



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

TONI LEPISTÖ

Robottisolun tehokkaampi hyödyntäminen koneistuksessa

TEKNIIKAN YLEMPI AMK KOULUTUSOHJELMA
2020

Tekijä(t) Lepistö, Toni	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 51	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Robottisolun tehokkaampi hyödyntäminen koneistuksessa		
Tutkinto-ohjelma Tekniikan YAMK		
Tiivistelmä <p>Työ tehtiin JV Nortech Metal Oy:lle, joka on alihankintakoneistus palveluita tarjoava yritys Isossakyrössä. Työn tavoitteena oli tehostaa ja kehittää, olemassa olevan robottiaivusteisen koneistussolun käyttöä ja hyötysuhdetta.</p> <p>Lähtötilanteessa robottisolun kautta meni liian pieni määrä nimikkeitä läpi, ja robotin kapasiteettia ei välttämättä hyödynnetty edes viikoittain. Robottisolun käyttö ja ohjelmointi haluttiin saada mahdollisimman yksinkertaiseksi, ja sen rakenteen ja toiminnallisuuden täytyi tukea myös uusien tuotteiden käsiteltävyyttä. Koska ohjelmointia ei enää juurikaan ollut tehty, oli kynnyks uusien ohjelmien tekoon kasvanut isommaksi, ja osaaminen oli enää muutaman ihmisen muistin varassa. Nykyisen kasvaneen nimikekannan, pienten sarjakokojen ja lyhyiden toimitusaikojen takia ohjelmointiin ei ollut mahdollista käyttää rajattomasti aikaa, joten uusien ohjelmien tekeminen vaati kertausta ja uudelleen koulutusta.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin ja rajattiin tärkeimmät kehityskohteet haastattelemalla tämänhetkisiä operaattoreita, sekä myynnistä ja tuotannosta vastaavia henkilöitä. Alustavan selvityksen mukaan, kehityskohteiden painopisteiden arviointia tehtiin kolmen päälinjan välillä: tuotekanta, ohjelmointi ja tämänhetkinen robotin rakenteellinen ja toiminnallinen soveltuvuus mahdollisille uusille tuotteille. Solun ja robotin toiminnan selvittäminen, sen opettelu ja dokumentointi, oli myös tutkimustyön tekijälle oleellinen osa projektia. Dokumentoinnilla voidaan tukea nykyisten operaattoreiden osaamista, ja poistetaan pelkkä muistinvarainen tietotaito. Lisäksi dokumentaatio mahdollistaa tulevien operaattoreiden kouluttamisen.</p> <p>Tiedon lähteenä käytettiin Fanuc-koulutusmateriaaleja, yhteistyökumppaneiden palveluita, aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, ja koulutuksien myötä itselle hankittua osaamista. Tämän työn valmistuminen mahdollistaa yritykselle uusien tuotteiden ajamisen konepalvelun kautta. Lisäksi henkilöstö saa koulutusta ja dokumentaatiota, ohjelmoinnin ja solun käytön tueksi.</p>		
Asiasanat lastuava työstö, robotiikka, konepalvelu, ohjelmointi, etäohjelmointi, simulointi, tarttuja		

Author(s) Lepistö, Toni	Type of Publication Master's thesis	Date May 2021
	Number of pages 51	Language of publication: Finnish
Title of publication More efficient utilization of the robot cell in machining		
Degree program Master's Degree		
<p>Abstract</p> <p>This work was done for JV Nortech Metal Oy, which is a company providing subcontracting machining, located in Isokyrö. The aim of the work was to increase and develop the efficiency and usage of the existing robot-assisted machining cell.</p> <p>In the initial situation, too few titles went through the robot cell, and the robot's capacity may not have been utilized even weekly. The aim was to make the use and programming of the robot cell as simple as possible, and its structure and functionality also had to support the handling of new products. Due to lack of programming recently, the threshold for making new programs had grown bigger, and competence depended on the memory of a few people. Due to high mix and low volume of products, and short delivery times, it was not possible to spend too much time in programming. To be able to create new programs, repetition and retraining was needed.</p> <p>In this thesis, the most important development targets were mapped and delineated by interviewing current operators, as well as those responsible for sales and production. According to the preliminary study, the assessment of development priorities was done between three main sections: products, programming, and the current structural and functional suitability of the robot for potential new products. Finding out about the cell and robot functions, learning about it, and documenting it, was also an essential part of the project for the researcher. With documentation, it is possible to support the skills of operators, and eliminate memory-based know-how only. In addition, the documentation provides base for training of new operators.</p> <p>Fanuc training materials, partner services, related literature and the knowledge acquired by studying were used as sources of information. Completion of this work enables the company to run new products using machine tending. In addition, personnel receive training and documentation to support programming and usage.</p>		
<p><u>Key words</u> machining, robotics, machine tending, programming, offline programming, simulation, gripper</p>		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
1.1 Työn rakenne ja sisältö	8
2 TYÖN TAVOITTEET	9
2.1 Päätaavoitteet	9
2.1.1 Robottisolun käyttöastetta tehostavan toimintamallin kartoittaminen	9
2.1.2 Valitun uuden toimintamallin käyttöönotto ja koulutus	10
2.1.3 Saavutettujen tavoitteiden ylläpito	10
2.2 Osatavoitteet	11
2.2.1 Toimintaa vastaavan käyttöohjeen dokumentointi	11
2.2.2 Konenäön haasteiden ratkaisu	13
2.2.3 Tuotteiden löytäminen nykyiselle tarttujalle	14
2.2.4 Mahdollisen uuden tarttujan kartoitus	14
2.3 Työn rajaukset	15
2.4 Hyödyt	16
3 TEOREETTINEN TAUSTA	17
3.1 Viitekehys	17
3.2 Keskeiset käsitteet	18
4 TUTKIMUS JA KEHITTÄMISMENETELMÄT	19
4.1 Benchmarking	19
4.2 Swot-analyysi	19
5 KEHITTÄMISKOHTEET	20
5.1 Robottisolu	20
5.2 Alkuperäinen tarttuja	22
5.3 Ohjelmointi	22
5.3.1 Etäohjelmointi	23
5.3.2 Parametrinen ohjelmointi	28
6 UUDEN TOIMINTAMALLIN VALINTA	33
6.1 Tutkimustyön tulosten esittely johtoryhmälle	33
6.1.1 Etäohjelmointi	33
6.1.2 Parametrinen ohjelmointi erillisen käyttöliittymän kautta	33
6.1.3 Tarttupäivitys	34
6.2 Päätös valinnasta	34
7 TOTEUTUS	35
7.1 Kehitysprojektin tavoitteet ja sisältö	35
7.1.1 Mekaniikka	35

7.1.2 Sähköiset ja pneumaattiset kytkennät	41
7.1.3 Vanhojen ohjelmien päivittäminen ja uusien tuotteiden pilotointi	42
7.1.4 Koulutus	44
8 TULOSTEN ANALYSOINTI.....	46
8.1 Asetettujen tavoitteiden saavuttaminen.....	46
8.2 Käyttäjäkokemukset.....	48
8.3 Kehitetyn toimintamallin hyödyntämismahdollisuudet	48
8.4 Työn toteutuminen konstruktivistisesta tutkimusotteesta mukailleen	49
8.5 Loppusanat	50
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

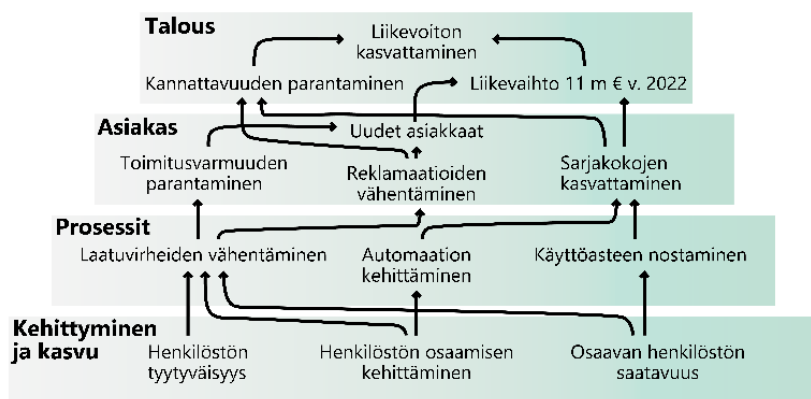
Työn toimeksiantaja, JV Nortech Metal Oy, on Isossakyrössä sijaitseva alihankintakoneistusta, materiaalinhallintaa ja oheispalveluita tarjoava yritys. Nortech Metal on perustettu vuonna 1996. Perustajana oli yrityksen omistaja ja toimitusjohtaja Jari Viertola. Nyt 25 vuotta myöhemmin, yritys työllistää jo yli 40 henkilöä ja tuotantoa on kahdessa eri toimipisteessä Isossakyrössä. Omistajan liiketoiminnan ideologiaan on koko olemassaolon ajan kuulunut rohkea, jatkuva uudistaminen, ja hallittu uusien koneiden investoiminen vuosittain. Tällä hetkellä konekanta on jo noin kolmenkymmenen koneen verran. Asiakkaina on globaaleja kone- ja laitevalmistajia, esimerkiksi maailmanlaajuisesti tunnettu sähkömoottoreiden valmistaja, suomalainen puimureiden ja metsäkoneiden valmistaja, sekä suomalainen järeiden vaihteistojen valmistaja. (Nortech Metal Oy 2021.)

Kiristyvän kilpailun, hinnanalennuspaineiden ja myös maailmalla tuhoa kylvävän pandemian seurauksena, on ajankohtaista laittaa resursseja myös yrityksen automatisoinnin kehittämiseksi. Tämä työ tukee myös yrityksen kaaviossa 1 määrittämää strategiaa, jossa esimerkiksi henkilöstön osaamisen ja automaation kehittäminen ovat kohteita, joiden kautta päästään taloudellisesti kannattavampaan lopputulokseen.



Visio

Valmistaa kannattavasti komponentteja,
jotka ovat asiakkaan vaatiman laadun mukaisia.
Toimia joustavasti ja yhteistyötä lujittaen.



LET'S MAKE THE FUTURE TOGETHER

Kaavio 1. Nortech Metal 2019 Strategiakartta (Nortech Metal Oy 2019)

Hyvä lähtökohta on lähteä kehittämään olemassa olevaa kahden sorvin robottisolua, jossa robotti on ollut viime vuodet liian vähäisellä käytöllä. Operaattoreiden ja robotin toiminnasta tietävien henkilöiden osaaminen on pikkuhiljaa hiipunut, koska robotin käyttö on vuosi vuodelta vähentynyt ja uusia ohjelmia ei ole tehty. Järjestelmän toimittajalta on toimitushetkellä saatu käyttöohje, mutta se on enemmän ohjeistusta yleisellä tasolla. Tämän työn ohessa tullaan tekemään uusi käyttöohje, joka on suunnattu tarkemmin juuri Nortechin robottisolun toiminnallisuuksiin ja sen käyttämiseen.

Suurimmat haasteet robottisolun käytön tehostamiselle ovat olleet ohjelmointiosaaminen, robotin peruskäytön osaaminen, asiakkaiden tiukat toimitusajat, pienentyneet sarjakoot, kasvaneet nimikemäärät, konenäön hallinta ja magneettitarttujan rajalliset käyttömahdollisuudet. Ja edellä mainittujen seikkojen myötä, myös sopivien uusien tuotteiden löytäminen robotilla ajettavaksi on ollut haastavaa.

Yritykselle on haettu, ja myönnetty Business Finlandin tarjoamaa häiriötilannetukea. Tuen avulla yrityksen on helpompaa käyttää potentiaalisten yhteistyökumppaneiden asiantuntija-apua tuotannon automatisoinnin kehitysprojektiin. Tukea tullaan käyttämään esimerkiksi nykyisen järjestelmän ohjelmistorakenteen kartoittamiseen,

ohjelmoinnin helpottamista tukevien vaihtoehtojen kartoittamiseen, lisäkoulutuksen hankkimiseen, ja mahdollisesti uuden tarttujan ja sen oheislaitteiden suunnitteluun, kehitykseen ja käyttöönottoon.

1.1 Työn rakenne ja sisältö

Seuraavassa luettelossa selitetään lyhyesti tämän työn rakenne siinä järjestyksessä, jossa ne on tähän raporttiin kirjoitettu:

- Luvussa 2 käydään läpi työn pää- ja osatavoitteet, jotka muodostavat perusrungon työn etenemiselle. Osatavoitteilla tuetaan päätavoitteiden saavuttamista. Luvussa kerrotaan tavoitteiden sisällöstä, sekä esitellään työn tukemiseksi valitut yhteistyökumppanit. Lisäksi luvussa 2 rajataan työn sisältö, ettei työmäärä kasvaisi liian isoksi. Viimeisenä esitellään hyödyt, joita edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamisella voidaan saada.
- Luvuissa 3-4 esitellään työssä käytetty teoreettinen tutkimusmenetelmä, kerrotaan työhön liittyvät keskeiset käsitteet, sekä kuvataan, miten tutkimusmenetelmiä käytännössä hyödynnettiin.
- Luvussa 5 käydään läpi työn kehityskohteita, eli yrityksen robottisolua, sen oheislaitteita, ja ohjelmointia. Lisäksi luvussa esitellään kaksi potentiaalista, ohjelmointia helpottavaa sovellusta.
- Luvussa 6 kerrotaan prosessista, jossa siihenastisen tutkimustyön tulokset esiteltiin yrityksen johtoryhmässä. Esityksen pohjalta valittiin budjettiin ja tavoitteisiin sopiva kehityskohde, jota tässä työssä lähdettiin toteuttamaan.
- Luvussa 7 kerrotaan kehityskohteen operatiivisesta toteuttamisesta, sen sisällöstä ja vaiheista.
- Luvussa 8 analysoidaan työn onnistumista, verrattuna asetettuihin tavoitteisiin.

2 TYÖN TAVOITTEET

2.1 Päätaoiteet

Päätaoiteet voitiin jakaa karkeasti kolmeen eri osa-alueeseen, jotka on esitelty seuraavissa kappaleissa.

2.1.1 Robottisolun käyttöastetta tehostavan toimintamallin kartoittaminen

Mindmapin (Liite 1.) avulla, sekä haastattelemalla operaattoreita, tuotantojohtoa ja myyntiä, määritettiin pääkehityskohteet ja priorisoitu polku kohti päätaoitetta, eli robottisolun tuotannon kehittämistä ja tehostamista. Korkeimman prioriteetin kehityskohde oli ohjelmoinnin helpottaminen ja sen osaamisen kehittäminen, jonka myötä mahdollistuu myös uusien tuotteiden ajaminen robotilla. Mikäli uudet tuotteet poikkeavat paljon geometrialtaan nykyisistä, tulee osataoiteiden kappaleessa 2.2.4 määritelty tarttujan päivittäminen huomioida aikaisessa vaiheessa projektia.

Solussa olevia sorveja ajetaan tällä hetkellä usein myös stand alone -moodilla, jolloin robotti ei osallistu solun tuotantoprosessiin. Ohjelmien tekeminen nykyisellä menetelmällä, kapulaa käyttämällä puutteellisella tietotaidolla, sitoisi vähintään yhden sorvin pitkäksi aikaa pois tuottavasta työstä. Ohjelmointia olisi hyvä pystyä tekemään toimistosta käsin mahdollisimman pitkälle, tai kapulalla ohjelmointi olisi saatava sujuvammaksi, jolloin sorvien tuotannon keskeytyminen pysyisi mahdollisimman lyhyenä. Asiakkaiden tiukkojen toimitusaikojen puitteissa, sorveja on harvoin mahdollista seisottaa edes yhtä päivää. Edellä mainitut haasteet tukevat konstruktiivisen tutkimuksen lähtökohtaa, eli relevantin ongelman olemassaoloa (Lukka 2001).

Konstruktiivisen kehitysprosessin vaiheita mukaillen, ongelmaan lähdettiin etsimään potentiaalisia yhteistyökumppaneita, joiden sovelluksilla, ammatillisella osaamisella ja kokemuksella olisi mahdollista tehostaa ja kehittää nykyistä, uusien tuotteiden ohjelmointiprosessia, ja siinä rinnalla päivittää tarttuvia soveltuvaksi uusille tuotteille. Yhteistyökumppaniehdokkaiksi valikoitui Delfoi Oy, joka tarjoaa sovellusta offline-ohjelmointiin, Robotmation Oy, jonka Robotvisor-sovellus perustuu ulkoiseen käyttöliittymään ja parametriseen ohjelmointiin, sekä myöhemmin CO-Engineering Oy, jonka automaatio- ja suunnitteluosaamista voisimme hyödyntää uuden tarttujan suunnittelussa ja ohjelmointikoulutuksessa. (Lukka 2001.)

Tietojen keräämiseen ja valinnan tekemiseen käytettiin benchmarkingia ja SWOT-analyysia. SWOT-analyysillä vertailtiin kahta tarkasteluun valittua ohjelmointisovellusta. Näitä metodeja ja niiden tuloksia käsitellään tarkemmin tämän työn kappaleessa 4.

2.1.2 Valitun uuden toimintamallin käyttöönotto ja koulutus

Kehitysprojektin valinnat ja ratkaisut on tarkoitus ottaa myös käyttöön nykyisessä robottisolussa. Tavoite on pystyä ajamaan nykyisiä, robotilla ajettavia tuotteita, sekä pilotoida uusi toimintamalli myös muutamalla uudella tuotteella. Uusien tuoteohjelmien tekeminen tulisi olla helpompaa ja nopeampaa, tähän tarvitaan kertausta, perehdytystä ja koulutusta.

Uuden toimintamallin täytyisi joka tapauksessa pohjautua nykyiseen infraan, ja mahdolliset muutokset operaattoreiden näkökulmasta tulisi pitää mahdollisen vähäisinä. Mikäli uusi toimintamalli vaikuttaa operaattoreiden nykyiseen tapaan käyttää solua, sen täytyy olla enemmän selkeyttävä ja yksinkertaistava, ei missään tapauksessa käyttöä monimutkaistava.

2.1.3 Saavutettujen tavoitteiden ylläpito

Se, että saavutettuja tavoitteita pystytään ylläpitämään, vaatii myös osatavoitteiden saavuttamista. Tästä esimerkkinä on osatavoite, kappaleessa 2.2.1 käsitelty,

”Toimintaa vastaavan käyttöohjeen dokumentointi”. Kyseistä käyttöohjetta tullaan päivittämään projektin edetessä siten, että se myös vastaa viimeisimpiä käytäntöjä, mahdollisien projektin myötä tulleiden muutoksien osalta. Lisäksi projektin myötä saatu uusi- ja kertaava koulutus ei saa päästä unohtumaan. Osaamisen ylläpito vaati opittujen rutiinien toistamista, uudelleen ja uudelleen.

Ylläpitoon pystyy osaltaan myös myynti vaikuttamaan, hakemalla uusia, robotille soveltuvia töitä. Uudet työt vaativat uusien ohjelmien tekemistä, jolloin sillä saadaan toivottua toistoa ja asioiden kertaamista.

2.2 Osatavoitteet

Tässä kappaleessa on listattu päätavoitteita tukevia tavoitteita ja toimenpiteitä, jotka osaltaan mahdollistavat toimivan lopputuloksen saavuttamisen.

2.2.1 Toimintaa vastaavan käyttöohjeen dokumentointi

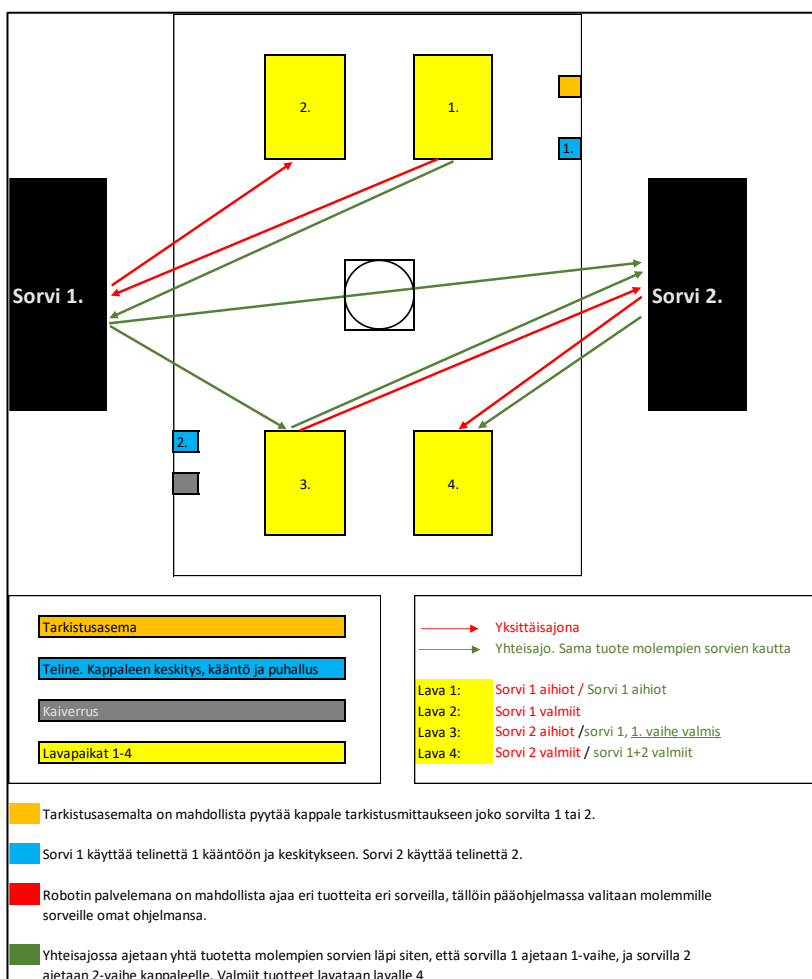
Operaattoreita haastateltaessa selvisi varsin nopeasti, että robottisolun peruskäytön osaaminen nykyisillä asetuksilla ja ohjelmilla oli pitkälti eri henkilöiden muistinvaraista. Joku muisti jonkin asian, ja joku toinen muisti toisen asian. Ongelmatilanteisiin haettiin ratkaisuja joskus jonnekin ruutuvihkoon kirjoitetuista ohjeista.

Osana tutkimuksen tekijän syvällisemmän osaamisen ja tietämyksen kasvattamista, robottisolun toimintaa lähdettiin kartoittamaan ja dokumentoimaan haastattelujen, Fanucin yleisohjeiden, muistiinpanojen, yhteistyökumppaneiden, kuvien ja videoiden avulla. Lopputuloksena dokumentoinnilla saadaan riittävän kattava käyttöohje juuri kyseisen solun toiminnan ja käytön tueksi.

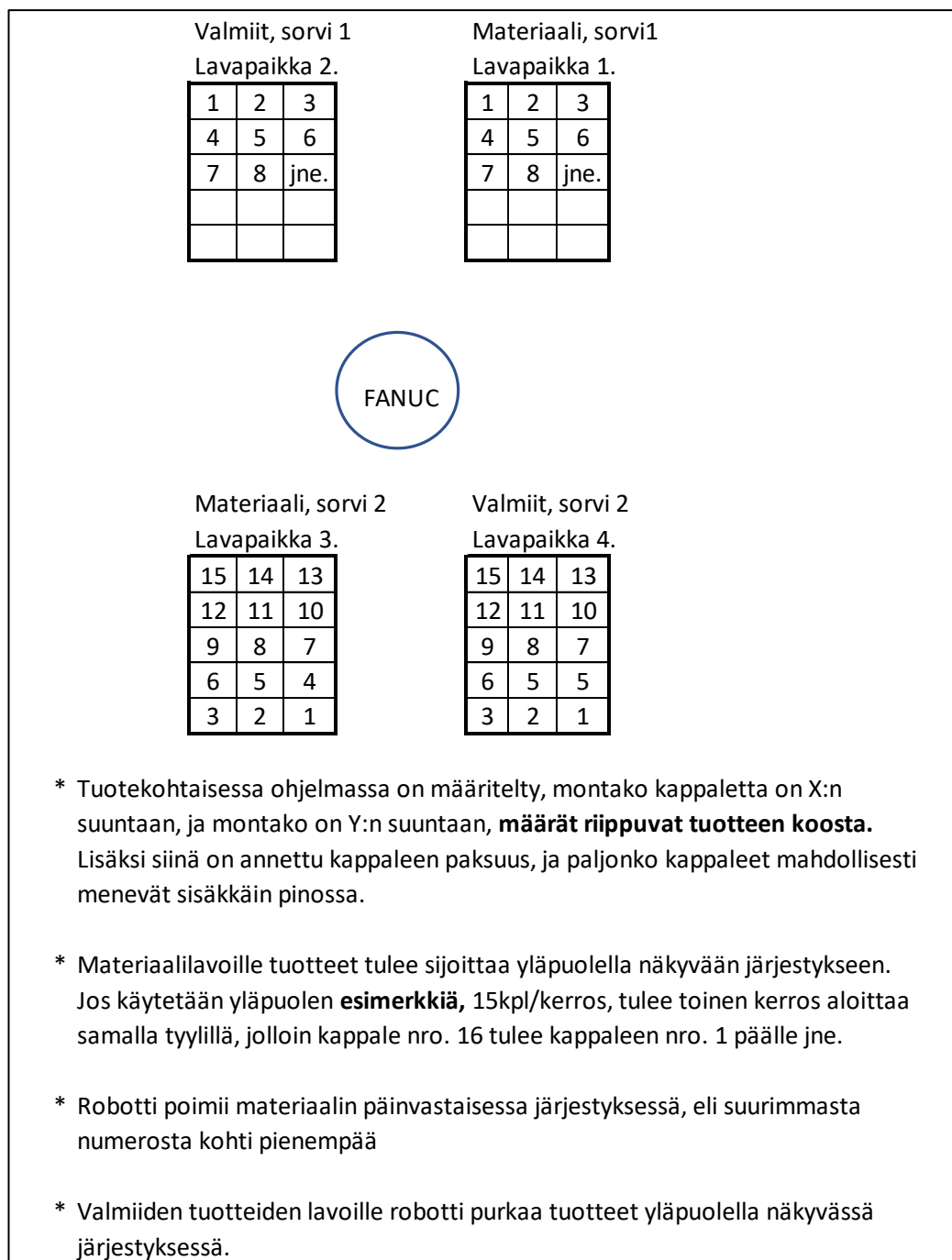
Ohjelmistorakenne ja tuotekohtaiset robotti- ja kuvausohjelmat oli luotu Fastems Oy:n, ja sen käyttämän alihankkijan Robotion Oy:n toimesta robotin käyttöönottohetkellä vuonna 2013. Silloiset Nortechin valitsevat operaattorit eivät itse osallistuneet ohjelmien tekemiseen, joten aiheesta ei myöskään kertynyt tietämystä tai

osaamista. Ohjelmistorakenteesta ei ollut olemassa dokumentaatiota, jota työn tekijä olisi pystynyt hyödyntämään tämän kehitysprojektin vaatiman syvällisemmän ymmärryksen kasvattamiseen.

Jotta robottisolun toimintalogiikka ymmärrettäisiin paremmin, ja sitä kautta pystyttäisiin kuvaamaan paremmin käyttöohjetta varten, oli ohjelmistorakenteen selvittäminen tärkeää. Rakenteen selvitystyö tehtiin yhteistyössä potentiaalisen tulevan ohjelmointisovelluksen toimittajan, Delfoi Oy:n, kanssa. Nykyisistä ohjelmista otettiin backup, joka toimitettiin Delfoille. Lisäksi toimitettiin nykyinen kaavio robottisolun materiaalivirroista (Kuva 1) ja materiaalien paletointisäännöistä (Kuva 2).



Kuva 1. Kaavio robottisolun materiaalivirroista (poiminta omasta käyttöohjeesta)



Kuva 2. Materiaalien järjestys ja sijoittelu lavoille (poiminta omasta käyttöohjeesta)

2.2.2 Konenäön haasteiden ratkaisu

Vaikka robottisolun ympäristöstä oli pyritty jo käyttöönottohetkellä karsimaan konenäköä häiritsevät muuttuvat valaistusolosuhteet pois, esimerkiksi hallin ulkopuolisen päivänvalon pääsy ikkunoista on 90-prosenttisesti estetty. Silti ympäröivä valaistus aiheuttaa edelleen kuvan analysointivirheitä.

Konenäkökamera on integroitu robotin tarttujaan, ja sillä on oma valonlähde, led-rengas linssin ympärillä. Kameran valon intensiteetti ei kuitenkaan ole riittävä kilpailemaan ympäröivän valaistuksen kanssa. Esimerkiksi robottisolun yläpuolella hallin katossa olevat suurpainenaatrium-valaisimet vaikuttavat kuvalaatuun. Kattovalaisimien räpsyminen tai rikkoontuminen aiheuttaa ongelmia. Selvitetään, olisiko kuvausongelmiin apua, jos solun yläpuoliset kattovalaisimet vaihdettaisiin esimerkiksi led-syväsäteilijöihin.

2.2.3 Tuotteiden löytäminen nykyiselle tarttujalle

Mindmapissa, jonka avulla lähdettiin kartoittamaan suuntaviivoja kehitystyölle (Liite 1.), korostui myös nykyisen tarttujan rajallisuus. Nykyinen kaksipuolinen magneettitarttuja soveltuu parhaiten yli 100 mm halkaisijan laippamaisille kappaleille. Mikäli halutaan säilyttää robotilla ajettavien tuotteiden sarjakoko robotille soveltuvana, nykyinen tilauskanta ei tarjoa tarjoakaan uusia tuotevaihtoehtoja. Jos haluttaisiin ajaa esimerkiksi alle 100 mm halkaisijan lieriömäisiä kappaleita, kappaleiden kääntäminen ja käsittely nykyisellä tarttujalla tulee hankalammaksi tai jopa mahdottomaksi. Tämä asettaa rajoituksia uusien tuotteiden automatisoidulle ajamiselle. Selvitystyön tuloksena oli todettavissa, että tarttuja vaatii päivittämistä, jos robotilla halutaan ajaa monipuolisemmin erilaisia tuotteita.

2.2.4 Mahdollisen uuden tarttujan kartoitus

Mikäli alkuvaiheessa lähdetään kehittämään pelkästään ohjelmointia, tulee tarttujan päivittäminen joka tapauksessa ajankohtaiseksi tulevaisuudessa, että pystytään paremmin laajentamaan tuotekirjoa uusille tuotteille. Tästä syystä päätettiin selvittää mahdollisen uuden tarttujan vaatimukset ja rajoitukset, sekä voidaanko päivitys tehdä nykyistä tarttujaa modifioimalla. Jotta pystytään käsittelemään pienempiä lieriömäisiä kappaleita tarkasti, tarvitaan siihen esimerkiksi kolmisormitarttujaa. Jos ja kun tarttuja päivitetään, tulee nykyiset, käytössä olevat tuoteohjelmat, myös päivittää uudenlaisella tarttujalla toimiviksi.

Alle sadan millin halkaisijan kappaleiden kääntämiseen eri koneistusvaiheiden välillä täytyy myös löytää uusi ratkaisu. Nykyiset laippamaiset kappaleet käännetään jättämällä robotilla kappale vaakatasossa olevaan magneettipöydän yläpintaan, reilusti kappaleen keskipisteen sivusta kiinni, jolloin on riittävästi tilaa tarttua magneettitarttujalla kappaleen alapinnasta uudelleen kiinni.

Myös myynnillä tulee olemaan oma tärkeä rooli robotilla ajettavien uusien tuotteiden löytämiseksi. Tuotteiden tulee soveltua nykyisellä ja/tai päivitetyllä tarttujalla ajettaviksi. Tästä syystä myös myynti on pidettävä tietoisena kehitysprojektin vaiheista, vaihtoehtoista ja ratkaisuista. Kehitystyötä on turha tehdä, ellei sen ratkaisuille ole olemassa, nykyisiä tai tulevia, realistisia käyttökohteita.

2.3 Työn rajaukset

Tämä työ on rajattu siten, että tavoitteena on tehdä seuraavat asiat, annetun budjetin rajoissa:

- Valitaan kaksi eri ohjelmointia helpottavaa vaihtoehtoa, joiden soveltuvuutta vertaillaan ja analysoidaan.
- Kartoitetaan robottisolulle potentiaalinen tuotekanta olemassa olevista, ja mahdollisista tulevista tuotteista.
- Selvitetään mahdollisen tarttujapäivityksen vaatimukset ja rajoitukset. Mikäli tarttuja päivitetään tämän projektin aikana, pilotoitavien uusien tuotteiden määrä rajataan kolmeen.
- Päivitetään käytössä oleva/olevat vanhat tuoteohjelmat uudelle tarttujalle, jos tarttujapäivitys toteutetaan.
- Kartoitetaan robottisolun yläpuolisen valaistuksen päivitysmahdollisuudet.
- Haetaan lisäkoulutusta robotin ohjelmointiin ja käyttöön.
- Kehitysprojektin myötä tulleet muutokset dokumentoidaan käyttöohjeeseen.

2.4 Hyödyt

Automatisoinnin tehostamisella yritys parantaa kilpailukykyään alati kiristyvässä kilpailussa pienempien kustannuksien maissa toimivia yrityksiä vastaan. Toimitusvarmuuksien ylläpitäminen helpottuu, kun voidaan käyttää miehittämätöntä ajoa tehokkaammin. Samalla mahdollistetaan paremmin tuotannon ajaminen vähemmällä miehityksellä, jos esimerkiksi nykyinen, tai jokin uusi pandemia alkaa vähentää henkilöresursseja. Kehitysprojektin myötä robottisolun käytön kokonaisvaltainen osaaminen parantuu. Ohjelmointiosaamisen kehittyessä pystytään ohjaamaan myös pienempiä sarjoja robotin kautta asetusajan pysyessä silti maltillisena. Tuotannon henkilöstöresursseja vapautuu haasteellisempiin tehtäviin, koska käsin tehtävä kappaleenvaihto sorveille vähenee.

3 TEOREETTINEN TAUSTA

3.1 Viitekehys

Koska kehityskohde on relevantti, tosielämän ongelma, on konstruktiiivinen tutkimusote sopiva metodi tälle työlle. Työssä kehitetään kohdeyritykselle uusi konstruktio, jota analysoidaan ja testataan sen käytännön soveltuvuutta, minkä seurauksena päästään kohti työn päätavoitetta, eli robotin tehokkaampaa hyödyntämistä tuotantoprosessissa. Työhön tullaan hyödyntämään sidosryhmien ja/tai yhteistyökumppaneiden aihealuekohtaista osaamista ja tietämystä, joka samalla täydentää myös työn tekijän syvällisempää oppimista ja tietämystä. Työ ei tule perustumaan pelkästään tutkijan omiin näkemyksiin, vaan siinä tehdään tiivistä yhteistyötä myös yhteistyökumppaneiden ja yrityksen tuotantojohdon, myynnin ja robotin operaattoreiden kesken. Lukka jakaa konstruktiiivisen tutkimuksen seitsemään eri prosessivaiheeseen. Prosessi on kuvattuna alla olevassa kuviossa. (Lukka 2001.)



Kuvio 1. Konstruktiiivisen tutkimuksen vaiheet (Lukka 2001)

3.2 Keskeiset käsitteet

Digital twin: ”Digitaalinen kaksonen eli digital twin on nimensä mukaisesti tosielämän laitteen tai järjestelmän digitaalinen kopio” (Pervilä 2019).

Konenäkö: Käytetään robotiikassa esimerkiksi käsiteltävän kohteen tunnistamiseen ja sijaintiin liittyvän tiedon keräämiseen. Kerätyn tiedon perusteella voidaan ohjata robotin toimintoja, kuten esimerkiksi kappaleiden poimintaa.

Offline-ohjelmointi tai etäohjelmointi: Tehdään toisaalla, kuin itse loppukäyttö kohteessa. Esimerkiksi robottia voi ohjelmoida toimistosta käsin virtuaalisessa ympäristössä, joka voidaan tehdä identtiseksi kohdelaitteen ja sen ympäristön kanssa (Digital twin).

Ohjelmointi: Tietokoneelle tai vastaavalle laitteelle annettu toimintaohje eli algoritmi (Heikkinen 2016, 1).

Operaattori: Tässä työssä tarkoittaa henkilöä, joka käyttää robottisolua.

Parametrinen ohjelmointi: Koko ohjelmaa ei tarvitse rakentaa alusta asti. Tuotekohtaiset muuttujat kerrotaan parametreja muuttamalla.

Pendant: Yleiskielellä kapula tai käsiohjain. Paikan päällä tapahtuvaan robotin ohjelmoimiseen, ohjaamiseen ja hallintaan tarkoitettu väline.

Robottisolu: Tässä työssä solu, jossa on kaksi vaakasorvia, ja Fanuc-robotti palvelemassa sorveja.

Standalone: Tässä työssä sorvilla itsenäinen ajo operaattorin suorittamana. Ei ulkoisia aputoimilaitteita, kuten robottia ajossa mukana.

Tarttuja: Robotin käsivarren jatkeena oleva toimilaite, jolla voidaan esimerkiksi poimia ja liikuttaa käsiteltäviä tuotteita.

4 TUTKIMUS JA KEHITTÄMISMENETELMÄT

4.1 Benchmarking

Työssä tullaan kartoittamaan ohjelmointia helpottava ja nopeuttava menetelmä tai sovellus. Vertailtavia vaihtoehtoja valitaan kaksi kappaletta. Tiedot ja materiaali vertailtavista vaihtoehtoista saatiin benchmarkingilla kyseisten sovellusten toimittajilta, sähköpostilla, teams-palavereissa ja keskusteluissa. Seuraavassa kappaleessa kuvataan benchmarkingin määritelmää.

Benchmarkingissa valitaan ensin omasta liiketoiminnasta rajattu kehityskohde. Kohteina voi olla esimerkiksi tuotantoprosessit, työtavat tai laatu. Tämän jälkeen kerätään kyseisen osa-alueen ammattilaisilta ja/tai tunnustetuilta osaajilta tietoja ja taitoja, joita voidaan verrata omaan tekemiseen, ja soveltaa oman toiminnan kehittämiseen. Tavoitteena ei ole kopioiminen, vaan uusien asioiden oppiminen ja niiden soveltaminen. (Vuorinen 2013, 158.) Tutkimuksen tekijä toimitti tarvittavan taustamateriaalin toimittajien käytettäväksi. Tähän sisältyi myös tutkijan oman tietämyksen kasvattaminen olemassa olevan robottisolun toimintaa kartoittamalla ja dokumentoimalla.

4.2 Swot-analyysi

Ohjelmointisovellusten toimittajilta benchmarkingin avulla saatu, ja itse hankittu materiaali analysoidaan SWOT-analyysillä, jonka tulosten pohjalta päätetään, valitaanko jompikumpi tarjotuista, ohjelmointia helpottavista vaihtoehtoista. Mikäli jompikumpi sovellus valitaan, se tullaan implementoimaan osaksi yrityksen robottisolun ohjelmointiprosessia.

5 KEHITTÄMISKOHTEET

5.1 Robottisolu

Nykyinen robottisolu koostuu kahdesta Doosan Lynx 300M -vaakasorvasta, yhdestä Fanuc R-2000iB 125L -robotista, Fanuc-konenäöstä (kamera integroitu osaksi tarttujaa), 2-puoleisesta magneettitarttujasta, neljästä EUR-lavapaikasta lattiatasossa, yhdestä näytekappaleen pyyntitasosta, kahdesta puskurointi- / kuvaus- / kappaleen kääntöpöydästä ja yhdestä kappaleen kaiverrusasemasta. Robotti on ympäröity turva-aidoilla (Kuva 3). Aitojen molemmissa päissä on valoverhot, joiden tehtävä on pysäyttää robotti, jos joku tai jokin menee valoverhoista läpi. Robotin saa jatkamaan kesken jäänyttä tehtävää, kun valoverhot kuitataan, ja automaattiajo käynnistetään napin painalluksella turva-aitojen ulkopuolelta. Tällä turvatoiminnolla mahdollistetaan esimerkiksi lavojen vieminen ja noutaminen robotin työalueelta. Sivuilla on turvarajoilla varustetut ovet, jotka avaamalla mahdollistetaan robotin pääsy sorveille, ja samalla estetään ihmisen pääsy robotin työalueelle. Solun tämänhetkinen toiminta, materiaalivirtojen ja lavauksen osalta, on esitetty tämän työn sivuilla 12–13, kuvissa 1 ja 2.



Kuva 3. Robotti ja turva-aidat

Robotin integrointi osaksi solua oli tilattu Fastems Oy:ltä, ja se on otettu käyttöön vuosina 2012–2013. Solun ohjelmarakenteen, ja tuotekohtaiset ohjelmat silloiselle tuotekannalle on tehnyt Fastemsin alihankkijana Robotion Oy.

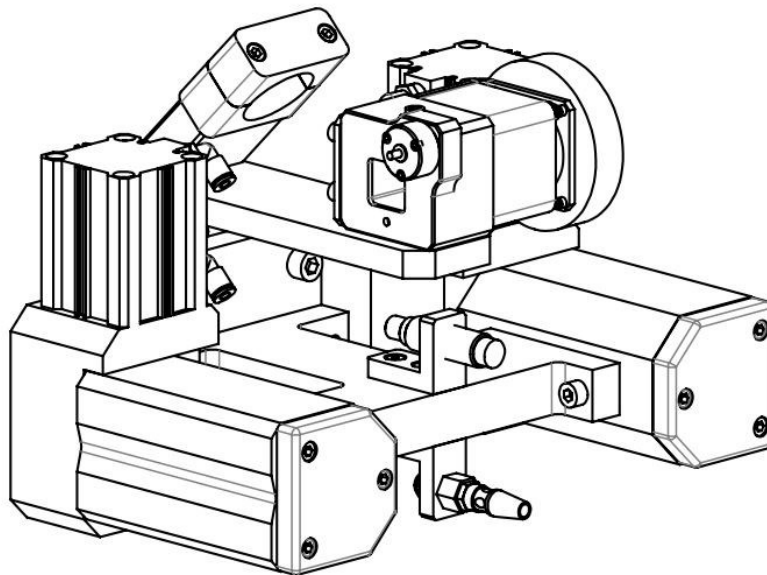
Nykyisessä pääohjelmassa, jossa alustetaan tuleva ajo, tehdään seuraavat toiminnot, joiden jälkeen robotti lähtee vasta suorittamaan tuotekohtaista ohjelmaa:

- Suoritetaan aliohjelmalla kotiasemaan ajo, jos robotti on jossain muualla kuin kotiasemassa.
- Määritetään, ajetaanko yhdellä vai kahdella sorvilla.
- Jos valitaan kahden sorvin ajo, määritetään kummallekin sorville ajettava tuoteohjelma. Jos ajetaan molemmilla sorveilla samaa ohjelmaa, voidaan vielä erikseen valita, käytetäänkö yhteisajoa vai ei. Yhteisajossa materiaalin syöttö tapahtuu yhden materiaalilavan kautta, ja siinä ajattava tuote viedään ensimmäisen sorvausvaiheen jälkeen sorvilta 1, robotilla suoraan sorville 2, toisen vaiheen sorvaukseen. Jos sorvi 2 ei ole valmis vastaanottamaan tuotetta, robotti sijoittaa tuotteen väliaikaisesti puskurilavalle odottamaan sorvin 2 pyyntiä.
- Valitaan kuvausohjelma.
- Määritetään tarpeen vaatiessa ajettava kappalemäärä, jonka jälkeen solu pysähtyy sorvin teräpalojen tarkistamista varten.
- Kerrotaan, montako kappaletta materiaalia on lavalla.
- Kerrotaan, montako valmista tuotetta on lavalla.
- Kerrotaan enimmäismäärä valmiille kappaleille/lava.
- Kerrotaan, onko materiaalia kääntöpöydällä.
- Kerrotaan, onko tuotteita näytteenottopöydällä.
- Määritetään mahdollinen kaiverrus ja sen juokseva numerointi.

Tulevan kehitysprojektin vaikutukset ja muutokset robotin peruskäyttöön halutaan pitää mahdollisimman vähäisinä. Tällöin ei muodosteta liian isoa kynnystä uuden menetelmän opettelulle ja käyttämiselle.

5.2 Alkuperäinen tarttuja

Kuvassa 4 on Fastems Oy:n suunnittelema tarttuja, joka on sellaisenaan ollut käytössä robotin käyttöönottohetkestä lähtien. Konsepti on ollut hyvä ja toimiva, mutta sen toimivuus tulevaisuuden tarpeisiin tullaan kartoittamaan tämän työn yhteydessä.



Kuva 4. Gripper 67570 Nortech (Fastems Oy 2012)

5.3 Ohjelmointi

Kehitystarpeiden selvityksessä ohjelmointiosaamisen havaittiin olevan puutteellinen tai lähes unohtunut. Tämä johtui siitä, ettei ohjelmointia ollut tehty enää pitkiin aikoihin. Edellä mainittujen syiden takia, kapulalla ohjelmointi koettiin myös hitaaksi ja haastavaksi. Työssä haluttiin tutkia olisiko erillisestä ohjelmointisovelluksesta apua ohjelmoinnin haasteisiin. Erillinen sovellus mahdollistaisi ohjelmoinnin ilman kapulaa, tai ainakin huomattavasti vähentäisi sen käytön tarvetta. Työn rajauksen mukaisesti, tähän valittiin kaksi eri sovellusvaihtoehtoa, jotka saattaisivat parhaiten vastata yrityksen tarvetta. Seuraavissa kappaleissa esitellään kyseiset vaihtoehdot.

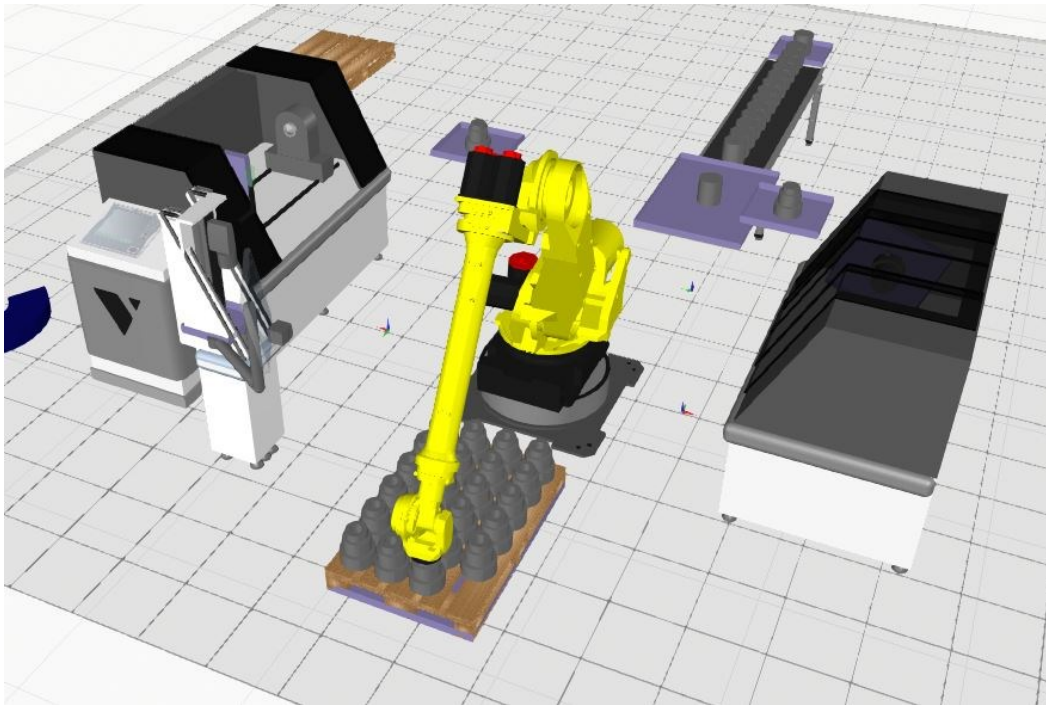
5.3.1 Etäohjelmointi

Etä- eli offline-ohjelmointi on hyödyllisimmillään monimutkaisissa sovelluksissa, jotka vaatisivat paljon aikaa, jos ohjelmointi tehtäisiin manuaalisesti kapulalla. Etäohjelmoinnista voi olla hyötyä myös, jos robottiohjelman joutuu rakentamaan isolle käsiteltävälle kappaleelle, tai jos nimikemäärä on suuri ja sarjakoko on pieni. (Robotics Online Marketing Team 2018.)

Edellisen kappaleen määritelmään tukeutuen, etäohjelmointi voisi olla potentiaalinen vaihtoehto robottisolun hyötykäytön tehostamiseksi. Etäohjelmoinnissa robotin ohjelmat voitaisiin valmistella lähes täysin valmiiksi toimistossa tietokoneen näytöllä, jolloin robotilla täytyisi enää varmistaa ja hienosäätää ohjelman toimivuus muutaman ensimmäisen kappaleen kohdalla. Tämä säästäisi huomattavasti aikaa ja konekapasiteettia verrattuna perinteiseen pendantilla ohjelmointiin, jossa vähintään toinen sorveista seisoisi toimettomana ohjelmoinnin ajan.

Etäohjelmoinnin tarjoamia mahdollisuuksia lähdettiin kartoittamaan Delfoi Oy:n kanssa. Delfoi on erikoistunut monimutkaisten käyttökohteiden, kuten hitsauksen ja maalauksen etäohjelmointiin, mutta heillä on tarjota myös konepalveluun sopiva Delfoi Robotics Basic -ohjelmisto, joka ei sisällä rataohjelmointityökaluja (hitsaus, leikkaus ja jäysteenpoisto). Delfoin etäohjelmointisovellus on rakennettu Visual Components:in alustalle. (Kytöharju, 2020.)

Visual Components on simulointiohjelmisto, johon on mahdollista mallintaa 3D-ympäristöön yksinkertaisesta tuotantosolusta aina kokonaisen tehtaan automatisoitu tuotantoprosessi. Tämän opinnäytetyön tekijä on myös omissa opinnoissaan tutustunut Visual Components:in perustoimintoihin (Kuva 5).



Kuva 5. Visual Components harjoitustyö, SAMK YAMK, Lepistö & Valtanen

Olemassa olevasta solusta luotaisiin siis täydellinen virtuaalinen malli, Digital Twin – digitaalinen kaksonen. Malliin on valittavissa useiden eri robottivalmistajien lukemattomia eri robottimalleja, joiden kinematiikka ja dimensiot vastaavat täysin todellisuutta. Tällöin jo ohjelmaa tehdessä voidaan havaita esimerkiksi mahdolliset singulariteettiongelmat, jossa lineaariliikkeellä työkalupistettä siirrettäessä, saattaa jossain tilanteessa robotin kaksi akselia ohjautua yhdensuuntaiseksi, jolloin lineaariliikettä ei pysty suorittamaan haluttuun pisteeseen. Ongelma on helppo korjata mallissa muuttamalla esimerkiksi paikoituspisteiden sijaintia.

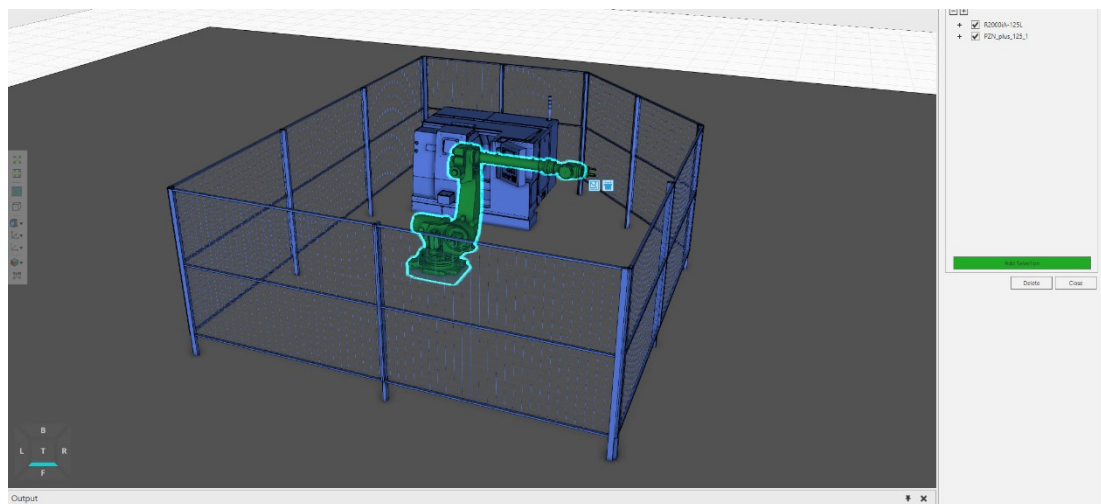
Robotin paikoituspisteet voidaan ohjelmoida sovelluksessa monilla eri tavoilla: (Kytöharju, 2020.)

- Robotin eri akseleita hiirellä raahaamalla.
- Virtuaalisilla JOINT- ja LINEAR-liikkeillä.
- Snap-toiminnolla (esimerkiksi tarttujan keskipiste kohdentuu automaattisesti poimittavan kappaleen yläpinnan keskipisteeseen, kun tarttuja raahataan riittävän lähelle poimittavaa kappaletta.
- Syöttämällä käsin koordinaatit ja kulmat suhteessa valittuun koordinaatistoon.
- Akselikulmia muuttamalla.

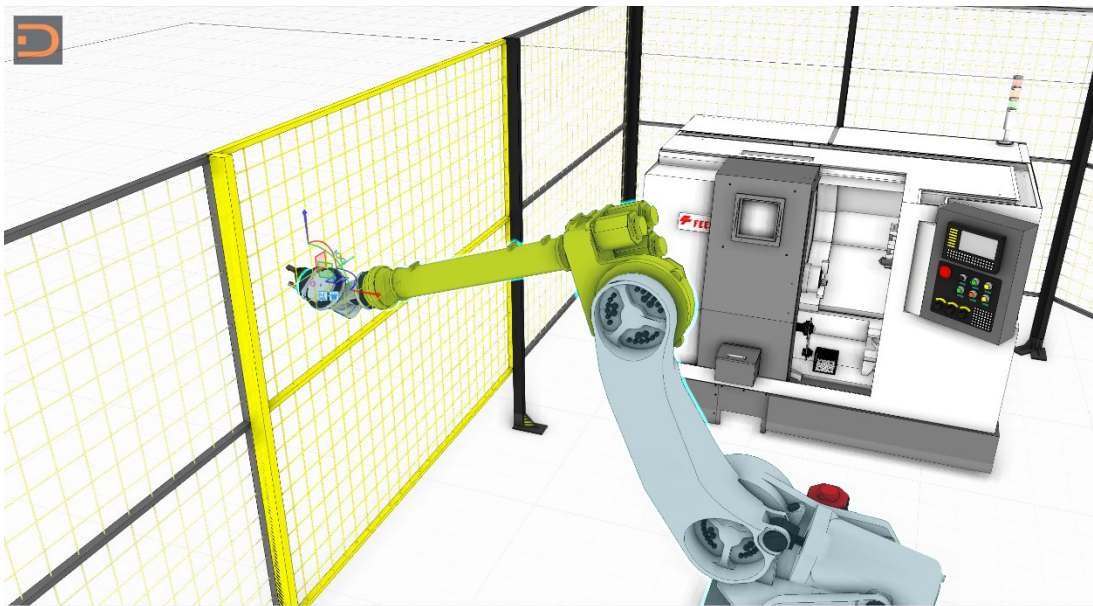
Luoduille pisteille määritetään liikekäskyt:

- JOINT, LINEAR tai CIRCULAR
- Paikoitustarkkuudeksi voidaan valita FINE tai CNT
- Liikenopeus on määriteltävissä esimerkiksi prosentteina tai mm/s.

Malliin olisi myös mahdollista asettaa turva-alueita, joille yhdenkään robotin fyysisistä dimensioista ei ole mahdollista liikkua. Tällä pystyttäisiin tekemään lisävarmistus sen lisäksi, että myös robotin liikkeet ovat simuloinnissa nähtävissä suhteessa virtuaaliympäristöön. Näillä ominaisuuksilla voidaan ennakkoon kontrolloida, että robotti ei myöskään törmäisi mihinkään kiinteään esteeseen oikeassa ympäristössään. Kuvassa 6 tehdään kaksialueinen valinta kohteiden, jotka eivät saa törmätä (vihreät), ja kohteiden, joihin ei saa törmätä (violetit), välillä. Kuvassa 7 keltainen väri indikoi tapahtuneesta törmäyksestä, ja myös simulointi pysähtyy tähän virheeseen, jolloin se ei voi jäädä ohjelmoijalla huomaamatta. (Kytöharju sähköposti 29.6.2020.)

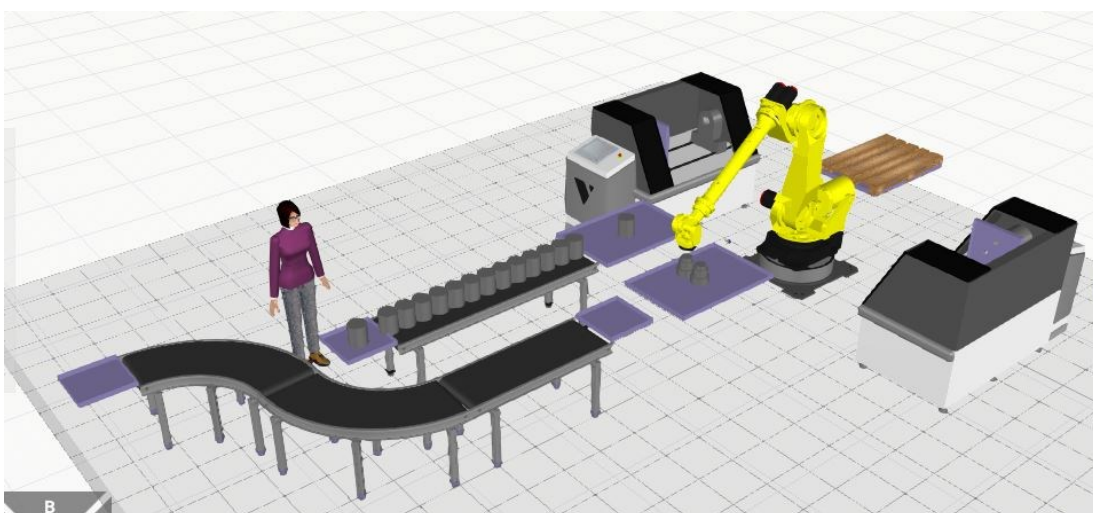


Kuva 6. Turva-alueiden valinta (Kytöharju sähköposti 29.6.2020)



Kuva 7. Törmäyksen indikointi simuloinnissa (Kytöharju sähköposti 29.6.2020)

Sen lisäksi, että etäohjelmoinnilla voidaan tehdä robotin ohjelmointia virtuaaliympäristössä, sillä on myös mahdollista simuloida erilaisia solun kehitysideoita. Ohjelmistossa on helppo valita laajasta kirjastosta geneerisiä komponentteja, joita voidaan yksinkertaisesti raahata mallinnettuun soluun. Tällä tavoin olisi esimerkiksi mahdollista lisätä erilaisia kuljettimia tai puskurivarastoja, joiden vaikutuksia solun prosessien hyötysuhteeseen ja läpimenoaikoihin olisi helppo simuloida. Kuvassa 8 soluun on lisätty kuljettimia, sekä henkilö, jolle voidaan määrätä tiettyjä tehtäviä, sekä nopeus, jolla tehtäviä suoritetaan.



Kuva 8. Kehitysideoiden simulointia, lisätty kuljettimia ja työntekijä

Nykypäivänä tuotteista ja materiaaleista on melko helposti saatavilla 3D-mallit. Delfoin ohjelmisto sisältää kaikki CAD-sisäänlukijat, kuten SolidWorks, sekä neutraalit sisäänlukijat, kuten STEP. Tämä helpottaisi ohjelmointia, koska malleista saisi suoraan kappaleiden geometriset dimensiot hyödynnettäviksi ohjelmointiin. Lisäksi, koska nykyisistä tuotantotiloista koneineen on olemassa 3d-malli, myös se olisi mahdollista tuoda Delfoin malliin. (Kytöharju, 2020.)

Delfoille toimitettiin täydellinen backup-paketti robotin nykyisistä ohjelmista, joiden pohjalta tehtiin alustava selvitystyö tämänhetkisestä ohjelmistorakenteesta. Mikäli Delfoin sovellus otettaisiin käyttöön, sen tarkoitus olisi pohjautua hyvin pitkälle olemassa oleviin pääohjelmiin, ainoastaan tuotekohtaiset ohjelmat muuttuisivat. Ei olisi mitään syytä jättää hyödyntämättä jo toimiviksi havaittuja ratkaisuja, sekä myös operaattorin näkökulmasta, robotin käyttö pyrittäisiin pitämään mahdollisimman samanlaisena, kuin mitä se on ollutkin.

Delfoin näkökulmasta vaaditut edellytykset ohjelmiston käyttöönotosta ja käytöstä (Delfoi tarjous, sähköposti 11.5.2020):

- Käyttöönottovaiheessa tehtävien kalibrointimittausten ja ohjelmointitestien yhteydessä on asiakkaan puolelta oltava käytettävissä koulutettu robottioperaattori.
- Robottiaseman on oltava käyttökunnossa, ja toimittava riittävän luotettavasti, että etäohjelmointia robottiasemassa voidaan menestyksekkäästi toteuttaa.
- Asiakkaalla on oltava valmius käyttää robottiasemaa ja pystyä vastaamaan/hankkimaan vastaus robottiaseman toiminnan teknisiin yksityiskohtiin liittyviin kysymyksiin.
- Projektin luonteesta johtuen, voidaan Delfoi Robotics-ohjelmiston käyttöönotto, koulutus ja testivaihe suorittaa käyttäen väliaikaista testilisenssiä (voimassaolo 30 pv), jonka jälkeen asiakas voi päättää ohjelmistolisenssin hankinnasta, riippuen kehitysprojektin tuloksista.

Projekti etenisi vaiheittain seuraavasti:

- Robottisolun mallinnus ja asetukset
- Solun mittaukset ja kalibrointi
- Käyttöönottestaukset ja hyväksymistarkastus
- Käyttäjien koulutus
 - Käyttöliittymä ja ohjelmiston perustoiminnot
 - Ohjelmointikoulutus
 - Tuoteohjelmointi ja ohjelman suoritus robotilla.

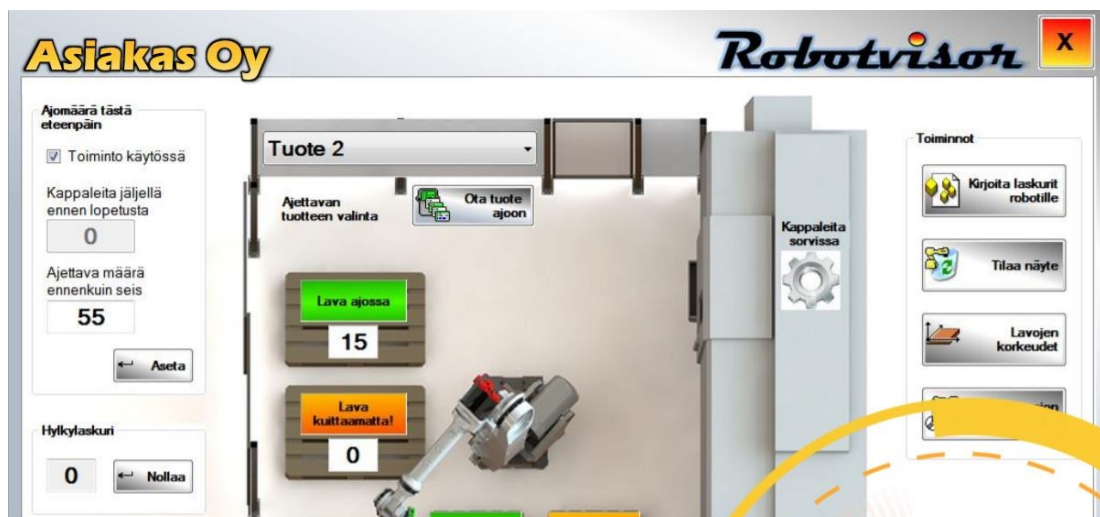
5.3.2 Parametrinen ohjelmointi

Toinen vaihtoehto ohjelmointiin voisi olla, että ohjelmistorakenne olisi täysin parametrinen. Parametristä vaihtoehtoa lähdettiin kartoittamaan yhdessä Robotmation Oy:n kanssa. Robotmationilla on Fanuc-robottien edustus, ja heillä on pitkä kokemus teollisuuden prosessien automatisoinnista. Robotmationilla on tarjota käyttökohteeseen sopiva Robotvisor Basic-ohjausjärjestelmä, joka soveltuu yksinkertaisille robottisoluille tai pienille linjastoille.

Tässä vaihtoehdossa itse ohjelmaa ei muutettaisi tuotekohtaisesti, ainoastaan tuotereseptejä, joita voi olla lähes rajattomasti. Tällaista kokonaisuutta ohjaa yleensä ohjausjärjestelmä käyttöliittymällä, mistä myös työt jaellaan (Leijon sähköposti 11.4.2019). Myös tällä tavoin sorvia ei tarvitsisi sitoa pitkäksi aikaa ohjelmointiprosessiin, koska ohjelmat rakennettaisiin jo-toimiviksi-testatuista osa-alueista. Muuttujat määriteltäisiin resepteissä. Robotvisor-sovelluksen etuna on se, että uusien ohjelmien tekeminen parametreilla ja reseptiikalla olisi täysin myös operaattoreiden tehtävissä ja opeteltavissa.

Järjestelmää hallitaan Windows 10 -pohjaisen teollisuus-PC:n kautta, jossa yhdistyy TwinCAT Soft PLC -ohjaus ja robottisoluja varten kehitetty graafinen PC-ohjausohjelmisto. Rajapinnan kautta on mahdollista ohjata ja valvoa kaikkia solun laitteita, sekä liittyä muihin PC- tai PLC-järjestelmiin. Graafinen käyttöliittymä vastaa visuaalisesti olemassa olevaa kohdetta ja sen reaaliaikaisia tiloja (Kuva 9). Tässä projektissa siinä tulisivat näkymään sorvit, robotti, lavapaikat, kääntöpöydät,

näytöpöytä, kaiverruslaite ja turva-aidat. Logiikalla voidaan ohjata kaikkia robotin oheislaitteita, ja sillä voidaan myös kontrolloida turvalaitteita. Robotin kaikki hälytykset näkyvät näytöllä ja tallentuvat lokiin, myös operaattorin tekemät toimet tallentuvat. Robotin kaikkia toimintoja, kuten esimerkiksi käsiajtoa, on mahdollista ohjata käyttöliittymästä, myös käsiohjaimen näytöt ovat helpommin käytettävissä isommalta näytöltä. Konenäköjärjestelmän käyttö onnistuu myös kyseisen järjestelmän PC:n näytön kautta. Robotin ohjelmien varmuuskopiot ovat otettavissa käyttöliittymän kautta helposti. Optiona tähän järjestelmään saa etäyhteyden, sekä automaattiset, järjestelmän tilasta kertovat sähköposti- tai tekstiviestit valittuihin kohteisiin. (Robotmation Oy 2017.)



Kuva 9. Robotvisor, graafinen ja visuaalinen käyttöliittymä (Robotmation Oy 2017)

Parametrisen ohjelmoinnin perusajatuksena robotiikassa on se, että on pääohjelma, joka sisältää käyttökohteen perustoiminnot ja niille koordinaatit eli paikoituspisteet. Tuotekohtaisissa ohjelmissa, Robotvisorin resepteissä (Kuvat 10, 11&12), määritetään tuotekohtaiset muuttujat, kuten esimerkiksi kappaleen dimensiot ennen ja jälkeen koneistuksen, käytettävä kuvausohjelma, käytettävä työstökone ja lavaustiedot. Annettujen dimensioiden perusteella pääohjelma osaa laskea tarvittavat offsetit, eli muutokset oletus-paikoituspisteeseen, halutun toiminnon suorittamiseksi. Edellä mainittuja toimintoja tässä projektissa ovat esimerkiksi kappaleiden oikeat paikoituspisteet kappaleiden noudossa ja jätössä sorville, sekä vastaavat pisteet, kun noudetaan aihioita lavalta tai viedään valmiita kappaleita lavalle. Vastaavasti lavaustiedoissa kerrotaan esimerkiksi kappalemäärät, ja etäisyydet toisiinsa nähden,

X- ja Y-suunnassa, sekä paljonko niitä on mahdollisesti päällekkäin. (Robotmation Oy 2017.)

Tuotereseptin tiedot

Tuotteen tiedot

Ohjelmien nimet ja numerot

Tuotteen nimi:

Pesukoneohjelma: **Testipesu**

Kuvausohjelma 1:

Kuvausohjelma 2:

Tuotenumero [robotille]:

Työstökoneen ohjelma:

Tuotteen dimensiot

Tuotteen korkeus: mm

Tuotteen halkaisija: mm

Tuotteen epäkeskeisyys: mm

Paikka kaantolaitteella: mm

Työkierron määritykset

Tuoteiden väli jätössä: mm

Yksi kpl kerrallaan DMG:lle: **KYLLÄ**

Keskittimen tason paikka: **YLHÄÄLLÄ**

Tarttujan ja pakan leuat

Leuan korkeus 2-sormi: mm

Leuan korkeus 3-sormi: mm

Leuan korkeus DMG: mm

Kappalemäärät

Max kpl pesuun / huuhteluun: **KAKSI**

Max kpl jättöpaikkaan: kpl

Peruuta! **OK!**

Kuva 10. Tuotedimensiot reseptissä (Leijon sähköposti 27.6.2020)

Ohjelmapohjat

Loo Uusi... Kopioi... Muokkaa... Poista

Tuote	Hakuohj.	Takisawa robohj.	Jättoohj.	Ahion halk.	Ahion pituus	Valmiin halkaisija	Valmiin pituus
EkaKikkare	1	1	1	162	69	160	67
Test2	0	0	0	0	0	0	0

Tuotteen tiedot

Robotin yleiset

Lavaustiedot

Mittatiedot

Kappalemäärät laivoilla		Kappaleiden välimatkat		Toiminnot
Ahiota peräkkäin X	2	Ahiot, sirtto X	200	Lainio kpl välimatkat
Ahiota vierekkäin Y	2	Ahiot, sirtto Y	200	
Ahiota päällekkäin	1	Ahiot, sirtto Z	1	
Valmita peräkkäin X	2	Valmit, sirtto X	200	
Valmita vierekkäin Y	2	Valmit, sirtto Y	200	
Valmita päällekkäin	1	Valmit, sirtto Z	1	

Toiminnot

Auta robotin täytet lavat

Peruuta! **OK!**

© Robotmation Oy 2017 PCL, Suomeksi 18. toukokuuta 2017 18:25:12

Kuva 11. Lavaustiedot resepteissä (Leijon sähköposti 27.6.2020)



Kuva 12. Haku- ja jättölavojen määritys (Leijon sähköposti 27.6.2020)

Reseptien etuna olisi myös se, että niihin voisi lisätä helposti tuotekohtaisia ohjeita ja kuvia, jotka helpottaisivat ja selkiyttäisivät operaattoreiden työtä. Tekemistä helpottaisi myös se, että ohjeet löytyisivät aina samasta paikasta, eikä niiden sijainti olisi tekijästä riippuvainen. Robotmationille toimitettiin perustiedot robottisolusta, mutta koska ohjausjärjestelmä vaatii myös ”rauta”-puolelle komponentteja, vaatii tarkan tarjouksen tekeminen myös tarjouslaskijan käyntiä paikan päällä. (Leijon sähköposti 27.6.2020.)

Projekti etenisi vaiheittain seuraavasti: (Leijon sähköposti 27.6.2020)

- Tulevan käyttökohteen kartoitus Nortechilla tarjouslaskentaa varten, samalla käynnillä otetaan backup nykyisestä ohjelmistorakenteesta
- Määritetään tarvittavat komponentit (rauta), kuten esimerkiksi:
 - UPS
 - Taajuusmuuttajat
 - Sulakkeet
 - Riviliittimet
 - Kontaktorit ja releet
 - I/O-terminaalit
- Valitaan oikean kokoinen sähkökaappi raudalle, ja sen kokoonpanosta piirretään kuvat
- Ohjelmointi, joka sisältää:
 - PC:n asennuksen
 - Alustan konfigurointi projektin tarvitsemaan muotoon
 - Graafisen käyttöliittymän konfigurointi käyttökohdetta vastaavaksi
 - Perusparametriikan luominen projektin tarvitsemaan muotoon
 - Nykyisten ohjelmien kääntäminen parametriseen muotoon, mikäli käännettävissä (joskus voi olla helpompi aloittaa kokonaan alusta)
- Järjestelmän asennus ja käyttöönotto
- Järjestelmän koulutus.

6 UUDEN TOIMINTAMALLIN VALINTA

6.1 Tutkimustyön tulosten esittely johtoryhmälle

Tähänastisen tutkimus- ja selvitystyön tulokset käytiin läpi johtoryhmän palaverissa. Tähän projektiin lähdetessä oli alusta asti vahva tavoite, että työtä ei tehdä pelkästään mielenkiinnosta aiheeseen. Tavoite oli löytää sopivia kehitystoimia, ja myös lähteä toteuttamaan niitä käytännön tasolla. Seuraavissa kappaleissa käydään lyhyesti läpi esitellyt asiat.

6.1.1 Etäohjelmointi

Vaikkakin tällä sovelluksella olisi saavutettu kaivattua helpotusta ohjelmointiin, ja ohjelmat olisi pystynyt valmistelemaan toimistossa lähes loppuun asti, palaverissa todettiin, että etäohjelmointi on Nortechin tarpeisiin hieman ylimitoitettu vaihtoehto. Delfoi Robotics on kattava ja monipuolinen ohjelmisto, ja jos Nortechilla olisi esimerkiksi tarpeita hitsaus- tai kokoonpanorobotille, olisi Delfoin ratkaisu erittäin potentiaalinen vaihtoehto. Lisäksi sovelluksen etuna olisi virtuaaliympäristön muokattavuus, simulointimahdollisuus ja se, että sitä ei ole sidottu mihinkään tiettyyn robottimerkkiin, vaan postprosessoinnilla robottiohjelmat on mahdollista kääntää useille eri robottimerkeille. Delfoilta saatu informaatio ja tuki selvitystyöhön liittyen oli ensiluokkaista

6.1.2 Parametrinen ohjelmointi erillisen käyttöliittymän kautta

Kahdesta vertailtavasta, ohjelmointia helpottavasta vaihtoehdosta, tämä olisi soveltunut konepalveluun paremmin. Robotmationin laaja kokemus vastaavista kehitysprojekteista, sekä pitkä kokemus Fanuc-roboteista ja niiden ohjelmoinnista antoi käsityksen vahvasta osaamisesta. Sovelluksen oleellisin asia Nortechin näkökulmasta oli uusien ohjelmien helppo tekeminen. Ohjelmat olisivat täysin operaattorin tehtävissä taustalla, sillä välin kun solussa ajettaisiin muuta tuotantoa. Valitettavasti tämä toteutus ei mahtunut suunniteltuun budjettiin.

6.1.3 Tarttujapäivitys

Palaverissa käytiin läpi tuotteita, joita jo nyt olisi sarjakokojen ja dimensioiden puolesta mahdollista ajaa myös robotilla, mikäli tarttujasta edes toinen magneetti päivitettäisiin kolmisormitarttujaksi. Edellytyksenä tämän kehityssuunnan valinnalle oli, että myös ohjelmointiin saadaan samassa yhteydessä tukea ja koulutusta. Palaverissa esiteltiin myös potentiaalinen toteuttaja tarttujapäivitykselle.

6.2 Päätös valinnasta

Johtoryhmässä päädyttiin siihen, että robottisolun kehitystyössä lähdetään liikkeelle aiemmin määritellystä osatavoitteesta, eli tarttujan päivityksestä, koska päivitys on joka tapauksessa jossain vaiheessa tehtävä. Yhteistyökumppaniksi valikoitui CO-Engineering Oy (jäljempänä COE), joka pystyi tarjoamaan asiantuntijapalveluina mekaanista suunnittelua sekä automaatio-osaamista. Lisäksi COE:n kautta oli saatavilla kaivattua täydennyskoulutusta robotin ohjelmointiin.

7 TOTEUTUS

7.1 Kehitysprojektin tavoitteet ja sisältö

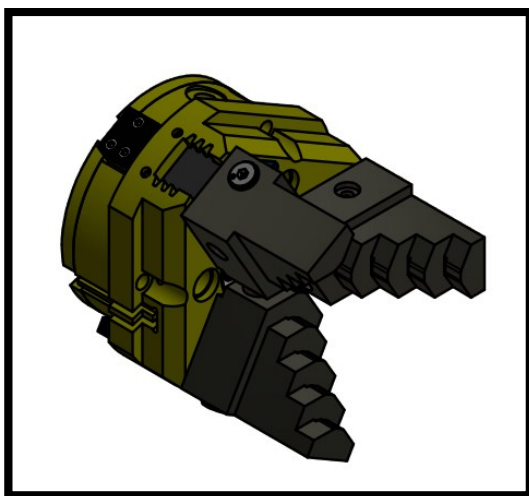
COE:n kanssa pidettiin aloituspalaveri, jossa käytiin läpi projektin tavoitteet ja rajoitukset. Samalla kerralla käytiin tutustumassa robottisoluun. Tällä käynnillä COE:n edustaja otti robotilta myös varmuuskopiot, joiden avulla he pääsivät tutkimaan nykyistä ohjelmarakennetta ja työkiertojen toteutustapaa. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu toteutetut toimenpiteet aihealueittain.

7.1.1 Mekaniikka

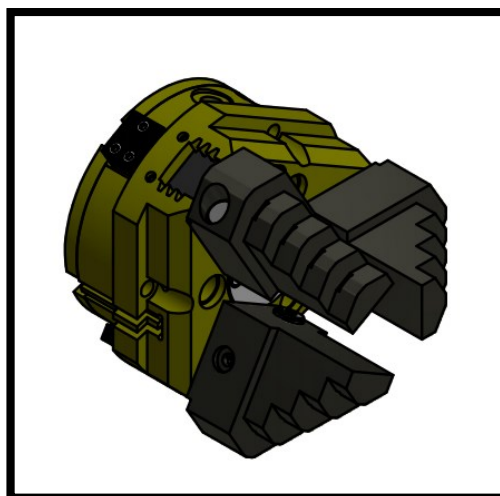
Palaverissa päädyttiin siihen, että tarttujapäivitys tehdään modifioimalla nykyistä tarttujaa, korvaamalla toinen magneeteista kolmileukatarttujalla. Sopivan uuden tarttujan valinta annettiin COE:n tehtäväksi, joka selvitystyön tuloksena päätyi Schunk PZN-plus -tarttujaan. Koko tarttujarakennetta ei haluttu lähteä muuttamaan, koska konenäkökamera on integroitu osaksi nykyistä tarttujaa. Lisäksi ferromagneettisten materiaalien poiminta lavalta voidaan edelleen toteuttaa magneetilla nykyistä parametroitua paletointiohjelmaa hyödyntämällä. Tarttujan mekaaniset vaatimukset olivat:

- Riittävän pieni koko, ettei tarttujan ääriimitat kasva liikaa, jolloin se ei enää mahtuisi sorvien ovista sisälle.
- Pitokyky 10 kg.
- Käsiteltävien lieriömäisten kappaleiden halkaisijat 30-200 mm.
- Pneumaattinen ohjaus, jolloin on mahdollista hyödyntää korvattavan magneetin ohjaukseen käytettyjä paineilmalähtöjä.
- Mahdollisuus tarttujan anturointiin, jolloin voidaan valvoa kappaleen irtoamista tai epäonnistunutta tartuntaa.
- Työliike molempiin suuntiin, jolla haluttiin mahdollistaa sekä ulko- että sisäpuolinen tartunta.

COE:n tehtäväksi tuli suunnitella valittuun tarttujaan riittävä määrä erilaisia leukoja, joilla pystytään kattamaan määritelty halkaisijaskaala, sisä- ja ulkopuolisella tartunnalla. Suunnittelun tulokset kuvattuna seuraavissa kappaleissa. Näistä yleisimmän leuoista on yksi esimerkki kuvissa 13 ja 14. Kuvien leuat on käännettävissä 180 astetta, jolloin kyseisellä leukamallilla on mahdollista hoitaa sisä- ja ulkopuolinen tartunta, riippuen kuinka päin leuat tarttujaan kiinnittää. Näillä leuoilla pystytään kattamaan sisäpuolinen tartunta halkaisijavälillä 61-161 mm, ja ulkopuolinen tartunta halkaisijavälillä 9-109 mm.

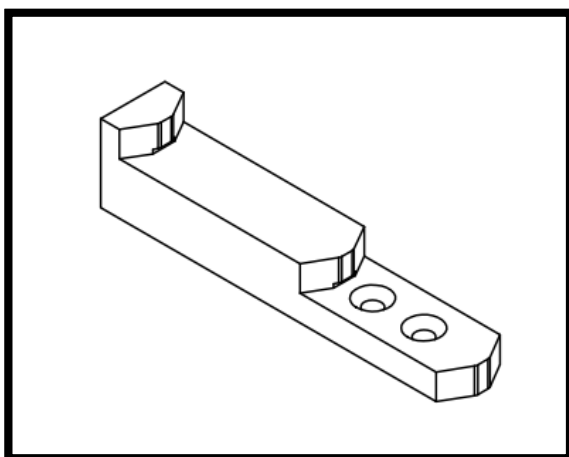


Kuva 13. Ulkopuolinen tartunta

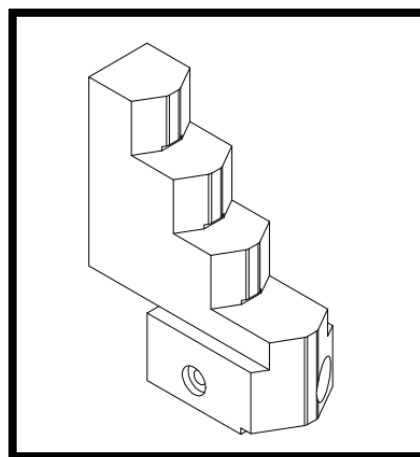


Kuva 14. Sisäpuolinen tartunta

Lisäksi oli tarve suunnitella tuotekohtaiset leuat yhdelle vanhalle tuotteelle (kuva 15), sekä yhteisleuka, joka toimii kaikille kolmelle uudelle pilotoitavalle tuotteelle (kuva 16).

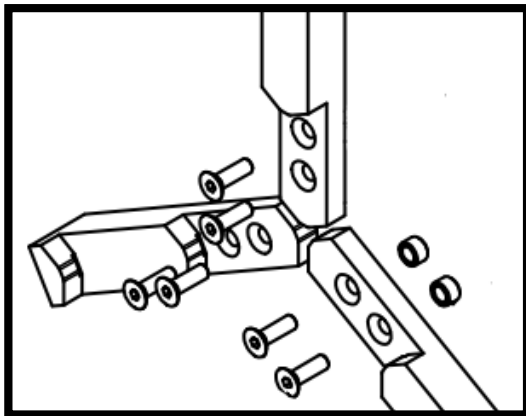


Kuva 15. Vanhan tuotteen leuat



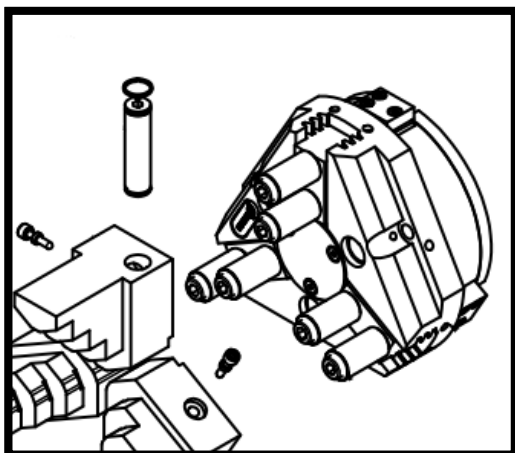
Kuva 16. Yhteisleuka

Leukojen kiinnitys uuteen tarttujaan on mahdollista kahdella eri tavalla. Tapa 1 on matalampien leukojen kiinnitys uppokantapulteilla, jolloin ohjaus tulee holkkien avulla (kuva 17). Kyseisiä matalia leukoja pystyy hyödyntämään kappaleille, joissa on ulkoinen tartunta, ja kappaleen ulkohalkaisija on suurempi kuin 120 mm.



Kuva 17. Pulttikiinnitteiset leuat

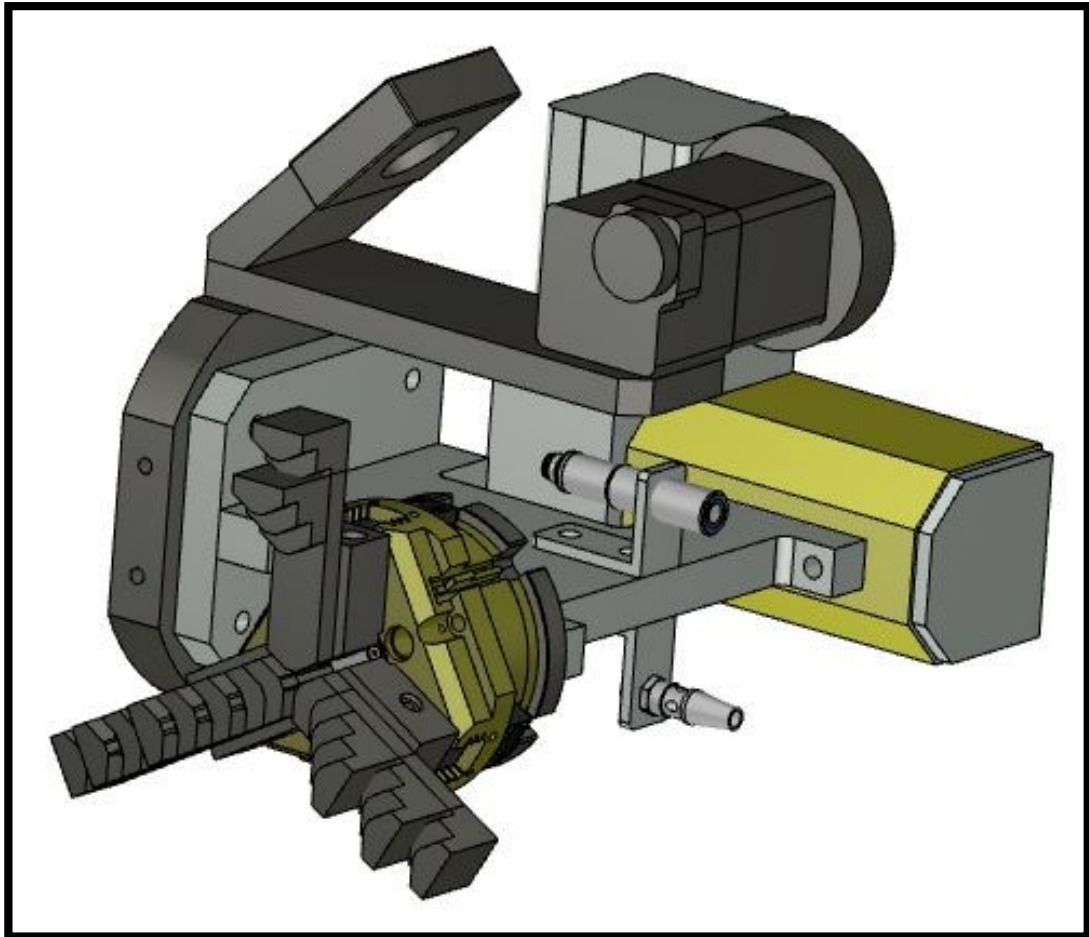
Tapa 2 on pikavaihtokiinnikkeillä, jolloin ohjaus tulee tarttujaan kiinnitettävistä ohjuritapeista, joihin myös leuan pikalukitus kiinnittyy (kuva 18).



Kuva 18. Pikavaihtoleuat.

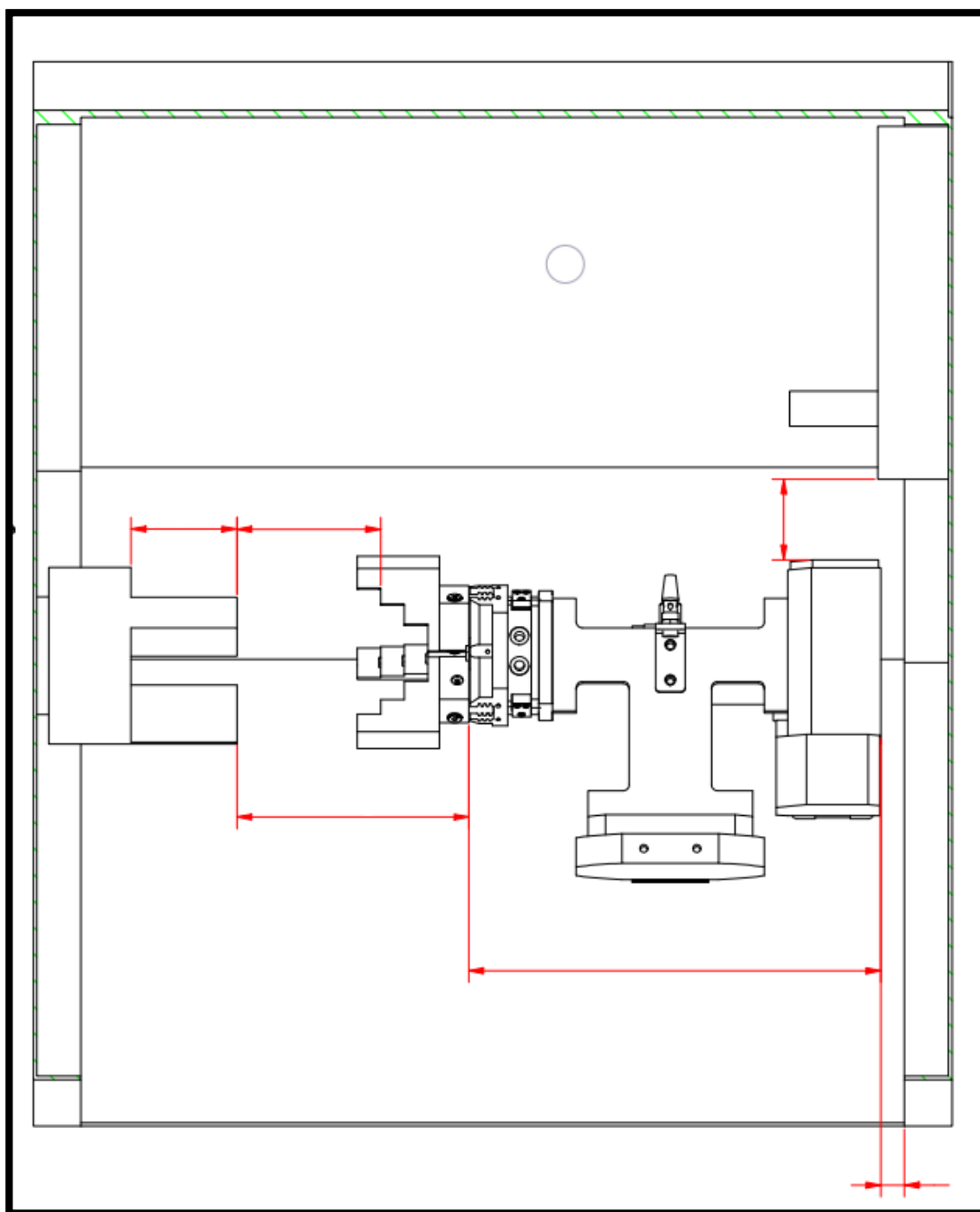
COE toimitti Nortechille 3D-mallit suunnittelemistaan leuoista, ja Nortech toteutti leukojen valmistuksen itse. Tällä tavoin saatiin myös tarvittavaa kokemusta ja osaamista robotin tarttujan leukojen valmistukseen, koska tulevaisuudessa on kuitenkin tarve tehdä lisää uusia, tuotekohtaisia leukoja.

COE:lle annettiin Fastemsin toimittamat robottisolun layout-piirustukset, joita he pystyivät hyödyntämään kokonaisuuden hahmottamisessa. COE mitoitti myös sorvin oviaukon ja nielun, jonka he mallinsivat 3D:nä. Uusi tarttajakokonaisuus mallinnettiin 3D:nä (kuva 19), ja malli hyväksyttiin Nortechilla.



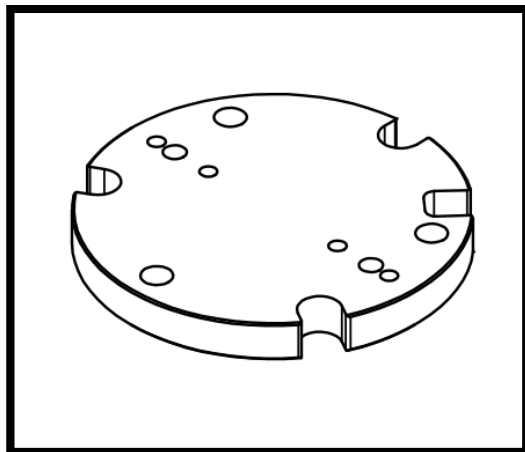
Kuva 19. Päivitetyn tarttujan 3D-malli

Nämä edellä kuvatut mallinnukset, ja niiden pohjalta tehdyt mitoituskuvat mahdollistivat tarkemman tarttujasuunnittelun, ja varmuuden siitä, että uusi tarttajakokonaisuus mahtuu viemään ja hakemaan kappaleita sorviin (kuva 20). Mitoitus tehtiin mallintamalla korkeimmat mahdolliset leuat sekä tarttujaan, että sorvin pakkaan.



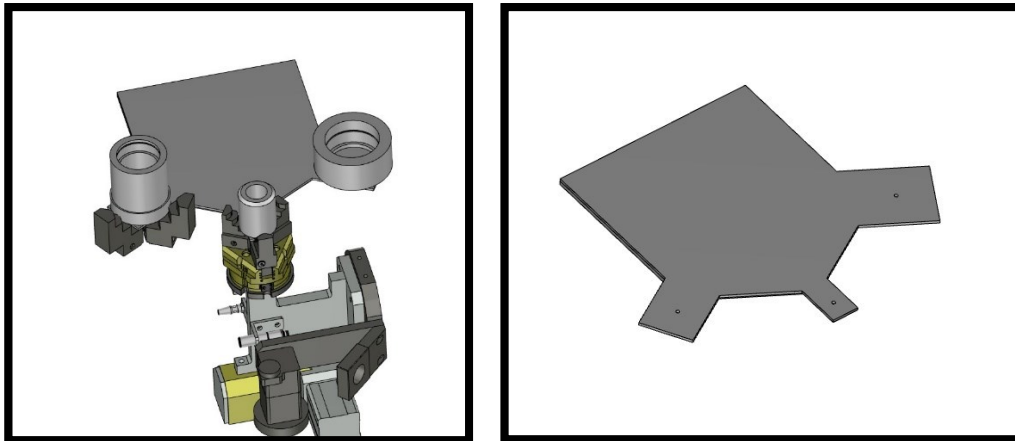
Kuva 20. Tarttujan sopivuus sorvin sisälle, korkeimmat mahdolliset leuat

Tarttujan kiinnitys vanhaan tarttujarunkoon vaati vain yhden uuden välilaipan suunnittelun (kuva 21), tällä tavoin vanhaa runkoa pystyttiin hyödyntämään sellaisenaan. Nortech toteutti välilaipan koneistuksen.

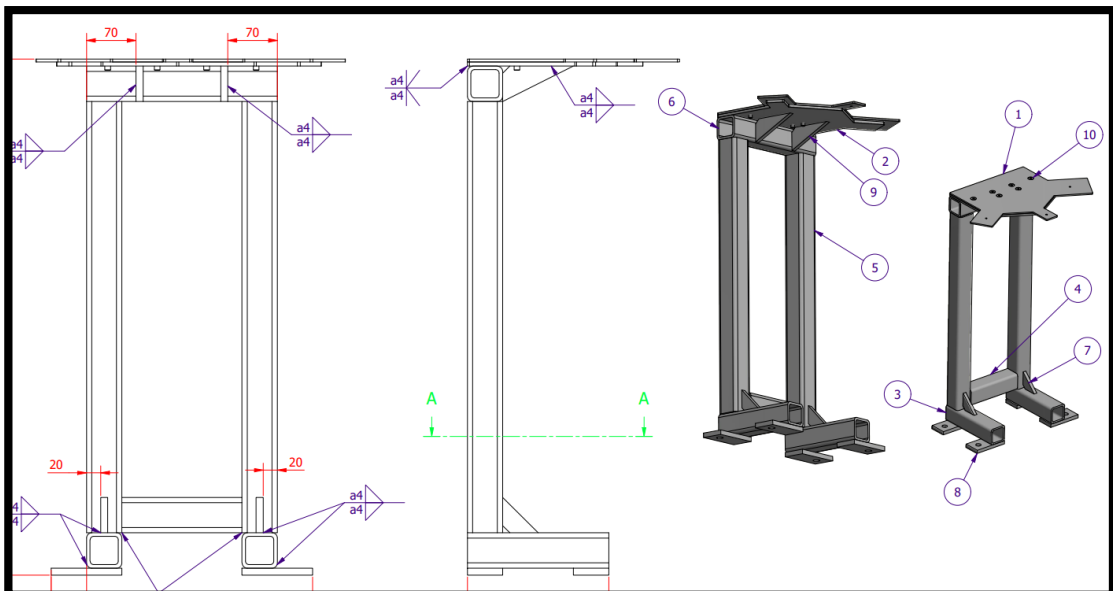


Kuva 21. Välilaippa vanhan tarttujarungon, ja uuden tarttujan väliin

Koneistettavista kappaleista on lähes aina tarve sorvata molemmat puolet. Tämä tarkoittaa sitä, että robotin on pystyttävä kääntämään työkappale koneistuksien välillä. Uusien tuotteiden halkaisijan ollessa pienempi kuin vanhojen, vanhaa laippamaisten kappaleiden kääntötapaa ei voitu enää käyttää. Tähän tarkoitukseen haettiin erilaisia vaihtoehtoja, ja niiden pohjalta suunniteltiin alustava kuva uudesta kääntöpöydästä ruutupaperille (liite 2). Alustavassa ruutupaperimallissa oli vain yksi kääntötaso tietyn halkaisijan kappaleelle. Alkusuunnittelun pohjalta COE teki ruutupaperiversiosta 3D-mallin, ja lisäsi siihen vielä heidän oman suunnittelutyönsä tuotoksena kaksi kääntötasoa lisää samaan pöytälevyyn (kuvat 22 ja 23). Pöytälevy on pulttikiinnitteinen, joten kun jatkossa tulee tarve kappaleenkäännölle, ja kappaleen halkaisija ei sovellu tehtyihin hyllytasojen leveyksiin ja pituuksiin, on nykyiseen pöytään helppo vaihtaa eri pöytälevy. 3D-mallista tulostettiin kääntöpöydän valmistuskuvat (kuva 24). Kääntöpöydän Nortech valmisti itse.



Kuvat 22-23. Modifioitu kääntöpöytä kolmella kääntötasolla



Kuva 24. Kääntöpöydän valmistuskuva

7.1.2 Sähköiset ja pneumaattiset kytkennät

COE:lle toimitettiin Fastemsin tekemät robottisolun sähkökuvat, joiden pohjalta uuden tarttujan anturointi ja pneumaattinen ohjaus olisi ollut mahdollista lähteä suunnittelemaan. Kävi ilmi, että sähkökuvista puuttui robotin käsivarren päällä olevan kytkentäkotelon sisältö. Kytkentäkotelon komponenteista lähetettiin COE:lle useita valokuvia, joiden perusteella he pystyivät tekemään alustavan suunnitelman uuden tarttujan kytkennän vaatimista komponenttihankinnoista.

Pneumatiikan muutokset olivat lopuksi hyvin vähäisiä, koska uudelle tarttujalle pystyttiin hyödyntämään vanhan magneettitarttujan olemassa olevaa suuntaventtiiliä ja letkuja. Uuden tarttujan anturointi jouduttiin johdottamaan, koska magneettitarttujalle ei anturointia ollut olemassa. Antureilla tarttujasta saadaan kaksi DI-tietoa: leuat kokonaan auki, tai leuat kokonaan kiinni. Mikäli kumpikaan näistä ehdoista ei ole aktiivinen, voidaan päätellä, että kappale on leuoissa kiinni.

7.1.3 Vanhojen ohjelmien päivittäminen ja uusien tuotteiden pilotointi

Ohjelmoinnin toteutuksesta vastasi COE:n yhteistyökumppani RBox Oy (jäljempänä RB). Suunnitelman mukaisesti uudella tarttujalla piti pystyä ajamaan myös niitä harvoja vanhoja nimikkeitä, joita vielä tilauskannasta löytyy. Haastatteleamalla työnjohtoa selvitettiin nimikkeet.

COE toimitti RB:lle taustamateriaalia solusta ja Nortechin tarpeista, kääntöpöydän kuvat sekä uuden tarttujan kuvat ja tiedot. Saadakseen vielä tarkemman käsityksen robottisolun toiminnasta RB kävi Nortechilla tutustumassa soluun, ja samalla robotin ohjelmista otettiin viimeisin backup ohjelmistosuunnittelua varten. Lataamalla backupin Fanucin Roboguide-simulointiohjelmaan, RB pystyi tietokoneen näytöllä tutustumaan robotin ohjelmistorakenteeseen, tekemään uuden tarttujan vaatimia muutoksia ohjelmiin, sekä myös simuloimaan muutosten vaikutusta ja toimivuutta kyseiselle robottimallille. Tällä menetelmällä lyhennettiin ohjelmamuutosten ja -korjausten aiheuttamaa tuotannon keskeytykseen kulunutta aikaa.

Ohjelmien päivitys aloitettiin olemassa olevien tuotteiden ohjelmien muutoksella, uudella tarttajakombinaatiolla ajettaviksi. Muutokset alkuperäiseen ohjelmarakenteeseen pyrittiin pitämään mahdollisimman vähäisinä, ettei ohjelmointityön määrä paisuisi liian isoksi, ja ettei opittu toimintamalli muuttuisi liikaa. Esimerkiksi parametroidun palletoinnin aliohjelmat haluttiin säilyttää lähes alkuperäisenä. Koska jokainen tuoteohjelma käyttää kyseisiä aliohjelmiä, niihin tehtävät muutokset vaikuttaisivat tällöin myös kaikkiin tuoteohjelmiin.

Seuraavassa on listattuna asioita ja muuttujia, joita piti ottaa huomioon uuden tarttujan kohdalla verrattuna aikaisempaan toimintamalliin:

- Kun vanhojen tuotteiden tapauksessa ajetaan tuotteita valuaihioista, joiden geometrioissa saattaa olla isoja heittoja, on ensimmäisessä vaiheessa materiaalin nouto erittäin suositeltavaa toteuttaa magneetilla. Tämä siitä syystä, että robotilla noudettaessa, kappaleen tunnistus on toteutettu ajamalla kappaleita päin tietyllä voimalla. Voima tunnistetaan servovirtojen tarkkailulla (kun virrat kasvavat määrättyyn raja-arvoon, liike pysähtyy). Jos noudossa käytettäisiin 3-leukatarttujaa, ja valun muotoheittojen takia kappale ei osuisi kunnolla leukojen väliin, on riski törmäyksestä aiheutuvalle leukojen ja/tai tarttujan hajoamiselle.
- Koska vanhojen tuotteiden kohdalla käytetään magneettipöytää kappaleen kääntämiseen, täytyy huomioida, että magneettipöydästä nouto on mahdollista toteuttaa vain magneettitarttujalla. Magneettipöydän avulla tapahtuva kappaleen kääntö toimii kunnolla vasta halkaisijaltaan yli 100 mm:n laippamaisille kappaleille.
- Jos 3-leukatarttujalla jätetään kappaletta sorvin leukoihin, -tai noudetaan sorvin leuoista, on erittäin tärkeää, että molemmat leukapakat ovat mahdollisimman täydellisesti samassa keskiössä. Tämä siitä syystä, ettei robotin käsivarteen kohdistuisi ylimääräistä vääntöä mihinkään suuntaan, kumpienkaan leukojen sulkeutuessa. Magneettia käytettäessä keskitys ei ole ihan niin kriittistä, koska kappaleella on mahdollisuus liukua jonkin verran magneetin pintaa vasten.
- Kun 3-leukatarttujalla ajetaan matalia kappaleita, ja/tai käytetään korkeita leukoja, täytyy huomioida, etteivät tarttujan ja sorvin leuat ole samassa orientaatioissa keskenään. Linjausta voidaan hallita käyttämällä sorvin pakan indeksointia ja säätämällä sen orientaatiokulmaa.

Kolmen uuden tuotteen ohjelmien valmistelu aloitettiin uuden kääntöpöydän sijoituspaikan valinnalla. Sijoitus haluttiin toteuttaa solun turva-aitojen sisäpuolelle. Sijoittamisessa piti huomioida turva-aitojen sisäpuolella olemassa olevat lavapaikat, vanhat kääntöpöydät, kaiverrusasema, ja robotin omat liikeradat ja niiden aiheuttamat rajoitukset. Hyvän sijainnin löytäminen, edellä mainittujen rajoitteiden takia, ei ollut ihan helppo tehtävä. Pienen hakemisen jälkeen paikka löytyi läheltä robotin jalustaa, joskin siinäkin jouduttiin menemään melko lähelle robotin liikkeiden ääri rajoja. Mikäli tulevaisuudessa liikerajoista muodostuu ongelmia, niitä on mahdollista helpottaa pidentämällä uuden kääntöpöydän jalvoja. Tällä saadaan robotin käsivarrelle enemmän liikkumatilaa itseensä nähden. Johtuen uuden kääntöpöydän sijainnista, tarttujan työkalupisteelle jouduttiin määrittämään orientaatiokulman kääntöä, ettei tarttujan kaapelit ja paineilmaletkut törmäisi kääntöpöytään ensimmäisen sorvausvaiheen valmiiden kappaleiden lavauksessa. Orientaatiokääntö sai olla aktiivinen vain kääntöpöydän läheisyydessä, muutoin käännön takia robotin 5-akselin olisi mahdollista törmätä viereisen materiaalilavan kappaleisiin. Toisen sorvausvaiheen valmiit kappaleet lavattiin 3-leukatarttujalla. Myös tässä oli tarve tehdä työkalupisteen orientaatiokääntö, että tarttujan leuat saatiin menemään oikeassa asennossa jo lavattujen kappaleiden väliin.

7.1.4 Koulutus

Projektin tavoitteiden mukaisesti Nortechille haluttiin myös lisäkoulutusta ohjelmointiosaamisen parantamiseksi. RB laati Nortechille lyhyen käyttöohjeen uusien tuotteiden ohjelmointiin, päivitetyllä tarttujalla ja uudella kääntöpöydällä. Ohje sisälsi ohjelmointiohjeiden lisäksi opastuksen uuden kappaleen määrittämiseen konenäköjärjestelmälle. Uusien tuotteiden ohjelmat pyritään tekemään mahdollisimman pitkälle kopioimalla ja muokkaamalla olemassa olevia tuote- ja kuvausohjelmia. Nortechin henkilöstöä oli mukana, kun uusille tuotteille tehtiin ohjelmointia ja konenäköille opetettiin uusia kappaleita. Viimeisen tuotteen kohdalla ohjelmoinnin toteutti Nortechin henkilöstö itse, ja RB oli taustalla läsnä, jos apua tarvittaisiin. Näillä koulutuksellisilla menetelmillä saatiin Nortechille hyvät valmiudet

uusien tuoteohjelmien tekemiseen omatoimisesti, lisäksi saatiin kertausta jo opitun osaamisen tueksi.

Uusilla kappaleilla ajettiin RB:n läsnä ollessa tuotannonomaista ajoa, jolla haluttiin varmistaa uusien ohjelmien toimivuus. Havaitut poikkeamat korjattiin koeajojen yhteydessä. Uusien tuotteiden pilotointi ja koeajot suoritettiin tiukalla aikataululla, joten on mahdollista, että kaikkia epäkohtia ei vielä tullut esille. Nortechin tehtävä onkin jatkaa robotin aktiivisempaa käyttöä, sekä saada uusia töitä robotille ajettavaksi. RB:ltä saa tarvittaessa tukea mahdollisten haasteiden selvittämiseksi.

8 TULOSTEN ANALYSOINTI

8.1 Asetettujen tavoitteiden saavuttaminen

Työn tavoite oli tehostaa ja kehittää olemassa olevan robottisolun toimintoja, ja sen myötä lisätä automaation hyödyntämistä tuotannossa. Tietoa on hankittu opintojen myötä, kerätty haastattelemalla robotiikan asiantuntijoilta, ja sitä on vertailtu ja analysoitu teoreettisin menetelmin. (Lukka 2001.) Työn alussa vertailtiin päätavoitteissa kahta erilaista ohjelmointia helpottavaa sovellusta, koska ohjelmoinnin osaamisessa havaittiin isoja puutteita. Vertailu toteutettiin kyseisen osaamisalan ammattilaisilta kerätyistä tiedoista, jotka sitten esiteltiin johtoryhmälle. Perustuen selvitettyyn tietoon päätettiin, että tämän projektin yhteydessä ei hankita ulkoista ohjelmointisovellusta. Kuitenkin ilman ohjelmointiosaamista uusien töiden ylösnosto robotille olisi haastavaa. Tätä vajausta helpottamaan työn tekijä kartutti ohjelmointiosaamistaan omien opintojensa avustuksella. Yhteistyökumppaneista COE pystyi tarjoamaan Nortechille asiantuntija-apua tarttupäivitykseen, mutta myös verkostonsa kautta ohjelmointiosaamisen kertaus- ja täydennyskoulutuksen. Tätä kautta saatiin toteutettua kaksi ennalta määriteltyä tavoitetta.

Osatavoitteissa tehtiin selvitys potentiaalisista uusista tuotteista, joita voitaisiin ajaa robotilla käyttäen olemassa olevaa 2-puolista magneettitarttujaa. Selvityksessä löydettiin tuotantomäärällisesti kelpollisia tuotteita, mutta havaittiin myös, että pienempien lieriömäisten kappaleiden käsiteltävyys pelkillä magneeteilla olisi turhan haasteellista. Tähän haasteeseen löytyi ratkaisu työn osatavoitteista - tarttupäivityksestä.

Edellisessä kappaleessa kuvattujen tarpeiden takia, projektin painopistealueeksi muutettiin osatavoitteissa määritelty tarttupäivitys. COE tarjosi asiantuntijapalveluina osaamistaan tarttujan valintaan, 3D-suunnittelun tarttujan integrointiin osaksi olemassa olevaa tarttujaa, tarttujan leukojen 3D-suunnitteluun, uuden kääntöpöydän 3D-suunnitteluun ja sähkö- ja pneumaattikasunnitteluun. Tarttupäivitys toteutettiin, käyttöön otettiin ja sen käyttö koulutettiin onnistuneesti, suunnitellun mukaisesti.

Työn myötä yritykselle tehtiin kyseisen solun toimintaa kuvaava käyttöohje, jonka avulla operaattorit pystyvät suoriutumaan solun peruskäytöstä. Käyttöohjeella pystytään osaltaan ylläpitämään osaamista, ja sitä voidaan hyödyntää myös uusien operaattoreiden koulutuksessa. Oman ohjeen lisäksi saatiin myös RB:n tekemä käyttöohje. Siinä keskityttiin konenäön ja uusien tuotteiden ohjelmoimiseen muokkaamalla olemassa olevia kuvaus- ja robottiohjelmiä.

Konenäön valaistushaasteiden ratkaisemiseksi selvitettiin vaihtoehtoja haastatteleamalla eri tahoja, joilla on kokemusta konenäön parissa työskentelystä. Lisätietoa aiheeseen saatiin myös työn tekijän omien opintojen kautta. Ratkaisuna päädyttiin vaihtamaan robotin yläpuolinen valaistus led-syväsiteilijöihin. Valaisimien syöttö oli jo valmiiksi toteutettu siten, että se oli otettu kolmesta eri vaiheesta, tällä toimenpiteellä pystytään eliminoimaan vaihtojännitteestä johtuvaa välkkymistä. Välkkymistä ei aina pysty ihmissilmällä todentamaan, koska silmä ei kykene havaitsemaan erittäin lyhyitä katkoksia. Asian tarkistamiseksi on mahdollista käyttää esimerkiksi matkapuhelinten hidastettua videokuvausta, jolloin valaistuksen mahdollinen välkkyminen erottuu videolla selvemmin. Välkkymätön valo on oleellinen konenäön ottamien kuvien tasalaatuisuuden kannalta. Jos valo on syystä tai toisesta välkkyvää, riippuen kuvanottohetkestä ja valotusajasta, kuvan valotus voi olla kirkas tai lähes täysin himmeä. Muuttuva valottuminen aiheuttaa kuvan analysointivirheitä konenäölle. Ledien tuottama valo on tasaista, välkkymätöntä, ellei valaisinta ole kuristettu tai himmennetty. (RBox Oy, SEAMK-opinnot & SAMK-opinnot 2018-2021.)

Työssä päästiin asetettuihin tavoitteisiin, vaikka niiden painopisteitä säädettiinkin matkan varrella. Saadakseen työstä parhaimman hyödyn, yrityksen olisi suositeltavaa ylläpitää hankittua osaamista ja tietotaitoa, sekä resursoida myös aikaa sen toteutukselle. Tässä tapauksessa robotille pitäisi löytää myös uusia töitä, jotka haastaisivat henkilöstöä uusien ohjelmien tekemiseen. Toistaminen, kokeileminen, erehtyminen ja uudelleen yrittäminen, niillä ylläpidetään osaamista. Osaamisella taas rakennetaan pohja toiminnan kehittämiseksi pidemmälle, tehokkaammaksi ja paremmaksi. Myös tämän työn myötä saatujen yhteistyökumppaneiden verkostoa on mahdollista hyödyntää tulevaisuuden tarpeissa.

8.2 Käyttäjäkokemukset

Uusia ohjelmia on päästy tekemään, ja saadusta koulutuksesta ja oppimateriaalista on ollut hyötyä niiden tekemisessä. Uusi tarttuja ja kääntöpöytä ovat toimineet tarkoituksenmukaisesti. Jossain vaiheessa kääntöpöydälle tullaan lisäämään paineilmalla tapahtuva puhdistus, jota ohjataan robotin DO-signaalien avulla. Todennäköisesti tulevaisuudessa tullaan suunnittelemaan 3-leukatarttujaa varten kääntöpöydän levy, joka mahdollistaa kappaleen käännön sisäpuolista tartuntaa käytettäessä.

Toistaiseksi kokemukset valaistuksen muutoksesta ovat olleet positiivisia. Kuvien analysointivirheet ovat vähentyneet verrattuna aikaisempaan. Osa kuvista voidaan joutua opettamaan uudelleen johtuen muuttuneesta valaistuksesta.

8.3 Kehitetyn toimintamallin hyödyntämismahdollisuudet

Työssä kehitettyä toimintamallia voidaan hyödyntää myös muiden robottisolujen kehitysprojekteissa, toki eri tahoilla on erilaiset tarpeet ja lähtökohdat. Saavuttaakseen kehitystä, muutosten ei tarvitse aina olla valtavia, tärkeämpää on, että niitä tehdään perustellusti ja oikeaan suuntaan.

8.4 Työn toteutuminen konstruktivistisella tutkimusotalla mukailleen

Viitaten kuviossa 1 esiteltyihin konstruktivistisen tutkimuksen seitsemään eri prosessin vaiheeseen voidaan todeta seuraavaa:

- Vaihe 1. Selvitystyön tuloksena löydettiin olemassa oleva relevantti ongelma, eli robotin rakenteellinen -ja henkilöstön osaamistekninen puute, joka esti robotin tehokkaamman hyödyntämisen tuotantoprosesseissa.
- Vaihe 2. Työssä haettiin, ja valittiin yhteistyökumppanit, joiden ammatillista osaamista hyödynnettiin projektin eri vaiheissa.
- Vaihe 3. Työn tekijä hankki itselleen syvällisempää osaamista aiheeseen:
 - Tutustumalla kohteeseen, ja kirjoittamalla kyseiselle robottisolulle ja sen toiminnalle suunnatun käyttöohjeen
 - Hyödyntämällä yhteistyökumppaneiden asiantuntemusta kysymysten ja selvitystöiden kautta
 - Omien opintojen avulla, SAMK ja SEAMK.
- Vaihe 4. Valittiin kehityskohde, johon innovoitiin ratkaisumalli ja konstruktiio.
- Vaihe 5. Ratkaisu toteutettiin ja testattiin käytännössä.
- Vaihe 6. Ratkaisun soveltamisalaa on pohdittu kappaleessa 8.4.
- Vaihe 7. Tutkimuksessa ja sen selvitystöissä hyödynnettiin teoreettisia menetelmiä ja hankittua syvällisempää osaamista. Relevantti ongelma ratkaistiin kehitetyllä uudella konstruktioilla, ja lopputulos oli tavoitteiden mukainen ja toimiva. Prosessi voidaan todeta onnistuneeksi. (Lukka 2001.)

8.5 Loppusanat

Yritys on ottanut askeleen eteenpäin automaatioasteen kasvattamisessa, mikä on oleellinen seikka kilpailukyvyn ylläpitämisessä ja tehostamisessa. Automaatiota tarvitaan lisää myös tuotannon ja toimitusvarmuuksien ylläpitämiseksi, mikäli henkilöresursseissa tulee odottamattomia vaihteluita esimerkiksi pandemian takia. Henkilöstö on saanut kertaavaa- ja lisäkoulutusta robotille, ja on siten valmiimpi tulevaisuuden haasteille. Robottisolussa pystytään nyt tarttujapäivityksen myötä ajamaan monipuolisemmin erilaisia tuotteita kuin aikaisemmin, ja robotin käyttöaste on tämän myötä kasvanut. Ohjelmointiosaaminen on saadun koulutuksen myötä parantunut, ja kynnys uusien ohjelmien tekemiseen on madaltunut. Valaistuspäivityksen myötä konenäön kuvien analysointivirheet ovat vähentyneet, lisäksi konenäön ohjelmiston käyttöosaaminen on parantunut. Työssä päästiin asetettuihin tavoitteisiin, joten työtä voidaan pitää onnistuneena.

LÄHTEET

Fastems Oy. 2012. 67570_Mechanics_0_FI.pdf. Viitattu 4.4.2021.

Heikkinen, S. 2016. Koodi on kaikkialla – lyhyt johdatus ohjelmoinnin maailmaan. Viitattu 19.6.2020. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2016/09/17/koodi-kaikkialla-lyhyt-johdatus-ohjelmoinnin-maailmaan>

Kytöharju, J. (2020). Henkilökohtaiset keskustelut Juha Kytöharjun kanssa.

Kytöharju, J. Kolari kuva. Vastaanottaja: Lepistö, T. Lähetetty 29.6.2020 klo 13.32 ja 14.48. Viitattu 29.6.2020

Leijon, R. Fanuc Roboquide opinnäytetyöhön. Vastaanottaja: Lepistö, T. Lähetetty 11.4.2019 klo 7.59. Viitattu 18.6.2020

Leijon, R. Fanuc Roboquide opinnäytetyöhön. Vastaanottaja: Lepistö, T. Lähetetty 27.6.2020 klo 16.15. Viitattu 2.7.2020

Lukka, K. 2001. Konstruktiivinen tutkimusote. Viitattu 18.6.2020. <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>

Nortech Metal Oy. 2019. Strategiakartta 1000x700 FINAL.png. Viitattu 19.6.2020.

Nortech Metal Oy. 2021. Yritysesittely2021.ppt. Viitattu 6.5.2021.

Pervilä, M. 2019. Tivi. Digitaaliset kaksoset ovat it:ssä nyt kuuminta uutta. Viitattu 19.6.2020. <https://www.tivi.fi/uutiset/digitaaliset-kaksoset-ovat-itssa-nyt-kuuminta-uutta/40f1f3c3-0fe7-3825-b22b-418cc028f990>

RBox Oy, (2020). Henkilökohtaiset keskustelut Petri Kolehmainen ja Juha Pölösen kanssa.

Robotics Online Marketing Team. 2018. ROBOTICS ONLINE BLOG. Understanding Offline Programming of Industrial Robots. Viitattu 25.6.2020. <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Understanding-Offline-Programming-of-Industrial-Robots/129>

Robotmation Oy. 2017. Robotvisor_Basic_esitys_2017.pdf. Viitattu 2.7.2020.

SAMK-opinnot. (2018-2021). Henkilökohtaiset opinnot, YAMK.

SEAMK-opinnot. (2020-2021). Henkilökohtaiset robotiikkaopinnot, avoin AMK.

Vuorinen, T. 2013. STRATEGIAKIRJA – 20 TYÖKALUA. Alma Talent Oy. Viitattu 18.6.2020. [https://bisneskirjasto-almatalent-fi.lillukka.samk.fi/teos/CACBEXDTEB#/kohta:STRATEGIAKIRJA\(\(20\)-\(20\)20\(\(20\)TY\(\(d6\)KALUA\(\(20\)/piste:b4](https://bisneskirjasto-almatalent-fi.lillukka.samk.fi/teos/CACBEXDTEB#/kohta:STRATEGIAKIRJA((20)-(20)20((20)TY((d6)KALUA((20)/piste:b4)

LIITE 1

Robosolun hyötykäytön tehostaminen, ongelmakohtien ja kehitettävien painopisteiden löytäminen

