



# Yhteistyörobotin käyttöönotto

Caius Backman

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2023

Konetekniikka  
Koneautomaatio

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Koneautomaatio

CAIUS BACKMAN:  
Yhteistyörobotin käyttöönotto

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 27 sivua  
Toukokuu 2023

---

Yhteistyörobotit, eli Cobotit on suunniteltu työskentelemään ihmisten rinnalle ilman ylimääräisiä turvajärjestelyjä. Uusimmissa yhteistyöroboteissa on pelkistetty käyttöliittymä. Tämä on suunniteltu henkilöille, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta robottien käytöstä. Yhteistyörobotit suunnitellaan pysähtymään niiden törmätessä, ja ne ovat muutenkin pienempiä ja ketterämpiä kuin modernit teollisuusrobotit. Vaikka yhteistyöroboteihin rakennetaan monia sisäisiä turvapiirejä, voidaan ulkoisella turvapiirillä kuitenkin tehostaa turvallisuutta ja tuotantotehoa.

Opinnäytetyössä käytiin läpi Fanuc CRX-10iA/L -yhteistyörobotin, OnRobotin servotarttujen ja SICK -turvalaserskannerin käyttöönoton eri vaiheita. Työn toimeksiantajana toimi JTA Connection Oy.

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä yhteistyörobotin sekä oheislaitteiden toimintaan. Kyseisistä oheislaitteista valmistettiin asiakkaalle myyty automaatiojärjestelmä. OnRobotin servotarttujan lisäksi järjestelmään rakennettiin ja käyttöön otettiin paineilmapuhallin sekä turvalaserskanneri.

Järjestelmä on uusi, joten kehityskohteita oli useita. Kehittämisehdoituksina on muun muassa cobottikärryn jalkoja nostava mekanismi, harting-liittimien parempi kiinnittäminen sekä cobottikärryn kannen kahvojen paikkojen säätäminen.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Machine Automation

CAIUS BACKMAN:  
Introduction of a Collaboration Robot

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 27 pages  
May 2023

---

Collaborative robots, in other words Cobots, are designed to work alongside humans without additional security systems. The latest collaboration robots have a simplified user interface. This is designed for people who have no previous experience using robots. Collaborative robots are designed to stop when they collide. In addition they are smaller and more agile than basic industrial robots. Although many internal safety circuits are built into collaborative robots, an external safety circuit can enhance safety and production.

The thesis covers the different phases of the implementation of the Fanuc CRX-10iA/L collaboration robot, OnRobot servo grippers and the SICK safety laser scanner. JTA Connection Oy acted as the customer of the work.

The aim of the thesis was to learn about the operation of the collaboration robot and peripheral devices. The automation system that was sold to the customer was made from the peripherals in question. In addition to OnRobot's servo gripper, a compressed air blower and a safety laser scanner were built and implemented in the system.

The system is new, so there were several development targets. Suggestions for development include, for example, the mechanism that raises the legs of the cobot cart, better attachment of the harting -connectors, and adjusting the positions of the handles on the cover.

---

Key words: cobot, fanuc, onrobot

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Toimeksiantajan esittely .....	6
1.2	Työn tausta ja tavoitteet .....	6
1.3	Markkinoiden vastaavia tuotteita .....	6
2	Yleistä .....	8
3	Yhteistyörobotin tarttujan käyttöönotto .....	9
3.1	OnRobot Compute Box .....	9
3.2	OnRobot -tarttujen konfigurointi.....	10
4	Lisäturvapiirin lisääminen ja sen hyödyntäminen .....	13
4.1	Lisäturvapiirin lisääminen .....	13
4.2	Lisäturvapiirin hyödyntäminen.....	15
5	Cobottikärryn rakentaminen ja ohjelmointi .....	20
5.1	Mekaaninen rakentaminen.....	21
5.2	Sähköistys.....	22
5.3	Ulkoinen turvapiiri.....	24
5.4	Ohjelmointi .....	26
5.5	Huoltotoimenpiteet .....	27
6	Paineilmapuhaltimen suunnittelu ja asennus .....	29
6.1	Paineilmapuhaltimen suutin .....	30
6.1.1	Paineilmapuhaltimen pidikkeen 3D-suunnittelu .....	31
6.1.2	Paineilmapuhaltimen rakentaminen.....	34
7	POHDINTA .....	35
	LÄHTEET .....	36
	LIITTEET .....	37
	Liite 1. Fanuc CRX-25iA esite.....	37
	Liite 2. OnRobot 2FGP20 tarttuja Datalehti. ....	38
	Liite 3. OnRobot 2FG7 Tarttuja Datalehti. ....	51
	Liite 4. OnRobot Compute Box Datalehti. ....	60
	Liite 5. Fanuc CRX-10iAL Datalehti .....	64

**LYHENTEET JA TERMIT**

Robottisolu	Teollisuusrobotin toimintaympäristö.
Masterointi	Robotin tarkkuutta lisäävä kalibrointi.
TCP/IP	Tietoliikenneprotokolla.
I/O	Tiedon siirtoa eri laitteiden välillä.
Fanuc	Japanilainen yhtiö, joka tuottaa automaatiotuotteita, kuten robotteja.
EE-liitin	Yleinen liitännä tyyppi roboteissa.
JTA Connection Oy	Suomalainen räätälöityjen ja sisälogistiikan automaatiotratkaisujen tuottaja.
Cobotti	Yhteistyörobotti.
Kontrolleri	Robottia ohjaava kontrolleri.
Teach Pendant	Robotin ohjain.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Toimeksiantajan esittely

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli JTA Connection Oy. Yhtiö perustettiin vuonna 1999 Tampereella. Nykyisin yhtiö työllistää 125 henkilöä. JTA Connection tarjoaa asiakkailleen räätälöityjä automaattioratkaisuja, kuten robottisoluja, sekä kokoonpanolinjastoja maailmanlaajuisesti. Yhtiön asiakkaita ovat muun muassa Vexve, Olvi ja A.LeCoq. ([www.jtaconnection.fi](http://www.jtaconnection.fi) 2023)

## 1.2 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyö käsittelee päiväkirjamaisesti asiakasprojektin etenemistä. Työssä käsitellään yhteistyörobotia, yhteistyörobotille suunniteltuja kolmannen osapuolen tarttuvia ja suunniteltuja pidikkeitä. Työssä esitellään JTA Connection Oy:n kehittämä cobottikärry ja käydään läpi sen käyttöönoton eri vaiheita. Työssä käydään myös läpi näkökulmaa suunnittelun eri vaiheista. Työn tarkoituksena on valmistaa asiakkaalle toimiva järjestelmä. Tutkimusmetodina työssä käytetään internetistä löytyviä lähteitä. Paikalla on myös ammattitaitoisia asentajia, sekä suunnittelijoita, joilta pystyi kysymään neuvoa.

## 1.3 Markkinoiden vastaavia tuotteita

Vastaavia tuotteita on jo markkinoilla. Yleinen käyttökohde cobottikärrylle on hitsaussolu. Pöydän rakentaminen hitsaukseen soveltuvaksi on helppoa. Yhteistyörobotin kiinnittäminen pöydälle on nopeaa ja turvallista. Kokemattomuudesta ei ole haittaa. Hitsaussolujen robottien liikeradat ovat usein yksinkertaisia.

Yhdysvaltalainen Lincoln Electric tuottaa oman versionsa cobottikärrystä. Yhteistyörobottiin on kiinnitetty hitsauspilli, sekä lankakone. Kyseinen yhtiö tuottaa muutamia eri versioita, joissa vaihtuu jäähdytystapa ja rungon rakenne teräksestä alumiiniseen profiliin.



KUVA 1. Cooper Welding cobot cart. Lähde: <https://www.lincolnelect-ric.com/en/Products/le-na-coopercobotcart>

## 2 Yleistä

Yhteistyörobotit ovat tällä hetkellä suuremman kehityksen kohteena verrattuna perinteisiin teollisuusrobotteihin. Teknologian kehityksen ansiosta voidaan suunnitella robotteja sisäänrakennetuilla antureilla, jotka pystyvät havaitsemaan robottiin kohdistuvat yllättävät voimat. Anturien avulla pystytään myös rakentamaan tarkka voimaohjaus. Näitä ominaisuuksia yhdistellen voidaan toimia turvallisesti robotin työalueella. Tällaista robottia voidaan kutsua ISO 8373:2021-standardin mukaan yhteistyörobotiksi.

Perinteiset teollisuusrobotit ovat kiinteästi asennettuja, sekä niiden ohjelmointi on hidasta ja koulutusta vaativaa. Yhteistyörobotit voivat olla joko kiinteästi tai liikkuvaksi asennettuja. Yhteistyörobotit ovat usein hyvin helppoja ohjelmoida. Suurin syy, miksi yhteistyörobotti on helppo ohjelmoida, koska sen liikerata pystytään näyttämään liikuttamalla robottia käsin, kun taas perinteisellä teollisuusrobotilla sama täytyisi ohjelmoida. Pelkistettyä käyttöliittymää voi täten käyttää useampi ihminen lyhyemmällä perehtymisajalla, joka vähentää ohjelmoinnista vaativuudesta syntyviä kustannuksia.

Yhteistyörobottien heikkous löytyy niiden kalliista hinnasta suhteessa kantokapasiteettiin. Fanucin tuottamien yhteistyörobottien maksimi kantokapasiteetti on CRX-25iA-robotissa (Liite 1.) 25 kilogrammaa, joka on myös yhtiön suurin yhteistyörobotti.

Yhteistyörobottien päämääräisenä käyttökohteena ovat hyvinvointia parantavat laitokset, kuten sairaalat ja hoitokodit. Yhteistyörobotteja käytetään myös pienen mittakaavan teollisissa soluissa. Useimpien yhteistyörobottien kantokapasiteetit ovat 5 kilogramman luokkaa. Nykymarkkinoilla on alettu rakentaa suuremman kantokapasiteetin omaavia yhteistyörobotteja. Teknologian kehittyessä yhteistyörobotit voisivat yleistyä perinteisten teollisuusrobottien rinnalla.

### 3 Yhteistyörobotin tarttujan käyttöönotto

#### 3.1 OnRobot Compute Box

Työssä käyttöönotettiin OnRobotin 2FGP20 -tarttuja, (Liite 2.) sekä 2FG7 -tarttuja. (Liite 3.) Tarttumat kommunikoiivat kontrollereiden kanssa OnRobot Compute Boxin kautta. (Liite 4.) Compute Box käyttää Ethernet/IP -protokollaa välittääkseen tietoa kahden päätelaitteen välillä.



KUVA 2. OnRobot 2FGP20 -tarttuja.

Compute Boxin ominaisuuksia ovat kommunikointi robotin kontrollerin kanssa Ethernet kaapelin avulla, kommunikointi tarttujan kanssa robotin sisäänrakennetun EE-liittimen kautta, sekä I/O signaalien lukeminen eri laitteilta. Compute Box pystyy myös tuottamaan 24 voltin tasajännitteen.

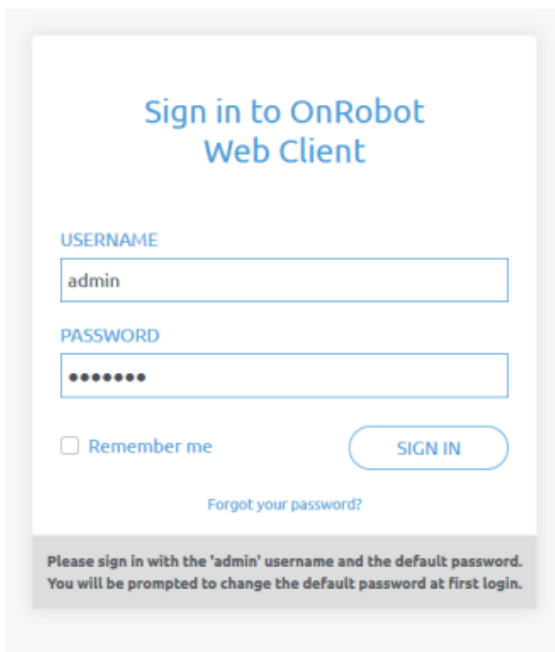


KUVA 3. OnRobot Compute Box

### 3.2 OnRobot -tarttujen konfigurointi

Robotteihin yleisesti, kuten myös työssä käytettävään Fanuc CRX-10iA/L-yhteistyörobottiin (Liite 5.) voi tilata erilaisia optioita Fanucin toimittajalta. Kommunikointi Compute Boxin kautta, kontrollerin ja tarttujan välillä tarvitsee maksullisen Ethernet/IP option. Option voi tilata lataamalla All of above varmuuskopion robotista ja lähettämällä sen Fanucin tukipalveluun.

Ethernet/IP option tilaamisen jälkeen ComputeBox täytyy konfiguroida skanneriksi tai adapteriksi, jotta kommunikointi saadaan rakennettua ComputeBoxin ja kontrollerin välille. Tämä voidaan tehdä liittämällä Ethernet kaapeli Compute Boxin ja tietokoneen välille ja kirjautumalla OnRobotin Web Clientiin. Web Clientiin pääsee kirjautumalla syöttämällä Compute Boxin IP-osoitteen selaimen hakukenttään.



Sign in to OnRobot  
Web Client

USERNAME  
admin

PASSWORD  
•••••••

Remember me

[Forgot your password?](#)

Please sign in with the 'admin' username and the default password.  
You will be prompted to change the default password at first login.

KUVA 4. OnRobot Web Client.

Robotille täytyy asettaa staattinen IP-osoite, joka onnistuu teach pendantin kautta. Teach pendantista täytyy etsiä TCP/IP-asetukset ja muuttaa IP-osoite. IP-osoitteen täytyy olla eri kuin, mikä Compute Boxin IP-osoite on. Tämän jälkeen käynnistetään kontrolleri uudestaan, jotta IP-asetukset tulevat voimaan.

IP-osoitteen asettamisen jälkeen on kaksi vaihtoehtoa. Robotin voi asettaa joko skanneriksi tai adapteriksi. Lopputuloksen kannalta sillä ei ole merkitystä, kummaksi robotin asettaa. On hyvä kuitenkin tietää, että Fanuc toimittaa robotit alun perin konfiguroituina adaptereiksi.

Robotin konfiguroinnin jälkeen seuraamalla OnRobotin nettisivuilta löytyvää ohjetta voidaan konfiguroida robotin EtherNet/IP I/O:t. Fanceissa EtherNet/IP:n rank ID on aina 89. Teach Pendantin kautta tai lataamalla Karel -tiedoston ja suorittamalla sen voidaan asettaa robotiin 56 EtherNet/IP pakettia. Ohjelmoijan täytyy valita mistä sisääntulosta, GI# numerosta peräkkäiset hakupaikat alkavat. Hakupaikat ovat 16-bitin kokoisia. Sama täytyy myös konfiguroida ulostuloille. Tämän jälkeen käynnistetään kontrolleri uudestaan vaikutusten käyttöönottamiseksi.

Reitti ja kontrolleri ovat nyt konfiguroitu valmiiksi, voidaan ladata itse plugin kontrollerille. Plugin voidaan ladata OnRobotin sivuilta ja siirtää kontrollerille USB.ti-kun avulla kontrollerin tai Teach Pendantin USB-porttiin.

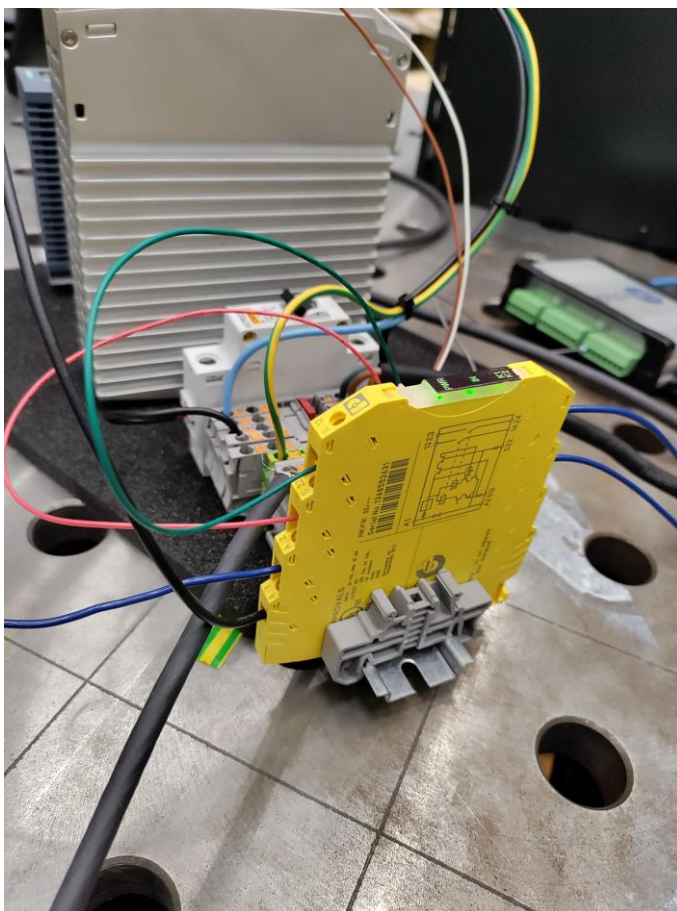


KUVA 5. Fanuc R-30iB Mini Plus, CRX-10iA-kontrollerin sivu.

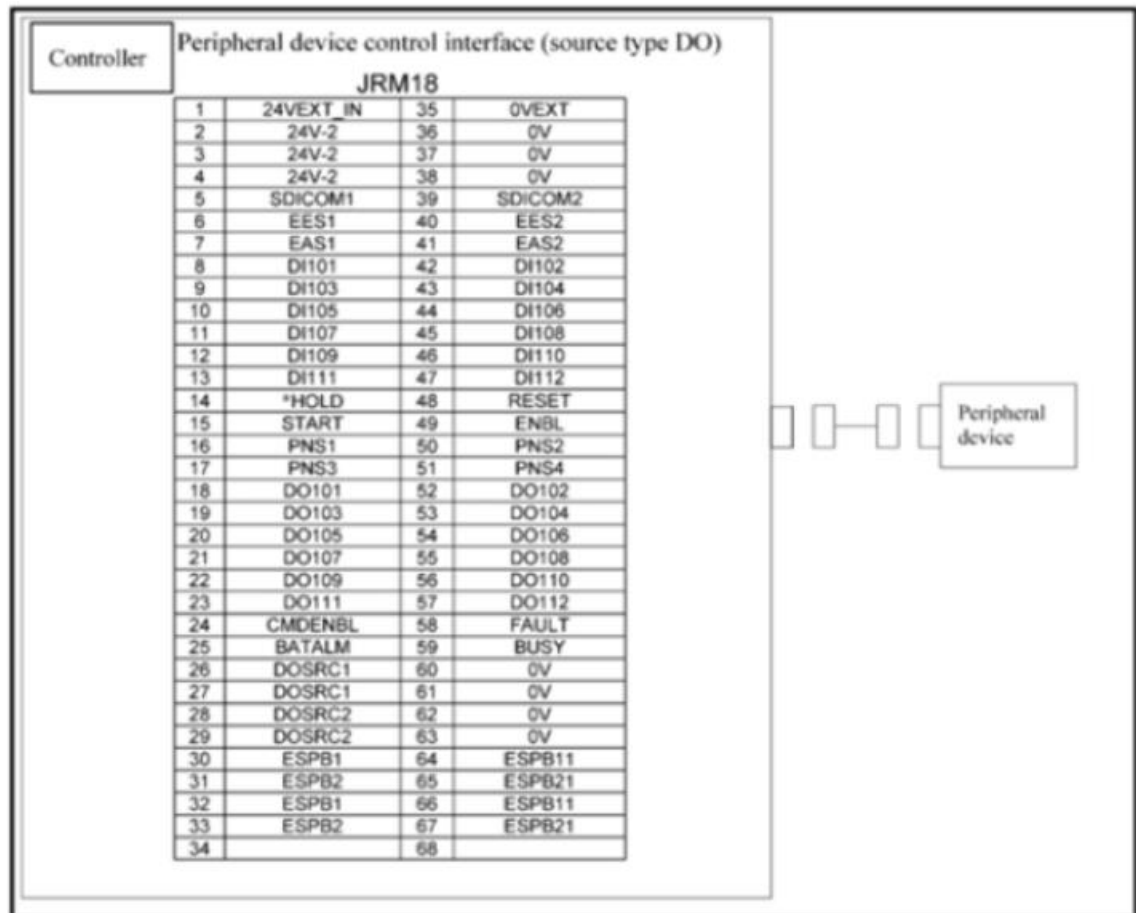
## 4 Lisäturvapiirin lisääminen ja sen hyödyntäminen

### 4.1 Lisäturvapiirin lisääminen

SICK mircoscan 3 turvalaserskannerin testaaminen piirissä tapahtuu kytkemällä turvareleen ja turvalaserskannerin robotin kontrollerin I/O-lautaan. Turvarele tarvitsee toimiakseen 24-voltin tasajännitteen.



KUVA 6. PSR-MS60-2NO-24DC-SC Phoenix Contact turvarele kytkettynä testipenkissä.



TAULUKKO 1. Fanuc Robot Series R-30iB Mini Plus JRM18 Main Board. Lähde: Fanuc Robot series R-30iB Mini Plus Controller Maintenance Manual.

Turvalaserskanneri kytketään ensin turvareleeseen kiinni ja turvarele asennetaan robokontrollerin I/O lautaan liittimille 4 ja 7. Liittimen 4 ja 7 välillä kulkee virta, jonka turvarele katkaisee turvalaserskannerin ohjauksesta. Fanuc Robot Series R-30iB Mini Plus kontrollerille tarvitsee myös kytkeä toinen turvapiiri liittimille 36-38 ja 41. Syy miksi näin täytyy tehdä kyseiseen kontrolleriin löytyy kontrollerin sisäisestä rakenteesta. Fanuc Robot Series R-30iB Mini Plus kontrollerissa on kaksikanavainen turvapiiri, joiden molempien täytyy toimia samaan aikaan. Ero piirien avautumisella tai sulkeutumisella voi olla maksimissaan 200 millisekuntia. (Fanuc Robot series R-30iB Mini Plus Controller Maintenance Manual. 2023)



KUVA 7. Fanuc Robot Series R-30iB Mini Plus JRM-18 I/O lauta.

## 4.2 Lisäturvapiirin hyödyntäminen

Yhteistyörobotit ovat suunniteltu työskentelemään ihmisten rinnalla ja niiden käyttökohteina ovat yleensä, kevyiden toistuvien kuormien nostaminen erilaisten tarttujien avulla. Robotilla hitsaaminen on myös hyvin yleistä teollisuusmaailmassa. Yhteistyörobotin avulla näissä molemmissa prosesseissa ei tarvitse olla mitään ylimääräisiä turvavarusteita robotin ympärillä. Yleisimpiä turvavarusteita perinteisissä teollisuusroboteissa ovat, aidattu alue, aidattuun alueelle kulku ovista, joissa ovilukot tai antureita käyttäen ihmisten liikkumisen tunnistus alueelle, sekä

useampi kappale hätäseispainikkeita. Kaikki nämä ”ylimääräiset” rakenteet robotin ympärillä vievät paljon tilaa ja resursseja rakentaa.

Yhteistyörobotti ei tarvitse mitään edellä mainituista lisätyistä turvavarusteista toimiakseen turvallisesti. Yhteistyöroboteissa on anturit, jotka tunnistavat törmäyksen, jolloin robotti pysähtyy paikalleen. Tämän jälkeen esimerkiksi Fanuc CRX-10iA/L on ominaisuus, jossa robotin akseleita pystyy käsin liikuttamaan, jos ihminen sattuisi jäämään loukkuun robotin akselin väliin.

Miksi sitten yhteistyörobotti tarvitsisi yhtään ylimääräistä turvapiiriä lisäksi? Vaikka yhteistyörobotti on luotu mahdollisimman turvalliseksi, niin se on kuitenkin mahdollista loukata ympärillä olevia ihmisiä sen avulla varsinkin, jos ei käytetä aitoja eristämään robottia. Yhteistyörobotti pystyy liikuttamaan akseleitaan 1000mm/sekunnissa, joka on liian nopea liike ihmisen väistettäväksi. Tällä vauhdilla saadaan myös vahinkoa aikaiseksi. Vaikka yhteistyörobotti on suunniteltu pysähtymään törmätessään sen akselien nopeat liikkeet kuitenkin varaavat suuria voimia, jotka aiheuttavat ihmisille vahinkoja törmätessään.

Suurilla liikenopeuksilla saadaan kuitenkin nopeutettua prosessia, joten ratkaisu tähän löytyy lisätyistä turvapiiristä. Työssä käytettiin SICK microScan3 Turvalaserskanneria.

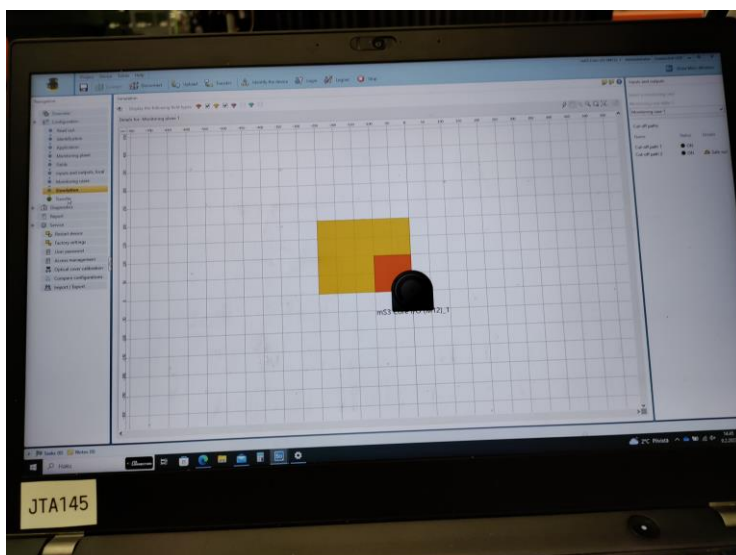


KUVA 8. SICK Microscan 3

Turvalaserskannerin funktio on havaita lähestyvä ihminen tai objekti ja hidastaa robotin akselien liikenopeutta etäisyyden perusteella ja pysäyttää robotti täysin, jos ihminen tai objekti on kosketusetäisyydellä.



KUVA 9. Turvalaserskanneri lähettää stop signaalin, kun objekti on liian lähellä.



KUVA 10. Turvalaserskannerin ohjelma Safety Design ohjelmassa.

SICKin turvalaserskannereita pystyy helposti ohjelmoimaan SICKin verkkosivuilta löytyvällä Safety Design ohjelmalla. Kuvassa 10. näkyy kameran turva-alueet, jossa keltaisella värillä oleva alue on lähestymisalue. Lähestymisalueella oleva kappale lähettää signaalin, jonka voi muokata haluamukseen. Tässä tapauksessa se signaali hidastaa yhteistyörobotin akselien liikenopeutta. Punaisella värillä oleva alue on hätäseis alue. Hätäseis alueella oleva kappale lähettää robotille tiedon aktivoida hätäseis. Tässä tapauksessa robotin hätäseispiiri toimii safety fencen kautta.

Safety fence toimii hätäseispiirinä samalla tavalla, kuin pelkkä hätäseispiiri. Pelkkä hätäseispiiri pysäyttää robotin akselit ja sammuttaa ne ilman viivettä, kun taas safety fence piiri pystäyttää pienellä viiveellä hidastaen robotin servomootoreita, jonka jälkeen sammuttaa ne. Tällä säästetään robotin servomootorien käyttöikä.

Stop Pattern	Mode	Emergency stop button	External Emergency stop	FENCE open	SVOFF input	Servo disconnect
A	AUTO	P-Stop	P-Stop	C-Stop	C-Stop	P-Stop
	T1	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop
	T2	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop
B	AUTO	P-Stop	P-Stop	P-Stop	P-Stop	P-Stop
	T1	P-Stop	P-Stop	-	P-Stop	P-Stop
	T2	P-Stop	P-Stop	-	P-Stop	P-Stop
C	AUTO	C-Stop	C-Stop	C-Stop	C-Stop	C-Stop
	T1	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop
	T2	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop

P-Stop: Power-Off stop

C-Stop: Controlled stop

-: Disable

TAULUKKO 2. Pysähdysmallit standardin IEC 60204-1 mukaan. Lähde Fanuc Safety handobok.

Taulukossa on Fanuc R-30iA ja R-30iA Maten pysähdysmallit. Suoraa tietoa R-30iB Mini Plus kontrollerista ei löytynyt. Oheisen taulukon mukaan Fanuc R-30iB Mini Plus kontrollerin pysähdysmalli voisi olla A tai C.

## 5 Cobottikärryn rakentaminen ja ohjelmointi

Yhteistyörobotin laajoja mahdollisuuksia voidaan kasvattaa entisestään rakentamalla sille helposti liikuteltava toiminnallinen alusta, joka helppokäyttöisyyden ansioista olisi käytännöllisempi, kuin perinteinen teollisuusrobotti. Useat kappaleet, mitä teollisuuspaja käsittelee, on alle kymmenen kiloisia, mutta niitä on lukuisia. Tämä johtaa siihen, että vaikka yksittäisellä kappaleella ei ole painoa kovinkaan paljoa niin kappaleiden suuri lukumäärä johtaa siihen, että ihminen ei soveltuisi siirtelemään kyseisiä kappaleita päiviä tai viikkoja toistuvasti.

Ratkaisu löytyy roboteista. Perinteiset teollisuusrobotit ovat hyvinkin kömpelöitä, sekä todella vahvasti kiinnitetty lattiaan. Vuosien saatossa robotit eivät liiku lattiasa ollenkaan. Tämä johtaa ongelmaan, että kappaleiden työstöpiste täytyy olla kiinteä, koska itse robotin liikuttaminen muutaman metrinkin sen jälkeen, kun se kerran asennetaan, on suuri operaatio.

Kiinteästi asennettu robotti on kaksiteräinen asia. Paikalleen asennettu robotti vaatii kaiken muun asentamista sen ympärille. Robotin jälkikäteen liikuttaminen on työlästä ja jälkiä jättävää. Robotit monesti asennetaan liimaamalla raskaita vaarnatappeja lattiaan. Nämä tapit ovat kiinni betonissa usein niin kauan, kunnes itse lattia valetaan uudelleen.

Pitkäikäisyys voi olla hyvin hyödyllistä riippuen käyttötarkoituksesta, kuten yksinkertaisimmissa työstökone palvelusoluissa. Näissä soluissa samojen kappaleiden vuosittainen volyyymi määrittelee sen, kuinka järkevää robotin hankkiminen on. Robotit maksavat itsensä monesti alle vuodessa takaisin perustuen kappaleiden tuotannon määrän lisääntymiseen.

Erilaisten asiakkaiden erilaiset toiveet voivat erota hyvinkin paljon toisistaan. Monipuolisuutta kaivataan entistä enemmän nykyisessä teollisuuden tilassa. Yhteistyörobotit ovat tällä hetkellä kovan kehityksen alla, sekä niiden moninaiset ominaisuudet, sekä helppokäyttöisyys ovat monille tehtaille juuri toivottuja ominaisuuksia.

Tapa, millä saataisiin helppokäyttöisyys ja yhteistyörobotin moninaisuus nostettua uudelle tasolle on, jos itse robotti olisi vielä helposti liikuteltavissa. Yhteistyörobotin sisäänrakennettu turvallisuusjärjestelmä mahdollistaa sen, että sen ensinnäkin pystytään turvallisuutta, standardeja ja lakipykälää noudattamalla rakentamaan liikuteltavaksi. Erilaisten tehtaiden tuotanto saattaa nousta tai laskea kuu-kauden mukaan. Mahdollisuudeksi nousee, että lukuisten kiinteästi asennettujen perinteisten teollisuusrobottien työn veisi muutama helposti liikuteltava yhteistyörobotti. Tämä kuitenkin riippuu täysin tehtaiden vuosittaisista työstötarpeista.

## **5.1 Mekaaninen rakentaminen**

Cobottikärryn alumiiniprofiilinen runko on suunniteltu helposti muokattavaksi asiakkaiden tarpeen mukaan. Runkoon on kiinnitetty pehmeästi teräksestä valmistettuja suojalevyjä, jotka ovat myös helposti muokattavissa. Jalusta on tehty tarpeeksi painavaksi ja painopiste on rakennettu lähelle lattiatasoa, jolloin robotti pystyy työstämään kappaleita ääriasennoissaan ilman kaatumisvaaraa.



KUVA 11. Cobottikärryn runko.

Itse kärryssä on mekaanisesti rakennettu käsin käytettävissä oleva hihnajärjestelmä, jolla voidaan muuttaa kärryn konfiguraatiota. Eri vaihtoehtoina on pyörien päällä liikuteltavissa oleva kärry, sekä jämästi paikallaan oleva kärry. Syy miksi kärryyn suunniteltiin kaksi eri konfiguraatiota on, että robotin käytön monimuotoisuus kasvaa. Syy, miksi nostojärjestelmä rakennettiin mekaanisesti, on koska se on helposti huollettavissa, käyttöönotettavissa, sekä varmempi, kuin esimerkiksi jos järjestelmä toteutettaisiin sähköisesti esimerkiksi servomootorilla ja erillisillä säätimillä. Mekaaninen järjestelmä on myös tilatehokkaampi, jota tarvitaan kipeästi näin kompaktissa järjestelmässä.

## 5.2 Sähköistys

Aikaisemmin opinnäytetyössä käytiin läpi testivaihe, jolloin eri komponentit, jotka ovat myös mukana lopullisessa ratkaisussa käytiin toiminnallisuuden kannalta

läpi. Lopullisessa konfiguraatiossa ei käytetä erillistä 24 voltin tasajännitelähdettä ohjausvirran luomiseen. Ohjausvirta saadaan robokontrollerin sisäänrakennetusta I/O laudasta. 24 voltin ohjausjännite jaetaan CC1 kautta muille oheislaitteille. Tässä tapauksessa muut oheislaitteet ovat: PSR-MS60-2NO-24DC-SC Phoenix Contact turvarele, sekä Microscan 3 turvalaserskanneri.



KUVA 12. Cobottikärryn sisusta.

Cobottikärryn alumiinisissa profiileissa on kiinni teräksestä valmistettuja suoja levyjä, jotka toimivat herkkien sähköpiirien suojana. Teräksisiin levyihin on suunniteltu paikat sisään- ja ulostulolaitteille, sekä sähkönsyötölle ja paineilma - huoltolaitteelle. Näiden liittimien avulla saadaan helposti kytkettyä ulkoinen järjestelmä robotille. Ulkoinen järjestelmä voi olla työstettävä laite, kuten sorvi, tai liittimelle voi suoraan kytkeä antureita, jotka antavat signaalin, kun kappaleen voi kerätä tietyistä pisteistä. Liitin täytyy kuitenkin suunnitella sähkökuvia seuraamalla, jolloin tieto menee oikeaan liittimeen kontrollerin I/O laudalla.

### 5.3 Ulkoinen turvapiiri

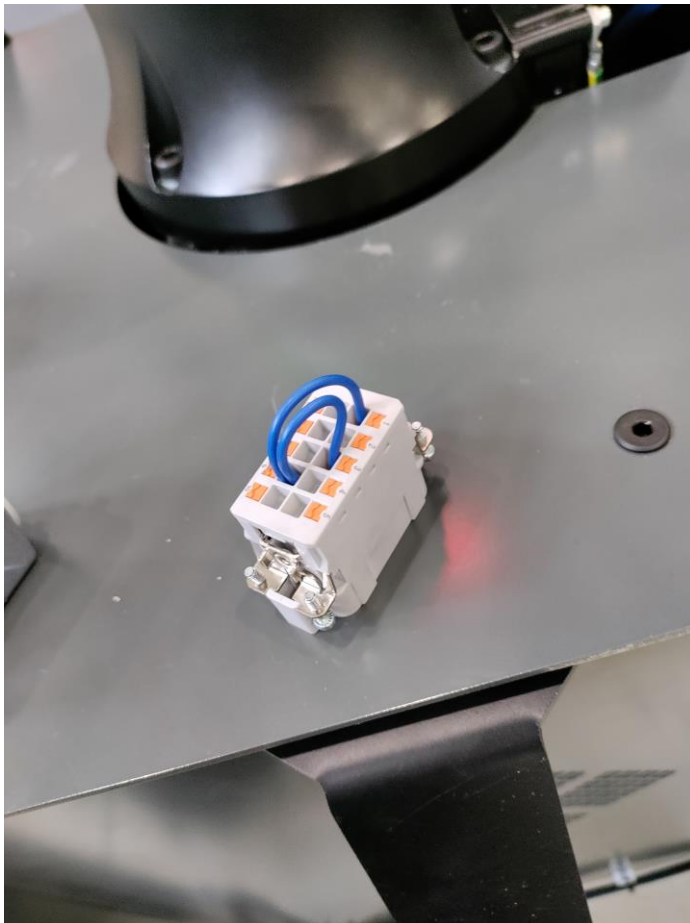
Cobottikärryyn on asennettu ulkoinen turvapiiri joka tarvittaessa pysäyttää robotin liikkumisen. Ulkoisena turvapiirinä toimii SICK microscan 3 turvalaserskanneri. Asiakkaan toiveen mukaisesti cobottikärryn runkoon on kiinnitetty turvalaserskanneri, jonka voi ohjelmoida parhaalla näkemällään tavalla.



KUVA 13. Turvalaserskanneri asennettuna cobottikärryn kulmaan.

Käytännössä skanneri estää ulkopuolisten henkilö- tai aineellisten vahinkojen synnyn. Skanneria voidaan liikutella minne tahansa alumiiniprofilissa tai jopa kiinnittää suojalevyyn, mutta käytännöllisin paikka on rungon jossain kulmassa, jolloin se näkee myös mahdollisimman laajan alueen. Turvalaserskannerin näköalue on 270° astetta. Turvalaserskannerista tulee johto cobottikärryn ulkopuolelle, joka täytyy suojata. Johto suojattiin nylon -sukalla ja kiinnitettiin nippusideankku-reilla kiinni cobottikärryyn. Tällöin johdossa on viiltosuoja, sekä on suojaisassa paikassa.

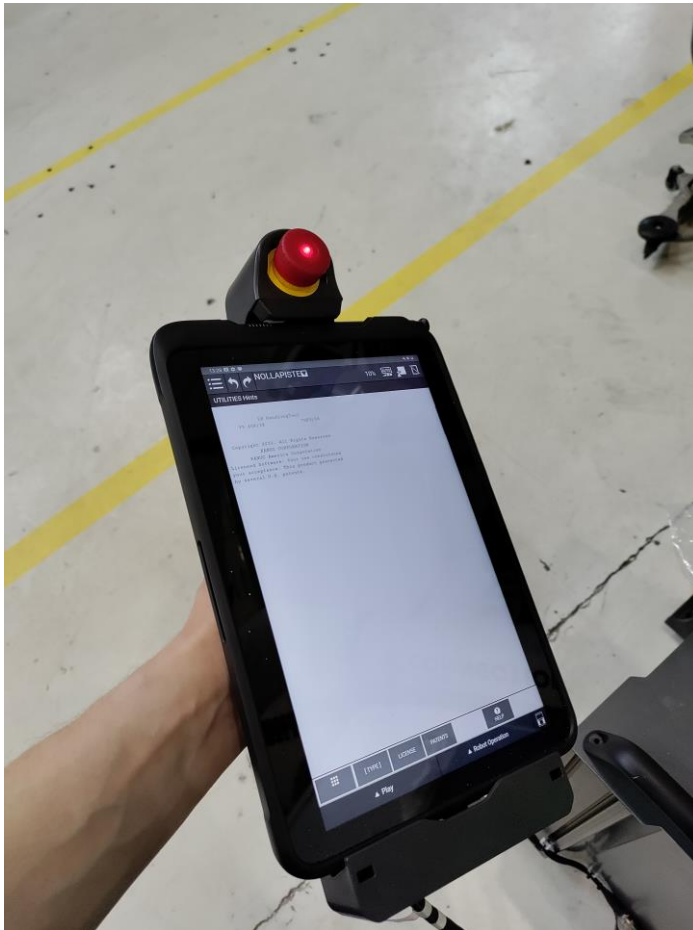
Turvalaserskanneri on järjestelmän ulkoinen turvalaite, joka ohjaa järjestelmän pysähtymistä. Tällöin asiakkaan toivoma turvalaserskannerin poiskytkentä pysäyttää järjestelmän. Ratkaisu löytyy ohitusliittimen rakentamisesta. Ohitusliitin on yksinkertainen, mutta sillä on tärkeä tehtävä järjestelmän helppokäyttöisyydessä. Ohitusliitin käytännössä ohittaa turvareleen, jolloin ulkoinen turvajärjestelmä ohitetaan.



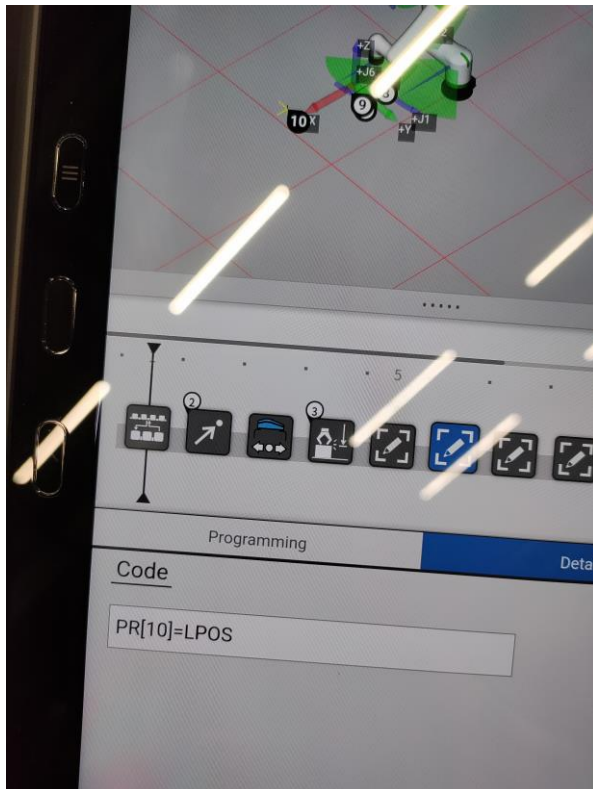
KUVA 14. Turvalaserskannerin ohitusliittimen sisusta.

## 5.4 Ohjelmointi

Fanucin yhteistyörobottien ohjelmoinnissa on suuriakin eroja verrattuna Fanucin perinteisiin teollisuusrobotteihin. Ohjelmoinnin helppokäyttöisyyttä on edistetty käyttämällä lohko-ohjelmointia. Käyttäjärjestelmä on uusi, mutta vanhan robotin ohjaimen käyttöliittymän saa myös näkyviin helposti.



KUVA 15. Teach Pendant



KUVA 16. Ohjelmaeditori

Kuvassa 16. näkyy esimerkki ohjelmointimahdollisuuksien laajuudesta. Tablettiin voi syöttää perinteistä koodia, tai voi vetää helppokäyttöisiä lohkoja jonoon. Lopputulos on sama, mutta lohkoilla ohjelmointi on todella paljon helpompaa ja nopeampaa, mutta joitain ominaisuuksia siitä vielä uupuu. Kuvan koodikenttään on kirjoitettu robotin paikan tallentava koodi ja se tallentuu paikkarekisteriin 10. Tämän tiedon avulla voidaan tarkasti tietää robotin paikka ja käyttää sitä hyödyksi liikkumalla koordinaatistossa.

Yhteistyörobottien ohjelmoinnissa voidaan käyttää myös vanhaa ohjainta. Työssä käytettävä ohjain on Samsungin tabletti, johon on asennettu Fanucin oma yhteistyörobottien ohjelmointiin käytettävä ohjelma Fanuc TP.

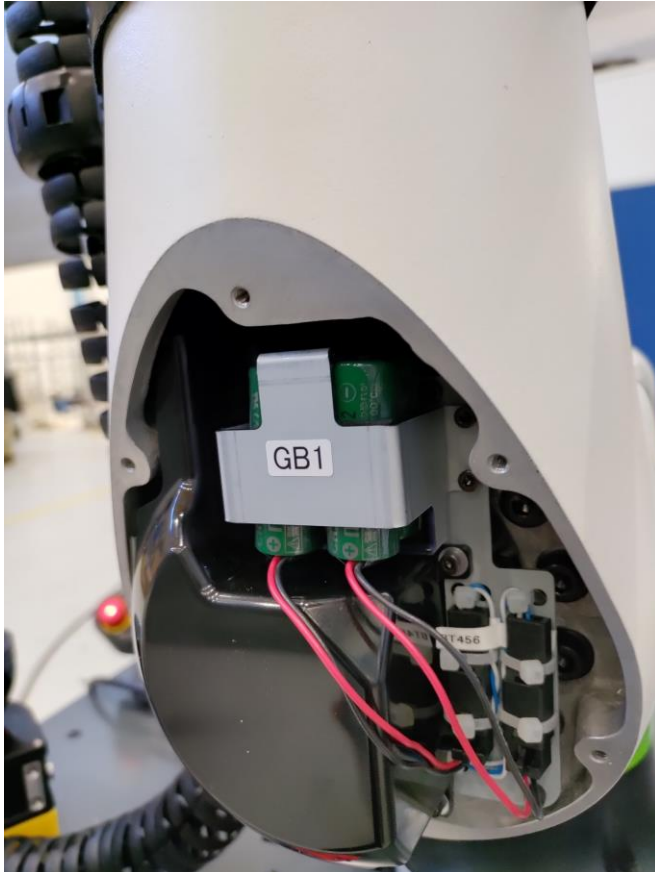
## 5.5 Huoltotoimenpiteet

Robottien kanssa työskentely vaatii suunnittelijalta erityistä tarkkuutta ja tietoutta mahdollisista virheen paikoista. Ensimmäinen asia, mitä monesti kannattaa tehdä, kun aloittaa työstämään robottia on, että tallentaa robotista varmuuskopion tietokoneelle tai vähintäänkin muistitikulle. Näillä varmuuskopioilla pystytään

palauttamaan robotti toimintaan nopeasti, jos tapahtuu peruuttamaton virhe robotin ohjelmaa käsitellessä.

Virheitä voivat olla esimerkiksi ohjelman muokkaus vahingossa käyttäjän toimesta tai robotin koodissa tapahtuu selittämätön virhe, joka vaatii ohjelman palauttamista. Varmuuskopio kannattaa myös ottaa, jos robotin servomoottorien encoder -paristoista loppuu virta, jolloin robotti menettää paikkatietonsa. Tällöin myös robotin masterointi unohtuu, jolloin se on joko masteroitava uudelleen. Tämän voi tehdä robotin akseleista löytyvistä paikoitusviivoista tai palauttamalla se varmuuskopiolla. On myös mahdollista, jos robotti on ajettu akselien nollakohtaan ennen masterointia, jolloin voidaan käyttää myös nollapistemasterointia.

Masteroinnilla tarkoitetaan robotin käsivarresta löytyvien servomoottorien encodereiden ohjelmointia. Tämän tiedon avulla robotille voidaan antaa koordinaatistossa liikekäskyjä, koska robotti tietää encodereiden avulla, missä se liikkuu mil-läkin hetkellä.



KUVA 17. Fanuc CRX-10iA/L paristokotelo.

## 6 Paineilmapuhaltimen suunnittelu ja asennus



KUVA 18. Käyttövalmis cobottikärry.

Kokonaisuudessaan suurin testausta tarvitseva asia on robotin liikeratojen testaus. On hyvä nähdä, miten robotti käyttäytyy lopullisessa järjestelmässä. Robotin akseleiden liikeradat eivät ole loputtomat, jolloin on hyvä havaita robotin akselien singulariteetit. Singulariteetillä tarkoitetaan robotin akseleiden asentoja, joihin se ei voi liikkua mekaanisista syistä.

Robotti itsessään painaa noin 40 kilogrammaa ja kärry reilu 100 kilogrammaa, sekä kärryn painopiste on rakennettu matalalle. Robotin ollessa ääriasennossa

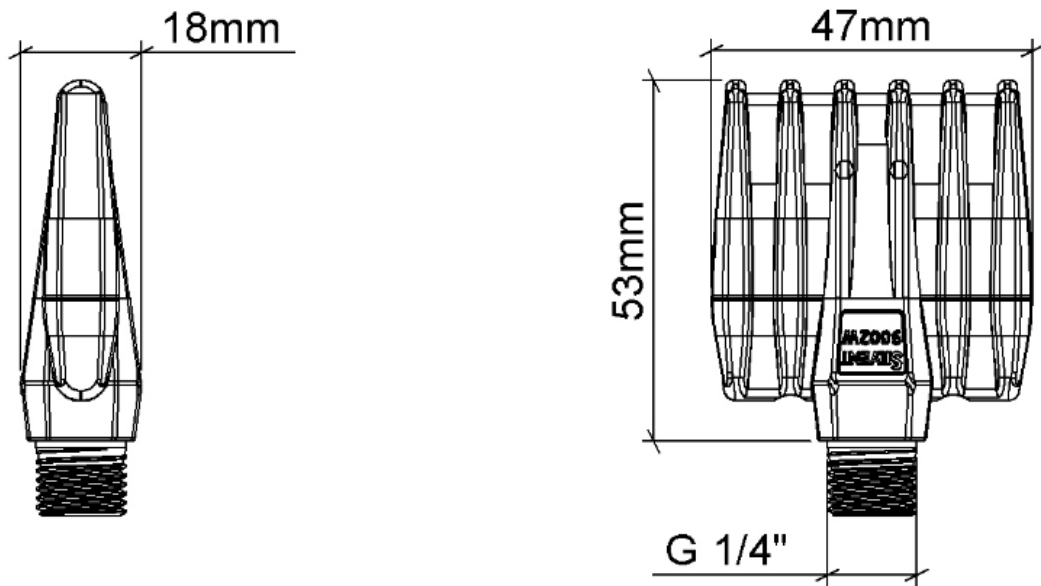
mahdollisimman suorana vaakatasossa ja kääryn ollessa rullien päällä järjestelmä on epätasaisimmillaan. Robotin kantokapasiteetti on 10 kilogrammaa, joka on tarpeeksi vähän, että robotilla itsessään ei pysty kaatamaan kääryä.

## 6.1 Paineilmapuhaltimen suutin

Yhteistyörobotin käsivarteen suunnitellaan ja rakennetaan asiakkaan toiveiden mukaan paineilmapuhallin. Paineilmapuhaltimen tarkoitus on puhdistaa työskentelyalue mahdollisista epäpuhtauksista, kuten öljy tai metallisäikeet, jolloin robotti voi tarttua kappaleisiin paremmin. Paineilmapuhallin on mallia 9002W – Silvent AB.



KUVA 19. 9002W – Silvent AB. Lähde: <https://www.silvent.com/fi/tuotteet/paineilmasuuttimet/9002w-paineilmasuutin/>

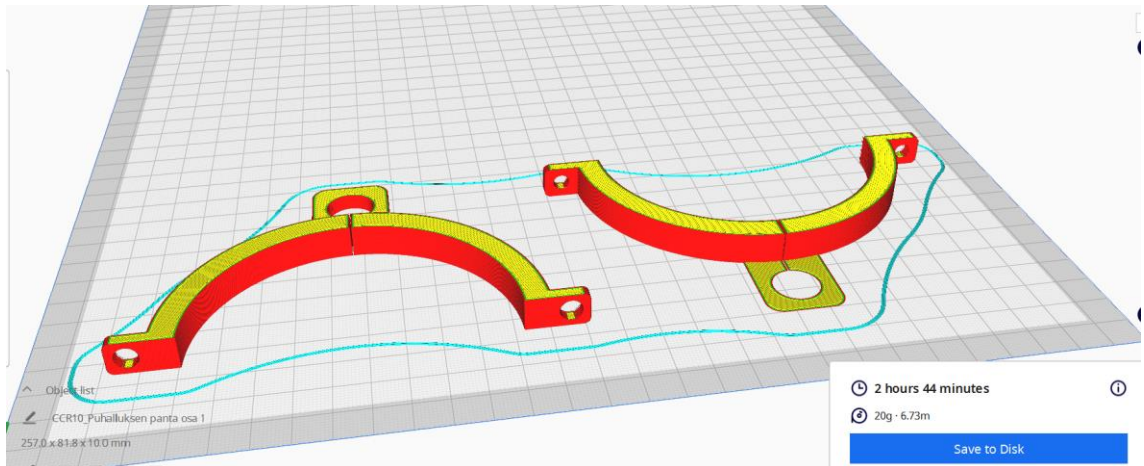


KUVA 20. 9002W – Silvent AB mitat. Lähde: <https://www.silvent.com/fi/tuotteet/paineilmasuuttimet/9002w-paineilmasuutin/>

Cobottikärryssä on paineilmajakelulaite, jonne tuodaan paineilman tulo. Huoltolaitteelta paineilma menee paineilmaletkuja pitkin käsivarren läpiviennin kautta suuttimelle, joka on kiinnitetty robotin käsivarteen.

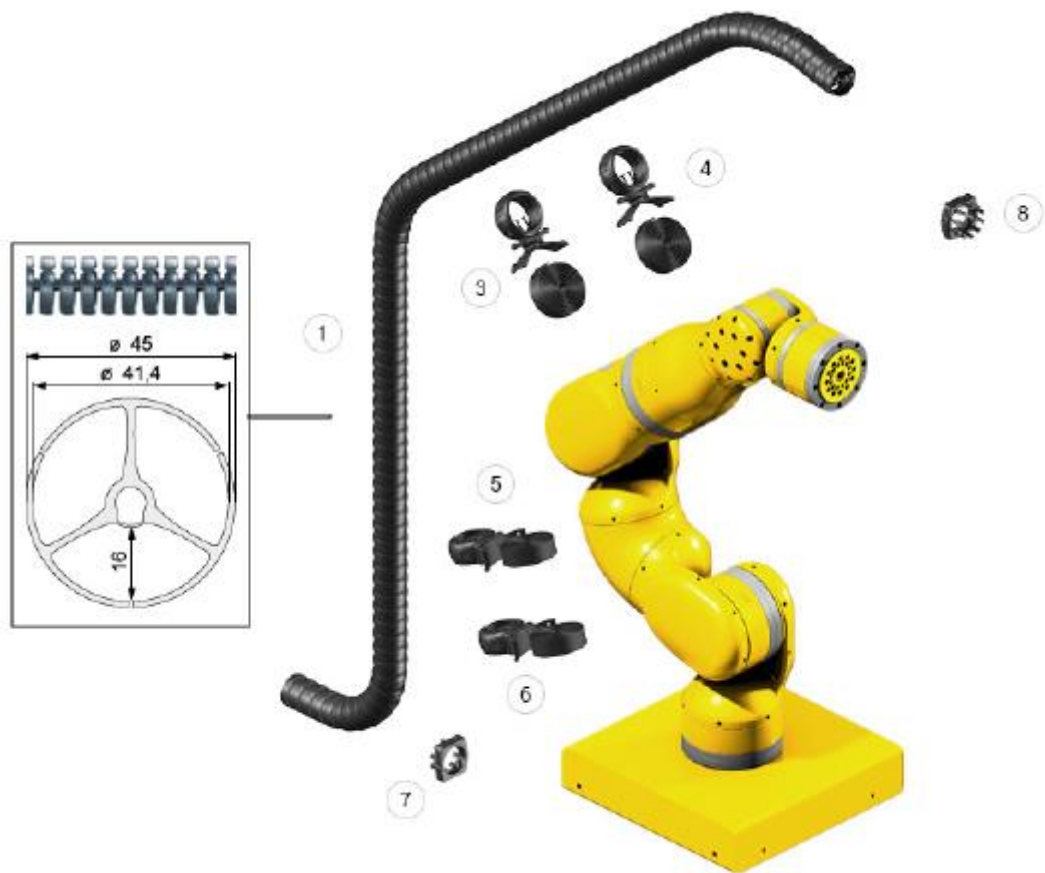
### 6.1.1 Paineilmapuhaltimen pidikkeen 3D-suunnittelu

Fanuc CRX-10iA/L-robotissa ei ole mitään rakennettua kiinnikettä, minne suuttimen voisi asentaa, joten sille täytyy suunnitella oma kiinnike. Suunnittelu onnistuu FreeCAD 3D-mallinnus ohjelmalla. Kappale ensin mallinnetaan, jonka jälkeen se 3D-tulostetaan JTA Connectionin omalla 3D-tulostimella.



KUVA 21. 3D-tulostetut pidikkeet.

Suunnittelu aloitetaan selvittämällä lähtötiedot. Suuttimen tarkoituksena on puhdistaa käsiteltävä kappale ennen tarttumista ja/tai jättopaikka ennen kappaleen jättämistä. Tällöin suuttimen on hyvä olla mahdollisimman lähellä robotin 6-akselissa olevaa tarttujaa. Itse tarttujassa ei ole paineilmaominaisuuksia, jolloin se tarvitsee ulkoisen laitteen vierelleen ja paineilmasyötön ja tämä kaikki pitää kiinnittää robotin käsivarteen. Paineilmasyötönä toimii 6 mm halkaisijan paineilmaletku, joka tulee paineilma jakolaitteen läpi. Paineilmaletku syötetään robotin käsivarteen asennetusta Iguksen triflex e-chain energiaketjun läpi.

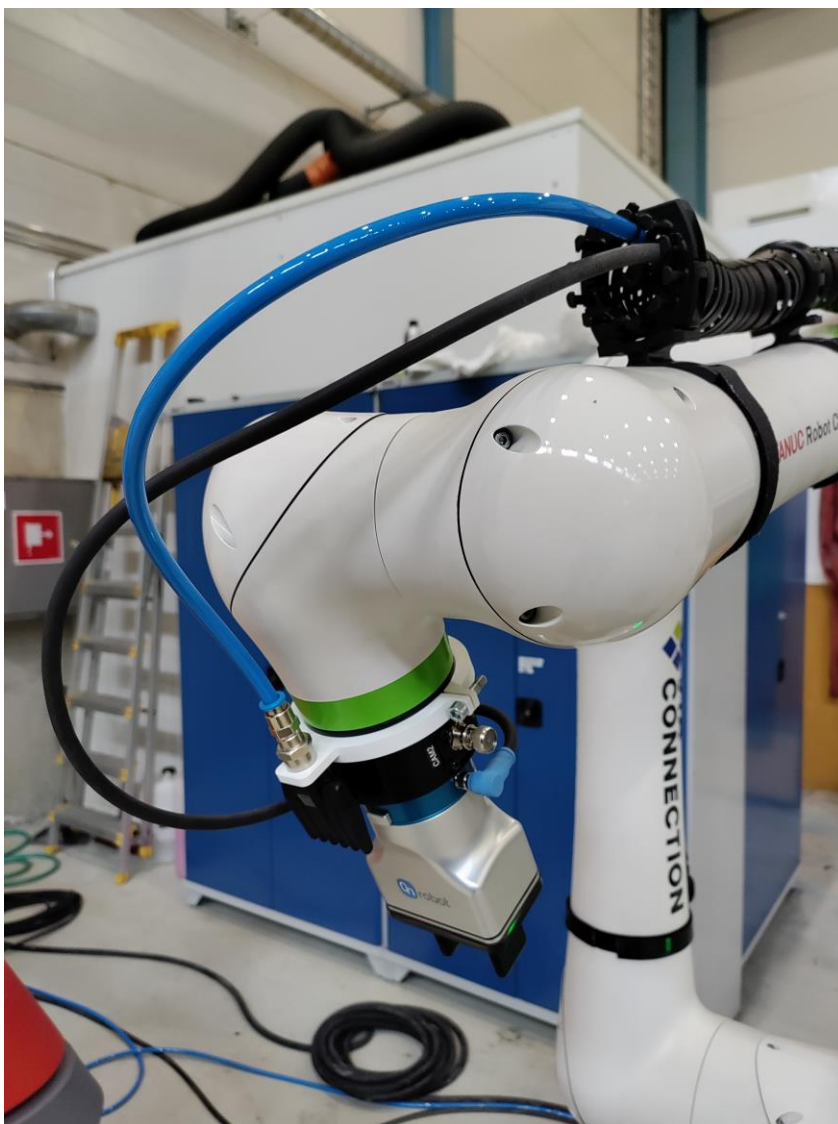


KUVA 22. Igus triflex e-chain energiaketju.

Robotin käsivarressa ei ole myöskään mitään paikkaa, mihin asentaa paineilmasuutin, joten se täytyy itse suunnitella. Ominaisuuksia, jota tällä pidikkeellä täytyy olla ovat esimerkiksi helposti asennettava, kestävä ja ennen kaikkea pitävä.

Paineilmasuuttimen mittakuvista näkee, että siinä on  $\frac{1}{4}$  tuuman liitin, jota voidaan käyttää hyödyksi pidikkeen rakenteessa. Toteutuskelpoisin pidike on käytännössä pantamainen ratkaisu, joka ulottuu robotin käsivarren ympäri. Pidikkeessä täytyy olla myös mahdollisuus irrottaa ja kiristää se paikalleen. Kiristysmekanismi voisi toimia tulostamalla melkein täyden ympyrän, jossa on halkeama. Tästä halkeamasta voidaan läpivienti ruuvin ja mutterin avulla kiristää pantaa robotin käsivarren ympärille.

### 6.1.2 Paineilmapuhaltimen rakentaminen



KUVA 23. Paineilmapuhallin robotissa kiinni.

3D-tulostettuun lopputulokseen porattiin kierteet ja ruuvattiin pannat suunnitellusti kiinni robotin akselin ympärille. Kyseinen tapa suunnitella ja toteuttaa samankaltaisia pieniä osia järjestelmiin on todella helppo tapa rakentaa. Yleinen tapa on ulkoistaa suunnittelu ja kappaleiden teko, jolloin kustannustaso nousee todella paljon.

## 7 POHDINTA

Työn tilaaja JTA Connection Oy myi asiakkaalle tuotteen, joka täytyi rakentaa ja käyttöönottaa. Projektissa oli käyttöönotettavana Fanucin CRX-10iA/L yhteistyörobotti, sekä SICK microscan 3 turvalaserskanneri. Työn alussa tutustuttiin oheislaitteiden toimintaan, jolloin lopullinen asennus onnistui paremmin. Työssä suunniteltiin ja asennettiin robotin käsivarrelle paineilmapuhallin, sekä pidike puhaltimelle. Projektin keskivaiheilla käytiin asiakkaan ja JTA Connection Oy:n työntekijöiden kanssa keskusteluita, miten cobottikärryä voitaisiin muokata paremmaksi.

Projekti valmistui ajallaan asiakkaan tarpeet huomioiden. Valmis tuote tekee suunnitellun työn suunnitellusti ja luotettavasti. Tuote on markkinoilla suhteellisen uusi ja kehitystarpeita ilmeni rakentamisvaiheessakin. Cobottikärryn mekaniikassa on kehitystarpeita muun muassa cobottikärryn jalkojen nostamisessa ei ole päätyrajoja, jolloin sisällä liikkuva kelkka saattaa pahimmassa tapauksessa liikkua uraltaan. Cobottikärryn päällä olevat kahvat tulevat kannen yli, mutta ongelma on enemmänkin visuaalinen.

Jatkotutkimusaiheena olisi tuotteen käyttömahdollisuuksien kartoittaminen ja myyminen. Robotiikalla yleisesti on lukematon määrä eri käyttökohteita ja tämä tuote mahdollisesti lisää eri käyttökohteita entisestään. Luovalla idealla voi saada ennennäkemättömän tuotteen aikaiseksi ja saada tätä kautta lisää markkinointiarvoa.

## LÄHTEET

OnRobot. Verkkosivu. Luettu 20.4.2023 [www.onrobot.com](http://www.onrobot.com)

OnRobot 2FGP20 tarttuja. Datalehti. Luettu 2.5.2023. [https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet\\_2FGP20\\_v1.3\\_EN.pdf](https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet_2FGP20_v1.3_EN.pdf)

OnRobot 2FG7 tarttuja. Datalehti. Luettu 2.5.2023. [https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet\\_2FG7\\_v1.4\\_EN.pdf](https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet_2FG7_v1.4_EN.pdf)

OnRobot Compute Box. Datalehti. Luettu 2.5.2023. [https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet\\_ComputeBox\\_v1.0\\_EN.pdf](https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet_ComputeBox_v1.0_EN.pdf)

Fanuc safety handbook. Käyttöohje. Luettu 21.3.2023.  
<https://www.fanuc.eu/~media/files/pdf/products/robots/educational%20cell/safety%20manual%20for%20fanuc%20educational%20cell.pdf?la=it>

Fanuc Robot series R-30iB Mini Plus Controller Maintenance Manual. Luettu 21.3.2023 Vaatii käyttöoikeuden

Fanuc Robot series R-30iB Mini Plus Controller Operator's Manual. Luettu 21.3.2023 Vaatii käyttöoikeuden

Fanuc CRX-10iA/L. Verkkosivu. Luettu 2.5.2023 <https://www.fanuc.eu/hr/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/crx-10ial>

Fanuc CRX-10iA/L. Esite. Luettu 2.5.2023 <https://www.fanuc.eu/hr/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/crx-10ial>

Fanuc CRX-25iA. Esite. Luettu 2.5.2023. <https://www.fanuc.eu/hr/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/crx-25ia>

Silvent paineilmasuutin. Verkkosivu. Luettu 6.4.2023 <https://www.silvent.com/fi/tuotteet/paineilmasuuttimet/9002w-paineilmasuutin/>

Igus triflex R series TRL energiansiirtokouru. Verkkosivu. Luettu 12.4.2023 <https://www.igus.eu/product/20126?artNr=TRL.30.050.0>

JTA Connection. Verkkosivu. Luettu 12.4.2023 [www.jtaconnection.fi](http://www.jtaconnection.fi)

Lincoln Electric. Verkkosivu. Luettu 24.4.2023 <https://www.lincolnelectric.com/en/Products/le-na-cooperrobotcart>


Standardi, ISO 8373:2021. Luettu 2.5.2023.  
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-3:v1:en>

# LIITTEET


Liite 1. Fanuc CRX-25iA esite.

<https://www.fanuc.eu/hr/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/crx-25ia>

**CRX-25iA**



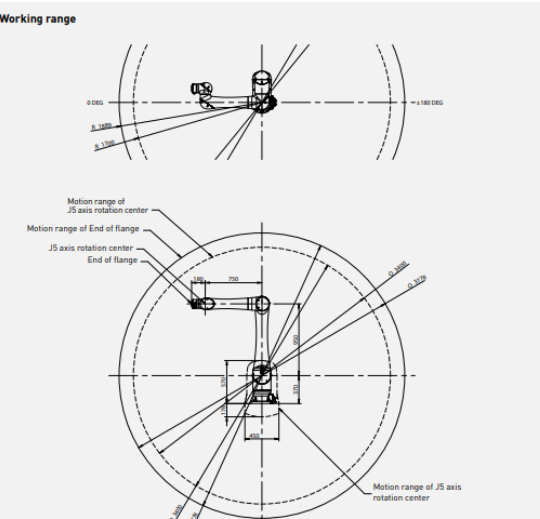
Max. load capacity  
at wrist: **25 kg**





Max. reach:  
**1889 mm**

Controlled axes	Repeatability [mm]	Mechanical weight [kg]	Motion range [°]						Maximum speed [°/s] *2						Maximum linear speed [mm/s]	J4 Moment/Inertia [Nm/kgm <sup>2</sup> ]	J5 Moment/Inertia [Nm/kgm <sup>2</sup> ]	J6 Moment/Inertia [Nm/kgm <sup>2</sup> ]
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	J1	J2	J3	J4	J5	J6				
6	± 0.05*	135	360	360	540	380	360	450	80	80	120	180	180	180	1000 *1)	100.0/4.70	74.0/4.00	32.0/2.00

**Working range**



	<b>Robot</b>	<b>CRX-25iA</b>
	Robot footprint [mm]	283
	Mounting position Floor	•
	Mounting position Upside down	•
	Mounting position Angle	•
	<b>Controller</b>	<b>R-30iB Plus</b>
	Mini Plus	•
	Dimensions [mm]	410 x 277 x 370
	Tablet TP	•
	<b>Electrical connections</b>	
	Voltage 50/60Hz 3phase [V]	-
	Voltage 50/60Hz 1phase [V]	200-230
	Average power consumption [kW]	-
	<b>Integrated services</b>	
	Integrated signals on upper arm In/Out	5/6 *3
	Integrated air supply	1
	<b>Environment</b>	
	Acoustic noise level [dB]	<70
	Ambient temperature [°C]	0-45
	Ambient humidity [%]	≤75 *4
	Ambient humidity - Short term [%RH]	≤95 *5
	Vibration acceleration [m/s <sup>2</sup> ]	≤4.9 [0.5G]
	<b>Protection</b>	
	Body standard/optional	IP67
	Wrist & J3 arm standard/optional	IP67

\*1) 2000mm/s in high speed mode  
 \*2) During short distance motions, the speed may not reach the maximum value stated  
 \*3) RS485 interface included  
 \*4) No dew nor frost allowed  
 \*5) Within one month

• standard    ◦ on request    - not available    [ ] with hardware and/or software option    \*Based on ISO283

Liite 2. OnRobot 2FGP20 tarttuja Datalehti.

1 (13)

[https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet\\_2FGP20\\_v1.3\\_EN.pdf](https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet_2FGP20_v1.3_EN.pdf)

---



## DATASHEET

2FGP20

v1.2

## 1. Datasheet

### 1.1. 2FGP20

Finger Grip Properties		Minimum	Typical	Maximum	Unit
Payload		-	-	20	[kg]
		-	-	44.1	[lb]
Total stroke		-	260		[mm]
		-	10.24		[inch]
Grip width range <sup>(1)</sup>		170	-	430	[mm]
		6.69	-	16.93	[inch]
Gripping repeatability		-	+/- 0.5	-	[mm]
		-	+/- 0.0197	-	[inch]
Gripping force <sup>(2)</sup>		80	-	400	[N]
Gripping force tolerance		-	-	+/- 30	[N]
Gripping speed <sup>(3)</sup>		16	-	180	[mm/s]
Gripping time (including brake activation)		-	600	-	[ms]
Noise level <sup>(4)</sup>	Finger gripper	-	-	58 63	[dB(A)] <sub>Leq</sub> [dB(A)] <sub>Max</sub>
	Vacuum gripper	-	-	72 74	[dB(A)] <sub>Leq</sub> [dB(A)] <sub>Max</sub>
Hold workpiece in case of power loss?	Yes				
Motor	Integrated, electric BLDC				

<sup>(1)</sup> When pads are mounted, the minimum value is 158 mm and the maximum value is 418 mm.

<sup>(2)</sup> See [Force vs Current Graph](#)

<sup>(3)</sup> At 6 mm stroke and 150 N. The typical value is 900 ms at 20 mm and 200 N.

<sup>(4)</sup> For more information, see the [Noise level](#) section.

Vacuum grip properties	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Vacuum	5	-	60	[%Vacuum]
	- 0.05	-	- 0.607	[Bar]
	1.5	-	17.95	[inHg]
Air flow	0		12	[L/min]
Payload (with delivered attachments)		-	2.5	[kg]
		-	5.51	[lb]
Vacuum cups	1		4	[pcs]
Gripping time (measured with vacuum target 40 %)		0.25		[s]

DATASHEET



Vacuum grip properties	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Release time		0.4		[s]
Vacuum pump	Integrated, electric BLDC			
Dust filters	Integrated 50 µm, field replaceable			

General properties	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Storage temperature	0	-	60	[°C]
	32	-	140	[°F]
IP Classification	54			
Dimensions [L x W x D]	400 x 121.6 x 188			[mm]
	15.75 x 4.79 x 7.4			[inch]

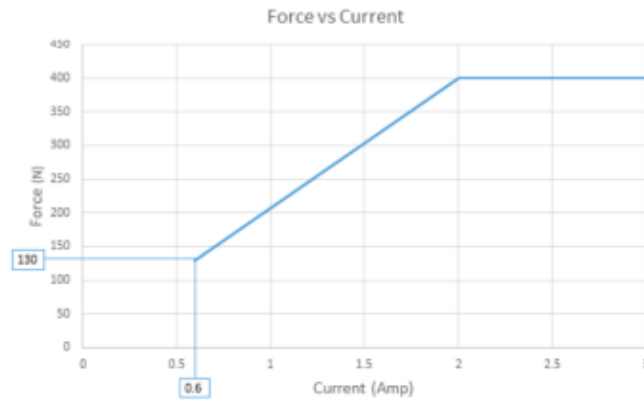
Gripper combination	Base unit	Standard fingers including four pads	Vacuum equipment	KLT Finger set	Total weight	Unit
Base unit with Standard fingers including all pads	3.7	1.37	-	-	5.07	[kg]
	8.16	3.02	-	-	11.18	[lb]
Base unit with Standard fingers including all pads and all vacuum equipment	3.7	1.37	0.27	-	5.34	[kg]
	8.16	3.02	0.60	-	11.77	[lb]
Base unit with KLT Finger set	3.7	-	-	0.43	4.13	[kg]
	8.16	-	-	0.95	9.11	[lb]
Base unit with KLT Finger set and all vacuum equipment	3.7	-	0.27	0.43	4.4	[kg]
	8.16	-	0.60	0.95	9.7	[lb]
Base unit with custom fingers	3.7	-	-	-	User defined	[kg]
	8.16	-	-	-		[lb]

Operating Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Power supply	20	24	25	[V]
Current consumption	-	-	2000	[mA]
Operation temperature	5	-	50	[°C]
	41	-	122	[°F]
Relative humidity (non-condensing)	0	-	95	[%]
Calculated operation life	30 000	-	-	[Hours]

DATASHEET



### Force vs Current Graph



### Noise Level

The noise level of the 2FGP20 depends on whether the finger or vacuum gripping part is used. Vacuum gripping noise depends on the set vacuum level and whether an object is picked up or not. Higher speed and stroke increase the noise. The noise level also depends on the surroundings and other equipment.

To measure the 2FGP20's noise level, a test has been carried out by an external company.

The test setup was the following:

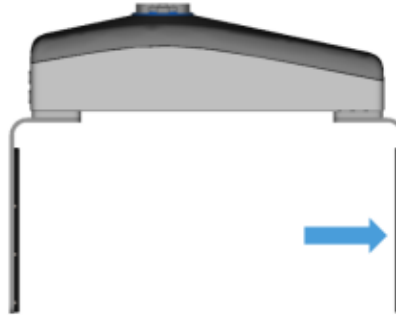
- The test took place in a normal indoor production area.
- The finger gripping test ran 4 cycles full stroke, 100 % speed and with no pause in between the cycles.
- The vacuum gripping test was made with fully activated pump and with no pause.
- The noise measurement equipment was located in 1 m distance away from the 2FGP20.

The test concludes that the average measured noise level was below 58 dB(A)<sub>Leq</sub> for the finger gripper and 72 dB(A)<sub>Leq</sub> for the vacuum. The maximum noise level was measured below 63 dB(A)<sub>Max</sub> for the finger gripper and 74 dB(A)<sub>Max</sub> for the vacuum, which is below the maximum allowed noise level of (80 dB(A)). The 2FGP20 will not run continuously in an application which means that the average noise level will decrease significantly.

### Force Sensor

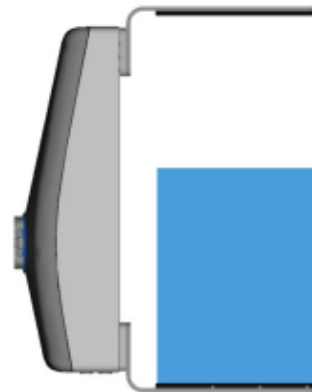
The gripper has a force sensor in the moving finger as shown in the figure below.

DATASHEET



Consider the presence of the force sensor when the workpiece is aligned by using the fingers of the gripper or when the workpiece is picked sideways since the gravity can affect the force measurement.

If the workpiece is picked sideways, make sure to orient the gripper with the moving finger on top, as shown in the image below. Also ensure that the bottom finger makes contact with the workpiece before the top finger.



#### Finger pads

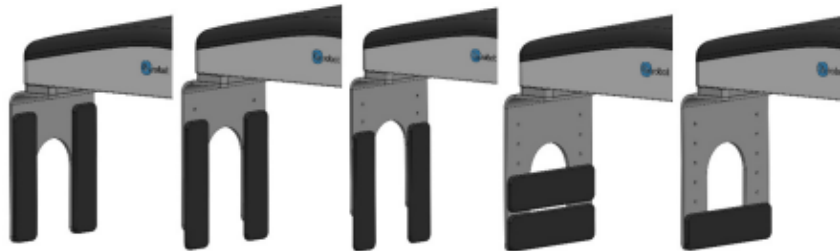
Four finger pads are provided with the gripper and can be mounted in different configurations to achieve the best grip for your workpiece.



DATASHEET



Some examples of how the pads can be mounted are shown below.



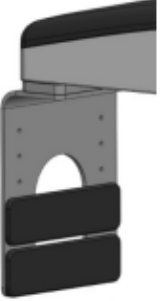


The pads are made of aluminum with a cover of silicone. The maximum force (equally distributed in the blue area of the images below) that can be applied to the finger pads is shown in the table below.

Illustration	Pad position	Maximum force (N)
	0	400
	1	300

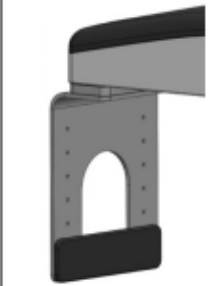
DATASHEET



Illustration	Pad position	Maximum force (N)
	2	200
	3	100
	4	400

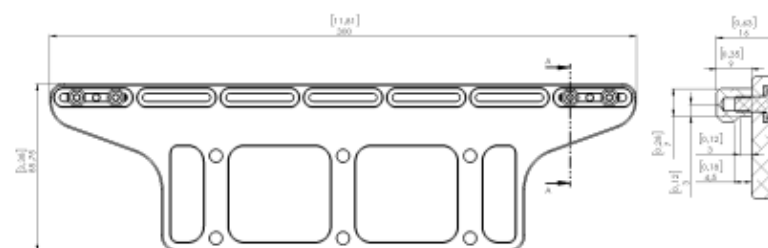
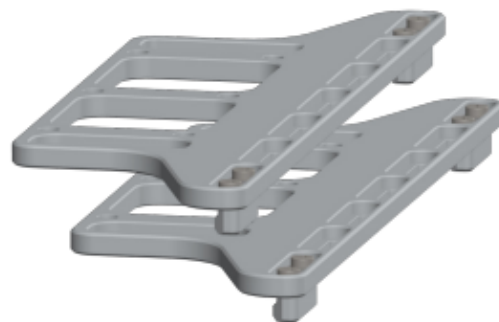
DATASHEET



Illustration	Pad position	Maximum force (N)
	5	400

#### Finger set for KLT boxes

The Finger set for KLT boxes enhances the grip stability for KLT containers and other open box types with groove. The fingertips can be adjusted to the open slots on the large variants of boxes.

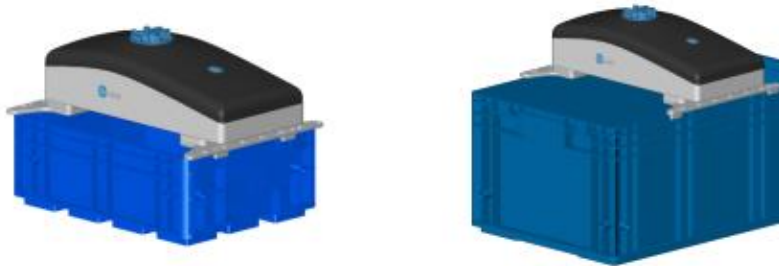


These fingers are accessories and need to be purchased separately. To purchase these fingers, please contact the vendor from where the gripper has been purchased.

- 2FGP20 - Finger set for KLT boxes PN 113294

See examples with 400 x 300 mm and 600 x 400 KLT boxes:

DATASHEET



It is recommended to use KLT boxes using the VDA standard 4500. Because of the variance of stiffness in the different KLT boxes, the application needs to be tested in regards to payload and robot speed/acceleration.

#### Custom fingers

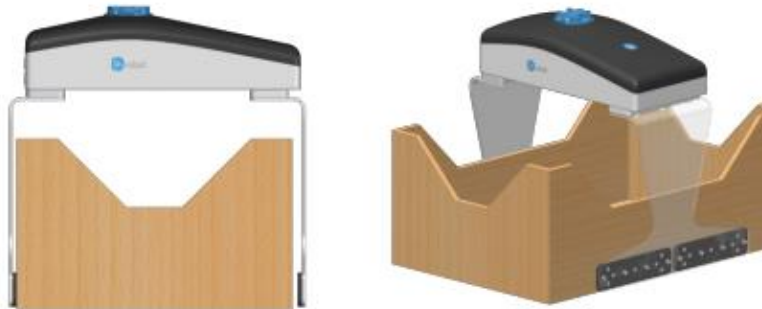
The standard fingers provided with the gripper have a height of 220 mm. For workpieces taller than 220 mm, it is recommended to customize the fingers.



#### WARNING:

Observe ISO/TR 20218-1 and ISO/TS 15066 so custom fingers are not sharp or create pinching hazards in the gripping areas.

An example is shown in the picture below where the pressure is recommended to be applied at the bottom of the workpiece. To achieve this, custom longer fingers are used, and the fingerpads are attached horizontally. This is the best way to get a firm grip.



By increasing the finger height, the allowed torque might be reduced as shown in the [Moments in the finger base](#) section.

Another example is shown in the image below for picking wrapped foil bottles. For this workpiece type, it is recommended to mount the pads horizontally to have as many contact points as possible. By doing so, the applied force can be increased and a firmer grip is

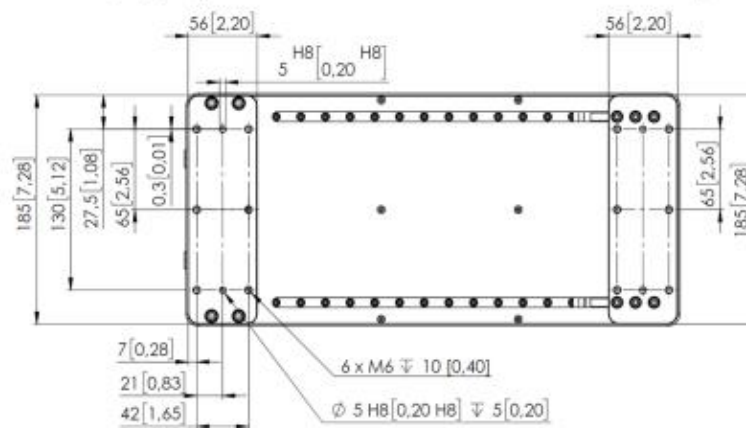
DATASHEET



achieved. Place the pads as close to the bottom of the workpiece as possible, so the workpiece structure is stronger and can resist more force.



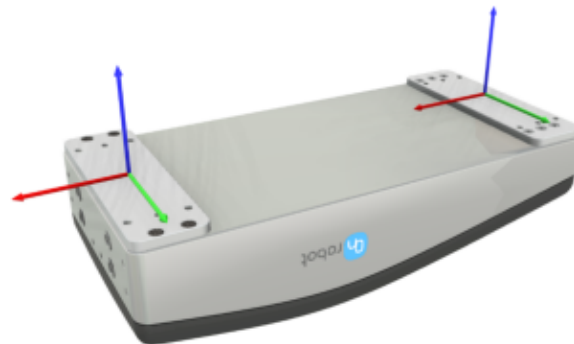
If custom fingers are required, they can be made to fit the gripper according to the dimensions (mm) [inch] shown below. Use M6x10mm screws to attach the fingers.



#### Moments in the finger base

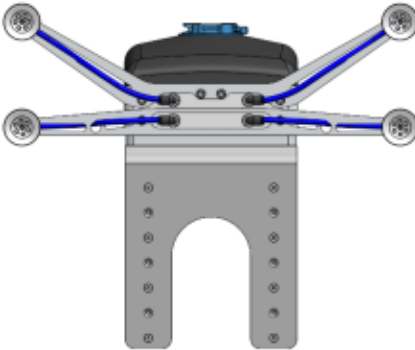
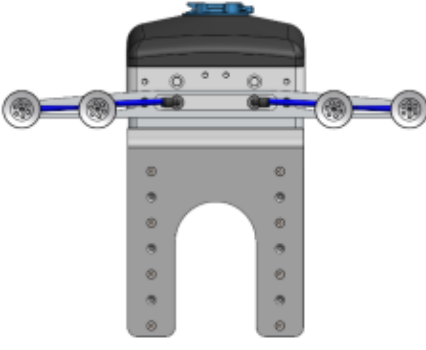
A maximum moment 80 Nm is allowed on each direction of the finger base.

DATASHEET



### Vacuum cups

The vacuum solution has been designed to handle interlayer sheets and similar items. The two most common configurations with the delivered bracket and vacuum cups are shown below.

Square Shape	Row Shape
Better for cardboard interlayer sheets or multiple layer paper	Better for paper or similar interlayer sheets
	

The provided tube length is adequate for the Square Shape. For using the Row Shape, please cut two of the tubes to 83 mm length.



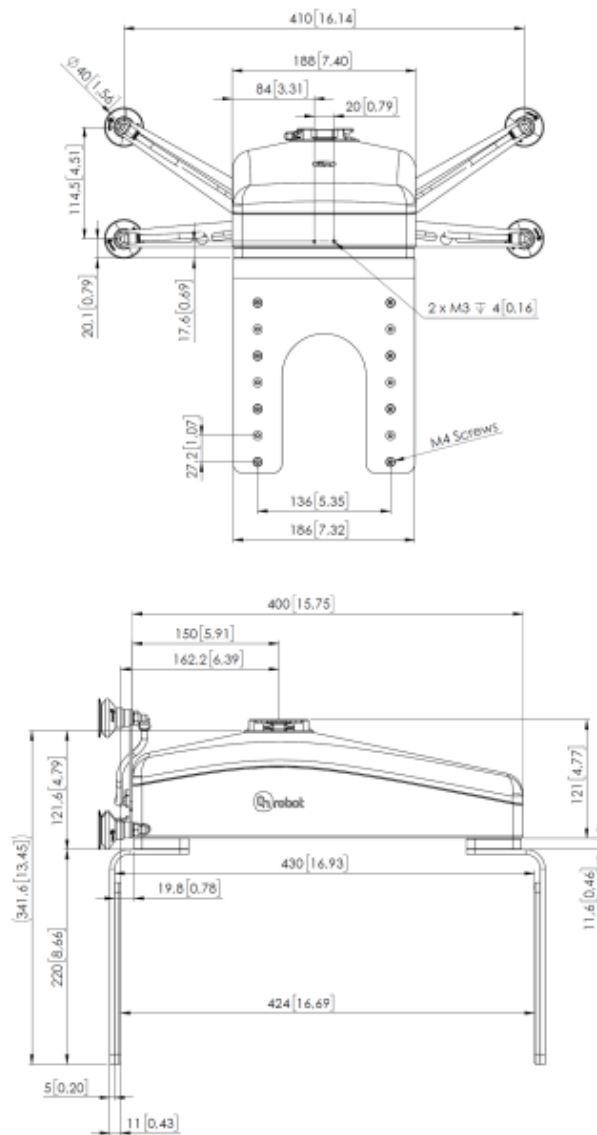
**NOTE:**

It is important to always use the four air sources together.

DATASHEET



## 1.2. 2FGP20

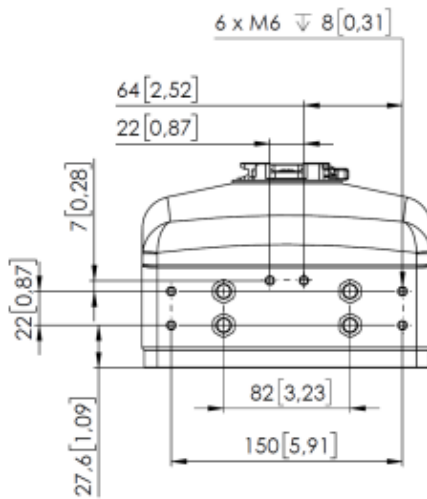


All dimensions are in mm and [inches].

DATASHEET

**Custom Vacuum Bracket**

If a custom bracket is required, it can be made to fit the gripper according to the dimensions (mm) [inch] shown below. Use M6x6mm screws to attach the fingers.



Liite 3. OnRobot 2FG7 Tarttuja Datalehti.

1 (9)

[https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet\\_2FG7\\_v1.4\\_EN.pdf](https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet_2FG7_v1.4_EN.pdf)

---



# DATASHEET







2FG7

v1.4

2 (9)

## 1. Datasheet

### 1.1. 2FG7

General Properties		Minimum	Typical	Maximum	Unit	
Payload force fit 		-	-	7 15.5	[kg] [lb]	
Payload form fit 		-	-	11 24.3	[kg] [lb]	
Total stroke		-	38 1.49	-	[mm] [inch]	
Grip width range *	External	Fingers inwards 	1 0.039	-	39 1.53	[mm] [inch]
		Fingers outwards 	35 1.37	-	73 2.87	[mm] [inch]
	Internal	Fingers inwards 	11 0.43	-	49 1.92	[mm] [inch]
		Fingers outwards 	45 1.77	-	83 3.26	[mm] [inch]
Gripping repeatability		-	+/- 0.1 +/- 0.004	-	[mm] [inch]	
Gripping force **		20	-	140	[N]	
Gripping force tolerance		-	-	+/-5	[N]	
Gripping speed ***		16	-	450	[mm/s]	
Gripping time (including brake activation) ****		-	200	-	[ms]	
Hold workpiece if power loss?		Yes				
Storage temperature		0 32	-	60 140	[°C] [°F]	
Motor		Integrated, electric BLDC				
IP Classification		IP67				
Clean room *****		ISO Class 5				
ESD Safe *****		10 <sup>5</sup>	-	10 <sup>9</sup>	[Ohm]	

General Properties	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Gear grease: NSF H1 approved; meets FDA regulation 21 CFR 178.3570 for incidental food contact applications				
Dimensions [L x W x D]	144 x 90 x 71 5.67 x 3.54 x 2.79			[mm] [inch]
Weight	1.1 2.4			[kg] [lb]

\* Silicone fingertips add 1 mm in each direction.

\*\* The required current is 2000 mA, less current will result in less gripping force. See the [Force vs Current Graph](#).

\*\*\* Relatively from the gripping object (both arms).

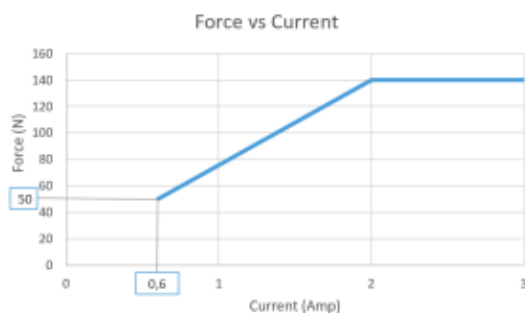
\*\*\*\* At 4 mm stroke and 80 N. The typical value is 300 ms at 38 mm and 80 N.

\*\*\*\*\* When the ESD-marked bellows is mounted. For more information on how to distinguish the different bellows, go to the [Maintenance](#) section.

Operating Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Power supply	20	24	25	[V]
Current consumption	-	-	2000 *	[mA]
Operation temperature	5	-	50	[°C]
	41	-	122	[°F]
Relative humidity (non-condensing)	0	-	95	[%]
Calculated operation life	30 000	-	-	[Hours]

\* Automatically adapts to the current requirements when UR CB3 tool connector is used (600 mA).

#### Force vs Current Graph



### Force Sensor

The gripper has a force sensor in the finger on the connector side as shown in the figure below.



Consider the presence of the force sensor when the workpiece is aligned by using the fingers of the gripper or when the workpiece is picked sideways since the gravity can affect the force measurement.

In the latter case, orient the gripper so the finger with the sensor is on top. Make sure that the bottom finger touches the workpiece slightly before the top finger touches it, as shown in the figure below.



### Fingers

The supplied fingers can be mounted in two different positions to achieve different gripping ranges.

DATASHEET



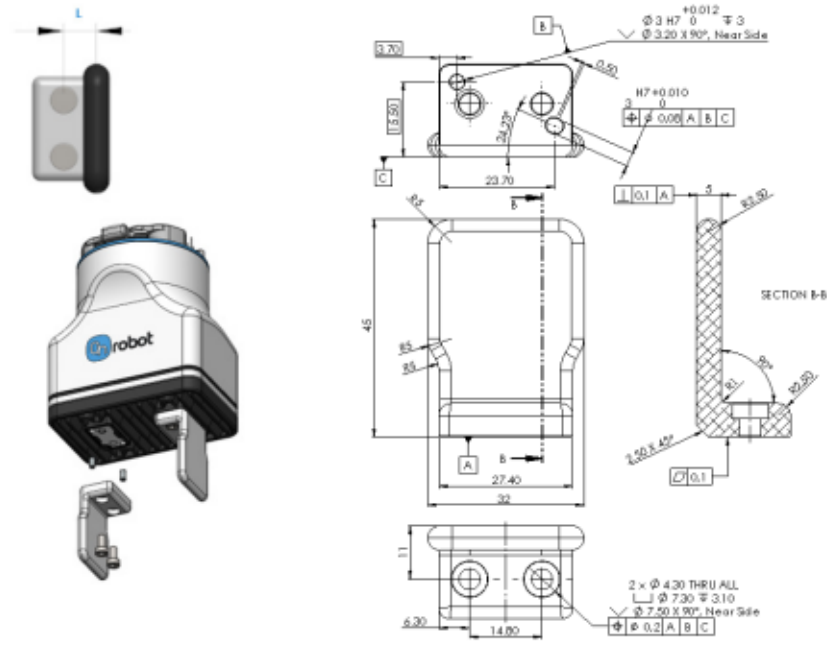
	Inwards	Outwards
		
External grip range [mm]	1-39	35-73
Internal grip range [mm]	11-49	45-83

The delivered finger length is 8.5 mm (L in the drawing below). If custom fingers are required, they can be made to fit the gripper according to the dimensions (mm)[inch] shown below. Use M4x8mm screws and 1 Nm torque to attach the fingers.

**NOTE:**

If customized fingers are made, these must not touch the bellow.

DATASHEET



#### Maximum Allowed Torque

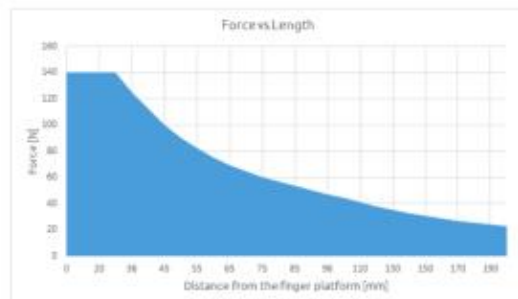
The maximum allowed torque applied to the gripper finger platforms is 4.5 Nm. The picture below shows the coordinate system from where the maximum allowed torque is calculated.

DATASHEET



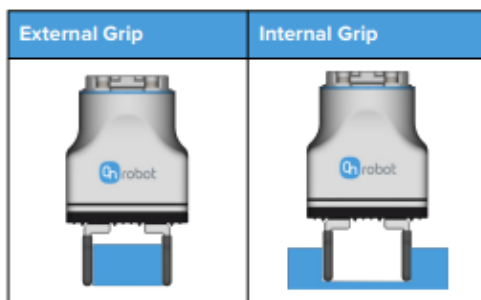
#### Force vs Finger Length

The graph below shows how the maximum allowable force decreases as the finger length increases in case of customized fingertips. The graph is valid for all types of individual lengths shown in the image of the gripper below.



#### Types of Grips

In this document, we use the internal and external grip terms, which indicates how the tool grips the workpiece.



#### Bellow Compatibility of Different Lubricants, Oils and Additives

See the table below for a recommendation overview of what lubricants the two bellows have good resistance properties to. For example in CNC machines, mineral oils are often used as cooling liquids, which the Standard Bellow is appropriate for.

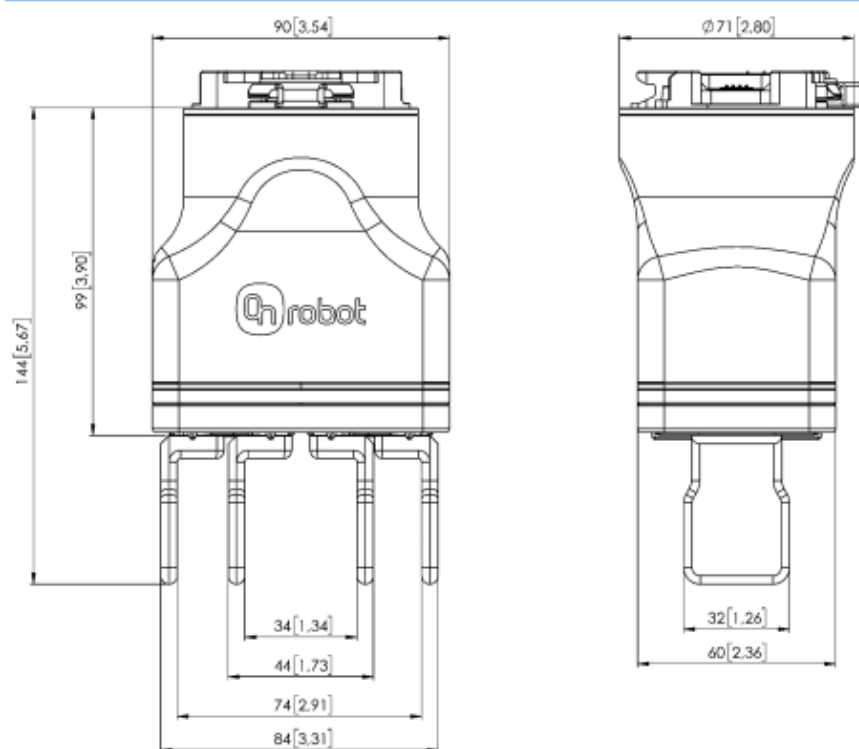
Bellow, Standard (NBR)	Bellow, ESD and Cleanroom (Silicone)
Greases	
Silicone Oils	
Vegetable Oils	
Alcohols	Brake Fluids
Diester Lubricants	Ketones
Ethylene Glycol Fluids	Oxygen
Petroleum Oils	Animal Oils
Hydraulic Fluids	Sunlight
Diluted Alkalines	Compression Set
Aliphatic Hydrocarbons	Ozone
Mineral Oils	
Common Fuels	
Solvents	
Acids	

**NOTE:**

The list of fluids and additives shown in the table above is non-exhaustive, as all combinations cannot be tested.

Make sure to mix cooling liquid and water according to supplier specification, and change regularly.

## 1.2. 2FG7



All dimensions are in mm and [inches].

Liite 4. OnRobot Compute Box Datalehti.

1 (4)

[https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet\\_Compute-Box\\_v1.0\\_EN.pdf](https://onrobot.com/sites/default/files/documents/Datasheet_Compute-Box_v1.0_EN.pdf)

---



# DATASHEET

COMPUTE BOX

V1.0

## 1 Datasheet

### Supplied Wall Adapters:

1.5A version (36W)	Min	Typical	Max	Units
Input voltage (AC)	100	-	240	[V]
Input current	-	-	1	[A]
Output voltage	-	24	-	[V]
Output current	-	1.5	-	[A]

5A version (120W)	Min	Typical	Max	Units
Input voltage (AC)	100	-	240	[V]
Input current	-	-	2	[A]
Output voltage	-	24	-	[V]
Output current	-	5	-	[A]

### Compute Box Power input (24V connector):

Supplied with 1.5A version (36W)	Min	Typical	Max	Units
Supply voltage	-	24	25	[V]
Supply current	-	1.5	-	[A]

Supplied with 5A version (120W)	Min	Typical	Max	Units
Supply voltage	-	24	25	[V]
Supply current	-	5	-	[A]

### Compute Box Power output (Device connector):

Supplied with 1.5A version (36W)	Min	Typical	Max	Units
Output voltage	-	24	25	[V]
Output current	-	1.5	2*	[A]

Supplied with 5A version (120W)	Min	Typical	Max	Units
Output voltage	-	24	25	[V]
Output current (CB HW v3.4)	-	5	5.5*	[A]
Output current (CB HW v3.1)	-	4.5	4.5*	[A]

\*Peak currents

Datasheet

**Compute Box I/O interface:**

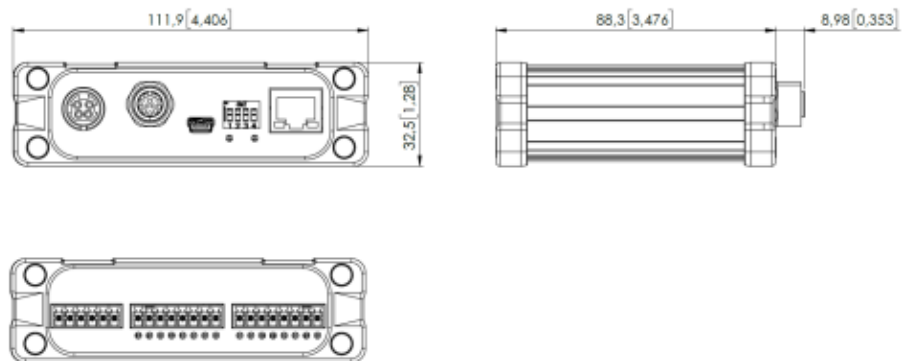
Power Reference (24V, GND)	Min	Typical	Max	Units
Reference output voltage	-	24	25	[V]
Reference output current	-	-	100	[mA]

Digital Output (DO1-DO8)	Min	Typical	Max	Units
Output current - altogether	-	-	100	[mA]
Output resistance (active state)	-	24	-	[ $\Omega$ ]

Digital Input (DI1-DI8) as PNP	Min	Typical	Max	Units
Voltage level - TRUE	18	24	30	[V]
Voltage level - FALSE	-0.5	0	2.5	[V]
Input current	-	-	6	[mA]
Input resistance	-	5	-	[k $\Omega$ ]

Digital Input (DI1-DI8) as NPN	Min	Typical	Max	Units
Voltage level - TRUE	-0.5	0	5	[V]
Voltage level - FALSE	18	24	30	[V]
Input current	-	-	6	[mA]
Input resistance	-	5	-	[k $\Omega$ ]

Datasheet

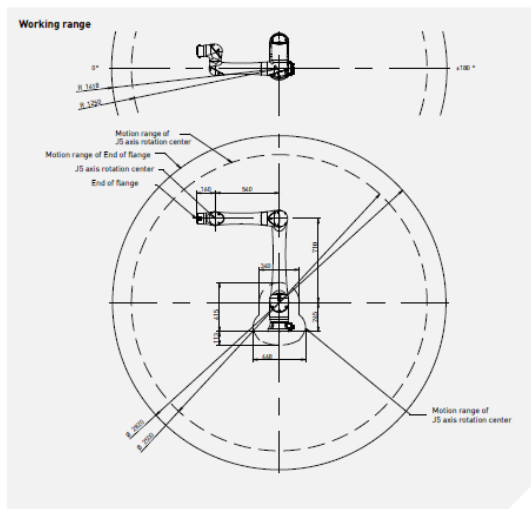
**Compute Box**

All dimensions are in mm and [inches].

Liite 5. Fanuc CRX-10iA/L Datalehti

<https://www.fanuc.eu/hr/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/crx-10ial>

CRX-10iA/L														Max. load capacity at wrist: 10 kg		Max. reach: 1418 mm		
Controlled axes	Repeatability (mm)	Mechanical weight (kg)	Motion range [°]						Maximum speed [°/s] *2						Maximum linear speed (mm/s)	J4 Moment/Inertia [Nm/kgm <sup>2</sup> ]	J5 Moment/Inertia [Nm/kgm <sup>2</sup> ]	J6 Moment/Inertia [Nm/kgm <sup>2</sup> ]
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	J1	J2	J3	J4	J5	J6				
6	± 0.04*	40	360	360	540	380	360	450	120	120	180	180	180	180	1000*1	34.8/1.28	26.0/0.90	11.0/0.30



MDS-04019-EN Technical information subject to changes without prior notice. All rights reserved. ©2022 FANUC Europe Corporation

<b>Robot</b>	CRX-10iA/L
Robot footprint [mm]	190
Mounting position	Floor
Mounting position Upside down	•
Mounting position Angle	•
<b>Controller</b>	R-30iB Plus
Mini Plus	•
Dimensions (mm)	410 x 277 x 370
Tablet TP*	•
<b>Electrical connections</b>	
Voltage 50/60Hz 3phase [V]	-
Voltage 50/60Hz 1phase [V]	200-240
Average power consumption [kW]	0.3
<b>Integrated services</b>	
Integrated signals on upper arm In/Out	2/2 *3
Integrated air supply	-
<b>Environment</b>	
Acoustic noise level [dB]	<70
Ambient temperature [° C]	0-45
Ambient humidity [%]	≤ 75 %4
Ambient humidity - Short term [%RH]	≤ 95 %5
Vibration acceleration [m/s <sup>2</sup> ]	≤ 4.9 (0.5G)
<b>Protection</b>	
Body standard/optional	IP67
Wrist & J3 arm standard/optional	IP67

\*1) 2000mm/s in high speed mode  
 \*2) During short distance motions, the speed may not reach the maximum value stated  
 \*3) RS485 interface included  
 \*4) No dew nor frost allowed  
 \*5) Within one month  
 • standard    ◦ on request    - not available    | with hardware and/or software option    \*Based on ISO9283