

Hilda Lindroos

Jäysteenpoistorobotin käyttöönoton vaikutukset yritykselle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

8.2.2016

Tekijä(t) Otsikko	Hilda Lindroos Jäysteenpoistorobotin käyttöönoton vaikutukset yritykselle
Sivumäärä Aika	39 sivua + 2 liitettä 8.2.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Raisa Vartia Laatupäällikkö (HSEQ) Janne Lähteenmäki
<p>Insinööriyön ensisijaisena tavoitteena oli nähdä konkreettisesti kuusinivelisellä robotilla toteutettu jäysteenpoistosovellus. Yrityksessä ei ole aiemmin ollut vastaavanlaista jäysteenpoistorobottisovellusta, joten haluttiin tutkia, millaisia vaikutuksia täysin uuden sovelluksen käyttöönotolla on yritykselle. Lähtökohtana oli manuaalisen ja robotisoidun työn vertaileminen. Työn tarkoituksena oli myös syventää tekijän tietämystä teollisuusroboteista yleisesti sekä niiden vaikutuksista läpimenoaikaan, kustannuksiin, laatuun, turvallisuuteen ja työntekijöihin sekä tutustua yrityksen nykyisiin työmenetelmiin.</p> <p>Työn alkaessa sekä sen aikana robotti oli käyttöönottovaiheessa. Se ei siis ollut vielä toiminnassa. Työ toteutettiin empiirisenä tutkimuksena Purso-Tools Oyssä. Työtä tehdessä tarkasteltiin yrityksen tiloja sekä haastateltiin robottiprojektissa mukana olevia tai olleita toimihenkilöitä sekä tehtaan työntekijöitä. Haastatteluita pidettiin yhteensä kahdeksan kappaletta.</p> <p>Robotin myötä esimerkiksi yrityksen työterveys ja -turvallisuus paranevat huomattavasti, kappaleiden läpimenoaika nopeutuu ja laatu tasoittuu. Työntekijät pystyvät keskittymään muihin työvaiheisiin. Käytetyn robotin käyttöönotossa voi kuitenkin ilmetä ongelmia. Robotti-investoinnissa onkin otettava useita seikkoja huomioon, jotta projektin läpivienti olisi onnistunut ja investointi kannattava.</p> <p>Raportissa avataan myös syitä robotin hankintaan sekä käyttöönotossa eteen tulleita haasteita. Työ koostui neljästä osasta: teoreettinen pohjatyö, robottisovellukseen tutustuminen yrityksen tiloissa, haastattelut sekä omat pohdinnat.</p>	
Avainsanat	teollisuusrobotti, jäysteenpoisto, tuotanto, empiirinen tutkimus

Author(s) Title	Hilda Lindroos Impacts of Commissioning a Deburring Robot for a Company
Number of Pages Date	39 pages + 2 appendices 8 February 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Raisa Vartia, Senior Lecturer Janne Lähteenmäki, Quality Manager (HSEQ)
<p>The main purpose of the thesis was to see a deburring application implemented with an industrial robot. Such robot application did not exist in the company before, so the aim was to study, how the commissioning of a new application affects the company. The starting point for the study was to compare manual and robotized work. The purpose was also to deepen the author's knowledge of industrial robots in general, as well as their impact on lead-time, costs, quality, safety and employees. It was also crucial to familiarize with the current working methods of the company.</p> <p>The robot was in commissioning stage during the study. Therefore, it was not in full operation. The thesis was made as an empirical study in Purso-Tools Inc. The study involved observing the premises of the company and interviewing white-collar workers, who were part of the robot project, as well as blue-collar workers. In total there were eight interviews.</p> <p>The occupational health and safety of the company will improve significantly, the turnaround time will speed up and quality will be harmonized with the help of the robot. Employees will be able to focus on other stages of operation. However, the commissioning of a used robot can cause problems. There are several factors that have to be taken into account in order to complete the project successfully and turn the new robot into a profitable investment.</p> <p>This report also clarifies the reasons behind the company buying an industrial robot and the challenges with the commissioning of the robot. In general the thesis is based on the theoretical groundwork, the familiarization with the deburring robot of the company, the interviews and own reflections.</p>	
Keywords	industrial robot, burring, production, empirical study

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yritysesittely	2
3	Teollisuusrobotit	3
3.1	Yleistä	3
3.1.1	Historiaa	3
3.1.2	Teollisuusrobotin määritelmä	5
3.2	Robottityypit ja rakenteet	7
3.3	Turvallisuus	13
3.3.1	Riskit, vaaratekijät ja niiden poistaminen	13
3.3.2	Säädökset	16
3.4	Robotisoinnin perusteet ja sen kannattavuus	18
3.5	Käytetyt robotit	20
3.6	Automatisoinnin ja robotisoinnin vaikutukset työpaikalla	21
4	Jäysteenpoisto	23
4.1	Jäyste	23
4.2	Manuaalinen jäysteenpoisto	23
4.3	Robotisoitu jäysteenpoisto	24
4.4	Työkalut	25
5	Yrityksen jäysteenpoistorobotti	26
5.1	Miksi robotti päätettiin hankkia?	26
5.2	Toiminnan kuvaus	27
5.3	Käyttöönoton haasteet	30
6	Robotin tuomat vaikutukset	32
6.1	Vaikutus läpimenoaikaan	32
6.2	Vaikutus kustannuksiin	32
6.3	Vaikutus laatuun	33
6.4	Vaikutus turvallisuuteen	34
6.5	Vaikutus työntekijöihin	36
7	Pohdinta	37

Liitteet

Liite 1. Haastatteluiden runko (toimihenkilöt)

Liite 2. Haastatteluiden runko (työntekijät)

Lyhenteet

SPC	Statistical process control. Tilastollinen prosessinohjaus ja laadunhallinta/laadunvalvonta.
ISO	International Organisation for Standardisation. Vuonna 1947 perustettu kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
OHSAS	Occupational Health and Safety Management Systems-Requirements. Työterveys- ja työturvallisuusjohtaminen.
SCARA	Selective Compliance Assembly Robot Arm. Tiettyyn suuntaan joustava kokoonpanorobottikäsivarsi.
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats. Yritystoiminnan analysointimenetelmä.

1 Johdanto

Systemaattisesti suunniteltu ja toteutettu robotisointi on yksi potentiaalinen vaihtoehto, kun halutaan automatisoida tuotantoa mahdollisimman joustavaksi. Usein robotisointi on pakon sanelema investointivaihtoehto. Myös suomalaisessa teollisuudessa törmätään nykypäivänä siihen, että jos ei rationalisoida tai automatisoida, pian ei ole lainkaan yritystä, jota kehittää muillakaan keinoilla. Automatisointi ja sen tarpeellisuus ovat arkipäivää teollisuudessa. Tekniikka tai laitteet eivät ole ongelmana tai esteenä tällä hetkellä robotisointien toteuttamiseksi. Ongelmaksi nousevat ennemminkin kannattavan robotti-investoinnin edellyttämät halukkuus ja tietotaito. [1.]

Tavalliseen konehankintaan verrattuna robottiprojektin läpiviennissä on otettava enemmän asioita huomioon. Robottijärjestelmä on nimittäin useimmiten sovelluksen mukaan tehty ja suunniteltu kokonaisuus. Järjestelmän toimivuuden, aikataulun ja kustannusten pitämisen suhteen kokonaisuuden hallinta on erittäin tärkeää projektin aikana. Järjestelmän toimittajilla ja käyttäjillä on vastuu toimivista robottisovelluksista. Yhdistämällä robottitoimittajan asiantuntemus ja käyttäjien sovelluskohtainen tietämys saadaan aikaan kaikista paras lopputulos. Oikeastaan robottijärjestelmä on verrattavissa ketjuun, joka on juuri niin vahva kuin sen heikoin lenkki. [1.]

Työ toteutettiin empiirisenä tutkimuksena Purso-Tools Oy:ssä. Empiirisellä tutkimuksella tarkoitetaan kokemusperäistä tutkimusta, joka perustuu tutkimuskohteen havainnointiin tai mittaukseen [2]. Työtä tehdessä tarkasteltiin yrityksen tiloja sekä haastateltiin robottiprojektissa mukana olevia tai olleita toimihenkilöitä. Työn edetessä haluttiin kuitenkin laajentaa näkökulmaa myös tehtaan puolen työntekijöihin. Näihin haastatteluihin valittiin sellaiset henkilöt, joiden työn kaltaista työtä robotti tulee tekemään. Tässä opinäytetyössä heitä kutsutaan viilareiksi. Haastattelut olivat avoimia, mutta niissä käytettiin työn liitteinä olevia haastattelupohjia.

Yrityksessä ei ole aiemmin ollut vastaavanlaista jäysteenpoistorobottisovellusta, joten haluttiin tutkia, millaisia vaikutuksia täysin uudella sovelluksen suunnittelulla, hankinnalla sekä käyttöönotolla on yritykselle. Lähtökohtana oli manuaalisen ja robotisoidun työn vertaileminen sekä jäysteenpoistorobotin tuomien vaikutuksien tutkiminen. Työn tarkoitus oli myös syventää tekijän tietämystä teollisuusroboteista yleisesti sekä niiden vaikutuksista turvallisuuteen, kustannuksiin, läpimenoaikaan, työntekijöihin ja laatuun.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään teollisuusrobottien historiaa ja rakenteita sekä robottiprojektin kannattavuutta. Robotisointia haluttiin käsitellä monesta näkökulmasta, joten myös sen tuomia vaikutuksia ja turvallisuutta käydään läpi. Koska kyseessä on jäysteenpoistorobotti, tuli myös selvittää, mitä jäyste oikeastaan on ja miten sitä poistetaan. Varsinaista empiiristä osuutta, eli haastatteluita ja omia havaintoja yrityksestä, käsitellään luvuissa 5 ja 6. Lopuksi on myös omia pohdintoja työn kulusta ja sen myötä opituista asioista.

Tässä työssä viitataan jäysteenpoistoon usein viillauksena, vaikka se tarkalleen ottaen on yksi jäysteenpoiston viimeistelyn menetelmistä.

2 Yritysesittely

Purso-Tools Oy on kansainvälinen, kasvava ja kehittyvä yritys, joka on erikoistunut vaativien moottorinosien valmistukseen ja on näin ollen maailman johtava raskaiden nokka-akselien (kuva 1) valmistaja. Yrityksessä valmistetaan myös raskaita kiertokankia (kuva 1) sekä muita vaativia moottorin osia. Yli 70 % Purso-Tools Oy:n tuotannosta menee vientiin kansainvälisille laite- ja moottorivalmistajille, pääasiassa Keski-Eurooppaan ja Aasiaan. Asiakkaina on muun muassa Caterpillar, Volvo, Rolls-Royce, Hyundai ja Wärtsilä. [3.]



Kuva 1. Vasemmalla nokka-akseli ja oikealla kiertokanki [3]

Yrityksen kasvu pohjautuu nykyisten asiakkaiden menestykseen, uusiin kansainvälisiin asiakkaisiin, asiakkaiden ulkoistushankkeisiin sekä yritys- ja liiketoimintaostoihin. Pur-

so-Tools Oy:n vuosittainen liikevaihto on noin 15 miljoonaa euroa ja työntekijöitä yrityksessä on noin 80. Yrityksen tuotantotehdas ja pääkonttori sijaitsevat Porissa. Purso-Tools Oy valittiin Porin vuoden 2015 yritykseksi. [3.]

Laadukkaat tuotteet ovat toiminnan ydin. Laatutavoitteiden toteutumista seurataan useilla eri mittaristoilla, kuten tilastollisilla prosessin mittausjärjestelmillä (SPC-control), 3D-koordinaattimittauslaitteistoilla, särötarkastuspenkeillä sekä ultraäänilaitteistolla. Toiminnassa ja koko toimintaketjussa huomioidaan myös ympäristöarvot, kestävä kehitys sekä turvallisuus. Yrityksen toiminnot perustuvat standardeihin ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 sekä OHSAS 18001:2007. [3.]

3 Teollisuusrobotit

3.1 Yleistä

3.1.1 Historiaa

Robotti-sana on muotoutunut tšekinkielisestä sanasta "robota", jolla tarkoitetaan orjuutta ja työntekoa. Sanan otti käyttöön 1920-luvun alkupuolella Josef Čapek veljensä Karelín näytelmään R.U.R. (Rossum's Universal Robots), joka kertoo keinotekoisista työntekijöistä. [4; 5.]

Ylen artikkelissa todetaan robottien liittyvän ihmisten mielikuvissa usein tulevaisuuteen ja avaruusaikaan. Robottien historia on kuitenkin pitkä ja monihaaraainen. Jo kauan ennen ajanlaskun alkua rakennettiin robotin kaltaisia laitteita. [6.]

Alapuolelle on lueteltu joitakin merkittäviä vuosilukuja teollisuusrobottien historiasta:

- 1954: George Devol suunnitteli ensimmäisen ohjelmoitavan robotin. Tämän Unimate-nimisen robotin (kuva 2) sanotaan olevan myös ensimmäinen teollisuusrobotti. [6; 7.]
- 1956: Devol ja Joseph Engelberger perustivat Unimation-yhtiön, joka oli ensimmäinen laatuaan [7].
- 1962: Devolin ja Engelbergerin Unimate-robotti otettiin käyttöön autoteollisuudessa [7; 5].

- 1973: Saksalainen KUKA yhtiö kehitti ensimmäisen teollisuusrobotin, jossa oli kuusi sähkömekaanista akselia [7; 8].
- 1978: Unimation/Vicarm kehitti PUMA-teollisuusrobottimallin (Programmable Universal Machine for Assembly), joka on vielä nykypäivänäkin käytössä [5; 7; 8].
- 1980: Teollisuusrobottiteollisuus kasvoi nopeasti. Joka kuukausi markkinoille astui joko uusi robottimalli tai yritys. [7.]



Kuva 2. Ensimmäinen teollisuusrobotti Unimate [5]

Haapalainen kuten myös Tuunanen kertovat opinnäytetöissään, että aluksi tarkoituksena oli käyttää yhtä teollisuusrobottityyppiä kaikkiin eri tehtäviin. Pian kuitenkin huomattiin, että olisi ideaalia käyttää eri tehtäviin erilaisia robottimalleja. Teollisuusrobottien määrää lisäsi valmistajien halu pystyä toimittamaan robotti kaikkiin teollisuuden tehtäviin. [4; 5.]

Suomen robottisovellusten ja robottiliiketoiminnan kehitys on jaettu seuraavan laisiin vaiheisiin: robotiikan alkutaival, robotiikan oppivuodet, robotiikan perussovellukset, laajeneminen uusille alueille, markkinoiden tasaantuminen ja uusien sovellusten esiinmarssi. Robotiikan alkutaival oli vuosina 1972–1978, jolloin Rosenlew Automation oli Suomen robotiikan pioneeri, Valco Oy:llä oli 69 kappaleenkäsittelyrobottia ja maalausrobotiikka oli 90 % sovellutuksista. [9.]

Vuosina 1979–1983 (robotiikan oppivuodet) mukaan tulivat hitsaus- ja työstökoneiden palveluperussovellukset. Nokia Roboticsin myötä Suomesta tuli robotiikan vientimaa. Vuosina 1984–1987 (robotiikan perussovellukset) robottien kokonaismäärä oli 500 kappaletta, hitsaussovellutuksia oli 50 % sovellutuksista ja 80 toimitusta vuosittain. [9.]

Laajeneminen uusille alueille tapahtui vuosina 1988–1991. Tällöin robotteja oli Suomessa 1 000 kappaletta, ja elintarviketeollisuus tuli mukaan robotisointeihin. Uusina sovelluksina olivat laserleikkaus ja tiivistys. Lama leikkasi automatisointi-investointeja vuosina 1991–1994. Tässä markkinoiden tasaantumisvaiheessa robottien myynti oli noin 100 sovellusta vuodessa. Uudet teollisuudenalat tulivat hitaasti mukaan. [9.]

Uusien sovellusten esiinmarssi alkoi vuonna 1994. Taloudellinen nousu piristi robotti-investointeja. Mukaan astui uusia sovellusalueita uusilta teollisuusaloilta: elintarviketeollisuuden robotit, rakennusteollisuuden robotit ja lääketeollisuuden robotit. Muovituotteiden valmistusta automatisoitiin rankasti. [9.]

3.1.2 Teollisuusrobotin määritelmä

Robotin määritelmä on vielä melko vapaa käsite [12]. Tämän vuoksi yksikäsitteinen robotin määrittely on hankalaa. Teollisuusrobotti voidaan määritellä toimilaitteiden, ohjelmointitavan, nivelrakenteen ja käyttötarkoituksen perusteella monella tavalla. Eräs robotin toiminnallinen määritelmä kuuluu seuraavasti: ”Teollisuusrobotti on ohjelmoitava monitoimilaite, joka on suunniteltu sekä käsittelemään että kuljettamaan osia tai työkaluja ja tarkoitettu muunneltavine, ohjelmoitavine ratoineen erilaisiin tuotantotehtäviin”. [9; 10.]

Teollisuusroboteille on esitetty määritelmiä myös eri standardeissa. Standardin SFS-EN 775 mukaan teollisuusrobotti on ”Automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitava ja monikäyttöinen käsittelylaite, jolla on useita vapausasteita, ja joka voi olla joko kiinteästi paikalleen tai liikkuvaksi asennettuna, käytettäväksi teollisuuden automaatiojärjestelmissä”. [9.]

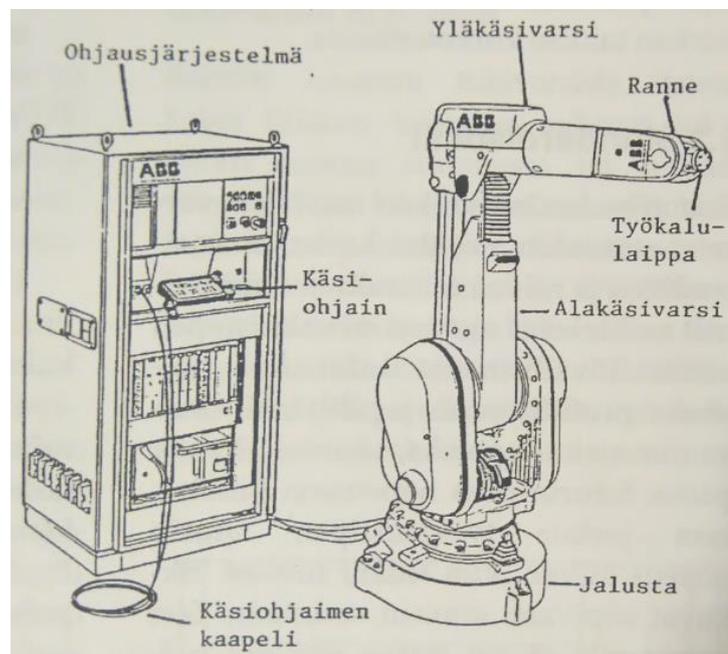
Standardi SFS-EN ISO 8373 ja kansainvälinen robottiyhdistys taas määrittelevät teollisuusrobotin olevan uudelleen ohjelmoitavissa oleva mekaaninen, monipuolinen ja vähintään kolminivelinen laite. Se on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita teollisuuden sovelluksissa ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi. [4; 5; 1.]

Standardin SFS-EN ISO 10218-1 mukaan teollisuusrobotti määritellään seuraavasti: ”Teollisuuden automaatio-sovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu,

uudelleen ohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akseleista vähintään kolme on ohjelmoitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva." [11.]

Kaikkien määritelmien mukaan uudelleen ohjelmoitavuus on siis olennaista. Pelkkää yksinkertaista toimilaitetekäsivartta, joka panostaa ja purkaa konetta, ei voida kutsua robotiksi, ellei sitä voida ohjelmoida uudelleen toiseen tehtävään. Nykyaikaisissa aistinohjatuissa robottisovelluksissa ei kuitenkaan riitä pelkkä uudelleen ohjattavuus. Robotin on saatava muodostettua liikeratansa, joka päivitetään prosessia tarkkailevien antureiden avulla, tuotteiden suunnittelutiedoista ja ympäristömallista. [1; 9; 10.]

Suomen Robottiikayhdistys kertoo kirjassaan, että yksinkertaistettuna teollisuusrobotti on mekaaninen kone. Se siirtää työkalulaippaa toivotulla tavalla. Liikerata voidaan kokonaan määrittellä etukäteen, valita toimintaympäristön tapahtumien perusteella tai luoda antureiden perusteella liikkeiden aikana. Työkalun ja robotin jalustan välissä on tukivarsia, jotka on liitetty toisiinsa nivelillä. Takaisinkytketysti ohjattavat servomootorit liikuttavat näitä niveliä. Kuvassa 3 näkyy tyypillinen teollisuusrobotti ja sen tärkeimmät komponentit. [1; 12.]



Kuva 3. Teollisuusrobotti ja tavallisimmat komponentit [1]

Japanilaisen määritelmän mukaan teollisuusrobotteja ovat

- manuaalinen manipulaattori
- kiinteän sekvenssin robotti
- muunneltavan sekvenssin robotti
- johtamalla ohjelmoitava robotti
- numeerisesti ohjattu robotti
- älykäs, havainnoiva robotti.

Suomessa roboteiksi luokitellaan neljä viimeistä tyyppiä. [9; 10]

3.2 Robottityypit ja rakenteet

Robottien rakenteessa on usein yritetty matkia ihmisten nivelien toimintaa. Rakenteessa onkin ihmisen käsivartta, rannetta ja kouraa vastaavat nivelliikkeet. Robotin liikkeiden taustalla ovat koordinaatistojen matemaattinen hallinta ja liikenopeuksien laskemiseksi käytetyt algoritmit. Nämä taustatekijät eivät välttämättä kiinnosta robotin käyttäjää. Hän on todennäköisesti kiinnostunut siitä, kykeneekö robotti selviytymään sille suunnitellusta käsittely- ja siirtotehtävistä. [9; 10.]

Liikkeitä toteuttavaan käsivarteen kiinnitetään useimmiten liiankin paljon huomiota. Teollisuusrobottiyksikössä ohjausjärjestelmä on käsivartta kalliimpi. Tämä ei ole mikään ihme, sillä ohjausjärjestelmä ohjelmistoinen vastaa selvästi käsivartta suurempaa työpanosta ja on yleensä myös teknisesti vaikeammin toteutettavissa. Robotin ohjelmointikyky riippuu siihen ohjelmoidun ohjelmiston kyvystä. [1; 12.]

Robottijärjestelmän komponentteja ovat työkalu, prosessianturit tai -aistimet (eli ympäristöä tarkkailevat), käsivarsi, ohjausjärjestelmä, ympärys- eli oheislaitteet sekä liitännät robotin toimintaa ohjaaviin ulkoisiin tietokoneisiin. Aiemmin esiintynyt kuva 3 havainnollistaa näitä komponentteja. [1.]

Käyttösovelluksissa robottien tarkkuus on keskeinen tekijä. Rakenteesta riippumatta lähes jokaisen robotin tarkkuus on ± 1 mm. Kokoonpanoroboteilta vaaditaan vielä suurempaa tarkkuutta, jolloin robotin tulisi pystyä jopa $\pm 0,05-0,1$ mm:n asemointitarkkuu-

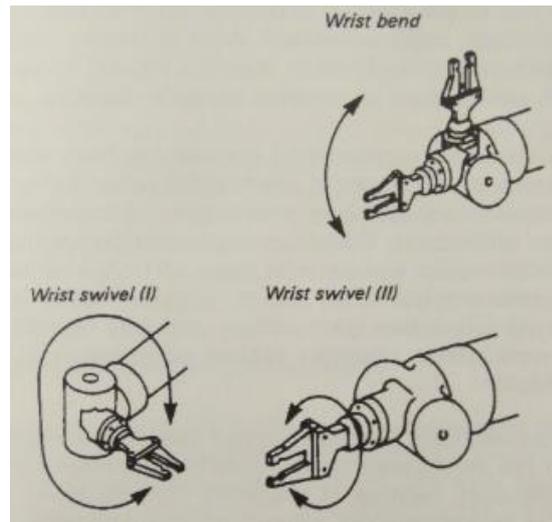
teen. Robottien kappaleenkäsittelykyky taas vaihtelee laajalti. Pienimmät robotit on suunniteltu 1–5 kg kappaleiden käsittelyyn, kun taas suurimmat teollisuusrobotit voivat nostaa jopa satojen kiloja taakkoja. [9; 10.]

Standardin ISO 9283 mukaisesti teollisuusrobotin testattavia ja määriteltäviä toiminnallisia ominaisuuksia ovat

- yksisuuntainen paikoitustarkkuus ja paikoituksen toistokyky
- monisuuntaisen paikoitustarkkuuden vaihtelu
- etäisyystarkkuus ja etäisyyden toistokyky
- paikoituksen tasapainon saavuttamisaika
- asemavirhe
- paikoitusominaisuuksien vaihtelu
- liikeradan tarkkuus ja toistokyky
- käännöksen poikkeama
- liikeradan nopeusominaisuudet
- lyhin paikoitusaika ja
- staattinen mukautumiskyky [9].

Robotin toistotarkkuudella tai asemointitarkkuudella tarkoitetaan tilastollista tarkkuutta, jolla robotin työkalun jokin piste palaa takaisin pisteeseen, joka sille on opetettu. Työkalun mitoista riippuen robotin absoluuttinen tarkkuus on usein kymmeniä tai satoja kertoja epätarkempi kuin robotin toistotarkkuus. Absoluuttisella tarkkuudella tarkoitetaan sitä, millä tarkkuudella robotti saadaan sen runkoon sidotussa koordinaatistossa haluttuun pisteeseen. [1.]

Robotin ranne voi kiertyä kolmen akselin ympäri (kuva 4) käsivarsien liikeratojen lisäksi. Tämän ranteen kiertymisen lisäksi robotin tarttujaan voidaan liittää ylimääräisiä liikeakseleita asemoinnin säätämiseksi ja tarkentamiseksi. Tarttujan paineilmaletkut sekä sähköjohdot asettavat kuitenkin rajoja ranteen nivelliikkeiden käytölle: liitännät sotkeutuvat yli 360 asteen kiertoliikkeistä. [9; 10.]

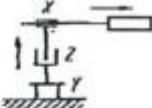
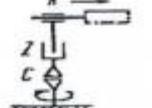
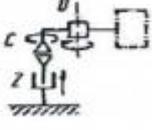
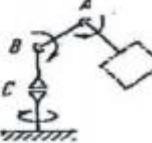
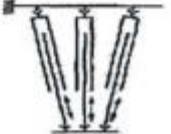


Kuva 4. Esimerkki robotin ranteesta [10]

Mekaanisesti robotti koostuu tukivarsista ja nivelistä. Tukivarret liikkuvat toistensa suhteen joko tietyn suoran suunnassa tai suoran ympäri. Tätä käsitteellistä akselia kutsutaan usein niveleksi. Varsinaisen liikuttamistyön tekevät toimilaitteet. Yhtä robotin nivel-tä eli perusliikettä kutsutaan vapausasteeksi (DOF, Degree of Freedom). Teollisuusro-boteissa vapausasteet ovat kiertyviä tai lineaarisia eli suoria. Yleensä vapausastetta kohti on yksi toimilaite, esimerkiksi moottori tai sylinteri. Robottisovellukseen kannattaa valita vain tehtävän edellyttämät vapausasteet. Jotta vaihtoehtoisten mallien määrä olisi kuitenkin pieni ja robotti voitaisiin varustaa esimerkiksi hitsaussovelluksen jälkeen muuhun tehtävään, nykyään lähes kaikilla kiertyvänivelisillä roboteilla on kuusi vapaus-astetta. [1.]

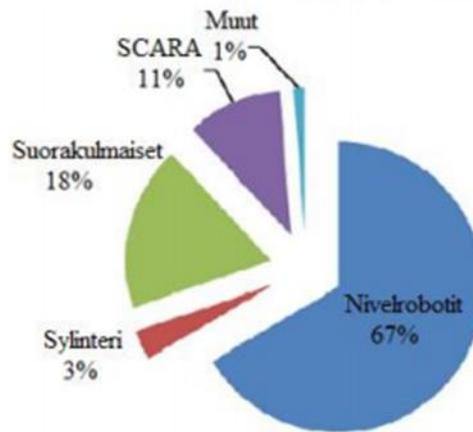
Kuvassa 5 näkyy yleisimpiä standardin ISO 8373 mukaisia esimerkkejä robottien ra-kenteista, kinematiikasta ja työalueista. Näistä rakenteista vakiintuneita robottityyppejä ovat

- suorakulmaiset robotit
- scara-robotit
- sylinterirobotit
- kiertyväniveliset robotit. [1.]

Nimitys pääakseleiden mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatisto-robotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

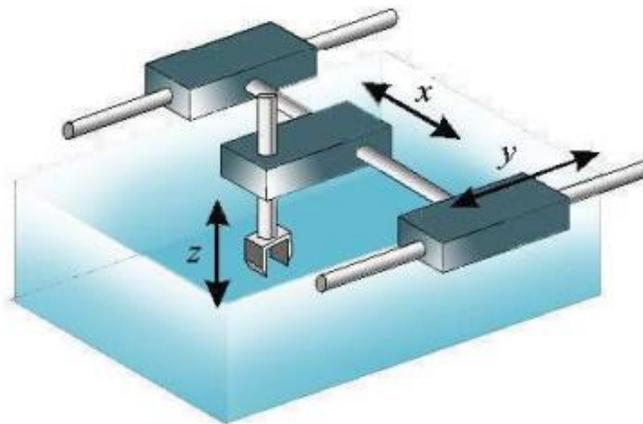
Kuva 5. ISO 8373 standardin mukaan yleisimpien robottityyppien rakenne-esimerkkejä [1]

Kuvasta 6 näkyy, kuinka teollisuusrobotit jakautuvat rakenteen mukaan. Nivelrobotit ovat yleisimpiä teollisuudessa.



Kuva 6. Teollisuusrobottien jakautuminen [5]

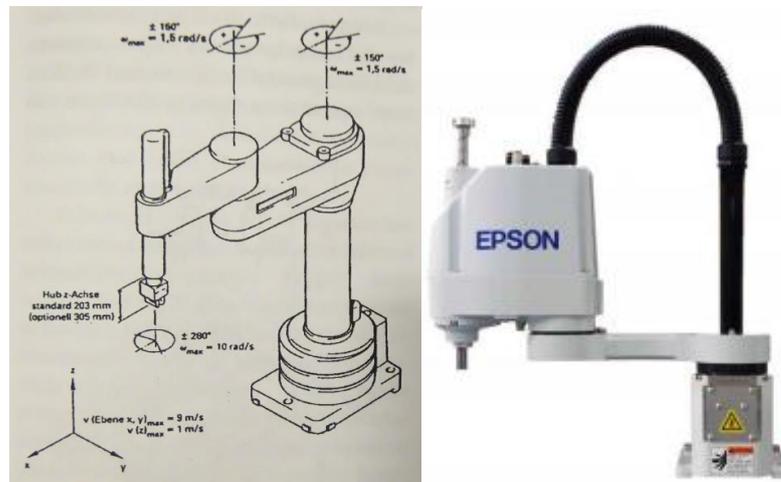
Suorakulmaisten robottien tyypillisintä edustajaa kutsutaan yleensä portaalirobotiksi (kuva 7). Sen, kuten muidenkin suorakulmaisten robottien, kolme ensimmäistä vapausastetta ovat lineaarisia. Portaalirobotin rakenne on tuettu palkeilla työalueen nurkista. Näitä robotteja käytetään tavallisimmin erilaisissa logistiikan automaatiosovelluksissa. [1; 4.]



Kuva 7. Havainnollistava malli portaalirobotista [4]

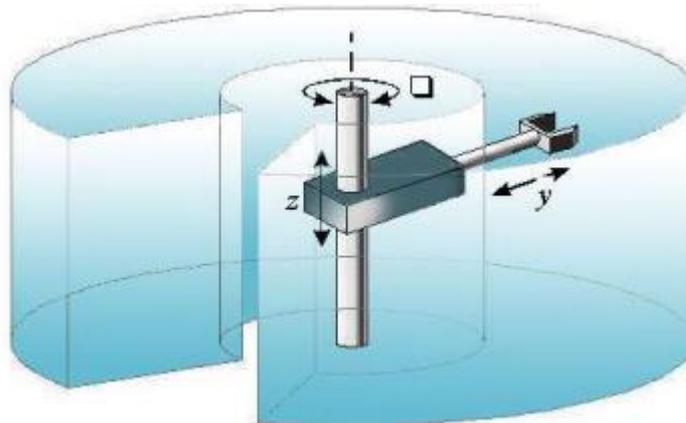
Scara-robotti muistuttaa ihmisen vaakatasossa liikkuvaa käsivartta ja on suunniteltu pystysuoraan asennus- ja kokoamistyöhön. Ranne on ikään kuin robotissa pystysuoraan liikkuva pystyjohte. Scara-roboteissa on yleisesti neljä vapausastetta: kolme kiertävää niveltä ja neljäs lineaarinen pystyliike. Kolmella kiertyvällä nivelellä työkalu saadaan tasolla oikeaan kohtaan sekä kiertymäkulmaan. Neljäs vapausaste on lineaarinen pystyliike (kuva 8). Nämä robotit ovat yleisimmin käytössä pienten kappaleiden ko-

koonpano- ja tarkastustöissä. Jäykkä runko, suuri liikenopeus ja tarkkuus ovat scara-robotin vahvuuksia. [1; 4.]



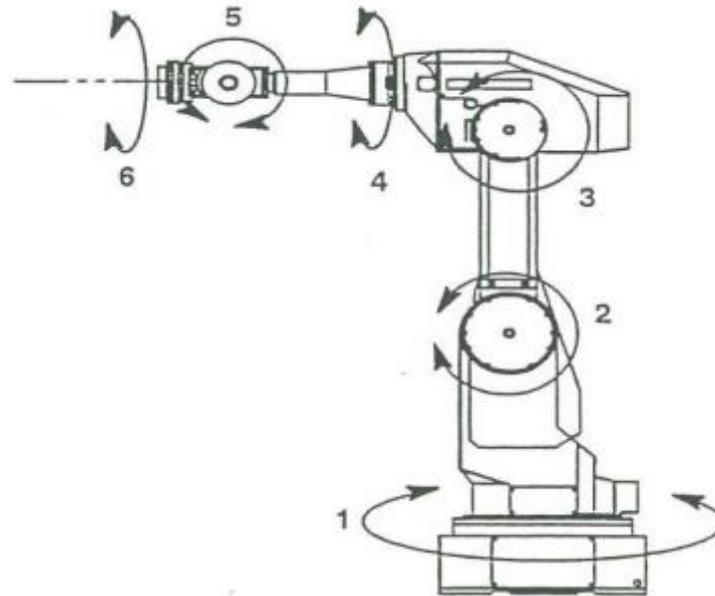
Kuva 8. Scara-robotti piirustuksena ja kuvana [1; 4]

Sylinterirobotin nimitys tulee luonnollisesti sylinterikoordinaatistosta ja työalueen sylinterimäisestä muodosta. Kuvassa 9 on havainnollistettu, että sylinterirobotissa on yksi pyörivä nivel sekä kaksi lineaarisesti liikkuvaa niveltä. Sylinterirobotit ovat yleisiä erilaisissa pakkaus- ja lajittelusovelluksissa. [1; 4.]



Kuva 9. Esimerkki sylinterirobotin rakenteesta [4]

Tavallisimmat teollisuusrobotit ovat **kiertyvänivelisiä robotteja**. Niissä kaikki vapausasteet ovat kiertyviä. [1.] Kuvassa 10 on havainnollistava esimerkki 6-akselisesta nivelrobotista.



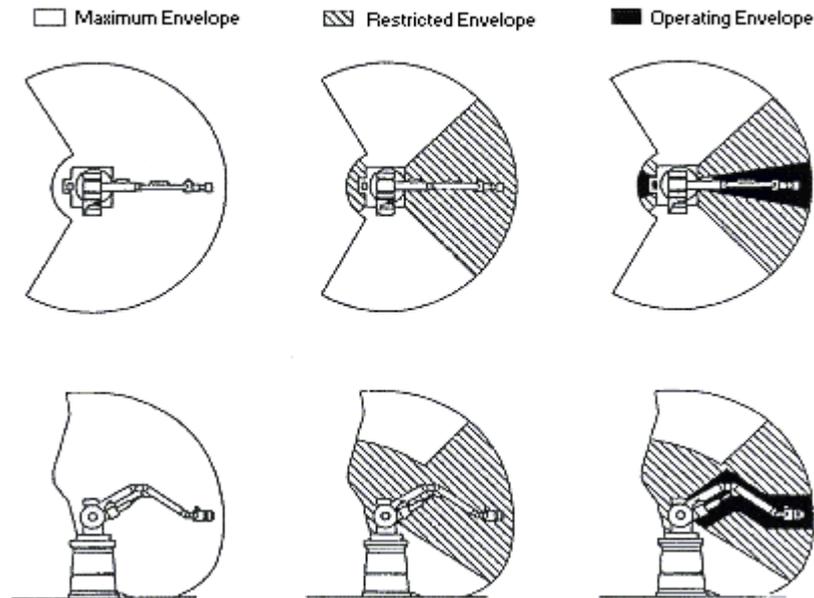
Kuva 10. Esimerkki 6-akselisesta nivelrobotista ja akselien kiertosuunnat [11]

Suomen Robotiikkayhdistys Ry kertoo kirjassaan myös, että monikäyttöisimpiä ovat robotit, joiden työkalun saa mihin tahansa asentoon ja paikkaan työalueella. Tähän tarvitaan kuusi vapausastetta, joista vähintään kolme on kiertyviä. Robotin työskentelyalue ja niveltien mekaaniset liikealueet rajoittavat saavutettavia asemia. Haittana kuudessa vapausasteessa on niiden mekaniikan ja ohjauksen korkea hinta. Vahvuuksina voidaan pitää robottien mukautuvuutta, suurehkoa ulottuvuutta ja monipuolisuutta. [1.]

3.3 Turvallisuus

3.3.1 Riskit, vaaratekijät ja niiden poistaminen

Vaikka robotit ovatkin koneita koneiden joukossa [12], voivat niiden ominaisuudet olla merkittävästi erilaisia verrattuna muihin koneisiin ja laitteisiin. Siispä olennainen osa robotti-investointia on robotin turvallisen käytön suunnittelu. [9.] Robotit pystyvät nopeisiin ja voimakkaisiin liikkeisiin jopa niiden perustyöskentelyalueen ulkopuolella (kuva 11). Robotin liikkeen rata ja aloitus ovat ennustettavissa, jos valmistettava tuote ja sen ympäristö pidetään vakiona. Mikä tahansa muutos työskentävään esineeseen (esimerkiksi fyysinen muoto) tai ympäristöön voi vaikuttaa robotin ohjelmoituihin liikkeisiin. [13.]



Kuva 11. Esimerkki kuusinivelisen teollisuusrobotin toiminta-alueista ylhäältä ja sivusta: Maximum Envelope = Robotin maksimitoiminta-alue, Restricted Envelope = Rajattu toiminta-alue, Operating Envelope = Työskentelyalue [13]

Tutkimukset Ruotsissa ja Japanissa osoittavat, että monia robotteihin liittyviä onnettomuuksia ei esiinny normaaleissa käyttöolosuhteissa. Sen sijaan ohjelmoinnin, huollon, korjauksen, testauksen, asennuksen tai säädön aikana voi robotin toiminta-alueella tai lähiympäristössä tilapäisesti olla henkilö, jonka tahaton toiminta voi aiheuttaa vaaratilanteita tai onnettomuuksia, jotka johtavat vammoihin. [13.] Tästä voidaan päätellä, että niin kauan kuin robotti toimii yksin, vaaratilanteita ei synny juuri ollenkaan. Ihmisen ollessa tiiviisti robotin toiminnassa mukana sen liikealueella riskit vaaratilanteiden syntymiseksi ovat jo paljon suuremmat.

Roboteista johtuvat tapaturmatyyppit voidaan jakaa neljään kategoriaan:

- isku- tai törmäysonnettomuudet
- puristuksiin tai loukkuun jääminen
- mekaaniset viat
- ja muut onnettomuudet.

Robotin käsivarteen tai sen oheislaitteisiin liittyvät odottamattomat liikkeet, komponenttien toimintahäiriöt tai ennalta arvaamattomat ohjelman muutokset voivat aiheuttaa iskuja tai törmäyksiä. Toisaalta taas työntekijän raaja tai muu ruumiinosa voi jäädä pu-

ristuksiin robotin ja esimerkiksi turva-aidan tai muun oheislaitteen väliin. Mekaanisia vikoja ovat esimerkiksi robotin ohjausjärjestelmän, komponenttien, tarttujan tai työkalujen (esimerkiksi hiomalaikan tai muun jäysteenpoistotyökalun) rikkoutuminen. Muitakin onnettomuuksia voi tapahtua, kun työskennellään robottien kanssa. Ongelmat sähkönsyötössä, paineilmassa tai hydraulikassa voivat aiheuttaa vaaroja. Lisäksi lattialla olevat virtajohdot voivat aiheuttaa kompastumisvaaran. [13.]

Tapaturmavaaran voivat siis aiheuttaa inhimilliset virheet, robotin ohjausvirheet, luvaton pääsy alueelle, mekaaniset viat ja häiriöt (turvalaitteissa, tehonlähteissä, ohjauslaitteissa tai komponenteissa), ympäristöolosuhteet, viat energialähteissä sekä väärä asennus. Nämä syyt voivat johtaa esimerkiksi robotin ennustamattomiin liikkeisiin, ja tämän vuoksi robotti voi osua lähellä olevaan ihmiseen. Teollisuusrobotista syntyviä vaaroja voidaan kuitenkin ehkäistä monin eri keinoin. Näitä keinoja ovat muun muassa henkilöstön perehdyttäminen työympäristöön, robotin kanssa tekemisissä olevien erityinen kouluttaminen, hyvät turvalaitteet sekä suojaruusteet. Myös robotin säännöllinen huoltaminen ja ympäristön siistinä pitäminen luovat edellytykset turvalliselle työskentelylle. Kattavien riski- sekä turvallisuusanalyysien tekeminen ja niiden ajan tasalla pitäminen on myös tärkeää. [13; 5; 9.]

Aaltonen ja Torvinen kertovat oppikirjassaan, että turvallisuusanalyysissä määritellään käyttösovellusten työtehtävät ja arvioidaan tarpeet päästä robotin läheisyyteen ohjelmoinnin, käytön ja kunnossapidon sekä huollon aikana. Siinä arvioidaan ja määritellään robotisoinnin tuomat riskit. Myös vaaralähteet, häiriöt ja viat tunnistetaan analyysissä. Arviointien ja määrittelyiden jälkeen suunnitellaan turvallisuusstrategia ja valitaan toimenpiteet, joilla saavutetaan hyväksyttävä turvallisuustaso. [9.]

Kuivasen mukaan järjestelmän vaarojen poistamiseen on kolmen tasoista toimenpiteitä:

- suunnittelu
- suojaus
- varoittaminen.

Ensimmäistä menettelyä, eli hyvää suunnittelua, käyttämällä saavutetaan luonnollisesti paras tulos. Varoittamista ei saa käyttää tunnettuihin suojaus- tai suunnittelutekniikalla

hoidettaviin vaaroihin. Siispä varoittamiseen turvallisuustoimenpiteenä tulee nojautua vasta, kun muut vaihtoehdot on kokeiltu. [1.]

Tapaturmariskien välttämiseksi robottijärjestelmän turvallisuussuunnittelussa nousee selvästi esille kaksi pääperiaatetta. Joko vaaravyöhykkeeltä poistetaan läsnäoloa vaativat tehtävät tai vaara-alueella työskentelyn vaaroja vähennetään tai poistetaan turvalaitteiden avulla. Turvallisuutta lisäävät toimenpiteet voivat kohdistua muun muassa tuotesuunnitteluun, työsuunnitteluun, layout-suunnitteluun tai tuotannon suunnitteluun. Hyvässä ratkaisussa voidaan ottaa huomioon myös muita näkökulmia, kuten ergonomia ja työn sisältö. [1.]

Yleisin ja yksinkertaisin tapa on estää sekä valvoa turvalaitteilla pääsyä toiminta-alueelle, joka on esimerkiksi mekaanisesti rajattu automaatiokoneen maksimitoiminta-alueesta. Robotin tapauksessa tällä ratkaisulla tarkoitetaan suoja-aitausta, jonka kulkuaukot alueelle ovat valvotut. Alueiden rajaamisessa on olennaista hahmottaa robotin eri toiminta-alueet (kuva 11). On huomioitava myös, että rajat voivat muuttua erilaisia työkaluja ja työkappaleita käsitellessä. Mahdolliset ennustettavat vika- ja häiriötilanteet on myös otettava huomioon. [1.]

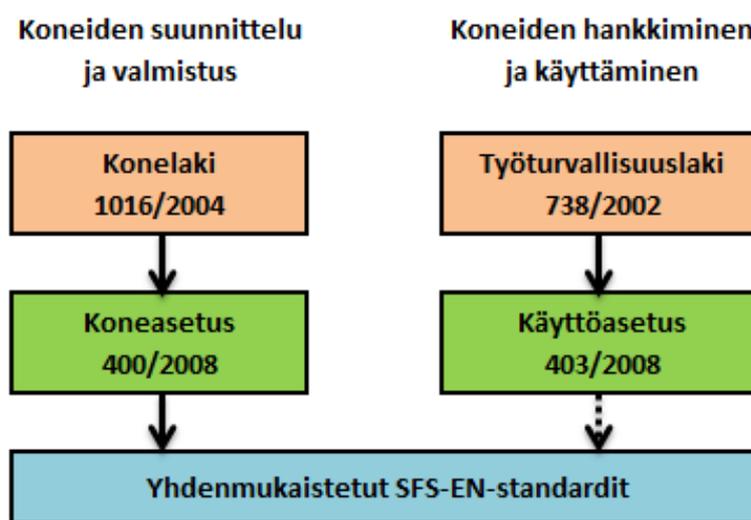
Tällaisen edellä mainitun suojarankenteen tulee olla vähintään metrin (1 000 mm) korkuinen, jotta sillä olisi kehon liikkeitä rajoittava vaikutus. Jos suojarakenne on alle 1 400 mm:n korkuinen, järjestelmään tarvitaan lisäturvallisuustoimia. Näin ollen rakenteen suosituskorkeus on yli 1 400 mm. Robottisolussa on myös oltava standardin SFS-EN 418 mukainen hätäpysäytin. [1.] Muita turvalaitteita ja suojausmenetelmiä ovat esimerkiksi erilaiset turvakatkaisijat, anturit sekä havainnointilaitteet, kuten valoverhot ja turvamatot. Myös ulkoisilla varoituskeinoilla voidaan herättää alueella liikkuvien henkilöiden huomiota vaaratilanteiden välttämiseksi. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi varoittavat vilkkuvalot, varoitusäänet, varoituskyltit ja lattiaan maalatut tai teipatut turvaluemerkinnot. [5.]

3.3.2 Säädökset

Koneiden valmistuksessa on huomioitava joitakin lakeja ja säädöksiä. Myös työnantaja sitoo erilaiset määräykset. Kaiken perustalla on EU:n konedirektiivi (2006/42/EY), jossa esitetään koneiden turvallisuuden perusvaatimukset. Suomalaiset määräykset, eli valtioneuvoston koneturvallisuusasetus (400/2008), sisältävät samoja vaatimuksia ko-

neiden turvallisuudesta. Työnantajan velvollisuuksista koneiden turvallisuutta koskien säädetään valtioneuvoston käyttöasetuksessa (403/2008). Edellä mainittu asetus perustuu EU:n työvälinedirektiiviin, ja se käsittelee koneiden turvallista käyttöä ja tarkastamista. [14.]

Kuvassa 12 nähdään, että konelaki (1016/2004) velvoittaa enemmänkin koneiden valmistajia ja suunnittelijoita. Työturvallisuuslain (738/2002) velvoitteet kohdistuvat pääasiassa työnantajiin. Standardit täsmentävät direktiivien yleisiä vaatimuksia. [14.]



Kuva 12. Koneita koskevat lait ja asetukset. Standardit ovat myös tärkeitä [14]

Esimerkiksi standardissa SFS-EN 755 (Teollisuusrobotit, turvallisuus) on kattavat ohjeet robottijärjestelmän turvallisuusanalyysistä sekä turvalaitteista ja -toimista, joilla varmistetaan robotin riskitön käyttö [9]. Vaikka standardi kohdentuukin lähinnä robottiin laitteena, kannattaa se ottaa huomioon suunnittelun yhteydessä. ISO 11161 -standardi on toinen suunnitteluun liittyvä standardi. Se koskee automaatiojärjestelmien suunnittelua. Vaaratekijöiden tunnistamisen ja riskien arvioinnin apuna voidaan käyttää myös standardeja SFS-EN 1050, SFS-EN 414 sekä SFS-EN 292 osat 1 ja 2. Suojusten ja turvalaitteiden yleiset rakennevaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 292 2. [1.]

3.4 Robotisoinnin perusteet ja sen kannattavuus

Robotisointiin liittyvästä kirjallisuudesta on luettavissa, että useimmiten yritysten tärkeimpänä tavoitteena on tuottavuuden ja sen myötä yrityksen kilpailukyvyn parantaminen. Robotisoinnilla voidaan tavoitella esimerkiksi miehittämättömien käyttöjaksosten osuuden kasvattamista. Sen avulla tuotantokustannukset pyritään pitämään kilpailukykyisinä, joten se nähdään kannattavana rationalisointi-investointina. Robottihanke voidaan kokea strategiseksi panostukseksi tulevaisuuden kannalta. [9.]

Suomalaisen konepajateollisuuden piirissä tehdyn kyselyn perusteella robottien hankintaan vaikuttaneita syitä ovat esimerkiksi

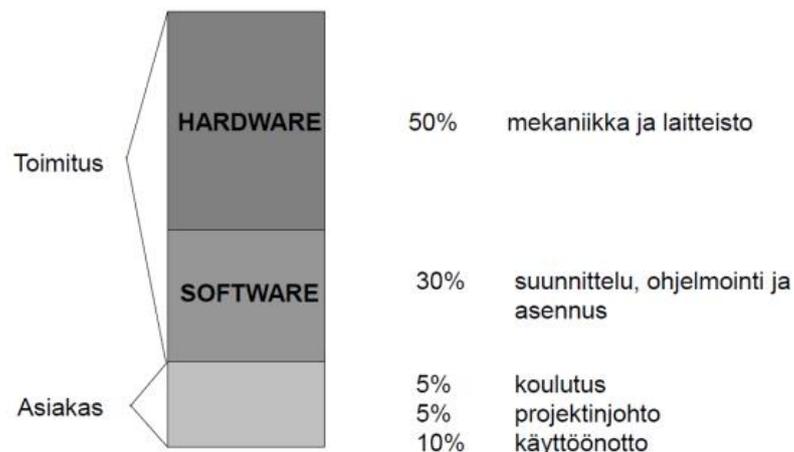
- raskaiden työtehtävien ja kappaleensiirtojen rationalisoinnin, eli järjestyttämisen, tarve
- tarve poistaa turvallisuutta vaarantavia työtehtäviä
- uuden rationalisointitekniikan opettaminen yrityksen henkilöstölle robotisoinnin avulla
- halu siirtyä miehittämättömien tuotantojaksosten käyttöön
- tuotteiden laadun parantamisen tarve
- omakohtaisen tiedon kartuttaminen robottien soveltuvuudesta omaan tuotantoon
- tuottavuuden ja kilpailukyvyn lisäämisen tarve
- koneiden käyttösuhteen parantaminen
- yrityksen imagon nostamisen halu
- tuotantoteknologiassa kilpailijoiden mahdollisesti saavuttaman etumatkan pelko
- asiakkaan vaatimusten myötäileminen alihankintayrityksissä
- puute ammattitaitoisista työntekijöistä avainaloilla
- vaativissakin tuotantotehtävissä mahdollisuus vähemmän koulutettujen työntekijöiden käyttöön [9].

Aaltonen ja Torvinen kertovat oppikirjassaan, että robotisointi on investointi, jonka kannattavuus on selvitettävä luotettavilla kustannus- ja investointilaskelmilla. Jos roboti-

soinnin myötä voidaan työntekijöiden määrää välittömissä tuotantotehtävissä vähentää, selkeät tuotantokustannusten säästöt ovat nähtävissä. [9.]

Robotisointihankkeesta on tehtävä tarkat investointilaskelmat. Kannattavuus selvitetään samoilla kriteereillä kuin muiden resursseista kilpailevien investointien kannattavuus. Jotta saadaan totuudenmukainen kuva investoinnin kannattavuudesta, analyysissä on syytä huomioida painotukset ja tietyt automatisoidun järjestelmän erityispiirteet, esimerkiksi robotin uupumattomuus ja taukojen olemattomuus tai mahdollisuus miehittämättömiin tuotantopaksoihin. Kustannukset jakaantuvat investointi- ja käyttökustannuksiin. [9; 1.]

Kuvasta 13 nähdään robottihankkeen kustannusrakenne. Robotti-investointiin kuuluu järjestelmän hankinnan lisäksi tavallista konehankintaa runsaampi tiedollinen osuus [1]. Joissain tapauksissa robottijärjestelmän suunnittelu ja oheislaitteet voivat ylittää hankintahinnan. [9.]



Kuva 13. Robottiprojektin kustannusrakenne [1]

Investointikustannuksia ovat suunnittelukustannukset, järjestelmän hankintakustannus, asennus- ja käyttöönottokustannukset, työvälineiden ja oheislaitteiden hankintakustannukset sekä muut kustannukset. Muilla kustannuksilla tarkoitetaan lisäkustannuksia, jotka eivät sisälly edellä mainittuihin ryhmiin, kuten esimerkiksi tarvittavat käsi-työkalut, turva-aidat tai valoverhot. **Käyttökustannuksia** taas ovat välittömät (käyttäjät) ja välilliset (käyttöä tukevat ja avustavat henkilöt) palkkakustannukset, energia-, aine-

ja tarvikekustannukset, koulutuskustannukset sekä huolto- ja kunnossapitokustannukset. [9; 1.]

Yksinkertaisin kannattavuustarkastelu on laskea robottijärjestelmän takaisinmaksuaika eli aika, jonka kuluessa robottijärjestelmään tehdyt investoinnit on saatu kuitattua tuot-
tojen ja säästöjen avulla. Robotti-investoinnin takaisinmaksuaikaa tarkasteltaessa nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että vuosi tai lyhempi aika takaa investoinnin kannattavuuden, kaksi vuotta on vielä hyväksyttävissä ja yli kolme vuotta johtaa projektin hylkäämiseen. Tarkempia laskelmia voidaan tehdä esimerkiksi annuiteettimenetelmin sekä sijoitetun pääoman tuottojen avulla. Robottijärjestelmän tuomia säästöjä voivat olla materiaalien käsittely-, materiaali- ja palkkakustannusten pieneminen, keskeneräisen tuotannon väheneminen, virheellisten kappaleiden ja niiden korjaamisen välttäminen, laitteiston käyttöasteen paraneminen, tilan tarpeen väheneminen sekä valmisvaraston pieneminen. [9; 1.]

3.5 Käytetyt robotit

Ohjelmoitavana automaatiolaitteena robotti on helposti siirrettävissä uusiin käyttösovel-
luksiin. Robotteja sijoitetaan uudelleen niin yritysten sisällä kuin yritysten välilläkin. Käyttötuntien määrä sekä robotin ikävuodet vaikuttavat käytettyjen robottien hintoihin. Vanhat robotit ovat epätarkkoja ja niiden ohjauslaitteet ja -järjestelmät vanhanaikaisia. Käytettyä robottia hankittaessa on hyvä huomioida, että uudella robotilla jatkuva käyttö aiheuttaa nivelien ja toimilaitteiden huoltotarpeen jo parin käyttövuoden jälkeen. Ikään-
tyessään robotti siirretään usein tarkkuudeltaan vähemmän vaativiin tehtäviin. Näin ollen se palvelee useita vuosia ilman merkittäviä kunnostustöitä. Yleensä käytetyn ro-
botin edullinen hankintahinta tekee investoinnista nopeasti kannattavan. [9.]

Robotin hankintaan kannattaa aina panostaa riittävästi, etenkin jos robotit ovat käytet-
tyjä. Robotin puutteellinen tekninen dokumentaatio ja asiantuntevan tukiorganisaation puute saattavat aiheuttaa käyttöönoton yhteydessä ongelmia. Ennakoimattomia tark-
kuusongelmia voivat usein aiheuttaa robotin huolimatonta asentaminen sekä tarkan do-
kumentaation puute. Lisäksi on otettava huomioon, että myyjäyrityksellä harvoin on
resursseja siirtää laitteen mukana käytön edellyttämää tietotaitoa. Käytössä häiriöt ja
ongelmat harvemmin poikkeavat uusien robottien käyttöongelmista. Tällöin valtaosassa

häiriöistä syynä on lisä- ja oheislaitteet. Vanhojen robottien ohjelmointi voi myös olla oletettua kankeampaa. [9.]

3.6 Automatisoinnin ja robotisoinnin vaikutukset työpaikalla

1970-luvulla automaatio yleisesti ottaen herätti pelkoa siitä, että teknologisen kehityksen ja automaation seurauksena menetetään työpaikkoja. Huolta aiheutti myös se, että maan kilpailukyky kärsii, jos ei pystytä automatisoimaan tarpeeksi nopeasti. Huoli työpaikkojen menetyksestä onkin tavallaan toteutunut. Menneen teollisen yhteiskunnan työpaikat ovat korvautuneet uusilla tietoyhteiskunnan työpaikoilla. Töiden muoto ja sisältö ovat siis muuttuneet, eikä esimerkiksi fyysisesti raskaita työpaikkoja ole niin paljon kuin aiemmin. Kaikissa teollisissa yhteiskunnissa on sovellettu automaatiota, jotta kilpailukyky säilyisi. Kansantalouden ja tietoyhteiskunnan kilpaetuna nähdäänkin kyky soveltaa automaatiota tehokkaasti. [12.]

Automaation myötä on tullut myös massatuotanto. Kaikkea saadaan tuotettua halvalla, energiaa sekä raaka-aineita säästämällä. Valmiit tuotteet ovat myös luotettavia ja tasalaatuisia. Joissakin tapauksissa nykyaikaisten tuotteiden tekeminen pelkällä ihmistyöllä olisi mahdotonta. Teollinen tuotanto jaetaan usein toiminnallisesti prosessi- ja kappale-tavarateollisuuteen. Kappale-tavaratuotannossa robotti on tärkeä komponentti. [12.]

Joskus ihminen ja automaatio nähtiin toistensa vastakohtina. Nykyään kuitenkin tiedetään, että automaatoratkaisut luodaan täysin ihmisten ehdoilla. Järjestelmästä ei ole mitään hyötyä, ellei ihminen sitä pysty käyttämään. Yksi tärkeä lähtökohta on se, että järjestelmä on ihmiselle turvallinen. [12.]

Kuten automaatio yleisesti, ovat robotitkin kautta aikain aiheuttaneet huolta työpaikkojen vähenemisestä. Robotisoinnin yksi suuri seuraus on sen tuottama työttömyys. Jotkut vanhemmat työntekijät voivat kuitenkin turvautua esimerkiksi ennen aikaiseen eläköitymiseen. Joka tapauksessa työttömyys ja työelämän muuttunut dynamiikka voivat aiheuttaa paljon sosiaalista levottomuutta paikallisella, alueellisella tai jopa kansallisella tasolla. [15.]

Robotisoinnin vaikutuksia työpaikkoihin voidaan kuitenkin hidastaa esimerkiksi esittämällä uudet automatisointiratkaisut, kun vanhemman polven työntekijät ovat eläköity-

misen partaalla. Toisaalta robotisointia voidaan pitää myös työpaikkoja pelastavana tekijänä riippuen siitä, miten asiaa haluaa katsoa. Kuten aiemmin jo kävi ilmi, ihmistyöpainotteiset tehtaatkään eivät voi enää olla ratkaisu tarvittavan tuottavuuden säilyttämiseksi. Korkeasti automatisoidut tehtaas yleensä tuottavat parempaa ja halvempaa laatua. Kun vähän tai ei yhtään automatisoitu yritys joutuu sulkemaan ovensa, koska ei pärjää maailmanlaajuisessa kilpailussa, kaikki häviävät. Teollisuusrobotti ei siis ole roisto eikä sankari. [15.]

Koska monet vaikeasti mitattavissa olevat seikat vaikuttavat, on melko vaikeaa ennustaa tarkasti, kuinka moneen teollisuusrobotin saapuminen tehtaalle vaikuttaa. Kaikki teollisuusmaat kohtaavat epävarman suhteen lisätyn automaation ja ”merkittävän” henkilöstön välillä. Yksi asia on kuitenkin selvää: nykyaikaiset robotit ovat muuttaneet ja muuttavat edelleen työympäristöä sekä määrittelevät uudelleen tehtaan ja niin sanottujen sinikaulustyöntekijöiden käsitteitä. [15.]

Robotin tai robottien saapumisella työpaikalle voi olla myös suuri psykologinen vaikutus pääosin tehtaan työntekijöihin. Psykologien mukaan työn menettäminen tai pelko sen menettämisestä on yksi suurimmista stressin aiheuttajista. Monet voivat pitää työtään osana persoonaansa etenkin, jos on pitkä työura takana. Mahdollisesti suurin psykologinen loukkaus työntekijälle on tulla täysin koneen korvaamaksi. Kuka tahansa tällaisen kokenut saattaa alkaa kyseenalaistaa kokonaisvaltaisesti arvoaan ihmisenä. Ainakin siinä tapauksessa, jos henkilö on kokenut työnsä elämäkseen. [15.]

Hyvin ja asianmukaisesti työpaikkaan sekä työprosessiin integroituna teollisuusrobotit voivat nostaa työntekijöiden itsetuntoa tarjoamalla merkityksellisempää, mielekkäämpää ja haastavampaa työtä. Huonosti toteutettuna taas robotin yhtäkkinen saapuminen voi heikentää työntekijän tuntoa omasta merkityksellisyydestään. Pian voi hävitä pohja saavutuksilta ja ammattitilpeydeltä. Jopa uskollisuus omaa yhtiötä kohtaan voi hälvennyä. Robotti voidaan nähdä roistona, ja se saattaa lisätä jännitystä yhtiön johdon sekä tehtaan työntekijöiden välille. [15.]

4 Jäysteenpoisto

4.1 Jäyste

Ylimääräinen ja epätoivottu ulkonema kappaleessa on jäystettä. Sitä kerääntyy koneistusprosessin aikana kappaleen reunoihin, kulmiin, reikiin sekä sisäosiin. Jokaisessa kappaleessa ilmenevä jäyste on aina yksilöllistä ja tuokin haastetta jäysteen poistamiseen. [16.]

Tarkemmin sanottuna kappaleen muodonmuutoksen seurauksena syntyy yleensä jäystettä, esimerkiksi valamisessa ja koneistuksen aikana. Valamisessa tullutta jäystettä kutsutaan purseeksi ja sitä syntyy valumuottien väliin paineen vaikutuksesta. Jäysteen syntyä on mahdoton ehkäistä, ja jäysteettömän pinnan tavoitteluun kuluisi paljon koneistusaikaa ja siksi myös rahaa. Koska kappaleiden jäyste on myös yksilöllistä, sen muodostumista ei voida täydellisesti hallita. [16.]

Jäysteestä on myös haittaa, joten sen poistaminen on oleellista. Se esimerkiksi heikentää lopputuotteen kokoonpantavuutta. Heikkenemisen syynä on kokoonpantavien kappaleiden reunoissa oleva jäyste. Kappaleista irtoavat lastut voivat kuluttaa tai jumittaa erilaisia mekanismeja. Mitoitukset muuttuvat jäysteen vuoksi epätarkoiksi. Jäyste voi myös aiheuttaa ennenaikaista korroosiota. [16.] Tässä työssä keskitytään vain manuaaliseen ja robotisoituun jäysteenpoistoon.

4.2 Manuaalinen jäysteenpoisto

Jäysteenpoistolla yleisesti tarkoitetaan työmenetelmää, jolla jäyste saadaan poistettua kappaleesta. Manuaalinen jäysteenpoisto taas tarkoittaa käsin tehtävää jäysteenpoistoa. [16.] Manuaalinen jäysteenpoisto soveltuu ja on helposti toteutettavissa pieniin eräkokoihin ja sarjoihin. Edellä mainitussa tapauksessa jäysteenpoiston kustannukset pysyvät alhaisina. [16; 17.]

Hyviä puolia manuaalisessa jäysteenpoistossa ovat edulliset työkalut, jotka toimivat usein paineilmalla [16]. Osaava ihminen saa manuaalisesti jäysteen poistetuksi nopeasti ja siististi. Ihminen on myös robottia joustavampi työssään, koska hänen on helppo

ottaa kappaleen ja jäysteen muodot huomioon. Henkilö voi käsitellä erikokoisia kappaleita sujuvasti ja pääsee suhteellisen helposti hankaliinkin paikkoihin. [16; 17.]

Huonoja puolia manuaalisessa poistossa ovat työn yksitoikkoisuus, likaisuus, meluisuus ja epätasainen laatu eli työntekijän ”käden jälki”. Toisaalta huolelliset ja osaavat henkilöt voivat tuottaa niin sanottua ylilaatuakin. Käsien tehtävä työ on kuitenkin myös riskialtista ja terveydelle haitallista. Manuaalinen jäysteenpoisto on kuitenkin yleisimpiä tapoja poistaa jäystettä. [16; 17.]

4.3 Robotisoitu jäysteenpoisto

Yleisesti ottaen robottien käyttö korvaamaan ihmisiä raskaissa ja kuluttavissa käsityövaiheissa on ollut pitkään kappaleenkäsittelysovellus. Tämän myötä myös jäysteenpoisto on iso nykyajan automatisoinnin osa-alue, ja se on yleistynyt nopeasti. Yhä tehokkaampia jäysteenpoistosoluja kehitetään jatkuvasti. Kun alkuasennukset tehdään huolellisesti, robotilla saadaan aikaan tasainen laatu ja kappalevirta. Tuotteiden eräkojen ollessa tarpeeksi suuria tästä vaihtoehdosta saadaan suurimmat hyödyt. Robotilla toteutettu jäysteenpoisto on kustannustehokas ratkaisu. [9; 16; 17.]

Robottia voidaan käyttää kappaleiden viimeistelyssä siten, että se liikuttaa joko työkalua tai työstettävää kappaletta. Robotti toistaa ohjelmoidut liikkeet tarkasti ja väsymättömästi, mutta toisaalta myös tyhmästi. Siltä vaaditaan monipuoliset liikemahdollisuudet, jotta hankalatkin kappaleet pystytään viimeistelemään tarvittavalla tarkkuudella. Robottisovellusten ongelmana voi olla takaisinkytkentätietojen saaminen työprosessista. Yleisesti ottaen roboteissa on valmiudet ulkopuolisten anturitietojen käsittelyä varten. Vaikeutena voi kuitenkin olla seuranta-antureiden, jotka indikoivat prosessiparametrien muutoksia, puute. Usein myös itse prosessiparametreista voi olla puutteelliset tiedot, mikä myös osaltaan tuo omat vaikeutensa toimivaan toteutukseen. [9.]

Ongelmia luovat myös tarpeeksi tarkkojen paikoituspisteiden saaminen. Työkalujen tulisi kestää mahdollisimman kauan. Tarvitaan riittävästi joustoa, mutta sitä ei saa kuitenkaan olla liikaa, jottei työstön jälki jää huonoksi. Jäyste täytyy saada poistettua tasalaatuisesti sekä mahdollisimman tarkasti. [16.] Hyvinä puolina voidaan myös ajatella, että robotti vapauttaa työvoimaa tuottavampaan työhön. Ammattitaitoista henkilökuntaa

voidaan käyttää eri tehtävissä, kun vähän lisäarvoa tuottavan työn tekee robotti. Automaatio yleisesti parantaa turvallisuutta, ja henkilöstön työolosuhteet paranevat. [17.]

4.4 Työkalut

Kappaleiden muotopoikkeamat aiheuttavat epätarkkuutta robotissa käytettävien työstävien työkalujen, tässä tapauksessa jäysteenpoistotyökalujen, kanssa. Ongelmaa usein pienennetään joustavien työkalujen avulla. Kun jäyste aiheuttaa voimia työkaluun, se joustaa. Joustavuutta voidaan käyttää jopa hyväksi jäljen tasoittamisessa, kunhan se on sopivasti ja tarkoin suunnattu. Näin ollen robotin ja ympäristön välinen epätarkkuus ei pääse aiheuttamaan prosessissa ongelmia. Tällä ominaisuudella on positiivisia vaikutuksia myös robotin anturiohjauksen viiveiden vaikutusten poistamiseksi. [1.]

Paineilmaa tai sähköä käytetään yleensä jäysteenpoiston työkalujen voimanlähteenä. Viilat ovat yleisimpiä käytössä olevia jäysteenpoiston työkaluja. Viiloja käytetään sekä automaattisessa että manuaalisessa jäysteenpoistossa. Ne ovat joustavia ja monipuolisia työkaluja. Sopivia viilan syöttönopeuksia ovat 5–250 mm/s. Harjatyökaluilla taas viimeistellään pintoja ja niiden epäkohtia. Jälki on hienompaa kuin viilatyökaluilla. Metallin työstössä käytetään teräsharjoja. Niiden huono puoli on harjan kulumisen käyttökelvottomaksi pitkän aikajakson jälkeen. Harjat soveltuvat oikeastaan vain käsin tehtävään työhön. [16.]

Hiomatyökaluilla taas saadaan kappaleiden pinta tasaiseksi. Hiomalla saadaan irrotettua vain pieni määrä ainetta. Yleinen tapa on käyttää hiomapaperia. Metallin hiomisessa voidaan kitkan vähentämiseksi käyttää erilaisia öljyjä tai synteettisiä nesteitä. Muita mainitsemisen arvoisia jäysteenpoistotyökaluja ovat erilaiset jyrsimet. Niillä jäysteenpoisto on hieman karkeampaa kuin edellä mainituilla työkaluilla ja niitä käytetään, jos jäyste on suurta ja paksua. Kierrosnopeus on suuri. Jäysteenpoistomenetelmiin kuuluvat myös jäysteenpoistouunit sekä raepuhallus. [16.]

5 Yrityksen jäysteenpoistorobotti

5.1 Miksi robotti päätettiin hankkia?

Jäysteenpoistorobotin hankinnan syitä kysyttiin haastatteluissa robottiprojektissa mukana olevilta tai olleilta henkilöiltä. Ne toteutettiin avoimina haastatteluina viidelle toimihenkilölle yrityksen tiloissa. Tähän lukuun on koottu haastatteluissa nousseita vastauksia [18; 19; 20; 21; 22]. Robotin hankkimisesta on ollut puhetta pitkään ennen varsinaista hankintaa. Haastatteluissa keskeiseksi syyksi nousi viilareiden eläköityminen lähivuosina. Nykypäivänä on hankalaa löytää työntekijöitä, jotka suostuisivat tekemään niin kuormittavaa työtä kuin viilareiden työ on. Tästä heräsi kysymys, miten eläköityvät työntekijät korvataan ja saadaan lisää kapasiteettia. Jäysteenpoistorobotin koettiin olevan varteenotettava vaihtoehto.

Toiseksi keskeiseksi syyksi nousi työmäärän ja -kuorman helpottaminen pääasiassa viilareilta. Suoriutuminen on osoittautunut vaikeaksi nykyisellä työkapasiteetilla. Toisaalta myös työnjohdon työtaakka kevenee, koska on helpompi nähdä ja laskea, kuinka monta kappaletta robotti valmistaa ja missä ajassa. Näin ennakoitavuus paranee. Kun robotti työstää kappaleita, ajallista hajontaa ei esiinny samalla tavalla kuin eri työntekijöiden välillä.

Haastatteluissa ilmeni lisäksi, että yleisen mielipiteen mukaan automatisointi yleisesti on nykypäivää ja yrityksen on tärkeää pysyä perässä tässä kehityksessä. Monet yrityksen asiakkaistakin tekevät vastaavanlaista jäysteenpoistoa automatisoidusti. Robotisoinnin myötä haetaan kustannussäästöjä ja tuotteiden tasaisempaa laatua.

Yhtenä näkökulmana oli työturvallisuus ja -terveys. Viilaamossa tapahtuu muutamia työtapaturmia vuodessa erityisesti silmiin ja käsiin. Robottisolussa tulee olemaan myös katto, joten ilmassa olevan viilaspölyn vähentyessä yleinen työterveys paranee.

Haastatteluissa selvisi myös, että yleisesti ottaen yrityksessä pyritään lisäämään automaatiotasoa koko ajan. Varsinaisia tarkkoja suunnitelmia ei vielä ole, mutta tällä robotilla on tarkoitus testata, miten jäysteenpoisto onnistuu robotilla juuri yrityksen tekemistä tuotteista. Yrityksessä on kuitenkin jo muuta automatisointia. Aiemmin on ollut robottikin, mutta tällaista vastaavanlaista jäysteenpoistoon tarkoitettua robottisovellusta ei ole

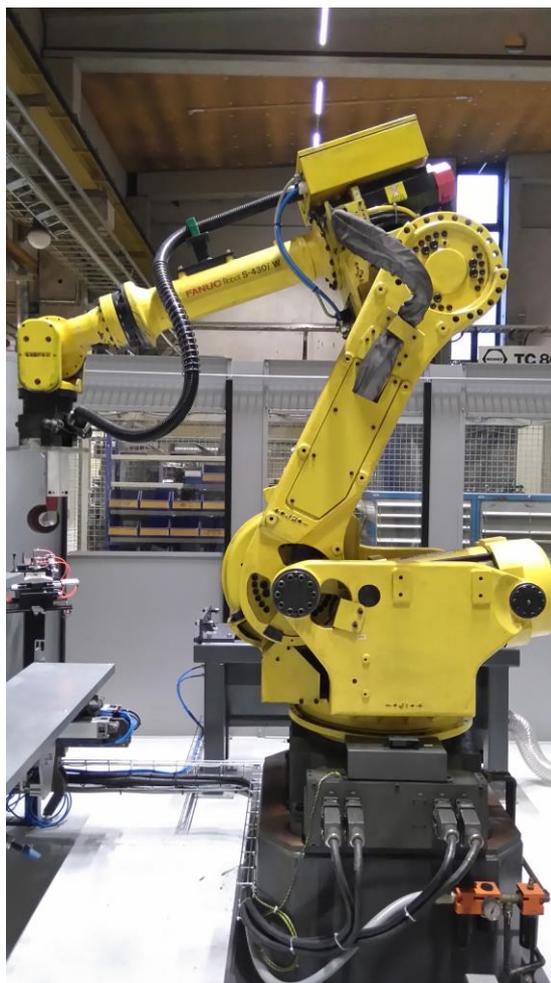
ollut. Tällä hetkellä yrityksessä tehdään niin pieniä eräkokoja, ettei tuotantoa kannata vielä täysin automatisoida. Asiakastarpeiden myötä vuosittaiset volyymit voivat kuitenkin kasvaa. Asiakastarpeiden ja volyymien nousun myötä taas on tarkoitus rakentaa esimerkiksi täysin automatisoituja soluja. Tällöin solut toimisivat mahdollisimman itsenäisesti ilman ihmisen apua.

Miksi sitten päädyttiin juuri 6-akseliseen nivelrobottiin? Yrityksen jäysteenpoistorobotti ostettiin käytettynä. Siispä halpa hinta oli yksi syy juuri tämän kyseisen robotin hankintaan. Myöskään pienempi määrä akseleita ei riittäisi, koska robotille täytyy pystyä ohjelmoimaan halutut liikeradat, jotta jäysteenpoisto olisi mahdollista. Kappaleiden viilaamiseen vaadittavat liikeradat ovat sellaisia, että kuusinivelinen robotti on oikeastaan ainut vaihtoehto. Tämä sovellus on myös yleinen tapa jäysteenpoistossa.

5.2 Toiminnan kuvaus

Yrityksen viilausrobotina toimii Fanucin S-430iW-robotti (kuva 14) ja ohjausyksikkönä Fanuc System R-J3. Kyseessä on käytetty robotti, joka on jokseenkin vanha. Se on valmistettu vuonna 1999. Robotti on ollut hinnaltaan halvempi kuin uusi ja toimii ikään kuin hyvänä harjoituksena robotisoinnista. Kun robottisolu saadaan toimivaksi, voidaan automatisointia lisätä ja hankkia uusia robottisysteemejä lisäksi. Jäysteenpoistorobottisolussa olisi ihanteellista olla kaksi robottia: toinen kappaleiden siirtämiseen ja toinen pelkästään viilaamiseen. Tämä kyseinen Fanucin robotti on jokseenkin iso viilaukseen, pienempikin olisi riittävä. [23.]

Ohjelmointia hoidetaan tietokoneella, johon hankitaan Fanucin ohjelmointiohjelma, jonka hinta on noin 3 000 €. Ohjelmaan voi ladata 3D-mallin kappaleesta ja sen avulla opettaa tarvittavat liikkeet robotille. Se on helpompaa ja nopeampaa verrattuna käsin opettamiseen. [23.]

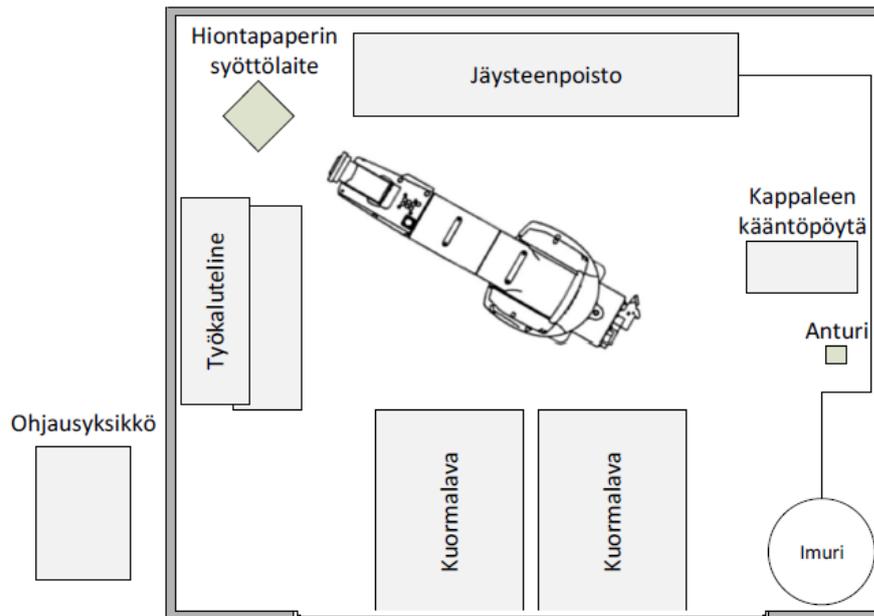


Kuva 14. Fanucin S-430iW-robotti. Vasemmalla työkalupöytä ja takana työstöpöytä.

Työstettävät kappaleet tuodaan robottisoluuun (kuva 15) lavoilla. Lavoihin mahtuu viisi tai kuusi kappaletta kerrallaan. Lavojen on oltava tietyn kokoisia, jotta ne mahtuvat soluun ja ovet saadaan kiinni. Solussa on kaksi lavapaikkaa. Lavalla olevien kappaleiden määrä on ilmoitettava aina robotille lavan saapuessa soluun. Robotti ei tiedä sitä automaattisesti.

Kun kappaleet ovat solussa ja ovet ovat kiinni, robotti nostaa yhden kappaleen lavalta tarttujallaan. Se käy anturilla tarkastamassa kappaleen asennon ja käy ottamassa uuden otteen kääntöpöydällä, minkä jälkeen robotti käy uudestaan tarkistamassa kappaleen oikean asennon. Robotin on tehtävä kappaleen asennon tarkistus kahdesti, koska kappaletta siirreltäessä ja käänneltäessä se voi päätyä väärään asentoon. Kappale viedään viilauspöydälle työstettäväksi. Robotti käy vaihtamassa tarttujan jäysteenpoistotyökaluun ja siirtyy työstämään kappaletta viilausasemalle. Robotti käy vaihtamassa uuden työkalun ja jatkaa kappaleen työstämistä. Tällä hetkellä työkaluja on viisi erilais-

ta ja jokainen työkalu on käytössä sekä jokaiselle on omat tehtävänsä. Kun kaikki työkalut on käyty läpi, robotti vaihtaa takaisin tarttujaan ja kääntää kappaleen kääntötelineellä ja toistaa edellä mainitut työvaiheet myös toiselle puolelle. Kun koko kappale on käyty läpi ja se on niin valmis kuin robotti voi sen tehdä, vie robotti sen takaisin lavalle, josta sen ottikin, ja siirtyy seuraavaan kappaleeseen. Robotti jatkaa automaattista työkentelyään niin kauan, kunnes lavalla olevat tuotteet ovat kaikki valmiita.



Kuva 15. Robottisolun yleiskuvaus

Aluksi robottisolussa on tarkoitus työstää kahta erilaista kappaletta [23]. Kun sovellus saadaan toimivaksi, muidenkin tuotteiden työstöä voidaan harkita.

Tällä hetkellä, kun yrityksessä toimitaan ilman robottia, työnkierto on sellainen, että kappaleet menevät työstökeskukselta viilattavaksi. Sen jälkeen ne viedään kuulapuhallukseen. Robotin ollessa käytössä on kaksi tapaa toimia: joko työstökeskuksesta robotin viilauksen kautta kuulapuhallukseen tai työstökeskuksesta kuulapuhalluskoneen kautta robotin viilattavaksi. Robotin käsittelyn jälkeen on joka tapauksessa tehtävä vielä visuaalinen tarkastus ja korjattavat mahdolliset virheet sekä painaumat kappaleista manuaalisesti, sillä robotilla ei ole silmiä. Jälkiä voi olla sellaisissa paikoissa, joita robotin ohjelmassa ei edes käsitellä. Paremminkin soveltuva vaihtoehto on vain selvitettävä kokeilemalla. [23.] Ensimmäisen vaihtoehdon etuna on se, että leikkuunestettä ei pääse niin helposti kuulapuhalluskoneeseen. Nesteen pääseminen koneeseen aiheuttaa

ongelmia esimerkiksi puhallusrakeen tukkeumina putkistossa. Toisen vaiheen etuna taas voitaisiin nähdä se, että siinä tapauksessa tarvitaan vähemmän robotille meneviä kuormalavoja. Poistettavaa jäystettäkin saattaa olla vähemmän, koska kuulapuhallus synnyttää vain pientä jäystettä. [24.]

Robotin oikeanlaisen ja toivotun toiminnan saavuttamiseksi on omia haasteitaan. Esimerkiksi robotin käytössä olevat erilaiset viilaustyökalut kuluvat käytössä ja kuluttuaan aiheuttavat epätarkkuutta ohjelmaan. Kuluminen on epätasaista, ja siihen olisi hyvä saada jonkinlainen kontrolli. Purso-Toolsin asiakkaalla viilataan samoja kappaleita. Tämä prosessi on miltei sama kuin Purso-Toolsilla sillä erotuksella, että se on täysin automatisoitu. [23.]

Myöhemmin robottisolua on vielä tarkoitus kehittää, kunhan nykyinenkin toteutus vain on ensin saatu toimintaan. Jos tämä ratkaisu koetaan hyväksi, voitaisiin tehdä esimerkiksi siten, että nykyinen robotti hoitaisi vain kappaleiden siirron ja toinen pienempi robotti tekisi varsinaisen jäysteenpoiston. [18; 21.] Kahden robotin etuna olisi se, että isompi, vanhempi ja siitä johtuen epätarkempi robotti tekisi sellaista työtä, joka ei vaadi niin suurta tarkkuutta. Pienempi robotti tekisi tarkkuutta vaativan työn ketterästi. Myöskään kahdella robotilla ei menisi tarttujan ja työkalujen vaihtamiseen aikaa, toisin kuin yhdellä robotilla menee.

Kahden robotin ratkaisussa soluun mahdollisesti liitettäisiin myös rullarata. Muutenkin tulevaisuudessa voidaan tutkia mahdollisuuksia parantaa materiaalin virtausta soluun ja sieltä pois. Tätä nykyistä robottisolukokonaisuutta voidaan siis pitää eräänlaisena beta-vaiheena. Sitten kun volyymit kasvavat, robottien määrää voitaisiin lisätä. Robottien kannattava määrä riippuu kappaleiden määrästä. On otettava myös huomioon, että jotkut kappaleet voivat olla erittäin haastavia viilata robotilla. [18; 21.]

5.3 Käyttöönoton haasteet

Haastatteluissa nousi selkeästi esille, että robottiprojektille ei ole alusta alkaen ollut selkeää suunnitelmaa. [18; 19; 20; 21; 22] Projektin suunnittelu on ollut puutteellinen. Aikataulut, vastuut, kustannukset ja tavoitteet eivät ole olleet selkeitä. Toinen vaikuttava tekijä, jonka huomaa nyt ongelmoina käyttöönotossa, on se, että vastuuhenkilö on vaihtunut projektin aikana. Projektissa on ollut myös useita eri alihankkijoita. Vastuut

alihankkijoiden ja yrityksen välillä ovat olleet hieman epäselvät, eikä alihankkijoita ole valvottu riittävästi. Yrityksellä itsellään ei ole ollut tarpeeksi resursseja projektin läpivientiin ja käyttöönottoon. Myöskään aikaisempaa kokemusta ei ole vastaavista soveluksista.

Projektin peruspilarit ovat olleet vähän hukassa, eli resursseja, aikatauluja, kustannuksia ei ollut määritelty tai valvottu tarpeeksi tarkasti. Vaatimuksienkin määrittelyn kanssa olisi ollut parantamisen varaa. Tämän kaltaiselle projektille on varattava tarpeeksi aikaa. Tällä kertaa aikataulutavoitteet olivat hieman liian optimistisia. Haastatteluissa nousi esille useasti se seikka, että eniten käyttöönoton haasteisiin on vaikuttanut jokseenkin huono projektin johto. Kantapään kautta opittiin myös, että robotin ohjelmointi voi olla sen iän vuoksi hieman hankalaa.

Teknisestä näkökulmasta haasteita on tuonut se, ettei ajoissa osattu ottaa huomioon aihokappaleen mittojen vaihtelua. Menetelmäsuunnittelun olisi pitänyt olla enemmän mukana projektin alussa, jotta olisi saatu huomioitua kaikki mahdolliset kappaleet ja kokoerot. Lisäksi hankaluutta on lisännyt se, että ensimmäistä karkeaa työnkiertoa on vielä muutettu ennen sen hienosäätöä.

Kaiken kaikkiaan kunnollisen projektisuunnitelman puuttuminen ja vastuuhenkilön vaihtaminen kesken projektin ovat olleet suurimpina ongelmina robotin käyttöönottovaiheessa. Projekti on yritetty viedä läpi mahdollisimman kustannustehokkaasti ja nopeasti. Näistä lähtökohdista on seurannut ongelmia. Halvalla ei saa uutta robottia ja käytetyn mukana voi tulla odottamattomia vastoin käymisiä, kuten luvussa 3.5 käsiteltiin. Yrityksellä ei ollut myöskään tarpeeksi resursseja nopeaan aikatauluun.

6 Robotin tuomat vaikutukset

6.1 Vaikutus läpimenoaikaan

Tavoitteena on, että läpimenoaika nopeutuisi robotin myötä. Tämän seurauksena viilareillekin vapautuisi resursseja muuhun työhön eli sellaisiin työvaiheisiin, joita robotilla ei edes voitaisi toteuttaa. Tällä hetkellä erityisesti viilarit ovat hyvin ylityöllistettyjä, joten ihan ensimmäiseksi robotti tulee helpottamaan heidän työtaakkaansa. Robotin vaiheajasta ei ole vielä tarkkaa tietoa. Alustavien arvioiden mukaan robotin ansiosta tuotanto nopeutuisi. [18; 19; 20; 21; 22.] Viilauksen osalta käytetty aika laskee kolmanneksen robotin myötä [22]. Haastatteluissa oltiin yhtä mieltä myös siitä, että eräkokoihin robotti ei varsinaisesti tule vaikuttamaan paitsi ehkä ajan myötä.

Robottisolussa työstettyjen kappaleiden välillä ei myöskään ole ajallista hajontaa niin paljon, kuin ihmisten käsittelemien kappaleiden välillä voi olla. Robotin ei myöskään tarvitse pitää taukoja, vaan se voi väsymättömästi toistaa sille tarkoitettuja työvaiheita. Kuten teoriaosuudessakin kävi ilmi, robottien myötä kappaleiden valmistus yleensä nopeutuu. Työssä oli tarkoituksena vertailla ihmisen ja robotin käyttämiä aikoja, mutta käyttöönoton viivästyttyä tarkat mittaukset jäivät toteuttamatta.

Robotin mahdollinen vioittuminen tai rikkoutuminen vaikuttaisivat suoraan läpimenoaikaan. Tässä tapauksessa manuaalisesti toteutettu työ on kuitenkin helposti varalla, jos näin sattuisi käymään. Lähtökohtaisesti robotin pienet vikatilanteet hoitaisi käyttäjä. Joitakin kriittisiä varaosia kaavaillaan hankittavaksi varalle, jotta mahdollinen huolto pystytään toteuttamaan nopeasti tilanteen niin vaatiessa. Jos tulevaisuudessa käyttöön saataisiin useampi robottisol, ei oltaisi vain yhden solun varassa.

6.2 Vaikutus kustannuksiin

Robotti ostettiin käytettynä maaliskuussa 2015, ja sen hinta oli noin 10 000 euroa. Investoinnin ollessa pieni takaisinmaksuajankin odotetaan olevan lyhyt eli noin puolesta vuodesta vuoteen. Robotin hinnan lisäksi on kuitenkin muitakin kustannuksia, kuten sitä ympäröivän solun hinta ja muut oheislaitteet, tuleva 3D-ohjelmisto sekä henkilöiden käyttämä työ määrä. Vuoden takaisinmaksuajan myötä voidaan jo olettaa, että robotisointi on kannattavaa.

Käyttökustannuksista päälimmäisiksi nousevat huolto- ja kunnossapitokustannukset. Aaltosen ja Torvisen mukaan voidaan ajatella, että nämä kustannukset ovat noin 10 % hankintahinnasta [9]. Edellä mainitun nyrkkisäännön mukaan tässä tapauksessa ne olisivat siis 1 000 euroa. Kyseistä ajatusmallia ei välttämättä voi kuitenkaan soveltaa suoraan käytettyihin robotteihin. Koulutusmenotkin voidaan toteuttaa investointimenojen kaltaisesti erillisinä koulutuksina. Yleisesti ottaen koulutus on kuitenkin koko ajan jatkuvaa.

Robottijärjestelmän tuomat säästöt voivat olla merkittäviäkin. Aiemmin työssä mainittiin yhtenä esimerkkinä keskeneräisen tuotannon väheneminen. Tuotannon lyhentynyt läpäisy-aika, nopeat vaiheajat sekä miehittämätön käyttö alentavat keskeneräisen tuotannon määrää, mikä taas vaikuttaa kustannuksiin. Vaiheajalla tarkoitetaan työsuorituksen jalostavaa vaihetta. Tässä tapauksessa säästöjä syntyy myös palkkakustannuksista, koska yksi työntekijä eläköityy ja robottijärjestelmän olisi tarkoitus korvata tämä henkilö. Robotin myötä myös esimerkiksi väsymyksestä johtuvat inhimilliset virheet vähenevät.

Robotisoinnin odotetaan lisäävän kustannustehokkuutta eli kykyä tuottaa matalin tuotantokustannuksin. Robotin käyttöönoton ollessa vielä kesken ei robotin käyttämä aika ole vielä tiedossa, mutta oletettavasti se tulee lyhentymään verrattuna manuaalisesti toteutettuun työhön. Työntekijöiden haastatteluista kävi ilmi, että eräässä toisessa yrityksessä vastaavanlaisten tuotteiden läpimenoaika on 15 minuuttia [25]. Läpimenoajan nopeuduttua kustannuksetkin pienenevät. Aika on rahaa.

Robotisoinnin tuomat säästöt kuitenkin edellyttävät, että robotti on käytössä. Käyttöönoton haasteet ja viivästyminen voivat aiheuttaa itsessään joitakin kustannusmenoja. Robotin seistessä paikallaan se luonnollisesti kuluttaa enemmän kuin tuottaa. Jäyteenpoistorobotilla on kuitenkin hyvät edellytykset kannattavaksi sovellukseksi.

6.3 Vaikutus laatuun

Yhtiön odotukset robotin työstämien kappaleiden laadun suhteen ovat yksinkertaiset: tavoitteena on pystyä vastaamaan asiakkaiden laatuvaatimuksiin, kuten piirustusvaatimuksiin ja laatuohjeisiin. Lähtökohtaisesti asiakkaiden vaatimukset ovat korkeat. Tasalaatuisuus nousi myös esille, vaikka totta kai robotinkin käsittelemissä kappaleissa

voi olla laadussa hieman vaihtelevuutta. Halutaan myös, ettei ihmisen enää tarvitsisi käsitellä niitä pintoja, jotka robotti on jo käsitellyt. Robotin myötä myös niin sanottu yli-laatu vähenee. [18; 19; 20; 21; 22.] Viillareiden keskuudessa nousi samanlaisia odotuksia laadun suhteen kuin toimihenkilöilläkin. Heidän vastauksissaan korostui etenkin se, että tuplatyötä ei jouduttaisi tekemään. [25.]

Työssä oli tarkoituksena vertailla ihmisen ja robotin tekemän työn jäljen eroja, mutta käyttöönoton viivästyessä tämä jäi toteuttamatta. Käyttöönoton toteuduttua ja robotin oltua käytössä pidemmän aikaa voisi esimerkiksi myös vertailla, kuinka paljon keskimäärin tulee reklamaatiota robotin työstämisestä kappaleista verrattuna manuaalisesti tehtyihin kappaleisiin. Robotteihin liittyvässä kirjallisuudessa sekä oppikirjoissa kuitenkin painotetaan paljon robottien tuomaa kappaleiden tasalaatuisuutta, joten yrityksen odotukset laadusta tulevat luultavasti täyttymään.

6.4 Vaikutus turvallisuuteen

Yksi robotin hankkimisen syistä oli turvallisuuden lisääminen työolosuhteissa, joten sen vaikutuksen turvallisuuteen odotetaan olevan positiivisia. Varsinaista riskien kartoitusta ei ollut vielä haastatteluhetkellä tehty, mutta se luonnollisesti tehdään, ennen kuin robotti otetaan kunnolla käyttöön. Asiassa menetellään samalla tavalla kuin kaikkien uusien koneiden kanssa.

Käytössä ollessaan robotti esimerkiksi laskee silmävammojen sekä käsiin kohdistuvien vammojen riskiä. Jäysteenpoistosta aiheutuu ilmaan metallipölyä, joten robotin ollessa omassa täysin suljetussa tilassaan työntekijöiden altistuminen pölyllekin vähenee. Katon ansiosta myös melu voi vähän vähentyä. Ihmisen ei myöskään tarvitse nostella kappaleita niin paljon. Toisaalta nousi myös esille, että robotti itsessään on uusi riski ja ohjelmat ovat kuitenkin ihmisen tekemiä, joten inhimillisen virheenkin mahdollisuus on läsnä.

Robotille on kaavailtu tietyt käyttäjät. Lähtökohtaisesti sille nimetään 1–3 peruskäyttäjää. He vievät kappaleet soluun sekä hakevat ne sieltä. Heidän tehtävänsä on myös hoitaa robotin muuta peruskäyttöä, esimerkiksi työkaluhuoltoa. Pienet ja yksinkertaiset häiriötilanteet tulee pystyä ratkaisemaan. Lisäksi on vielä yksi robotin pääkäyttäjä, joka hoitaa esimerkiksi ohjelmoinnin ja muut haastavammat robottiin liittyvät toimet. Robotti-

solun ollessa automaattikäytössä peruskäyttäjäkuntaa voidaan mahdollisesti laajentaa. Käyttäjät tullaan kouluttamaan käytön vaatimalla tavalla.

Huollot aiotaan toteuttaa yrityksessä sisäisesti, ellei vaadita jotain erityisosaamista. Robotti laitetaan normaaliin ennakoivan kunnossapidon piiriin ja toteutetaan normaali vuosihuolto. Turvalaitteet tullaan tarkistamaan säännöllisesti. Robotille tehtiin myös aivan aluksi huolto, jotta voitiin varmistaa, että se on varmasti käyttökunnossa.

Viilaritkin, eli tehtaan työntekijät, olivat selkeästi sitä mieltä, että robotti parantaa työturvallisuutta ja -terveyttä. Heidän työssään on hyvin vahvasti esillä loukkaantumisen vaara. Työ on muutenkin kuormittavaa esimerkiksi nivelille. Kaikki haastatellut henkilöt olivat sitä mieltä, että robotti pääosin lisää turvallisuutta.

Robottisolussa on turva-aidat, ja siinä tulee olemaan myös katto. Robotin liikealueelle ei siis pääse kukaan ylimääräinen. Robottisolun sisälle on vain yksi kulkureitti ja siinä on sähkölukko, joka estää robotin liikkumisen ovien ollessa auki silloin, kun robotti on automaattiajolla. Muuten käytetään alennettua nopeutta. Solun ulkopuolelta luonnollisesti löytyy kuvassa 16 näkyvä hätä seis -painike.



Kuva 16. Fanucin ohjausyksikkö ja oikealla hätäpysäytin.

Kuten opinnäytetyön teoriaosuudessa kävi ilmi, automatisointi yleisesti parantaa työturvallisuutta. Joissakin tapauksissa se saattaa olla pääsyynä esimerkiksi robottien hankkimiselle. Kuitenkin ihmisten ollessa tekemisissä robottien kanssa on huolehdittava

riittävästä koulutuksesta ja perehdyttämisestä. Muitakin työntekijöitä on tiedotettava robotista.

6.5 Vaikutus työntekijöihin

Toimihenkilöiden lisäksi haastateltiin myös viilareita, eli tehtaan työntekijöitä, joiden työn kaltaista työtä robotti tulee tekemään. Työntekijöille ainakin yksi robotin hankkimisen syistä oli selvä: robotin on tarkoitus helpottaa heidän työtään. Esiin nousi myös kappaleiden nopeampi läpimenoaika. Työntekijöillä oli tietenkin myös odotuksia robotin suhteen. Erityisesti esiin nousi toive, ettei tarvitsisi enää toiseen kertaan käydä robotin työstämiä pintoja läpi, kuten jo laatua käsittelevässä luvussa tuli ilmi. Tietysti kappaleille on tehtävä visuaalinen tarkastus, koska niissä voi olla jotain korjattavaa vähintäänkin niillä pinnoilla, joita robotti ei käy ohjelmassaan läpi.

Työntekijät kokivat myös, että robotista on hyötyä ainakin pidemmällä aikavälillä. Konkreettiset hyödyt nähdään oikeastaan vasta sitten, kun se on kunnolla käytössä. Mielenkiinnolla odotetaan myös sitä, mitä kaikkia työvaiheita robotti tulee tekemään ja mitä jää vielä viilarien tehtäväksi. Varsinaista haittaa tai ongelmia robotin ei nähty tuovan. Esille nousi myös, ettei robotin uskottu vievän kenenkään työpaikkaa, mutta toisaalta joitakuuta mietitytti kuitenkin, kuinka se vaikuttaa oman työpaikan pysyvyyteen.

Viilarit ovat pitkään olleet tietoisia siitä, että jossain vaiheessa yritykseen hankitaan jäysteenpoistorobotti. Hankinnan ajankohdasta ei kuitenkaan ollut tarkkaa tietoa. Työntekijät eivät kokeneet, että heitä olisi erityisesti jätetty ottamatta huomioon robottiprojektin alussa tai sen edetessä. Viilarit kuitenkin näyttivät robottiprojektissa mukana olleille toimihenkilöille, miten ja millä työkaluilla he tekevät työtään, jotta robotille pystyttiin hankkimaan oikeanlaisia työkaluja. Työntekijöitä myös kiinnosti kovasti nähdä robotti toiminnassa.

Tiedotukseen projektin etenemisestä toivottiin enimmäkseen parannusta. Kuten jo aiemmin kävi ilmi, viilarit olivat tietoisia robotin saapumisesta yritykseen. Viilareita kuitenkin mietitytti esimerkiksi, miksei robotti ollut vielä käytössä, sillä heille ei ollut juurikaan tiedotettu aikatauluista tai muista projektiin liittyvistä asioista. Eräänlaista projektin läpinäkyvyyttä kaivattiin, eli että tieto (aikataulut, tavoitteet jne.) kulkisi myös heille asti.

Kaiken kaikkiaan robotin käyttöön saamista odotettiin kovasti sekä toivottiin kaikkea hyvää robotille ja projektin etenemiselle. [25.]

7 Pohdinta

Kaiken kaikkiaan yrityksen robottisovelluksella on hyvät lähtökohdat kannattavaksi investoinniksi. Purso-Tools Oy:n syyt jäysteenpoistorobotin hankintaan olivat perustellut. Robottia voidaan ajatella oikeastaan pakonomaisena sijoituksena, jotta yrityksen kilpailukyky säilyy. Opinnäytetyön luvussa 3.4 lueteltiin suomalaisen konepajateollisuuden yleisimpiä robottien hankintaan vaikuttavia syitä. Purso-Tools Oy:n syyt osuivat juuri näihin. Syyt eivät olleet kovinkaan yllättäviä, mutta työympäristön nähdessään ymmärsi niiden lähtökohdat hieman syvemmin.

Alapuolella olevaan SWOT-analyysitaulukkoon (taulukko 1) on kerätty mieleen nouseita seikkoja robotista ja projektista. Nelikenttäanalyysi (SWOT) on yritystoiminnan analysointimenetelmä, jota voidaan käyttää laajasti koko yrityksen tai pienempien kokonaisuuksien tarkasteluun [26].

Taulukko 1. Jäysteenpoistorobotin ja robottiprojektin SWOT-analyysi

Vahvuudet (S)	Heikkoudet (W)
<ul style="list-style-type: none"> -pieni alkuiinvestointi -yritykseltä löytyy hieman omaakin osaamista roboteista -toimiessaan helposti kehitettävissä -yleisesti käytössä oleva sovellus -joustavuus -robotin väsymättömyys 	<ul style="list-style-type: none"> -projektitiimin heikohko kommunikointi -vajaa projektisuunnitelma -liian tiukka aikataulu -resurssit -vanha robotti -kokemuksen puute vastaavalaisesta sovelluksesta
Mahdollisuudet (O)	Uhat (T)
<ul style="list-style-type: none"> -läpimenoaika paranee -työkuorman pieneneminen työntekijöillä -työturvallisuus ja -terveys paranee -kappaleiden tasalaatuisuus -automatisointi helpottuu projektin tuoman kokemuksen myötä -parempi ennakoitavuus 	<ul style="list-style-type: none"> -käyttöönoton pitkittyminen pitkittymistään -ei tarpeeksi tarkka kyseiseen sovellukseen -ilman robotisointia ei pärjätä

Robotin vahvuuksista ensimmäisenä nousi mieleen sen alhainen hinta. Käytetty robotti voi kuitenkin tuoda myös ongelmia ja uhkakuvana näkyisikin se, onko robotti tarpeeksi tarkka tarkkuutta vaativaan hommaan. Oppikirjoissa painotetaan paljon hyvän projekti-suunnitelman tärkeyttä robotti-investoinneissa, jotta myöhemmin välttyttäisiin ongelmil-ta. Hyvä pohjatyö on tärkeää myös investoinnin kannattavuuden kannalta. Tässä ta-pauksessa heikohko projektinhallinta ja johto näkyvät ongelmina käyttöönotossa jos-kaan se ei ole ainut syy. Haasteita luo myös robotin vanhuus. Yritys kuitenkin oppii erheistään ja seuraavan projektin kohdalla osataan varautua oikeisiin seikkoihin. Tie-tenkin projektin läpivientiin ovat voineet vaikuttaa myös jotkut sellaiset yrityksen sisäi-set asiat, jotka eivät haastatteluissa tulleet ilmi.

Turvallisuus on mielestäni yksi tärkeimmistä näkökulmista automatisointia/robotisointia toteutettaessa. Nykypäivän tarkat turvallisuussäädökset asettavat laitteille tarkat vaati-mukset. Aluksi yrityksen robottisolussa oleva sähkölukko vaikutti mielestäni vähäiseltä turvatoimelta, mutta tarkemmin ajateltuna se on ihan riittävä. Robotti tulee olemaan täysin suljetussa tilassa, joten alueelle ei pääse kukaan ylimääräinen. Käyttäjien riittä-västä koulutuksesta on toki huolehdittava. Tasaisella ja toimivalla automaattiajolla tapa-turmia harvemmin tapahtuu. Yleiseen työterveyteen robotti vaikuttaa myös, koska me-tallipöly ilmassa tulee vähenemään ja robotti tekee eniten ihmistä kuormittavat työt.

Läpimenoajan, kustannuksien ja laadun tuloksissa käsiteltiin oikeastaan pääosin yrityk-sen odotuksia. Odotukset vastaavat teoriaosuudessa esiin tulleita robottien hankinnas-ta seuraavia vaikutuksia. Läpimenoaika ja laatua ei päästy niin tarkasti tutkimaan, kuin alun perin oli tarkoitus. Tehtaan työntekijöille, eli viilareille, pidetyt haastattelut avasivat uutta näkökulmaa robottiprojektista. Työntekijöiden hyvä suhtautuminen robot-teihin ei ole itsestäänselvyys. Haastatteluiden myötä myös ymmärrys esimiestyöstä laajeni.

Asian tutkiminen monelta kantilta aiheutti sen, että jokaisesta osiosta tuli vain melkoi-sen pintapuolinen tarkastelu. Jos olisi keskittynyt johonkin tiettyyn, esimerkiksi turvalli-suuteen, olisi siihen luonnollisesti pystynyt syventymään enemmän. Näin ollen olisi saanut myös tarkempia tuloksia. Toisaalta monen näkökulman tarkastelussa saa pa-remman kokonaiskuvan siitä, miten asiat sitoutuvat toisiinsa. Etenkin läpimenoajan, kustannuksien ja laadun osalta tarkastelu jäi suppeaksi. Robotin käyttöönoton viivästy-essä ei myöskään päästy toteuttamaan kaikkia tutkimuksen suunnitelmia, kuten ihmi-

sen ja robotin käyttämän ajan kellottamista. Työtä ja haastatteluista tulleita tuloksia oli siis pohdittava vain teoreettisella tasolla.

Useita seikkoja on otettava huomioon uutta robottia/laitetta hankittaessa. Uutta investointia ei voi niin vain tehdä. Sitä tehdessä on oltava tarkka suunnitelma sekä selkeät tavoitteet. Projektinhallinnan on oltava kunnossa läpi projektin ja kommunikoinnin pelattava tiimin kesken alusta loppuun saakka. Ongelmatilanteisiin on tartuttava heti yhdessä. On huolehdittava myös, että on tarpeeksi resursseja menestyksekkääseen projektin läpivientiin.

Insinöörityön tekeminen vaati ennakkoluulotonta heittäytymistä uusiin tilanteisiin sekä eri ihmisten kanssa tekemisissä oloa. Nämä seikat ovat tärkeitä nykypäivän työelämässä. Haastattelut toteutuivat odotetusti ja työn tekeminen pysyi aikataulussa. Tämän opinnäytetyön jatkoksi voisi ajatella esimerkiksi robottisolun kehittämisen/kehitysehdotukset tai materiaalin virtauksen parantamisen.

Lähteet

- 1 Kuivanen, Risto. (toim.) 1999. Robotiikka. Helsinki: Talentum Oyj/MetalliTekniikka. Julkaisija: Suomen Robotiikkayhdistys Ry.
- 2 Empiirinen tutkimus. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Empiirinen_tutkimus> Luettu 30.12.2015.
- 3 Purso-Tools Oy. Yrityksen kotisivut. <<http://www.purso-tools.fi/fi>>. Luettu 2.11.2015.
- 4 Haapalainen, Tomi. 2011. ABB Robotin käyttöönottoasennus ja ohjelmointi kokenäkösovelluksessa. Opinnäytetyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja merenkulku. Pysyvä osoite: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011100713583>
- 5 Tuunanen, Tommi. 2014. Teollisuusrobotin käyttöönotto ja ohjelmointi. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Pysyvä osoite: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405076268>
- 6 Robotit tulevat! 2015. Verkkootikkeli. YLE. <<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/04/07/robotit-tulevat>> Luettu 2.11.2015.
- 7 History of industrial robots. Verkkodokumentti. RobotWorx. <<https://www.robots.com/education/industrial-history>> Luettu 2.11.2015.
- 8 History of Industrial Robots. 2012. Verkkodokumentti. IFR (International Federation of Robotics). <http://www.ifr.org/fileadmin/user_upload/downloads/forms___info/History_of_Industrial_Robots_online_brochure_by_IFR_2012.pdf> Luettu 2.11.2015.
- 9 Aaltonen, Kalevi & Torvinen, Seppo. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.
- 10 Aaltonen, Kalevi – Airila, Mauri – Andersin, Hans – Ekman, Kalevi – Kauppinen, Veijo – Liukko, Timo – Pohjala, Petri. 1995. Tuotantoautomaatio. Espoo: Otatiето.
- 11 Uitto, Timo. 2013. Robottisolun käyttöönotto. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan ko. Pysyvä osoite: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013120920587>
- 12 Heinonkoski, Risto – Asp, Risto – Hyppönen Heikki. 2008. Automaatio – helppoa elämää? Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.

- 13 OSHA Technical Manual section IV: Chapter 4, Industrial Robots and Robot System Safety. Verkkodokumentti. OSHA.
<https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html#3> Luettu 19.11.2015.
- 14 Siirilä, Tapio. 2008. KONETURVALLISUUS: EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Espoo: Inspecta.
- 15 Angelo, Joseph A. 2007. Robotics: a reference guide to the technology. United States of America: Greenwood Press.
- 16 Marjamäki, Piritta. 2012. Robotisoitu jäysteenpoisto. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja liikenne. Pysyvä osoite:
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205219135>
- 17 Suhonen, Santtu. 2010. Jäysteenpoistoaseman suunnittelu ja toteutus. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Pysyvä osoite:
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010120917695>
- 18 Lähteenmäki, Janne. 2015. Laatupäällikkö (HSEQ), Purso-Tools Oy, Pori. Haastattelu 9.12.2015.
- 19 Aerikkala, Mika. 2015. Tuotanto- ja henkilöstöpäällikkö, Purso-Tools Oy, Pori. Haastattelu 9.12.2015.
- 20 Hankimaa, Kari. 2015. Tekninen johtaja, Purso-Tools Oy, Pori. Haastattelu 9.12.2015.
- 21 Hakala, Jarkko. 2015. Menetelmäsuunnittelija, Purso-Tools Oy, Pori. Haastattelu 9.12.2015.
- 22 Lehtonen, Marko. 2015. Huoltopäällikkö, Purso-Tools Oy, Pori. Haastattelu 9.12.2015.
- 23 Hakala, Jarkko. 2015. Menetelmäsuunnittelija, Purso-Tools Oy, Pori. Haastattelu ja robottiin tutustuminen 20.11.2015.
- 24 Hakala, Jarkko. 2016. Menetelmäsuunnittelija, Purso-Tools Oy, Pori. Sähköposti 11.1.2016.
- 25 Tehtaan työntekijät. 2015. Purso-Tools Oy, Pori. Haastattelut 11.12.2015.
- 26 Nelikenttäanalyysi –SWOT. Verkkodokumentti. Suomen Riskienhallintayhdistys SRHY-riskienhallinta.
<<http://www.pk-rh.fi/index.php?page=swot>> Luettu 13.1.2016.

Haastatteluiden runko (toimihenkilöt)

Nimi. Titteli. Mikä sinun osasi on ollut robotin hankkimisessa?

Kokonaistoimitus avaimet käteen periaatteella, laitteiden hankinta itse ja niiden asennuttaminen toimittajalla vai laitteiden osto ja niiden asennus itse? Mikä näistä kolmesta olisi oikea vaihtoehto?

Miten päädyttiin juuri sellaiseen hankintavaihtoehtoon?

Paljonko robotti maksoi?

Milloin se hankittiin?

Mikä on odotettu takaisinmaksuaika?

Miten tähän päädyttiin? Eli mitä syitä robotin hankkimiselle oli?

Viiden vuoden suunnitelma. Onko tarkoitus automatisoida lisää tai hankkia lisää robotteja? Kehittää vielä tätä kyseistä viilausrobotia lisää?

Millaisia vaatimuksia tuotanto ja tuotteet asettavat robotisoinnille/automatisoinnille? Miksi päädyttiin juuri tähän ratkaisuun (kuusinivelinen robotti)?

Käyttöönoton haasteet. Projekti on myöhässä. Mikä on mielestäsi johtanut tähän?

Onko ilmennyt jotain asioita pitkin tätä projektia, joita ei tajuttu heti alussa ottaa huomioon? Huomattu vasta ns. kantapäähän kautta.

Mitkä on odotukset esimerkiksi laadun suhteen?

Nopeutuuko tuotanto robotin myötä (vai helpottaako vain viilareiden työtaakkaa)? Vapautuuko työntekijöitä uusiin tehtäviin? Vaikuttaako suuresti eräkokoon?

Miten huomioitu mahdolliset vika/häiriötilanteet? (eli esim. mahdollinen robotin seisokki, miten se sitten vaikuttaa?)

Turvallisuus! Minkälainen riskien kartoitus robotille on tehty? Onko tehty?

Lisääkö vai vähentääkö robotti mielestäsi työpaikan turvallisuutta?

Onko robotilla vain jotkut tietyt käyttäjät?

Entä mikä on sitten näiden käyttäjien koulutussuunnitelma?

Robotin huolto, miten se on suunniteltu ja aiotaan toteuttaa?

Onko turvalaitteilla tuplauksia? (Eli jos yks turvalaite/toiminto hajoaa, löytyy toinen)

Tuleeko sinulle mieleen jotain lisättävää tai mistä tiedosta vois olla hyötyä minulle?

Haastatteluiden runko (työntekijät)

Minkälaisia odotuksia sinulla on robotin suhteen?

Onko robotin hankkimisen syyt sinulle selkeät?

Koetko, että robotisoinnista on hyötyä teille?

Entä jotain haittaa?

Otettiin teidät mukaan tähän suunnittelu/hankintaprosessiin? Olisiko ollut hyvä ottaa?

Koetko, että sinulla olisi ollut tai on vieläkin jotain annettavaa robottiprojektille?

Onko tästä projektista ja sen etenemisestä mielestäsi tiedotettu teitä tarpeeksi?

Jos ei, miten olisit halunnut saada tietoa?

Miten vaikuttaa mielestäsi turvallisuuteen?

Vapaa sana.