



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Samuel Wesa

# Koulutus- ja testirobottisolun kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

10.11.2020

Tekijä Otsikko	Samuel Wesa Koulutus- ja testirobottisolun kehittäminen
Sivumäärä Aika	21 sivua 10.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	johtaja Jari Pohjasniemi lehtori Timo Tuominen
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja toteuttaa uudistettu robottikoulutussolu ja siihen liittyvät oheistuotteet parempina, modulaarisina ja monipuolisina MTC Flextek Oy Ab:n järjestämiin koulutustilaisuuksiin. Tarve muutoksiin johtui nykyisen solun vanhanaikaisuudesta ja siinä ilmaantuneista ongelmista.</p> <p>Työssä esitellään suunnitellut muutokset, niiden toteutus, käytetty laitteisto ja laaditun kokonaisuuden läpikäynti. Merkittävimmät käytetyt tekniikat ovat VB.NET ohjelmointikielenä ja Sysmac Studio alustana.</p> <p>Robottisolun fyysiset muutokset mahdollistavat sen käytön koulutusten ulkopuolella, esimerkiksi useiden projektien alustavassa testauksessa. Solu sisältää kaksi FANUCin valmistamaa robottia sekä Omronin valmistaman kosketusnäyttöpaneelin ja siihen liittyvät loogikan komponentit.</p> <p>Tuloksena syntyi monipuolinen ja selkeä koulutusohjelma ja -tila, joka tulee olemaan avuksi muillekin työntekijöille kuin pelkästään kouluttajalle.</p>	
Avainsanat	Käyttöliittymä, FANUC, Omron, Visual Basic

Author Title	Samuel Wesa Development of a training and test robot cell
Number of Pages Date	21 pages 11 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Automation engineering
Instructors	Jari Pohjasniemi, Director Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>The purpose of the thesis project was to design and execute an updated robot training cell and products related to it in a better, modular and versatile way for training events organized by MTC Flextek Oy Ab. The need for change was due to the old-fashioned condition of the current cell and the problems that arose in it.</p> <p>The thesis presents the planned changes, their implementation, the equipment used and the review of the prepared entity. The most significant technologies used are VB.NET as the programming language and Sysmac Studio as the platform.</p> <p>Physical changes to the robot cell allow it to be used outside of training, for example in preliminary testing of several projects. The cell contains two robots manufactured by FANUC, as well as a touch screen panel manufactured by Omron and logic components related to it.</p> <p>The result is a diverse and clear training program and space that will help also other employees than just the trainer.</p>	
Keywords	Interface, FANUC, Omron, Visual Basic

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Koulutusmateriaalin päivittäminen	2
3	Solun suunnittelu ja toteutus	5
4	HMI:n suunnittelu ja toteutus	9
5	Käsiohjain	15
6	Yhteenveto	18
	Lähteet	21

## Lyhenteet

HMI	<i>Human-Machine Interface</i> . Käyttöliittymä, usein näyttö tai paneeli, joka yhdistää käyttäjän johonkin soluun tai laitteeseen. Mahdollistaa kohteen tila- ja virhetietojen tarkkailun, muutosten tekemisen jne.
I/O	<i>Input / Output</i> . Suomeksi tulot ja lähdöt. Käytetään tiedonsiirtoon elektronisten komponenttien välillä. Input, eli tulotieto voi olla esim. anturi, kytkin, toisen komponentin lähtö. Output, eli lähtötieto on viesti toiseen suuntaan, esim. valo päälle, tai jonkinlainen ohjauskomento. [1.]
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> . Käännettynä ohjelmoitava logiikka, eli pienimuotoinen tietokone, jota käytetään useissa erilaisissa teollisuuden automaatioprosesseissa. Siihen sisällytetään digitaalisia tai analogisia tulo- sekä lähtökortteja, joihin kytketään logiikan ympärillä olevat, ohjausta kaipaavat, laitteet ja koneet, kuten esim. robotti, työstökone tai kuljetin.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteet keskittyvät olemassa olevan robottikoulutussolun parannuksiin ja päivitykseen. Ensimmäisenä käsittelykohteena on koulutus- eli oppimateriaali eli koulutuksissa käytetty vihko, josta löytyvät kurssilla käytävät asiat. Toisena kohteena on solun fyysiset muutokset ja esteettisyyden parantaminen. Kolmas kohde on soluun sisällytetyn käyttöliittymäpaneelin ohjelmointi, taustalla pyörivän ohjelman sekä käyttäjälle visuaalisen puolen laadinta. Viimeisenä tutustutaan lyhyesti robotin käsiohjaimeen.

Työ toteutettiin MTC Flextek Oy Ab -yrityksen robotiikan yksikölle omaan sisäiseen käyttöön. Työnkuvaani kuuluu solussa pidettävien koulutusten ohjaaminen. Ajan myötä on ilmennyt ongelmakohtia ja muutosta vaativia elementtejä, joten vailla opinnäytetyöaihetta ehdotin johtaja Pohjasniemelle solun päivittämistä.

MTC Flextek Oy Ab:n tarina alkaa vuonna 1901, kun yritys nimeltä Mercantile perustettiin. Tämän jälkeen se on yhdistynyt ja kasvanut isommaksi. Vuonna 1994 Valmet Factory Automationista tuli Fastems, joka seuraavana vuonna yhdistyi Mercantilen kanssa. Vuonna 2015 Machine Tool Center osti Suomen toiminnan Flextekiltä ja seuraavana vuonna yhdistyi MTC Flextek Oy Ab:ksi. Nykyään yrityksellä on 9 toimipistettä ja noin 65 työntekijää. MTC Flextek tarjoaa teollisuusrobottien lisäksi työstökoneita, valukoneita ja muita teollisuuden palveluja sekä niistä muodostuvia kokonaisuuksia ja niihin liittyviä koulutuksia.

## 2 Koulutusmateriaalin päivittäminen

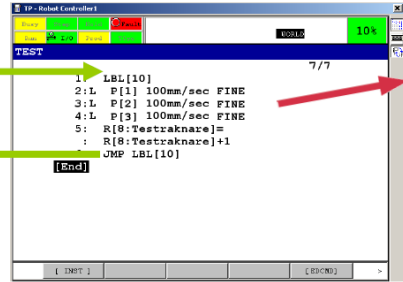
Toinen luku koskee solussa pidettäviä robotin koulutustilaisuuksia ja niissä käytettävää opetusmateriaalia. Tämänhetkinen peruskoulutus on kohtuullinen, mutta ei tarpeeksi joustava. Koulutusmateriaali puolestaan on vanha. Kuvat ovat pääosin ruotsinkieliset, ja yrityksen logo on väärä. Tarkoitus on tuoda koulutus nykypäivään, muokata siitä joustavampi ja päivittää materiaali.

Asiakkaan saapuessa koulutukseen on opetusjärjestys ja tahti lähes identtinen riippumatta koulutettavien kokemuksesta robotiikan parissa. Siihen on tarkoitus tehdä muutoksia. Koulutukseen tulisi lisätä vaativampia tehtäviä ja harjoitteita niille, jotka osaavat jo perusasiat, ja helpompia harjoitteita sekä toistoja niille, jotka eivät välttämättä ole koskaan edes nähneet robottia. Näin ollen osaavat henkilöt voisivat jakautua toiselle robotille suorittamaan vaativia harjoituksia ja vähemmän osaavat harjoitella perusasioita rauhallisesti toisella robotilla. Tähän mennessä, jos jollain koulutettavalla on ollut huomattavasti enemmän kokemusta, on hän joutunut odottelemaan muiden tuskaillessa perusasioissa. Tämä ei ole hyvä, sillä asiakas kuitenkin joutuu koulutuksesta maksamaan. Olisi tärkeää, että kaikki kokisivat koulutuksen edes jotenkin hyödylliseksi. Toki kyseessä on ohjelmoinnin peruskurssi, joten tarkoitus ei edes ole pureutua edistyneisiin komentoihin ja tapoihin, mutta niitäkin voisi mahdollisesti pintaa raapaisten käsitellä tai edes mainita.

Koulutusmateriaali jaetaan koulutettaville kurssin alkaessa paperimuotoisena noin satsivuisena vihkona. Oikeasti sivuja on yli 200, mutta niitä mahtuu kaksi yhdelle sivulle päällekkäin. Se pitää sisällään kurssilla käytävät asiat lähes siinä järjestyksessä, kuin ne koulutuksessa opetetaankin. Usein sen lukeminen kuitenkin jää hyvin vähäiseksi kurssin aikana, joten materiaalia tarvitsee muokata. Järjestyksestä tulisi tehdä selkeä ja virtaviivainen. Tämän lisäksi olisi hyvä, että materiaalista olisi myös koulutuksen aikana hyötyä. Materiaalista luodaan PowerPoint-muotoinen esitys, jota voi seurata koulutuksen ajan taustalla olevalta televisioruudulta. Esitys pitää sisällään saman materiaalin kuin asiakkailla on paperiversiona. Tämän lisäksi siihen sisältyy erilaisia havainnollistavia videoita, joista asiakas näkee, mikä olisi koulutuksessa tehtävien harjoitusten lopputulos ja tavoite. Joskus koulutusta pidettäessä on ollut vaikeuksia sanoin selittää haluttua päämäärää, joten videolta näyttämällä sekin helpottuisi.

### Ehdottomat hyppyt, JUMP LBL

Hyppää  
aina  
kohtaan  
LBL[10].



```

1:  LBL[10]
2:L  P[1] 100mm/sec FINE
3:L  P[2] 100mm/sec FINE
4:L  P[3] 100mm/sec FINE
5:  R[8:Testraknare]=
   : R[8:Testraknare]+1
6:  JUMP LBL[10]

[End]


```

Kun haluat ohjelman hyppäävän, lisää LBL, johon hypätään ja JUMP LBL, josta hypätään.  
 [ ] sisään kirjoitetaan ID-numero, jotta tiedetään minne hypätään.  
 [ ] sisällä olevan luvun on oltava lukujen 1 ja 32776 välillä.  
 Voi olla useita JUMP LBL, joissa on sama arvo [ ]-merkkien sisällä, mutta jokaisella LBL:llä  
 pitää olla eri arvo [ ]-merkkien sisällä.

**Fastems Group**

142


11.12.2015



Kuva 1. Sivua vanhasta koulutusmateriaalista.


Kuvassa 1 on otettu sivu vanhasta materiaalista. Jotta teksteistä saisi selvää, osa kuvasta on suurennettu. Oikea sivu ei siis pidä sisällään suurennosta. Nykyinen käsiohje poikkeaa kuvassa näkyvästä sen verran, että vanhat kuvat voidaan luokitella epäkelvoiksi koulutuksen kannalta. Toisena huomautettavana on tekstit, jotka ovat osittain ruotsinkieliset. Syynä siihen on materiaalin alkuperä. Se on aikoinaan saatu Ruotsista Fanucilta ja myöhemmin suomennettu. Kaikkea ei kuitenkaan ole ollut mahdollista kääntää, koska osa teksteistä on kuvissa sisällä. Tämän lisäksi alareunassa näkyvät yrityksen logot, ja nimet ovat väärin. Yritys oli ennen fuusiota ja nimenmuutoksia Fastems. Asiakkaat ovat huomanneet väärän logon ja kysyneet siitä useaan otteeseen. Tämä on hie- man kiusallista eikä anna oikeaa tietoa ja kuvaa yrityksestä, joka koulutuksia tarjoaa.

metropolia.fi





Ehdottomat hyppyt, JMP LBL



Hyppää aina kohtaan LBL[10]

Busy Step Hold Fault SRVO-003 Deadman switch released
10%

Run I/O Prod TCyc
TEST LINE 0 12 ABORTED USER

TEST 7/7

```

1: LBL[10]
2:L P[1] 100mm/sec FINE
3:L P[2] 100mm/sec FINE
4:L P[3] 100mm/sec FINE
5: R[8:Testirekisteri]=
   : R[8:Testirekisteri]+1
6: JMP LBL[10]
[End]

```

⌵
⌵
⌵
⌵
⌵
⌵

Kun haluat ohjelman hyppäävän, lisää LBL, johon hypätään ja JMP LBL, josta hypätään. [ ] sisään kirjoitetaan ID-numero, jotta tiedetään minne hypätään. [ ] sisällä olevan luvun on oltava lukujen 1 ja 32776 välillä. Voi olla useita JMP LBL, joissa on sama arvo [ ]-merkkien sisällä, mutta jokaisella LBL:llä pitää olla eri arvo [ ]-merkkien sisällä.

146

Kuva 2. Sivu uudesta koulutusmateriaalista.

Uusi materiaali tuo esille enemmän yrityksen yleistä teemaa. Taustan inspiraationa on käytetty yrityksen julkisia verkkosivuja [4] ja logoa. Ruotsinkieliset tekstit on suomen- nettu, kuvat käsiohjaimesta vaihdettu uudempiin ja rakennetta muutettu joustavammaksi eritasoisten asiakkaitten eduksi. Vanhat virheelliset logot on myös poistettu ja yrityksen nykyinen logo laitettu tilalle. Kuvaa ja osaa teksteistä suurennettiin, jotta se soveltuisi näytettäväksi seinälle asennetusta televisiosta. Kaikkea tekstiä ei kannattanut muokata, koska kouluttaja on kuitenkin opettamassa ja kertomassa tarvittavat asiat omin sanoin. Ohjeistustekstit on pääosin tarkoitettu itsenäistä opiskelua ja muistin virkistämistä varten. Tärkeimmät elementit ovat suuremmalla fontilla, jotta koulutuksessa ne näkyisivät pa- remmin ruudulta asiakkaille (kuva 2).

### 3 Solun suunnittelu ja toteutus

Toisessa luvussa keskitytään robottisolun pohjasuunnitelman ja erilaisten tarttujien suunnitteluun, valintaan ja lopuksi toteutukseen. Suunnittelu ja tuotteiden valinta suoritetaan yhdessä yrityksen suunnittelijan kanssa. Luodut suunnitelmat kerrotaan johtajalle, joka mahdollisesti hyväksyy ehdotukset ja suorittaa tarvittavien osien ja komponenttien tilauksen. Tämän jälkeen solun toteutus koostuu mahdollisten tarttujien kokoonpanosta.

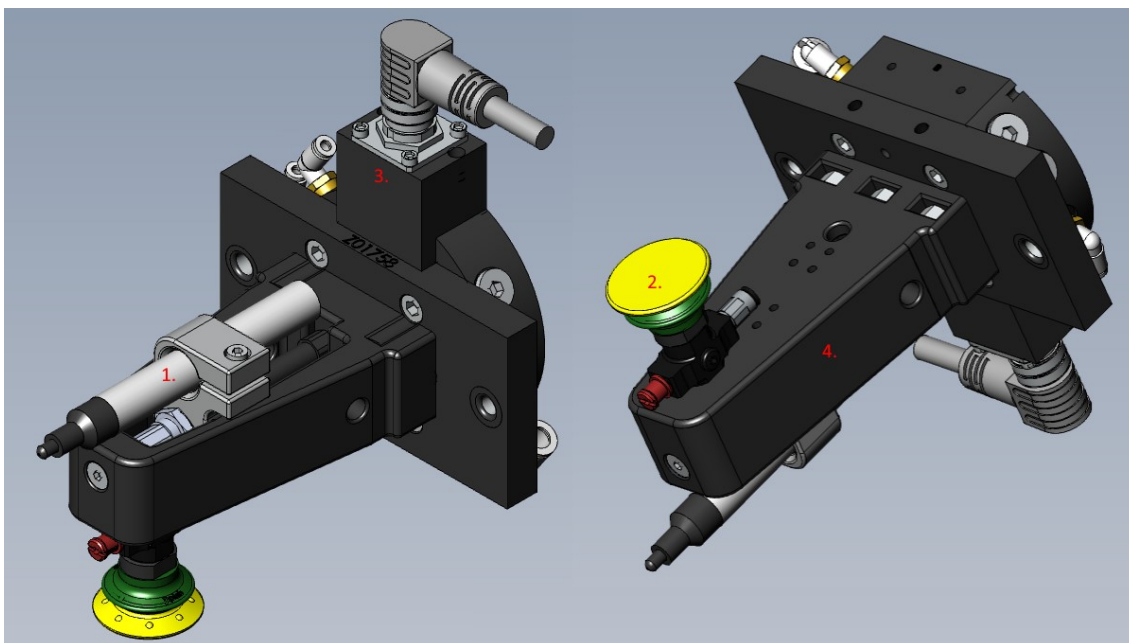
Solua suunnitellessa avainsanoja olivat käytännöllisyys ja monipuolisuus. Mielessä tulisi kuitenkin pitää se, että solua käytettäisiin pääosin robottiohjelmoinnin koulutuksissa ja muu testauskäyttö olisi toissijaisena. Luotua koulutusta varten robotti tarvitsee kaksi erilaista tarttujaa. Nämä löytyvät jo nykyisestä solusta, mutta ovat ajan kuluessa menneet kohtalaisen huonoon kuntoon. Nykyisessä tarttujassa on imukuppi ja erittäin alkeellinen permanenttitussipidike. Imukuppiteline on vanhanaikainen, kiinnikkeet ovat huterat ja imukuppi pääsee heilumaan eri suuntiin. Imukupit ovat myös molemmissa roboteissa erilaiset.

Uuteen tarttujaan suunnitellaan tukevampi imukuppiteline ja joustava istukka tussille. Samalla muutetaan imukuppipuolta. Siihen lisätään parempi kiinnitys ja hieman laadukkaammat imukupit. Permanenttitussista myös luovutaan ja siirrytään valkotaulutussiin. Vanhassa solussa tussi oli tiukasti kiristetty tarttujaan vedonpoistajan avulla, ja piirtäminen tapahtui pöydälle teipattuun paperiarkkiin. Tussit eivät usein kovin kauaa kestäneet, kun mahdollisesti kokemattomat koulutettavat vahingossa ajoivat tussin robotilla väärään suuntaan ja löivät tussin kärjen pöytään. Uudessa joustavassa telineessä tussi pääsee liikkumaan tarvittavan määrän (jopa 40 mm) pystysuunnassa vähentäen riskiä kärjen hajoamiseen. Myös valkotaululle siirtymisessä on omat etunsa. Paperiarkki saattoi aiemmin revetä, jos tussilla ajoi liian rajusti sitä pitkin. Valkotaulu on kestävämpi, mahdollinen puhdistaa pyyhkimällä, eli se on uudelleenkäytettävä, ja näin ollen pitkällä aikavälillä taloudellisempi ja ekologisempi.



Kuva 3. Robottisolun pohjasuunnitelma.

Kuva 3 pitää sisällään suunnitellun uuden asetelman. Asiakkaiden olisi tarkoitus istua sermin edessä olevilla tuoleilla ja työskennellä kahden henkilön pareina. Joskus henkilöitä on useampia, mikä ei ole optimaalista. Sen seurauksena odottelu ja tekemisen puute lisääntyy. Tuolien edessä on kaksi pöytää, joiden päälle on kiinnitetty valkotaulut. Näihin pöytiin olisi tarkoitus havainnollistaa robotin liikkeitä tusseilla piirtäen ja liikkuen. Pöydät eivät ole lattiassa lukittuna, vaan ne on vain työnnetty lattiaan lukittuja kulmarautoja vasten. Pöydät voi siis tarvittaessa nostaa pois ja työntää tilalle esimerkiksi lavan, joka on täynnä jossain projektissa mahdollisesti käytettäviä aihioita tai esineitä. Robotin takana on tarttumateline. Sieltä robotilla voidaan hakea erilaisia tarttuvia käytettäväksi. Robotin ohjauskaapit ovat kuvassa oikealla robottien vieressä. Kaapit ovat roboteissa kiinni ja toimivat niiden älynä sekä toimintavirran tuojina. Robotin käsiohjaukseen sekä ohjelmointiin vaadittava käsiohjin on myös kiinni ohjauskaapissa. Viimeisenä seinällä näkyy kookkaampi näyttö, josta tarkoitus olisi näyttää asiakkaille diaesityksen muodossa koulutusmateriaalia ja aiemmin mainittuja havainnollistavia videoita. Näiden muutosten lisäksi lattialle olisi tarkoitus asentaa jonkinlainen matto, sillä kylmä ja pölyinen betonilattia luo ankean tunnelman.



Kuva 4. Robotin uusi tarttuja, joka sisältää imukuppimekanismin ja tussipidikkeen.

Kuvassa 4 on 3D-mallinnettuna soluun luotu uusi asiakaskoulutuksiin tarkoitettu tarttuja kuvattuna kahdesta suunnasta. Kuvaan on numeroitu punaisella eri osia selittämisen helpottamiseksi. Ensimmäinen numero on sijoitettu tussimekanismin päälle. Se koostuu joustinelementistä ja siihen kiinnitetystä 3D-tulostetusta pidikkeestä sekä tietenkin itse tussista. Joustinelementti on kiinnitetty molemmista päistä runkoon pulteilla. Pidike on jousessa kiinni kahden kiristetyn mutterin välissä ja tussi puristettuna telineen sisään pultilla sekä toisella puolella olevalla mutterilla. Jousi ehkäisee tussin kärjen vaurioitumisen antamalla periksi. Tämä on hyvä mahdollisen erheen sattuessa esimerkiksi, kun ilman kokemusta robotti saattaa vahingossa lähteä ensimmäisellä painalluksella väärään suuntaan. Pidike on yrityksen suunnittelijan piirtämä ja tulostettu ulkopuolisen yrityksen toimesta tilaustyönä. Joustinelementti on ostettu yhdessä imukupin, kuvassa numero kaksi, kanssa samasta paikasta ulkoiselta jälleenmyyjältä.

Kuvan 4 imukuppi on kiinni alipainepumpussa, joka on kiinnitetty pulteilla tarttujan runkoon. Alipainepumppuun syötetään robotilta paineilmaa, joka virtaa pumpun läpi. Kun imukuppiin tarttuu jotain, syntyy pumpun sisään pienimuotoinen tyhjiö. [2] Pumpun kylkeen kiinnitetään myös alipaineanturi, joka tunnistaa, kun imukuppiin on saatu haluttu

kappale tai esine kiinni. Anturi on kytketty robotin I/O-korttiin. Sen avulla robotti saa tiedon, kun on aika suorittaa haluttua ohjelmaa eteenpäin esimerkiksi nostaa kappale tai viedä se muualle.

Kolmas komponentti on robottiin kiinnittymistä varten. Se sisältää tarttujapuolen vaihtajakappaleen, siinä kiinni olevat paineilmasovitteet sekä robotilta tulevan kaapelin ja sen liitinelementin. Robotin kuudennen akselin päädyssä on kiinni vaihtajan vastakappale. Robotti ajetaan kiinni tarttujassa olevaan vaihtajaan ja se lukitaan kiinni. Liitin on kytketty robotin selässä olevaan kytkentälaatikkoon ja kaapelia pitkin kulkevat muun muassa I/O-tiedot. Kytkentälaatikosta kulkeutuu tarttujalle myös tarvittavat paineilmaputket.

Kuvan 4 neljäs komponentti on itse tarttujan runko. Sen on suunnitellut yrityksen mekaniikkasuunnittelija ja valmistuksen suorittanut sama ulkoinen yritys kuin tussin pidikkeenkin. Kuten pidike, myös runko on muovia ja valmistettu 3D-tulostamalla. Runko on kiinnitetty pultein ohjauslevyyn, jonka tarkoitus on paikoittaa tarttuja oikealle paikalle tarttujatelineeseen. Telineessä ohjaustapit pitävät tarttujan paikallaan aina samassa sijainnissa, joten robotilla sen hakeminen onnistuu joka kerta. Ohjauslevyssä on myös kiinni tarttujanvaihtajan toinen puolisko.

## 4 HMI:n suunnittelu ja toteutus

Neljännessä luvussa käydään läpi käyttöliittymän suunnittelu, toteutus ja lopputulos. Suunnitteluvaiheessa esitellään HMI:lta vaaditut toiminnot. Toteutusvaiheessa perehdytään tarkemmin kyseisiin toimintoihin sekä HMI:n eri sivuihin ja ikkunoihin. Samalla tarkastellaan ikkunoiden ja objektien toimintaperiaatteita. Lopuksi vielä esitellään yhteenveto valmiista paneelista ja sen mahdollisista haasteista.

Suunnitteluvaiheessa tärkeimpänä elementtinä on luotu vaatimusmäärittely. Ennen kuin käyttöliittymän rakennus alkaa, on hyvin tärkeää omata jonkinlainen käsitys siitä, mitä HMI:lta odotetaan ja mitä sen pitäisi tehdä. Tällä kertaa testauskäyttöön laaditun solun vaadittujen ominaisuuksien lista on kohtalaisen laaja ja monipuolinen, sillä koskaan ei tiedä, minkälaisia projekteja tulevaisuus tuo tullessaan. Näin ollen käyttöliittymästä pitäisi voida lisätä erilaisia tuotteita ajoon. Tätä varten pitää muodostaa jonkinlainen parametrisen rakenne. Parametrit sitten välitetään eteenpäin robotille tai roboteille jatkokäsittelyä varten.

Jotkin robottisolut pitävät sisällään myös muita komponentteja, joiden kanssa robotin täytyy kätellä eli olla yhteydessä ja ohjeistaa sekä ottaa ohjeita vastaan. Tämä toimii käyttöliittymän taustalla pyörivän PLC:n ansiosta, joka oikeastaan on koko systeemin aivot. Paneeli on käyttäjän kanssa enemmän tekemisissä, mutta loppujen lopuksi ohjauskomennot, -käskyt, -parametrit ja muut tulevat kaikki logiikalta tai vähintään sen kautta. Se huolehtii myös vaativammista laskutoimituksista. Kokonaisuudessaan käyttöliittymäpaketti koostuu seuraavista komponenteista: kosketusnäyttöisestä paneelista, ohjelmoitavasta logiikasta sekä siinä kiinni olevista tulo- ja lähtökorteista.

Käyttöliittymä on toteutettu Omronin tuotteilla. Sen virtalähde on S8VK-S06024, ohjelmoitava logiikka on NX102-9000 ja kosketusnäyttö on NA5-12W101S-V1. I/O-kortit ovat NX-ID5442 (tulo) ja NX-OD5256 (lähtö). Niille virtaa syöttää NX-PF0730 (I/O-virtalähde). Näiden lisäksi kokonaisuuteen on lisätty verkkokytin, W4S1-05B. [3]

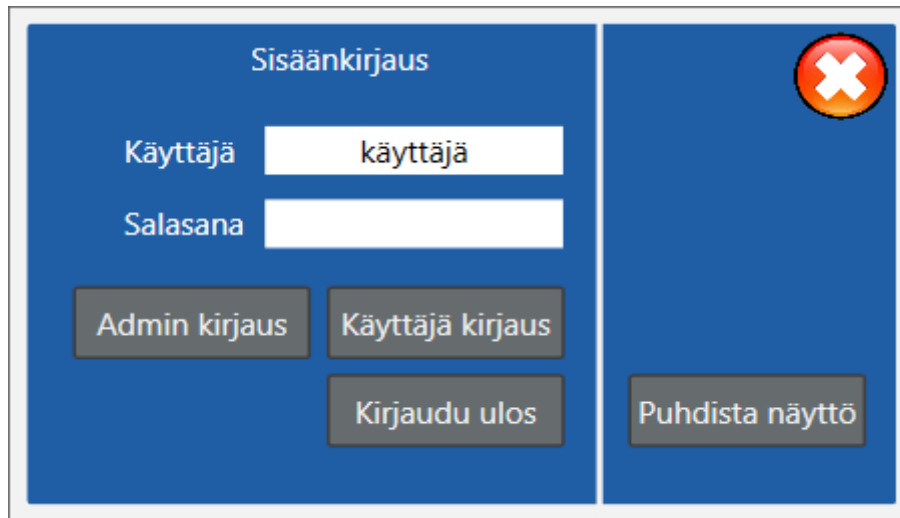


Kuva 5. Näkymä käyttöliittymän pääsivusta.

Käyttöliittymän rakenne pitää sisällään luodut sivut, niissä aukeavat ikkunat sekä kaiken takana olevan taustasivun. Taustasivu on jokaisen muun sivun takana, ja siihen voidaan luoda elementtejä, jotka halutaan sisällyttää myös kaikkiin muihin sivuihin. Taustasivulle luodut kuvat ja painikkeet pysyvät paikoillaan ja ovat näin ollen näkyvissä jokaisella sivulla. Käyttöliittymässä sivulla tarkoitetaan paneelin näkymää, joka käyttää kaiken tilan näytöstä. Ikkunalla tarkoitetaan sivulle aukeavaa pienempää elementtiä, joka ei peitä kaikkea, vaan on vain osittain taustalla olevan sivun päällä. Kuvan 5 pääsivu aukeaa aina, kun käyttöliittymän käynnistää. Näytön oikeassa laidassa näkyvän palkin ylin painike ”Pääsivu” vie käyttäjän myös kyseiseen kuvassa 5 näkyvään sivuun, jos jokin muu sivu on valittuna. Juuri mainitun painikkeen alta löytyvät myös painikkeet ”Tuotteet” ja ”Virheloki”. Niiden tarkoitus on vaihtaa käyttöliittymän aktiivista sivua.

Oikeasta yläreunasta löytyy kolme elementtiä. Ne indikoivat robottisolun senhetkistä tilaa. Jos solu on häiriötilassa, ensimmäinen ikoni muuttuu harmaasta siniseksi. Myös pääsivulla oleva kuva solun pohjasta vaihtaa väriä siniseksi. Toinen painike syttyy keltaiseksi, jos robotin ohjelma on keskeytetty ilman, että mitään hälytystä on aktiivisena. Kolmas ja viimeinen ikoni syttyy vihreäksi silloin, kun robotti on suorittamassa haluttua

ohjelmaa. Tiloista puhutaan nimillä "Fault", Hold ja Run", sillä niillä nimillä ne näkyvät myös robotin käsiohjaimen näytössä. Käsiohjaimesta on lisää luvussa viisi.



Kuva 6. Käyttöliittymän kirjautumisikkuna.

Taustasivulle on sijoitettu yrityksen ikoni, jota painamalla aukeaa käyttäjälle kirjautumisikkuna. Tarkoituksena on, että yrityksen huoltohenkilö tai asiantuntija voi ikkunasta kirjautua käyttöliittymään järjestelmänvalvojana, mikä avaa mahdollisuuden muuttaa näytön asetuksia ja muita ominaisuuksia. Näin estetään ulkopuolisten tekemät mahdollisesti virheelliset korjausyritykset. Käyttöliittymästä on olemassa eri tasoisia optioita myytäväksi. Halvimmissa vaihtoehdoissa parametrien muutokset ovat järjestelmänvalvojan kirjautumisen takana. Parametrien määrä vaihtuu myös eri optioiden välillä.

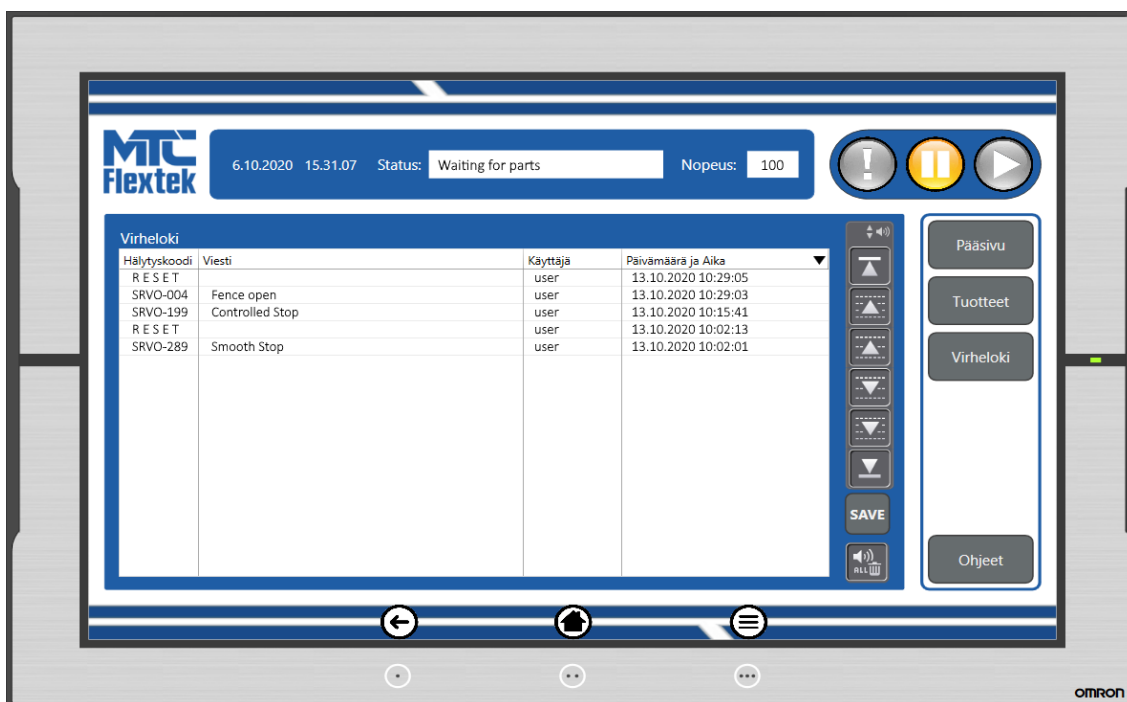
Valmiiden optioiden tarkoitus on helpottaa ohjelmoijan sekä myyjän työtä. Vanhaa käyttöliittymää myytiin asiakkaan toiveiden mukaan räätälöitynä. Tämä tarkoittaa aina ohjelmoijalle suurta työtä, kun uusi tilaus tuskin koskaan on täsmälleen samanlainen kuin mikään aikaisemmista tilauksista. Näin ollen vanha käyttöliittymä kasvoi ja paisui, kun jouduttiin jatkuvasti tekemään suuria muutoksia. Näin koodista tuli loppujen lopuksi hie- man yli 12 000-rivinen. Optioiden avulla ohjelmoijat pääsevät huomattavasti helpom- malla, kun suuria muutoksia käyttöliittymään ei tarvitse välttämättä enää tehdä. Myyjien työtä helpottaa valmiit käyttöliittymäpaketit, joista asiakas saa valita myyjän ohjeista- mana itselleen tarvittavat ominaisuudet ja niiden mukaisen toteutuksen.





Kuva 7. Käyttöliittymän tuotesivu.

Tuotevälilehdellä näkyvät kaikki luodut tuotteet. "Recipe"-sarakeessa näkyisivät tuotteet nimen mukaisesti järjestettyinä. Kun tuote on nimetty ruudun vasemmalla olevaan kenttään, painamalla "Lisää tuote" -painiketta tuote ilmestyy ensimmäiseen sarakkeeseen. Tämän jälkeen sarakeessa olevaa tuotetta painaessa ilmestyy "Parametri"- ja "Arvo"-sarakeisiin eri vaihtoehtoja. Haluttujen parametrien kohdalle kirjoitetaan jokin arvo ja tallennetaan se taas vasemmalta löytyvästä painikkeesta. Tarpeettomiin parametreihin voi halutessaan syöttää arvon 0 tai jättää sen kokonaan tyhjäksi. Molemmat vaihtoehdot on käyttöliittymässä käsitelty. Kun tuote on luotu, voidaan se asettaa suoritettavaksi robotilla. Käyttöliittymä lähettää kirjoitetut parametrit syötettäväksi robotin omiin rekistereihin eli muistipaikkoihin, ja niiden avulla se suoriutuu erilaisten ohjelmien ja aihoiden tai esineiden käsittelystä. Parametreja voivat olla esim. kappaleen mitat (pituus, leveys, syvyys, halkaisija jne.), lavapaikat tai ohjelmanumerot robotille, työstökoneelle, mittakoneelle tai jollekin muulle oheislaitteelle.



Kuva 8. Käyttöliittymän hälytyshistoria.

Käyttöliittymän "Virheloki"-sivu ilmaisee käyttäjälle robotin hälytyshistorian. Hälytyskoodit tulevat suoraan robotilta valmiina. Viesti saadaan osassa tapauksista robotilta, mutta joissain tilanteissa on se jouduttu itse kirjoittamaan. Käyttäjä on kuka tahansa henkilö, joka solua operoi kyseisellä hetkellä. Kirjautumisikkunassa määritellään, onko käyttäjä huoltohenkilökuntaa vai asiakkaan solunkäyttäjää. Päivämäärä ja aika tallentuvat reaaliajassa. Käyttöliittymäpaneelin järjestelmäasetuksista aikaa ja päivää pystyy muokkaamaan, jos se jostain syystä ei ole reaaliajassa.

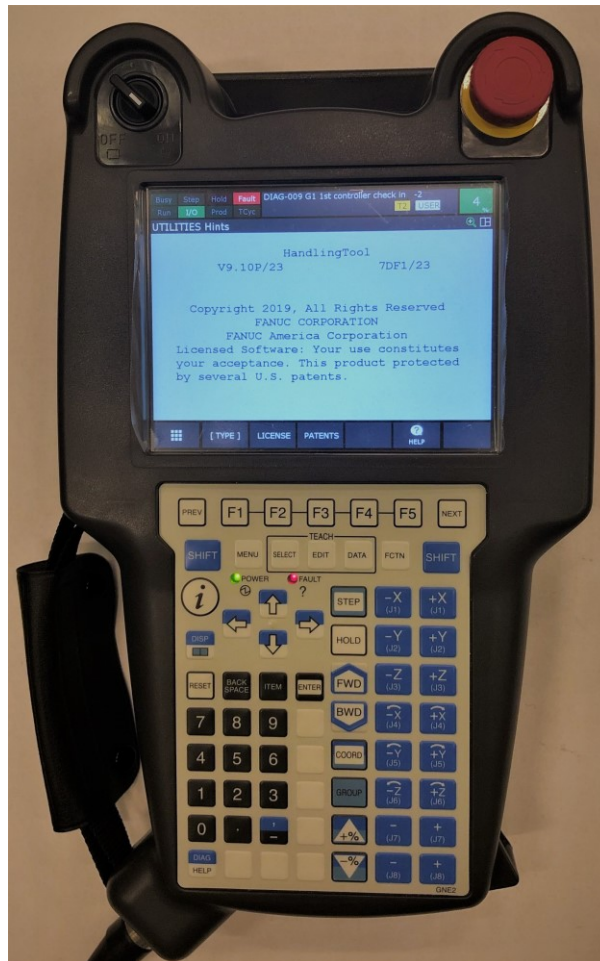
Kuvassa 8 myös "Hold"-valo on sytytetty, eli robotti on odottavassa tilassa. Statuskentästä pystyy tarkistamaan, mitä robotti tekee juuri kyseisellä hetkellä. Kuvan tilanteessa se odottaa osia niin kuin käyttöliittymän yläosassa lukee. Kentän avulla onnistuisi robotisolun käyttäminen, vaikka fyysinen robotti ei olisi edes näkyvissä. Käyttöliittymä kertoo kaiken olennaisen tiedon käyttäjälle. Tietysti joitakin asioita on tehtävä edelleen ihmisvoimalla, kuten esimerkiksi uusien aihoiden tai kappaleiden tuominen soluun.

Jokainen robottisolu on varustettu useilla turvalaitteilla. Useimmiten käytetty turvallisuutta edistävä tuote on solun mahdollisen avonaisen seinän lävistävä valoverho. Kun joku kävelee valoverhon ohi, tulee siitä robotille hälytys, ja kaikki liike solussa pysähtyy.

Näin ollen kenellekään ei voi sattua mitään tapaturmaa robotin takia. Avoimen seinän tarkoitus voi olla esimerkiksi edellä mainittu uusien aihoiden kuljetus lavalla robottisoluun. Jos solua ei voi jostain syystä sulkea seinillä, asennetaan soluun etäisyyttä tarkkaileva skanneri, johon ohjelmoimalla saadaan opetettua haluttu alue. Toimintaperiaate on sama kuin valoverholla. Skanneriin asetetulle alueelle astuessa robotti vastaanottaa hälytyksen ja kaikki liike loppuu.

## 5 Käsiohjain

Kaikki robotilla suoritettavat ohjelmat, laskennat ja liikkeet on luotu joko kuvassa 9 näkyvällä robotin käsiohjaimella tai tietokoneella käyttäen simulaatio-ohjelmaa. Toisaalta simulaatio-ohjelmassakin ohjelmointi tapahtuu ruudulle simuloidussa käsiohjaimessa. Hyötyinä tietokoneen simulaatio-ohjelman käytössä on mahdollisen hiiren ja näppäimistön käyttö. Niiden ansiosta navigointi ja kirjoitus on nopeampaa ja paikoittain helpompaa.

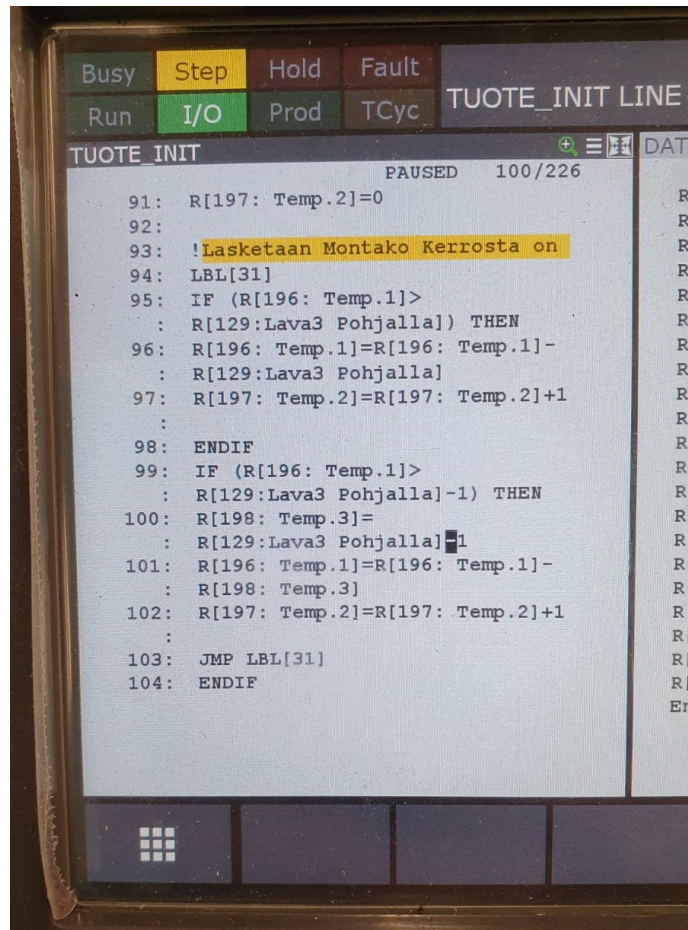


Kuva 9. Robotin käsiohjain.

Ohjaimen yläosassa oikealla on hätäpysäytyspainike. Se on pakollinen kaikissa teollisuuden laitteistoissa. Toinen hätäpysäytyspainike löytyy robotin ohjauskaapin etupaneelistä. Painamalla jompaakumpaa painiketta kaikki liike solussa pysähtyy. Hätäpysäytystä tulisi robotin kannalta käyttää vain, kun on oikea hätätilanne. Se rasittaa robotin askel-

moottoreita enemmän kuin tavallinen pysähtyminen. Se voi usein käytettynä mahdollisesti lyhentää robotin käyttöikää ja lisätä huoltojen tarvetta. Oikeaoppisella robotin käytöllä ongelmia tuskin ilmenee. Tapaturmat ovat onneksi harvinaisia soluihin asennettujen turvalaitteiden ja -sensorien ansiosta. Ohjaimen vasemmassa yläkulmassa on kytkin, josta käsiohjaimen saa päälle ja pois päältä. Se ei varsinaisesti sammuta ohjainta, vaan tekee sen toimintakyvyttömäksi. Tämä vaaditaan, jos robottisolua halutaan käyttää automaattitilassa.

Ohjaimessa olevalta kosketusnäytöltä tapahtuu kaikki robottiin tehtävät muutokset, ohjelmat, tilojen tarkkailu ja muut toiminnot. Näytön vasemmasta yläkulmasta voi tarkkailla robotin tiloja. Osa näistä näkyy myös solun käyttöliittymässä. Punaisella värillä indikoidaan hälytystä tai virhettä. Keltaisella näytetään odotustila ja vihreällä muun muassa ohjelman suoritus. Oikeasta yläkulmasta vihreällä taustalla löytyy robotin liikenopeus. Myös sen näkee käyttöliittymästä. Kaikkea ei kuitenkaan voi kosketusnäytöllä tehdä ja silloin esiin astuvat fyysiset painikkeet. Oikeasta laidasta löytyvillä sinisillä painikkeilla onnistuu robotin manuaalinen liikuttelu. Keskellä olevilla nuolinäppäimillä liikutaan näytöllä esimerkiksi valikoissa, rekisteri- ja IO-listoissa.



Kuva 10. Esimerkki robotin käsiohjaimelle kirjoitetusta koodista.

Robotin käsiohjaimessa voi selata, muokata ja luoda robotille erilaisia ohjelmia. Kuten muissakin ohjelmointikielissä, on robottia ohjelmoidessa samoja operaattoreita käytettävissä. Robotin ohjelmointikieli perustuu Richard E. Pattisin vuonna 1981 luotuun Karel-ohjelmointikieleen. Se on ottanut joitakin piirteitä Pascal-kielestä. Nimi Karel tulee sanan ”robotti” esittelijän, Karel Čapekin, etunimestä. [5] Kuvassa 10 on esimerkki erään asiakkaan ohjelmasta. Kirjaimella R on merkitty robotin muistissa olevat rekisterit eli muistipaikat, jotka säilövät numeroita. Opetetut koordinaattipisteet olisivat merkitty kirjaimella P. Kuvan 10 ohjelmassa näkyy ohjelmarakenne jonkin aihiotelineen kerrosten laskennasta. Matematiikka kulkee käsikädessä ohjelmoinnin kanssa. Jotta ohjelmista saataisiin monipuolisia ja parametrisia, on ne rakennettava hieman monimutkaisemmin. Loppujen lopuksi robotti on aivoton kone: se ei osaa tehdä itsenäisiä valintoja tai päätöksiä. Jotta onnettomuuksilta välttyttäisiin, tehdään ohjelmat ajan kanssa ja tarkasti harkittuina.



## 6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli luoda yritykselle ja itselle miellyttävä tila sekä koulutusohjelma. Lisäksi käyttöliittymäpaneelia tullaan käyttämään pohjana tulevaisuudessa myydyissä projekteissa. Opetusmateriaalista saatiin joustavampi eri asiakkaiden tarpeisiin, suoraviivaisempi ja vihdoin yrityksen oikealla logolla varustettuna. Uuden tarttujan suunnittelu ja toteutus onnistui kiitettävästi ilman suurempia ongelmia. Asennusvaiheessa oli pieniä vastoinkäymisiä, kun tarttuja kiinnitettiin aluksi väärin päin, mutta sekin saatiin lopulta korjattua.



Kuva 11. Kuva alkuperäisestä koulutussolusta.

Kuvassa 11 on kuvattuna alkuperäinen koulutussolu. Sotkua on vähän ehkä epätavallisen paljon työn ajankohtana vallinneen pandemian takia. Kuvan ottohetkellä solu on nimittäin ollut käyttämättä viikkoja. Varsinaisia koulutuksia varten solu pistettiin esityskuntoon eli ympäristö siivottiin. Roboteista myös poistettiin edellisten asiakkaiden luomia

ohjelmia. Siistimisestä huolimatta solusta ei saanut visuaalisesti miellyttävää ja vastaanottavan näköistä. Taustaseinällä kahtia jaettu banneri ei ollut kunnolla kiinni, vaan se roikkui toisistaan erillä rumasti ja keskeneräisen näköisesti. Robotin, sen ohjauskaapin ja käsiohjaimen kaapelit sekä muiden virtalähteiden ja logiikoiden kaapelit lojuivat lattialla siivottomasti. Minkäänlaisia johtokouruja ei ole asennettu.



Kuva 12. Uusi koulutus- ja testaussolu.

Uudistettu koulutussolu on siistitty, kaikki ylimääräinen tavara on viety pois ja lattialle on asennettu sinistä mattoa mukavuuden lisäämiseksi. Valitettavasti robotteja on kuvan 12 ottohetkellä vain yksi, koska toinen robotti ehdittiin myymään ennen siistimistä. Pöytänä toimii valkotalu, uusi tarttuja on kiinnitetty joustavalla tussin pidikkeellä ja televisioruutu on otettu käyttöön. Se on väliaikaisesti sijoitettu telineeseen, ennen kuin se saadaan asennettua seinälle. Uusittu solu on huomattavasti viihtyisämpi ja esityskelpoisempi.



Viimeisenä haluaisin erityisesti kiittää mekaniikkasuunnittelijaa tarttujan mallintamisesta, sekä muita projektissa auttaneita henkilöitä. Ilman heitä ei työstä olisi tullut mitään!

## Lähteet

- 1 Lovelace, Input / Output. Verkkoaineisto. <<https://lovelace.oulu.fi/tietokonej%C3%A4rjestelm%C3%A4t/tietokonej%C3%A4rjestelm%C3%A4t/tkj-input-output/>>. Luettu 28.9.2020.
- 2 SMC, Product catalogue. Verkkoaineisto. <<https://www.smc.eu/fi-fi/products/>>. Luettu 28.9.2020.
- 3 Omron, Products. Verkkoaineisto. <<https://industrial.omron.fi/fi/products/>>. Luettu 12.10.2020.
- 4 MTC Flextek Oy Ab. Verkkoaineisto. <<https://www.mtcflextek.fi/>>. Luettu 1.9.2020.
- 5 Wikipedia, Karel (programming language). Verkkoaineisto. <[https://en.wikipedia.org/wiki/Karel\\_\(programming\\_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Karel_(programming_language))>. Luettu 10.11.2020.