



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Robottisolun PLC:n ohjelmointi

messudemo

Jani Kaattari

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Konetekniikka  
Koneautomaatio



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Koneautomaatio

KAATTARI, JANI  
Robottisolun PLC:n ohjelmointi  
Messudemo

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 24 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Opinnäytetyössä käydään läpi Tampereen Konepaja- ja Nordic Welding Expo messuille luotua robottisolua. Messudemo koostui idean kehittamisestä, sekä PLC:n ja robotin ohjelmoinnista. Projekti jaettiin kahteen osaan toimeksiantajan toiveesta; PLC:n ohjelmointiin, johon tämä opinnäytetyö keskittyy, sekä robotin ohjelman tekemiseen (Harsunen, J. 2018 Robottisolun ohjelmointi, messudemo). Toimeksiantajana projektissa toimi Sasbotics Oy, joka hoiti muun projektiin liittyvän työn sekä kustannukset.

PLC -projekti sisälsi yhteensä yli 200 muuttujaa, sekä 700 riviä koodia. Opinnäytetyö ei sisällä ohjelmien täysiä koodeja, vaan pelkästään niiden osia esimerkkien muodossa.

Messusolu saatiin valmiiksi aikataulussa ja se toimi moitteettomasti kolmipäiväisten messujen ajan.

## **ABSTRACT**

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

KAATTARI, JANI  
Programming the PLC of a robot cell  
Convention Demo

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 24 pages  
April 2018

---

This thesis goes over the robot cell built for Nordic Welding Expo. The convention demo project consists of developing the idea, programming of both the PLC and the robot. The project was divided into two parts by the commissioner; programming the PLC, which this thesis focuses on, and programming the robot, described in Harsunen, J. 2018 Programming a robot cell, Convention Demo. The commissioner of this project was Sasbotics LLC, who covered the other parts of this project, and the costs.

The complete PLC program consisted of over 200 variables and 700 lines of code. This thesis does not include the full code of the programs, only parts of them in form of examples.

The convention demo was finished in the given time and it functioned flawlessly during the whole three-day convention.

---

Key words: convention, robot cell, plc, sasbotics, logic

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Opinnäytetyöstä lyhyesti.....	7
1.2	Sasbotics Oy .....	7
2	MESSUSOLU .....	8
2.1	Idean kehittäminen.....	9
2.2	Robotti .....	10
2.3	Logiikka .....	11
3	SOLUN RAKENNUS .....	12
3.1	Profiilirakenteet .....	13
3.2	Hihnan käyttö.....	15
3.3	Tarttuja.....	16
3.4	Kohdistuspöytä .....	17
3.5	Sähkösuunnittelu.....	17
4	PLC.....	18
4.1	Määrittelyt.....	18
4.1.1	Muuttujat .....	18
4.1.2	I/O linkitykset .....	19
4.2	Ohjelmat.....	21
4.2.1	Aihion etsintä .....	21
4.2.2	Liukuhihna .....	22
4.2.3	Sorvi .....	23
4.2.4	Paletointi .....	25
4.3	Turvalogiikka.....	27
5	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET .....	33
	Liite 1. Fanuc M-20iB/25 esite.....	33
	Liite 2. Beckhoff CX5130 esite 1 (3) .....	34
	Liite 3. Beckhoff CX5130 esite 2 (3) .....	35
	Liite 4. Beckhoff CX5130 esite 3 (3) .....	36
	Liite 5. Sähkökuvat 1 (20) .....	37
	Liite 6. Sähkökuvat 2 (20) .....	38
	Liite 7. Sähkökuvat 3 (20) .....	39
	Liite 8. Sähkökuvat 4 (20) .....	40
	Liite 9. Sähkökuvat 5 (20) .....	41
	Liite 10. Sähkökuvat 6 (20) .....	42

Liite 11. Sähkökuvat	7 (20) .....	43
Liite 12. Sähkökuvat	8 (20) .....	44
Liite 13. Sähkökuvat	9 (20) .....	45
Liite 14. Sähkökuvat	10 (20) .....	46
Liite 15. Sähkökuvat	11 (20) .....	47
Liite 16. Sähkökuvat	12 (20) .....	48
Liite 17. Sähkökuvat	13 (20) .....	49
Liite 18. Sähkökuvat	14 (20) .....	50
Liite 19. Sähkökuvat	15 (20) .....	51
Liite 20. Sähkökuvat	16 (20) .....	52
Liite 21. Sähkökuvat	17 (20) .....	53
Liite 22. Sähkökuvat	18 (20) .....	54
Liite 23. Sähkökuvat	19 (20) .....	55
Liite 24. Sähkökuvat	20 (20) .....	56

**LYHENTEET JA TERMIT**

PLC	Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka
EtherCat	Logiikassa tiedonsiirtoon käytettävä väylätyyppi
Input	Sisääntulo
Output	Ulostulo
I/O	Inputs and outputs, tulot ja lähdöt
Analoginen I/O	Sisältää fysikaalisia suureita kuten voltteja tai ampeereja
Digitaalinen I/O	Sisältää digitaalista dataa kuten bittejä tai tavuja
Master	Ohjaava laite
Slave	Ohjattava laite
GUI	Graphical user interface, graafinen käyttöliittymä
Kara	Työstökoneen pääakseli
FBD	Function Block Diagram
Step	Tilakoneen vaihe
True	Tosi
False	Epätosi

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyöstä lyhyesti

Opinnäytetyössä käydään aluksi läpi messudemon idean kehittäminen, sekä keskeisimmät komponentit; Beckhoff PLC, sekä Fanuc teollisuusrobotti. Robottisolun rakentamisessa esitellään muita solun tärkeitä komponentteja, sekä rakennusmateriaaleja. Lopuksi tarkastellaan PLC:n ohjelmia ja kuinka projekti on toteutettu.

Työssä käytetyt ja valitut materiaalit kustannettiin täysin Sasbotics Oy:n, sekä yhteistyökumppaneiden Ixtur, Omron ja Profican Oy puolesta.

## 1.2 Sasbotics Oy

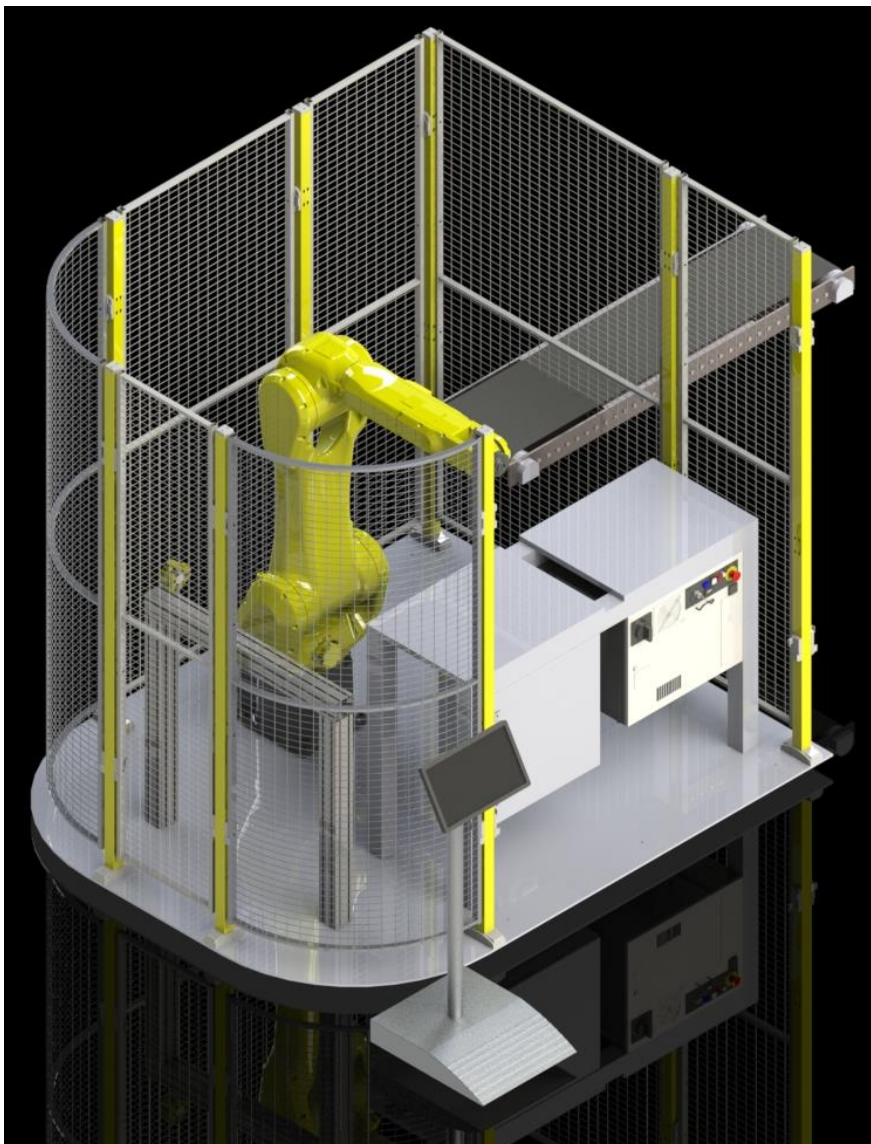
Sasbotics Oy on Sastamalassa vuoden 2013 lopulla perustettu yritys, jonka toimiala on kone- ja prosessisuunnittelu. Yritys käyttää projekteissaan Fanuc -teollisuusrobotteja, sekä Beckhoff -merkkisiä ohjelmoitavia logiikoita, joita käytettiin myös tässä opinnäytetyössä.

Sasbotics Oy valmistaa asiakkailleen räätälöityjä robottisoluja ja sen vahvuuksiin kuuluu erityisesti joustavuus asiakkaan suuntaan. Toisena vahvuutena yrityksellä on oma graafinen käyttöliittymä, josta asiakkaan on erittäin helppo muuttaa robotin asetuksia, ilman perehtymistä itse robotin ohjelmointiin. Tämä nopeuttaa tuotantolinjan tuotteen vaihtoa ja lisää joustavuutta prosessiin kokonaisuudessaan.

Yrityksellä on ollut perustamisesta asti vahva taloudellinen kasvu, joka näkyy myös lisääntyneessä henkilöstömäärässä. Sasbotics Oy työllistää kirjoitushetkellä 8 henkeä. Vuonna 2017 Sasbotics Oy:n liikevaihto oli noin 1,3 miljoonaa euroa.

## 2 MESSUSOLU

Messudemossa kuvataan modernia automatisoitua työstökeskusta (KUVA 1). Aihioita tuodaan liukuhihnalta robotille, joka siirtää kappaleet sorvin ensimmäiselle karalle työstettäväksi. Sorvina toimii kaksi kolmisormitarttujaa, jotka kuvaavat kaksikaraista työstökonetta. Toinen kara hakee kappaleen ensimmäiseltä karalta ja suorittaa toisen työstövaiheen. Toisen työstövaiheen jälkeen robotti paletoi kappaleet pöydälle. Paletin tullessa täyteen aloittaa robotti aihoiden purkamisen takaisin liukuhihnalle pareittain.

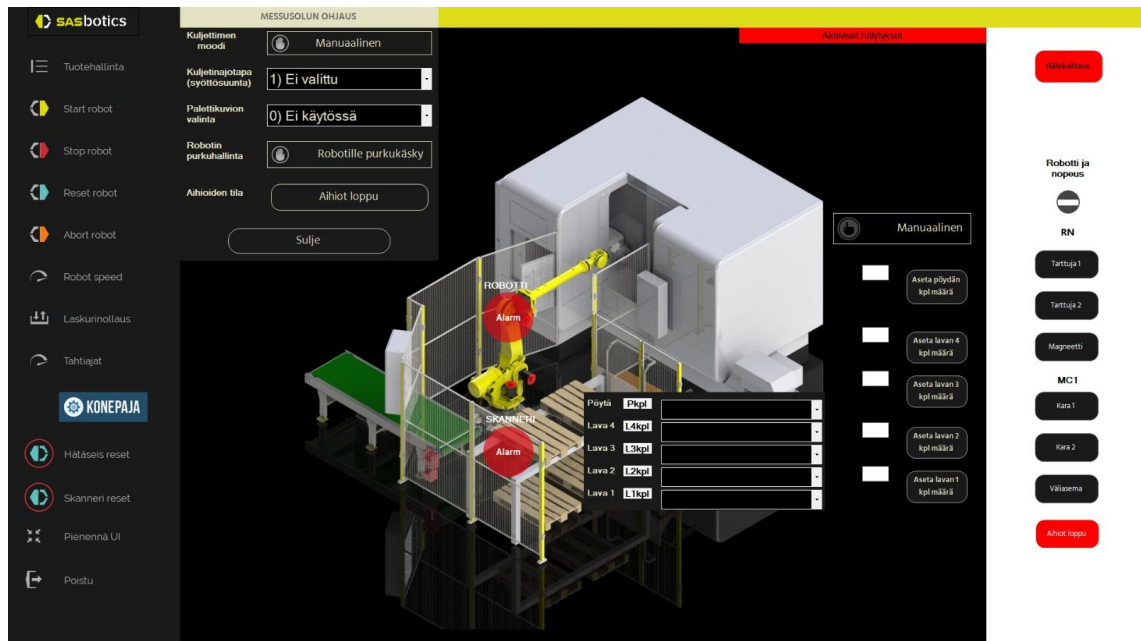


KUVA 1. Messusolun 3D -malli

Messusolun mallinnus tehtiin käyttäen Solidworks -ohjelmistoa, jolla projektin kaikki komponentit mallinnettiin ja sovitettiin yhteen mekaniikkasuunnittelussa.



Messusolussa oli myös esillä Sasbotics Oy:n oma GUI, josta kävijä pääsee vaikuttamaan robotin toiminnallisuuteen, kuten paletointikuvioon, aihion kokoon tai tartuntaan (KUVA 2).



KUVA 2. Sasbotics Oy GUI

Käyttöliittymästä päästään muuttamaan tuotantoprosessin asetuksia, ilman että operaattorin tarvitsee perehtyä robotin ohjelmointiin millään tavalla. Tärkeimpiä asetuksia ovat aihion tartuntaan liittyvät mitat ja tartuntatapa. Käyttöliittymästä saa myös avattua halutessaan työstettävän kappaleen tietokortin ja mittapiirustuksen.

## 2.1 Idean kehittäminen

Messutilaisuutta varten kehitettävän idean tuli olla näyttävä, mutta myös käytännöllinen ja toimiva, jotta asiakkaat saisivat selkeän kuvan robotin toiminnallisuudesta, sekä yrityksen osaamisesta.

Ensimmäiset ideat olivat pääasiassa kokoonpanoon ja näyttävyyteen liittyviä ehdotuksia, kuten kappaleiden siirtely ja liikeratojen muokkaus mahdollisimman näyttäväksi. Yksittäisiä ideoita kertyi paljon, mutta kaikki olivat liian lyhyitä tai yksitoikkoisia messukävijää ajatellen. Lopulta haluttu suunta demolle löytyi ja ideoita alettiin yhdistämään. Usean yksittäisen idean etuna toimi se, että demoa pystyi muokkaamaan hyvin nopeasti poistamalla tai lisäämällä siihen eri osioita.

Koska kyseessä oli konepajateollisuuden messut, haluttiin messudemon kuvaavan juuri sitä ympäristöä mahdollisimman realistisesti, mutta silti näyttävästi. Alkuperäinen idea kappaleiden käsittelystä jäi rungoksi demolle.

## 2.2 Robotti

Yritys valitsi solun robotiksi Fanuc M-20iB/25 -teollisuusrobotin (KUVA 3). Robotin kaapelointi on integroitu käsivarren sisään ja sen jokainen nivel on IP67 suojattu. Ulottuvuus robotilla on 1853 mm ja sen käsittelykyky on 25 kg ranteen kohdalta (Fanuc 2017).

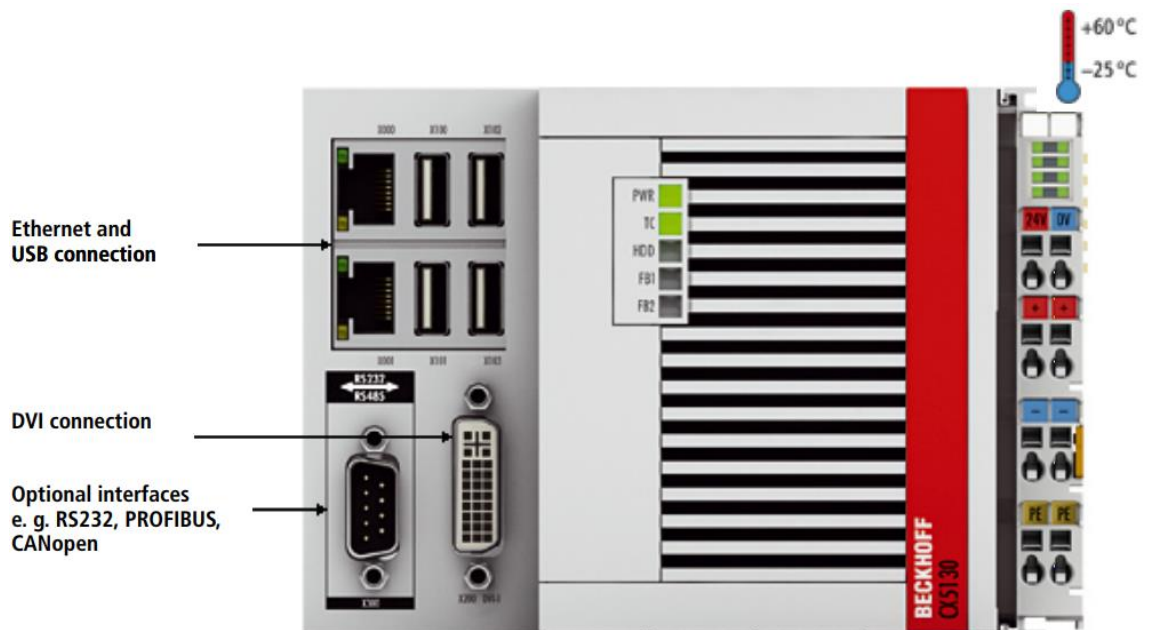


KUVA 3. Fanuc M-20iB/25 (<http://www.fanuc.eu/fi/en/robots/robot-filter-page/m-20-series/m-20ib-25>)

Robotin ulottuvuus oli tarpeeksi suuri soluun, jotta se ylettäisi palettoimaan myös toiselle pöydälle vietävät kappaleet. Valitun mallin pienempi versio M-10 olisi vaatinut vielä erilisen jalustan robotin alle, jotta se olisi ylettänyt lähemmälle paletointipöydälle. Muokkaamalla ja hienosäätämällä isomman mallin liikeratoja saatiin se toimimaan sujuvasti solun sisällä ilman törmäysvaaraa.

## 2.3 Logiikka

Sasbotics Oy käyttää projekteissaan Beckhoff logiikoita, joten se valikoitui myös mesusolun logiikaksi. Opinnäytetyössä käytettiin Beckhoff CX5130 logiikkaa (KUVA 4), joka toimii Windows 10 alustalla. 5000 -sarjan logiikat ovat pienikokoisia, joten ne soveltuvat erinomaisesti pienempiin sähkökaappeihin, kuten tässäkin projektissa. Tiedonsiirto robotin ja PLC:n välillä tapahtui EtherCat -väylän kautta. Logiikan tarkat tekniset tiedot löytyvät liitteestä 2.



KUVA 4. Beckhoff CX5130 PLC (<https://www.beckhoff.fi/>)<https://www.beckhoff.com/>

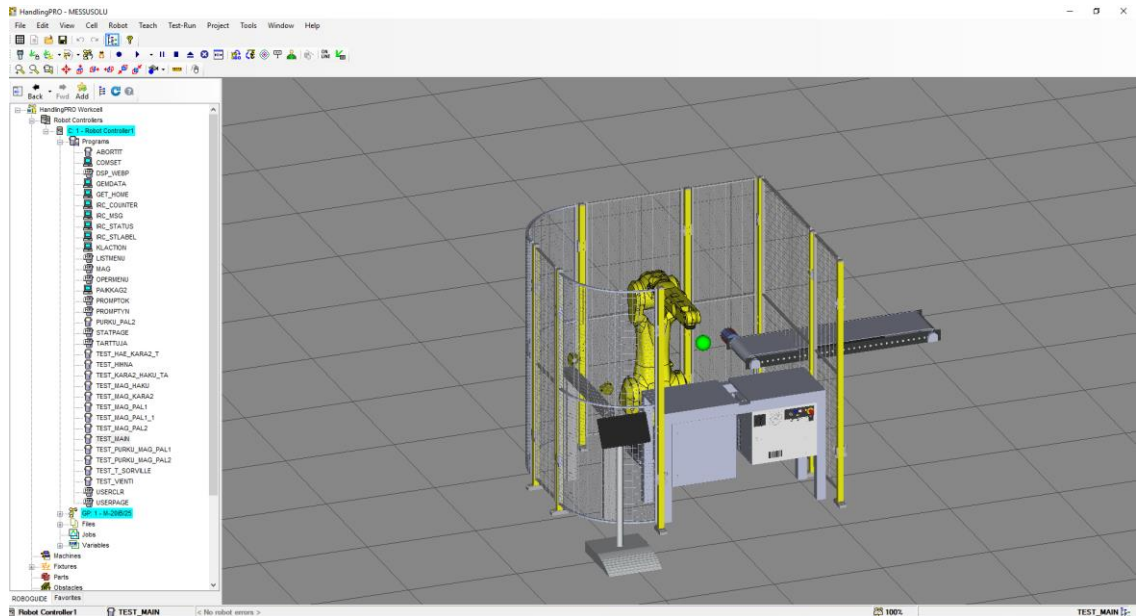
Opinnäytetyössä PLC:n ohjelmointikielenä käytettiin pääasiassa Structured Text ohjelmointikieltä sen monipuolisuuden ja helpon vianhaun vuoksi. Structured text on IEC 61131-3 standardin mukainen Pascal pohjainen PLC ohjelmointikieli, joka on hyvin yleinen Ladder ja Function Block Diagram-ohjelmointitapojen lisäksi.

Beckhoffin logiikoita ohjelmoidaan käyttäen TwinCat 3 -ohjelmaa, joka pohjautuu Microsoft Visual Studio -ohjelmistoon. Turvalogiikka ohjelmoitiin käyttäen FBD -kieltä ja robotin automaatioherätteet käyttäen Ladderia.

Työssä PLC oli master ja itse robotti slave, eli ohjaus tapahtui täysin PLC:n puolella. Robotti lähetti vain kuittaussignaaleja, kun ohjelmakierto oli suoritettu.

### 3 SOLUN RAKENNUS

Messualueesta robotille oli käytettävissä  $6,25m^2$  kokoinen alue. Solu simuloitiin käyttäen Fanuc RoboGuide -ohjelmistoa (KUVA 5), jotta nähtäisiin, onko robotin ulottuvuus tarpeeksi suuri koko solulle.



KUVA 5. Fanuc RoboGuide -simulointiohjelmisto

Simulointiohjelmistolla luotiin testiohjelmiä robotille, joiden avulla nähtiin eri komponenttien tarkka paikoitus solun sisällä. Simuloimalla voitiin testata solun layoutin toimivuus ja nähtäisiin jos jokin komponentti tai liikekäsky aiheuttaisi törmäysvaaran solussa.

Kun solun osien toimivuus oli testattu, alettiin rakenteita kokoamaan ja kiinnittämään seuraavaa testivaihetta varten. Toisten testien jälkeen osat purettiin ja lähetettiin maalaukseen, jonka jälkeen solu kasattiin jälleen ja siirrettiin messualueelle.

### 3.1 Profilirakenteet

Rakenteissa käytettiin alumiiniprofiilia sen ominaisuuksien ja helppokäyttöisyyden vuoksi. Kuvassa 6 nähdään alumiiniprofiilista valmistetut sorvin rakenteet.



KUVA 6. Sorvi

Solun työstökeskukseen käytettiin SMC:n paineilmasylinteriä ja lineaarijohdetta, jotta toinen kara saatiin hakemaan työstettävä kappale ensimmäiseltä karalta. Sorvin karoja kuvataan projektissa kahdella Schunk kolmisormitarttujalla.

Materiaalina alumiiniprofiili oli sopiva valinta sorville, sillä se oli helppoa työstää eikä se antanut periksi sorvin ollessa aktiivinen ja lisäksi materiaalin saatavuus oli erinomainen.

Myös paletointipöytä valmistettiin alumiiniprofiilista, jolloin pöydästä voitiin tehdä täysin soluun sopiva. Alumiiniprofiilin käyttö mahdollisti sähkökaapin sekä robotin ohjausyksikön asennuksen paletointipöydän alle, mikä helpotti niihin pääsyä huoltotilanteissa (KUVA 7).



KUVA 7. Paletointipöytä

Alumiiniprofiilit kiinnitettiin suoraan robottisolun pohjalevyyn. Solun pohjalevy tuettiin alapuolelta metallipalkeilla, jottei solun komponentit tai turva-aidat pääse liikkumaan robotin ollessa aktiivisena. Turva-aidat solulle koottiin käyttäen helposti asennettavia Axelent -merkkisiä aitakomponentteja.

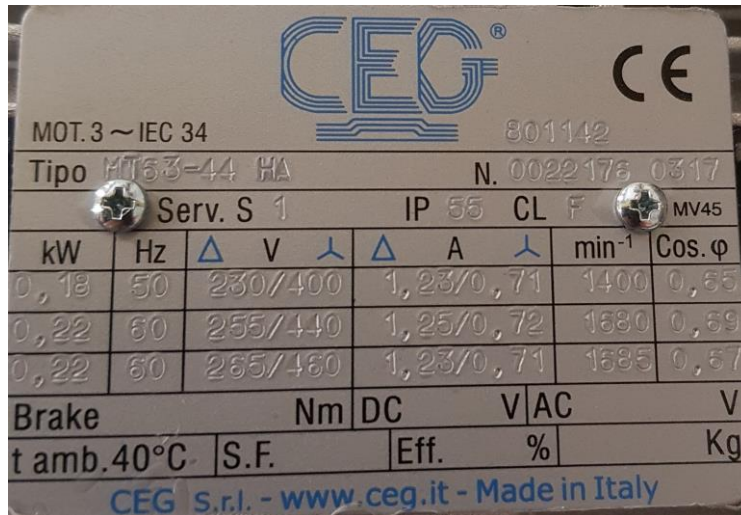
Liukuhihna tuotiin turva-aidan läpi, jotta operaattori pääsee halutessaan lisäämään tai poistamaan aihioita liukuhihnalta (KUVA 8).



KUVA 8. Liukuhihna

### 3.2 Hihnan käyttö

Liukuhihnaa käytettiin 0,18 kW tehoisella moottorilla (KUVA 9), koska hihnalla olevat kappaleet eivät vaatineet painonsa vuoksi kovin suurta tehoa. Moottoriin kytkettiin lisäksi vaihteisto, jotta vääntö olisi varmasti riittävä ajamaan hihnaa myös täysin kuormitettuna.



CEG logo and CE mark at the top. Below the logo, the text reads: MOT.3 ~ IEC 34, 801142. The main table contains the following data:

Tipo		Serv. S		IP		CL		F		MV45	
kW	Hz	$\Delta$ V	$\Delta$ A	$\Delta$ V	$\Delta$ A	min <sup>-1</sup>	Cos. $\phi$				
0,18	50	230/400	1,23/0,71	230/400	1,23/0,71	1400	0,55				
0,22	50	255/440	1,25/0,72	255/440	1,25/0,72	1680	0,59				
0,22	50	255/460	1,23/0,71	255/460	1,23/0,71	1685	0,57				
Brake		Nm		DC		V/AC		V			
t amb. 40°C		S.F.		Eff.		%		Kg			

CEG S.r.l. - www.ceg.it - Made in Italy

KUVA 9. Liukuhihnan moottorin tyyppikilpi

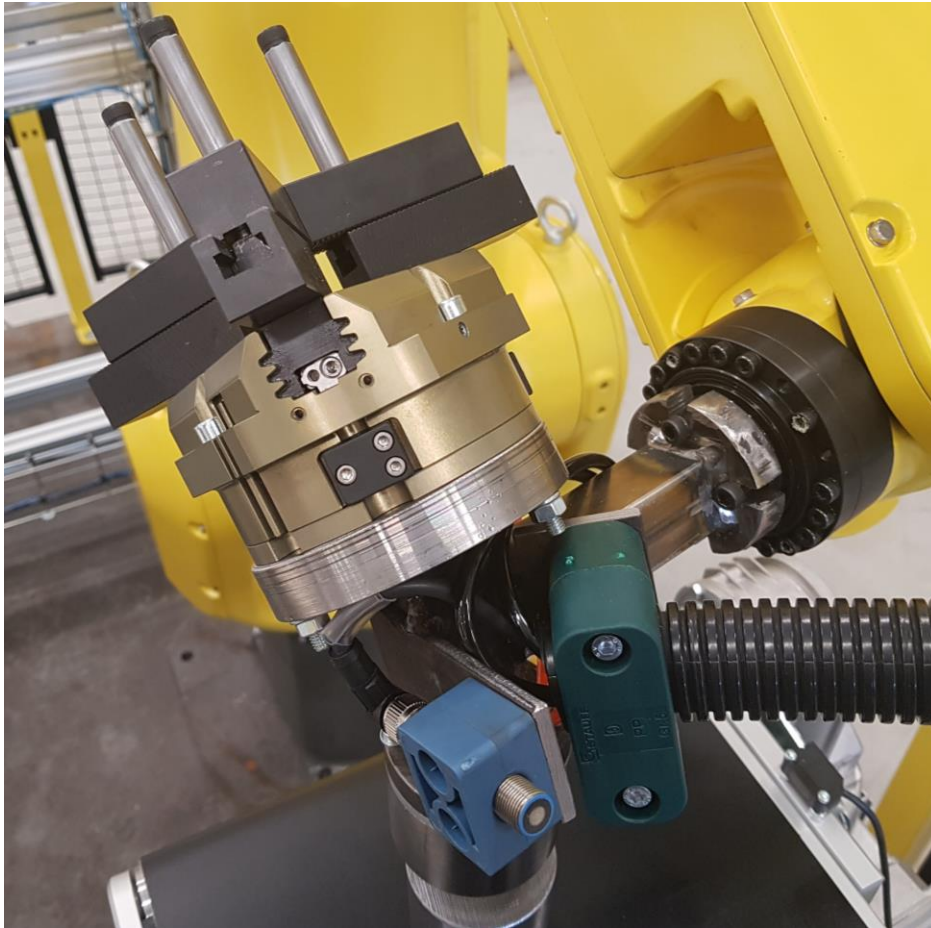
Liukuhihnan moottoria käytettiin Omron MX2 taajuusmuuttajalla (KUVA 10), jolla saatiin helposti säädettyä liukuhihnan käynnistys- ja pysäytysrampit, jotta kappaleiden liike hihnalla olisi sulavaa.



KUVA 10. Omron taajuusmuuttaja

### 3.3 Tarttuja

Robottiin asennettiin Schunkin kolmisormitarttuja, jolla aihioita pystyttiin käsittelemään tarkasti, sekä Ixturin magneettitarttuja, jolla kappaleita voitiin siirtää nopeammin (KUVA 11).



KUVA 11. Robotin tarttuja

Tarttujaan asennettiin Sickin ultraäänianturi mittaamaan aihoiden etäisyyttä hihnan pyyhkäisyn aikana. Sekä kolmisormitarttuja, että magneetti ovat molemmat paineilmatoimisia, joka helpotti tarttujan ja robotin I/O:n liittämistä.

Komponentit asennettiin lyhyen varren päähän ja pieneen kulmaan toisiinsa nähden, jotta tarttujen liikkuvuus saataisiin maksimoitua. Tämän ansiosta tarttumat ja anturi mahtuivat toimimaan samanaikaisesti ja turhat työkalunvaihtajien käytöt ja ohjelmoinnit vältettiin. Kaapelointi tarttujalle saatiin vedettyä käsivarren sivupaneelistä, eikä muita ulkoisia vientejä tarvittu, koska kyseisen robotin kaapelointi on integroitu sen sisään. Tarttujalle vietiin ainoastaan paineilmalitännät, sekä ultraäänianturin kaapeli.



### 3.4 Kohdistuspöytä

Soluun lisättiin magneettitarttujalle erillinen kohdistuspöytä aihion asemointia varten (KUVA 12). Kohdistuspöytään asennettiin kulmarauta, jota vasten robotti käy työntämässä kappaleen, jolloin aihion loppuasema on aina sama.



KUVA 12. Magneettitarttujan kohdistuspöytä

Ultraäänianturin ja magneettitarttujan käyttäminen solussa kameran sijaan välttää konenäkökameran yleiset ongelmat, kuten valaistuksen tiukat vaatimukset ja heijastukset. Messuhallin valaistus olisi turhaan monimutkaistanut konenäkökameran käyttöä.

### 3.5 Sähkösuunnittelu

Sasbotics Oy hoiti projektiin liittyvän sähkösuunnittelun, sekä sähkökaapin kokoamisen liitännöineen. Projektin sähkökuvat löytyvät liitteestä 5 ja sähkökaapin layout liitteestä 20.

## 4 PLC

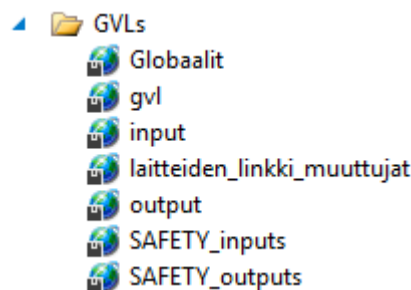
Käytetyimmät muuttujatyypit messudemossa olivat integer, word ja boolean. Työ sisälsi paljon numerodatan siirtoa robotin ja PLC:n välillä, joten word -muuttuja oli hyvin yleinen datan suuruuden vuoksi.

### 4.1 Määrittelyt

Ennen varsinaista ohjelmointia projektissa voidaan määrittää muuttujia, sekä tehdä linkityksiä valmiiksi, jos tiedetään mitä muuttujia ohjelma vaatii. Muutoin listat muuttujista ja linkitykset voidaan tehdä ohjelmien rakentuessa tai vasta viimeisenä.

#### 4.1.1 Muuttujat

Globaalit muuttujat toimivat nimensä mukaisesti projektin jokaisessa erillisessä ohjelmassa, toisin kuin paikalliset muuttujat, jotka toimivat vain niille määrättyssä ohjelmassa. Kuvassa 13 on näkyvissä kaikki projektissa käytetyt globaalit muuttujalistat.



KUVA 13. Projektin globaalit muuttujat

Kuvassa 14 näkyy osa PLC:ltä robotille menevistä outputeista. *AT%Q* määrittää muuttujan outputiksi ja "BOOL" määrittää itse muuttujan tyypin.

```

13 // Robotti
14 R_swipe_start      AT%Q*   :BOOL;
15 R_swipe_end       AT%Q*   :BOOL;
16 R_grip_auki       AT%Q*   :BOOL;
17 R_grip_kiinni     AT%Q*   :BOOL;
18 R_mag_auki        AT%Q*   :BOOL;
19 R_mag_kiinni      AT%Q*   :BOOL;

```

KUVA 14. Output muuttujat

### 4.1.2 I/O linkitykset

Aluksi PLC -ohjelmassa täytyy yhdistää logiikan ja robotin I/O:t keskenään, jotta ne voivat keskustella toistensa kanssa. Ensiksi täytyy määrittää käytettävät bitit (KUVA 15) ja määritellä miten tietoa kohteiden välillä halutaan siirtää.

```

48 // Tavu 6 Ladder herätteet
49     dinp.robot.Prog_running      := robot_to_plc_inp_link[1].byte_num[6].0;
50     dinp.robot.Prog_stopped     := robot_to_plc_inp_link[1].byte_num[6].1;
51     dinp.robot.robot_reset      := robot_to_plc_inp_link[1].byte_num[6].2;
52     dinp.robot.robot_aborted    := robot_to_plc_inp_link[1].byte_num[6].3;
53     dinp.robot.robot_at_home    := robot_to_plc_inp_link[1].byte_num[6].4;
54     dinp.robot.robot_HS_ok      := robot_to_plc_inp_link[1].byte_num[6].5;
55     dinp.robot.avaimet_auto     := robot_to_plc_inp_link[1].byte_num[6].6;

```

KUVA 15. Muuttujien linkitys bitteihin.

Jokaisen tavun bitille määritellään erikseen oma muuttujansa, ellei kyseessä ole useampaa tavua vaativa tyyppi kuten word. Silloin yhden muuttujan jokainen bitti määritellään kahdelle tavulle.

Tämän jälkeen robotille ja PLC:lle täytyy kertoa mikä muuttuja vastaa kutakin output -signaalia (KUVA 16). Tulot ja lähdöt täytyy linkittää muuttujiin, jotta niitä voidaan käyttää myös logiikan ohjelmissa.

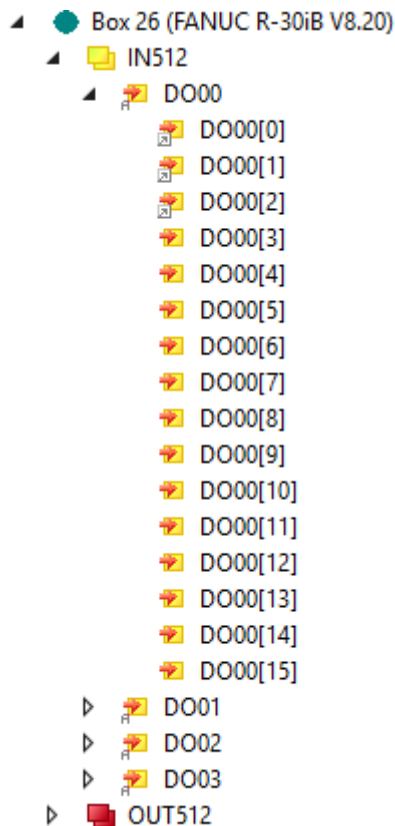
```

5 // Robotti
6     dout.robot.R_UA_arvo        := input.R_UA_arvo;
7     dout.robot.R_X_arvo        := output.R_X_arvo;
8     dout.robot.R_Y_arvo        := output.R_Y_arvo;
9     dout.robot.R_grip_auki      := output.R_grip_auki;
10    dout.robot.R_grip_kiinni    := output.R_grip_kiinni;
11    dout.robot.R_mag_auki       := output.R_mag_auki;
12    dout.robot.R_mag_kiinni     := output.R_mag_kiinni;

```

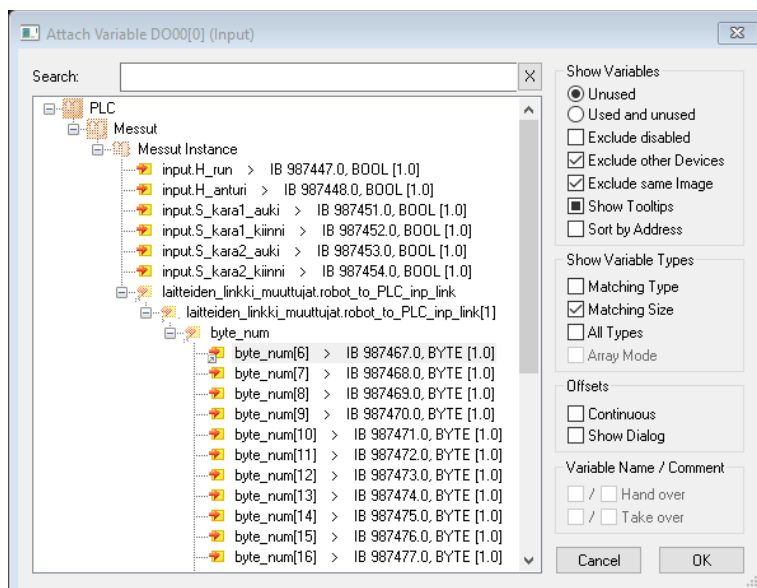
KUVA 16. Robotin ja PLC:n väliset kättelyt muuttujille

Muuttujat täytyy vielä linkittää robotin I/O:n kanssa yhteen (KUVA 17), jotta tiedonsiirto on mahdollista.



KUVA 17. Robotin EtherCat -väylän I/O

Jokainen digitaalinen output listassa vastaa kooltaan yhtä tavua, jotka tulee linkittää niille määrättyihin muuttujiin (KUVA 18).



KUVA 18. I/O:n linkitettävät muuttujat

## 4.2 Ohjelmat

Tässä osiossa käydään läpi PLC projektin ohjelmat esimerkkien avulla. Esimerkit eivät sisällä koodia täydellisenä, vaan niistä käydään läpi vain tärkeimmät osiot. Sivuetetut koodin osat sisältävät pääasiassa IF -lauseita ja yksinkertaisia ehtoja, joilla tarkennetaan osien määrittelyitä, eivätkä ne ole kriittisiä ohjelman toimivuuden kannalta.

### 4.2.1 Aihion etsintä

Liukuhinnan anturi lähettää tiedon logiikalle, kun aihio havaitaan hihnan eturajalla. Logiikka käskää tällöin robotin siirtymään liukuhihnalle, josta se menee aloitusasemaan etsintää varten. Aihio etsitään käyttäen robottiin asennettua ultraäänianturia, jolla aihion paikka tunnustetaan. Robotti pyyhkäisee liukuhinnan pään ja tunnistaa aihion.

Pyyhkäisyyn aikana logiikka laskee tarkasti aihion sijainnin ja lähettää sijaintitiedon robotille x- ja y-akseleiden paikkatietona (KUVA 19). Robotti siirtyy paikkatietojen mukaisesti ja suorittaa aihion poiminnan omassa ohjelmassaan.

```

10      -
11      // Taulukointi
12      l:
13      IF input.R_swipe_start THEN
14          anturiarray[input.R_X_arvo]:=input.R_UA_arvo;
15          index:=input.R_X_arvo-5;
16          IF anturiarray[index]<arvo2 AND anturiarray[index]>0 THEN
17              arvo2:=anturiarray[index];
18              Y_arvo:=((arvo2+5020)/252);
19              y piste:=Y_arvo+halkaisija/2;
20              indeksiarvo:=index;
21          END_IF
22          gvl.STEP_haku:=1;
23      END_IF
24

```

KUVA 19. Anturitietojen taulukointi ja vertailu

Logiikka tallentaa jatkuvasti anturidataa taulukkoon, jossa arvoja verrataan samanaikaisesti keskenään muuttujien välillä (KUVA 20).

```

1  PROGRAM Hihnalta_haku_2
2  VAR
3      arvo2           :WORD;           (*Vertailtava arvo anturilta*)
4      Ypiste         :WORD;           (*Tarttujan Y asema poiminnalle*)
5      halkaisija     :WORD:=60;       (*Aihion halkaisija*)
6      X_arvo         :WORD;           (*Lähetettävä X -arvo*)
7      Y_arvo         :WORD;           (*Lähetettävä Y -arvo*)
8      index          :WORD;           (*Indeksi*)
9      indeksiarvo    :WORD;           (*X paikkatieto tallennetaan indeksin arvoon*)
10     anturiarray    :ARRAY[1..330] OF WORD; (*Taulukko*)
11     nolla          :WORD:=0;        (*Nollausmuuttuja*)
12 END_VAR

```

KUVA 20. Aihion etsinnän paikalliset muuttujat

Ennen paikkatiedon lähetystä robotille, PLC tallentaa vertailtavien muuttujien datan erillisille muuttujille, jottei paikkatietoja missään vaiheessa vahingossa kirjoiteta yli.

#### 4.2.2 Liukuhihna

Liukuhihna toimii joko automaattilla solun kanssa yhteistyössä, tai manuaalisesti. Hihnalle määritettiin ehtoja sen ollessa automaattilla, joilla liikkeen ominaisuuksin voitiin vaikuttaa (KUVA 21).

```

8  0:
9  IF gvl.H_manual THEN
10     gvl.H_ahiot_loppu:=TRUE;
11  ELSIF gvl.H_auto AND gvl.H_ahiot_IN AND NOT input.R_at_hihna AND NOT input.H_raja_etu AND NOT gvl.H_virhe THEN
12     gvl.STEP_kaytto:=1;
13  ELSIF gvl.H_auto AND gvl.H_ahiot_OUT AND NOT input.R_at_hihna AND NOT input.H_raja_taka AND NOT gvl.H_virhe AND gvl.wait_kaytto_2.Q THEN
14     gvl.STEP_kaytto:=2;
15  ELSIF gvl.H_auto AND gvl.H_ahiot_OUT AND NOT input.R_at_hihna AND NOT input.H_raja_taka AND NOT gvl.H_virhe AND NOT gvl.R_pura THEN
16     gvl.STEP_kaytto:=3;
17  END_IF
18
19  // ETEEN
20  1:
21
22  // TAAKSE
23  2:

```

KUVA 21. Hihnan tilakoneen tarkasteluvaihe

Tilakoneen steppien 1 ja 2 toiminnallisuus on määritelty tilakoneen ulkopuolella, jotta koodi olisi selkeämpää ja kunkin stepin tapahtumia olisi helpompi seurata.

Hihnan molemmissa päissä oli rajat, jottei liikuteltavat aihiot pääse putoamaan. Hihnan ollessa automaattilla se ajaa aihion eturajalle ja pysähtyy. Hihna lähtee liikkeelle vasta kun robotti antaa herätteen, ettei ole enää hihnan läheisyydessä.

Purkuvaiheita on kaksi, koska aluksi robotti purkaa aihiot hihnalle automaattisesti, kunnes paletti on tyhjä. Aina kun robotti tuo aihion hihna liikkuu taaksepäin ajastimen määräämän ajan ja pysähtyy. Kun paletti on tyhjä, hihna liikkuu taaksepäin, kunnes takaraja tunnistaa kappaleen, jotta aihiot on helppo purkaa solusta. Jos aihioita lisätään hihnalle, täytyy operaattorin kuitata se resetointi -painikkeella, joka alkaa taas liikuttaa hihnaa eteenpäin muiden ehtojen ollessa tosia (KUVA 22).

```

88 IF gvl.H_ahiot_RESET THEN
89     gvl.H_manual:=FALSE;
90     gvl.H_auto:=TRUE;
91     gvl.H_ahiot_loppu:=FALSE;
92     gvl.H_ahiot_RESET:=FALSE;
93 END_IF

```

KUVA 22. Aihioden lisääminen ja hihnan resetointi

### 4.2.3 Sorvi

Sorvin toiminta on toteutettu tilakoneella, jossa logiikka tarkastaa aluksi määrätyt ehdot ja siirtyy sen mukaan tiettyyn toimintoon (TAULUKKO 1).

TAULUKKO 1. Ohjelman ehdot

Ehto	Toiminto
Kara 1 tyhjä	Robotti vie aihion karalle 1
Kara 1 täysi, kara 2 tyhjä	Kara 2 hakee kappaleen karalta 1
Kara 2 täysi	Robotti hakee kappaleen karalta 2
Kara 1 ja 2 täysi	Robotti hakee kolmannen kappaleen tarttujaan

Sorvin tilan tarkastelu suoritetaan nollastepissä, josta päädytään eri vaiheeseen ehtojen täytyessä (KUVA 23).

```

8  0:
9  // 1: P1 ja P2 tyhjät
10 IF NOT gvl.K1_ladattu AND NOT gvl.K2_ladattu AND input.R_ladattu THEN
11     output.S_karal_auki:=TRUE;
12     output.S_kara2_auki:=TRUE;
13     output.R_to_karal:=TRUE;
14     gvl.step_sorvi:=1;
15
16 // 2: P1 ja P2 ladattu
17 ELSIF gvl.K1_ladattu AND gvl.K2_ladattu THEN
18     IF gvl.H_ahiot_loppu THEN
19         output.R_to_karal:=FALSE;
20         output.R_to_kara2:=TRUE;
21         output.R_to_hihna:=FALSE;
22         gvl.step_sorvi:=2;
23     ELSIF gvl.Aihio_hihnalla THEN
24         output.R_to_hihna:=TRUE;
25         output.R_to_kara2:=TRUE;
26         gvl.step_sorvi:=2;
27     END_IF
28
29 // 3: P1 ladattu, P2 tyhjä
30 ELSIF gvl.K1_ladattu AND NOT gvl.K2_ladattu THEN
31     output.S_kara2_auki:=TRUE;
32     gvl.step_sorvi:=3;
33
34 // 4: P1 tyhjä, P2 ladattu
35 ELSIF NOT gvl.K1_ladattu AND gvl.K2_ladattu THEN
36     output.S_karal_auki:=TRUE;
37     gvl.step_sorvi:=4;
38 END_IF

```

KUVA 23. Sorvin tilakoneen ehtojen tarkastus

Työkierron ensimmäiset kaksi kappaletta tuodaan aina karalle 1, koska kara 2 hakee työs-  
tetyn aihion työkierron jälkeen. Sorvin ollessa täysi, robotti hakee kolmannen kappaleen  
tarttujaan valmiiksi, jonka jälkeen se poistaa kappaleen toiselta karalta ja asettaa haetun  
kappaleen ensimmäiselle karalle. Poistettu aihio viedään vasta tämän jälkeen paletointi-  
pöydälle.



Kolmannessa stepissä sorvi toimii itsenäisesti ilman robottia (KUVA 24). Kun robotti on poistunut sorin läheisyydestä, lähtee kara 2 liikkeelle ja hakee aihion karalta 1.

```

64 // P1 ladattu, P2 tyhjä
65 3:
66 IF NOT input.R_at_sorvi AND NOT input.R_at_karal AND NOT input.R_at_kara2 THEN
67     kara2_to_karal:=TRUE;
68     IF gvl.wait_sorvi_1.Q THEN
69         output.S_kara2_auki:=FALSE;
70         IF NOT gvl.wait_sorvi_2.Q THEN
71             output.S_karal_auki:=TRUE;
72             gvl.K2_ladattu:=TRUE;
73             gvl.K1_ladattu:=FALSE;
74             kara2_to_karal:=FALSE;
75             IF gvl.wait_sorvi_3.Q THEN
76                 kara2_to_koti:=TRUE;
77                 gvl.step_sorvi:=0;
78             END_IF
79         END_IF
80     END_IF
81 END_IF

```

KUVA 24. Sorvin kolmas vaihe

Tartuntojen sekä liikkeiden ajoitus on toteutettu ajastimilla, jotka lähtevät käyntiin vain tietyistä herätteistä (KUVA 25).

```

1 gvl.wait_sorvi_1(IN:=input.S_kara2_at_karal, PT:=T#500MS);
2 gvl.wait_sorvi_2(IN:=output.S_kara2_auki, PT:=T#500MS);
3 gvl.wait_sorvi_3(IN:=output.S_karal_auki, PT:=T#500MS);

```

KUVA 25. Sorvin ajastimet ja niiden herätteet

#### 4.2.4 Paletointi

Paletointikuvio toteutettiin käyttäen robotin ohjelmaa. PLC antoi robotille ohjauskäskyn aina kun aihio haluttiin viedä paletille. Valittu paletointikuvio määräytyi GUI:n kautta, jota pystyttiin vaihtamaan ohjelman ollessa aktiivinen.

Paletoinnissa käytettiin pääasiassa robotin omaa ohjelmaa kuvion tekemiseen. GUI:n avulla valittiin kahden paletointikuvion väliltä ja PLC lähetti tiedon, sekä herätteen robotille, kun paletointiohjelman ajamiseen oli lupa (KUVA 26).

```

7  CASE gvl.STEP_palet OF
8  0:
9  IF gvl.laskuri_palet_1 < gvl.aihio_num AND output.R_to_palet AND gvl.P_kuvio_1 AND gvl.H_ahiot_IN THEN
10     output.R_palet_2:=FALSE;
11     output.R_palet_1:=TRUE;
12     gvl.STEP_palet:=1;
13  ELSIF gvl.laskuri_palet_2 < gvl.aihio_num AND output.R_to_palet AND gvl.P_kuvio_2 AND gvl.H_ahiot_IN THEN
14     output.R_palet_1:=FALSE;
15     output.R_palet_2:=TRUE;
16     gvl.STEP_palet:=2;
17  END_IF
18
19  // Kuvio 1
20  1:
21  IF TRIG_1.Q THEN (* aihio laskettu pöydälle *)
22     output.R_palet_1:=FALSE;
23     gvl.STEP_palet:=0;
24  ELSE
25     gvl.STEP_palet:=0;
26  END_IF
27
28  // Kuvio 2
29  2:
30  IF TRIG_2.Q THEN (* aihio laskettu pöydälle *)
31     output.R_palet_2:=FALSE;
32     gvl.STEP_palet:=0;
33  ELSE
34     gvl.STEP_palet:=0;
35  END_IF
36  END_CASE

```

KUVA 26. Määritetyn paletointikuvion tarkastus

Ohjelmassa tarkastetaan määritetyn paletointikuvion lisäksi myös, onko paletti täynnä ja ajetaanko aihioita edelleen solun sisään, koska samoja herätteitä käytetään myös purkuohjelmassa. Tällä varmistetaan, ettei robotti pääse paletille väärässä ohjelmassa tai vaiheessa. Kun robotti on laskenut kappaleen paletointipöydälle, sillä ei ole enää lupaa mennä paletille uudestaan ennen kuin sorvin ohjelma antaa uuden herätteen.

### 4.3 Turvalogiikka

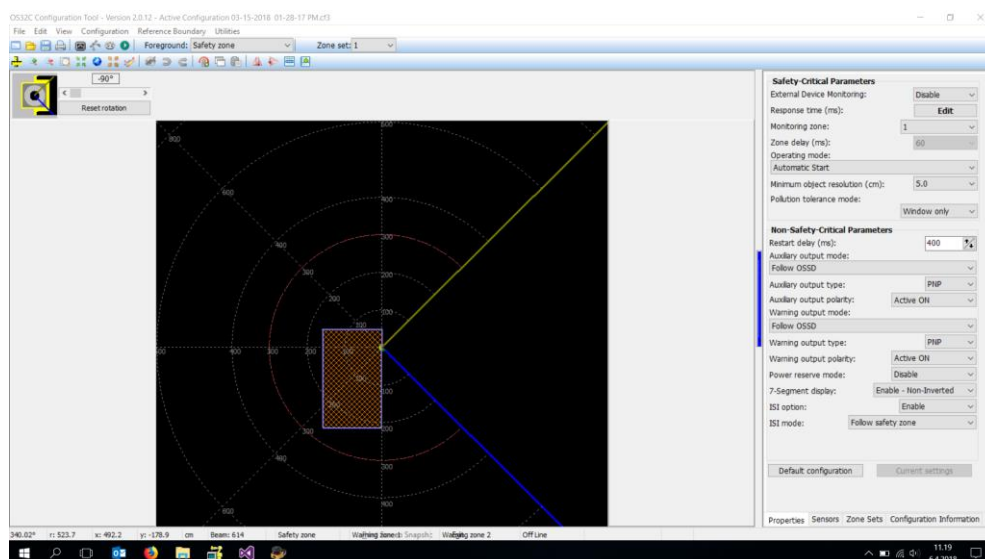
Solussa käytettiin Beckhoffin oma TwinSafe turvalogiikkaa, sekä Omron OS32C laserskanneria (KUVA 27).



KUVA 27. Omron OS32C laserskanneri ([https://assets.omron.eu/downloads/brochure/fi/v2/os32c\\_brochure\\_fi.pdf](https://assets.omron.eu/downloads/brochure/fi/v2/os32c_brochure_fi.pdf))

Robottisolun eteen jätettiin aukko katsojille, jotta robotin toimintaa pääsee helpommin tarkastelemaan, eikä edessä ole katselua haittaavaa verkkoa. Laserskanneri on erinomainen ratkaisu tällaisiin käyttökohteisiin. Skannerille voidaan määrittää eri tyyppisiä alueita, joilla voidaan hidastaa tai pysäyttää robotin liike kokonaan. Messudemossa oli käytössä vain robotin liikkeen pysäyttävä alue.

Skannerin asetukset määritettiin Omronin omalla ohjelmistolla, josta pystyttiin säätämään turva-alueita ja tunnistuksen ominaisuuksia (KUVA 28).



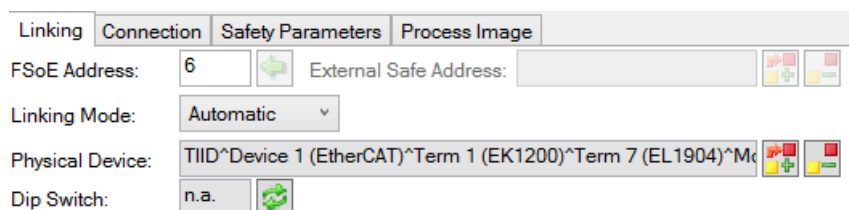
KUVA 28. Omron os32c configuration tool -ohjelmisto

Varsinaisen turvalogiikan ohjelmoinnissa oli käytössä pelkästään FBD (KUVA 29). Beckhoffin TwinSafe -ympäristö pohjautuu täysin kyseiseen ohjelmointitapaan, joten Structured Text on ainoastaan käytössä hätäseis -painikkeiden ja muuttujien linkityksessä.



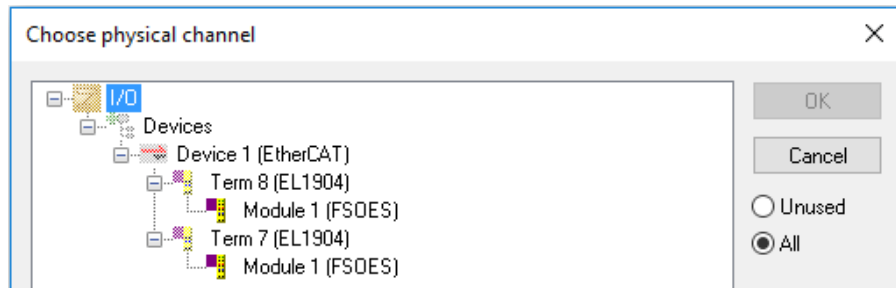
KUVA 29. Hätäseis -painikkeiden Function Block kaavio

Turvapiirien komponentit toimivat kaksikanavaisina, joista molempien täytyy olla jatkuvasti toiminnassa. Jos toinen kanava putoaa, turvapiiri katkeaa. Kanavat kytketään logiikkaan liitettäviin kortteihin, jotka täytyy myös linkittää projektiin. Kortti määrätään tietylle numerolle, joka kerrotaan logiikalle (KUVA 30).



KUVA 30. Turvalogiikan korttien määrittäminen

Jos kortit on asennettu oikein, ne ilmestyvät linkitettävien termien listaan, josta valitaan haluttu kortti (KUVA 31).



KUVA 31. Fyysiset termit

Korttien asentamisen jälkeen luodaan muuttujat ja linkitetään ne turvaprojektiin. Muuttujiin tulee luoda hätäseis -painikkeet ja laitteiden kanavat, sekä virheenkäsittely (KUVA 32).

Variable Mapping					
Variables	Group Ports	Replacement Values	Max Start Deviation		
Assigned Variable	Direction	Alias Port	Port Name	Instance Name	Function Name
Reset1	input	Reset.In (TwinSafeGroup1)	Restart	Robotti	safeEstop
Rob_Estop_CH1	input	A7.InputChannel1 (TwinSafeGroup1)	EStopIn1	Robotti	safeEstop
Rob_Estop_CH2	input	A7.InputChannel2 (TwinSafeGroup1)	EStopIn2	Robotti	safeEstop
Robot_OK_PLC	output	Robo_HS_OK_PLC.Out (TwinSafeGroup1)	EStopDelOut	Robotti	safeEstop
Reset2	input	Reset.In (TwinSafeGroup1)	Restart	Paneeli	safeEstop
OP_CH1	input	A7.InputChannel3 (TwinSafeGroup1)	EStopIn1	Paneeli	safeEstop
OP_CH2	input	A7.InputChannel4 (TwinSafeGroup1)	EStopIn2	Paneeli	safeEstop
OP_OK_PLC	output	OP_HS_OK_PLC.Out (TwinSafeGroup1)	EStopDelOut	Paneeli	safeEstop
Estops_OK	output	A9.OutputChannel1 (TwinSafeGroup1)	DecOut1	FBDecouple1	safeDecouple
Tamu_estop_CH1	output	A9.OutputChannel3 (TwinSafeGroup1)	DecOut4	FBDecouple1	safeDecouple
Tamu_estop_CH2	output	A9.OutputChannel4 (TwinSafeGroup1)	DecOut5	FBDecouple1	safeDecouple

KUVA 32. Turvalogiikan muuttujalista

Turvalogiikan linkitykset eroavat muusta ohjelmoinnista siten, että yhtään muuttujaa ei saa jäädä vapaaksi, eli kaikki muuttujat tulee linkittää johonkin. Muihin linkityksiin voidaan kirjoittaa valmiiksi tyhjiä bittejä myöhempää käyttöä varten, mutta turvalogiikka ei anna ladata projektia PLC:n sisään, jos se havaitsee käyttämättömiä muuttujia.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyö saatiin tehtyä täysin aikataulussa, eikä isompia ongelmia projektin aikana syntynyt. Projektille asetetut alkuperäiset tavoitteet täytettiin hyvissä ajoin ennen messutapahtumaa ja huoltoaikaa jäi reilusti. Messusolu sijoittui hallissa paikalle A377 (KUVA 33).



KUVA 33. Valmis solu messupaikalla

Toimeksiantajan toiveesta messudemoon lisättiin pieniä osia vielä messujen aikana, kuten solun täysautomaattinen ajo ja purkukuvion muuttaminen liukuhihnalle. Lisätyöt saatiin toteutettua onnistuneesti aina messupäivän jälkeen.

Projektissa on monia epäkäytännöllisiä ja monimutkaisia ratkaisuja, joita on helppo parantaa ja yksinkertaistaa tulevissa projekteissa. Ratkaisuissa keskityttiin pääasiassa toiminnallisuuteen, eikä niinkään optimaaliseen ja selkeälukaiseen koodiin. Moni PLC -ohjelma aloitettiin täysin alusta useaan kertaan, aina kun koodista keksittiin huomattavasti selkeämpi versio, mutta koodia ei kuitenkaan alettu erikseen optimoimaan.

Suurimmat ongelmat koko projektin aikana aiheutuivat PLC:n ohjelmiston käytön kokeuttavuudesta, mutta ohjelman kirjoittaminen alkoi kuitenkin sujua melko nopeasti.

Kaikki ongelmat ratkaistiin itsenäisesti tai viimeistään toimeksiantajan pienellä ohjeistuksella, kuinka asiassa päästäisiin eteenpäin.

Projekti kokonaisuudessaan loi selkeän kuvan siitä, millaisia osia eri ohjelmat vaativat ja kuinka niitä kannattaa rakentaa. Tulevissa projekteissa on helpompi lähteä suunnittelemaan ohjelmia huomattavasti loogisemmin ja selkeämmin heti alusta. Koska koodin kirjoittamiselle löytyy tapoja yhtä monta kuin on kirjoittajia, helpotti projekti löytämään itselle sen helpoimman ja yksinkertaisimman tavan rakentaa ohjelmarunkoja.

## LÄHTEET

Sasbotics. WWW-sivu. Luettu 5.1.2018

<http://sasbotics.fi/sasbotics/>

Fanuc. WWW-sivu. M-20iB/25. Luettu 25.1.2018

<http://www.fanuc.eu/fi/en/robots/robot-filter-page/m-20-series/m-20ib-25>

Fanuc. 2017. Esite. M-20iB/25. Luettu 25.1.2018

Beckhoff. CX5130. Esite. Luettu 20.1.2018

[https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main\\_Catalog/english/separate-pages/Embedded\\_PC/CX5130.pdf](https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main_Catalog/english/separate-pages/Embedded_PC/CX5130.pdf)

Omron. Os32C. Esite. Luettu 20.1.2018

[https://assets.omron.eu/downloads/brochure/fi/v2/os32c\\_brochure\\_fi.pdf](https://assets.omron.eu/downloads/brochure/fi/v2/os32c_brochure_fi.pdf)



Liite 1. Fanuc M-20iB/25 esite

Controlled axes	Repeatability (mm)	Mechanical weight (kg)	Motion range [°]						Maximum speed [°/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	± 0.02*	210	340(360)	240	303	400	290	540	205	205	260	415	415	880	51/2.2	51/2.2	31/1.2

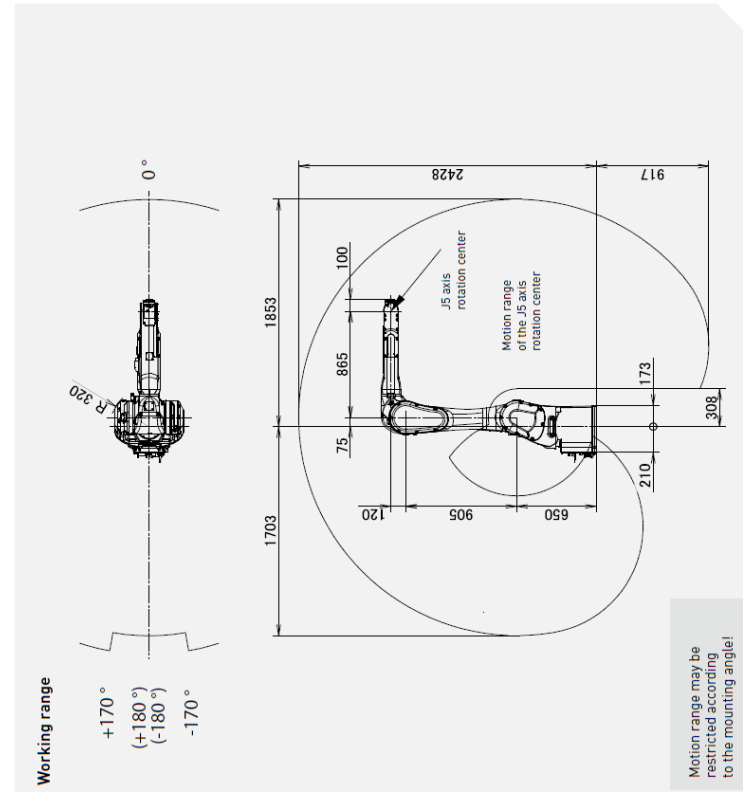
**M-20iB/25**



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



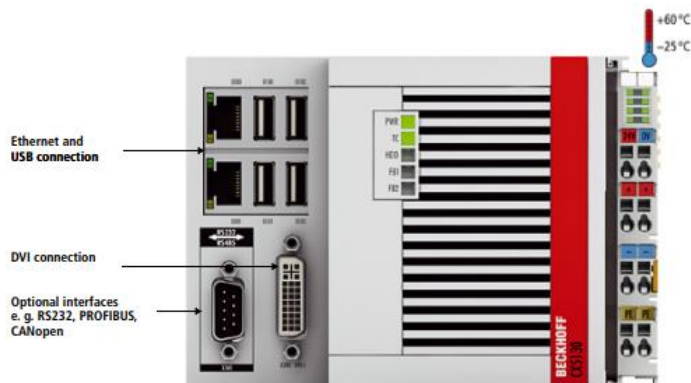
Max. reach: **1853 mm**



<b>Robot</b>	<b>M-20iB/25</b>
Robot footprint (mm)	383 x 343
Mounting position Floor	•
Mounting position Upside down	•
Mounting position Angle	•
<b>Controller</b>	<b>R30iB</b>
Open air cabinet	-
Mate cabinet	o
A-cabinet	•
B-cabinet	o
Pendant Touch	•
<b>Electrical connections</b>	
Voltage 50/60Hz 3phase [V]	380-575
Voltage 50/60Hz 1phase [V]	-
Average power consumption [kW]	1
<b>Integrated services</b>	
Integrated signals on upper arm In/Out	8/2
Integrated air supply	1
<b>Environment</b>	
Acoustic noise level [dB]	< 70
Ambient temperature [°C]	0-45
<b>Protection</b>	
Body standard/optional	IP67
Wrist & J3 arm standard/optional	IP67

• standard    o on request    - not available    ( ) with hardware and/or software option    \*Based on ISO9283

## CX5130



## i CX5130 | Embedded PC with Intel® Atom™ processor

The CX5130 has an Intel® Atom™ multi-core processor with a clock rate of 1.75 GHz. This makes genuine multi-core technology possible in the Embedded PC segment. The hardware interfaces in this new series are oriented and implemented identically to those of the existing CX5000 series. Two independent, Gigabit-capable Ethernet interfaces as well as four USB 2.0 and a DVI-I interface are available. A multitude of further connection options and gateway functions is created by an option interface, which can be pre-equipped ex factory, as well as the I/O level, which can optionally consist of either E-bus or K-bus terminals.

The CX5130 is characterised by low power consumption and fanless design.

Depending on the installed TwinCAT runtime environment, the CX5130 can be used for implementing PLC or PLC/Motion Control projects with or without visualisation. The execution of Motion Control applications with interpolating axis movements is also possible.

The extended operating temperature range from -25 to +60 °C enables the use in climatically demanding environments.

Like the CX5000, the CX5100 series has a compact design; a modular device with extension modules like in the CX2000 series is not available.

The order identifier is derived as follows:

CX5130-01ST		Optional interfaces:
0	= no TwinCAT	CX5130-N020 = audio interface
1	= with TwinCAT 2 PLC runtime	CX5130-N030 = RS232, D-sub plug
2	= with TwinCAT 2 NC PTP runtime	CX5130-N031 = RS422/RS485, D-sub socket
3	= with TwinCAT 2 NC I runtime	CX5130-M310 = PROFIBUS master, D-sub socket, 9-pin
5	= TwinCAT 3 runtime (XAR)	CX5130-B310 = PROFIBUS slave, D-sub socket, 9-pin
0	= no operating system	CX5130-M510 = CANopen master, D-sub plug, 9-pin
1	= operating system Windows Embedded Compact 7	CX5130-B510 = CANopen slave, D-sub plug, 9-pin
2	= operating system Windows Embedded Standard 7 P 32 bit	CX5130-M930 = PROFINET RT, controller
3	= operating system Windows Embedded Standard 7 P 64 bit	CX5130-B930 = PROFINET RT, device, Ethernet (2 x RJ45 switch)
4	= Windows 10 IoT Enterprise LTSB 32 bit	CX5130-B931 = PROFINET IRT, device, Ethernet (2 x RJ45 switch)
5	= Windows 10 IoT Enterprise LTSB 64 bit	CX5130-B950 = EtherNet/IP slave, Ethernet (2 x RJ45 switch)
<small>Since not all combinations make sense, the table "Ordering information" contains a breakdown of the permissible combinations.</small>		CX5130-B110 = EtherCAT slave, EtherCAT IN and OUT (2 x RJ45)

## Liite 3. Beckhoff CX5130 esite

2 (3)

Technical data	CX5130
Processor	Intel® Atom™ E3827, 1.75 GHz
Number of cores	2
Flash memory	slot for CFast card and for microSD card (cards are not included)
Internal main memory	4 GB DDR3 RAM (not expandable)
Persistent memory	integrated 1-second UPS (1 MB on CFast card)
Interfaces	2 x RJ45, 10/100/1000 Mbit/s, DVI-I, 4 x USB 2.0, 1 x optional interface
Diagnostics LED	1 x power, 1 x TC status, 1 x flash access, 2 x bus status
Clock	internal battery-backed clock for time and date (battery exchangeable)
Operating system	Microsoft Windows Embedded Compact 7, Microsoft Windows Embedded Standard 7 P or Microsoft Windows 10 IoT Enterprise LTSB
Control software	TwinCAT 2 runtime TwinCAT 3 runtime (XAR)
I/O connection	E-bus or K-bus, automatic recognition
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Current supply E-bus/K-bus	2 A
Max. power loss	11 W (including the system interfaces)
Dimensions (W x H x D)	142 mm x 100 mm x 92 mm
Weight	approx. 960 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protection class	IP 20
Approvals	CE, UL, Ex, IECEx
TC3 performance class	performance (40); please see <a href="#">here</a> for an overview of all the TwinCAT 3 performance classes

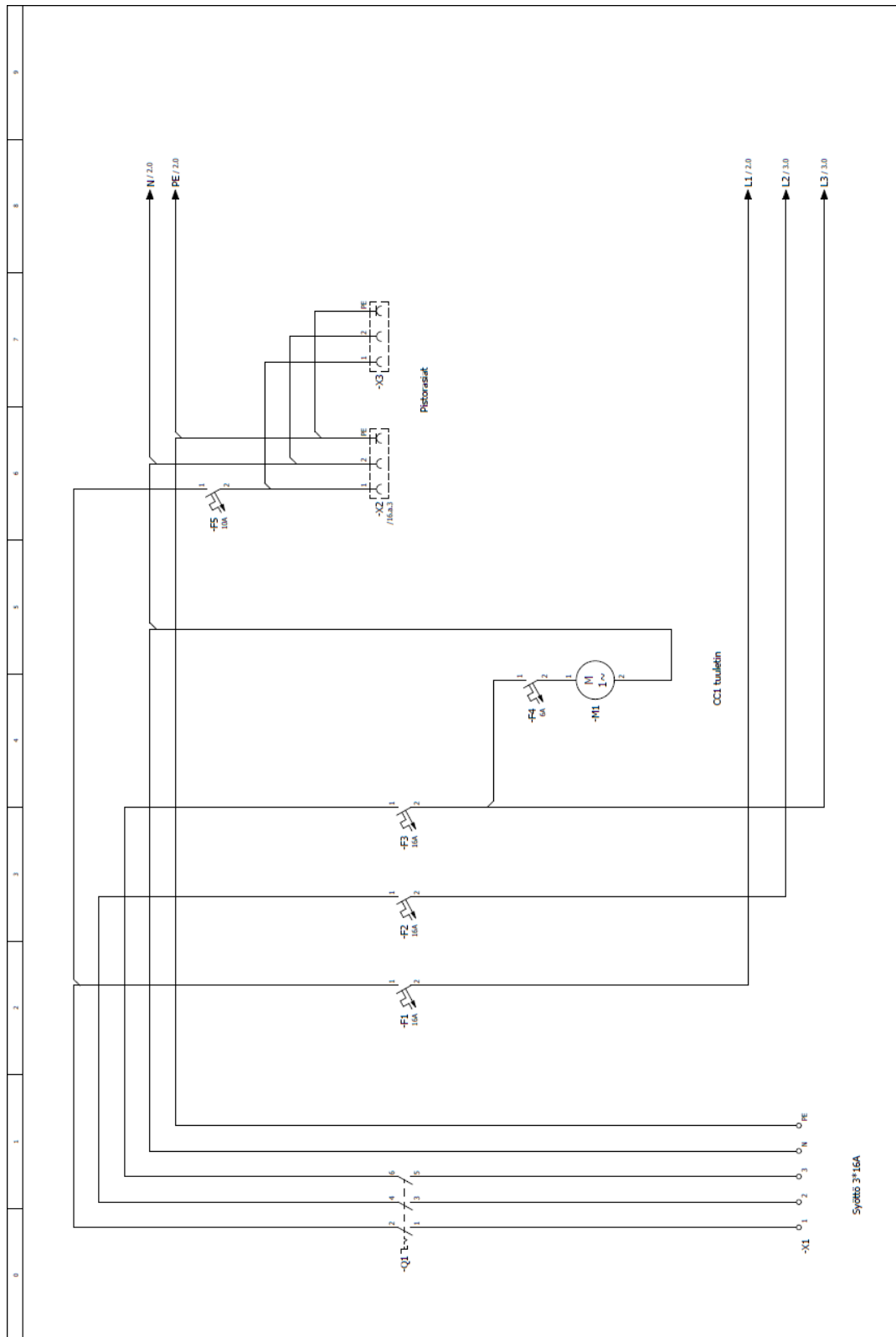
Ordering information	no operating system	Windows Embedded Compact 7	Windows Embedded Standard 7 P 32 bit	Windows Embedded Standard 7 P 64 bit	Windows 10 IoT Enterprise LTSB 32 bit	Windows 10 IoT Enterprise LTSB 64 bit	no TwinCAT	TwinCAT 2 PLC runtime	TwinCAT 2 NC PTP runtime	TwinCAT 2 NC I runtime	TwinCAT 3 run (XA)
CX5130-0100	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
CX5130-0110	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-
CX5130-0111	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-
CX5130-0112	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
CX5130-0113	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-
CX5130-0115	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x
CX5130-0120	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	-
CX5130-0121	-	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-
CX5130-0122	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-
CX5130-0123	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-
CX5130-0125	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x
CX5130-0130	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-
CX5130-0135	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x
CX5130-0140	-	-	-	-	x	-	x	-	-	-	-
CX5130-0141	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-
CX5130-0142	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-
CX5130-0143	-	-	-	-	x	-	-	-	-	x	-
CX5130-0150	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-
CX5130-0155	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	x

Accessories	
CX1900-0101	DVI-to-VGA passive adaptor for connecting a standard desktop VGA monitor to the CX system (singles out the VGA signals of the DVI-I interface).
CX2900-00xx	CFast cards: 2, 4, 8, 16, 32 GB CFast card
CX2900-0107	Device modification for CX5120, CX5130, CX5140 and CX9020 Embedded PCs according to the requirements for ATEX and IECEx certification. The modification is mandatory for the usage of CX5120, CX5130, CX5140 and CX9020 in hazardous areas, Zone 2/22. It includes the modification and repositioning of the device label as well as a mounting bracket installed ex works for mechanical locking of the connectors. Product labeling: ATEX: II 3 G Ex nA IIC T4 Gc and II 3 D Ex tc IIIC T135 °C Dc IECEx: Ex nA IIC T4 Gc and Ex tc IIIC T135 °C Dc Read the device documentation for use in hazardous areas carefully.

Optional interfaces	
CX5130-N010	DVI-D interface, additional DVI-D port for clone or extended desktop operation
CX5130-N011	DisplayPort interface, additional DisplayPort for clone or extended desktop operation
CX5130-N020	audio interface, 3 x 3.5 mm jack sockets, Line In, Mic In, Line Out or 5.1 Surround
CX5130-N030	RS232 interface, D-sub plug, 9-pin
CX5130-N031	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as an end point, without echo, termination on
CX5130-N031-0001	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as an end point, with echo, termination on
CX5130-N031-0002	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as drop point, without echo, termination off
CX5130-N031-0003	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as drop point, with echo, termination off
CX5130-N031-0004	RS422 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as full duplex end point, termination on
CX5130-B110	EtherCAT slave interface, EtherCAT IN and OUT (2 x RJ45)
CX5130-M310	PROFIBUS master interface, D-sub socket, 9-pin
CX5130-B310	PROFIBUS slave interface, D-sub socket, 9-pin
CX5130-M510	CANopen master interface, D-sub plug, 9-pin
CX5130-B510	CANopen slave interface, D-sub plug, 9-pin
CX5130-M930	PROFINET RT, controller interface, Ethernet (2 x RJ45)
CX5130-B930	PROFINET RT, device interface, Ethernet (2 x RJ45 switched)
CX5130-B931	PROFINET IRT, device interface, Ethernet (2 x RJ45 switched), in combination with TwinCAT 3 only
CX5130-B950	EtherNet/IP slave interface, Ethernet (2 x RJ45 switched)

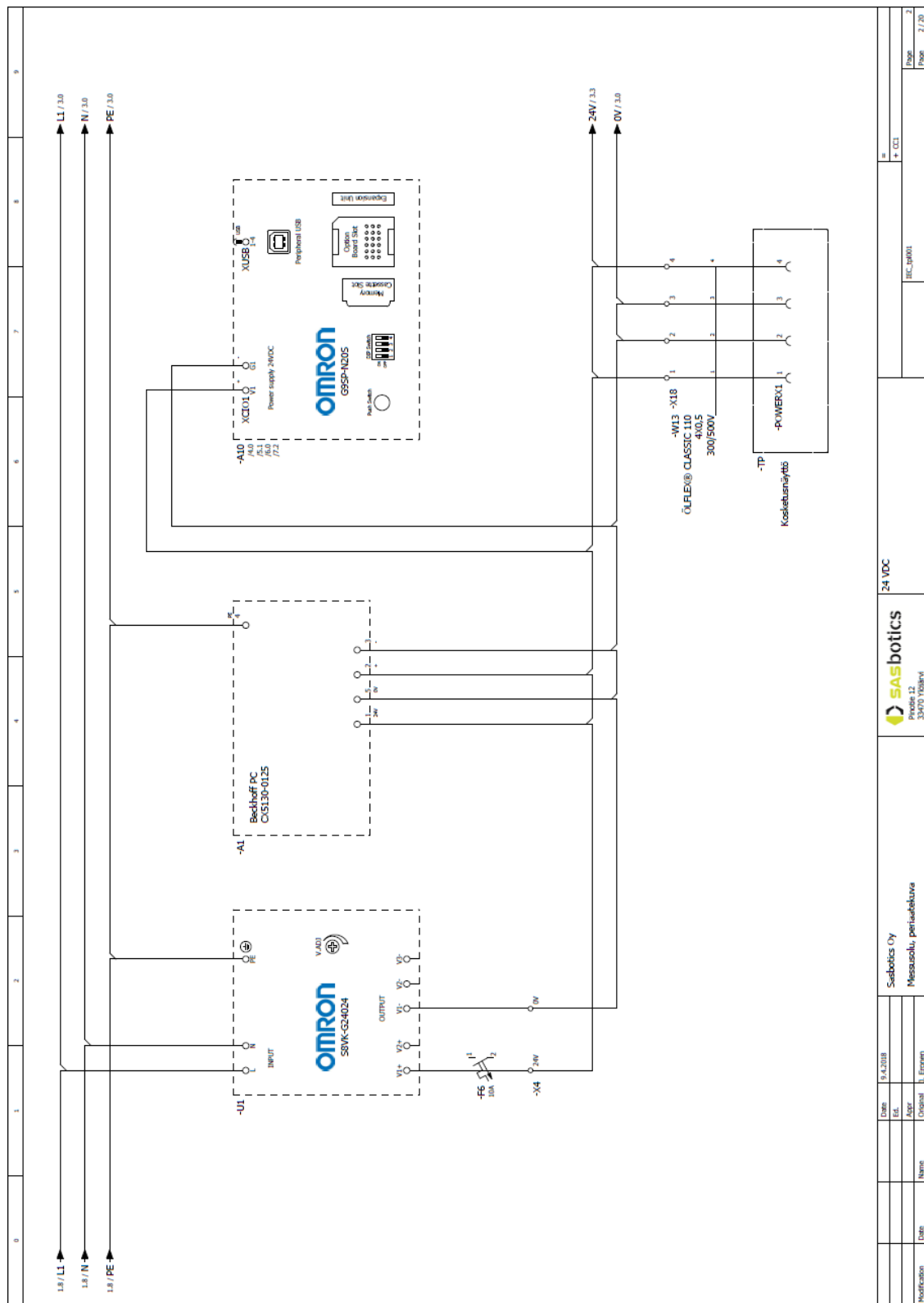
  

<b>i</b> Product announcement	CX5130-B931, CX5130-B950: estimated market release on request
-------------------------------	---



Syöttö 3716A

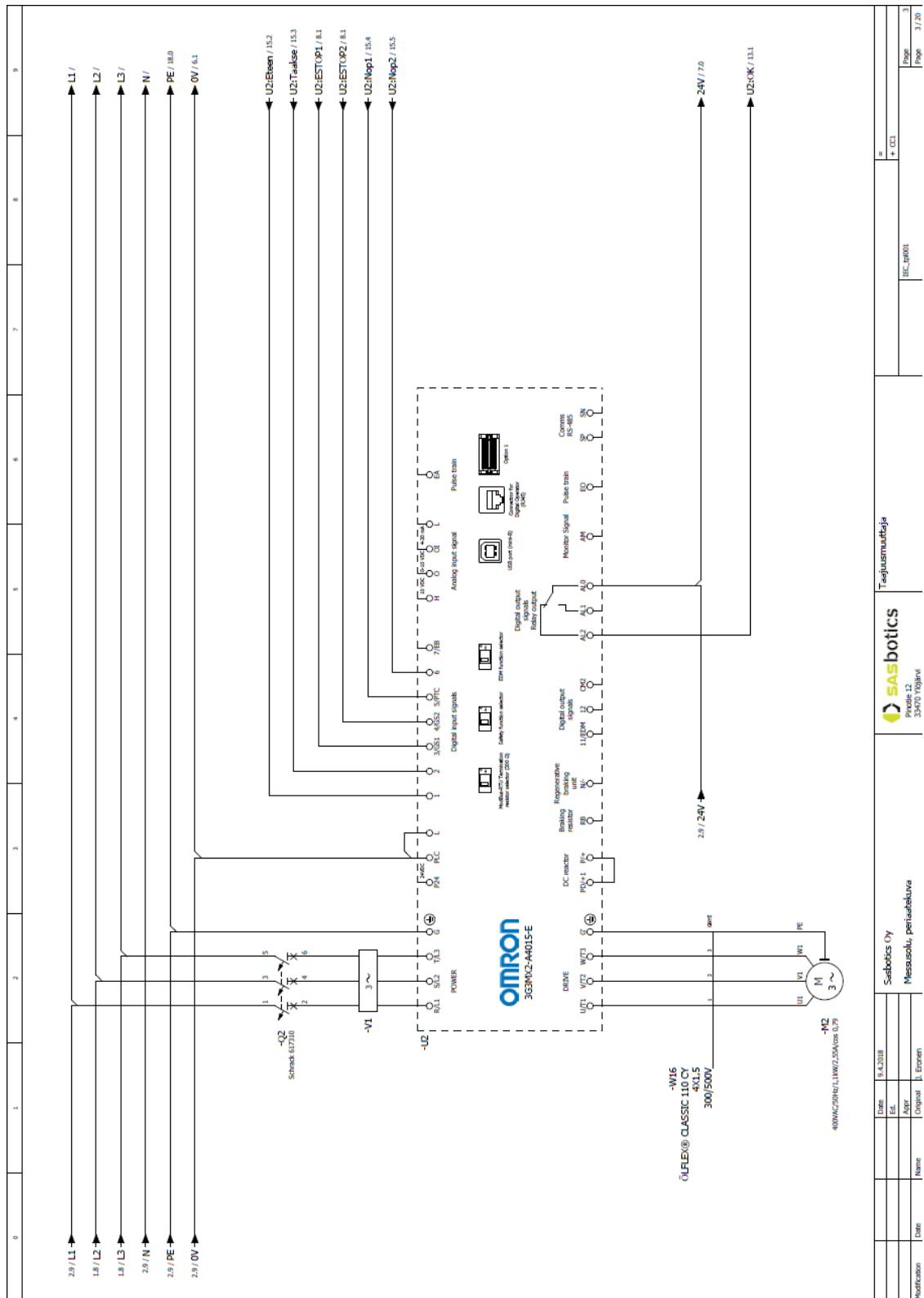
Date	22.11.2017	400VAC	1
Est.	JAR	REC-10001	Page
Name	Sasbotics Oy Messusochu, perustelu		Page
Modification	Original		1 / 20

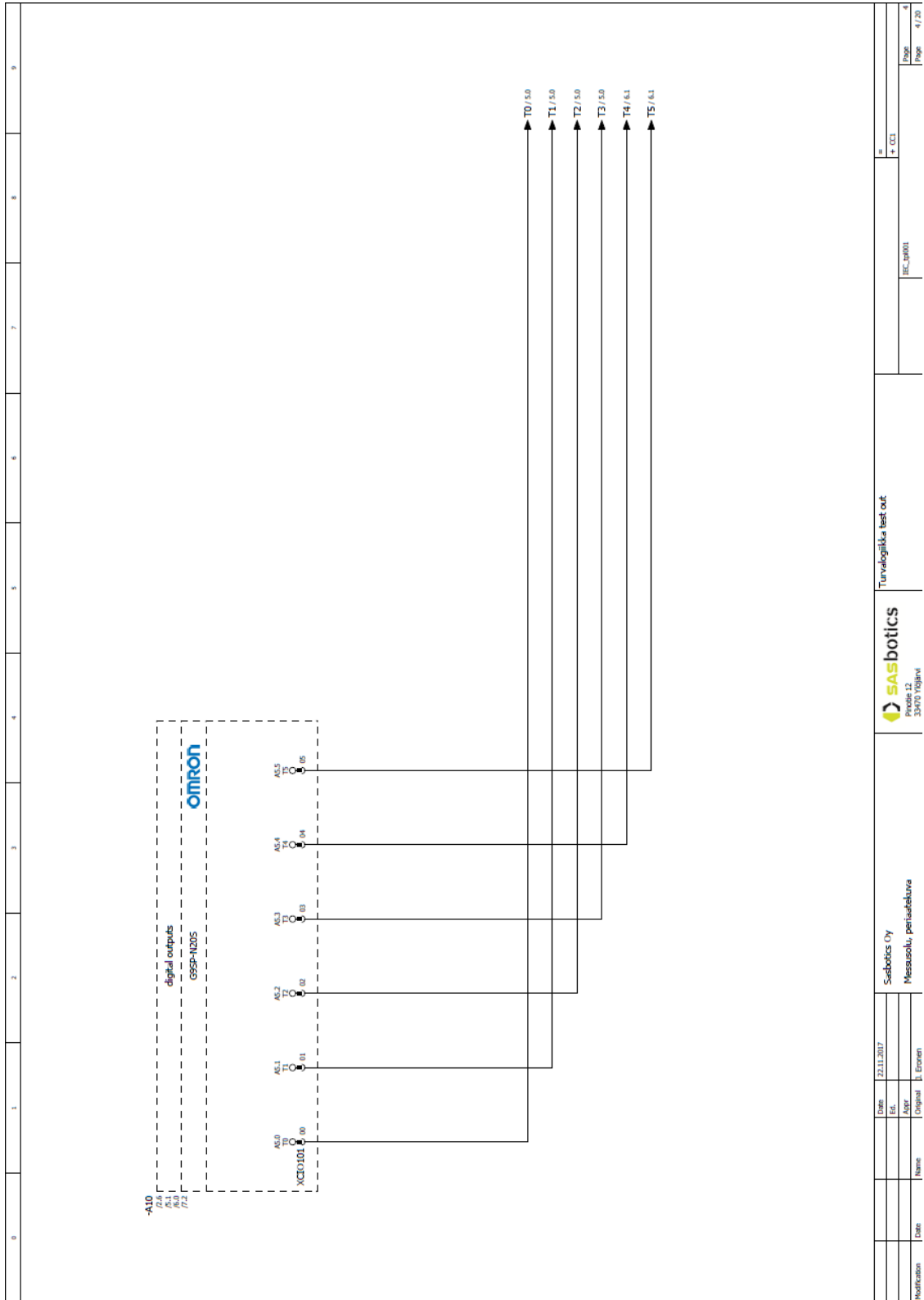


Date	9.4.2018	Sasbotics Oy	24 VDC	REC-0001	Page	2 / 20
Est.		Messasolu, perisäätö				
Appr.						
Modification	Date	Name				

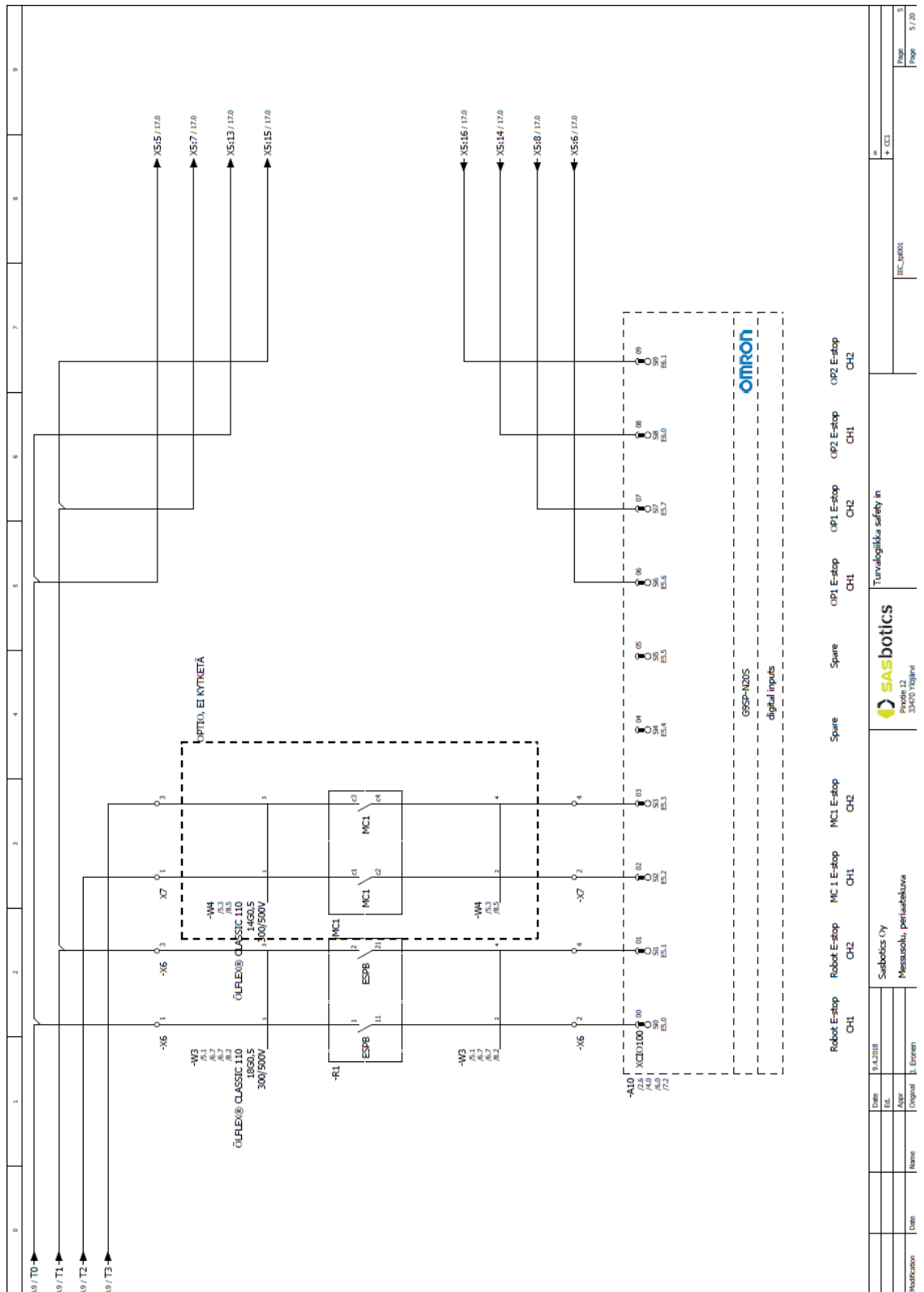
### Liite 7. Sähkökuvat

3 (20)

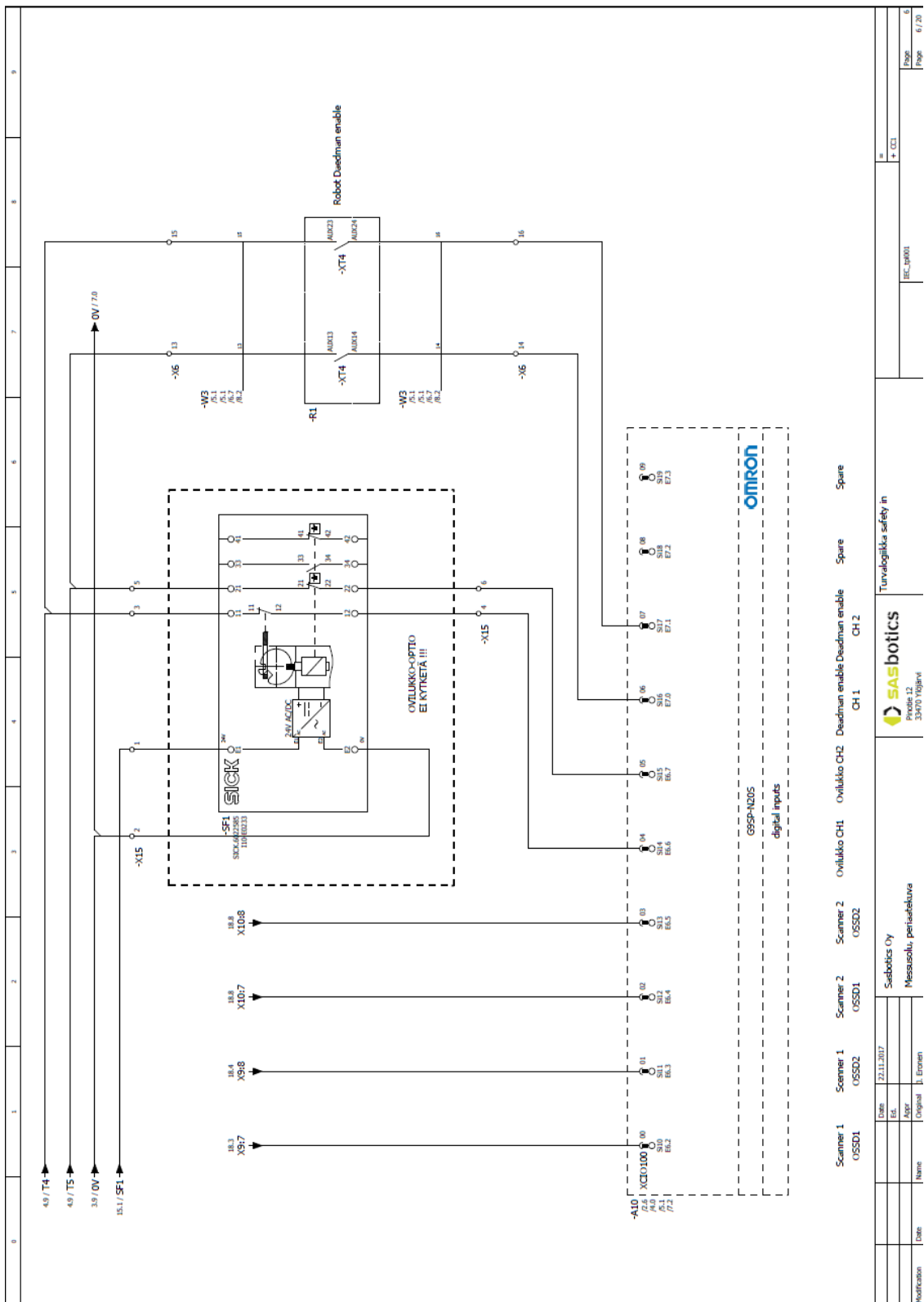






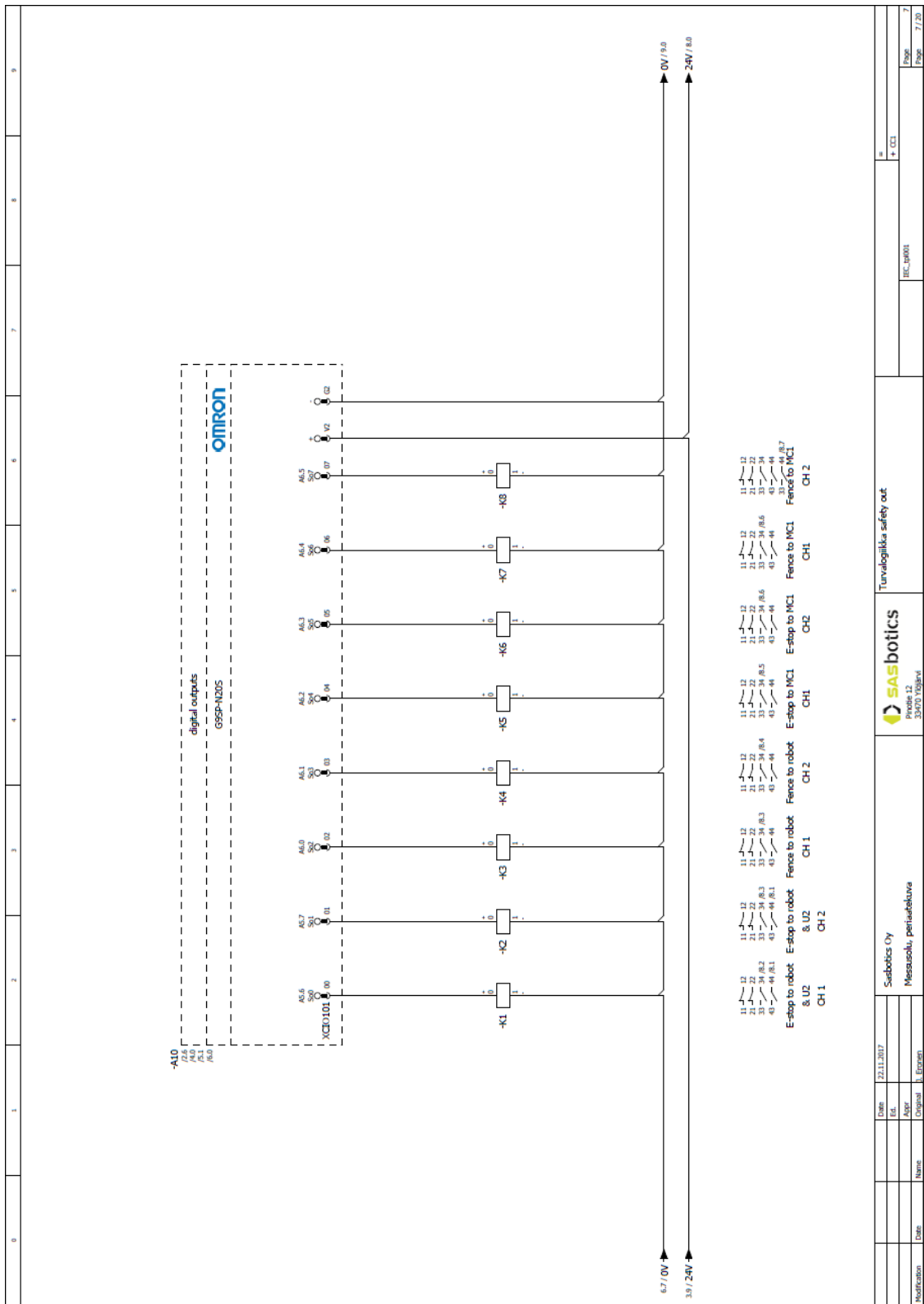


Date	9.4.2018	Robot E-stop	Robot E-stop	MC 1 E-stop	MCI E-stop	Spare	Spare	OP1 E-stop	OP1 E-stop	OP2 E-stop	OP2 E-stop	Page	5
Est.		CH1	CH2	CH1	CH2			CH1	CH2	CH1	CH2	Page	5 / 20
Appr.													
Original													
Name		Sasbotics Oy											
		Messusolu, periaatekuva											
		Turvalogiikka safety in											
		GSP-N205											
		digital inputs											
		Omron											
		IEC 1001											

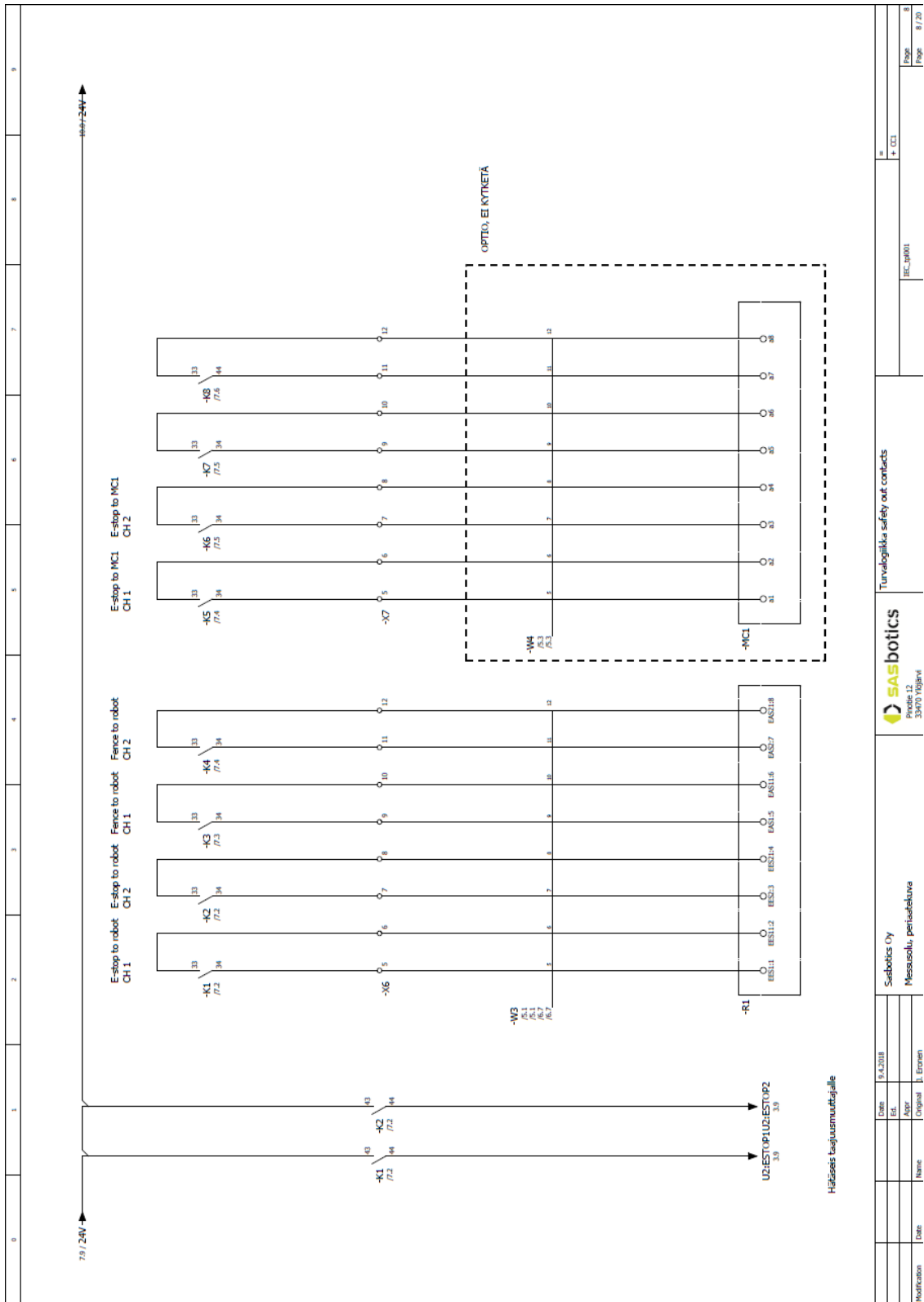


Liite 11. Sähkökuvat

7 (20)

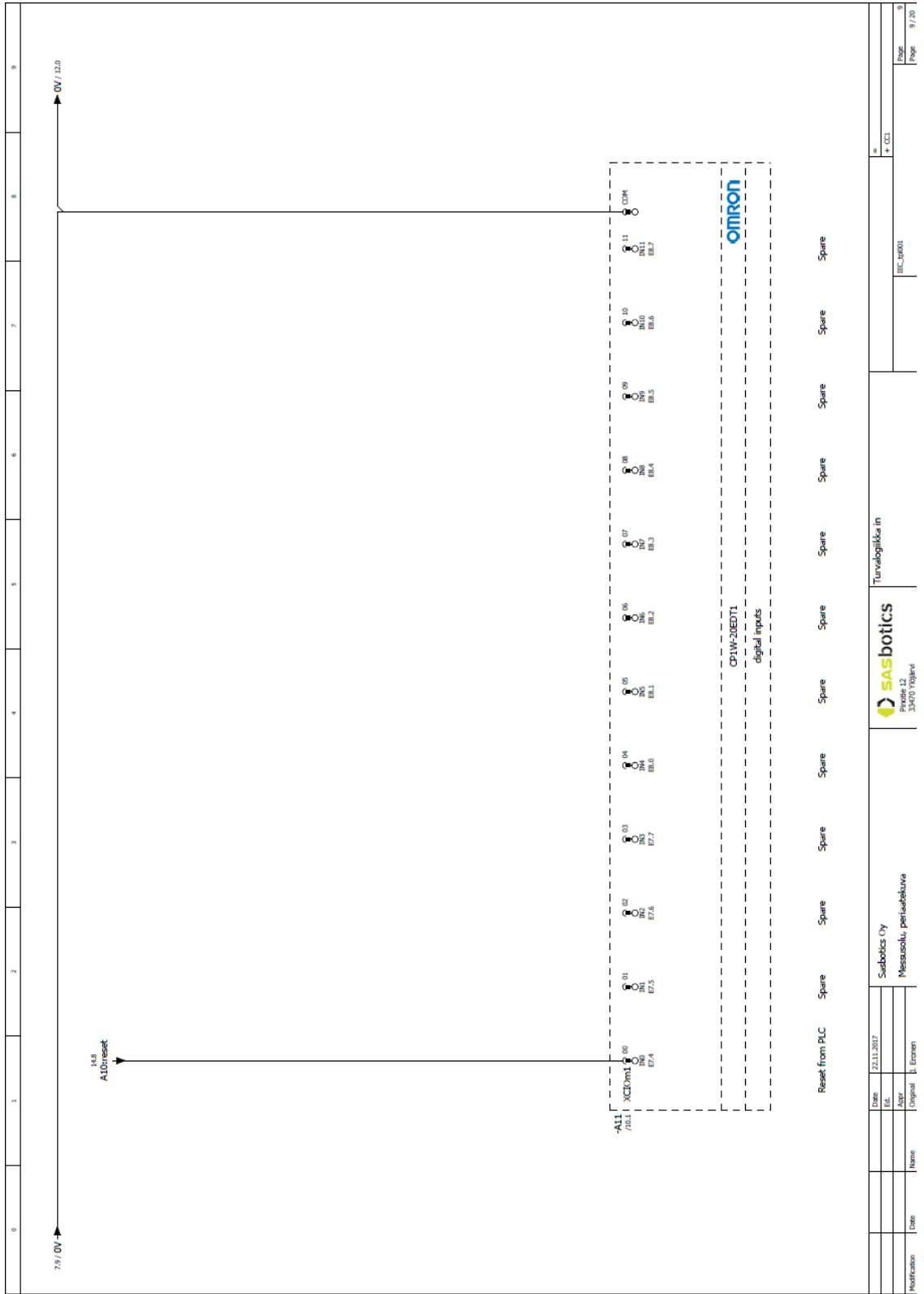


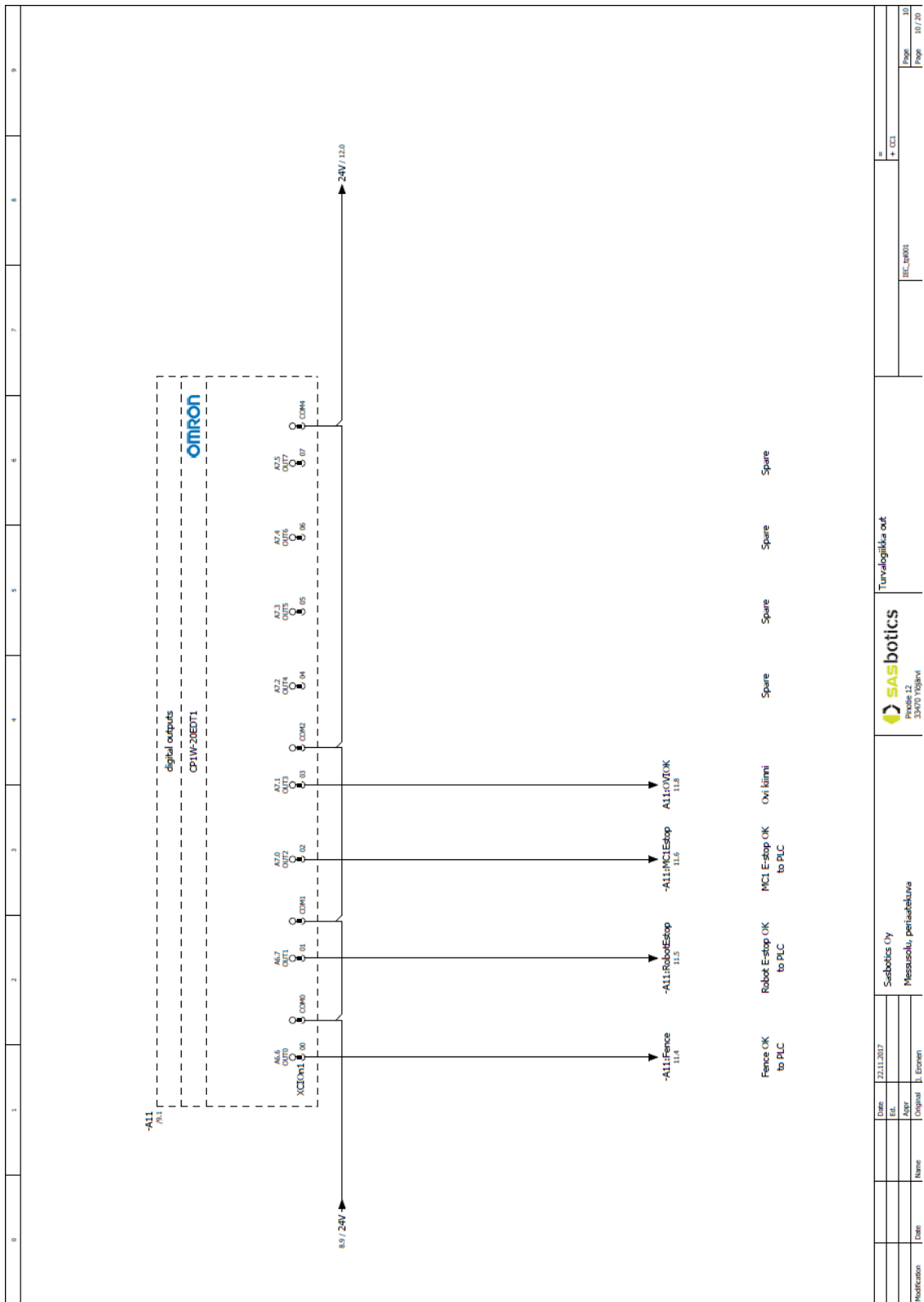
Date	22.11.2017	 Turvalogikka safety out
Rev.		
Appr.		
Modification		
Name	Sasbotics Oy Messu- ja perinteistö	
Date		
Design		
Page	7 / 20	



Hätäseis laajuusmuuttajalle

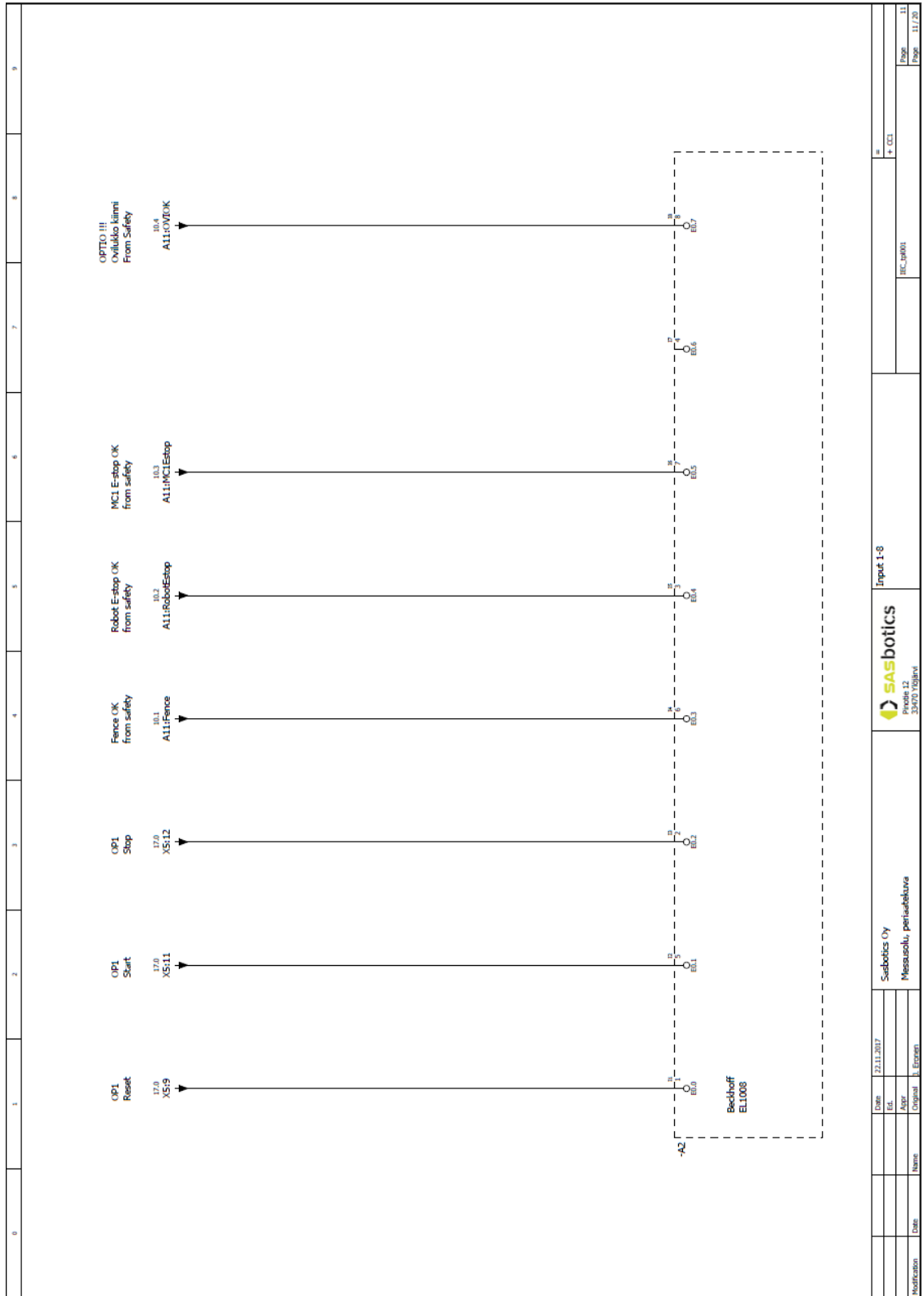
Modification	Date	Name	Sasbotics Oy		Turvalogiikka safety out contacts	REC_p001	= CCL + CCL
	Date	Name	Sasbotics Oy				
	Date	Name	Messusolu, periaatekuva				
	Date	Name	Original	J. Eronen			
	Date	Name	Appr				
	Date	Name	Est.				
	Date	Name	Drawn	3.4.2018			
					Printhe 12		
					39470 Vojlav		
Page 8 / 20							





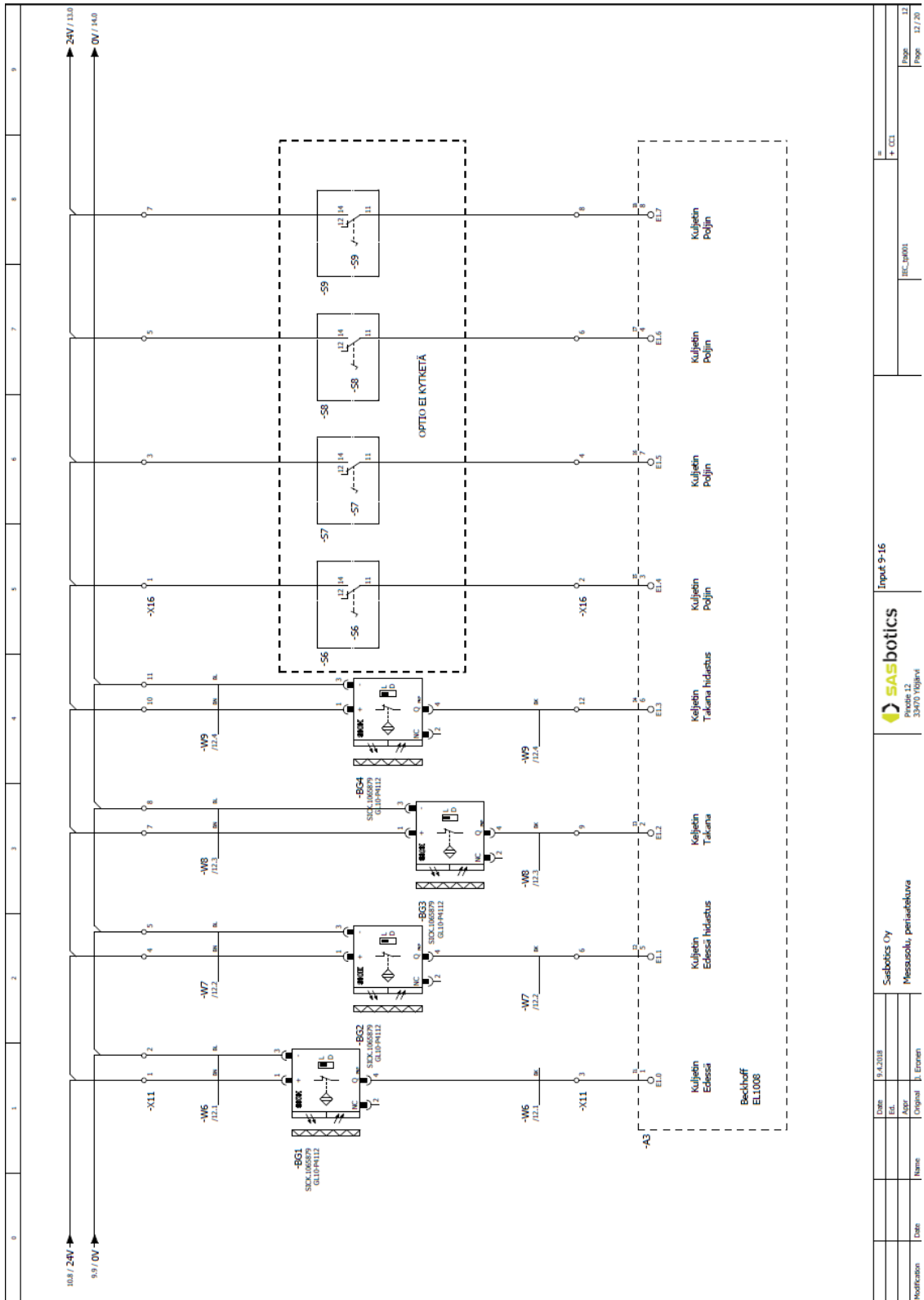
Liite 15. Sähkökuvat

11 (20)



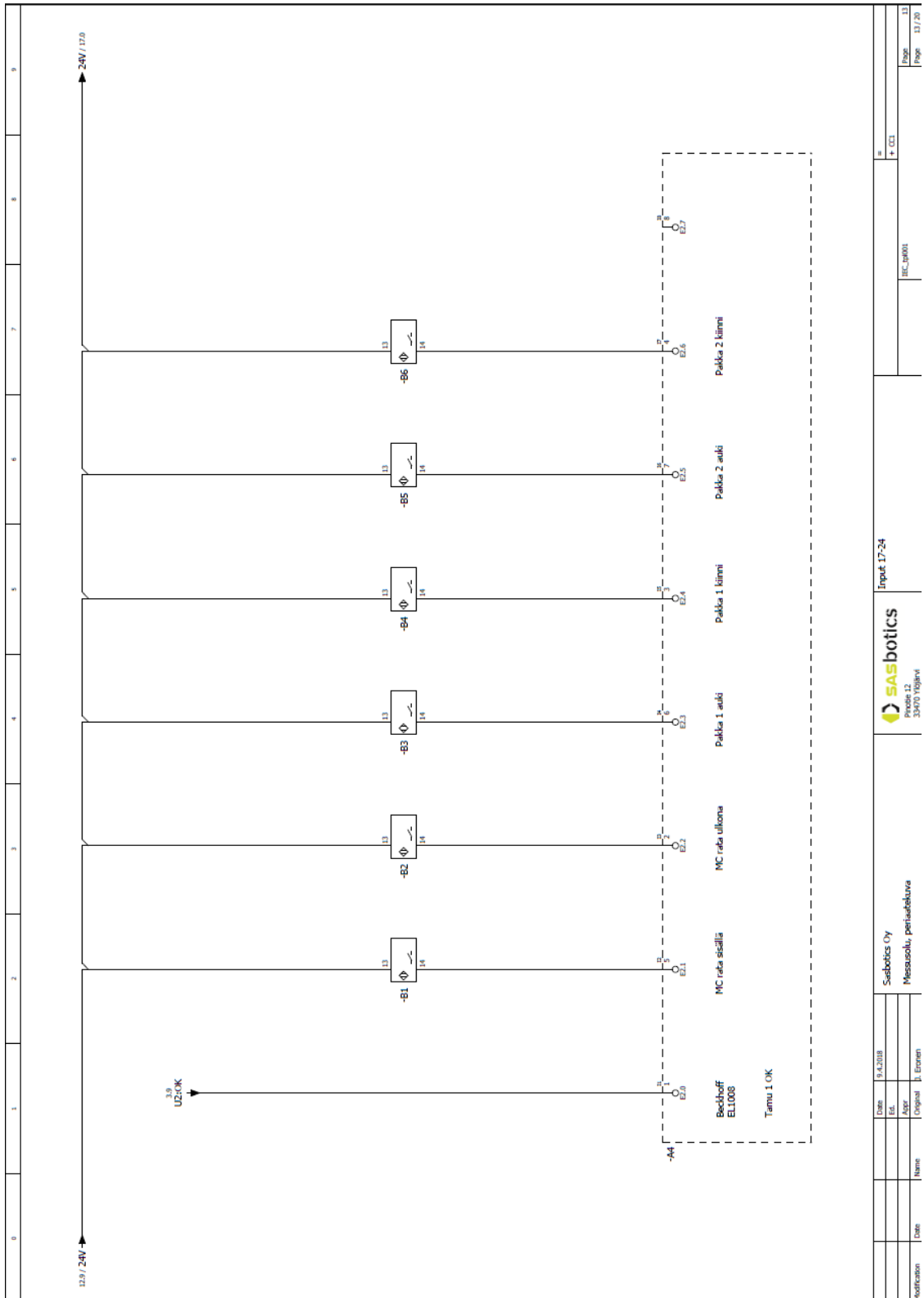
Liite 16. Sähkökuvat

12 (20)



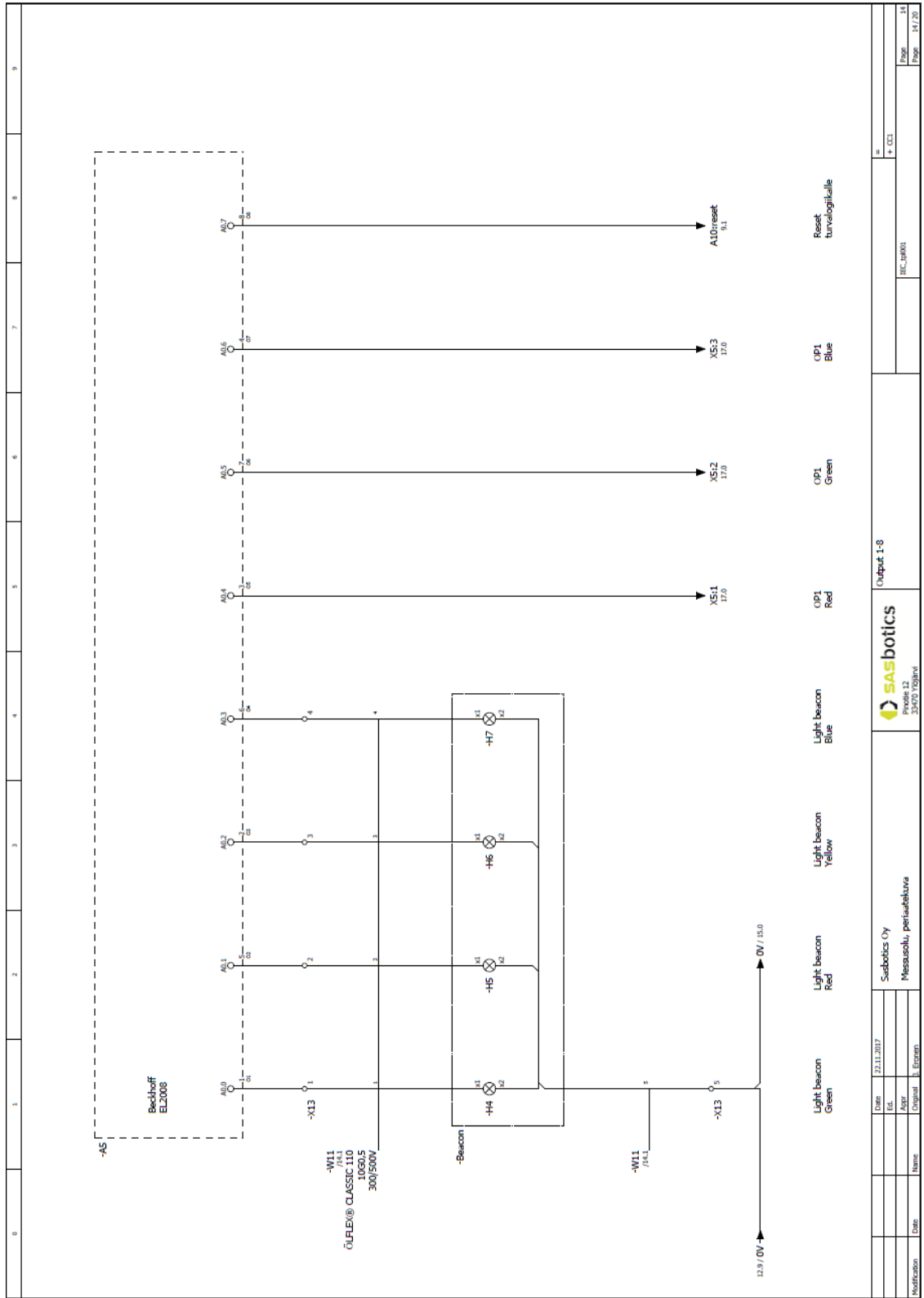
Date	9.4.2018	Sasbotics Oy Messusölu, periaatekuva	Input 9-16	REC_P001	Page 12 / 20
Est.					
Author	J. Eränen				
Modification	Date	Name			

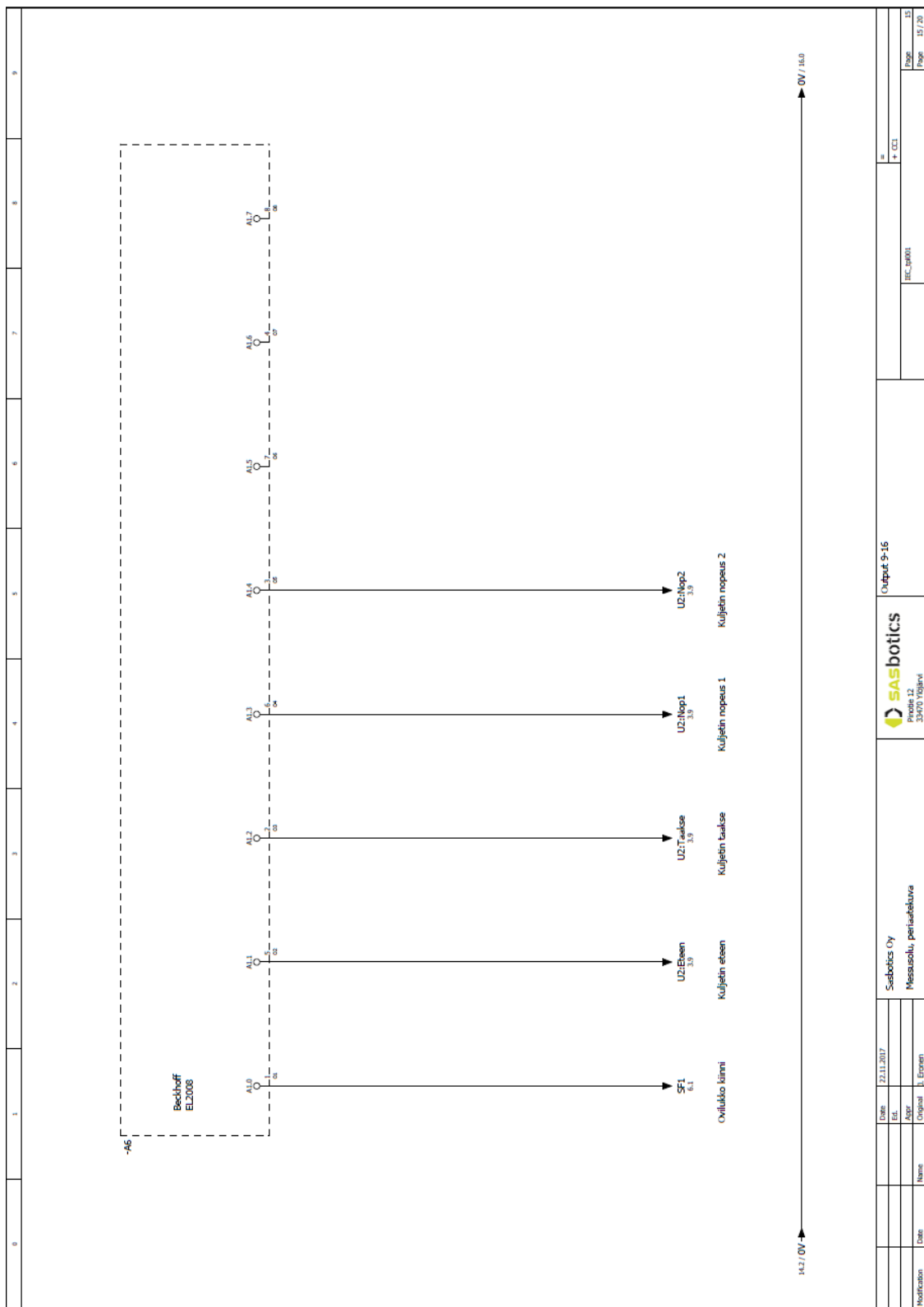




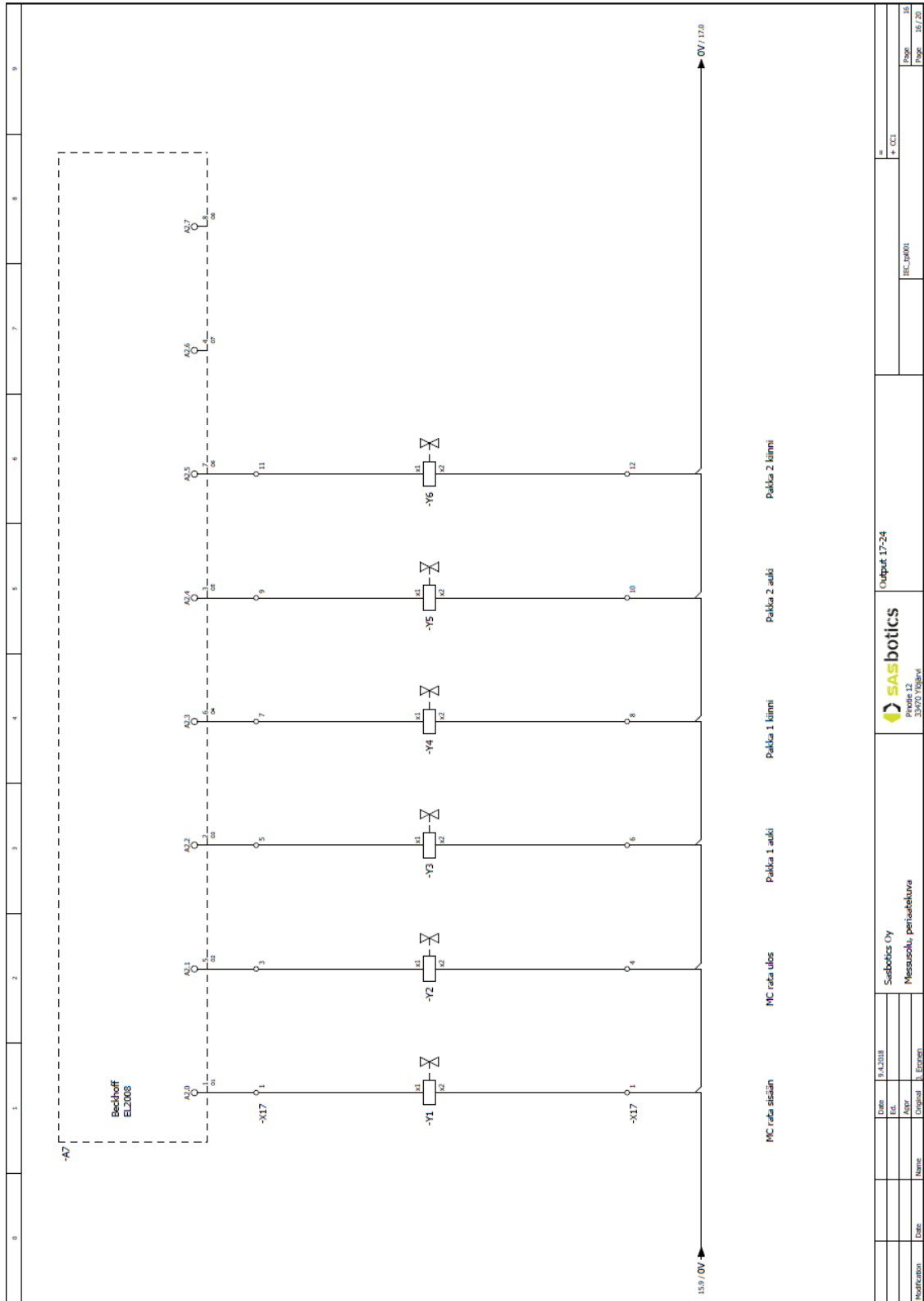
Liite 18. Sähkökuvat

14 (20)

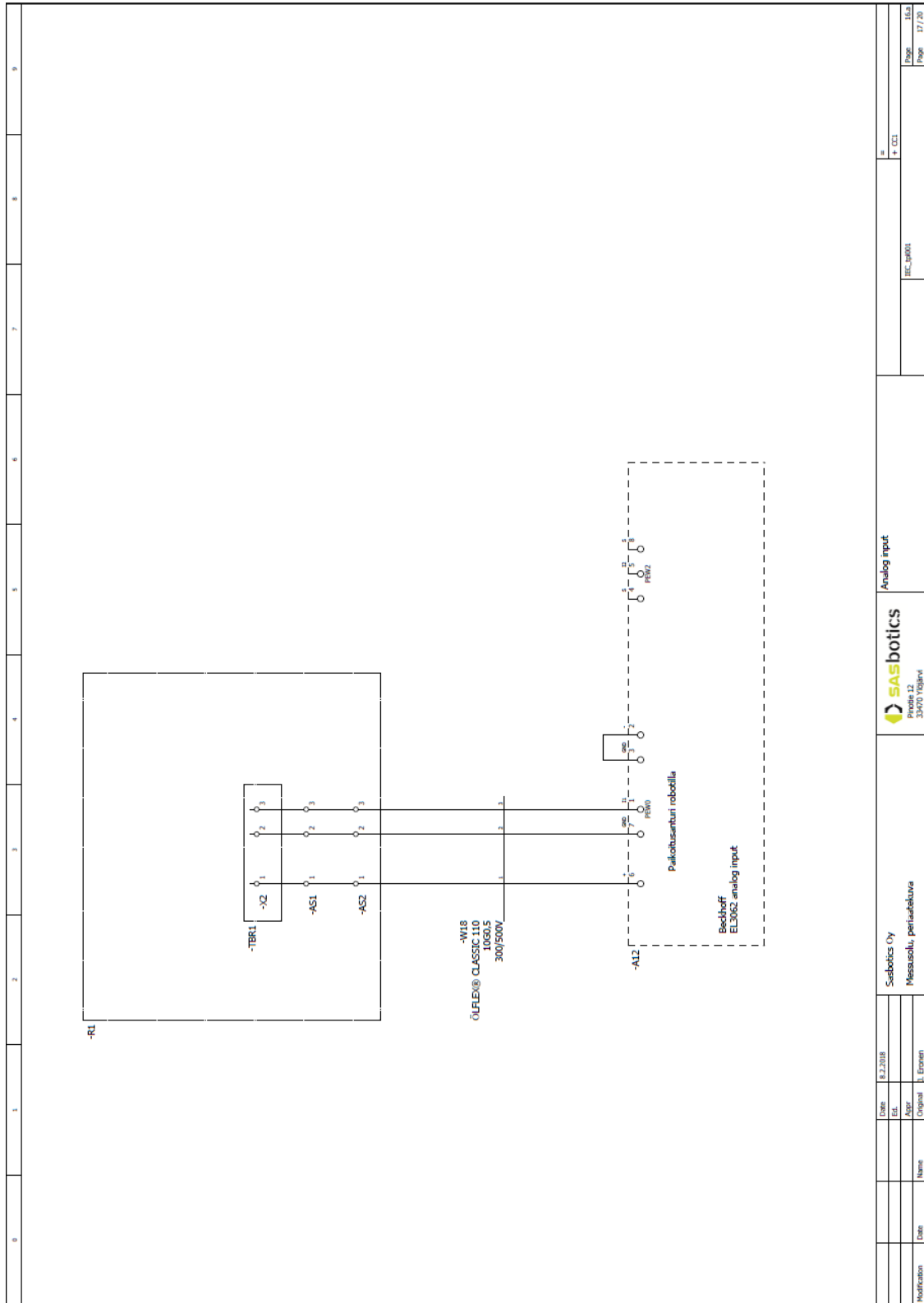




Modification	Date	Name	Original	Eronen
	21.11.2017	Sasbotics Oy		
		Mesaasolu, perisateluva		
 SASbotics Oy Mesaasolu, perisateluva 33470 Ikaavi				
				Output 9-16
				ILC_0001
				+ CCI
				Page 15
				Page 21/20



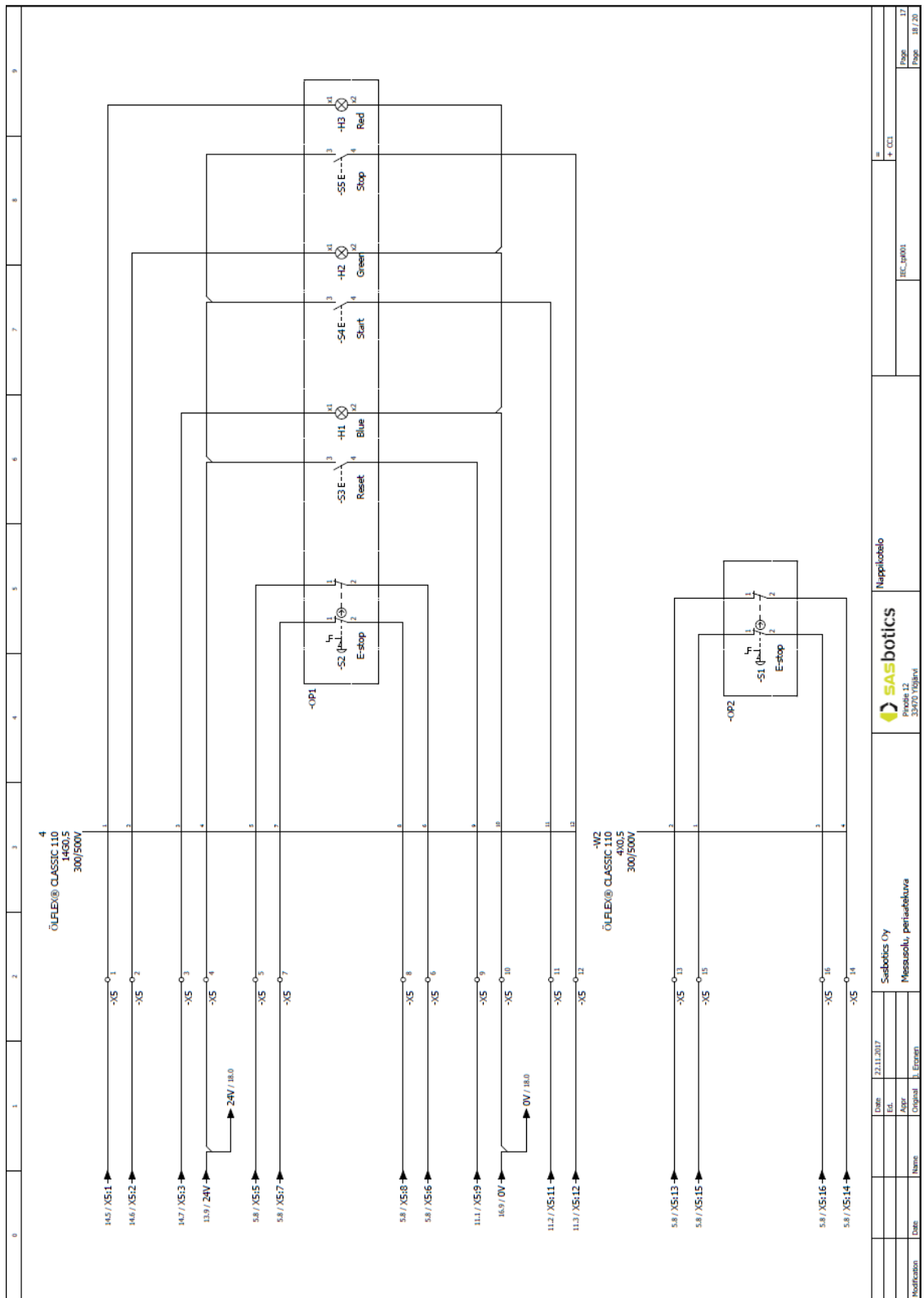
Modification	Date	Name	Original	Erä
Sasbotics Oy Mesaasuku, perisatolava			Output 17-24	
 SASbotics Puhelin 12 33470 10444			IEC_D9001 = + CCI	
			Page	16
			Page	16 / 20



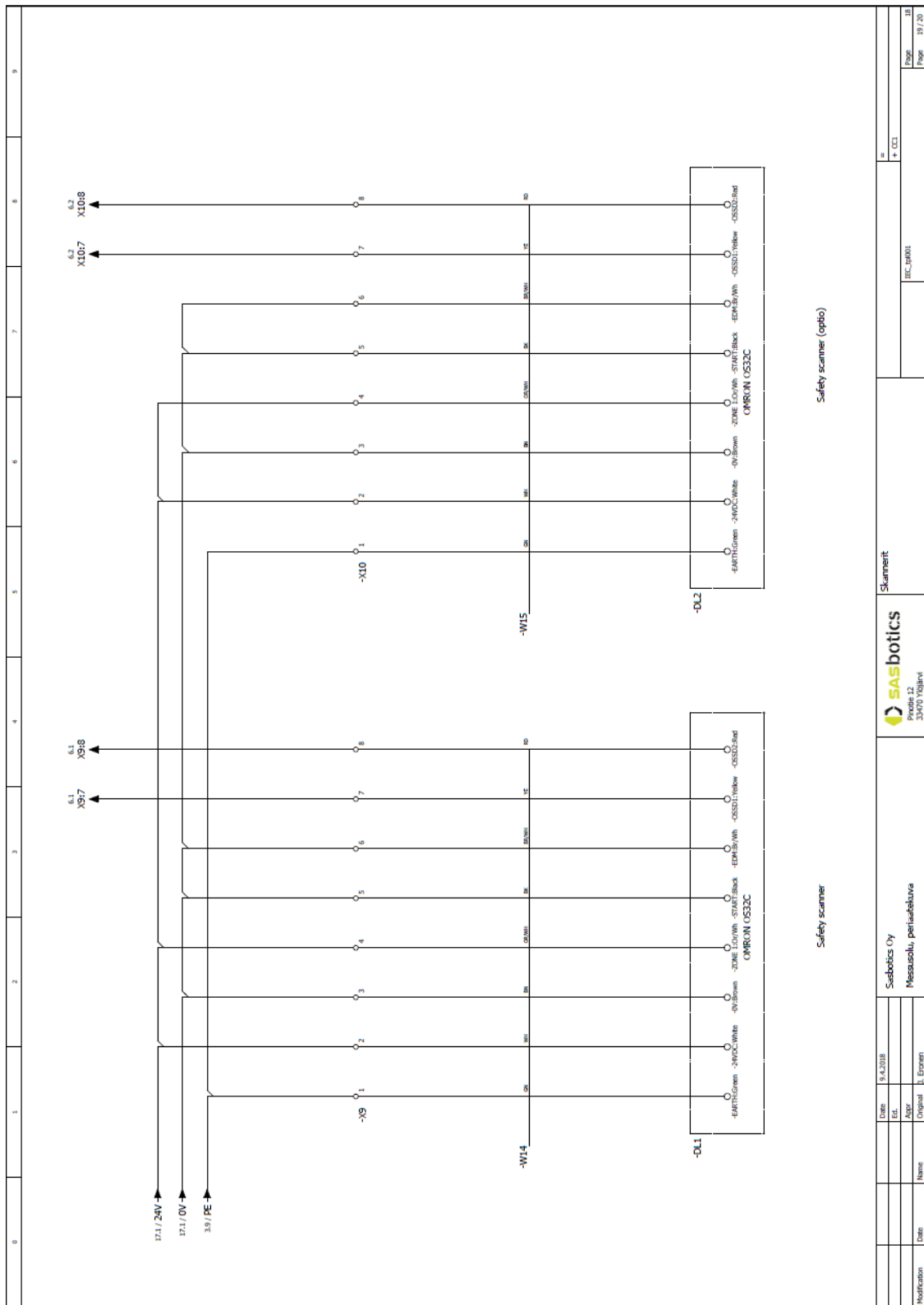
Modification	Date	Name	Original	Erä
Sasbotics Oy Mesaasuku, peräkatu				
Analog input				
IEC-D001				
+ CC1				
Page 15 of 20				

Liite 22. Sähkökuvat


18 (20)




Modification	Date	Name	Original	Erään
Sasbotics Oy Mesaasuku, peruskatu				
Nappikabalo				
18C_0001				
+ CCI				
Page				17
Page				20 / 20



Modification	Date	Name	Original	Eroksen
Saabotics Oy Messaaloku, periaatekuvu				Skannant
				IEC_D0001
				+ CCI
				Page 18
				Page 21/20



		+ CCL		15
		BIC-pn01		Page 20 / 20
		Layout		
		 SASbotics Oy Puhde 12 33600 Korpva		
		Saebotics Oy Messusohjelmien kehitys		
S.A.2018				
DKW	EL			
Appr	Digital			
Name				
Date				
Modification				