

# **Automatisoidun työstösolun vianpoisto- opas**

Eero Virtanen

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2012  
Paperitekniiikan koulutusoh-  
jelma  
IPPT

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperitekniikan koulutusohjelma  
IPPT

EERO VIRTANEN:

Automatisoidun työstösolun vianpoisto-opas  
Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Elokuu 2012

---

Opinnäytetyö sai alkunsa tilaajayrityksen tarpeesta kasvattaa tuotettuja sarjamääriä tasolle, joita loppuasiakkaat vaativat komponenttitoimittajiltaan. Solun toimitus ja kokoaminen ulkoistettiin asiantuntijayritykselle. Opiskelijan tehtäväksi jäi osallistua solukokonaisuuden kokoamiseen ja käyttöönottoon. Opinnäytetyön varsinainen tarkoitus olikin tuottaa tilaajayritykselle vianpoisto-opas, jonka avulla työntekijä, joka ei päätyökseen työskentele robotilla, osaisi poistaa tuotannon keskeyttäneen vian ja uudelleen käynnistää tuotannon.

Työ koostuu kahdesta osiosta. Ensimmäisessä osiossa tutustutaan soluun ja sen laitteisiin sekä käydään robotin toiminta yleisellä tasolla lävitse. Toinen osa on tarkemmin solukohtaiseen vianpurkuun keskittyvä ja yhden case-tyyppisen vianpoisto ohjeen sisältävä osuus.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi vianpoisto-opas, koostettu huoltotaulukko kaikille solun laitteille ja solun huoltolista. Opinnäytetyön tuloksena päätettiin yhtiössä myös kouluttaa kolme henkilöä käyttämään robottia tarvittaessa. Näin pyritään varmistamaan solun käyttövarmuus sekä tuotantomäärien riittävyys myös silloin kun robotin varsinainen operaattori ei ole paikalla.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in paper technology  
Option of IPPT

**EERO VIRTANEN:**  
Fault removal guide for automated milling cell

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 0 pages  
August 2012

---

The subject of the thesis became topical because the subscriber company needed to increase their production amount to a level that the end customer demands. This was not going to be possible by manual labor so integrated robot milling cell was ordered through an expert company. The study was carried out as a project in which the student participated in the assembly and implementation of the integrated cell. The goal of the thesis was to produce a fault removal guide so that even an employee who does not work on the robot full-time could remove a fault and re-start the production.

The thesis consists of two parts. The first part introduces the robot cell, the equipment of the robot cell and goes through the general principle of how a robot works. Second part concentrates more on the fault removal in this specific robot cell.

As a result of this work the subscriber company gained a fault removal guide and complete maintenance lists for all the equipment of the robot cell. The company also decided to train three people to operate the robot if needed. This was done in order to ensure the reliability of the robot cell even if the operator is not present when the fault appears.

---

Key words: robot, fanuc, fault removal

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖSTÖSOLUN KUVAUS .....	6
3	ROBOTIN KUVAUS.....	9
4	KÄYTTÖOPAS .....	12
4.1	Käyttäjälle .....	12
4.2	Operaattorin turvallisuus.....	13
4.3	Hallintalaitteet.....	14
4.4	Ohjelman läpikäynti.....	20
4.4.1	Uusien kappaleiden lataus.....	20
4.4.2	Työstettyjen kappaleiden koneesta poistaminen ja viimeistely .....	21
4.4.3	Viimeistelyjen kappaleiden vieminen pesukoneeseen.....	21
4.4.4	Pestyjen kappaleiden lavaaminen .....	22
4.5	Ohjelman valinta ja jatkaminen .....	22
4.5.1	Ohjelman valinta ja aloittaminen alkutilanteesta .....	22
4.5.2	Ohjelman jatkaminen keskeltä ohjelmaa .....	24
4.6	Robotin liikkeet.....	27
4.7	I/O:t.....	29
4.8	Robotin rekisterit .....	34
4.8.1	Datarekisterien muuttaminen .....	36
4.8.2	Paikkarekisterin muuttaminen.....	38
4.8.3	Paikoituspisteen muuttaminen .....	41
5	POHDINTA.....	44
	LÄHTEET .....	45

## 1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimii Sastamalassa sijaitseva Honpumet Oy. Honpumet Oy on perustettu vuonna 1968 ja toimii nyt toisessa polvessa. Honpumet Oy työllistää n. 30 henkilöä ja on yksi alueen suurimmista työnantajista. Yhtiö on erikoistunut työstämään alumiiniprofiileita ja kaikki tuotteet tehdään alihankintatyönä. Tuotevalikoima on kuitenkin laaja, erikoistöistä mainittakoon mm. osakoneistukset junanvetureiden sähkökaappeihin ja junien sisäovet sekä leikkikenttätelineiden tukiosat. Honpumet Oy:ssä työstettyjä tuotteita löytyy myös esim. laivoista, voimalaitoksista, tuuligeneraattoreista ja rakennusten julkisivuista. Uusia tuotteita valmistetaan asiakkaiden tilausten ja kuvien mukaan. Konekantana yhtiöllä on neljä 5-akselista Handtmann –työstökeskusta, joiden maksimikappalepituudet ovat 8-12 metriä. Näiden lisäksi on neljä pystykaraista Mazak työstökeskusta, joiden maksimikappalepituus on viisi metriä sekä kaksi vaakakaraista työstökeskusta (Honpumet.fi 2012)

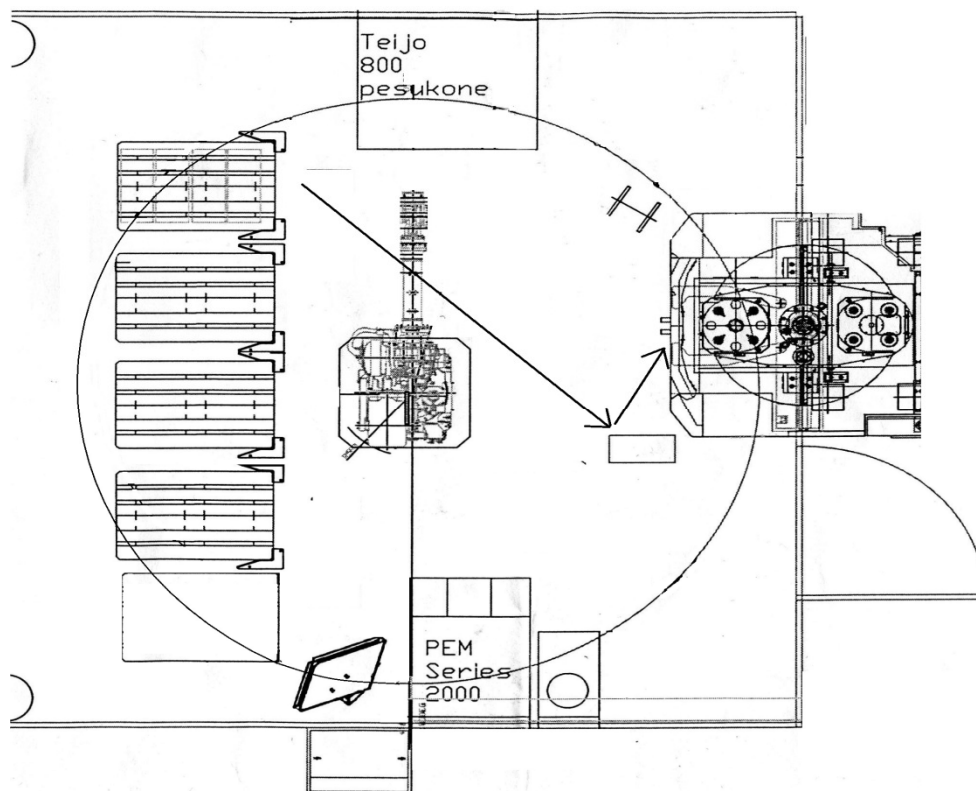
Tämän työn tarkoitus on laatia ohje robotin vikatilanteen purkamiselle. Ohjeen on tarkoitus toimia tukena niille työntekijöille, jotka saattavat joutua vikapurkutilanteeseen vaikka eivät varsinaisesti työskentele robotin kanssa. Tärkeänä lisätavoitteena on luoda ja ottaa käyttöön vikatilanteiden ilmoitus- ja purkulomake, jolle tallennetaan vikaantumiseen johtanut tilanne ja tieto siitä miten se selvitettiin. Näin pyritään takaamaan solun toimintavarmuus myös tilanteissa, joissa vakituinen käyttöhenkilökunta ei ole paikalla.

Luonteeltaan opinnäytetyö on toiminnallinen ja se koostuu raportista ja sen osana olevasta vianpoistomanuaalista, joka jää sellaisenaan tilaajan käyttöön. Raportissa käsitellään robotin toimintaa yleisemmällä tasolla käyttäen kuitenkin materiaalia opinnäytetyön kohteena olleesta robotista. Vianpoistomanuaaliin kootaan kaikki vianpoiston kannalta olennainen materiaali.

## 2 TYÖSTÖSOLUN KUVAUS

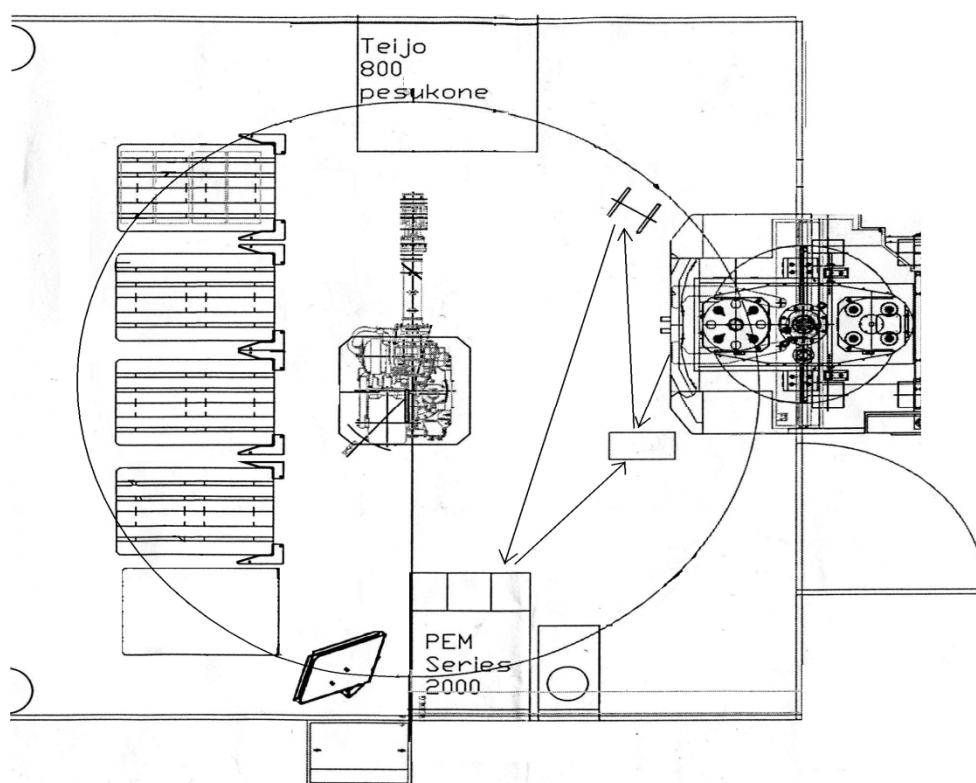
Työstösolu koostuu seuraavista laitteista: teollisuusrobotti Fanuc 2000iB, vaakakarainen työstökeskus Doosan 5100 HP, pemasennin PEM-Sertier 2000 ja teollisuuspesukone TEIJO 800. Työstösolun tehtävänä on saattaa nimellismittaan sahattu aihio aihiolavalta valmiiden kappaleiden lavalle siten, että kappale täyttää loppuasiakkaan sille asettamat laatuvaatimukset. Solu voidaan jakaa erillisiin prosesseihin sen sisältämien laitteiden mukaan. Näitä prosesseja ovat: 1. lavalta haku ja paikoitus, 2. koneistus, 3. puhallus ja harjaus sekä itsekiinnittyvien pulttien kiinnitys, 4. pesu ja lavaus.

Lavalta haussa robotti poimii aihion eurolavalta, johon kappaleet on aseteltu tietyn kuvion mukaan. Koska robotissa ei ole lisävarusteena konenäköä, tulee kappaleiden asemoinnin olla joka lavalla sama. Paikoituksessa robotti tiputtaa aihion tätä tarkoitusta varten suunniteltuun telineeseen. Paikoitustelineessä kappale on joka kerta tarkasti samalla paikalla. Tästä johtuen robotin poimiessa kappaleen takaisin tarraimen se tietää tarkalleen missä kappale on ja pystyy asettamaan sen työstökoneen kiinnittimiin riittäväällä tarkkuudella.



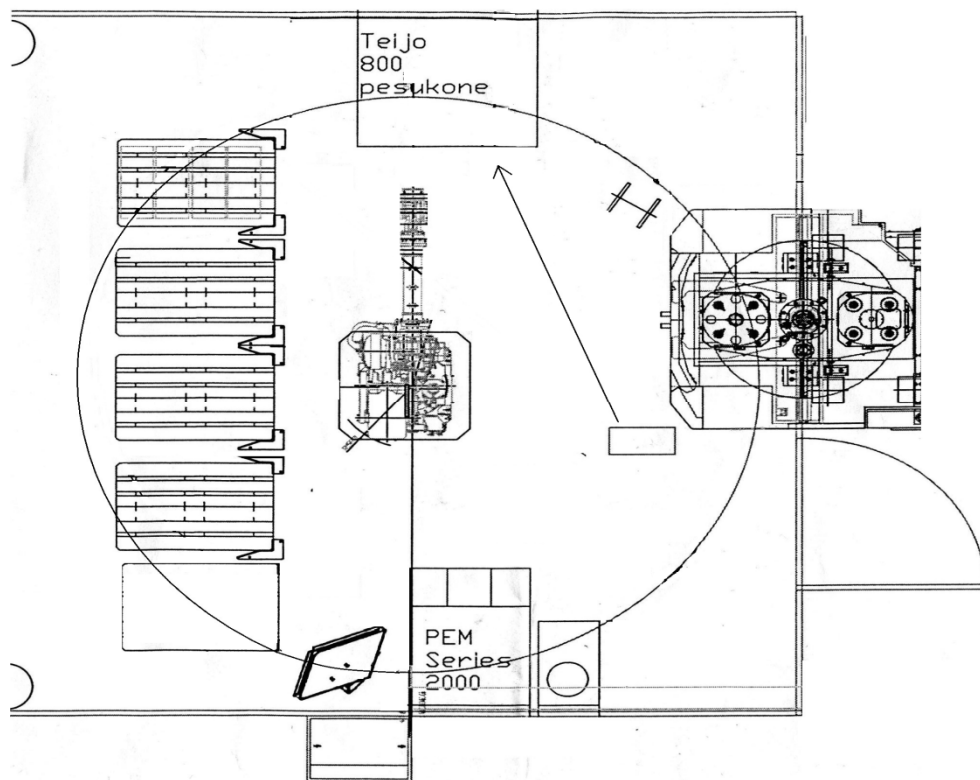
Kuva 1 ensimmäinen työstövaihe

Koneistuksen jälkeen robotti poimii kappaleen työstökoneen kiinnittimistä ja puhdistaa kappaleessa olevan kanavan lastuista erillisillä paineilmapilleillä. Tämän jälkeen kappale harjataan kaikilta pinnoilta sähkömoottoreihin kiinnitettyjen nailonharjojen avulla. Harjojen kierrosnopeutta säädetään taajuusmuuttajien avulla. Harjauksessa poistetaan niin työstön aikana syntyneet jäysteet kuin myös pursotetulle alumiinille tyypillinen pieni piikkikerros, joka saattaisi aiheuttaa lopputuotteeseen kiinnitettävissä piirilevyissä oikosulkuja. Tämän jälkeen kappaleeseen kiinnitetään seitsemän kappaletta erityisiä Pem -kiinnikkeitä, jotka ovat itsekiinnittyviä pultteja. Pultit kiinnitetään tätä varten suunnitellulla erityisellä PEM-SERTIER 2000 -laitteella.



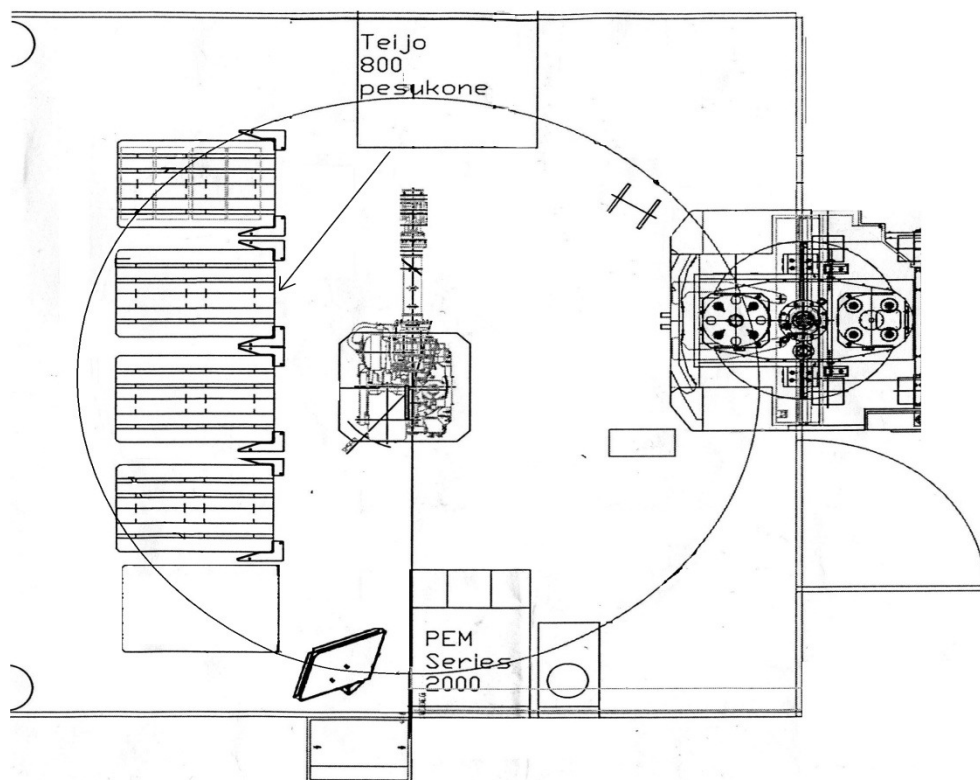
**Kuva 2 toinen työstövaihe**

Näiden vaiheiden jälkeen robotti siirtää kappaleen TEIJO-800 -malliseen teollisuuspesukoneeseen, jossa kappaleista pestään pois rasva ja harjauspöly.



**Kuva 3 kolmas työstövaihe**

Tämän jälkeen robotti vaihtaa käyttöön puhtaille kappaleille tarkoitetun tarraimen ja siirtää kappaleet valmiiden kappaleiden lavalle.



**Kuva 4 neljäs työvaihe**

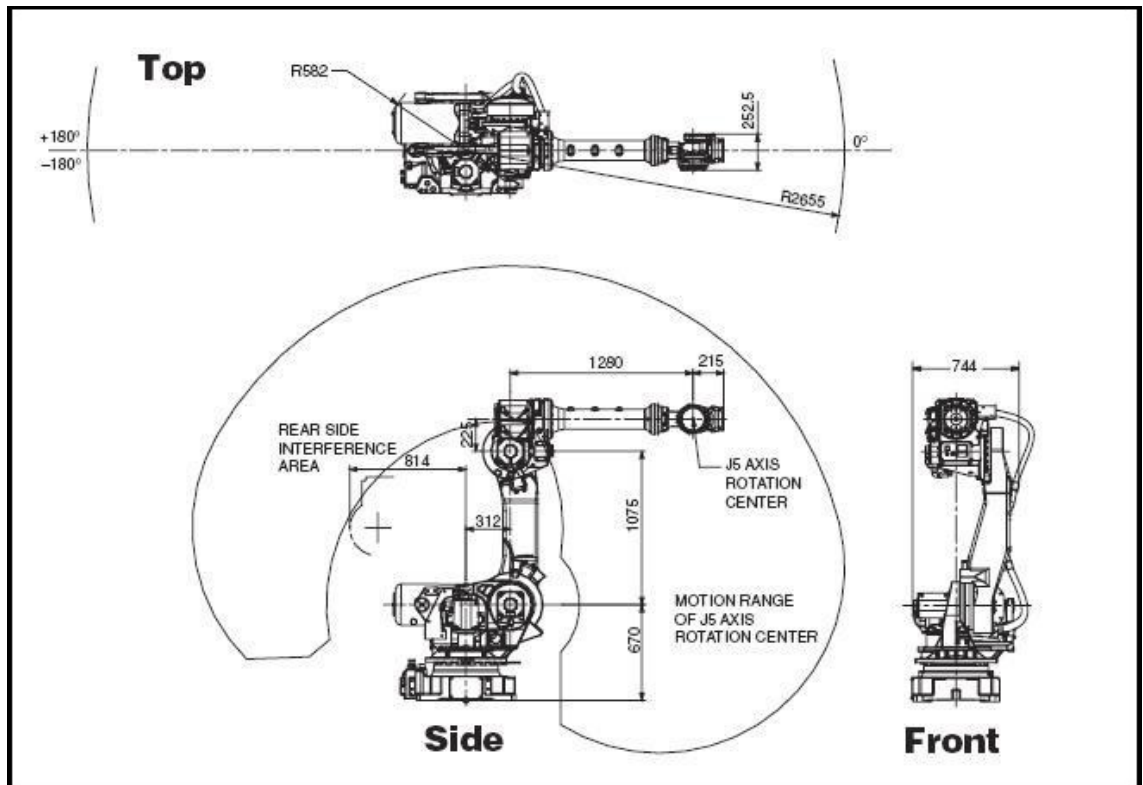


### 3 ROBOTIN KUVAUS

Työstösoluun valittu robotti on malliltaan Fanuc R2000iB. Se koostuu itse robotin mekaanisesta osasta Fanuc R2000iB:stä sekä R-30iA ohjausyksiköstä. Robotin mekaanisen osan kokoonpano on alunperin suunniteltu autoteollisuuden pistehitsausrobotiksi. R2000iB soveltuu kuitenkin myös erinomaisesti kappaleenkäsittelyrobotiksi, sillä sen hoikka käsivarsiakseli mahdollistaa hyvän luoksepääsevyyden ja vähentää tarvetta optimoida solun muuta laitteistoa. R2000iB osoittautuikin erittäin sopivaksi laitteeksi tilaaja-asiakkaan käyttötarkoitukseen, sillä solun kokoonpano vaatii robotilta ulottuvuutta ja kykyä toimia ahtaissa paikoissa. Alla olevasta taulukosta ja kuvasta selviävät robotin tekniset tiedot sekä eri liikeakselien maksimiulottuvuudet. (Robots.com: Fanuc/R2000iB)

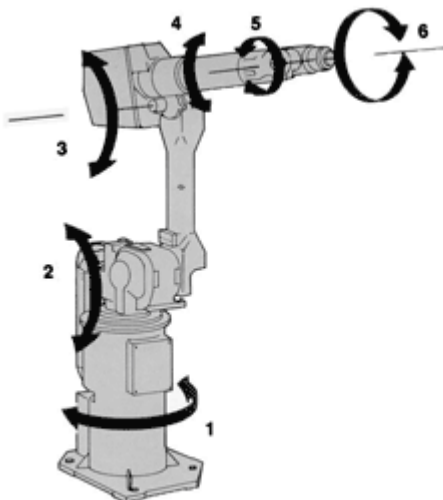
Robotin tiedot		Robotin liikenopeudet		Robotin liikealue	
Akseleita:	6kpl	J1	110 °/s (1.92 rad/s)	J1	±180°
kuorma:	165kg	J2	110 °/s (1.92 rad/s)	J2	+75°,-60°
Ulottuvuus:	2655mm	J3	110 °/s (1.92 rad/s)	J3	+230°,-132°
Toistavuus:	±0.2mm	J4	150 °/s (2.62 rad/s)	J4	±360°
Robotin paino:	1170kg	J5	150 °/s (2.62 rad/s)	J5	±125°
		J6	220 °/s (3.84 rad/s)	J6	±360°

**Taulukko 1 Tekniset tiedot (Robots.com: Fanuc/R2000iB)**



Kuva 1 Robotin liikealue (Robots.com: Fanuc/R2000iB)

Robotin mekaaninen osa, R2000iB, koostuu käsivarsista, akseleista ja akseleita käyttävistä servomoottoreista. Akselit J1, J2 ja J3 ovat robotin pääakseleita, jotka ovat robotin peruskokoonpanosta riippuen joko pyörähdys- tai lineaariakseleita. Jokaisella pääakselilla on lisäksi myös ranneakseli. Ranneakseleita ovat akselit J4, J5 ja J6. Ranneakseleita käytetään siirtämään toimilaitetta, esim. tarttujaa, joka on asennettu ranteen laippaan. (Fanuc Ltd. 2001)



KUVA 2. Robotin liikeakselit (Robots.com: what are six axis robots?)

Ohjausyksikkö R-30iA:n tehtävä on syöttää virtaa mekaaniselle yksikölle. Tämän lisäksi ohjausyksikköön on asennettu työkappaleiden käsittelyohjelma, joka vastaa ohjauksen, käyttöpaneelin ja ulkoisten lisälaitteiden ohjaamisesta. Ohjausyksikkö koostuu virtayksiköstä, käyttöliittymäpiiristä, liikkeenohjauspiiristä, muistipiiristä ja ulos/sisääntulopiiristä. Liikkeenohjauspiiri ohjaa servovahvistinta, joka liikuttaa robotin akseleita sekä mahdollisia lisäakseleita keskusyksikön piirilevyn kautta. Muistipiiriin voidaan tallettaa ohjelmia ja tietoja, joita käyttäjä syöttää C-MOS RAM:lle. Syöttö/ulostulopiiri (I/O) liittää ohjaukseen lisälaitteet vastaanottamalla ja syöttämällä signaaleja I/O yhdyskaapelin ja lisälaitteiden liityntäkaapeleiden kautta. (Fanuc Ltd. 2001)



**KUVA 2. Robotti ja hallintayksikkö (Robotics and automation)**

## 4 KÄYTTÖOPAS

### 4.1 Käyttäjälle

Tämä opas on suunniteltu siten, että sen avulla pystyy saattamaan työstösolun takaisin toimintakuntoiseksi. Lue se siis ensin rauhassa läpi ja ymmärrä mitä olet alkamassa tekemään. Huomioi, että tässä oppaassa käydään läpi vain robotin kanssa toimiminen vikatilanteissa sekä yleisimmät apulaitteista johtuvat virheet ja niiden poistaminen. Jos et ole varma miten toimia, ota yhteys vanhempaan koneenkäyttäjään.

Ohje on rakennettu niin, että alussa esitellään solun hallintalaitteet ja käydään läpi niiden toiminta. Luvuissa 4.4 ja 4.5 käsitellään itse ohjelmaa; sen rakennetta ja logiikkaa sekä ohjelman aloittamista alkutilanteesta ja keskeltä ohjelmaa. Näiden kahden luvun sisäistäminen on viankorjaamisen kannalta ehdottoman suositeltavaa. Viimeiset kolme lukua on omistettu robotin liikkeille, I/O:lle ja rekistereille.

Robottia käyttäessä on tärkeä muistaa, että se työskentelee sokeasti rekisteri- ja I/O-tietoa seuraten. Tästä syystä useimmat solun vikatilanteet ovat yksinkertaisia I/O-tiedon menetyksiä ja helppoja purkaa. Pitämällä yllämainitun asian mielessä ja tarkkailemalla vikatilanteita ja niiden toistuvuutta voidaan solua käyttää tehokkaasti, sen toimintavarmuutta parantaa ja ennen kaikkea käyttö voi tapahtua turvallisesti.

Vian ilmetessä kiinnitä ensimmäiseksi tarkka huomio siihen missä sekvenssissä (ohjelman vaiheessa) robotti oli ennen kuin virhe tuli. Näin varmistat, että uudelleenaloitustilanteessa olet tietoinen siitä mitä robotti on seuraavaksi tekemässä. Seuraavaksi ota selvää mistä virhe johtui; oliko esimerkiksi imukontakti riittämätön vai onko joku apulaitteista vioittunut. Tämän jälkeen mieti mahdollisimman helppo tapa korjata ongelma. Ei kannata resetoida koko kiertoa, jos kappaleen painaminen takaisin kiinni tarttujaan ja normaali ohjelman jatkaminen keskeytyksestä riittää. Saatuasi robotin takaisin toimintakuntoiseksi varmista rekisteriarvoista, että robotin lähtötiedot ovat oikein ja suorita ohjelmaa hetki käsiajolla. Käsiajolla varmistat, että robotti on oikeassa sekvenssissä eikä törmäystä tms. pääse tapahtumaan.

## 4.2 Operaattorin turvallisuus

Operaattorin turvallisuus solun käytössä lähtee operaattorin omasta toiminnasta. Käytännössä robotin työalueelle pääsy siten, että robotti olisi automaattiajossa, on mahdollista. Tämä on varmistettu aitaamalla robotin työalue ja asentamalla työkappalelatausalueelle valoverhojärjestelmä. Valoverhojärjestelmä on kaksipuolainen, tarkoittaen sitä että ensimmäisen tason ylitys pysäyttää robotin syöttöliikkeet hallitusti eikä johda hätätilaan. Ensimmäinen taso on toteutettu valokennoanturilla, joka sijaitsee solun etuseinässä noin vatsankorkeudella. Laite lähettää valosäteen vastaanottimeen ja säteen katkeaminen aiheuttaa robotin syöttöliikkeen pysähtymisen. Valoverhojärjestelmän ensimmäistä tasoa voidaan käyttää robotin hallittuun pysäyttämiseen esim. tilanteessa, jossa haluaa ladata lisää työstökappaleita soluun. Valoverhojärjestelmän toinen taso on toteutettu turvavaloverholla, n. kaksi metriä korkealla keltaisella tolalla, joka toimii samalla periaatteella kuin optinen kytkin. Turvavaloverhon ylittäminen pysäyttää robotin syöttöliikkeet välittömästi ja aiheuttaa hätätilanteen soluun. Siinä tilanteessa, että operaattori joutuu menemään robotin työalueelle korjaamaan ongelmaa tai poistamaan vikatilannetta tulee noudattaa äärimmäistä varovaisuutta ja huolellisuutta. Alla olevat Fanucin omat ohjeistukset, erityisesti ohjelmointiin ja käyttöön liittyen, kannattaa pitää mielessä robotin kanssa toimittaessa.

Fanuc ohjeistaa erikseen tietyistä turvallisuusasioista koskien Fanuc-robotia. Ohjeiden on tarkoitus olla yleisiä hyviä käytänteitä robotin kanssa työskentelyyn. Näistä ohjeistuksista käyttäjille tärkeitä ovat yleiset turvatoimet, käyttöön liittyvät turvatoimet, ohjelmointiin liittyvät turvatoimet ja käyttäjähuoltoon liittyvät turvatoimet.

- *Yleisiä turvatoimia:* Jokaisen robotia käyttävän henkilön tulisi ennen koneen käyttöä osallistua Fanuc-kurssille, jossa käydään läpi koneen osat ja yleiset turvallisuuteen liittyvät asiat. Robotia käyttävien henkilöiden on käytettävä soveltuvia vaatteita, turvakengkiä ja kypärää.

- *Käyttöön liittyviä turvatoimia:* Ennen käytön/ohjelmoinnin aloittamista varmista ettei robotin tai lisälaitteiden ympärillä ole mitään mikä voisi aiheuttaa vaaratilanteen. Ennen työskentelyä robotin toiminta-alueella, vaikka robotti ei olisi käynnissä, kytke virta pois päältä tai paina hätäpysäytys -näppäintä. Asenna suoja, joka estää robotin käynnistämisen ohjauspaneelista.

- *Ohjelmointiin liittyviä turvatoimia:* Ota huomioon yllämainitut käyttöön liittyvät turvatoimet. Ennen robotin lähestymistä sen ohjelmoimiseksi ota opetuslaite käteen, paina

kuolleen miehen kytkintä ja käännä opetuslaitteen käyttökytkin päälle. Ennen robotin liikuttamista hitaalla syötöllä tarkkaile hitaan syötön näppäimien ja robotin toimintaa. ja alenna robotin syötönylitystä huomattavasti.

- *Käyttäjähuoltoon liittyvät turvatoimet:* Kaikki kunnossapitotyöntekijät tulee kouluttaa Fanuc-kursseilla. Kunnossapitotyön aikana robotista tulee olla virta sammutettuna. Mikäli huoltotyö täytyy tehdä virta päällä, tulee hätäseis -painikkeen olla painettuna. Menettäessä robotin toiminta-alueelle, työntekijän tulee varmistaa, ettei mitään vaaratilannetta ole päällä. Jos robotin toiminta-alueelle täytyy mennä vaaratilanteen ollessa päällä, tulee noudattaa äärimmäistä varovaisuutta. Ennen paineilmaosien kunnossapitoa syöttöpaine tulee katkaista ja järjestelmästä pitää poistaa paineistus. Seuraavat osat ovat lämmitettyjä: servomootorit ja ohjausyksikön sisäosat. Näitä käsiteltäessä on käytettävä asianmukaisia hansikkaita. (Fanuc ltd. 2001)

### 4.3 Hallintalaitteet

Robotin toimintaa ohjataan sen omilla hallintalaitteilla. Päähallintalaitteena toimii ohjausyksikkö R30i-A, jota on tarkemmin käsitelty luvussa 3.



Kuva 4 Ohjausyksikkö R30i-A

Ohjausyksikössä sijaitsevat robotin päävirtakatkaisin, ajotavanvalinta-avain, hätäseisnappi, cycle start- ja fault reset -napit sekä valot indikoimaan virran päällä oloa ja mahdollista virhetilannetta. Käynnistettäessä solua tulee päävirtakytkin vääntää ON-

asentoon. Ajotavanvalinta-avaimella voi robotin asettaa joko käsi- tai ohjelma-ajomoodiin. Käsiäjolle on valittavissa joko moodi, jossa pikaliikkeet on rajoitettu 250 mm/s tai moodi, jossa pikaliikkeiden nopeus määräytyy käsiohjaimen asetusten mukaan. Suositeltavaa olisi, että tarkkuutta vaativassa ohjelmointitilanteessa tai käyttäjän ollessa epävarma esim. liikesuunnista käytettäisiin pikaliikerajoitettua tilaa. Fault reset ja cycle start -napeilla voi jatkaa ohjelman käyttöä sen jälkeen, kun on korjannut havaitsemansa viat. Ensin vika kuitataan fault reset -napilla ja sen jälkeen kierto käynnistetään uudelleen cycle start -napilla.



**Kuva 4 R30i-a hallintanapit**

Ohjausyksikössä on kaapelilla kiinnitettynä robotin varsinainen kontrolloimisväline, käsiohjain. Käsiohjaimen etupuolelta löytyvät näyttö, hätäseisnappi, ajotavanvalintakytkin ja ohjainnäppäimet. Haluttaessa käyttää robottia manuaali- tai automaattimoodissa tulee ajotavanvalintakytkimien olla vastaavissa asennoissa niin ohjausyksikössä kuin käsiohjaimessa. Jos näin ei ole, käsiohjaimen näytölle ilmestyy virheilmoitus.



Kuva 5 Ohjaimen valintavipu ja hätäseisnappi

Ohjainnäppäimet voi karkeasti jaotella kolmeen luokkaan, kts. kuva 6.

1. **mustalla** rajatut kontrollinäppäimet, joilla mm. liikutaan valikoissa ja ohjelmis-  
sa. Erityismainintana mustalla rajatulla alueella olevat F1-F5 näppäimet, jotka  
toimivat softanäppäiminä ja toteuttavat näytössä olevia toimintoja. Nämä toi-  
minnot vaihtelevat sen mukaan mitä ohjaimella ollaan suorittamassa.
2. **Sinisellä** rajatuilla näppäimillä liikutetaan robottia käsiajossa, valitaan käytetty  
koordinaatisto ja step-ajotilassa päätetään suorittaako robotti seuraavan vai edel-  
lisen sille ohjelmoidun liikkeen.
3. **Punaisella** rajatuilla näppäimillä annetaan arvoja esim. rekisterivalikkoihin. Li-  
säksi punaisella rajatulla alueella olevat merkitsemättömät painikkeet ovat pika-  
komentoja tiettyihin toimintoihin, esim. imu päälle/pois. Näiden painikkeiden  
toiminta riippuu siitä missä tilassa ohjain on.





**Kuva 6** Käsihjaimen yleiskuva

Ohjaimen takaa löytyvät ns. kuolleen miehen kytkimet. Toisen kytkimistä tulee olla kevyesti pohjaan painettuna, jos robottia tai ohjelmaa aikoo ajaa käsiajolla. Kuolleen miehen kytkin on kolmiasentoinen kytkin, joka ääriasennoissaan pysäyttää robotin toiminnan. Kytkintä tulee painaa kevyesti kunnes tuntee sen liikahtavan keskiasentoon. Lisäpainaminen vie kytkimen toiselle äärirajalleen ja robotti pysähtyy välittömästi. Sama tapahtuu, jos kytkimen antaa palautua auki-asentoon. Kytkimen toimintaan kannattaa totutella rauhassa ja pitämällä robotin pikaliikkeet hitaalla, sillä kovasta vauhdista suoritettu äkkipysäys käy raskaaksi robotin nivelille ja servoille. Ajaessa robottia käsi-käytöllä tulee myös ohjaimen etupuolella oleva SHIFT -painike olla painettuna pohjaan. Jos, yritettäessä ajaa robottia käsin, kuolleenmiehenkytkin tai SHIFT -painike ei ole painettuna ei robotti suostu liikkumaan ja näytölle ilmestyy virhettä vastaava vikailmoitus. Tämä pätee niin ohjelmaa manuaalitulassa ajettaessa kuin robottia käsin paikoitettaessa.



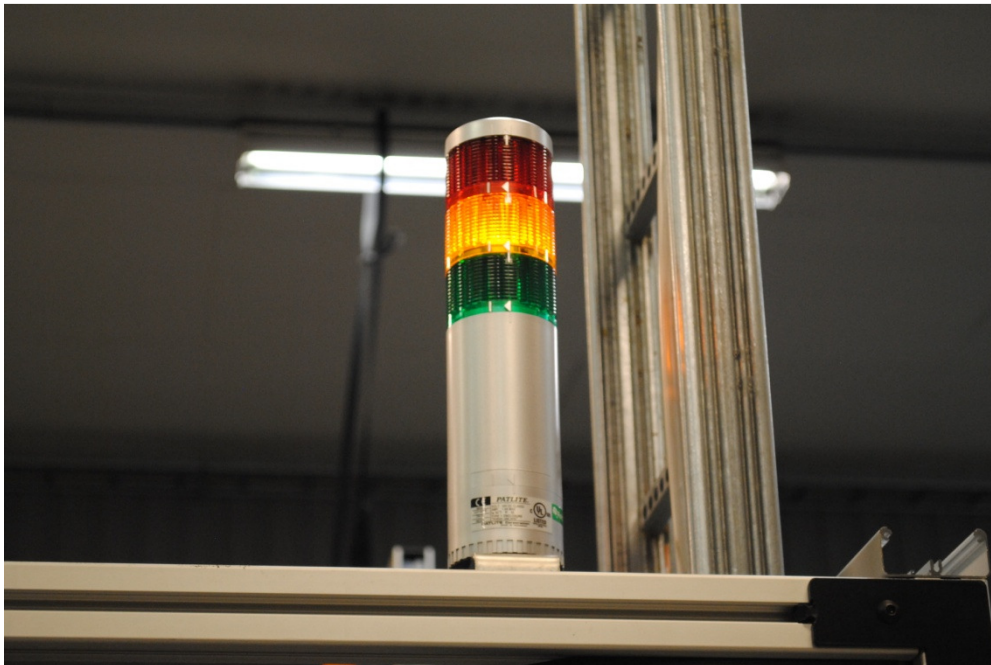
**Kuva 7 Kuolleen miehen kytkin**

Molemmissa päissä solun etuseinää on kuvan 8 kaltaiset käyttönappipaneelit. Nappien toiminta määräytyy värin perusteella. Ylimmäisenä hätäseis-nappi. Punainen painonappi ajaa koneen hallittuun seis-tilaan eli kone ajaa työllä olevan kierron loppuun ja ajaa sitten huoltoasemaan. Keltaisella painonapilla asetetaan gsm-hälytys päälle. Gsm-hälytys lähettää virhetilanteesta tekstiviestin sille ilmoitettuun numeroon. Sininen nappi toimii samoin kuin ohjausyksikön fault reset –nappi. Vikatilanteessa sininen valo myös syttyy. Vihreällä napilla robotille annetaan lupa jatkaa ohjelmaa viankorjauksen jälkeen. Vikatilanteen purkaminen painonapeilla etenee seuraavasti: Korjataan vikatilanne esim. painamalla kappale kunnolla kiinni tarttujaan. Tullaan pois robotin työstöalueelta. Painetaan sinistä nappia kerran, jotta vika kuittaantuisi. Painetaan vihreää nappia kahdesti pitäen välissä pieni tauko. Robotti jatkaa työstämistä siitä kohdasta mihin ohjelma oli pysähtynyt



**Kuva 8 Käyttönapit**

Solun päällä oleva valomajakka indikoi väreillä sen missä tilassa solu on. Vihreä tarkoittaa, että kaikki on hyvin ja ohjelma pyörii halutusti. Punainen ja keltainen ilmoittavat virheestä solun toiminnassa.



**Kuva 9 Valomajakka**

## 4.4 Ohjelman läpikäynti

Ohjeen liitteistä löydät tulostettuna robotin pääohjelman sekä aliohjelmat. Näistä ohjelmista on helppoa ja kätevää ongelmatilanteissa tarkistaa mitä robotti olisi seuraavaksi tekemässä ja mitkä ehdot tulee täyttää, että sykli jatkuu halutusti.

Robotin ohjelma koostuu pääohjelmasta P\_MAIN, joka lähtee alkuehtojen ja varmistusten jälkeen suorittamaan varsinaista työohjelmaa P\_VACON. P\_MAIN -ohjelman alkuehtona on se, että robotti on kotiasemassa: lavapaikkojen kaksi ja kolme välissä noin metrin korkeudella. Sen, onko robotti kotiasemassa, voi tarkistaa DO 100:sta. Tämän jälkeen ohjelma kehottaa tarkistamaan rekisterit ja laskurit ja jatkamaan ohjelmaa CYCLE START -komennolla.

Kappaleohjelma P\_VACON alkaa työn alkuehtojen tarkastelulla. Ohjelmassa on neljä erilaista sykliä, joita robotti voi suorittaa: uusien kappaleiden lataus, valmiiksi työstettyjen kappaleiden poistaminen koneesta ja viimeistely, viimeistelyjen kappaleiden vieminen pesukoneeseen ja pestyjen kappaleiden lavaaminen. Operaattorin on tärkeää tuntea millä alkuehdoilla robotti alkaa suorittaa mitäkin vaihetta, sillä vikatilanteen jälkeen täytyy robotti saada aloittamaan ohjelma oikeasta sekvenssistä ja tämä ei onnistu, jos jotkin ohjelman alkuehdoista eivät täyty.

### 4.4.1 Uusien kappaleiden lataus

Alkuehdot uusien kappaleiden latauksella ovat seuraavat: 1. tulee olla käsky ladata uudet kappaleet (DI113:Lataa pallet =ON), 2. koneessa ei saa olla aihioita (R15: kone =0) ja 3. hakulavalla täytyy olla numero ts. se ei saa olla nolla (R11: haku lava no. >0). Näiden ehtojen täytyttyä robotti aloittaa ohjelman labelista 100 ja lataa ensimmäisen kappaleen paikalle yksi, joka on edestäpäin katsottuna oikeanpuoleinen konepaikka. DI113 on käytännössä lupa robotille tulla vaihtoalueelle. Kappaleenvaihtoalueelle on luotu alue, jolle robotti ei saa mennä ilman lupaa ja sitä käytetään kontrolloimaan lataus- ja purkutapahtumaa. Tästä syystä DI113 esiintyy myös purkusyklin alkuehdoissa.

Alkuehdot eivät ota huomioon tilannetta, jossa uudelleen aloitus täytyy ottaa silloin, kun yksi kappale on jo ladattuna koneeseen. Tällaisessa tilanteessa ehdot täyttyvät muuten mutta R15:kone on arvoltaan 1. Robotti ei siis pääse jatkamaan alkuehdoista sillä mit-

kään niistä eivät täyty. Em. kaltaisessa tapauksessa operaattorin tulee aloittaa ohjelma ilman alkuehtojen tarkastelua oikealta kohdalta keskeltä ohjelmaa. Aloitettaessa keskeltä ohjelmaa tulee ottaa huomioon, että eri konepaikoilla olevat kappaleet käyttävät eri aliohjelmaa niin latauksessa kuin purussakin: latauksessa P\_KONE\_A (1 tai 2) ja purussa P\_KONE\_B (1 tai 2). Väärän kappaleen kohdalta aloittaminen aiheuttaa sen, että robotti yrittää alkaa työstämään väärällä paikalla olevaa kappaletta ja latausohjelman ollessa kyseessä pysähtyy todennäköisesti törmätessään konepaikalla 1 jo olevaan kappaleeseen. Ohjelman aloittaminen keskeltä ohjelmaa käydään tarkemmin läpi seuraavassa luvussa.

#### **4.4.2 Työstettyjen kappaleiden koneesta poistaminen ja viimeistely**

Alkuehdot kappaleiden poistamiseen koneesta ja viimeistelyyn ovat seuraavat: 1. tulee olla käsky ladata uudet kappaleet (DI113:Lataa pallet =ON), 2. koneessa tulee olla kaksi kappaletta (R15:kone=2) ja 3. paikoituspaikoilla 1 ja 2 ei saa olla työkappaleita (R13/R14:oteylä/ala=0). Alkuehtojen täytyttyä robotti hyppää labeliin 200 ja aloittaa kappaleiden viimeistelyn paikasta yksi. Robotti työstää yhden kappaleen kerrallaan valmiiksi asti harjaten ja pemmittäen sen ohjelman määräämällä tavalla.

Lataussyklin tavoin viimeistelyn alkuehdot eivät ota huomioon tilannetta, jossa yksi kappale on viimeistelty valmiiksi ja toisen kappaleen viimeistely on alkamassa. Tämä johtuu siitä, että saatuaan ensimmäisen kappaleen viimeisteltyä robotti vie sen odottamaan pesua R14:oteala paikalle, jolloin R14:oteala saa arvon 1. Tässä tapauksessa operaattori joutuu aloittamaan ohjelman keskeltä viimeistelyohjelmaa. Aloitettaessa keskeltä ohjelmaa tulee jälleen ottaa huomioon, että eri konepaikoilla olevat kappaleet käyttävät eri aliohjelmaa niin latauksessa kuin purussakin; ohjelmat P\_KONE\_A (1 tai 2) latauksessa ja P\_KONE\_B (1 tai 2) purussa. Väärän kappaleen kohdalta aloittaminen aiheuttaa sen, että robotti yrittää alkaa työstää väärällä paikalla olevaa kappaletta ja ohjelma pysähtyy todennäköisesti imuanturin signaalin puutteeseen.

#### **4.4.3 Viimeistelyjen kappaleiden vieminen pesukoneeseen**

Alkuehdot kappaleen viemiseksi pesuun ovat seuraavat: 1. pesukoneen latauspyynnön tulee olla päällä (DI15:pesu tuo uusi =ON), 2. pesussa ei saa olla kappaleita (R16:Pesu =0) sekä 3. molemmissa paikoituspaikoissa tulee olla kappale (R13/R14:oteylä/ala=1).

Alkuehtojen täytyttyä ohjelma hyppää labeliin 300 ja aloittaa kappaleiden lataamisen pesukoneeseen. Solun ollessa toiminnassa tämä sykli on käytännössä ”viimeinen” sykli, sillä koneen purku tapahtuu aina ennen koneen latausta. Ohjelmaan se on kuitenkin laitettu ennen purun alkuehtojen tarkastelua.

#### **4.4.4 Pestyjen kappaleiden lavaaminen**

Alkuehdot kappaleen hakemiseksi pesusta ovat seuraavat: 1. kappaleiden tulee olla pestyjä (DI16:pesu hae valmis =ON), 2. pesussa tulee olla kaksi kappaletta (R16:Pesu =2) ja 3. molemmissa paikoituspaikoissa tulee olla kappale (R13/R14:oteylä/ala=1). Alkuehtojen täytyttyä ohjelma hyppää labeliin 400 ja aloittaa kappaleiden purkamisen pesukoneesta. Pestyt kappaleet lavataan omalla ns. puhtaiden kappaleiden tarttujallaan. Robotti vaihtaa tarttujan ohjelmallisesti ennen purkuun lähtöä. Samaa tarttujaa käytetään myös puhtaiden pahvien asettamiseen valmiiden kappaleiden väliin ja päälle.

#### **4.5 Ohjelman valinta ja jatkaminen**

Seuraavassa kappaleessa käsitellään sitä miten ohjelma saadaan alkutilanteesta päälle ja miten ohjelmaa lähdetään ajamaan ns. keskeltä ohjelmaa. Vianpoiston kannalta tässä kappaleessa tärkeämpänä on ohjelman aloitus keskeltä ohjelmaa ohjelman resetoimista vaatineen tilanteen jälkeen. Alla olevaa ohjetta kannattaa hyödyntää yhteistyössä edellisen luvun ohjeiden kanssa kokonaiskuvan hahmottamisen varmistamiseksi.

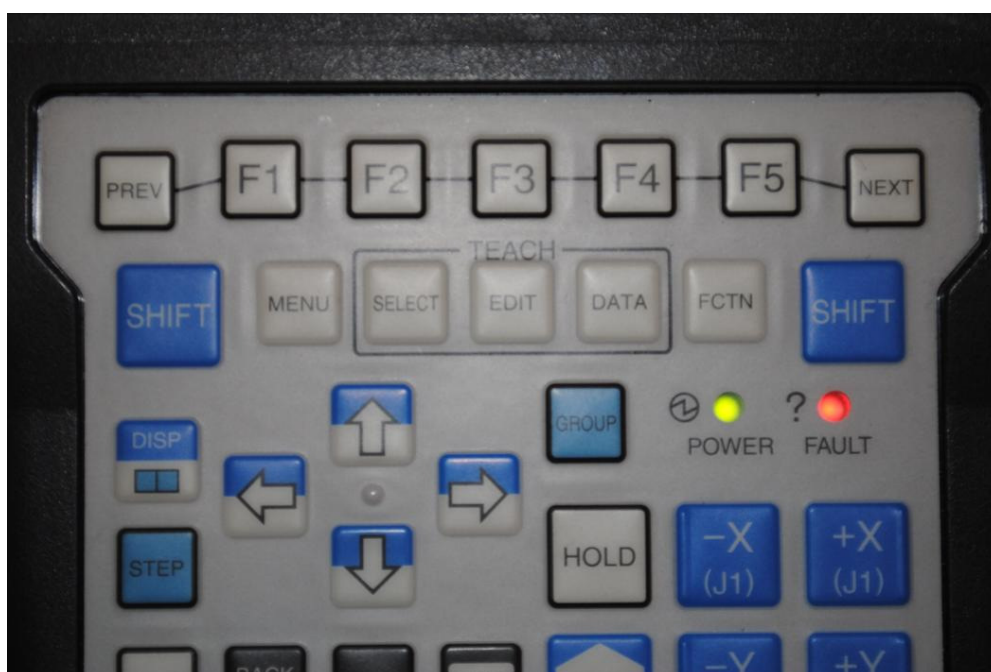
Operaattorin on tärkeä muistaa, että useimmissa tapauksissa solun saattamiseksi toimintakuntoon riittää ongelman korjaaminen, vian kuittaaminen ja toiminnan käynnistäminen käyttönappien avulla. Mieti siis tarkkaan ennen ongelman korjaamisen aloittamista kuinka paljon sykliin puuttumista vika vaatii.

##### **4.5.1 Ohjelman valinta ja aloittaminen alkutilanteesta**

Operaattorin kannalta helpoin uudelleen aloitustilanne on ohjelman käynnistäminen alkutilanteesta. Alkutilanteessa robotin tulee olla kotialueella, lavapaikkojen kaksi ja kolme välissä noin metrin korkeudella, ja rekisteriarvojen tulee vastata solun todellista tilaa. Toiminnan voi aloittaa alusta siinä tapauksessa, että paikoituspaikoilla ei ole työkappaleita. Pesussa tai työstökoneessa työkappaleita saa olla, mutta niitä tulee olla kak-

si, muussa tapauksessa P\_VACON -ohjelman alkuehdoista johtuen alusta aloittaminen ei onnistu.

Käynnistettäessä ohjelmaa alkutilanteesta tulee ajotavanvalinta-avain ohjausyksiköstä ja ajotavanvalintakytkin käsiohjaimesta kääntää manuaaliasentoon. Tämän jälkeen keskeytetään vanha ohjelma. Tämä suoritetaan painamalla perusnäyttötilassa FCTN -nappia ja valitsemalla avautuvasta valikosta ABORT. Seuraavaksi valitaan MAIN -ohjelma painamalla SELECT -näppäintä ja liikuttamalla valitsinrivi avautuneessa valikossa MAIN -ohjelman päälle valinta vahvistetaan ENTER -näppäimellä. Mikäli operaattori ei suorita ABORT -toimintoa päättyy hän aina, minkä tahansa ohjelman valittuaan, siihen aliohjelmaan ja sille riville mihin ohjelma viimeksi pysähtyi.

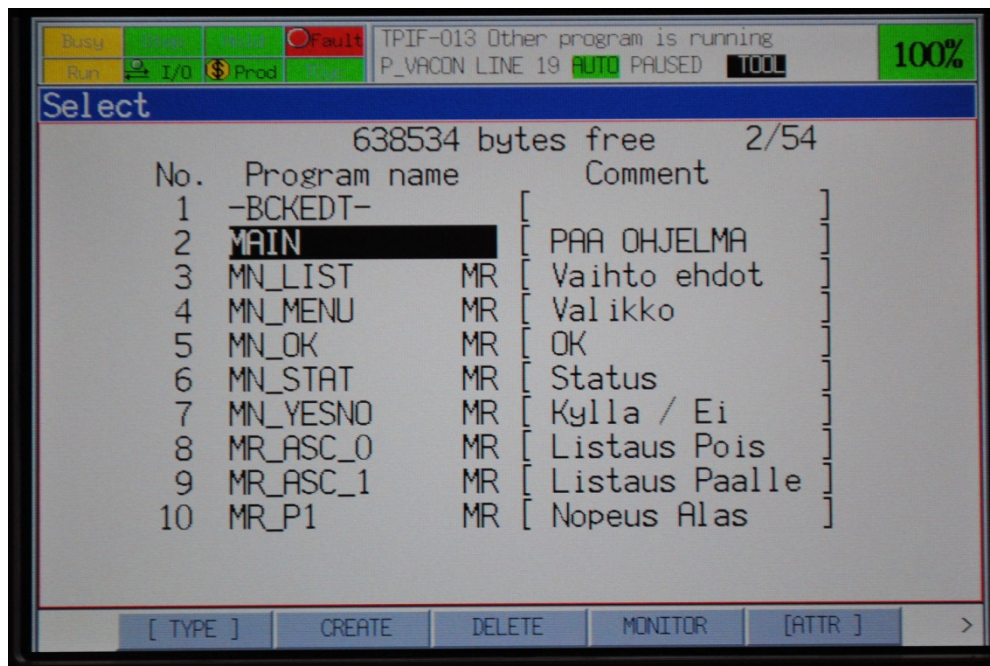


**Kuva 10 Edit-näppäimet**

Jos solu on muilta osin valmis siirtymään automaattiajotilaan, voidaan kytkimet kääntää takaisin automaattitilaan ja solu käynnistää käyttöpainikkeista. Pikaliikkeet kannattaa säätää aluksi 10 %:iin ja varmistaa, että robotti lähtee suorittamaan haluttua sykliä. Kun on varmaa, että robotti toimii halutusti, voidaan liikenopeus nostaa 100 %:iin. Liikenopeuden säätämisen toteuttamisen voi tarkistaa seuraavasta luvusta.

Operaattori voi halutessaan ajaa ohjelmaa myös manuaaltilassa pitämällä valintakytkimet manuaaliasennossa, kuolleenmiehenkytkintä ja SHIFT -näppäintä vaikutettuna ja painamalla FWD -näppäintä. Tämän jälkeen ohjelma kysyy jatketaanko ko. riviltä johon

vastataan kyllä ja ohjelma käynnistyy. Jos halutaan ajaa ohjelmaa rivi kerrallaan voidaan painaa STEP -näppäintä ja ohjelma suorittaa yhden rivin ohjelmaa ja jää odottamaan FWD -näppäimen vahvistusta ennen siirtymistä seuraavaan liikkeeseen. Näytön vasemmassa yläkulmassa olevista indikaattoreista voi tarkistaa onko Step -tila päällä. Halutessa siirtyä automaattiajoon voidaan robotti pysäyttää vapauttamalla SHIFT -näppäin, jolloin robotti pysähtyy hallitusti ja tämän jälkeen kääntämällä valintakytkimet automaattiajoasentoon ja käynnistämällä solun toiminta käyttöpainikkeista.



Kuva 11 Ohjelmavalikon yleiskuva

#### 4.5.2 Ohjelman jatkaminen keskeltä ohjelmaa

Siinä epäonnisessa tilanteessa, että solun toiminta häiriintyy niin pahoin, että toiminnan jatkaminen vaatii koko ohjelman resetoinnin voi tilanteesta riippuen olla mahdotonta aloittaa ohjelma alkutilan tarkastelulla, jota siis käsiteltiin edellisessä luvussa. Tässä tapauksessa on olennaista tietää missä syklistä robotti oli menossa ja mitä aliohjelmaa suorittamassa.

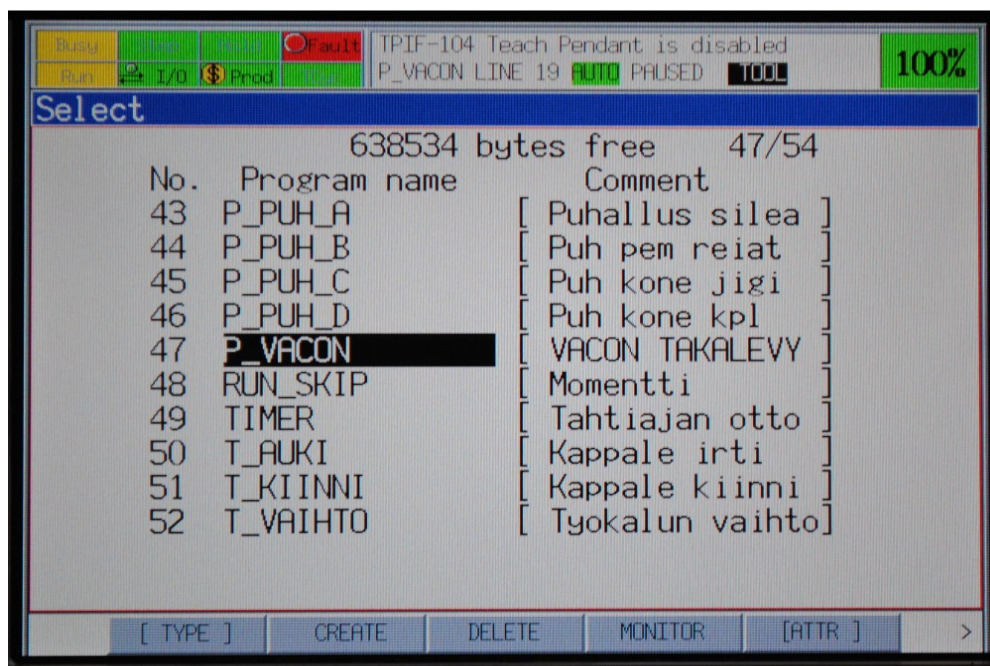
Otetaan esimerkiksi tilanne, jossa ensimmäinen kappale on irronnut kesken siirron peukoneesta valmiiden kappaleiden lavalle. Tällaisessa tilanteessa robotti pysähtyy, menee virheohjelmaan ja näytölle tulee ilmoitus imukontaktin häviämisestä. Operaattorilla on tilanteessa kolme mahdollista tapaa toimia. Ensinnäkin on mahdollista kiinnittää kappale takaisin tarttujaan ja jatkaa ohjelmaa käsin edellisessä kappaleessa mainitulla



tavalla. Toinen ja kolmas tapa ovat esimerkkimme kannalta havainnollistavampia. Ir-ronnut kappale voidaan siirtää käsin joko takaisin pesukoneeseen (TAPA1) tai valmiiden kappaleiden lavalle (TAPA2).

### Tapa 1

Jos operaattori siirtää kappaleen takaisin pesukoneeseen tulee samalla korjata rekisteriarvot siten, että pesukoneessa on kaksi työkappaletta ja valmiiden aihoiden lavalla se määrä mikä siinä oikeasti on. Tämän jälkeen FNCT -näppäimen kautta ohjelma abortoidaan ja voidaan lähteä suoraan ajamaan ohjelmaa P\_VACON valitsemalla ohjelmavali- kosta, edellisessä luvussa kuvatulla tavalla, ohjelma P\_VACON. Jos lähdetään ajamaan ohjelmaa sen jälkeen kun solun tilannetta on muokattu käsin, ajetaan aina käsikäytöllä ja pikaliikkeet rajoitetaan 5-10 %:iin. P\_VACON suorittaa alkuehtojen tarkastelun ja kuvatussa tilanteessa robotti lähtee noutamaan työkappaletta pesukoneesta paikalta yksi. Jos näin ei tapahdu, selvitetään syy ja aloitetaan alusta.

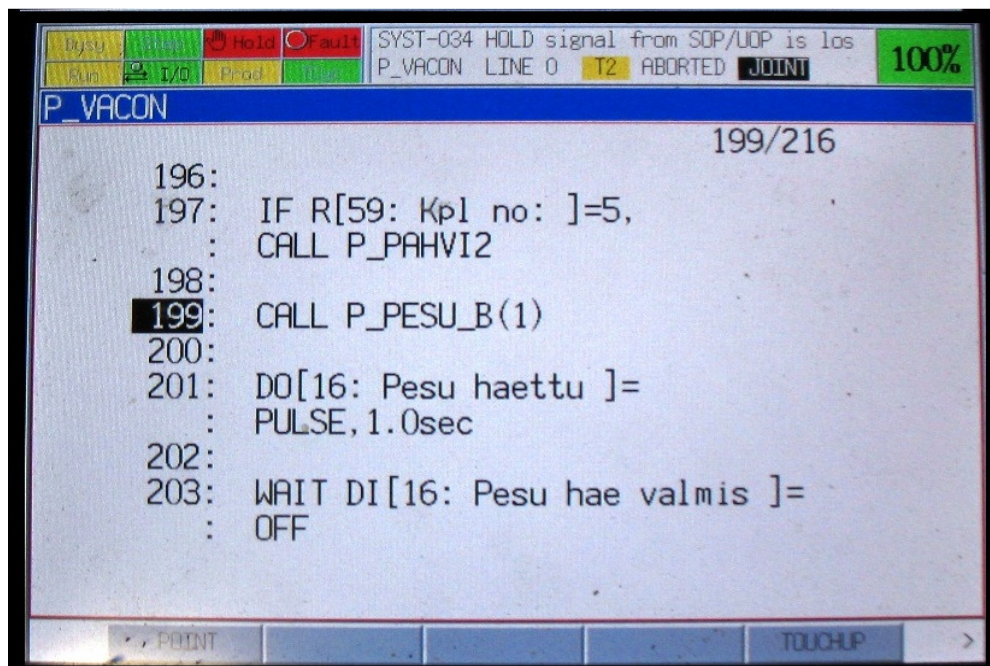


Kuva 12 Robottiohjelman pääohjelma P\_Vacon

### Tapa 2

Jos työkappale siirretään lavalle käy tilanne mielenkiintoiseksi. Työkappaleen siirto lavalle tarkoittaa sitä, että pesukoneeseen jää yksi kappale ja lavan kappalemäärä kasvaa yhdellä. Tilanteelle, jossa pesukoneessa olisi yksi työkappale, ei löydy valmista sekvenssiä neljästä luvussa 4.4 esitetystä alkusekvensseistä. Tässä tilanteessa operaattorin tulee tietää, tai tietää mistä voi tarkistaa, mistä sekvenssistä ohjelma jatkuisi, jos se toi-

misi normaalisti. Tässä tapauksessa P\_PESU\_B (1) olisi seuraava aliohjelma. Aluksi tulee tarkistaa totutusti rekisteriarvojen oikeellisuus ja korjata ne oikeiksi, jos tarvetta. Tämän jälkeen abortoida ohjelma ja avata ohjelmavalikko edellisten ohjeiden mukaisesti. Seuraavaksi operaattorin tulee avata P\_VACON -ohjelma ja sen käynnistämisen sijaan selata sitä alaspäin kunnes saapuu ohjelman riville, jolla haluttua aliohjelmaa kutsutaan. Tässä tapauksessa rivi on 199.



**Kuva 13 Uudelleenaloitus P\_VACON -ohjelmasta**

Saavuttuaan halutulle riville, operaattori käynnistää ohjelman SHIFT- ja FWD -näppäinten yhdistelmällä. Näin ohjelma on saatettu oikeaan sekvenssiin ja sen suorittaminen jatkuu normaalisti. On tärkeää osata valita oikea aliohjelma P\_VACON -ohjelman sisältä, sillä oikean ohjelman valinta ohjelmalistasta ja sen suorittaminen ei saata robottia oikeaan sykliin vaan suorittaa vain valitun ohjelman.

Yllä esitetty kuvaus siitä miten ongelmatilanteen voi korjata on analoginen lähes kaikkiin vaikeampiin ongelmatilanteisiin, jotka voivat johtua robotin toiminnan häiriintymisestä. On operaattorin ammattitaidosta kiinni miten ongelmaa lähtee korjaamaan, sillä kuten esimerkiksi huomaa, sen voi korjata monella tapaa, jatkotoimet vain eroavat hieman. Käytännössä sen jälkeen kun päätät miten ohjelman korjaat, korjaa rekisterit oikeiksi, katso voitko lähteä alkuehtoien tarkastelusta vai joudutko aloittamaan keskeltä ohjelmaa. Jos joudut, niin varmista, että aloitat oikeasta sekvenssistä.

## 4.6 Robotin liikkeet

Robotin liikkeet tapahtuvat joko nivelkoordinaatiojärjestelmässä tai karteesiaalinen koordinaatiojärjestelmässä. Nivelkoordinaatiojärjestelmässä robotin asema ja asento määritellään kulmasiirtymillä ja nivelten rungon nivelkoordinaatiojärjestelmällä. Käytännössä robotti liikuttaa vain yhtä niveltä kerrallaan. Karteesiaalaisessa koordinaatiojärjestelmässä asema ja asento määritellään koordinaatein X, Y ja Z tilan koordinaatiojärjestelmän origosta työkalun koordinaatiston origoon sekä työkalun koordinaatiojärjestelmän kulman siirrolla W, P ja R suhteessa X-, Y- ja Z-akseleiden koordinaatiojärjestelmän pyörintään. (Fanuc Ltd. 2001)

Käyttäjällä on käytettävissä viisi karteesiaalaista koordinaatiojärjestelmää: 1. Mekaanisen liitynnän koordinaatiojärjestelmä (työkaluun kiinnitetty koordinaatiojärjestelmä, käytössä jos kohdan kaksi työkalukoordinaatiojärjestelmää ei ole määritelty), 2. työkalun koordinaatiojärjestelmä (määritelty erikseen johonkin pisteeseen robotin rannelaipan pinnasta), 3. Vapaan kappaleen koordinaatiojärjestelmä (työtilaan kiinnitetty koordinaatiojärjestelmä), 4. Käyttäjän koordinaatiojärjestelmä ja 5. hitaan liikkeen koordinaatiojärjestelmä. (Fanuc Ltd. 2001)

Operaattorin on tärkeää osata liikuttaa robottia manuaalisesti käsiohjaimella haluamallaan tavalla. Osa tavallisimmista vianpurkutilanteista alkaa siten, että robotti pitää siirtää tarkasti pois vaaratilanteesta. Erityisesti PEM-laitteen iskutuurnat ovat vaarassa katketa, jos virhetilanteesta poistutaan väärän suuntaisella liikkeellä. Tämän lisäksi operaattori saattaa joutua opettamaan robotille uudelleen tarkkoja paikoituspisteitä solun ylösajon yhteydessä. Näissä tilanteissa koordinaatistojen hallinta on erityisen tärkeää.

Halutessa liikuttaa robottia käsiohjauksella tulee robotin ensiksi olla pysähtyneenä. Robotti voi olla valmiiksi pysähtyneenä virhetilanteen vuoksi tai sen voi pysäyttää itse esimerkiksi valoverhoa häiritsemällä tilanteessa, jossa robotti ei ole vaara-asemassa. Tämän jälkeen käännetään liiketilavalinta-avain käsikäytölle, joko liikenopeutta rajoitettavalle puolelle tai vapaan liikenopeuden puolelle. Seuraavaksi lasketaan pikaliikkeiden nopeus esim. 5% painamalla pohjaan SHIFT -näppäin ja painamalla kuvassa 8 näkyviä prosenttunuolinäppäimiä alas tai ylös riippuen siitä mihin liikenopeus on aikaisemmin asetettu. Liikenopeuksia on valittavissa joka tilanteeseen  $v_{fine:n}$  ollessa hitain liikenopeus ja 100% nopein. Kun sopiva liikenopeus on säädetty voidaan COORD -näppäintä

painamalla vaihtaa liiketilaa, Kuvassa 14 liiketilana ylärivillä 100% liikenopeutta ilmaisevan lukeman vasemmalla puolella mustalla pohjalla oleva ”TOOL” sana kuvaa käytössä olevaa liiketilaa.



**Kuva 14** Koordinaatistonäppäimet

Painamalla SHIFT -näppäintä samanaikaisesti COORD -näppäimen kanssa saadaan tarkistettua mitkä koordinaatistotilat ovat käytössä, keltainen ruutu kuvassa 14. Robotin liikuttamista varten operaattori voi valita em. tavalla viidestä liiketilasta tilanteeseen sopivimman. JOG -liiketila liikuttaa robotista vain yhtä akselia kerrallaan ja soveltuu sinällään huonosti vikatilanteiden purkuun, sillä liikkeet eivät ole suoraviivaisia. WORLD -liiketilassa robotti liikkuu valitun akselin suuntaisesti suoraviivaisesti. Tämän liiketilän heikkoutena on se, että johtuen robotin vapaudesta käännellä akseleitaan, operaattorin saattaa olla vaikeaa hahmottaa mihin suuntaan mikin koordinaatti milloinkin osoittaa. Tätä liiketilaa suositellaankin käytettäväksi pitkiin, ei tarkkoihin siirtymiin, joissa on mahdollista testata akselien todellisia liikesuuntia. TOOL -liiketila toimii periaatteessa samoin kuin WORLD -liiketila poikkeuksena se, että liikkeet tapahtuvat sidotuna työkalun, tässä tapauksessa tarttujan, liikesuuntaan. TOOL -liiketilassa Z-akselin negatiivinen suunta on aina kohti kappaletta, kuten\_nc-ohjelmassa, ja positiivinen suunta pois päin kappaleesta. Loppujen liikeakselien suunta on tämän jälkeen helppo hahmottaa ”oikeankäden” -säännön pohjalta. USER -liiketila sitoo koordinaatiston käyttäjän määrittelemään tasoon tilanteessa, jossa haluttu liiketaso on kulmassa tai muulla tavoin määritelty. USER -liiketila on operaattorille hyödyksi esim. silloin kun tämä joutuu kor-

jaamaan tarttujan paikoitusta kappaleen paikoitustelineisiin nähden. Robotin akseleita liikutetaan kuvassa 8 näkyvillä X,Y ja Z napeilla. J1, J2 ja J3 ovat robotin isot liikeakselit ja J4, J5, J6 ovat robotin ranteen pyörähdysakselit em. liikeakselien ympäri. Robotin liikuttamiseksi tulee myös muuttuvissa Hallintalaitteet mainitut asiat ottaa huomioon.



Kuva 15 Aktiiviset koordinaatit ja valittu koordinaatisto

#### 4.7 I/O:t

Sisäänsyöttö- ja ulostulosignaalit (I/O) ovat sähköisiä signaaleja jotka mahdollistavat ohjauksen kommunikoinnin robotin, toteuttajan, lisälaitteiden sekä muiden järjestelmän osien kanssa. Signaalit on jaettu kahteen osaan: yleiskäyttöiset I/O-signaalit ja erikoiset I/O-signaalit. Yleiskäyttöisiksi signaaleiksi luetaan: digitaaliset-, ryhmä- ja analogiset signaalit. Yleiskäyttöisiä signaaleja käyttäjä voi määrittää haluamallaan tavalla ja signaalirivien määrää voidaan lisätä. Digitaalisten signaalirivien maksimisignaalmäärä on 512. Analogisia signaaleja riviin mahtuu 16 kertaa vähemmän. Erikoisten signaalien merkitys on ennalta määritetty ja ne koostuvat seuraavista signaaleista: ulkoiset-, käyttöpaneeli- ja robottisignaalit. (Fanuc ltd. 2001)

Puhuttaessa tuloista tarkoitetaan I-tietoja (in) ja puhuttaessa lähdöistä tarkoitetaan O-tietoja (out). Solun operaattori joutuu tarkastelemaan I/O-valikkoja ongelmanratkaisutilanteissa. Vertaamalla solun tai robotin I/O-tiloja ohjelman vaatimiin tiloihin operaattori

saa tiedon siitä mikä ohjelman vaatima ehto ei toteudu ja osaa näin vaikuttaa oikeaan osaan solussa. Operaattori pystyy manipuloimaan vain lähtöjä, esim. operaattori saa puhalluksen tarvittaessa päälle. Tuloja sen sijaan ei saa ohjaimen avulla päälle. Jos ohjelma esimerkiksi odottaa signaalia työstökoneelta siitä, että kappaletilan ovet ovat auki tätä signaalia ei käsiohjaimesta saa päälle, vaan ongelma on ratkaistava fyysisesti ovien tai sen antureiden toimintaa korjaamalla.

Seuraavassa käydään läpi käytössä olevat valikot, I/O-valikkojen käyttö, ja tilojen manipulointi havainnollistavien kuvasarjojen opastuksella. I/O-valikoista voidaan löytää kolme operaattorille tärkeää kohtaa: Digital, Analog ja Robot. Digital-valikon alla sijaitsevat kaikki solun toimilaitteiden lähettämät ja toimilaitteille lähetettävät I/O-tiedot. Analog-valikosta säädetään viimeistelyharjojen pyörintänopeus. Robot-valikosta löytyy robotin ja sen toimilaitteiden omat viestit ja toiminnot. I/O-valikkoihin pääsee kiinni painamalla käsiohjaimen MENU -painiketta. Näytölle aukeaa ao. kuvan kaltainen valikko. Liikuta valitsin I/O-tekstin päälle joko nuolinäppäimin tai vastaavaa numeronäppäintä (5) painaen. Kuvassa näkyvän I/O-alavalikon saat auki painamalla nuolinäppäimistä sivulle päin. Alavalikosta valitset em. tavalla haluamasi valikon ja avaat itse valikon ENTER -näppäintä painamalla.



Kuva 16 I/O-valikon polku

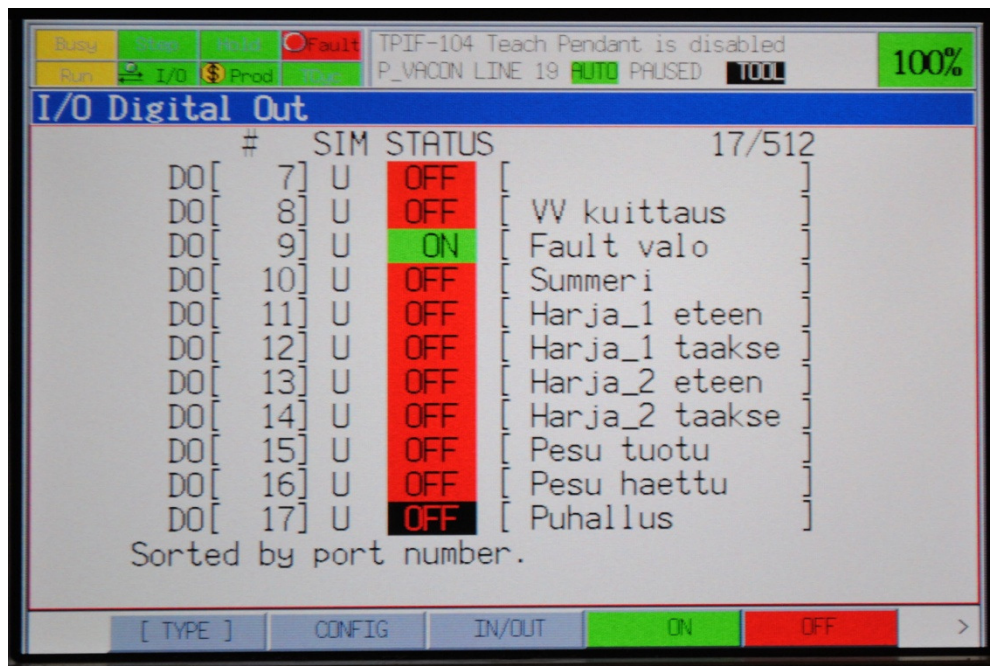
Avatusta valikosta näet lähtöjen/tulojen numerot, sanallisen kommentin siitä mitä lähtö tekee ja sen statuksen. Kuvan esimerkistä nähdään, että toinen (2) digitaalinen tulo ku-

vaa start-painikkeen tilaa ja kuvanottohetkellä se on OFF-tilassa. Tuloja on yhteensä 512, joista operaattorille olennaisia n. 30. Valikoissa liikutaan nuolinäppäimillä. Pitämällä pohjassa SHIFT -näppäintä ja painamalla nuolta ylös tai alas voidaan vaihtaa sivua jolloin saadaan näkyviin tulot 12–22.



**Kuva 17 Digital In -valikko**

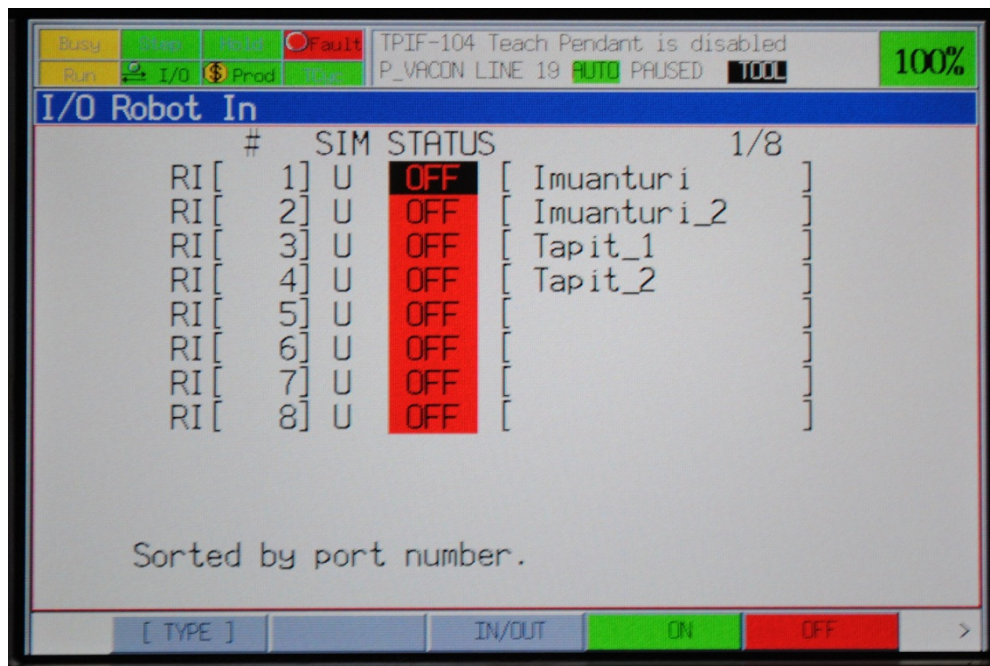
Painamalla näytössä näkyvän IN/OUT -näppäimen vastaavaa softanäppäintä F3 pystytään hyppäämään suoraan Digital In -ruudusta Digital Out -ruutuun. Lähtöjen selaaminen tapahtuu samoin kuin tulojenkin. Menemällä haluamansa tulon päälle ja painamalla ON tai OFF ruutua vastaavaa softanäppäintä (F4 tai F5) voi laittaa kyseisen lähdön päälle. Esimerkiksi liikkumalla nuolinäppäimillä lähdön 11 päälle ja painamalla F4 saa aikaan sen, että harjausaseman ykkösharja lähtee pyörimään eteenpäin sille säädettyä nopeutta. Pysäyttämiseen riittää se, että painaa F5 jolloin lähtö menee pois päältä.



**Kuva 18 Digital Out- valikko**

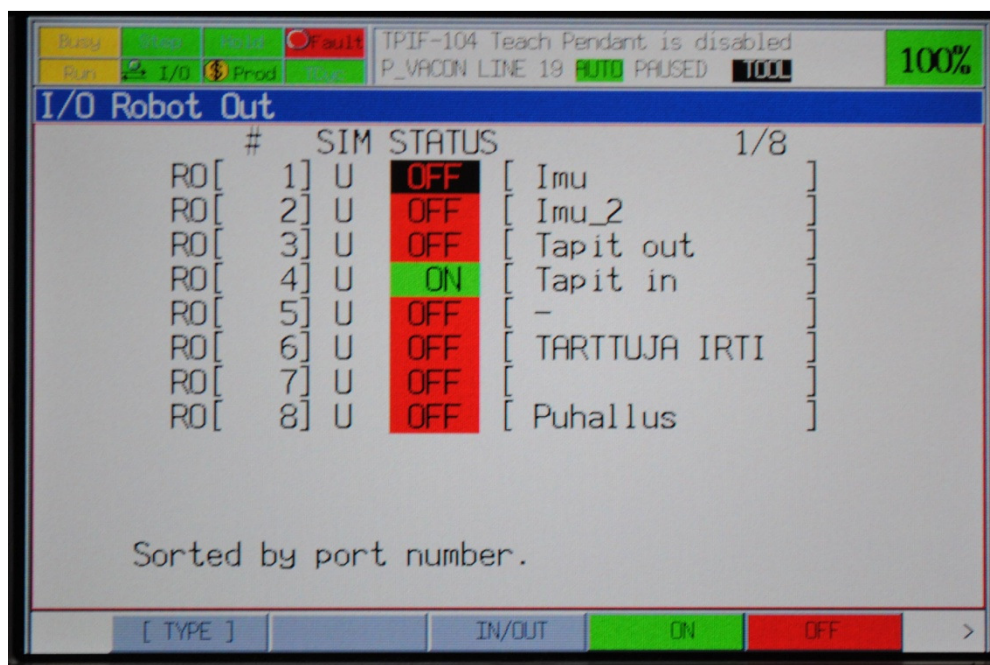
Jos alkuvalikosta olisi valittu kohta 6 (ROBOT) niin I/O -näyttö olisi kuvan 19 kaltainen. Monet robotin käyntihäiriöt johtuvat imuanturien huonosta toiminnasta, joten operaattorin on tärkeää tietää mistä toiminnan voi tarkistaa. Myös ongelmat aihoiden laavalle asettelussa tai koneistuksessa voivat häiritä paikoitustappien toimintaa. Imuanturi perustuu alipaineanturiin, joka menee päälle kun tarrain ottaa imukupein kiinni aihioon ja alipaine syntyy. Jos kappale jossain vaiheessa irtoaa tai imukontakti ei ole riittävä, se näkyy tässä valikossa. Jos ohjelman imukontaktia tarkkaileva toiminto huomaa sen kadonneen, pääohjelma hyppää välittömästi aliohjelmaan, josta jatkaminen vaatii imukontaktin palauttamista. Paikoitustappien päätyasentoanturit taas tutkivat pääsevätkö tappien männät ääriasentoihinsa. Tämä estyy, jos esim. kappaleeseen ei ole koneistettu paikoitusreikiä tai kappale on liian vinossa aihiolavalla.





Kuva 19 Robot In -valikko

Robot Out -valikkoon siirtyminen ja sen käyttö tapahtuu samoin kuin digital I/O -näytön kanssa. Out -valikossa saat imun tarvittaessa pois päältä tai päälle, testattua paikoitustappien toimintaa (jos esim. rajakytkimien toiminnassa on jotain outoa) ja irrotettua imutarttujan robotista huoltotoimenpiteitä varten.



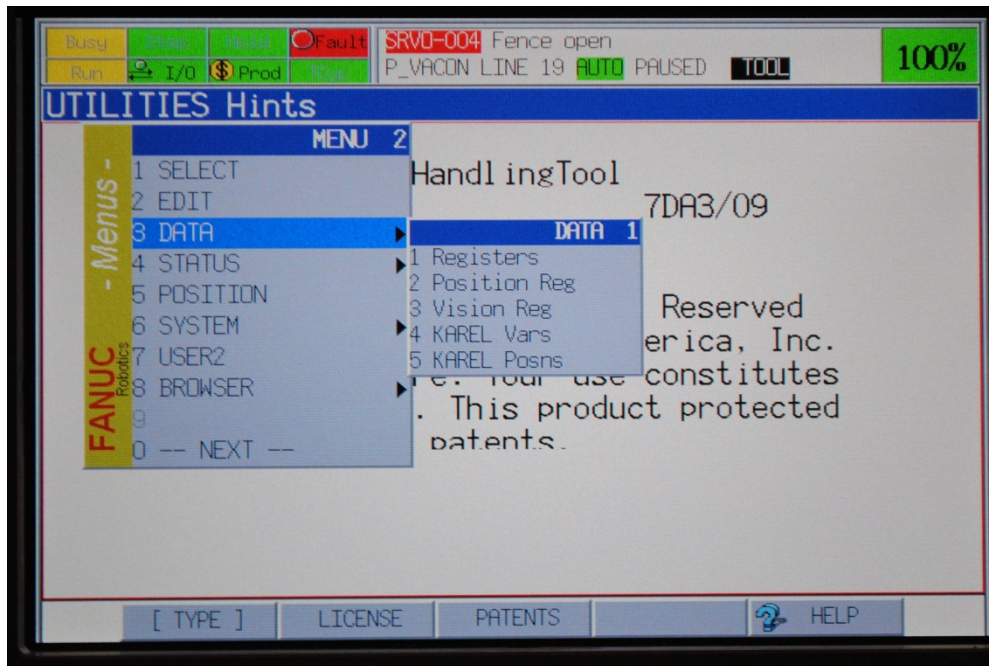
Kuva 20 Robot out- Valikko

## 4.8 Robotin rekisterit

Robottiohjaus sisältää kahdenlaisia rekistereitä: asema- ja yleisrekistereitä. Asemarekistereissä on tallennettuna asemien koordinaatteja esim. ohjelman tarkoista pisteistä joihin voidaan sitten offset-toiminnolla vaikuttaa itse pistettä muuttamatta. Yleisrekistereihin voidaan tallettaa kokonais- ja desimaalilukuja joita voidaan käyttää muuttujina ja laskureina ohjelman suorittamiseksi. Molemmilla rekistereillä voidaan suorittaa erilaisia lasku- ja vertailutoimenpiteitä. (Fanuc Ltd. 2001)

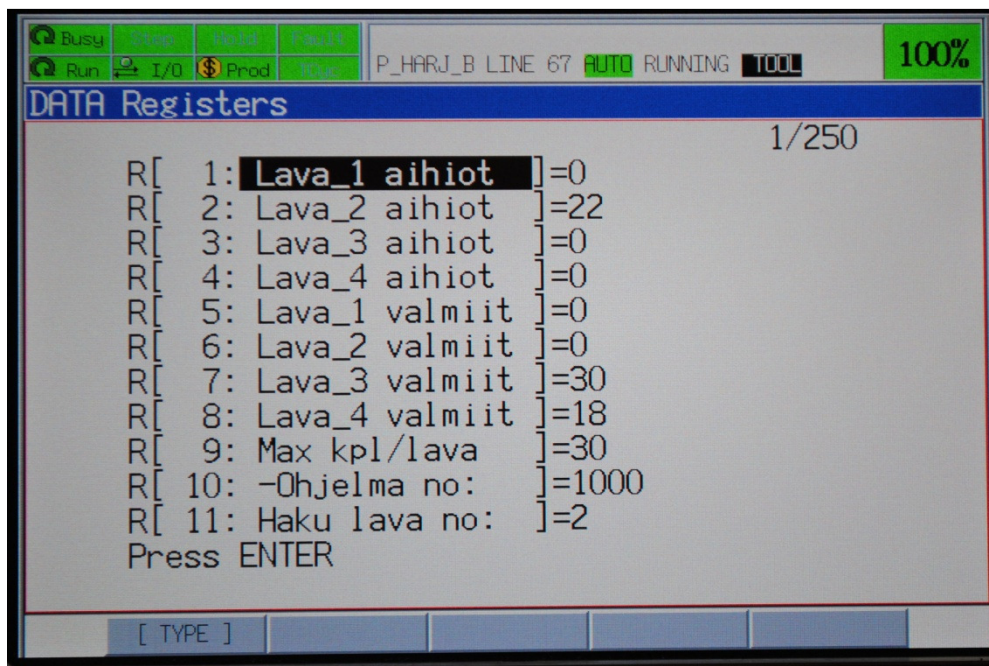
Datarekisterit ovat operaattorille erittäin tärkeitä, sillä robotti päättää toimintansa rekisteritietojen perusteella. Ohjelmaa käsittelevässä luvussa puhuttiin neljästä eri syklistä, joita robotti voi alkaa suorittamaan, kun lähdetään alkutilasta. Robotti ratkaisee sen, mitä sykliä se lähtee suorittamaan juuri rekisteritietojen perusteella. Rekisteritietojen oikeellisuus, niin ohjelman alusta kuin vikatilanteen purun jälkeenkin ohjelma-ajoon lähdeäessä siis ratkaisee, lähteekö robotti oikeaan sykliin vai ei.

Tässä luvussa käydään läpi käytössä olevat datavalikot, niiden käyttö ja rekisteritietojen muuttaminen. Operaattorilla on siis käytössään kahdenlaisia rekistereitä: asema- ja yleisrekistereitä. Käsitellään aluksi yleisrekisterit. Yleisrekistereissä on kaikki se numeraalinen tieto, jota robotti käyttää toimiakseen osana työstösolua. Rekistereistä löytyvät siis esimerkiksi valmiiden kappaleiden aihiomäärät, se miltä lavalta aihiota tulee hakea ja se mille lavalle valmiit kappaleet tulee lavata. Rekistereihin pääsee käsiksi samoin kuin I/O -tietoihin. Ensiksi painetaan MENU -näppäintä, jolla saadaan auki menunäyttö. Seuraavaksi on vaihdettava menusivua, joko liikkumalla nuolinäppäimillä kohtaan 0 ”next” ja vahvistamalla valinta ENTER -näppäimellä tai painamalla numeropainikkeista vastaavaa lukua. Tämän jälkeen liikutaan kohtaan 3 ”data” ja painetaan nuolta sivulle päin, jolloin päästään valitsemaan joko ”registers”, tai jos halutaan muokata paikkarekistereitä, ”position registers”.



Kuva 21 Datavalikon polku

Avatusta valikosta näet rekisterien numerot, sanallisen kommentin siitä mitä rekisteri sisältää ja sen arvon. Kuvan esimerkistä nähdään, että lavapaikalla yksi on nolla aihiota ja esimerkiksi lavalla kolme on 30 valmista kappaletta. Operaattorille olennaisia rekisteriarvoja on 40 kappaletta. Valikoissa liikutaan samoin kuin I/O -valikoissa.

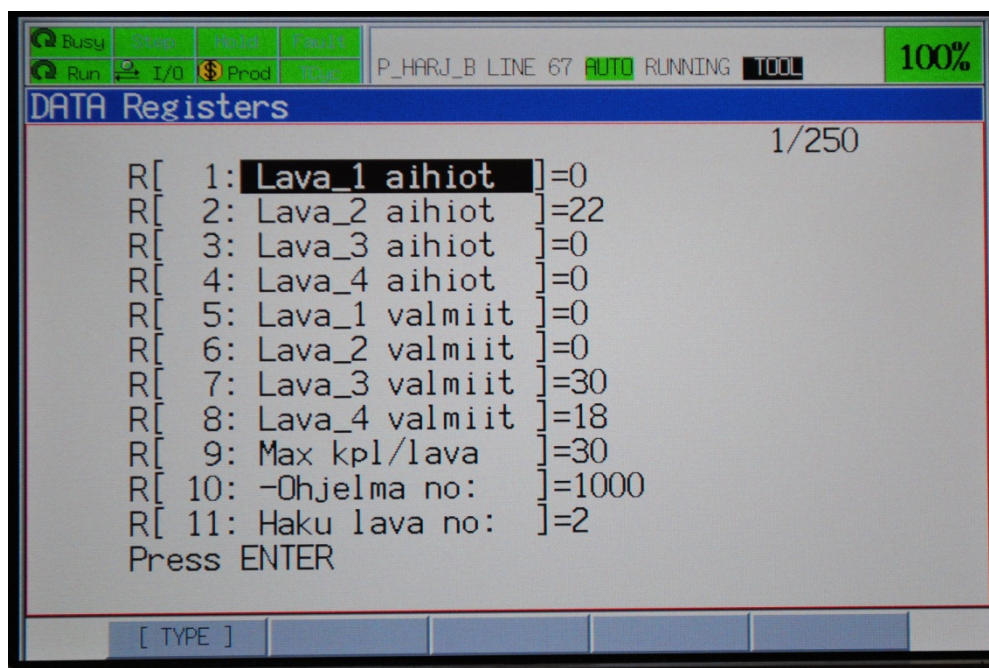


Kuva 22 Datarekisterin yleiskuva

#### 4.8.1 Datarekisterien muuttaminen

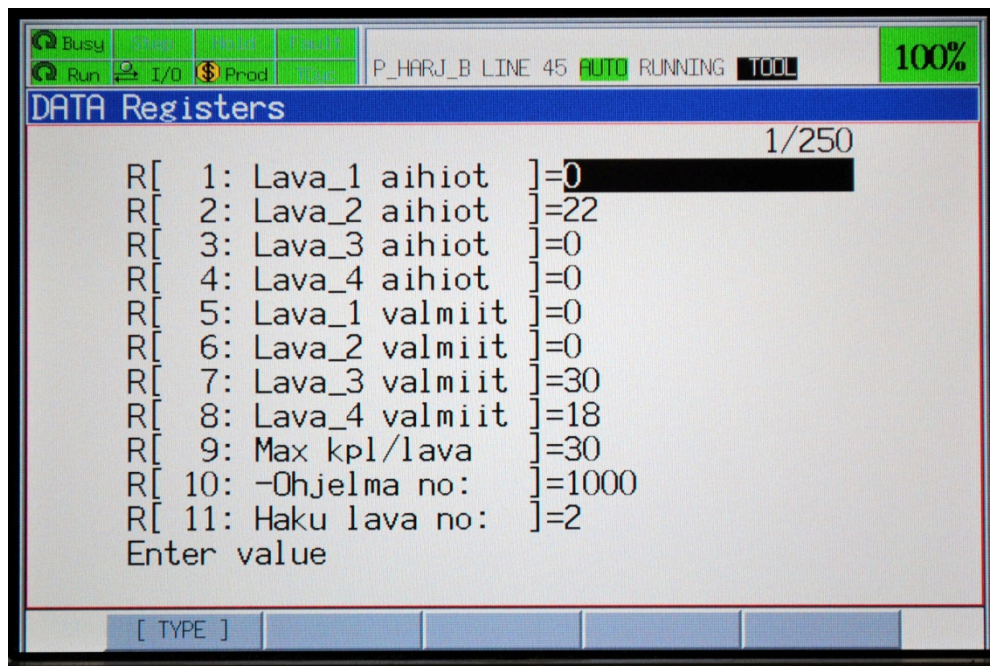
Operaattori joutuu muuttamaan rekisteriarvoja lähes aina, kun tekee muutoksia soluun. Esimerkiksi lisätessä uutta ahiolavaa soluun tulee rekisteriin kertoa, oikean lavapaikan kohdalle, montako ahiota lavassa on. Rekisteriarvot tulee tarkistaa myös siinä tapauksessa, että solussa on tapahtunut sellainen virhe, joka vaatii operaattorilta puuttumista meneillään olevaan sekvenssiin, esim. aihio irronnut kesken liikuttelun. Jos operaattori päättää palauttaa aihion takaisin ahiolavalle ja jatkaa tästä, tulee ko. lavan ahiomäärä tarkistaa ja korjata, sillä rekisteriarvot muuttuvat automaattisesti ohjelman ollessa ajossa.

Edellisessä luvussa käsiteltiin, miten rekisterivalikkoihin päästään käsiksi. Seuraavassa käsitellään niiden muuttaminen havainnollistavan kuvasarjan opastuksella. Avatussa valikossa liikutaan nuolinäppäimillä ja sivun vaihto tapahtuu SHIFT- ja nuolinäppäimen yhdistelmällä.



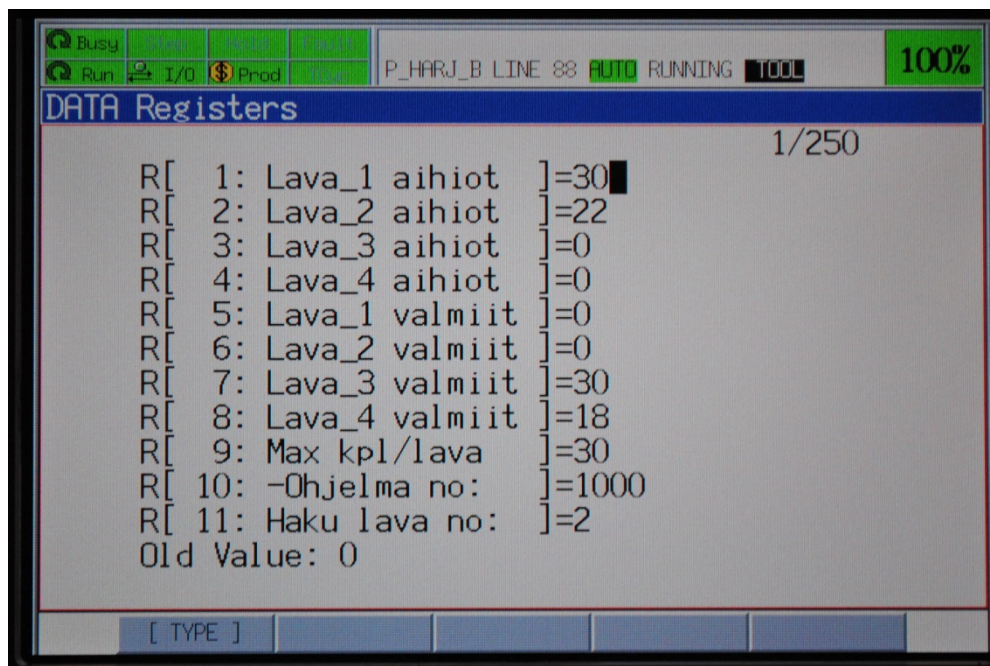
Kuva 23 Muutettava rekisteri

Oikean rekisteriarvon päälle liikkumisen jälkeen päästään arvoon käsiksi painamalla nuolinäppäintä sivulle päin.



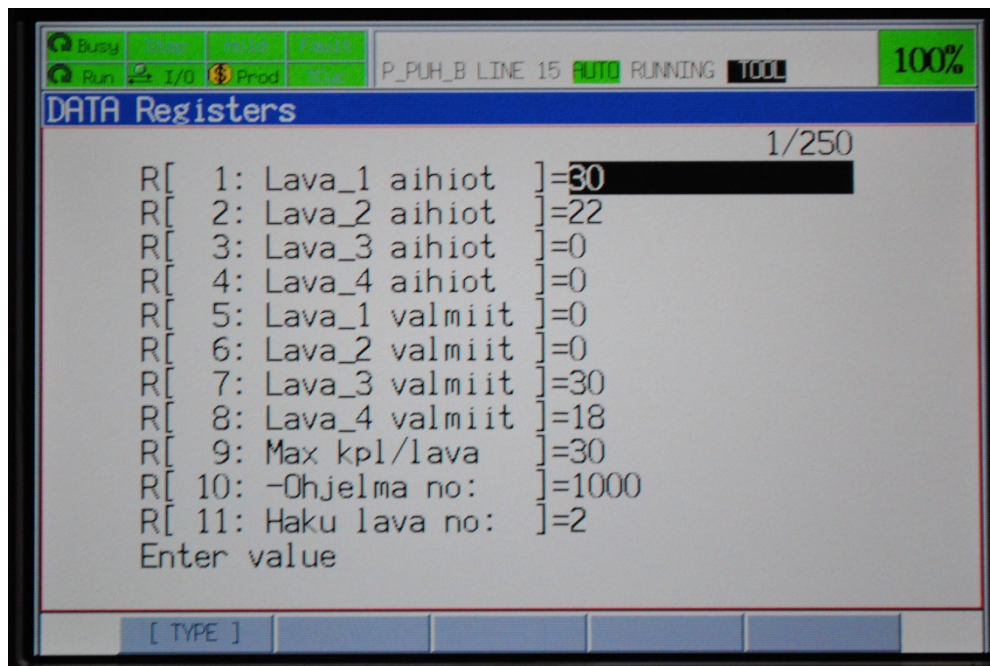
**Kuva 24 Muista liikkua arvon päälle**

Uusi arvo syötetään vanhan arvon päälle numeronäppäimillä. Täydellä lavalla on aiheioita 30, joten syötettävä arvo on myös 30. Aiheioita voi olla myös vähemmän tai enemmän. Ei kuitenkaan käytännössä yli 45:ä.



**Kuva 25 Uusi arvo syötettynä**

Arvo tulee vahvistaa painamalla ENTER -näppäintä. Jos ENTER -näppäin jätetään painamatta ja poistutaan näppäilyyn arvon päältä tai koko valikosta, jää arvoksi voimaan alkuperäinen arvo.



Kuva 26 Muista vahvistaa enter -näppäimellä

#### 4.8.2 Paikkarekisterin muuttaminen

Paikkarekistereihin on tallennettuna joitain pysyviä, mutta joskus pientä korjausta vaativia paikkoja, kuten esimerkiksi pem-nastojen paikat ja aihiodien paikat aihiolavoilla. Operaattori antaa paikkarekistereihin korjausarvoja joiden avulla ohjelma laskee uuden paikoituspisteen ilman, että koko paikkaa pitää määrittää käsiohjaimella uudelleen. Paikkatietoja pääsee korjaamaan valitsemalla DATA -alkuvalikosta ”position registers” -kohdan. Paikkarekisterivalikossa liikutaan samaan tapaan kuin muissakin valikoissa. Seuraavassa havainnollistavassa kuvasarjassa käydäänkin paikkatiedon korjaaminen läpi askel askeleelta.

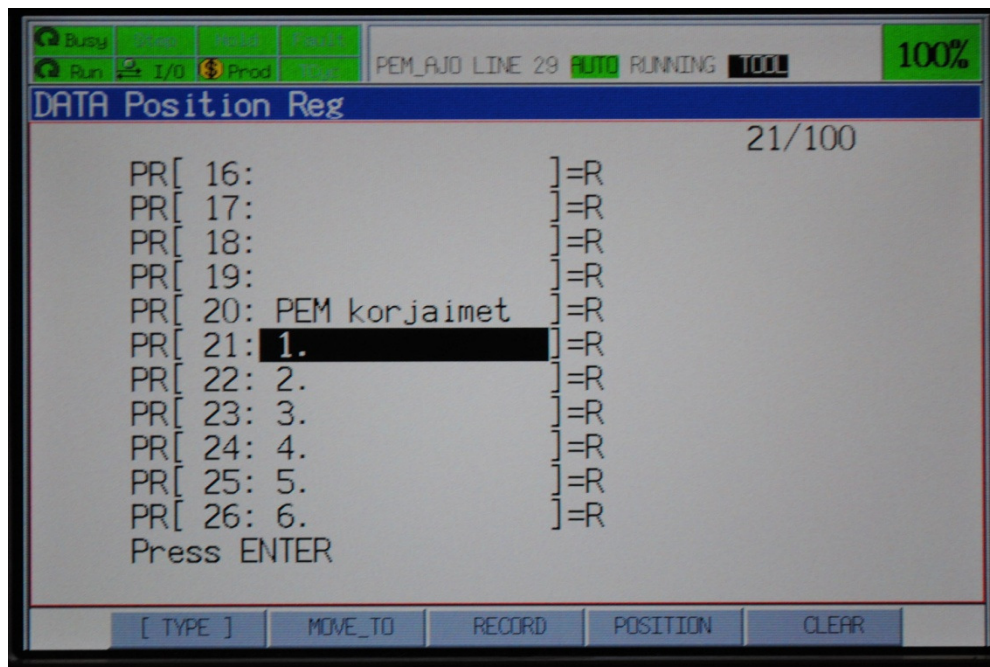
Tässä esimerkissä muutetaan ensimmäisen pem-mutterin paikoituspistettä. Pisteiden muuttaminen saattaa olla tarpeen, jos solun toiminta häiriintyy toistuvasti juuri pem-laitteen paikoitushäiriön seurauksena. Pem-laite on erittäin tarkka siitä, että iskutuurna suorittaa juuri oikean mittaisen ja esteettömän iskun. Tästä syystä jopa 0,2 mm heitto saattaa olla ratkaiseva iskun onnistumisen kannalta. Robottiohjelma on rakennettu niin, että jos kiinnitys epäonnistuu, robotti korjaa paikoitusta 0,2 mm keskiöstä. Paikoitusta yritetään maksimissaan kahdeksan kertaa ja korjauksen suunta pysyy samana kaksi kertaa. Jos korjauksista huolimatta mutterin kiinnitys ei onnistu, tulee operaattorin korjata paikoituspistettä. Valittaessa ”position registers” -kohta, aukeaa kuvan 27 kaltainen

näkymä. Selvin ero yleisrekisterivalikon näkymään on tekstitietojen vähyyks ja sinisellä pohjalla lukeva ”Position reg” –teksti.



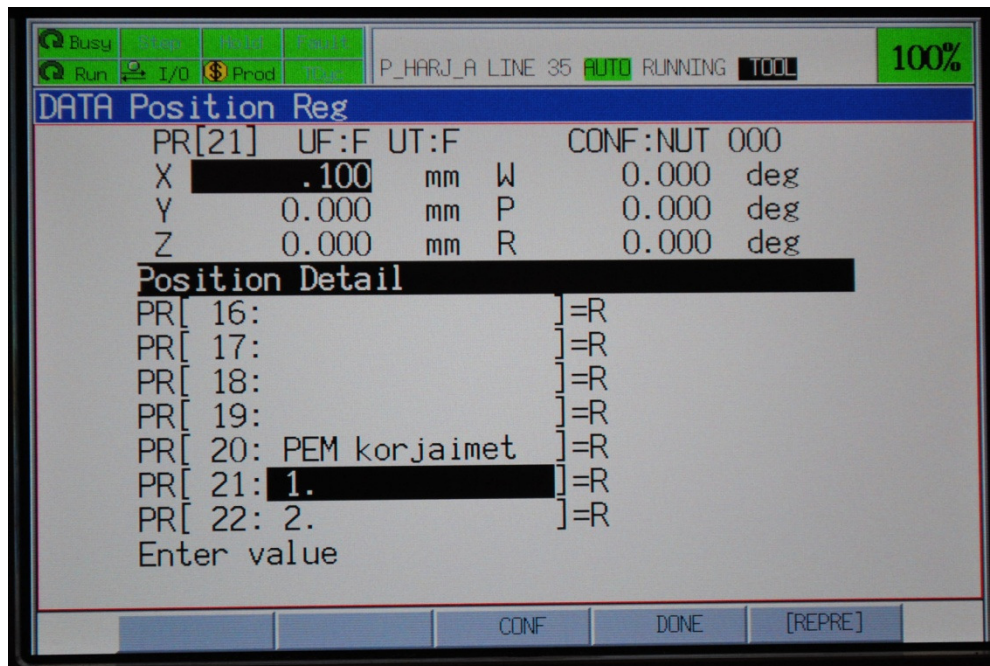
Kuva 27 Paikkarekisterien yleisnäyttö

Nuolinäppäimen ja SHIFT -näppäimen avulla päästään liikkumaan PR 21:n päälle, joka on siis ensimmäisen pem-mutterin paikoituspiste.



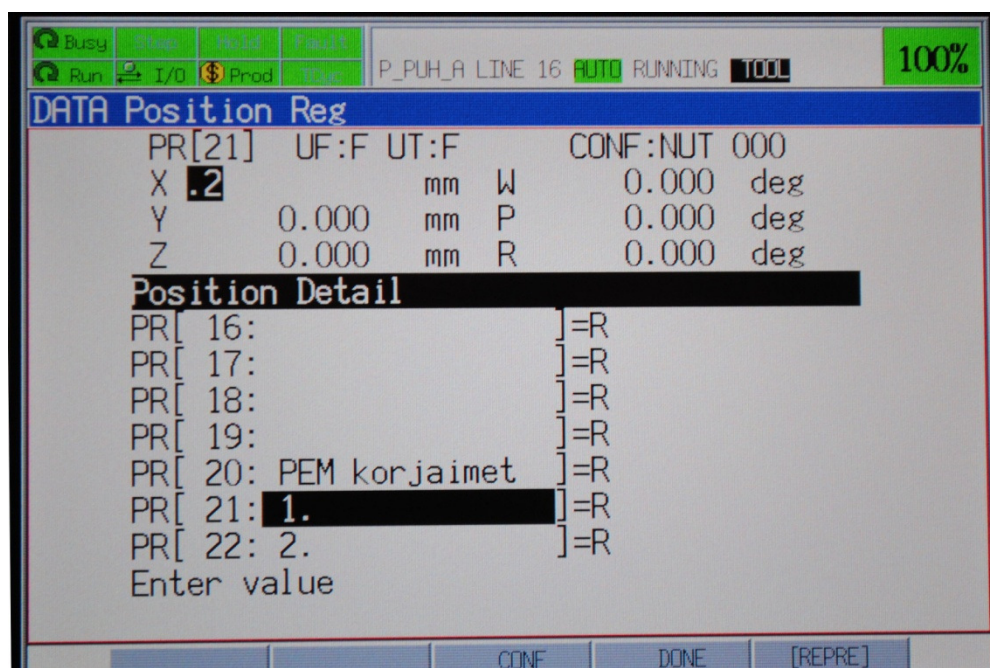
Kuva 28 Ensimmäisen pemmin paikkarekisteri

Korjainkoordinaattiruudun saa näkyviin painamalla "POSITION" kenttää vastaavaa softanäppäintä F4. Paikkatiedoista näkee ko. paikan X,Y ja Z korjainkoordinaatit sekä kulmakierron (W,P ja R) niiden akselien ympäri.



Kuva 29 Ensimmäisen pemmin paikkarekisterin korjainkoordinaatit

Korjainarvoa muutetaan liikkumalla ensiksi nuolinäppäimillä halutun arvon päälle. Tämän jälkeen näppäillään uusi, havaintoon perustuva, korjainarvo vanhan tilalle ja vahvistamalla uusi arvo ENTER -näppäimellä.



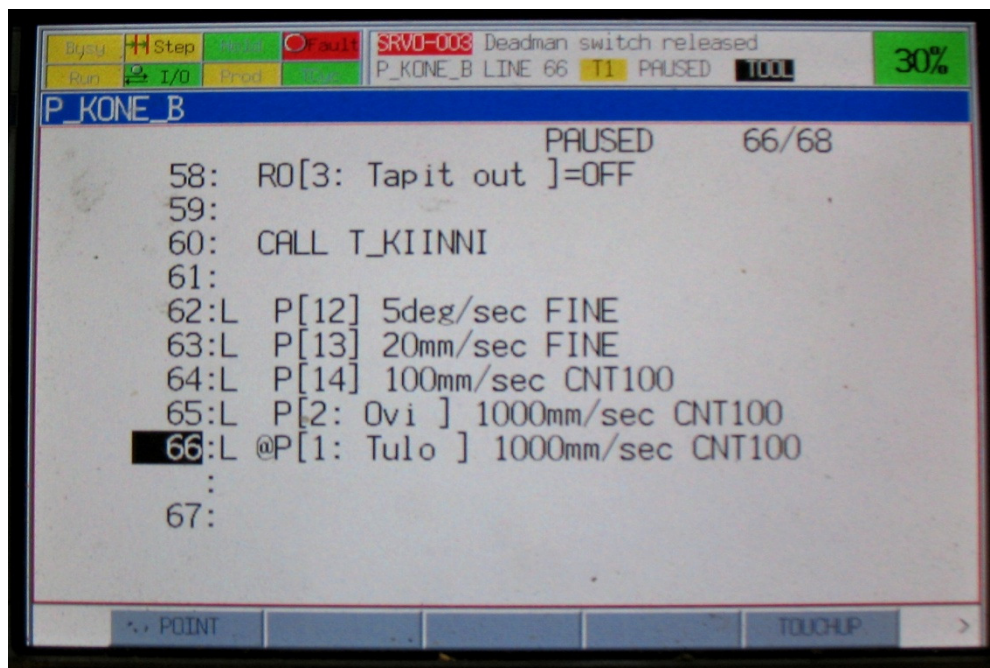
Kuva 30 Uusi korjainarvo syötettynä paikkarekisteriin



### 4.8.3 Paikoituspisteen muuttaminen

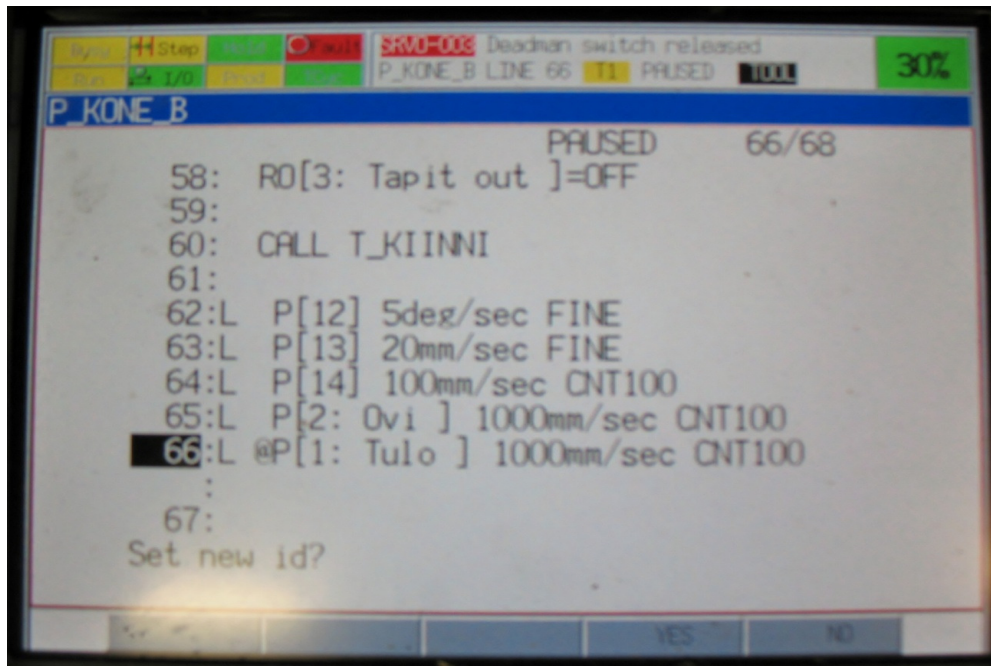
Tilanteessa, jossa jokin solun paikoituspisteistä on muuttunut esim. törmäyksestä tai muusta ulkoisesta syystä johtuen, voidaan näitä pisteitä joutua hieman muuttamaan. Tämä onnistuu helpoiten suoraan ohjelmassa ajamalla robotti ohjelmallisesti siihen paikoituspisteeseen, jota tarvitsee korjata. Tämän jälkeen liikutetaan robotti käsiohjaimella uuteen paikkaan ja tallennetaan paikka uudestaan vanhan paikan päälle. Paikkoja, joita useimmiten saattaa joutua korjaamaan ovat tarkat paikoituspisteet kuten paikoituspisteet paikoitusjigissä ja koneistusjigissä. Alla ohjeistus paikoituspisteen korjaamiseen.

Esimerkissä korjataan paikoituspistettä nimeltä Tulo. Se sijaitsee työstökoneen latausovien edessä eikä ole paikka, joka normaalisti vaatisi korjausta, mutta prosessi on samanlainen muissa pisteissä. Aluksi robotti on ajettu ohjelmallisesti paikoituspisteeseen, tästä osoituksena @ -merkki kuvassa 31 rivillä 66. Tämän jälkeen robotti otetaan käsiohjaukseen ja sitä ajetaan sopivampaan paikkaan.



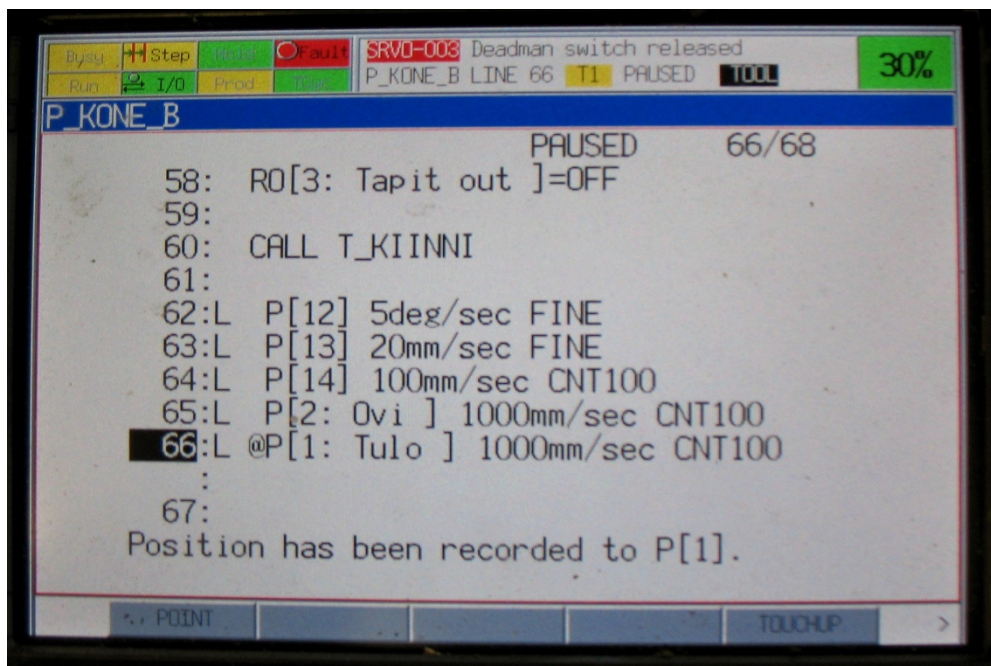
Kuva 31 Korjattava paikoituspiste

Kun robotti on saatu ajettua uuteen paikkaan, painetaan SHIFT+F5 softanäppäintä, ”TOUCHUP”. Ohjelma kysyy tämän jälkeen tehdäänkö paikasta uusi paikka vai korjataanko vanhaa. Mikäli, ei haluta tehdä uutta paikkaa, vastataan kysymykseen ”Set new id?” softanäppäimellä NO.



**Kuva 32 Uusi paikkatieto vai vanhan korjaus?**

Tämän jälkeen ohjelma ilmoittaa, että uusi koordinaatistopiste on tallennettu paikoitus-  
pisteeksi Tulo. Tämän jälkeen kannattaa ohjelmaa ajaa automaattitilassa lause kerrallaan  
(STEP-tila) ja tarkistaa näin, että uusi piste on hyvä ja tarkoituksenmukainen.



**Kuva 33 Paikka tallennettu**

Jos paikoituspisteeseen liittyy offset -liikeoptio, kuten esim. lavauspaikoilla, kysyy oh-  
jelma seuraavat kysymykset: "SUBTRACK OFFSET DATA?" , "ENTER PR INDEX  
OF OFFSET DATA" ja "ENTER UFRAME NO OF OFFSET DATA". Ensimmäiseen

kysymykseen vastaan softanäppäimillä ”YES” ja kahteen jälkimmäiseen kysymykseen haetaan oikeat luvut ylempänä ohjelmassa olevilta riviltä, jossa lukee OFFSET CONDITION PR[1: Offset]. Ko. riviltä siis näet mikä PR index ja Uframe on käytössä kyseiseen paikoituspisteeseen ajettaessa. Näiden kysymysten jälkeen ohjelma ilmoittaa, että uusi paikka on tallennettu muistiin ja ajamista jatketaan samoin kuin yllä.

## 5 POHDINTA

Kokonaisuutena opinnäytetyöprosessini oli mielestäni erittäin onnistunut. Alkukankeuksien jälkeen minulle osoitettiin koulun puolesta työnhajaaja ja pyörät saatiin muutenkin liikkeelle. Koen alkukankeuksien johtuneen kenties siitä, että olin uusi opiskelija Tampereen ammattikorkeakoulussa ja siitä, että aiheeni ei ollut erityisesti suuntautunut paperitekniikan alalle. Olen kuitenkin erittäin iloinen, että opinnäytetyöaiheita ei rajata liian tiukasti yhdelle alalle varsinkaan nykyisessä taloustilanteessa, jossa paperisektori vaikuttaisi olevan vielä hieman toipumistilassa.

Itse työsuoritus yrityksessä osana muuta projektiin osallistunutta henkilökuntaa oli mielestäni erittäin opettavainen kokemus. Tilaajayrityksen järjestämät koulutuspäivät solukokonaisuudentoimittajan luona ja loppuasiakasvierailu toimivat todella opettavaisena kokemuksena koko toimitusketjusta. Avoin työnkuvani yrityksen sisällä mahdollisti täysipainoisen keskittymisen solun eri laitteiden käytönhallintaan ja näin ollen paransivat olennaisesti häiriönpoisto-opiaan tasoa. Lisäksi koen projektinhallintataitojeni kohonneen olennaisesti vastaamaan teollisuuden todellisia tarpeita; tilanteita, joissa kellellään ei ole täyttä varmuutta asioista mutta silti niiden täytyy hoitua. Lisäksi tilaajan puolen projektinjohtaja antoi vastuulleni solun pesukonekokonaisuuden. Vastuu pesukoneesta opetti minulle yritysten välistä kommunikaatiota ja erityisesti sen, että vaikka asia ei itselle olisi selkeä, niin vastapuolella on aina ihminen ja kaikki asiat saadaan selvitettyä.

Suurimmaksi vaikeudeksi projektissa koin sen samanaikaisuuden koulukurssieni kanssa. Projekti vaati täysipäiväistä osallistumistani muutaman kuukauden ajan ja tästä syystä menetin mahdollisuuden moneen mielenkiintoiseen koulusta järjestettyyn opintomatkkaan. Koen kuitenkin, että työstä saamani kokonaisvaltainen kokemus enemmän kuin korvaa opintomatoissa menetetyt mahdollisuudet.

Toivonkin, että työstäni on tulevaisuudessa hyötyä tilaajayritykselle ja että hankitut erityis- sekä projektinhoitotaitoni eivät mene hukkaan.

## **LÄHTEET**

Fanuc ltd. 2001. Fanuc Robotti R-J3 ohjaus käsittelytyökalun käyttöohje. PDF-aineisto.  
Luettu 12.3.2012

Honpumet.fi. 2012. Honpumet Oy. Luettu 12.3.2012.  
<http://www.honpumet.fi>

Robots.com. 2012. FANUC robots. luettu 12.3.2012.  
<http://www.robots.com/fanuc/r-2001b/40>









