyttöisyyden lisääntyminen
Työturvallisuus	Riskien hallinta	
Halu ja motivaatio tehdä työtehtävää, joka automatisoitaisiin		

Taulukko 1 jatkuu. Laadullisen sisällönanalyysin pohjalta teemoittain ryhmitellyt tekijät.

Ihmiseen liittyviä huomioitavia tekijöitä, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää	Systemaattisia keinoja ihmistyö huomioimisessa	Ihmistyön systemaattisen huomioimisen merkitys tuottavuuden parantumisessa
Pelot ja defenssit		Työn säilyminen
Johdon tuki	Standardoiminen	
Aseman muutos automatisoinnin jälkeen	3D mallintaminen	
Halukkuus automaation käyttämiseen	Simulointi	Osaamisen lisääntyminen
Perusymmärrys teknologiasta	Automatisoitavien kohteiden tunnistaminen	
Osallistuminen automatisointiprojektiin	Osallistaminen	
	Vuorovaikutus	
	Jatkuva parantaminen	Tehokkuuden parantuminen
	Benchmarkkaus	Laadun parantuminen
	Taustatiedon keruu	Ajan säästö
	Nykytilan kuvaus	
	Tavoiteprosessin kuvaus	
	Automaatioasteen määrittäminen	Ennakoinnin helpottuminen
		Päätösten teon helpottuminen
		Paikkariippuvaisen työn vähentyminen

Fyysinen ergonomia nähtiin yhtenä tekijänä, joka on syytä huomioida ihmiseen liittyvänä tekijänä, kun työtä automatisoidaan ja digitalisoidaan. Fyysinen ergonomia ohjaa huomioimaan ihmisen rakenteen, mittasuhteet, toiminnan ja toimintamekanismit työn kehittämisen yhteydessä (Karwowski 2012, s. 3). Käytännössä tämä tarkoittaa, että automaation ja digitalisaation kehittämisen yhteydessä huomioidaan muun muassa ihmisen mittasuhteita ja toimintamahdollisuuksia. Vaikka tämä koetaan tärkeäksi, haastattelujen perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että vielä esimerkiksi tuotantoautomaatio on ihmisen

näkökulmasta usein keskimääräistä eli se suunnitellaan niin, että se sopii mahdollisimman monelle. Toisaalta myös Tilastokeskuksen työntutkimukset tukevat tätä päätelmää, koska tutkimukseen vastanneista henkilöistä 32-36 prosenttia on pitänyt työtään ruumiillisesti rasittavana vuosina 1977-2018 (Sutela et al. 2019, s. 127) eli työtään rasittavana pitävien osuus ei ole ratkaisevasti pienentynyt automaation ja digitalisaation kehittymisen myötä. Tähän toki voi vaikuttaa myös se, että fyysisen työn osuus on vähentynyt yleisesti koko yhteiskunnassa. Pyöriä et al. (2020, s. 47) toivat esiin grafiikassaan sen, että työvoiman osuus alkutuotannossa on vähentynyt jyrkästi vuosina 1913-1990. Alkutuotanto on perinteisesti ollut hyvin fyysistä. Kun fyysinen ergonomia huomioidaan automatisoinnin ja digitalisoinnin yhteydessä, näkyy se automaation ja digitalisaation hyötynä siten, että fyysinen kuormittavuus vähentyy. Tällä taas voi olla vaikutuksia siihen, että työ aiheuttaa vähemmän haittaa ihmisten terveydelle ja samalla se parantaa tuottavuutta.

Karwowski (2012, s. 3) tarkoittaa kognitiivisella ergonomialla ajattelun, muistin, tiedon käsittelyn, päättelykyvyn sekä havaintomotoriikan huomioimista työtä kehitettäessä. Haastatteluissa tuli esille ihmisen havaintokyky, joka tulisi ottaa huomioon kehitettäessä automaation ja digitalisaation käyttöliittymää. Kognitiivinen ergonomia voi liittyä myös Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa kysyttyyn työn henkiseen rasittavuuteen, joka työolotutkimukseen vuosina 1977-2018 vastanneiden keskuudessa on vaihdellut 44-48 prosentin välillä (Sutela et al. 2019, s. 128). Myöskään työn henkinen rasittavuus ei näytä vähentyneen merkittävästi automaation ja digitalisaation kehittymisen myötä.

Systemaattisena keinona, miten kognitiivinen ergonomia voidaan huomioida automaatiassa ja digitalisaatiossa, on ihmisen ja koneen välinen rajapinta (HMI), joka on noussut tärkeäksi tekijäksi nimenomaan automaation ja digitalisaation käytettävyyden ja helppokäyttöisyyden kehittämisen näkökulmasta. Helppokäyttöisyyden lisääntyminen taas nähtiin yhtenä automaation ja digitalisaation tekijänä, joka parantaa tuottavuutta.

Sekä fyysinen että kognitiivinen ergonomia liittyvät läheisesti työturvallisuuteen. Haastatteluissa tuli ilmi, että työturvallisuus on parantunut ja työstä on poistettu yksitoikkoisia ja kuluttavia tehtäviä automaation avulla. Käytettävissä oleva tieto on lisääntynyt automaation ja digitalisaation myötä. Tämä on haastattelujen perusteella johtanut siihen, että rutiininomaiset raportointitehtävät, joissa tietoa kootaan useasta eri

järjestelmästä, ovat lisääntyneet ja niitä pyritään monessa organisaatiossa vähentämään ohjelmistorobotiikan avulla. Tilastokeskuksen työolotutkimuksessa havaitaankin hienoista pudotusta työnsä yksitoikkoiseksi kokevien osuudessa. Vuonna 1977 työnsä koki yksitoikkoiseksi 24 prosenttia vastaajista ja vuonna 2018 yksitoikkoiseksi työnsä koki 18 prosenttia vastaajista (Sutela et al. 2019, s. 125). Haastatteluissa nähtiin, että riskien hallinta on erityisen tehokas systemaattinen keino kiinnittää huomiota työturvallisuuteen ja näin vähentää fyysistä kuormittavuutta sekä parantaa tuottavuutta.

Benanav (2019) toteaa, että automaatiokeskustelussa esiintyy aika ajoin pelkoa työn täydellisestä loppumisesta. Myös Autor ja Salomons (2018, s. 1-2) toteavat, että moni tutkimuksen hypoteesi lähtee siitä näkemyksestä, että automaatio, robotiikka ja digitalisaatio vähentävät työvoiman tarvetta. Vielä tähän mennessä ei ole todisteita, että työ loppuisi ja Autor ja Salomons (2018, s. 35) toteavatkin, että yleisesti ottaen teknologinen kehitys lisää työllisyyttä, joten työn säilyminen yleensä voidaan nähdä automaation ja digitalisaation hyötynä. Tähän samaan teemaan liittyy myös halu ja motivaatio tehdä työtehtävää, joka automatisoitaisiin. Haastatteluissa kävi ilmi, että monia työtehtäviä automatisoidaan siksi, kun niihin on vaikea tai mahdotonta löytää ihmistä tekemään sitä työtä. Usein tällaiset työtehtävät voivat olla fyysisesti raskaita tai yksitoikkoisia, jolloin motivaatio työhön saattaa kärsiä.

Pelko työn loppumisesta ja työn muuttumisesta on kuitenkin sellainen asia, joka haastattelujen perusteella on yksi ihmiseen liittyvä tekijä, joka on hyvä huomioida automatisaation ja digitalisaation yhteydessä. Pelkoa voidaan vähentää haastattelujen perusteella siten, että johto viestii vahvasti sitä, että ihmisille löytyy tärkeämpää tehtävää kuin se, jota suunnitellaan automatisoitavan. Johdon tuki koetaan tärkeäksi, koska ihmisten asema yleensä muuttuu automatisoinnin jälkeen, kun työtehtävän sisältö muuttuu. Näin ollen myös johdon tuki ja aseman muutos automatisoinnin jälkeen koettiin tärkeäksi ihmiseen liittyväksi tekijäksi, joka on hyvä huomioida automaation ja digitalisaation yhteydessä.

Schaefer et al. (2016, s. 382) toteavatkin, että ihmisen aikaisemmat kokemukset vastaavista automaatiojärjestelmistä vaikuttavat automaation ymmärtämiseen sekä sen käytön ja oppimisen helppouteen. Pelkoa tulevasta vähentää myös se, että ihmiset ymmärtävät etukäteen, mitä automaatio ja digitalisaatio tulevat tekemään. Ymmärrys edistää myös halua

ja motivaatiota kehittää ja käyttää automaatiota ja digitalisaatiota. Ihmisten halukkuus käyttää automaatiota ja digitalisaatiota on erittäin tärkeä tekijä käyttöönoton yhteydessä. Sitä voidaan myös vahvistaa kehitysprojektin aikana.

Haastattelujen perusteella nähtiin, että perusedellytys onnistuneelle automaatio- tai digitalisaatioprojektille oli ihmisten osallistuminen projektiin jo määrittäsvaiheesta alkaen. Systemaattisena ihmistyötä huomioivana keinona tämä tarkoittaa osallistamista, joka tarkoittaa nimenomaan ihmisten oman osallistumisen mahdollistamista. Ihmisen oma osallistuminen antaa mahdollisuuden vaikuttaa automaatio- tai digitalisaatioasteeseen, tuoda esiin erilaisia työhön vaikuttavia tekijöitä sekä mahdollisia tarpeita ja toiveita. Se auttaa varmistamaan, että automatisoitava ja digitalisoitava työ ymmärretään oikein. Osallistuminen lisää myös ymmärrystä automaatiosta ja digitalisaatiosta sekä halukkuutta niiden käyttämiseen.

Myös avoin vuorovaikutus ja kommunikointi nähtiin haastatteluissa erittäin tärkeänä keinona ihmistyön huomioimisessa. Työn tekemisestä, tarpeista ja suunnitelmista keskusteleminen lisää työn ymmärtämistä ja ihmistyön huomiointia. Sen avulla luodaan myös ymmärrystä teknologiasta sekä ihmisen työn muutoksesta ja roolista automaation ja digitalisaation käyttöönoton jälkeen. Avoin vuorovaikutus on keskeistä myös osallistamisessa.

Jatkuva parantaminen, työmenetelmien tai prosessien standardoiminen, automatisoitavien kohteiden tunnistaminen ja taustatiedon keruu esimerkiksi työntutkimuksella ovat monissa organisaatioissa käytössä olevia menetelmiä, joilla pyritään saamaan henkilöstö osallistumaan työn ja tuottavuuden kehittämiseen sekä uusien ideoiden esittämiseen. Benchmarkkaus on myös erinomainen keino huomioida ihmistyö, koska siinä kiinnitetään huomiota työn parhaisiin käytäntöihin ja pyritään oppimaan niistä sekä levittämään niitä laajemmin organisaatioissa. Benchmarkkausta voidaan tehdä sekä oman organisaation sisäisesti että eri organisaatioiden välisesti.

Nykyään on myös käytettävissä monia digitaalisia tekniikoita, kuten 3D-mallintaminen ja simulointi, joiden avulla voidaan visualisoida suunniteltavia toimintoja sekä järjestelmää ja näin helpottaa tuotantojärjestelmän kehittämistä. Tämä nähtiin haastatteluissa myös yhdeksi

vartenotettavaksi keinoksi huomioida ihmistyö tuotantojärjestelmän kehittämisen yhteydessä.

Automatisointi- ja digitalisointiprosessiin kuuluvat yleensä nykytilan kuvaus, tavoiteprosessin kuvaus ja automaatioasteen määrittäminen. Nämä ovat myös keskeisiä vaiheita ihmistyön huomioimisen näkökulmasta. Haastattelujen perusteella voidaan luoda toimiva prosessi automaatiota tai digitalisaatiota sisältävän tuotantojärjestelmän kehittämiseen. Edellisten vaiheiden lisäksi prosessiin kuuluisivat kustannusarvion laskeminen, automatisointipäätöksen tekeminen, automaation suunnittelu, automaation toteuttaminen, automaation testaus, käyttöönotto ja projektin jälkiseuranta.

Tutkimuksen lähdekirjallisuudesta löytyi systemaattisia keinoja lähinnä automatisointi- ja digitalisointiprosessin näkökulmasta. Lindström ja Winroth (2010, s. 151) määrittivät kolme näkökulmaa, teknologia, ihmis- ja jakamisnäkökulma, joista automaation ja digitalisaation suunnittelua voidaan lähestyä. Näistä kolmesta näkökulmasta ihmistyö on keskeisemmässä roolissa ihmis- ja jakamisnäkökulmassa. Nämä näkökulmat määrittelevät lähinnä sitä, mikä asia on lähtökohtaisesti keskiössä automaation ja digitalisaation kehittämisen yhteydessä.

Ihmistyön huomioiminen tuotantojärjestelmän kehittämisen yhteydessä nähtiin myös selkeänä tuottavuutta parantavana tekijänä. Tällä tarkoitetaan sitä, että kun automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää kehitetään ja tämän kehitystyön lähtökohtana on ihmiseen liittyvät tekijät, niin syntynyt lopputulos vaikuttaa tuottavuuteen parantavasti. Automaation ja digitalisaation avulla voidaan poistaa ihmistyöstä esimerkiksi työvaiheita, jotka vaativat pitkäkestoista tarkkaavaisuutta, jonka on tutkimuksissa osoitettu kuormittavan ja väsyttävän ihmistä. Tällöin automaation ja digitalisaation hyötynä voidaan parantaa työn laatua. Kun automaatio ja digitalisaatio ottavat hoitaakseen rutiinityötehtäviä, esimerkiksi raportin koostamista kopio-liitä-periaatteella useista järjestelmistä, se säästää aikaa ja vapauttaa ihmisen tekemään tuottavampaa työtä. Automaattinen tiedonkeruu ja kerätyn tiedon trendin seuraaminen automaattisesti on tuonut päätösten tekemiseen helpotusta sekä helpottanut ennakoimista. Digitalisaatio on vaikuttanut myös niin, että paikkariippuvainen työ on vähentynyt. Tämä tarkoittaa, että ihmisen ei aina tarvitse mennä fyysisesti paikalle hoitamaan jotakin työtehtävää, vaan hän voi tehdä sen etänä. Kun automaattilla ja

digitalisaatiolla kehitetään ihmistyötä, parantaa se tehokkuutta. Myös tilastokeskuksen työolotutkimuksessa 58 prosenttia tutkimukseen vastanneista näki, että työn tehokkuus oli lisääntynyt digitalisaation myötä (Sutela et al. 2019, s. 88).

Automaation ja digitalisaation yhteydessä puhutaan myös ihmisen roolin ja osaamisen muuttumisesta. Haastatteluissa nähtiin, että ihmisen rooli muuttuu suorittavasta työstä automaation tukitöihin, esimerkiksi hitsarista tulee enemmän silloittaja tai operaattori. Roolin ja työtehtävän muutos aiheuttaa osaamisen lisääntymistä. Tilastokeskuksen vuoden 2018 työolotutkimuksessa 42 prosenttia vastaajista kertoi opettelevansa uutta järjestelmää vähintään kerran kuussa (Sutela et al. 2019, s. 95). Tämä kuvastaa hyvin osaamisen lisääntymistä.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tutkimusongelma oli muotoiltu seuraavasti: Miten automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää kehitetään niin, että ihmisen tekemä työ huomioidaan keskeisenä järjestelmän tekijänä?

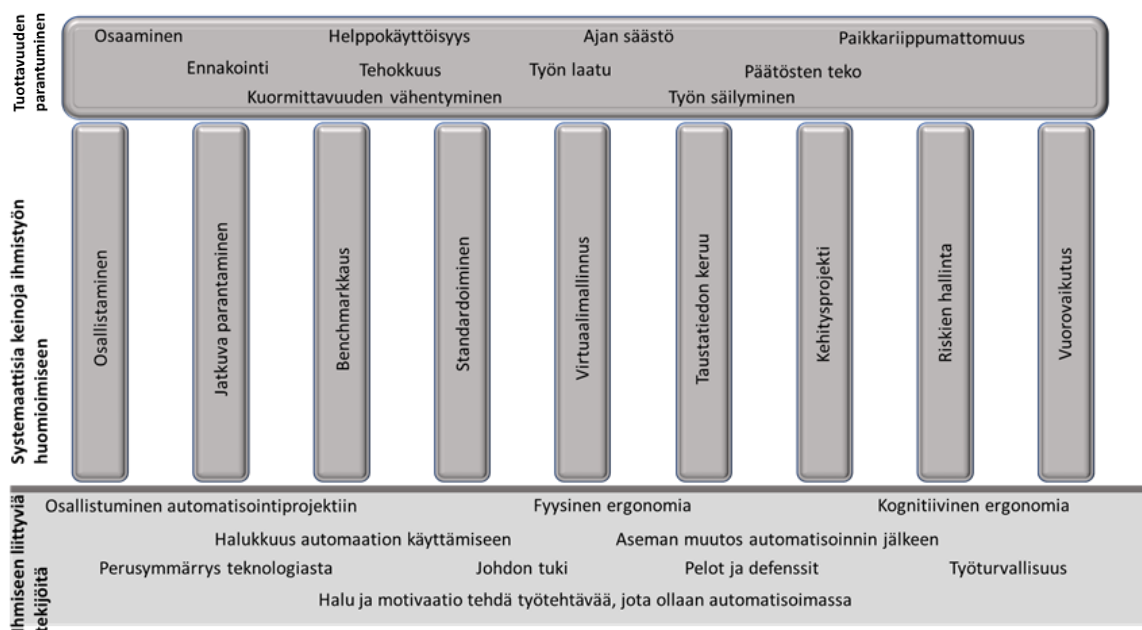
Tutkimusongelma jaettiin kolmeen tutkimuskysymykseen:

1. Mitä ihmiseen liittyviä tekijöitä on huomioitava kehitettäessä automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää?
2. Millaisia systemaattisia keinoja on ihmistyön huomioimisessa?
3. Miten ihmistyön systemaattinen huomioiminen parantaa tuottavuutta?

Haastatteluissa kuului usein toteamus, että ihminen on keskiössä, kun automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää kehitetään. Kanawaty (1992, s. 25) toteaa, että ihmiset ovat organisaation tärkein ja kriittisin osa, koska inhimilliset tekijät ovat avainasemassa siinä, miten organisaatiolla sujuu, ja mikä on sen tuottavuus. Tässä mielessä ihmiseen liittyvät tekijät ovat erittäin tärkeitä, kun automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää kehitetään. Haastattelujen perusteella tämä näyttäisi myös toteutuvan ainakin näissä kolmessa automaatiota ja digitalisaatiota tuotantojärjestelmässään käyttävässä organisaatiossa. Neljäs haastateltu organisaatio oli automaatiotoimittaja ja myös toimittajan näkemykset tukevat johtopäätöstä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli esittää malli, jossa ihmistyö huomioidaan keskeisenä tuotantojärjestelmän tekijänä, kun kehitetään automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää järjestelmää. Kirjallisuuden ja haastatteluiden perusteella malli voidaan rakentaa. Mallia kuvataan temppelinä, jonka perustana ovat ihmiseen liittyvät tekijät, jotka on huomioitava kehitettäessä automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää. Temppelin katto muodostuu niistä tuottavuutta parantavista asioista, joita ihmistyön systemaattisesta huomioimisesta seuraa. Temppelin kattoa kannattelee yhdeksän pylvästä, jotka kuvaavat ihmistyön huomioimisessa käytettäviä systemaattisia keinoja. Reunimmaisimpina pylväinä ovat osallistaminen ja vuorovaikutus, jotka nähtiin tärkeimmiksi ihmistyötä huomioiviksi keinoiksi.

Mallia varten ihmistyön huomioimisessa käytettäviä systemaattisia keinoja karsittiin seuraavin perusteluin: HMI jätettiin pois mallista, koska katsottiin sen tarkoittavan enemmän periaatetta ja näkökulmaa kuin konkreettista menetelmää, jolla ihmisen ja koneen rajapintaa kehitetään. Simulointi ja 3D mallintaminen yhdistettiin, koska nähtiin niiden tarkoittavan samantyyppistä tietoteknisesti toteutettavaa asiaa. Tämä pylväs nimettiin virtuaalimallintamiseksi. Automatisoitavien kohteiden tunnistaminen, nykytilan kuvaus, tavoiteprosessin kuvaus ja automaatioasteen määrittäminen yhdistettiin samaksi pylvääksi, koska niiden nähtiin sisältyvän varsinaiseen kehitysprojektiin. Näin päädyttiin jättämään malliin, joka esitetään kuvassa 29, yhdeksän systemaattista keinoä.



Kuva 29. Ihmistyön huomioiminen automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää kehitettäessä.

Ihmistyön huomioiminen kehitettäessä automaatiota ja digitalisaatiota sisältävää tuotantojärjestelmää on erittäin kiinnostava ja ajankohtainen aihe. Tästä näkökulmasta ei ollut löydettävissä kovin montaa aikaisempaa tutkimusta. Tämä tutkimus ei vielä pysty selittämään aihetta kattavasti, joten tässä aiheessa on mahdollisuuksia jatkotutkimuksille: esimerkiksi tutkia syvällisemmin digitaalisia suunnitteluvälineitä, joita voidaan hyödyntää huomioitaessa ihmisen tekemää työtä osana tuotantojärjestelmää.

LÄHTEET

23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki. [Viitattu 10.11.2021.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Ajoudani A., Zanchettin A. M., Ivaldi S., Albu-Schäffer A., Kosuge K. & Khatib O. 2017. Progress and Prospects of the Human-Robot Collaboration. *Autonomous Robots*, Volume 42, issue 5. Sveitsi: Springer Nature. 2018. S. 957-975.

Alasoini T. 2015. Digitalisaatio muuttaa työtä – millaista työelämää uudistavaa innovaatiopolitiikkaa tarvitaan? Teoksessa: Työpoliittinen aikakausikirja 2/2015. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. S. 26-37.

Autor D. & Salomons A. 2018. Is Automation Labor-Displacing? Productivity Growth, Employment, and the Labor share. Teoksessa: *Brookings Papers on Economic Activity*. Volume 2018, Issue 1. Cambridge: National Bureau of Economic Research. Working Paper 24871. S. 1-87.

Bayer Suomessa. 2020. [Bayer Oy:n www-sivut]. Viimeksi päivitetty 17.11.2020. [Viitattu 29.10.2021]. Saatavissa: <https://www.bayer.com/fi/fi/suomi-bayer-suomessa>

Benanav A. 2019. Automation and the Future of Work – 1. *New Left Review* 119, Sept/Oct 2019. S. 5-38.

Bova, A. 2021. Service Lead, Business Process Automation Services, Orion Oyj. Videohaastattelu 15.7.2021. Haastattelijana Sari Herrala. Tallenne ja litterointi haastattelijan hallussa.

de la Croix A., Barrett A. & Stenfors T. 2018. How to...do research interviews in different ways. *The Clinical Teacher*, 10.1111/tct.132422018, Volume 15, Issue 6. John Wiley & Sons Ltd and The Association for the Study of Medical Education. 2020. S. 596-599

Digitalisaation edistämisen ohjelma 2020-2023. Toimintasuunnitelma 2021. Helsinki: Valtiovarainministeriö. 20 s. VN/714/2020.

Drnec K. & Metcalfe J. S. 2016. Paradigm Development for Identifying and Validating Indicators of Trust in Automation in the Operational Environment of Human Automation Integration. Teoksessa: Schmorow D. & Fidopiastis C. (toim.). Foundations of Augmented Cognition: Neuroergonomics and Operational Neuroscience. AC 2016. Lecture Notes in Computer Science. Volume 9744. Springer, Cham. S. 157-167.

Fasth Å., Stahre J. & Dencker K. 2008. Measuring and analysing Levels of Automation in an assembly system. Teoksessa: Mitsuishi M., Ueda K. & Kimura F. (toim.). Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier. Lontoo: Springer. S. 169-172.

Frohm J., Lindström V., Stahre J. & Winroth M. 2008. Levels of automation in manufacturing. *Ergonomia - International Journal of Ergonomics and Human Factors*, Volume 30, Issue 3. S. 1-28.

Groover M. P. 1999. Automation. [verkkodokumentti]. Julkaistu 26.7.1999, päivitetty 22.10.2020. [Viitattu 2.7.2021]. Saatavissa:

<https://www.britannica.com/technology/automation/Manufacturing-applications-of-automation-and-robotics>

Hakanen J. 2011. Työn imu. Helsinki: Työterveyslaitos. 151 s.

Hoffman G. 2019. Evaluating Fluency in Human–Robot Collaboration. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, Volume 49, Issue 3. S. 209-218.

Huovinen, H. 2021. Myyntiedustaja, MTC Flextek Oy Ab. Videohaastattelu 8.9.2021. Haastattelijana Sari Herrala. Tallenne ja litterointi haastattelijan hallussa.

Juhanko J. (toim.), Jurvansuu M. (toim.), Ahlqvist T., Ailisto H., Alahuhta P., Collin J., Halen M., Heikkilä T., Kortelainen H., Mäntylä M., Seppälä T., Sallinen M., Simons M. & Tuominen A. 2015. Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi.

Taustoittava kooste. Helsinki: Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. 61 s. ETLA Raportit 5.1.2015. No 42.

Juhila K. 2021. Koodaus. Teoksessa: Vuori J. (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja [verkkoaineisto]. Uudistettu 2021. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja]. [Viitattu 10.11.2021.] <<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/metodologiaopetus/>>. Analyysitavan valinta ja yleiset analyysitavat. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/metodologiaopetus/kvali/analyysitavan-valinta-ja-yleiset-analyysitavat/koodaaminen/>

Kambhampaty S. & Kambhampaty H. R. 2021. Reference Architecture for Intelligent Enterprise Solutions. International Journal of Computer and Information Engineering, Volume 15, Issue 7. World Academy of Science, Engineering and Technology. S. 445-451.

Kanawaty G. (toim.). 1992. Introduction to Work Study. 4. painos. Geneve: International Labour Organisation. 524 s.

Karwowski W. 2012. The Discipline of Human Factors and Ergonomics. Teoksessa: Salvendy G. (toim.). Handbook of Human Factors and Ergonomics. 4. painos. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. S. 3-33.

Komenda T. & Malisa V. 2017. Simulation-Based Diversity Management in Human-Robot Collaborative Scenarios. International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, Volume 11, Issue 1. World Academy of Science, Engineering and Technology. S. 142-146.

Korhonen S. & Valli K. (toim.). 2014. Teollisen yrityksen digitalisoitumisen käsikirja. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. 12 s.

Koskinen K. 2017. Automaatio – mistä se on tullut? Automaatioväylä [verkkolehti], nro 5 2017. S. 26-29.

Koskinen K. 2018. Automaatio – mitä se on? Automaatioväylä [verkkolehti], nro 1 2018. S. 16-19.

Lindström V. & Winroth M. 2010. Aligning manufacturing strategy and levels of automation: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, Volume 27, Issue 3-4. S. 148-159.

Liu H. & Wang L. 2017. Gesture recognition for human-robot collaboration: A review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume 68. S. 355-367.

Mann S. 2016. *The Research Interview. Reflective Practice and Reflexivity in Research Processes*. Hampshire: Palgrave Macmillan. 324 s.

Maslow A. H. 1943. A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*, Volyme 50, Issue 4. S. 370-396.

MTC Flextek Oy Ab esittely. 2021. [MTC Flextek Oy Ab:n www-sivut]. [Viitattu 1.11.2021]. Saatavissa: <https://www.mtcflextek.fi/mtc-flextek-oy-ab>

Niemi, A. 2021. Manager, Process Engineering, Bayer Oy. Videohaastattelu 7.9.2021. Haastattelijana Sari Herrala. Tallenne ja litterointi haastattelijan hallussa.

Orion yrityksenä. 2021. [Orion Oyj:n www-sivut]. [Viitattu 12.9.2021]. Saatavissa: <https://www.orion.fi/konserni/orion-yrityksena/>

Pyöriä P., Jokinen E., Järvinen K.-M. & Lipiäinen L. 2020. Teknologia, metsä ja kemia: Suomen teollisuus viime vuosikymmenillä. Teoksessa: Ojala S. & Pyöriä P. (toim.). *Pirstoutuvatko työurat? Teollisuusalat talouden ja teknologian murroksissa*. Tampere: Tampere University Press. S. 43-92.

Saaranen-Kauppinen A. & Puusniekka A. 2006. Sisällönanalyysi. Teoksessa: KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen

tietoarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja]. [Viitattu 10.11.2021.]
 <<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>>. Saatavissa:
https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L7_3_2.html

Salminen A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasa: Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisjohtaminen 4.

Schaefer K. E., Chen J. Y. C., Szalma J. L. & Hancock P. A. 2016. A Meta-Analysis of Factors Influencing the Development of Trust in Automation: Implications for Understanding Autonomy in Future Systems. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Volume 58, Issue 3. S. 377-400.

Sheridan T. B. 2019. Individual Differences in Attributes of Trust in Automation: Measurement and Application to System Design. Frontiers in Psychology, Volume 10, Article 1117. 7 s.

Sutela H., Pärnänen A. & Keyriläinen M. 2019. Digiajan työelämä – Työolotutkimuksen tuloksia 1977–2018. Helsinki: Tilastokeskus. 436 s. Suomen virallinen tilasto.

Tietoa Logisnext Finlandista. 2021. [Logisnext Finland Oy:n www-sivut]. Viimeksi päivitetty 2021. [Viitattu 2.11.2021]. Saatavissa: <https://www.rocla.fi/tietoa-logisnext-finland>

Timonen, A. 2021. Director, Mitsubishi Logisnext Oy. Videohaastattelu 7.9.2021. Haastattelijana Sari Herrala. Tallenne ja litterointi haastattelijan hallussa.

Tommila T. (toim.), Ajo, R., Hakonen S., Harju H., Järvi J., Kaskes K., Lenardic E., Niukkanen E., Nurminen T., Ritala P. & Tolppanen M. 2012. Laatu automaatioissa. Parhaat käytännöt. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry. 245 s.

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

Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. 93 s. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 47/2018.

Vuorinen P. 2014. Läpidigitalisoitunut maailma. Virtuaalinen tulevaisuus keskuudessamme. TrendWikiä hyödyntävä raportti. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. 127 s. TEM-analyysejä 58/2014.