

# Logiikkaohjattu karanpoistoro- botti

Muovin ruiskuvalu

Matti Kiuru

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2021

Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernit tuotantojärjestelmät

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernit tuotantojärjestelmät

KIURU, MATTI:  
Logiikkaohjattu karanpoistorobotti  
Muovin ruiskuvalu

Opinnäytetyö 70 sivua, joista liitteitä 15 sivua  
Marraskuu 2021

---

Opinnäytetyö tehtiin Moni Muovi Oy:lle. Moni Muovi Oy on yritys, joka on keskittynyt korkealaatuisten muovituotteiden ruiskuvaluun ja suunnitteluun. Tarkoituksena oli kehittää logiikkaohjattu karanpoistorobotti ruiskuvaluprosessin automatisoimiseksi ja nopeuttamiseksi. Tuotannon kasvun johdosta muovin ruiskuvalu-prosessia tarvitsee automatisoida entisestään.

Tarkoituksena oli perehtyä muovin ruiskuvaluprosessiin sekä suunnitella ja toteuttaa logiikkaohjattu tarttujarobotti ja sille räätälöity PLC-ohjelma. Työn pohjana käytettiin käytöstä poistettua ja rikkoontunutta Star Seikin valmistamaa tarttujarobottia. Kunnostettu tarttujarobotti asennettiin Battenfeld BA 500 CDK -ruiskuvalukoneeseen.

Tarttujarobotin aiemman ohjauksen myötä vanha ohjauskortti sekä anturit poistettiin ja niiden tilalle asennettiin IMO iSmart ohjelmoitava -logiikka sekä muut tarvittavat komponentit. Tarttujarobotille luotiin räätälöity logiikkaohjelma logiikkakaavio-ohjelmoinnilla.

---

Asiasanat: ruiskuvalu, ohjelmoitava logiikka, automaatio

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Modern production systems

KIURU, MATTI:  
Logic programmed sprue picker robot  
Plastic injection Molding

Bachelor's thesis 70 pages, appendices 15 pages  
November 2021

---

This thesis was made for Moni Muovi Ltd. Moni Muovi Ltd is a growing company that is focused on high grade plastic injection molding parts and designing. The purpose of this thesis was to develop a logic programmed sprue picker robot to automatize and speed up the injection molding process. Because the production is growing it needs to be automatized even more.

The objective of this thesis was to get acquainted with the plastic molding process and to plan and accomplish a logically controlled sprue picker robot with a custom-made PLC program. The base of the robot is an old and already broken sprue picker that was manufactured by Star Seiki. The refurbished sprue picker was installed into a Battenfeld BA 500 CDK injection molding machine.

The old control board and sensors were removed from the picker robot and replaced with IMO iSmart programmable logic control and with all needed components. A custom-made logic program made with function block diagram was also installed to the sprue picker.

---

Key words: injection molding, programmable logic, automation

## SISÄLLYS

LYHENTEET JA TERMIT .....	6
KUVALUETTELO.....	7
ALKUSANAT.....	9
1 JOHDANTO .....	10
2 MONI MUOVI OY.....	11
3 MUOVIN RUISKUVALU.....	12
3.1 Muovin ruiskuvalu yleisesti.....	12
3.2 Ruiskuvaluprosessi .....	12
3.3 Ruiskuvaluprosessin työkierto.....	13
3.4 Ruiskuvalukoneen valujakso .....	16
4 RUISKUVALUKONEEN OSAT JA NIIDEN TEHTÄVÄT .....	18
4.1 Sulkuyksikkö .....	18
4.2 Ruiskutusyksikkö.....	19
4.3 Syöttöyksikkö .....	21
4.4 Hydrauliyksikkö ja runko .....	21
4.5 Ohjausyksikkö.....	22
4.6 Ruiskuvalun prosessiparametrit .....	22
4.6.1 Sylinterin lämpöasetukset.....	23
4.6.2 Annostelunopeus ja ruiskutusnopeus .....	23
4.6.3 Paineet .....	23
4.6.4 Jäähdytysaika ja jälkipaineaika .....	24
4.7 Rouhin.....	25
4.8 Tarttujarobotti .....	25
5 RUISKUVALUMUOTTI .....	27
5.1 Muotin osat .....	28
5.2 Valukanavisto.....	29
5.2.1 Kuumakanavat.....	29
5.2.2 Temperointikanavat.....	30
5.3 Ulostyöntöjärjestelmä.....	30
6 OHJELMOITAVA LOGIIKKA .....	31
6.1 Ohjelmoitavan logiikan rakenne .....	31
6.1.1 Tulot .....	32
6.1.2 Lähdöt .....	32
6.1.3 Keskusyksikkö.....	33
6.1.4 Ohjelmamuisti.....	33
6.1.5 Ohjelmointilaite ja ohjelmointikieli.....	33

7	LOGIIKKAOHJATTU TARTTUJAROBOTTI .....	35
7.1	Työn aloitus.....	36
7.2	Sähkökaappi .....	38
7.3	X-akselin pidentäminen.....	39
7.4	Induktiiviset rajakytkimet .....	40
7.5	Pneumatiikka.....	41
7.6	Logiikan liitäntä ruiskuvalukoneeseen.....	42
7.7	Tarttuja.....	43
7.8	Ohjelmoitavan logiikan valinta.....	44
8	LOGIIKKAOHJELMAN LUONTI .....	45
8.1	FBD- ja LAD-ohjelmointikieli .....	46
8.2	Logiikkakaavion blokit .....	46
8.3	Simulointi .....	49
8.4	Ohjelman kirjoittaminen logiikalle .....	49
9	PÄÄTELMÄT .....	50
10	TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT .....	52
	LÄHTEET.....	53
	LIITTEET .....	55
	Liite 1. Pääpiirikaavio.....	56
	Liite 2. Riviliittimet.....	57
	Liite 3. Logiikan tulot.....	58
	Liite 4. Logiikan lähdöt.....	59
	Liite 5. Battenfeld BA 500 CK ruiskuvalukoneen sähkökaappi.....	60
	Liite 6. Ohjaukorktien layout.....	61
	Liite 7. X105.1 kortin liitännät (maa).....	62
	Liite 8. X106.1 kortin liitännät (+24 VDC).....	63
	Liite 9. X101.2 kortin liitännät (A002).....	64
	Liite 10. X101.3 kortin liitännät (E020).....	65
	Liite 11. X101.6 kortin liitännät (A040).....	66
	Liite 12. X101.7 kortin liitännät (E060).....	67
	Liite 13. Robo OK signaali E020 .....	68
	Liite 14. Turvapiirin signaali E060 .....	69
	Liite 15. Ulostyöntö eteen signaali A002 .....	70

**LYHENTEET JA TERMIT**

MUOVIGRANULAATTI	Raemaiseen muotoon saatettua muoviainesta
PLASTISOINTI	Muovigranulaatin saattaminen sulaan tilaan
TEMPEROINTI	Nesteen välityksellä tapahtuva lämpötilan hallinta
ULOSTYÖNTÖ	Ruiskuvalukoneen toiminto kappaleen poistamiseksi muotista
PLC	Ohjelmoitava logiikka (Programmable logic controller)
I/O	Tulot/lähdöt (Input/Output)
RAM	Luku- ja kirjoitusmuisti (Random access memory)
CPU	Keskusyksikkö (Central processing unit)
KARA	Ruiskuvalutuotannossa valukanavasta syntyvä ylimääräinen muovituote
FBD	Logiikkakaavio-ohjelmointi (function block diagram)
PNP/NPN	Kuorman ohjauksen selittävä anturityyppi
NO/NC	Avautuva ja sulkeutuva anturityyppi

## KUVALUETTELO

- KUVA 1. Moni Muovi Oy:n yhteystiedot
- KUVA 2. Työkierron ensimmäinen vaihe
- KUVA 3. Työkierron toinen työvaihe
- KUVA 4. Työkierron viimeinen vaihe
- KUVA 5. Valujakson vaiheet
- KUVA 6. Battenfeld BA 500 CDK -ruiskuvalukone
- KUVA 7. Ruiskuvalukoneen sulkuyksikkö
- KUVA 8. Ruiskutusyksikkö
- KUVA 9. Ruiskutusyksikön suutin
- KUVA 10. Syöttöyksikkö ja syöttöyksikön käyttöpaneeli
- KUVA 11. Lämpöparametrien säätöikkuna
- KUVA 12. Rouhin
- KUVA 13. Wittmann Battenfeld tarttjarobotti
- KUVA 14. Ruiskuvalumuotin puolikas ja valmis ruiskuvalutuote
- KUVA 15. Ruiskuvalumuotin rakenne
- KUVA 16. Muotin ulostyöntöjärjestelmä
- KUVA 17. Ohjelmoitavan logiikan ohjauskokonaisuus
- KUVA 18. Logiikkakaavio
- KUVA 19. Tikapuukaavio
- KUVA 20. Käskylista
- KUVA 21. Valmis ruiskuvalutuote ja kara
- KUVA 22. Tarttjarobotti
- KUVA 23. Tarttjarobotin sähkökaappi
- KUVA 24. Pidentetty X-varsi
- KUVA 25. Induktiivisen anturin osat
- KUVA 26. PB1204/DSAP-H -induktiivinen anturi
- KUVA 27. HTS-liitin
- KUVA 28. Tarttuja
- KUVA 29. IMO iSmart SMT-ED-R20 -logiikkayksikkö
- KUVA 30. SMT Client ohjelma ja uuden logiikkakaavio-ohjelman valinta
- KUVA 31. SMT-ED-R20 -logiikan valinta ja uuden ohjelman luonti
- KUVA 32. Input ja output blokit

KUVA 33. AND-portin blokki ja totuustaulu

KUVA 34. OR-portin blokki ja totuustaulu

KUVA 35. Timer mode 1 ja timer mode 2 blokit

KUVA 36. Boolean blokki ja totuustaulu

KUVA 37. Ohjelman kirjoittaminen logiikalle

KUVA 38. IMO iView HMI käyttöliittymä ja IMO iSmart -laajennusosa



## ALKUSANAT

Haluan kiittää toimitusjohtaja Timo Virtasta mahdollisuudesta toteuttaa opinnäytetyö Moni Muovi Oy:lle. Muovin ruiskuvalutekniikka sekä siihen yhdistetty logiikkaohjaus on mielenkiintoinen aihealue ja sen oppiminen sekä ymmärtäminen on vaikuttava tekninen kombinaatio. Tahdon myös kiittää muovimestari Otto Miikkulaista työn opastuksesta ja tukemisesta.

Tampereella 23.11.2021

Matti Kiuru

## 1 JOHDANTO

Muovin ruiskuvaluprosessi on monimutkainen kokonaisuus ja sen ymmärtämiseksi täytyy tietää ruiskuvalukoneen toiminta kokonaisuudessaan sekä ymmärtää parametrien vaikutus saavuttaakseen valmis laadukas tuote. Valmiin tuotteen käsittely ruiskuvaluprosessin jälkeen on myös yhtä tärkeää niin tuotteen laadun suhteen, kuin siihen sidottavien työtuntiresurssien suhteen.

Valmiiden tuotteiden ja ruiskuvaluprosessissa syntyvien karojen erottelu on aikaa sekä tuotantoon sidottuja resursseja vievää ylimääräistä työtä. Tätä ylimääräistä työtä voidaan karsia tuotannon automatisoimisella. Automatisoimisella saavutetaan ruiskuvaluprosessin maksimaalinen käyttöaste ja sillä voidaan kitkeä ylimääräinen ruumiillinen työ pois.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään ruiskuvaluprosessiin ja siinä syntyvän karan poistoa varten asennettavaan tarttjarobottiin. Tarttjarobotti on käytöstä poistettu Star Seikin valmistama pneumaattisesti toimiva lineaaribotti, jonka vanha ohjaus on hajonnut. Robotin ohjaukseksi asennetaan IMO iSmart -ohjelmoitava logiikka ja sille luodaan räätälöity logiikkaohjelma ruiskuvaluprosessissa syntyvän karan poistoa varten.

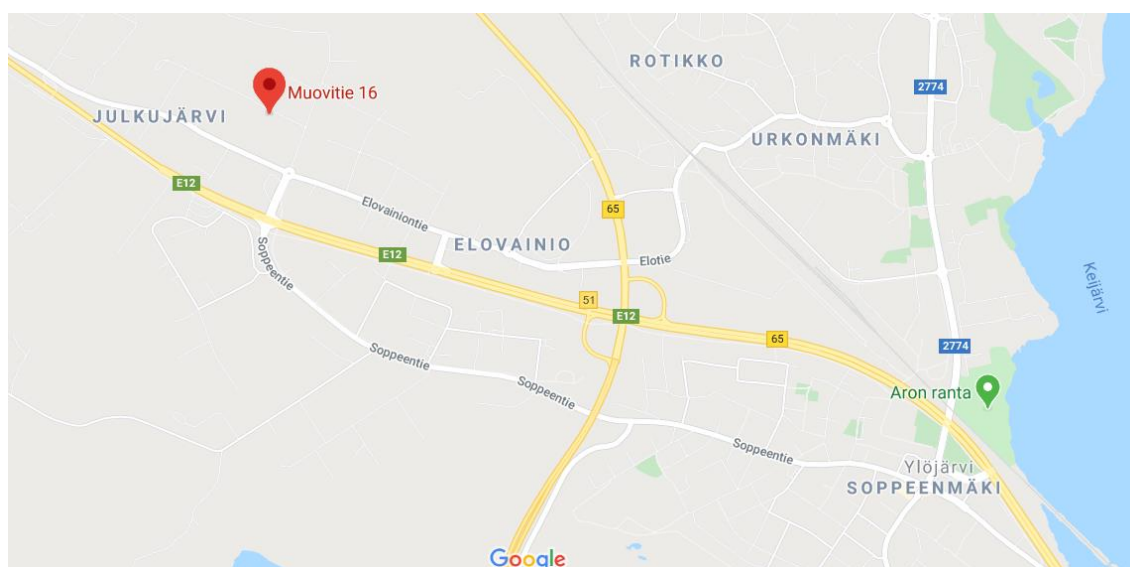
## 2 MONI MUOVI OY

Moni Muovi Oy on ruiskuvalutuotteisiin erikoistunut muovialan yritys. Yritys on keskittynyt korkealaatuisten muovituotteiden ruiskuvaluun ja kappaleen suunnitteluun aina valmiiseen lopputuotteeseen asti. Moni Muovi Oy on kasvava perheyritys, joka panostaa asiakastytyvyyteen, laatuun ja kehitykseen. Yritys tekee jatkuvaa kehitysyhteistyötä eri raaka-ainetutkimus- ja kehityslaitosten kanssa. Tällä hetkellä he ovat myös tiiviisti mukana kehittämässä uusia luonnonkuitupohjaisia biomateriaaleja. (Moni Muovi Oy 2014)

Ylöjärvellä toimiva yritys on toiminut vuodesta 2001 asti ja sillä on pitkät perinteet muovialalta jo 1960-luvulta asti. Heidän valmistamia tuotteita on tarjolla niin kuluttajille kuin jälleenmyyjillekin. Moni Muovi Oy:n asiakkaita on ympäri Suomea sekä myös maailmanlaatusesti. (Moni Muovi Oy 2014), (Virtanen 2020)

### 2.1 Moni Muovi Oy:n yhteystiedot

Yritys toimii tällä hetkellä Ylöjärvellä, mistä on hyvät yhteydet ympäri Suomea. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Timo Virtanen sekä tuotannosta vastaa Merja Virtanen. (Moni Muovi Oy 2014)



KUVA 1. Moni Muovi Oy:n yhteystiedot (Google maps 2020)

### **3 MUOVIN RUISKUVALU**

#### **3.1 Muovin ruiskuvalu yleisesti**

Ruiskuvalu tiivistettynä tarkoittaa valmistusmenetelmää, jossa automaattisilla tietokoneohjatuilla koneilla ja oheislaitteilla valmistetaan erilaisia kestumuovisia kappaleita. Muovigranulaatit sulatetaan haluttuun lämpötilaan sulatussylinterissä olevien sähkövastusten ja kierukkaruuvien pyörimisestä aiheutuvan kitkan avulla. Muovisula ruiskutetaan nopeasti ja suurella paineella muottiin. Muotissa muovi jähmettyy, ja jäähdytysajan jälkeen muotti avataan ja valmis kappale voidaan poistaa tai työntää ulos muotista. Valmiin tuotteen laatuun vaikuttavat monet asiat, kuten esimerkiksi muotti ja asetusarvot. (Kurri 2008, 74)

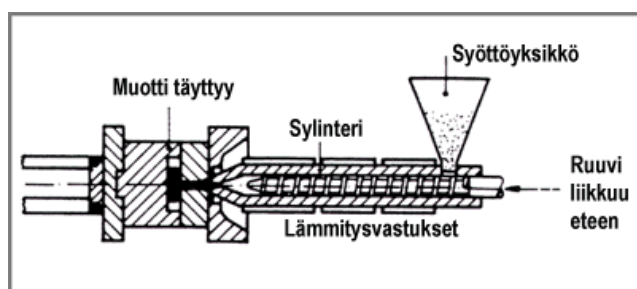
Ruiskuvalukoneita on saatavilla paljon eri merkkisiä ja mallisia. Nykyään ruiskuvalukoneen toiminnot eroavat toisistaan vain ohjausteknisesti. Koneet voidaan kuitenkin erotella säätäviin ja ohjaaviin koneisiin, johteellisiin ja johteettomiin koneisiin sekä täyssähköisiin ja sähköhydraulisiin koneisiin. Ruiskuvalukoneen kokoa määriteltäessä keskeisimpiä tekijöitä ovat sulkuvoima ja kierukkaruuvien, ruiskutusyksikön sylinterin sekä annoksen koko. (Kurri 2008, 74)

#### **3.2 Ruiskuvaluprosessi**

Yleisesti puhuttaessa ruiskuvaluprosessista puhutaan ruuvikäyttöisestä ruiskuvalukoneesta. Prosessissa kestumuoviset granulaattipalat homogenisoidaan eli saatetaan sulaan tilaan, jonka jälkeen se puristetaan paineella muottiin. Kappale jäähtyy muotin sisällä halutun muotoiseksi ja saadaan valmis ruiskuvalutuote. Muotin sulkeutumisesta valmiin kappaleen poistamiseen on koneen yksi työkierto. Jaksoaika on aika, joka määräytyy yhteen työkiertoon käytettävästä ajasta. (Kurri 2008, 73-74)

### 3.3 Ruiskuvaluprosessin työkierto

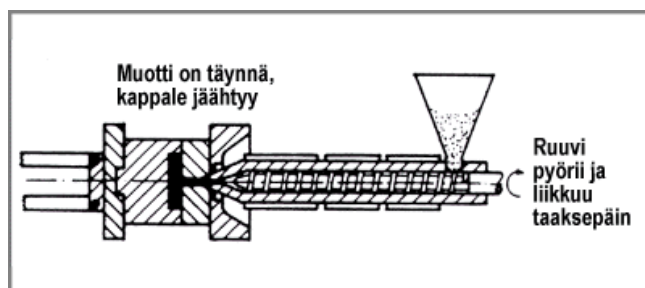
Ruiskuvaluprosessin työkierto alkaa muotin sulkeutumisesta. Sulkeutuminen pitää tapahtua joustavasti ja nopeasti niin, että muotti sulkeutuu kolahtamatta ja pehmeästi kiinni. Kuvassa 2 esitettynä työkierron ensimmäinen vaihe, jossa ruiskutusyksikön sulatussylinderin suutin ajetaan muotin suuttimeen kiinni. Tällä saadaan muovisula ruiskutuksen aikana virtaamaan muottipesiin. Sulatussylinderi ajetaan kiinni muotin suuttimeen yleensä vain ensimmäisellä työkierrolla, jotta pysytään lyhyemmässä jaksoajassa ja säästetään muottia sekä suutinta turhalta kulumiselta. Kuuma ruuvi liikkuu eteenpäin ja lämmitysvastusten sekä kitkan avulla syöttöyksiköstä saaduista muovigranulaateista syntyy sula muovimassa, joka voidaan ruiskuttaa muottiin. (Kurri 2008, 80-81)



KUVA 2. Työkierron ensimmäinen vaihe (Höök & Nykänen 2015, 3)

Kuvan 3 mukaisesti työkierron toisessa vaiheessa tapahtuu muottipesien täyttövaihe eli ruiskutus, jonka neljä keskeisintä tekijää ovat ruiskutusnopeus, ruiskutuspainne ja jälkipaineelle vaihdon ajoitus sekä jälkipaineen suuruus. Ruiskutusvaiheessa ruuvi liikkuu nopeasti eteenpäin ja työntää samalla muovisulan muottipesään suurella nopeudella sekä kovalla paineella. (Kurri 2008, 81)

Muovimassan tulisi jähmettyä muotissa kauttaaltaan yhtä pitkän ajan. Tämän vuoksi muovisula ruiskutetaan muottiin mahdollisimman nopeasti, jotta se jähmettyy kauttaaltaan ja saadaan mahdollisimman tasalaatuinen tuote. Ruiskutusnopeus on prosessin määräävä tekijä, mutta myös ruiskutuspainne on oltava niin korkea, että saavutetaan muotin täyttyminen. Muovisulan virtaus takaisinpäin estetään kierukkaruuvien kärkiosaan sijoitetulla takaisinvirtausventtiilillä. (Kurri 2008, 81)



KUVA 3. Työkierron toinen työvaihe (Höök & Nykänen 2015, 3)

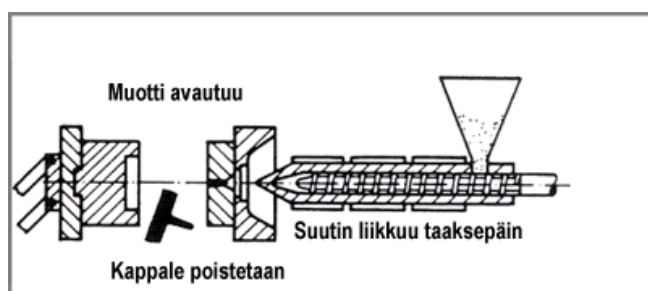
Ruiskutusvaiheen jälkeen tarvitaan jälkipaine, jolla pyritään työntämään jähmetymisestä aiheutuvan kutistuman verran lisää muovisulaa muottiin. Jälkipainevaiheessa ruuvi liikkuu pyörimättä eteenpäin synnyttäen tarvittua jälkipainetta. Ilman jälkipainetta kappaleisiin voi syntyä valuvirheitä kuten imuja, yhtymäsauvoja, onteloita tai pieniä reikiä. Liian suuri jälkipaine voi taas aiheuttaa kappaleeseen purseita, kieroutumista, sisäisiä jännityksiä ja kappaleen haurautta. (Kurri 2008, 82)

Muotin ollessa täynnä alkaa jäähdytys, joka on yleensä ajallisesti työkierron pisin aika. Muovisulan jähmettyminen alkaa samanaikaisesti ruiskutusvaiheen kanssa, missä se alkaa heti jähmettyä koskettaessaan muottipesän seinämää. Seinämien kautta lämpö siirtyy muovisulasta pois ja kappale saa muotin mukaiset muodot. Kappaleen jäähtyminen tulisi tapahtua mahdollisimman tasaisesti, jotta saadaan laadukas tuote. Jäähdytysaikojen asetuksiin vaikuttavat muun muassa kappaleen seinämäpaksuus, sallittu ulostyöntölämpötila ja muotin lämpötila sekä sen lämmönjohtavuus. Vaikuttavia tekijöitä ovat myös muovityyppi ja sen lämmönjohtavuus sekä muovin lämpösisältö. (Kurri 2008, 82)

Samanaikaisesti jäähdytyksen kanssa tapahtuu annostus ja plastisointi. Annostelussa ruuvi pyörii ja liikkuu taaksepäin siirtämällä samalla muovisulaa lämmityssylinterin etuosaan kierukkaruuvien eteen. Annostelumäärän on vastattava kappaleen painoa. Plastisoinnissa granulaatti sulaa lämmitysvastuksien ja ruuvien pyörimisestä johtuvan kitkan avulla muovisulaksi, joka sekoittuu ja homogeenisoituu. Yleensä ruiskutusvaiheen lopussa jätetään kierukkaruuvien etupuolelle niin sanottu raaka-ainetyyny eli muovisula-ainemäärä, joka jää ruuvien etupuolelle sylinterin suuttimen ja ruuvien väliin. Tyynyllä varmistetaan, että jälkipaineen aikana muovisulaa on riittävästi syötettäväksi muottiin. Se toimii myös muotin ja

ruuvin välisenä lämmöneristeenä ja sillä voidaan varmistaa valutapin ulostulo muottisuuttimesta. (Kurri 2008, 83)

Viimeisessä vaiheessa ruiskutusyksikkö perääntyy muotin kyljestä ja tietyn jäähdytysajan jälkeen muottipuoliskot avautuvat joustavasti, mutta nopeasti. Valmiiden kappaleiden poisto tapahtuu ulostyöntötapeilla jo muotin avauksen aikana tai heti, kun kappale on jäähtynyt riittävästi. Muotin avausmatka säädetään siten, että kappaleen poistuminen tapahtuu ongelmitta. Valmis ruiskuvalu-tuote poistuu muotista putoamalla tuotelaatikkoon, liukuhihnalle tai jopa automatisoiduissa järjestelmissä robotti siirtää kappaleen pois muotista jatkokäsittelyä varten. Kuvassa 4 on esitetty ruiskuvalutyökierron ulostyöntövaihe eli viimeinen vaihe ennen seuraavan jakson alkua. (Kurri 2008, 84-85)



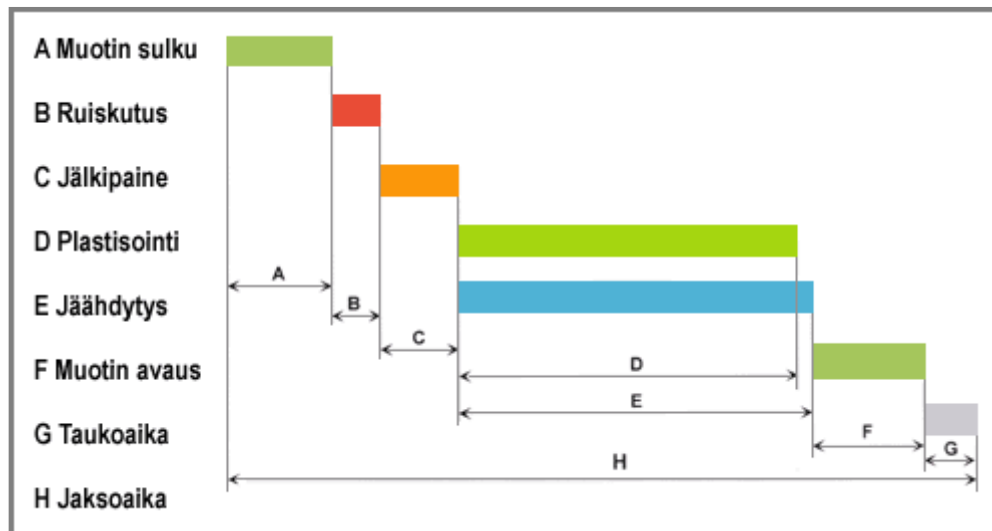
KUVA 4. Työkierron viimeinen vaihe (Höök & Nykänen 2015, 3)

Ruiskuvalukoneen säädöillä voidaan vaikuttaa ratkaisevasti ruiskuvalukappaleen ominaisuuksiin. Työkierron eri vaiheilla voidaan vaikuttaa kappaleen ominaisuuksiin eri tavoilla. Ruiskutusvaiheessa voidaan vaikuttaa valmiin kappaleen pinnanlaatuun, mekaanisiin ominaisuuksiin, vääntymiin, yhtymäsaumojen näkyvyyteen, orientoitumiseen sekä sulan kiteytymiseen. Kompressioaikana eli aikana, jolloin saavutetaan maksimipaine, voidaan vaikuttaa muotin täyttymiseen, purseiden muodostumiseen sekä kappaleen muotin mukaisten muotojen muodostumiseen. Jälkipainevaiheessa vaikutetaan kappaleen painoon, mittatarkkuuteen, kutistumiin, imujen-, rakkuloiden-, ja sisäisten jännityksien muodostumiseen, yhtymäsaumojen lujuuteen, kiertymäasteeseen sekä sisäiseen orientoitumiseen. (Kurri 2008, 86)

Ruiskuvaluprosessissa voidaan yleensä optimoida jaksoaika. Optimoinnin tavoitteena voi olla jaksoajan minimointi tai tuotteen laatu. Optimaalinen ja lyhin jaksoaika ei välttämättä ole sama asia. (Kurri 2008, 86)

### 3.4 Ruiskuvalukoneen valujakso

Kuvalla 5 voidaan esittää ruiskuvalukoneen valujakson vaiheet ja niiden tarvitsema suhteellinen aika. Jaksoaika alkaa muotin sulkeutumisesta ja loppuu mahdolliseen tauko aikaan. Jaksoajalla kuvataan yhden muottipesällisen valmistukseen kuluva aikaa eli yhtä työkiertoa. (Höök & Nykänen 2015, 3)



KUVA 5. Valujakson vaiheet (Höök & Nykänen, 3)

Valujakson ensimmäisenä vaiheena muotti sulkeutuu säädetyllä sulkuvoimalla (kohta A). Sulkuvoima voi olla jopa 100 000 kN, riippuen koneen kyvystä ja valettavasta materiaalista. Yleensä muotin sulkuvoima pidetään paljon pienempänä, riippuen kuitenkin valumateriaalista ja valettavasta kappaleesta. (Höök & Nykänen 2015, 6)

Muotin sulkeuduttua tapahtuu muovisulan ruiskutus muottiin (kohta B). Muovisulan ruiskutus muottiin tapahtuu asetetulla nopeudella ja paineella. Muotti pyritään täyttämään mahdollisimman nopeasti, jotta kappaleen jähmettyminen tapahtuisi tasaisesti. (Höök & Nykänen 2015, 4)

Ruiskutuspaineen jälkeen pyritään pitämään jälkipaine (kohta C), jonka tarkoituksena on täyttää ruiskutusvaiheessa täyttämättä jääneet muottipesän osat sekä kompensoida materiaalin kutistumaa. Ruiskutuspainelta jälkipaineelle siirtyminen yritetään pitää oikeassa kohdassa, jotta taataan, ettei kappaleen laatu kärsisi. (Höök & Nykänen 2015, 4)



Vaiheella D eli plastisoinnilla tarkoitetaan ruiskuvalukoneen aloittamaa uutta raaka-aineannoksen valmistelua. Tämä tapahtuu heti jälkipaineen päätyttyä. Plastisoinnilla tässä tarkoitetaan muovigranulaattien muuttamista sulaan muotoon lämmön ja syöttöruuvien aiheuttaman kitkan avulla. Muovin ruiskuvalutuo-  
tannossa puhutaan mielellään plastisoinnista sulan muovin sijaan. (Höök & Nykänen 2015, 4)

Muovimassan jäähdytys (kohta E) alkaa samaan aikaan kuin plastisointi. Jäähdytys alkaa heti muovisulan kohdattua muotin pinnan, koska se on viileämpi. Jäähdytysaika on ruiskuvalujakson pisin jaksoaika, sillä muovien ruiskutuslämpötilat ovat suhteellisen korkeita, jopa 150 - 450 °C. Jotta kappale voitaisiin poistaa muotista, lämpötilan pitää laskea n. 60 – 200 °C:een. (Höök & Nykänen 2015, 5)

Kappaleen jäähdytyä riittävästi voidaan muotti avata (kohta F). Koneen sulkuyksikkö vetäytyy ja muotti aukeaa. Kappale joko putoaa muotista sen auetessa, se voidaan poistaa työntämällä tai se poistetaan automaattisilla tarttujilla. Muotin avauksen jälkeen on taukoaika (kohta G), jos se on tarpeellista. Esimerkiksi taukoaikaa voi olla kappaleen poistaminen robottikäyttöisesti. Mahdollisen taukoajan jälkeen ruiskuvalujakso alkaa alusta. (Höök & Nykänen 2015, 5)

## 4 RUISKUVALUKONEEN OSAT JA NIIDEN TEHTÄVÄT

Koneen pääasiallisiin tehtäviin kuuluu muotin sulkeminen ja avaaminen, muotinpuolikkaiden riittävän sulkuvoiman muodostaminen, sulan muovimassan ruiskutus muottiin ja uuden muovimassan sulattaminen seuraavaa työkiertoa varten. Ruiskuvalukonetta voidaan käyttää yhdessä erilaisten muottien kanssa, kunhan muotin koko ja valettavan kappaleen tilavuus ovat koneelle sopivia. Ruiskuvalukoneet voidaan luokitella niiden sulkuvoiman, ruuvikoon tai ruiskutuspaineen mukaan. Kone taas voidaan jakaa neljään eri toiminnalliseen yksikköön. Nämä ovat sulkuyksikkö, ruiskutusyksikkö, käyttöyksikkö sekä ohjausyksikkö. Kuvassa 6 työssä käytetty Battenfeld BA 500 CDK -ruiskuvalukone. (Höök & Nykänen 2015, 5-6)

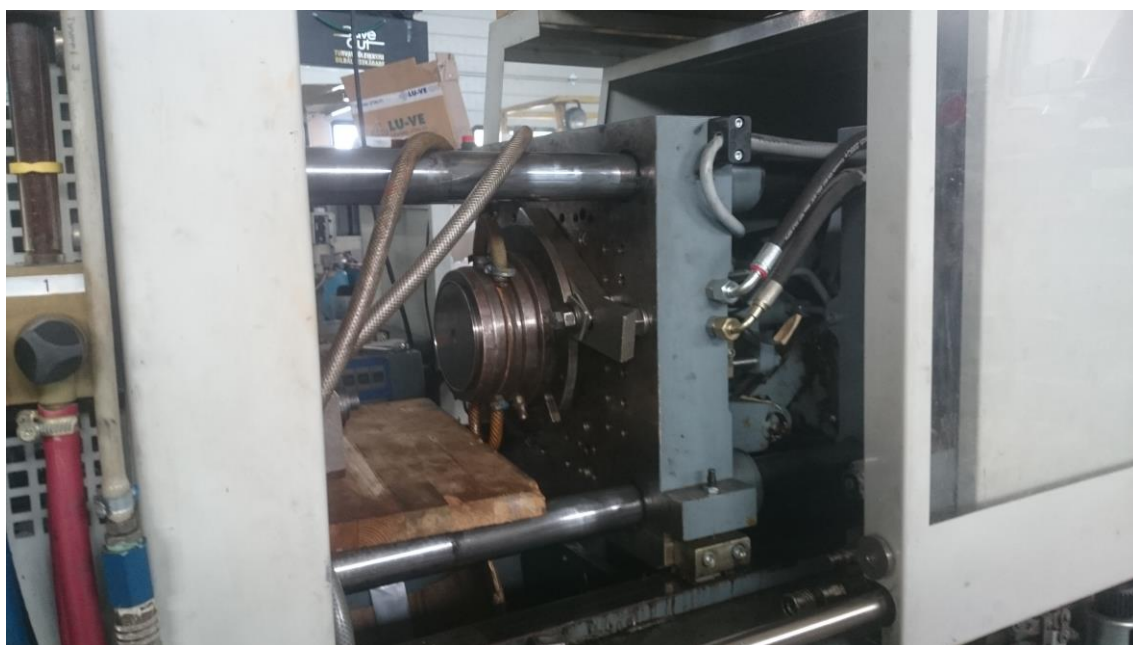


KUVA 6. Battenfeld BA 500 CDK -ruiskuvalukone

### 4.1 Sulkuyksikkö

Sulkuyksikön tehtävänä on avata muotti kappaleen poistamista varten ja sulkea se ennen seuraavaa valettavaa kappaletta varten. Sulkuyksikkö koostuu kolmesta levykappaleesta, joista etulevy on kiinnitetty koneen runkoon, johon muotin etupuolisko myös kiinnitetään. Tästä käytetään myös nimitystä kiinteä muot-

tipöytä. Takalevy toimii sulkuyksikön toisena ankkurilevynä, johon on myös yleensä rakennettu ulostyöntösylinteri, joka ohjaa kappaleen poistoa. Tätä kutsutaan liikkuvaksi muottipöydäksi. Etu- ja takalevy ovat toisissaan kiinni neljässä sulkuyksikköä ohjaavassa johteessa. Etu- ja takalevyn välissä olevaan välilevyyn kiinnitetään muotin takaosa, joka pystyy liikkumaan vapaasti johteiden välissä. Ruiskuvalukoneen kokoa ja suorituskykyä voidaan kuvata sulkuvoimalla. Sulkuvoimat voivat vaihdella muutamasta tonnista jopa 10 000 tonniin asti. Useissa koneissa käytetään myös sulkuyksikössä polvinivelistöä, joka tukee liikkuvaa muottipöytää ruiskutusprosessin aikana ja tuottaa sulkuvoiman yhdessä sulkusylinterin kanssa. Kuvassa 7 on esitetty ruiskuvalukoneen sulkuyksikkö. (Höök & Nykänen 2015, 6)



KUVA 7. Ruiskuvalukoneen sulkuyksikkö

## 4.2 Ruiskutusyksikkö

Ruiskutusyksikön tehtävänä on lämmittää sylinterille syötetyt muovigranulaatit, ruiskuttaa sula muoviraaka-aine muottiin, muodostaa tarvittava jälkipaine ja voima, joka pitää ruiskutusyksikön suuttimen tiiviisti muotin suuttimessa kiinni. Tärkeimpiä osia ruiskutusyksikössä ovat syöttösuppilo, ruuvi, sylinteri, sulkurengas, suutin ja lämmitysvastukset. (Höök & Nykänen 2015, 7)



KUVA 8. Ruiskutusyksikkö (Höök & Nykänen 2015, 8)

Kuvassa 8 on esitetty ruiskutusyksikkö, jossa ruuvi liikkuu muovin sulattamisvaiheessa taaksepäin keräten seuraavaa ruiskutuskertaa varten tarvittavan materiaalmäärän syöttöyksiköstä. Ruiskutusvaiheessa taas ruuvi liikkuu eteenpäin ja samalla työntää sulatettua massaa muottiin. Muovigranulaatit plastisoidaan ruiskutusyksikön vastusten ja kitkan avulla. Sulatetun massan taaksepäin virtaaminen on estetty ruuvissa olevan sulkurenkaan avulla. Ruiskutusliike saadaan aikaan hydraulisylinterillä, joka antaa myös sulatetulle massalle ruiskutus-paineen. Ruiskutus-paineet voivat olla maksimissaan jopa 1500-2000 baria. (Höök & Nykänen 2015, 7)

Ruiskutusyksikön sylinterin kärjessä on suutin, jonka kautta sulatettu massa ruiskutetaan muottiin. Suuttimessa on yleensä sulkumekanismi, joka estää massan virtaamisen sulattamisvaiheessa pois sylinteristä. Massan takaisinvirtaus sylinterissä voidaan estää sulkurenkaalla, joka on eräänlainen takaiskuventtiili. Kuvassa 9 on esitetty ruiskutusyksikön suutin. (Höök & Nykänen 2015, 7)



KUVA 9. Ruiskutusyksikön suutin

### 4.3 Syöttöyksikkö

Syöttöyksikkö ruiskuvalukoneen yksinkertainen osa, mutta sen toimivuus on tärkeää. Tämä on osa johon muovigranulaatit syötetään. Muovigranulaatit syötetään syöttöyksiköstä suoraan ja nopeasti ruiskutusyksikön syöttöruuville. Syöttöyksikön yhtenä tehtävänä on kuivattaa granulaatit ja poistaa niistä ylimääräinen kosteus. Kuvassa 10 on esitettyä syöttöyksikkö ja syöttöyksikön käyttöpaneeli. (Kurri 2008, 90)



KUVA 10. Syöttöyksikkö ja syöttöyksikön käyttöpaneeli

### 4.4 Hydrauliyksikkö ja runko

Hydrauliyksikön keskeisin tehtävä sähköhydraulisissa koneissa on liikkeen aikaansaaminen hydraulisten toimilaitteiden avulla. Näitä toimilaitteita ovat hydraulisyylinteri ja hydraulimoottori. Hydrauliyksikkö saa ohjausyksiköltä käskyn ja tämä ohjaa myös toimilaitteita kuten sulkuyksikköä. (Kurri 2008, 79)

Hydrauliyksikön komponentteja ovat mm. hydraulipumppu, hydraulimoottori, sähkömoottori, säätö- ja ohjausventtiilit sekä sylinterit. Ruiskuvalukoneiden hydraulinen nimellispaine on 14-20 MPa, kun taas ruiskutusaine voi olla jopa 100-200 MPa. Hydrauliyksikkö on yleensä rakennettu ruiskuvalukoneen rungon si-

sään. Rungon on oltava tukeva, jotta se kestää sulkuvoiman rasitukset. Suurimmissa koneissa rungot ovat kaksiosaisia, niissä sulkuyksikön ja ruiskutusyksikön rungot ovat omia runkoja. Runko lepää konekenkien päällä, joista ruiskuvalukone voidaan säätää vaateriin. (Kurri 2008, 79)

#### 4.5 Ohjausyksikkö

Ruiskuvalukoneet ovat yleensä tietokoneohjattuja ja ohjaus tapahtuu ohjausyksikön avulla. Ohjausyksikkö ohjaa ja säätää toimintoja, kuten lämpötiloja. Säädettäviä ja ohjattavia lämpötiloja ovat sylinterin, sulatetun massan, kuumakanavan ja muotin lämpötilat. Ohjausyksiköllä myös säädetään ruuvien pyörimisnopeutta, ruiskutusnopeutta, jälkipainetta ja muottipöydän liikettä. Lisäksi ohjausyksiköllä voidaan ohjata mahdollisen robotin päälle- ja poiskytkentää. (Höök & Nykänen 2015, 8)

#### 4.6 Ruiskuvalun prosessiparametrit

Ruiskuvalun parametreilla tarkoitetaan säädettäviä ominaisuuksia, kuten lämpötilat, nopeudet, paineet ja ajat. Lämpötilaparametreilla tarkoitetaan sylinterin ja muotin lämpötilan säätöjä. Nopeusparametrit säätelevät annostelunopeutta ja muotin liikenopeutta. Ruiskutus-, vasta- ja jälkipaineet ovat paineparametreja. Aikaparametreilla säädellään ruiskutusaikaa ja annosteluaikaa. Kuvassa 11 on kuvattu ohjausyksikkö, jossa on säädettävissä lämpöparametrit. (Höök & Nykänen 2015, 9)



KUVA 11. Lämpöparametrien säätöikkuna

#### **4.6.1 Sylinterin lämpöasetukset**

Sylinterin lämpöasetukset riippuvat raaka-ainetoimittajan ohjelämpötiloista, granaattien annoskoosta ja tuotettavan kappaleen seinämävahvuudesta. Muovi-  
laatuojen ominaisuudet ovat erilaisia, joten heikkoviskositeettiset materiaalit vaativat korkeamman sylinterin lämpötilan. Lämpöparametreillä ja muotin lämmön säädöillä vaikutetaan sykliajaan, sillä jo yhden asteen lämmön nosto pidentää sykliä kahdella prosentilla. Muotin lämpösäädöillä voidaan myös vaikuttaa tuotteen laatuun, kuten pintavirheisiin ja lämpökutistumiin. Muotin lämpötilan asettaminen siten, että sulan jähmettyminen tapahtuu hitaasti saa yleensä aikaan paremmat tuoteominaisuudet. Tämä kuitenkin pidentää yhteen valukiertoön kuuluvaa aikaa. (Höök & Nykänen 2015, 9)

#### **4.6.2 Annostelunopeus ja ruiskutusnopeus**

Annostelunopeudella tarkoitetaan ruiskuvalukoneen ruuvin pyörimisnopeutta. Pyörimisnopeus vaikuttaa annosteluajaan siten, että liian nopealla annostelujalla voidaan saada sulamattomia muovigranulaatteja, jotka vaikuttavat oleellisesti valmiin tuotteen laatuun. (Höök & Nykänen 2015, 9)

Ruiskutusnopeudella on myös suuri vaikutus kappaleen pinnan laatuun ja tuotteen sisäisiin jännityksiin. Kuitenkin ruiskutusnopeudella on tarkoituksena saavuttaa mahdollisimman pieni ruiskutusaine, jolla muotti saadaan täytettyä. Ruiskutusnopeus tulisi olla säädetty siten, ettei sulan muovin jähmettymistä tapahtuisi ennen muotin täyttymistä. (Höök & Nykänen 2015, 9)

#### **4.6.3 Paineet**

Vastapaineella saadaan vastusta ruuvin taaksepäin kulkevalle liikkeelle massan sulattamisen aikana. Paine auttaa massan sulattamista lisäämällä kitkaa ja sulan aineen homogointumista eli yhteneväistämistä. Vastapaineella on myös vaikutus sulan muovimassan laatuun, sillä liian pienellä vastapaineella voi olla vaikutus granaattien täydelliselle sulamiselle. Liian suurella vastapaineella

taas voidaan saada liian sula massa, joka voi johtaa lämpöhajoamiseen. (Höök & Nykänen 2015, 9)

Ruiskutusaineella ja –nopeudella saavutetaan muotin täyttyminen. Ruiskutuksen aikainen paine ei ole vakio, vaan sen asetusarvo saavutetaan vasta muotin täyttymisvaiheen lopussa. Liian alhaisella ruiskutusaineella ei saavuteta ideaalia muotin täyttymistä. Liian suuri paine taas aiheuttaa komplikaatioita tuotteen halutun laadun tavoittelussa. Liian suuri paine voi johtaa sulan muovimassan ylipursuamiseen muotista. (Höök & Nykänen 2015, 9)

Ruiskuvalussa jälkipaineella yritetään pitää kappaleen lämpökutistuminen mahdollisimman pienenä. Paine pyritään vaihtamaan oikeassa kohdassa ruiskutusaineelta jälkipaineelle. Paineenvaihtokohta määräytyy joko ruuvin matkan, ruiskutusajan, hydraulipaineen tai muottipaineen mukaan. Vääränaikainen vaihto voi johtaa kappaleen epätarkkuuteen. (Höök & Nykänen 2015, 9)

#### **4.6.4 Jäähdytysaika ja jälkipaineaika**

Jäähdytysaika on jakso, joka alkaa heti sulan muovimassan virratessa muottiin. Aika jatkuu vielä jälkipaineen jälkeenkin. Jäähdytysaikaa jatketaan, kunnes kappale on laadultaan riittävän tarkka ja jäykkä. Jäähdytys jatkuu vielä jälkipaineen jälkeenkin. Liian nopeaa jäähdytysaikaa tulee välttää, sillä kappaleen sisäiset jännitykset muuttuvat vielä otettaessa kappale pois muotista. Jäähdytysajassa otetaan huomioon kappaleen kutistuminen. Liian pitkä jäähdytysaika taas pienentää syntyvää kutistumaa ja lopullisen kappaleen mitat eivät välttämättä vastaa haluttua tulosta. (Höök & Nykänen 2015, 10)

Jälkipaineajan tulisi olla riittävän pitkä, jotta kappaleen pintaan ei syntyisi epätasaisuuksia, kuplia tai kieroutumista. Jälkipaineajan määrittää ruiskutusportin koko sekä kappaleen seinämävahvuus. (Höök & Nykänen 2015, 11)



## 4.7 Rouhin

Ruiskuvaluprosessista syntyvää kestopuoviromua voidaan käyttää uudelleen rouhimalla niistä uusia muovigranulaatteja. Muoviromua ovat valukanavista syntyvät valutapit ja virheelliset valutuotteet. Muoviromusta rouhitut granulaatit ja niin sanotut neitseelliset granulaatit voidaan sekoittaa keskenään ja niistä voidaan valmistaa tuote uudestaan. Muovin rouhimisella saadaan materiaalikus-tannuksia ja prosessissa syntyvää jätettä pienemmiksi. Kuvassa 12 on esitetty-nä Moni Muovi Oy:ssä käytettävä rouhin. (Kurri 2008, 94)



KUVA 12. Rouhin

## 4.8 Tarttujarobotti

Ruiskuvalutuotannon automatisoiminen on jo yksi isoin osa-alue mietittäessä ruiskuvalukoneen hankintaa. Automatisoinnilla tarkoitetaan ruiskuvalukoneen yhteyteen hankittavaa kappaleen tai valutapin käsittelyä varten tarkoitettua ro-bottia tai manipulaattoria. (Kurri 2008, 94)

Ruiskuvalukoneen yhteyteen asennetun robotin yleisimpiä ominaisuuksia ovat muun muassa keskusteleva ohjaus koneen ja robotin välillä, robotin ohjaus ja ohjelmointi koneen ohjausyksiköstä sekä vähintään neliakselinen toiminta. X-, Y- sekä Z-akselin lisäksi on akseli, joka esimerkiksi mahdollistaa kappaleen

käännön. Myös mahdollisten tarraimien tai tarttujien vaihtomahdollisuus on otettava huomioon. (Kurri 2008, 95)

Robotti mahdollistaa kappaleen hellävaraisen poistamisen muotista suoraan hihnakuuljettimelle tai pakkauslaatikoihin. Valutapin poistoon tarkoitettu robotti voi siirtää valutapin suoraan keräysastiaan tai muovin rouhimiseen tarkoitettuun rouhemyllyyn. Robotin käytön muina etuina ovat myös mahdollinen tuotteiden laadun paraneminen, tuotannon nopeuttaminen ja myös käyttäjien yksitoikkoisen poimintatyön väheneminen. Haittapuolina voi olla se, että robotti saattaa hidastaa tuotantoa lyhyillä jaksoajoilla ja sen hankintahinta voi olla jopa pienempien ruiskuvalukoneiden luokkaa. (Kurri 2008, 95)

Kuvassa 13 on esitetty Wittmann Battenfeldin valmistama valukappaleen tai valutapin poistoon tarkoitettu tarttujarobotti.

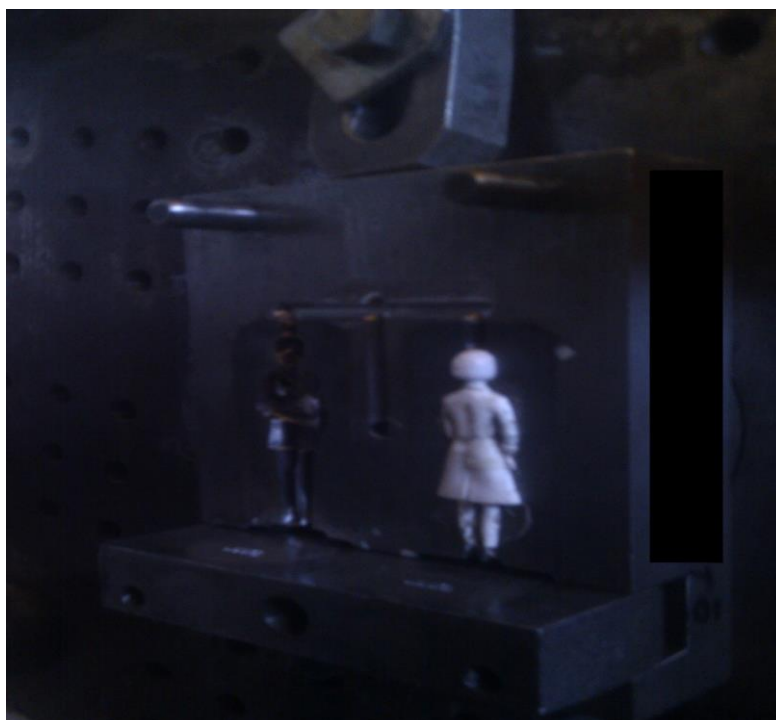


KUVA 13. Wittmann Battenfeld tarttujarobotti (Wittmann Battenfeld GmbH 2020)

## 5 RUISKUVALUMUOTTI

Ruiskuvalukoneen muotti on vaihdettava osa ja sen tärkein ominaisuus on saada kappaleelle haluttu muoto, kuten kuvassa 14. Yksinkertaisimmillaan muotti koostuu kahdesta peruselementistä, joita ovat kiinteä muottipuolikas ja liikkuva muottipuolikas. Muotti toimii myös paineastiana ja sen mitoituksessa tulee ottaa huomioon muotin kestävyys valutapahtuman aikana. Ruiskuvaluprosessissa muotin sisäinen paine voi nousta jopa 2000 bariin asti. Muottien valmistuksessa käytetään standardiosia ja moduulirakenteita. Tämä takaa nopeamman valmistamisen, muotin hyvän laadun ja sen, että vanhoja muottimoduuleita voidaan myös käyttää uudelleen. (Höök & Nykänen 2015, 8)

Muotti toimii sulan muovin juoksukanavana, jossa sula asettuu muotin mukaiseen muotoon. Sulan muovimassan jäähtyttyä saadaan muotin avulla haluttu muoto ja sen jälkeen valmis kappale voidaan irrottaa muotista. Muotti tulee olla tarkkaan suunniteltu ja valmistettu, jotta se kestäisi ruiskuvalussa aiheutuneen paineen ja sulkuvoimien rasitukset. Valmiin ruiskuvalutuotteen ulostyöntö tapahtuu yleensä muotin liikkuvalta puolelta, jota usein kutsutaan ulostyöntöpuoliksi. (Höök & Nykänen 2015, 8-9)

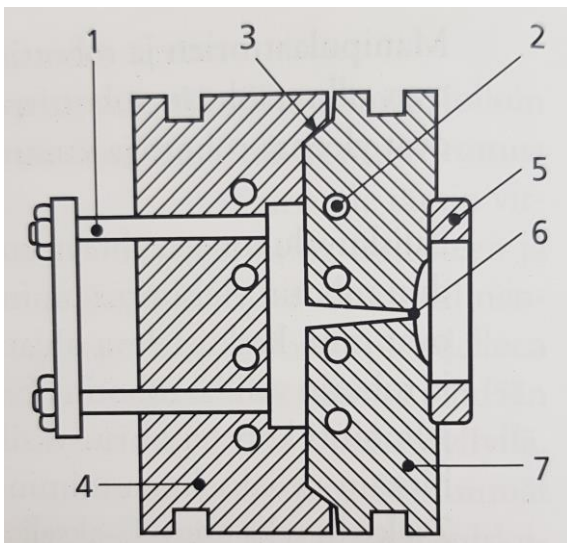


KUVA 14. Ruiskuvalumuotin puolikas ja valmis ruiskuvalutuote

## 5.1 Muotin osat

Yksinkertainen muotti koostuu vain kahdesta osasta, jotka ovat liikkuva muottipuolikas ja kiinteä muottipuolikas ja nämä on kiinnitetty koneen muottipöytiin. Muottien tehtävänä on toimia sulan massan juoksukanavana, antaa valukappaleelle haluttu muoto, jäähdyttää ja jähmettää sula muovimassa kiinteään muotoon sekä yleensä poistaa valmis kappale muottipesästä. (Höök & Nykänen 2015, 8)

Kuvassa 15 on esitetty ruiskuvalumuotin yksinkertainen rakenne, josta näkee, että perusmuotissa on toiminnallisia osia vähän. Keskeisin osa näistä on muottipesä. Muottipesä luo valettavan tuotteen halutun muodon ja sen ympärillä on lämmönsäätöjärjestelmä, joka säätelee sulan muovimassan lämpöä. Muotissa olevia syöttökanavia pitkin sula muovimassa kulkeutuu muottiin. Muotin ulkoihin osiin kuuluu muun muassa muotin ohjaus- ja asennusosat. (Höök 2014, 1)



KUVA 15. Ruiskuvalumuotin rakenne (Kurri 2008, 96)

1. Ulostyöntötapit
2. Temperointikanavat
3. Muottipuolikkaiden ohjaukset
4. Liikkuvamuottipuolisko
5. Ruiskutuspuolen keskitysrengas
6. Kartiotappivalukanava
7. Kiinteämuottipuolisko

## 5.2 Valukanavisto

Valukanavisto koostuu valutapista, valukanavista ja portista. Valutapilla on yhteys koneen suuttimesta muotin valukanavaan ja yleensä se on muodoltaan kartiomainen. Kartiomainen muoto auttaa sen irtoamisessa kiinteästä muottipuoliskosta, kun muotti avataan ruiskuvalujakson lopussa. Tietyillä muoveilla voidaan myös käyttää sylinterimäistä valutappimuotoa, mutta tällöin suuttimen reikä on mitoitettava niin, että se on noin 1 mm pienempi kuin valutapin pienin halkaisija. (Bruder 2016)

Valukanavilla ohjataan sula materiaali valutapilta muottipesään. Monipesäisillä muoteilla valukanavien on oltava tasapainotettuja ja siten, että muottipesät täytyvät yhtäaikaisesti. Toisin sanoen valukanavissa pitää olla sama painehäviö matkalla kaikkiin muottipesiin. (Bruder 2016)

Sula muovimateriaali johdetaan muottipesään myös portin kautta. Portin mitoitus on tärkeää, sillä oikein mitoitettuna sillä saadaan osakiteiset muovit jäähtymään oikeaan aikaan. Portin on myös oltava pyöristetty, ettei ruiskutuksen aikana synny liian korkeita leikkausvoimia, jotka voisivat rikkoa kappaleen. Portti täytyy myös sijoittaa oikein suhteessa kappaleeseen, sillä yhdessä mahdollisten yhtymäsaumojen kanssa se on kappaleen heikoin kohta. Se on myös sijoitettava kohtaan, jossa kappaleen seinämäpaksuus on suurin, sillä muuten kappaleen kutistumista ei voida kompensoida jälkipaineen alla. (Bruder 2016)

### 5.2.1 Kuumakanavat

Kuumakanava on muottikanava, jossa muovi pysyy koko ajan sulana. Kuumakanavajärjestelmä koostuu jakelulohkosta, suuttimista ja säätöjärjestelmästä. Järjestelmällä saavutetaan valmis kappale ilman valukanavistosta syntyvää valutappia. Tällä järjestelmällä ei synny rouhittavaa muovirohua, joten tuotanto on materiaalimenekin kannalta taloudellisempaa. Toimivalla kuumakanavajärjestelmällä saavutetaan kappaleen hyvä laatu ilman suurempia ruiskutuskohtien jälkiä. Kuumakanavamuotti on yleensä kalliimpi ja sen käyttö ja huolto on vaativampaa. (Kurri 2008, 93)

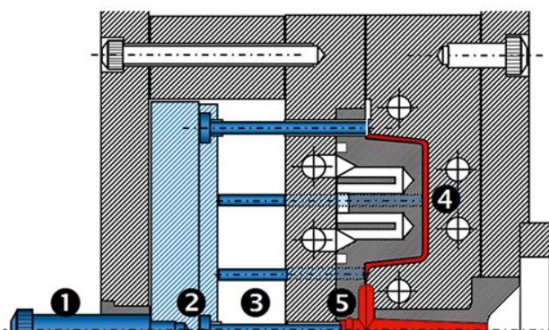
### 5.2.2 Temperointikanavat

Temperointikanavilla pidetään huoli, että kappale jäähtyy tarpeeksi muotissa ennen ulostyöntöä, jottei kappaleeseen synny vääntymiä tai ulostyönnön jälkiä. Kappale alkaa jäähtyä ensin reunoilta ja sisäosa voi olla jopa sulassa tilassa ulostyönnön aikana. Muotin temperoinnilla on tarkoitus varmistaa koko ruiskuvalutuotannon ajan muottipesän tarvittava lämpötila ja riittävä lämmön poistuma valmistettavasta kappaleesta. Muottipesän pintalämpötilalla voidaan vaikuttaa kappaleen laatuun ja ruiskuvaluprosessin jaksoaikaan. (Kurri 2008, 92)

Muotin temperointi yleensä erillisellä temperointilaitteella. Temperoinnin väliaineena käytetään vettä, kun muotin lämpötila on alle 90 °C ja öljyä, kun muotin lämpötila on korkeampi. (Kurri 2008, 92)

### 5.3 Ulostyöntöjärjestelmä

Ruiskuvalujakson viimeisessä vaiheessa muotti aukeaa valmiin kappaleen jäähdytyä tarpeeksi. Muotin auettua kappale yleensä poistetaan muotista ulostyöntötappien avulla ja tällöin ruiskuvalujaksoon lisätään tauko-aika, jotta ulostyöntötappit saavat poistettua kappaleen muotista. Tämä on tarpeen, jos esimerkiksi kappale ei irtoa heti ensimmäisellä ulostyöntökerralla. Ulostyönnön jälkeen ruiskuvalukone saa tiedon aloittaa uuden ruiskuvalujakson. Kuvassa 16 on esitetty muotin ulostyöntöjärjestelmä, jossa numero 1 on ruiskuvalukoneeseen yhdistetty ulostyöntötanko, joka painaa ulostyöntölevyä (numero 2). Ulostyöntölevyssä kiinni olevat ulostyöntötappit (numero 3) painavat valukappaleen (numero 4) ja valutapin (numero 5) irti muotista. (Höök 2014, 8-9), (Bruder 2016)



KUVA 16. Muotin ulostyöntöjärjestelmä (Bruder 2016)

## 6 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

Ohjelmoitavat logiikat otettiin ensimmäistä kertaa käyttöön Amerikan autoteollisuudessa. Alati muuttuvan tuotannon takia siirryttiin vanhasta ja hitaammasta reletekniikalla toimivasta ohjauksesta ohjelmoitaviin logiikoihin. Ilman tuotantokoneisiin tehtäviä muutoksia pystyttiin toimintaa muuttamaan nopeammin ja helpommin pelkästään ohjelmointiin tehtävillä muutoksilla. Ohjelmoitavasta logiikasta alettiin käyttämään Amerikassa lyhennettä PLC eli ohjelmoitava looginen ohjausjärjestelmä. (Ahoranta & Ahoranta 2004, 186)

Vanhanaikaiseen releohjaukseen verrattuna mikroprosessoripohjainen ohjainjärjestelmä on huomattavasti joustavampi kohteissa, joissa koneiden tai prosessien toimintaa joudutaan muuttamaan usein. Muutokset eivät vaadi komponenttien tai johdotusten vaihtamista kuten releohjauksen muuttaminen vaatii. Ohjelmoitavien logiikoiden monipuolistuminen, käytön yksinkertaistuminen ja hinnan aleneminen ovat myös edistäneet siirtymistä niiden käyttöön. Kaikki ohjelmoitavat logiikat ovat toistensa kaltaisia, joten minkä vaan PLC:n käyttö on helppoa, kun on tutustunut hyvin jonkin valmistajan logiikkaan. (Ahoranta & Ahoranta 2004, 186)

### 6.1 Ohjelmoitavan logiikan rakenne

Ohjelmoitavan logiikan sisäisiä toimintoja ohjaavat käyttöjärjestelmä ja mikroprosessori, jotka myös ohjaavat viestiliikennettä logiikan ja oheis- sekä ohjelmointilaitteiden välillä. Suuremmissa logiikoissa käytetään useampia mikroprosessoreita, jotta saadaan myös laajempien ohjausten toiminta nopeaksi. (OMRON n.d., 7)

Sovellusohjelma tallennetaan ohjelmamuistiin, joka määrää logiikan tehtävät prosessissa. Tämä on yleensä varmistettu varavirtalähteellä olevaa RAM-muistia. Sovellusohjelman kokoon vaikuttaa käytössä oleva ohjelmamuistin koko. Kuvassa 17 on esitetty ohjelmoitavan logiikan ympärille muodostettu ohjauskokonaisuus. (OMRON n.d., 7)



KUVA 17. Ohjelmoitavan logiikan ohjauskokonaisuus (OMRON n.d., 8)

### 6.1.1 Tulot

Logiikan tulot kytkevät tulevat signaalit ohjelmoitavaan logiikkaan. Näitä signaaleja voi tulla muun muassa lähestymiskytkimiltä, valokennoilta tai releiden apukoskettimilta. Nämä tulevat signaalit ovat yleensä binäärisiä, mutta on myös mahdollista kytkeä analogisia tulosignaaleja. Näillä analogisilla tuloilla voidaan vastaanottaa mittaustietoja ja pulssituloja. Tulosignaalit eivät siirry suoraan logiikan käsiteltäväksi, vaan ne on eristetty herkästä elektroniikasta optoerotuksella. Optoerotus tapahtuu valodiodin ja fototransistorin muodostamalla optoerottimella, josta voidaan käyttää myös nimitystä galvaaninen erotus. (Keinänen ym. 2001, 245)

### 6.1.2 Lähdöt

Lähdöillä logiikka ohjaa järjestelmän toimilaitteita. Näitä voivat olla muun muassa magneettiventtiilit, kontaktorit, releet ja merkkilamput. Lähdöt ovat joko rele- tai transistorilähtöjä. Transistorilähdöt on tarkoitettu tasasähkölle ja relälähdöillä voidaan ohjata tasasähkön ohella myös noin kahden ampeerin vaihtovirtaa. Relälähtöjen viive on noin 10 millisekuntia, kun taas transistorilähdöllä se on 20 millisekunnin luokkaa. (Keinänen ym. 2001, 245-246)



### 6.1.3 Keskusyksikkö

Keskusyksikkö eli CPU (Central processing unit) toteuttaa logiikalle ohjelmoituja käskyjä. Nykyisissä logiikoissa keskusyksikkö on toteutettu mikroprosessorilla, joka mahdollistaa loogisten operaatioiden ohella myös aritmeettiset laskusuoritukset. Keskusyksikkö tarvitsee näiden suorittamiseksi työrekisterin, jota voidaan myös kutsua akuksi. Keskusyksiköllä on myös luku- ja kirjoitusmuistia työmuistina. (Keinänen ym. 2001, 246)

### 6.1.4 Ohjelmamuisti

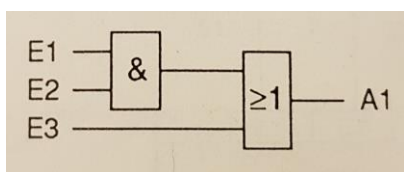
Ohjelmamuisti tallentaa kirjoitetun ohjelman ja se pitää sisällään kaiken sen informaation, millä automatisoitu laitteisto toimii. Logiikoiden muistikoot yleensä ilmoitetaan kirjoitettavien muistirivien määränä. Muistikoot voivat vaihdella pienlogiikoiden 0.25 kilon muisteista isojen järjestelmien 256 kiloon, joissa 1 K eli kilo, on 1024 käskyä. Logiikoiden muistit muodostuvat 16-bittisistä sanoista, joita on jo käsitelty lukujärjestelmien yhteydessä. Yleisimmät logiikoiden muistityypit ovat CMOS-RAM-puolijohdemuisti, EPROM-lukumuisti ja EEPROM-muisti. CMOS-RAM-muisti on luku- ja kirjoitusmuistia, jossa RAM-muisti voi kadota sähkönsyötön katketessa, ellei sitä ole turvattu patterivarmistuksella. EPROM-lukumuisti on käyttäjän ohjelmoitavissa olevaa muistia, mutta se vaatii erillisen ohjelmointilaitteen. Säilyttää kuitenkin tietonsa sähkönsyötön katketessa. EEPROM-muistit ovat luku- ja kirjoitusmuistia, joihin tiedot tallennetaan tai poistetaan niistä ohjelmointilaitteen avulla. EEPROM-muistit ovat niin sanottuja kestumuisteja, jotka eivät katoa sähkönsyötön katketessa eivätkä tarvitse erillistä paristovarmennusta. (Keinänen ym. 2001, 246)

### 6.1.5 Ohjelmointilaite ja ohjelmointikieli

Ohjelmointilaite on logiikan keskeinen komponentti, jolla kirjoitetaan haluttu ohjausohjelma. Sillä voidaan myös tehdä ohjelman testaus sekä vianhaku. Fyysinen ohjainlaite on käsissä pidettävä laite, jossa on yleensä näyttö, hallintapainikkeet ja liitântäkaapeli. Nykyään logiikoiden ohjelmoimiseen käytetään suu-

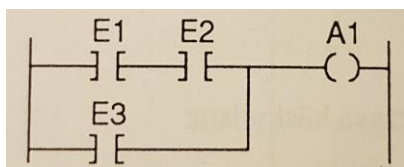
rimmaksi osaksi tietokoneelle asennettavaa ohjelmointiohjelmistoa. Yleensä ohjelmointikielinä käytetään standardisoituja kieliä kuten toimilohkokaavio (FBD), tikapuukaavio (LD) tai käskylista (IL). (Keinänen ym. 2001, 247)

Logiikkakaavio-ohjelmointi on digitaalitekniikasta tuttu graafinen ohjelmointikieli. Tärkeimpiä loogisia toimintoja ovat JA- TAI- ja EI- toiminnot sekä ajastintoiminnot. Kuvassa 18 on esimerkki logiikkakaaviosta. (Ahoranta & Ahoranta 2004, 192)



KUVA 18. Logiikkakaavio (Ahoranta & Ahoranta 2004, 192)

Tikapuukaavio-ohjelmointi muistuttaa piirikaavion esitystapaa. Vasemman ja oikean pystyviivan väliin piirretään käskyryhmiä kuvaava kaavio, jossa tulojen tiloja kuvataan kosketinsymboleilla. Lähdön symboli piirretään oikeaan reunaan ja sillä kuvataan lähtöjä ja tilamuisteja. Kuvalla 19 on esitetty tikapuukaavio-ohjelmointi. (Ahoranta & Ahoranta 2004, 192)



KUVA 19. Tikapuukaavio (Ahoranta & Ahoranta 2004, 192)

Käskylista-ohjelmointi on tekstimuotoista ohjelmakieltä, joka muistuttaa tietokoneen konekielistä ohjelmointia. Yleensä eri valmistajat käyttävät käskyillä eri kirjainsymboleja. Kuvassa 20 on esimerkki käskylista -ohjelmoinnista. (Ahoranta & Ahoranta 2004, 192)

JOS	E3
TAI	E1
JA	E2
NIIN	A1

KUVA 20. Käskylista (Ahoranta & Ahoranta 2004, 192)

## 7 LOGIIKKAOHJATTU TARTTUJAROBOTTI

Työn tarkoituksena on nopeuttaa ruiskuvaluprosessin valmiiden tuotteiden ja karojen erottamista toisistaan. Ennen karan poiston automatisointia valmiit kappaleet ja karat päätyivät samaan keräysastiaan, josta ne vielä täytyy erikseen käsin erotella. Karojen erotus valmiiden kappaleiden joukosta on aikaa vievää työtä, mutta laadukkaiden valmiiden tuotteiden toimitus vaatii tätä. Karan poiston automatisointi helpottaa ja nopeuttaa prosessin saattamista valmiiseen asiakkaalle lähetettävään tuotteeseen.

Karojen erotteleminen myös helpottaa aineen uusiokäyttöä. Erotetut karat voidaan helposti siirtää rouhimeen, jossa niistä ja virheellisistä valukappaleista voidaan jauhaa uusia ruiskuvalussa käytettäviä muovigranulaatteja. Uusiokäyttö myös säästää luontoa sekä vähentää materiaalikustannuksia.

Työn tarkoituksena on kehittää tarttujarobotti hakemaan valujakson jälkeen kara eli valukanava ruiskuvalukoneen muottien välistä ja siirtää se erilliseen keräysastiaan tai suoraan rouhimeen. Valettava tuote on mittalusikka, joita valmistuu yhdessä valujaksossa kaksi kappaletta, koska käytössä on kaksipesäinen muotti. Näiden lisäksi prosessissa syntyy kara, joka pitää erotella valmiiden kappaleiden joukosta. Kuvassa 21 on ruiskuvaluprosessin valmis valutuote ja valukanavasta syntynyt kara.



KUVA 21. Valmis ruiskuvalutuote ja kara

Nykyisellä tuotantomenetelmällä kara sekä valmiit kappaleet päätyvät samaan keräysastiaan, josta ne joudutaan erikseen käsin erottelemaan. Valujakson jälkeen kara sekä valmiit kappaleet putoavat muotista kuljetushihnalle, josta ne kulkeutuvat suoraan pakkauslaatikkoon. Tämä on toimiva konstruktio, mutta henkilötyövoimalle vaativa.

Tavoitteena on kuitenkin päästä eroon ylimääräisestä ja yksitoikkoisesta käsin tehtävästä työstä. Tärkeimpänä on tietenkin fyysisen rasituksen minimointi ja laadukkaiden tuotteiden valmistaminen. Työ on tarkoitus saada valmiiksi kustannustehokkaasti ja ajatellen mahdollisia tulevaisuuden tuotannon muutoksia.

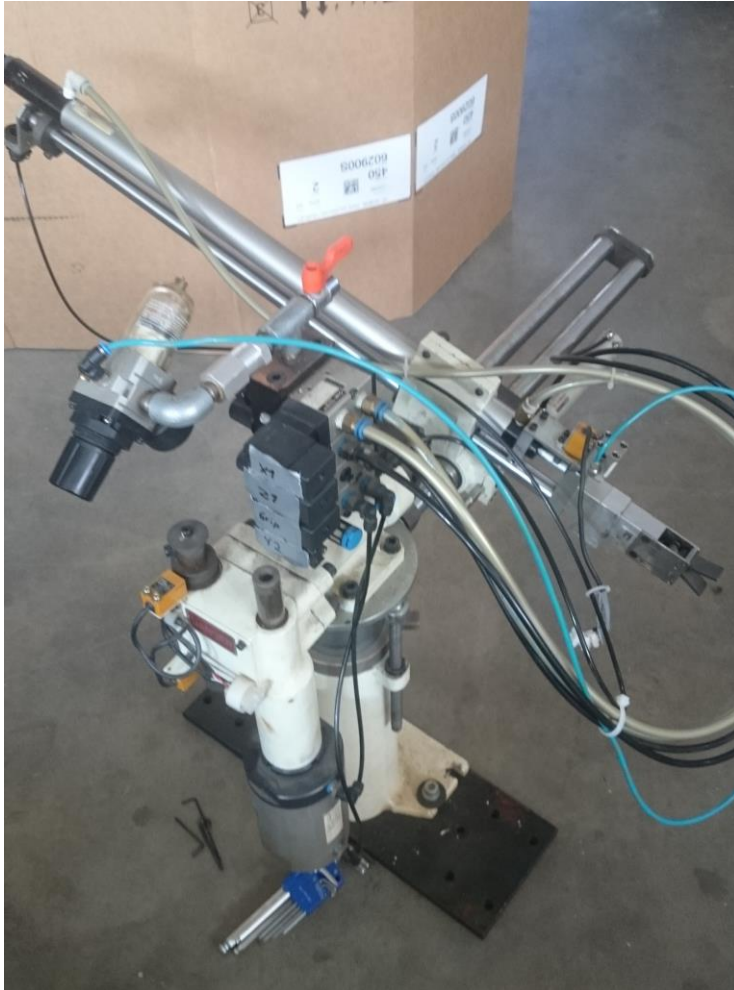
## 7.1 Työn aloitus

Työ aloitettiin purkamalla vanha Star Seikin valmistama tarttujarobotti. Robotti on muutoin toimiva kokonaisuus, mutta siihen kytketty logiikkapiiri ja ohjain ovat hajonneet. Tarttujarobotin kokonaisuus on itsessään hyvin vanha, joten siihen ei ole saatavilla enää varaosia eikä valmistajan tarjoamaa tukea saati sähkökaavioita. Tämä tarttujarobotti on toiminut aiemmin eri valmistajan muovin ruiskuvalukoneessa, joten sen saattaminen toimintakuntoon Battenfeld BA 500 CDK -ruiskuvalukoneen kanssa vaatii pieniä muutoksia.

Työn hahmottamiseksi sekä helpottamiseksi akselit nimetään XYZ-koordinaatiston mukaan. Tässä työssä X-akselilla tarkoitetaan akselia, joka liikkuu ylös alas suunnassa muotin väliin ja jonka päässä on myös tarttuja. Y-akselilla tarkoitetaan akselia, joka kiertyy 90 astetta sivusuuntaisesti. Z-akseli liikkuu sivuttain poispäin robotin jalustaan nähden.

Kokonaisuudessaan tarttujarobotti on itsessään kohtalaisen pieni ja sen siirtäminen ja liikuttaminen on helppoa. Robotti on jämerästi kiinni alustastaan ruiskuvalukoneen rungossa suoraan kiinteän muottipöydän yläpuolella. Akseleiden kulkeman matkan säädettävyys on yksinkertaista. Akselit liikkuvat pyörötaakkojohteita pitkin ja niiden kulkeman matkan pituutta säädetään johteissa olevilla pysäytin paloilla. Akseleiden liikkuvuuden säätöä tarvitaan varsinkin, kun kyseessä on eri valmistajan ruiskuvalukoneeseen tarkoitettu tarttujarobotti. Tart-

tujarobotin liikuttamista vaaditaan myös muottien vaihdossa, sillä jotkin muotit ovat niin isoja ja painavia, että niiden vaihtaminen vaatii trukilla tehtävää siirtoa. Kuvassa 22 on irrotettu ja osittain purettu tarttujarobotti.



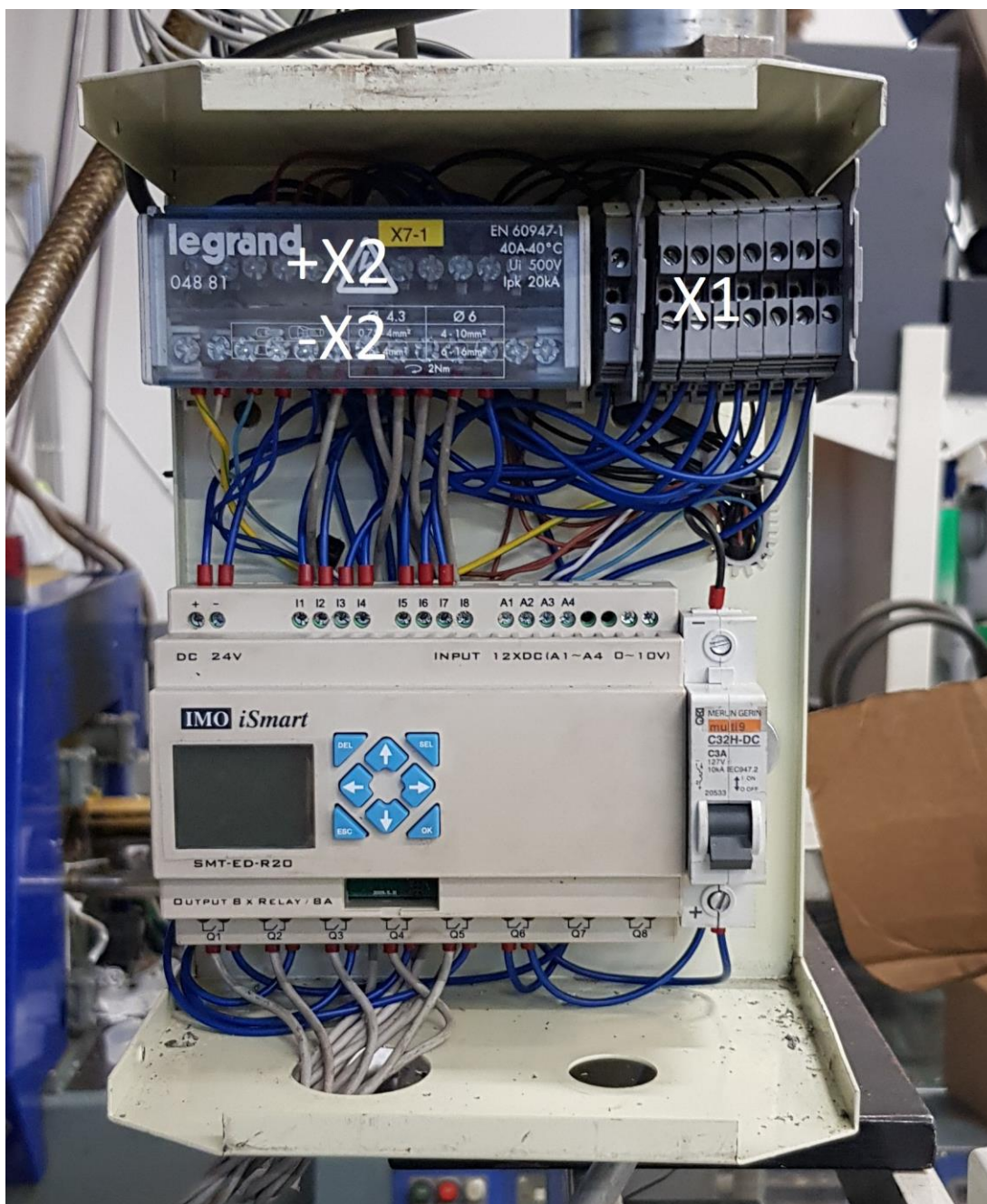
KUVA 22. Tarttujarobotti

Tarttujarobotissa valmiina kiinniolevat komponentit ovat kaikki SMC:n valmistamia ja kaikki komponentit, kuten suuntaventtiilit sekä induktiiviset anturit on suunniteltu toimiviksi 24 voltin tasajännitteellä. Myös Battenfeld BA 500 CDK -muovin ruiskuvalukoneesta saadaan 24 voltin tasajännite, joten logiikan tulojännite voidaan ottaa suoraan ruiskuvalukoneen pääkeskuksesta. Star Seikin käyttämät NPN-tyyppiset induktiiviset anturit eivät kuitenkaan sovi työssä käytettävän ohjelmoitavan logiikan kanssa, joten ne on vaihdettava PNP-tyyppisiin induktiivisiin antureihin. Suuntaventtiileitä ei tarvitse vaihtaa, sillä ne ovat vielä toimintakuntoisia ja ehjiä. X-liikkeen tekemän matkan pituus on liian lyhyt, joten X-akselin vartta on pidennettävä.



## 7.2 Sähkökaappi

Vaadittavat sähkökytkennät asennetaan tarttjarobotin vanhan ohjausjärjestelmän sähkökaappiin. Kuvassa 23 on esitetty työssä käytetty sähkökaappi, joka on pieni, mutta vaadittavat komponentit ja kytkennät mahtuvat sen sisään. Kyseinen sähkökaappi on kiinnitettyä itse tarttjarobotin runkoon, mikä myös helpottaa sen siirtämistä tarvittaessa toiseen ruiskuvalukoneeseen. Ohjelmoitavalla logiikalla ohjattu automatiikka on juuri tämän vuoksi kätevä, sillä tuotannollisia muutoksia tehdessä ei tarvitse erikseen komponentteja vaihtaa.



KUVA 23. Tarttjarobotin sähkökaappi

Sähkökaappiin asennetaan yläosaan din-kiskolle Legrand-merkkiset riviliittimet, joihin kytketään +X2-puolelle +24 VDC-kytkennät ja -X2-puolelle maajohdot sekä riviliitin X1, johon kytketään tulojen ja lähtöjen signaalit. IMO iSmart -logiikka sekä johdonsuojakatkaisija sijoitetaan alapuolelle omalle din-kiskolle. Liitteessä 1 ja 2 esitetään sähkökomponenttien kytkennät sekä liitteissä 3 ja 4 logiikan tulot ja lähdöt.

### 7.3 X-akselin pidentäminen

Tarttjarobotin akseleiden liikkumavara on säädettävissä, mutta X-liikkeeseen tarvittava matka ei ole säädettävissä rajoissa. X-liikkeen vartta on pidennettävä, jotta liikkeen kulkema matka riittää tartuttavaan kappaleeseen. Koska tarttjarobotin X-varsi asettuu perusasennossa niin korkealle muottipöytään nähden, että vartta on jatkettava ilman, että siitä olisi haittaa. X-liikkeen varren päässä oleva tarttuja on kiinnitetty vain kahdella pultilla. X-varren ja tarttujan väliin voidaan yksinkertaisesti lisätä ontto jatkovarsi, jolla varren pituus saadaan riittäväksi. Varren pituutta päätettiin jatkaa alumiiniputkella sen riittävän kestävyuden ja keveyden takia. Kiinnitys toteutettiin kierretangoilla ja muttereilla. Kuvassa 24 on pidennetty X-varsi.



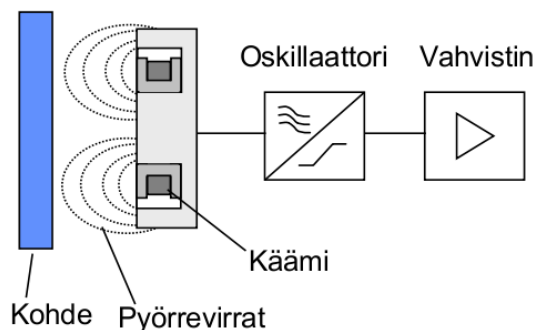
KUVA 24. Pidennetty X-varsi

## 7.4 Induktiiviset rajakytkimet

Induktiivisen rajakytkimen toiminta perustuu värähtelypiiriin, jossa mittakelan induktanssi muuttuu tunnistettavan kappaleen aiheuttaman permeabiliteetin muutoksen vuoksi. Rajakytkin antaa signaalin sähköä johtavan materiaalin lähestyessä tuntopintaa. Induktiivinen rajakytkin koostuu oskillaattorista, tunnistinpiiristä ja vahvistimesta, jotka on esitetty kuvassa 25. (Tuntematon käyttäjä 2010)

Anturin toiminta perustuu induktanssiin, joten anturin valinnassa ja asennuksessa on otettava huomioon tunnistusetaisyys ja muut vaikuttavat tekijät. Näitä tekijöitä ovat muun muassa: (Tuntematon käyttäjä 2010)

- Tunnistettavan kappaleen materiaali
- Anturin mittauspään pinta-ala
- Kappaleen sijainti suhteessa tuntopäähän
- Ympärillä olevat mahdollisesti vaikuttavat materiaalit



KUVA 25. Induktiivisen anturin osat (Tuntematon käyttäjä 2010)

Anturin kytkentä vaatii kolme johdinta. Nämä ovat käyttöjännite, maajohdin ja ulostulosignaali. Yleisesti antureiden syöttöjännite on 10-40 VDC ja tässä opinäytetyössä käytetään 24 V -tasajännitettä. Induktiivisia rajakytkimiä on kahta eri tyyppiä. PNP-tyyppinen kytkin, joka antaa positiivisen signaalin tunnistessaan kappaleen ja NPN-tyyppinen kytkin, joka antaa negatiivisen signaalin tunnistessaan kappaleen. (Tuntematon käyttäjä 2010)



Anturit voivat olla myös eri tilaisia. Nämä tilat ovat normally closed (NC) eli avautuva kosketin, joka on lepotilassa sulkeutunut kosketin tai normally open (NO) eli sulkeutuva kosketin, joka on lepotilassa avoin kosketin. (Värjä & Mikko-la 1995, 86)

Työssä käytetään IMO Precision Ltd:n valmistamia PB1204/DSAP-H -induktiivisia antureita, jotka ovat PNP-tyyppisiä ja sulkeutuvia antureita (NO). Anturit ovat suojattuja, kolmejohtoisia ja niiden tunnistusetäisyys on jopa 4 mm. Anturit kytketään siten, että ruskea on +24 VDC, sininen on maajohdin ja musta on signaali. Kuvassa 26 esitetty käytettävät induktiiviset anturit. (IMO Precision Controls Ltda 2020)



KUVA 26. PB1204/DSAP-H -induktiivinen anturi (IMO Precision Controls Ltda 2020)

Työssä tarvitaan neljää yllä mainittua induktiivista lähestymiskytkintä, jotka ovat S1, S2, S3 ja S4. Induktiiviselta lähestymiskytkimeltä S1 saadaan signaali Y-akselilta sen ollessa pystyasennossa ja S3:lta saadaan signaali sen ollessa sivuasennossa. S2 osoittaa X-akselin olevan yläasennossa ja S4 osoittaa X-akselin olevan ala-asennossa. Anturit kytketään siten, että musta johto on signaali logiikkayksikölle, ruskea kytketään 24 VDC -jännitteeseen ja sininen on maajohto. Liitteessä 1 esitetään antureiden kytkennät.

## 7.5 Pneumatiikka

Paineilma saadaan laitoksen paineilmajärjestelmästä ja se kulkee paineilmasäätimen kautta akseleita ohjaaville suuntaventtiileille. Paineilmajärjestelmän

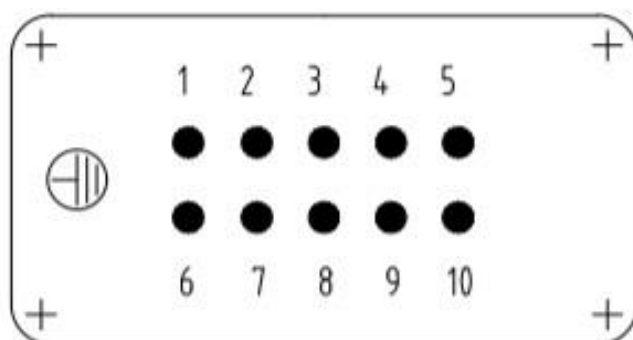
paine on liian suuri käytettäville komponenteille, joten paine säädetään suunta-venttiilien työpainealueelle. Toimiakseen tarttujarobotti tarvitsee neljä suunta-venttiiliä, kolme akseleiden paineilmasyylintereitä varten ja yksi tarttujaa varten. Nämä on kiinnitetty jakotukkiin, joka on SMC:n valmistama kokonaisuus.

Suuntaventtiilit Y1-Y3 ovat yhdellä kelalla ohjattuja 5/2-suuntaventtiilejä mallia SMC VF3130. Y1 ohjaa X-varren liikettä, Y2 ohjaa Z-akselin liikettä ja Y3 ohjaa tarttujaa. Y-akselin liikettä ohjaava Y4 on kahdella kelalla ohjattu 5/2-suuntaventtiili mallia SMC VF3230. Kaikki kelat kytketään kahdella johdolla, joista maajohto vietään riviliitin -X2:lle ja jännitettä ohjataan logiikan lähdoillä.

Akseleiden paineilmasyylinterit ovat kaksitoimisia. Paineilmasyylinterin ensimmäiseen kanavaan syötetään paine, jolloin saadaan paineilmasyylinterin lineaarinen liike. Toisensuuntainen liike saadaan taas syöttämällä paine sylinterin toiseen kanavaan. Tästä johtuu nimitys kaksitoiminen paineilmasyylinteri. Valitun kanavan syöttöä ohjataan edellä mainituilla suuntaventtiileillä.

## 7.6 Logiikan liitäntä ruiskuvalukoneeseen

Ruiskuvalukoneen ja logiikan väliset johdotukset yhdistyvät HTS liittimen kautta. 10 pinnisen liittimen johtojen määrä riittää työssä tehtyihin johdotuksiin. Maadoitus tapahtuu liittimen kevi-johdon kautta. Liittimen urospuolelle liitetään logiikalta ruiskuvalukoneen sähkökaappiin menevät johdot ja naaraspuolelle sähkökaapilta logiikalle menevät johdot. Kuvassa 27 on esitetty HTS-liittimen pinnien numerointi ja taulukossa 1 eritelty liittimen kytkennät.



KUVA 27. HTS-liitin (Farnell Oy 2008)

Taulukko 1. HTS-liittimen kytkennät

Pinni nro.	Mistä	Mihin	Selitys
Pinni 1			Ei käytössä
Pinni 2	X101.8 (E60)	Input 5	Turvapiiri
Pinni 3			Ei käytössä
Pinni 4	X101.2 (A002)	Input 6	Ulostyöntö eteen
Pinni 5	X106.1 (5.1.1)	+X2.1	+24 VDC
Pinni 6	X101.3 (E20)	Output 6	Robo OK
Pinni 7			Ei käytössä
Pinni 8			Ei käytössä
Pinni 9			Ei käytössä
Pinni 10	X101.6 (A040)	A040	Muotti auki
Kevi	X105.1 (5.3.3)	-X2.1	Maa

Tarttjarobotin ohjaamiseen tarvitaan ohjaustieto niin robotin omilta antureilta kuin myös ruiskuvalukoneen ohjaustiedoista. Ruiskuvalukoneen ohjaustiedot löytyvät Battenfeld BA 500 CDK -käyttöoppaasta. Käyttöoppaan sähköpiirustuksista saadaan selvitettyä tarvittavien toimintojen signaalien lähdöt ja tulot, joita voidaan työssä käyttää hyväksi. Liitteissä 1 – 4 on esitettyinä ruiskuvalukoneen ohjauskaapin layout sekä tarvittavien signaalien ohjauskortit ja tulo/lähtö-pinnit.

## 7.7 Tarttuja

Tarttjarobotin tarttuja on kuvassa 28 esitetty paineilmatoiminen kynsirtarttuja. Mekaaninen tartunta tapahtuu ohjaamalla kynsiä kiinni ja auki. Tarttujaa ohjataan Y3-suuntaventtiilillä, josta sen painetta voidaan vielä erikseen säätää. Paineensäädöllä varmistetaan, että tarttuja saa hyvän otteen tartuttavasta karasta, mutta ei tartu siihen liian suurella voimalla. Tällä taataan, että kartion mallinen kara pysyisi kynsissä oikein kiinni.



KUVA 28. Tarttuja

## 7.8 Ohjelmoitavan logiikan valinta

Robotin asennuksessa päätettiin käyttää edullista IMO Precision Ltd:n iSmart -logiikkaa sen yksinkertaisuuden, kustannusten ja mahdollisten lisäasennusten vuoksi. Fyysisten tulojen ja lähtöjen tarpeet todettiin pieniksi, joten IMO iSmart sopi hyvin ratkaisuksi. IMO iSmart -logiikoihin on mahdollista liittää laajennusosia, joten mahdolliset jatkokehitykset ovat myös mahdollista toteuttaa.

Ruiskuvalukoneen sähkökeskuksesta saadaan tarttujarobotille 24 voltin tasajännite, joten logiikaksi valitaan kuvan 29 mukainen IMO iSmart SMT-ED-R20. Logiikassa on 8 digitaalista tuloa, 4 analogista tuloa ja 8 digitaalista lähtöä. Työssä tarvitsee käyttää vain digitaalisia I/O-portteja. Liitteissä 3 ja 4 on esitetty opinnäytetyössä käytettyjen tulojen ja lähtöjen piirikaaviot.

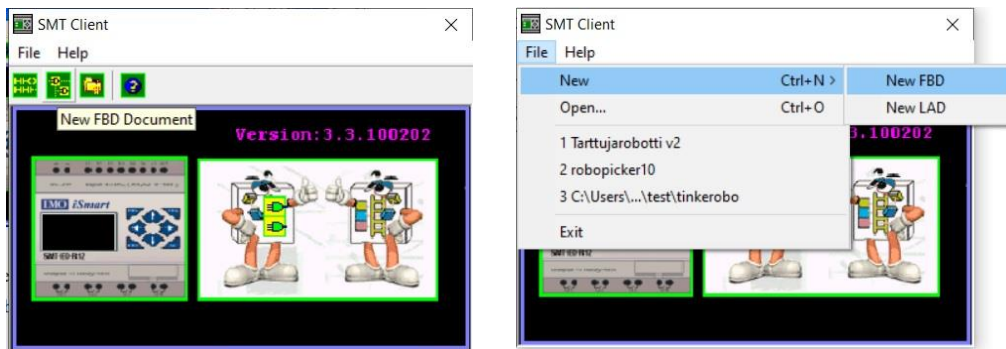


KUVA 29. IMO iSmart SMT-ED-R20 -logiikkayksikkö (IMO Precision Controls Ltdb 2020)

## 8 LOGIikkaOHJELMAN LUONTI

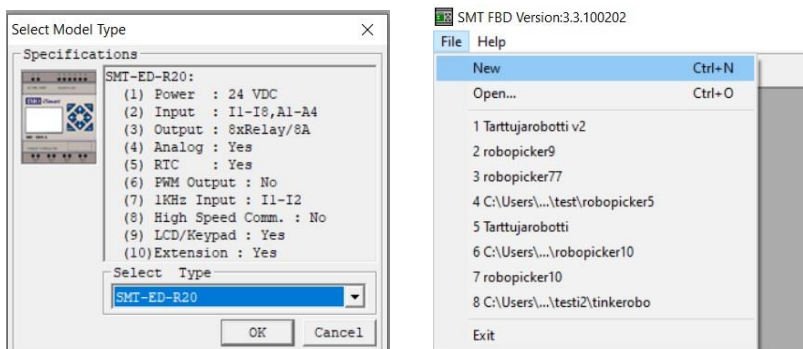
IMO ISmart -logiikan mukana tulee helppokäyttöiset käyttöohjeet ja ohjelman luomiseksi tarkoitettu SMT Client. Se on myös ladattavissa IMO Precision Controls Ltd:n kotisivuilta. SMT Client asennetaan tietokoneelle ja logiikkaohjelma voidaan siirtää iSmart -logiikalle USB-johdolla tai muistikortilla.

Ohjelman luominen aloitetaan asentamalla ja käynnistämällä iSmart -logiikan mukana tullut SMT Client -ohjelma. Windows-pohjainen ohjelma on kevyt kooltaan ja nopea asentaa. Tässä työssä käytetään logiikkakaavio-ohjelmointikieltä, joten valitaan kuvan 30 mukaisesti pääikkunasta File -> New -> New FBD.



KUVA 30. SMT Client ohjelma ja uuden logiikkakaavio-ohjelman valinta

Seuraavaksi ohjelma pyytää valitsemaan kuvan 31 mukaisesti oikean iSmart -logiikkatyyppin. Käytössä on SMT-ED-R20 -malli, joten valitaan se ja painetaan OK. Logiikkatyyppin valinta on tärkeää, jotta ohjelma tietää käytössä olevat tulot ja lähdöt. Tämän jälkeen aukeaa uusi ikkuna, jonka päävalikosta valitaan File -> New. Seuraavaksi aukeaa tyhjä sivu, johon ohjelma voidaan luoda.



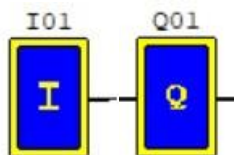
KUVA 31. SMT-ED-R20 -logiikan valinta ja uuden ohjelman luonti

## 8.1 FBD- ja LAD-ohjelmointikieli

IMO iSmart -logiikalla on mahdollista käyttää kahta ohjelmointikieltä ohjelman luomiseksi. Nämä ohjelmakielet ovat logiikkakaavio-ohjelmointi ja tikapuukaa-  
vio-ohjelmointi. FBD (function block diagram) eli logiikkakaavio on graafinen ohjelmointikieli ohjelmoitaville logiikoille. FBD-ohjelmoinnissa luodaan blokeilla visuaalinen kartta luodusta ohjelmasta. LD (ladder diagram) eli relekaavio on tikapuumallinen ohjelmointikieli. Tässä työssä tullaan käyttämään FBD-ohjelmointikieltä sen helppokäyttöisyyden ja visuaalisuuden takia. Alla esiteltynä tärkeimmät työssä käytettävät logiikkakaavioiden blokit.

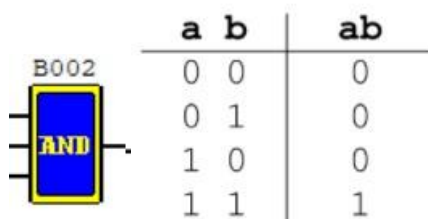
## 8.2 Logiikkakaavion blokit

Input on tulosignaali ja output lähtösignaali. Ohjelmassa kuvatut inputit ja outputit määräytyvät kuvissa esiintyvien numeroiden mukaan. Kuvassa 32 on esitetyt input I01 on ohjelmoitavan logiikan numero 1 tulo ja Q01 on ohjelmoitavan logiikan numero 1 lähtö. Tuloportit välittävät signaalin ohjelmoitavan logiikan keskusyksikölle ja taas lähtöportit välittävät signaalin keskusyksiköltä eteenpäin.



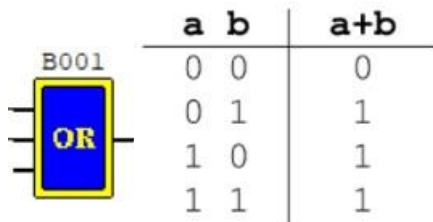
KUVA 32. Input ja output blokit

AND-portissa eli JA-portissa on aina vähintään kaksi sisääntuloa, mutta lähtöjä on vain yksi. Vain molempien tai kaikkien tulojen ollessa aktiivisia lähtö on aktiivinen. Kuvassa 33 on esiteltynä AND-portti ja sen totuustaulu.



KUVA 33. AND-portin blokki ja totuustaulu

OR-portti eli TAI-portti tarkoittaa sitä, että ainakin yhden tulon ollessa aktiivinen lähtö on aktiivinen. Kuvassa 34 on esitettyä OR-portti sekä sen totuustaulu.



KUVA 34. OR-portin blokki ja totuustaulu

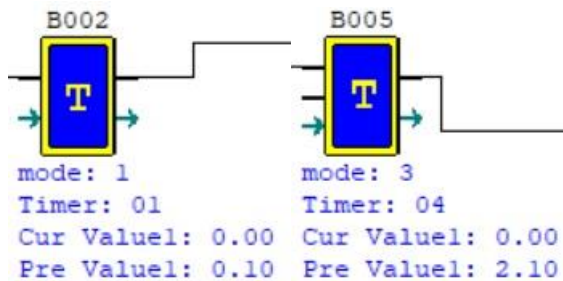
Timereilla eli ajastimilla pyritään hidastamaan ohjelman kulkunopeutta. Liian nopeat akseleiden liikkeet voivat saada ohjelman toimimaan ei-halutulla tavalla. Koska aika määrittää jakson pituuden, pyritään ajat kuitenkin pitämään mahdollisimman lyhyinä.

IMO SMT -ohjelmistossa on valittavissa seitsemän eri ajastinta, joista tähän työhön tarvitsee käyttää vain kahta erilaista. Mode 1 (On delay timer) ja mode 3 (Off delay timer). Mode 1 -ajastin toimii siten, että saadessaan signaalin tuloporttiin ajastin käynnistyy ja vasta syötetyn aikamääreen jälkeen signaali jatkaa seuraavalle blokille. Mode 3 -ajastimessa tulosignaali aktivoi lähdön heti ja ajastin pitää blokin lähdön aktiivisena tulosignaalin katkettua niin kauan kunnes syötetty aikamääre umpeutuu. Taulukossa 2 on esitetty työssä tarvittavat ajastimet ja niiden toimintokuvaus sekä aikamäärä.

Taulukko 2. Työssä käytettävät ajastimet

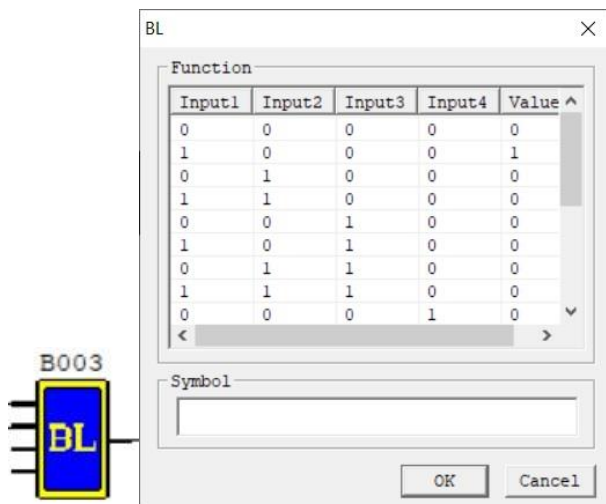
Ajastin nro.	Nimi	Aika	Selitys	Tyyppi
Ajastin 1	B002	0.1 s	Muotti auki, X-varsi alas	On delay
Ajastin 2	B005	2.1 s	X-varsi alhaalla, Z-akseli sivuun	Off delay
Ajastin 3	B007	0.2 s	Ulostyöntö, tarttujan viive	On delay
Ajastin 4	B008	5.1 s	Tarttujan kiinnipitoaika	Off delay
Ajastin 5	B010	0.1 s	Tarttuja kiinni, X-varsi ylös	On delay
Ajastin 6	B013	0.1 s	LSY sivuun	On delay
Ajastin 7	B016	0.2 s	LSY pystyyn	On delay

Kuvassa 35 esitetyn B002 mode 1 ajastimen syötetty arvo on 0.10, joten ajastin hidastaa signaalia 0.1 sekuntia. B005 mode 3 ajastimen syötetty arvo on 2.10, joten ajastin pitää tulosignaalin katkettua lähtösignaalin aktiivisena 2.10 sekuntia.



KUVA 35. Timer mode 1 ja timer mode 2 blokit

Boolean logiikka -blokillla voi muokata boolean algebran mukaisesti haluamansa mukaisen totuustaulun. Totuustauluun syötetään value eli arvo 1=tosi, kun halutaan lähtösignaalin olevan aktiivinen. Boolean blokkille voidaan syöttää neljä tulosignaalia, joten eri totuusvariaatioita on  $4 \times 4 = 16$ . Kuvan 36 mukaisesti vain input 1:sen ollessa aktiivinen on myös lähtö aktiivinen. Muilla tulojen variaatioilla lähtö ei aktivoidu.



KUVA 36. Boolean blokki ja totuustaulu



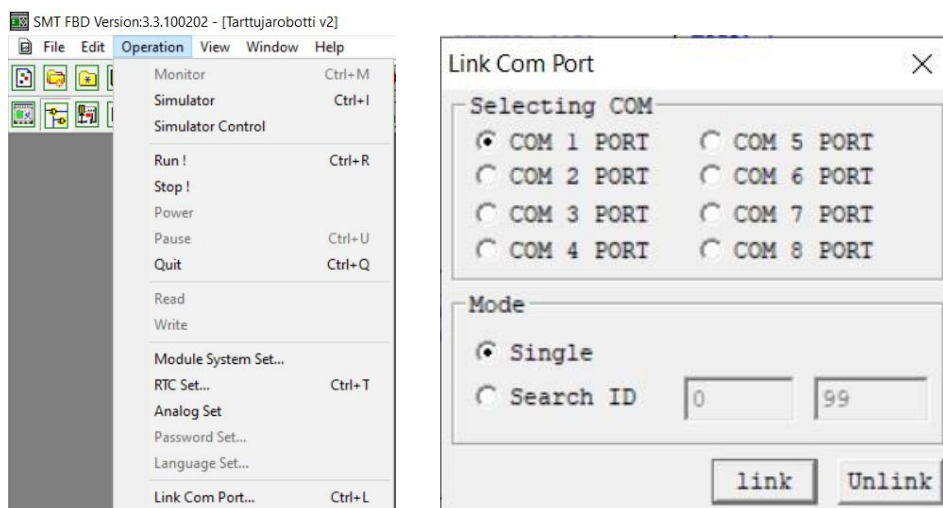
### 8.3 Simulointi

SMT Clientissa on sisäänrakennettu simulaattori, jossa logiikkaohjelman testausta ja virheiden etsiminen on helppoa. Simulaation saa avattua SMT Clientin simulator -painikkeesta. Tuloja voidaan aktivoida tila -työkalulla, jossa aktiivisena olevat signaalit näkyvät vihreänä.

### 8.4 Ohjelman kirjoittaminen logiikalle

Ohjelman kirjoittaminen logiikalle vaatii logiikan kytkemistä virtalähteeseen. Virtalähteen ja tietokoneen sekä logiikan välisen johdon ollessa kytkettynä voidaan ohjelma siirtää tietokoneelta logiikalle tai siirtää logiikan ohjelma tietokoneelle. Logiikka käyttää RS232 porttia, joten tämä voi koitua ongelmaksi uudemmilla koneilla yhdistettäessä logiikkaa tietokoneeseen.

Logiikkaohjelma siirretään SMT Client-ohjelmassa valitsemalla ohjelmasta kuvan 37 mukaisesti Operation -> Link Com Port, josta aukeaa ikkuna, josta valitaan käytettävä Com-portti. Tämän jälkeen voidaan Link-painikkeella logiikka yhdistää tietokoneeseen. Opinnäytetyötä varten luotu logiikkaohjelma esitetään liitteessä.



KUVA 37. Ohjelman kirjoittaminen logiikalle

## 9 PÄÄTELMÄT

Tarttujarobotin rakentaminen ja suunnitteleminen oli mielenkiintoista sekä opettavaista, vaikka uskoi jo asian omaksuneensa. Mielenkiintoinen projekti vei mukanaan ja aikaa kului enemmän kuin osasi arvata. Työn suorittaminen itsessään oli helppoa, mutta teorioiden tutkiminen ja lisäopiskelu saivat aikaan pientä päätä vaivaa. Koulussa opittu logiikkaohjelmointi ja konesuunnittelu auttoi kovasti tehdyssä opinnäytetyössä. Enemmän olisin kuitenkin tarvinnut tietämystä ja osaamista sähkökytkennöistä sekä sähköpiirustuksista.

Komponenttien ja tarvikkeiden etsiminen kustannuksia silmällä pitäen onnistui toivotulla tavalla. Toimiva robottikonaisuus saatiin koottua jo valmiiksi olevilla komponenteilla ja vain muutamilla lisäinvestoinneilla. Itse tarttujarobotin mekaaninen kokonaisuus oli jo valmis paketti, mutta ohjaukseen, kytkentöihin ja rajakytkimiin jouduttiin hieman investoimaan. Nämä olivat kuitenkin pieni menoerä verrattaessa sijoittamiseen uuteen karanpoistoon tarkoitettuun tarttujarobottiin.

Kokonaisuutena robotti ja sen ohjausjärjestelmä on pienikokoinen ja kevyehkö, joten asentaminen ja testaus oli helppoa. Jatkoa silmällä pitäen se on myös suuri etu muun muassa muottien vaihdoissa. Monesti muotit ovat niin painavia, että niiden siirtämiseen vaaditaan jonkinlaista nostotyökalua tai -koneetta. Tällöin tarttujarobotti on muotin siirtämisen edessä eli suoraan kiinteän muottipöydän yläpuolella. Tämän robottikonaisuuden tapauksessa se on helppo siirtää tarvittaessa pois edestä.

Työssä otettiin huomioon tarttujarobotin mahdollinen siirto toiseen ruiskuvalukoneeseen ja sen miettiminen oli suunniteltua oleellisempaa. Työssä käytetty Battenfeld BA 500 CDK -ruiskuvalukoneen hydraulipaineen säädön ohjaus lopulta hajosi työn valmistuttua, joten ruiskuvalukone ei ole toistaiseksi toimintakuntoinen. Tämän vuoksi voidaan jo alkaa suunnitella robotin siirtoa toiseen ruiskuvalukoneeseen. Pienillä mekaanisilla säädöillä ja sähkökaavioiden tutkimisella voidaan saattaa tarttujarobotti toimivaksi seuraavassa ruiskuvalukoneessa.

Työn valmistuttua tarttujarobotti toimi kuten oli suunniteltu. Muutamia liikkeiden säätöjä ja ohjelman ajallisia muutoksia jouduttiin kuitenkin vielä hiomaan. Loppujen lopuksi työ oli onnistunut kokonaisuus ja sen tekeminen vain lisäsi mielenkiintoa automaatiotekniikkaa ja muovin ruiskuvalutekniikkaa kohtaan.

## 10 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Työssä käytetty IMO iSmart -logiikka on monipuolinen, helppokäyttöinen ja sen laajentaminen on mahdollista. Siksi on järkevää mietittäessä tulevaisuuden näkymiä mihin kaikkeen IMO iSmart -logiikkaa on mahdollista käyttää. Myöskin hinta-laatusuhde on erittäin huomioon otettava asia.

Projektin valmistuttua logiikan käytön helpottamiseksi kaavailtiin jo seuraavaksi asennettavaksi IMO iView HMI -käyttöliittymä. Kosketusnäytöllisellä paneelilla logiikan ohjaaminen sekä muokkaaminen helpottuu huomattavasti. Myös mahdolliset lisäohjaukset onnistuvat IMO iSmartiin lisättävillä laajennusosilla. I/O-porttien lisäämisellä saadaan kytkettyä lisää ohjattavia laitteita tai mahdollisia rajakytkimiä. Kuvassa 38 on esitettyä iView HMI-käyttöliittymä sekä iSmart laajennusosa.



KUVA 38. IMO iView HMI -käyttöliittymä ja IMO iSmart -laajennusosa (IMO Precision Controls Ltdb 2020)

## LÄHTEET

Ahoranta, J. & Ahoranta, J. 2004. Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet. 1.-7. painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Bruder, U. 2016. Ruiskuvalumuotin rakenne. Muoviyhdistys ry. Luettu 11.11.2020. <https://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/22/osa-18-ruiskuvalumuotin-rakenne/>

Farnell Oy. 22.1.2008. Tekninen piirustus. Lainattu 10.7.2020. <https://www.farnell.com/cad/579852.pdf>

Google Maps. 2020. Karttapalvelu. Viitattu 18.11.2020. <https://maps.google.fi/>

Höök, T. 2014. Muotin perusrakenne. Luettu 27.6.2020. [https://www.valuatlas.fi/sites/default/files/docs/mould\\_structure\\_FI.pdf](https://www.valuatlas.fi/sites/default/files/docs/mould_structure_FI.pdf)

Höök, T. Nykänen, S. 2015. Ruiskuvalu. Luettu 12.6.2020. <https://www.valuatlas.fi/sites/default/files/docs/ruiskuvaluprosessi.pdf>

IMO Precision Controls Ltda. 2020. Inductive proximity switches PB. Luettu 3.7.2020. [https://technical.imopc.com/4pb\\_datasheet.pdf](https://technical.imopc.com/4pb_datasheet.pdf)

IMO Precision Controls Ltbd. 2020. Product Catalogue. Viitattu 3.7.2020. <https://www.imopc.com/products/00000000>

IMO Precision Controls Ltcd. 2020. iSmart Intelligent Relay. Hardware manual. Luettu 5.7.2020. Saatavissa: <https://www.imopc.com/pages/software>

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Koneautomaatio 2. 1. painos. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy.

Kurri, V. Malén, T. Sandell, R. Virtanen, M. 2008. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

Moni Muovi Oy. 2014. Ruiskuvalutuotteisiin erikoistunut muovialan yritys. Luettu 26.6.2020. <https://moni-muovi.fi/>

OMRON. n.d. CX-One ja logiikkaohjelmointi. Viitattu 16.10.2020. [https://www.myomron.com/downloads/9.Local%20Material/Finnish/CX-One%20ja%20logiikkaohjelmointi%202009\\_2.pdf](https://www.myomron.com/downloads/9.Local%20Material/Finnish/CX-One%20ja%20logiikkaohjelmointi%202009_2.pdf)

Tuntematon käyttäjä. 30.11.2010. Induktiivinen rajakytkin. Luettu 10.7.2020. <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Induktiivinen+rajakytkin>

Virtanen, T. toimitusjohtaja. 2020. Haastattelu 26.6.2020. Haastattelija Kiuru, M. Ylöjärvi

Värjä, P. & Mikkola, J-M. 1995. Ohjelmoitavat logiikat. Tietokoneavusteinen oppikirja. 1. painos. Kouvola: Nettopaino Oy

Wittmann Battenfeld GmbH. 2020. PRIMUS Series. Lainattu 27.6.2020.  
<https://www.wittmann-group.com/en/primus-series>

Battenfeld GmbH. 1995. Battenfeld BA 500/200 CDK ohjekirja. Luettu  
10.7.2020.

**LIITTEET**

Liite 1. Pää piirikaavio

Liite 2. Riviliittimet

Liite 3. Logiikan tulo

Liite 4. Logiikan lähdöt

Liite 5. Battenfeld BA 500 CK ruiskuvalukoneen sähkökaappi

Liite 6. Ohjaukorttien layout

Liite 7. X105.1 kortin liitännät (maa)

Liite 8. X106.1 kortin liitännät (+24 VDC)

Liite 9. X101.2 kortin liitännät (A002)

Liite 10. X101.3 kortin liitännät (E020)

Liite 11. X101.6 kortin liitännät (A040)

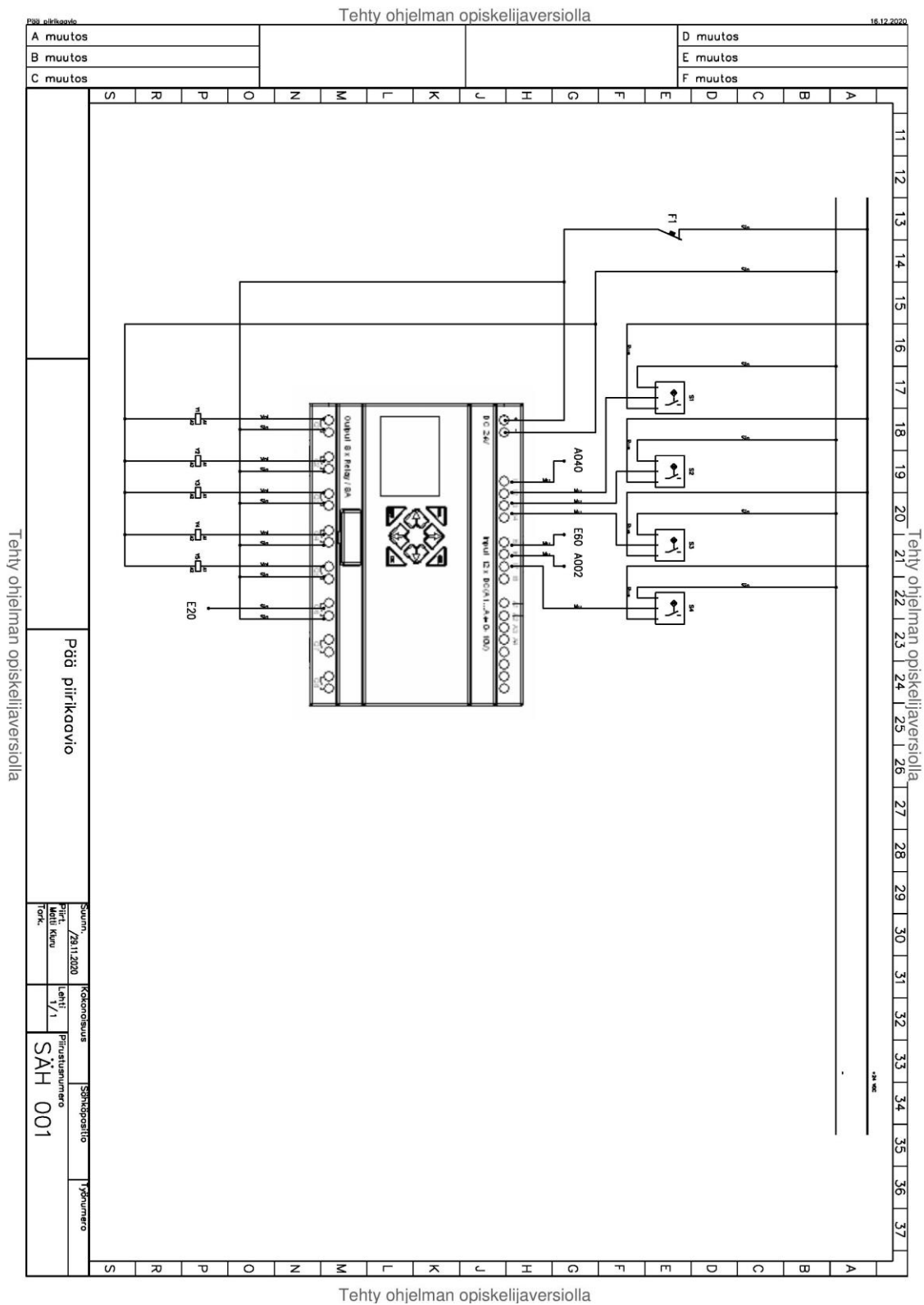
Liite 12. X101.7 kortin liitännät (E060)

Liite 13. Robo OK signaali E020

Liite 14. Turvapiirin signaali E060

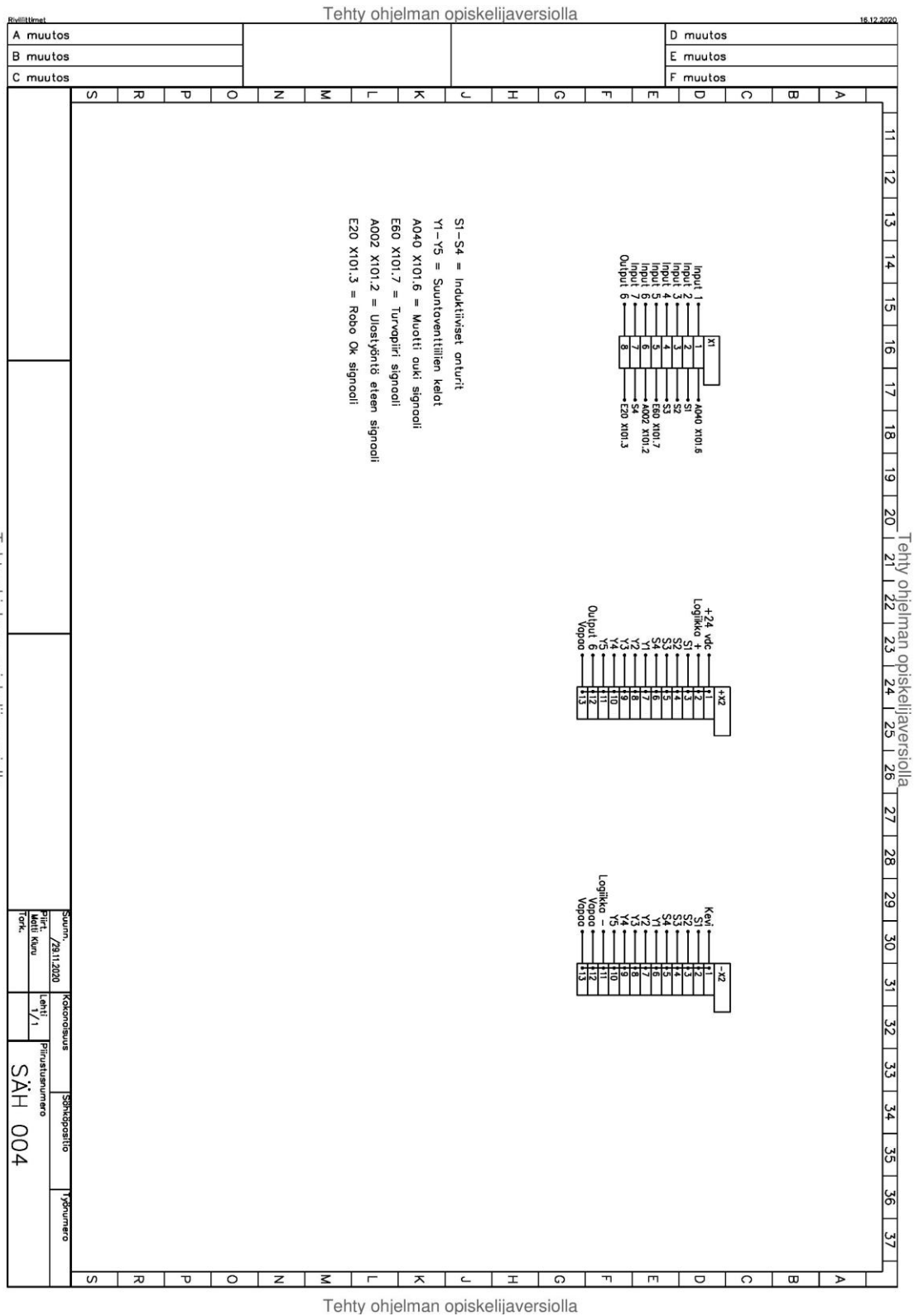
Liite 15. Ulostyöntö eteen signaali A002

Liite 1. Pääpiirikaavio

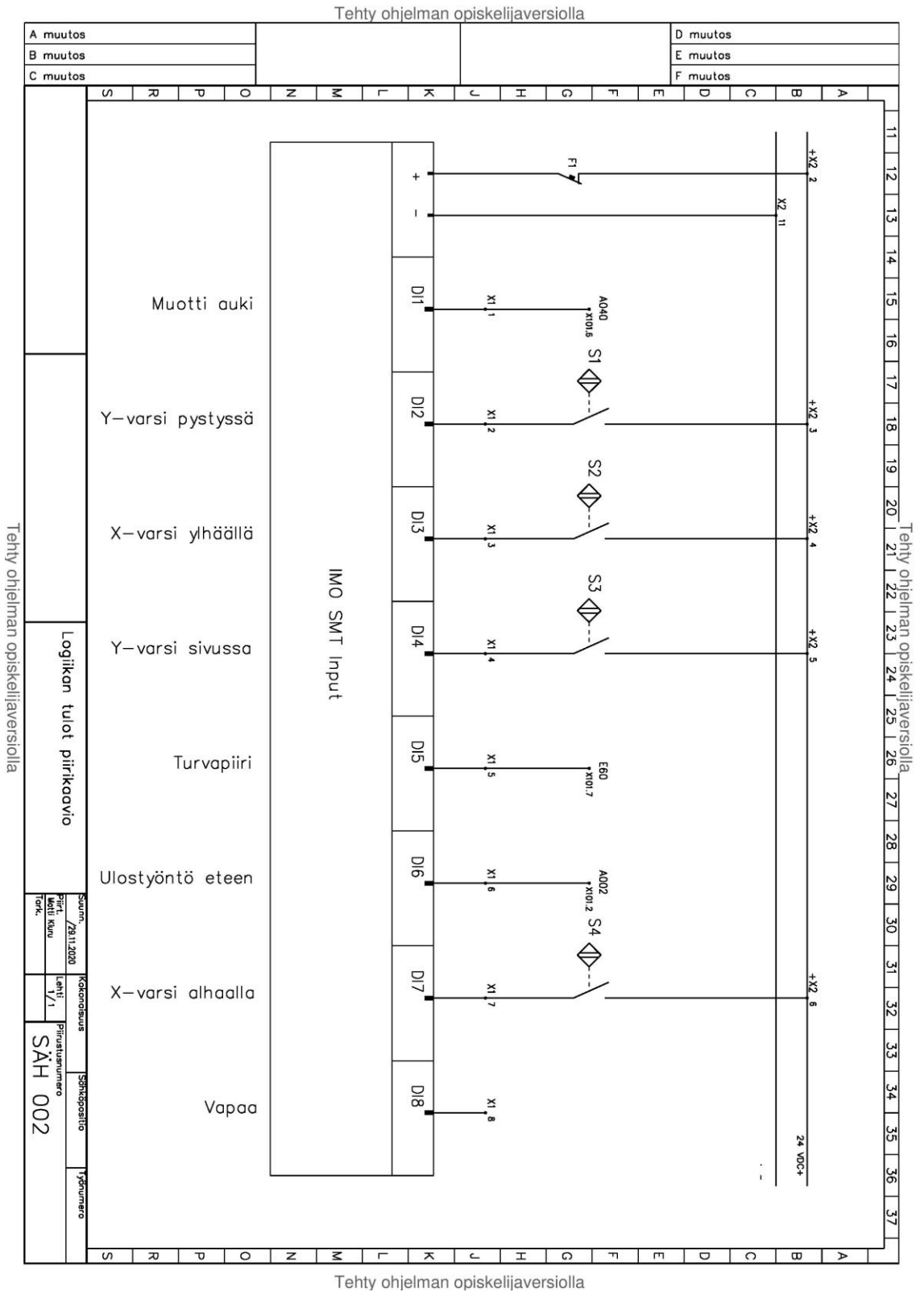




Liite 2. Riviliittimet



Liite 3. Logiikan tulot



A muutos  
B muutos  
C muutos

D muutos  
E muutos  
F muutos

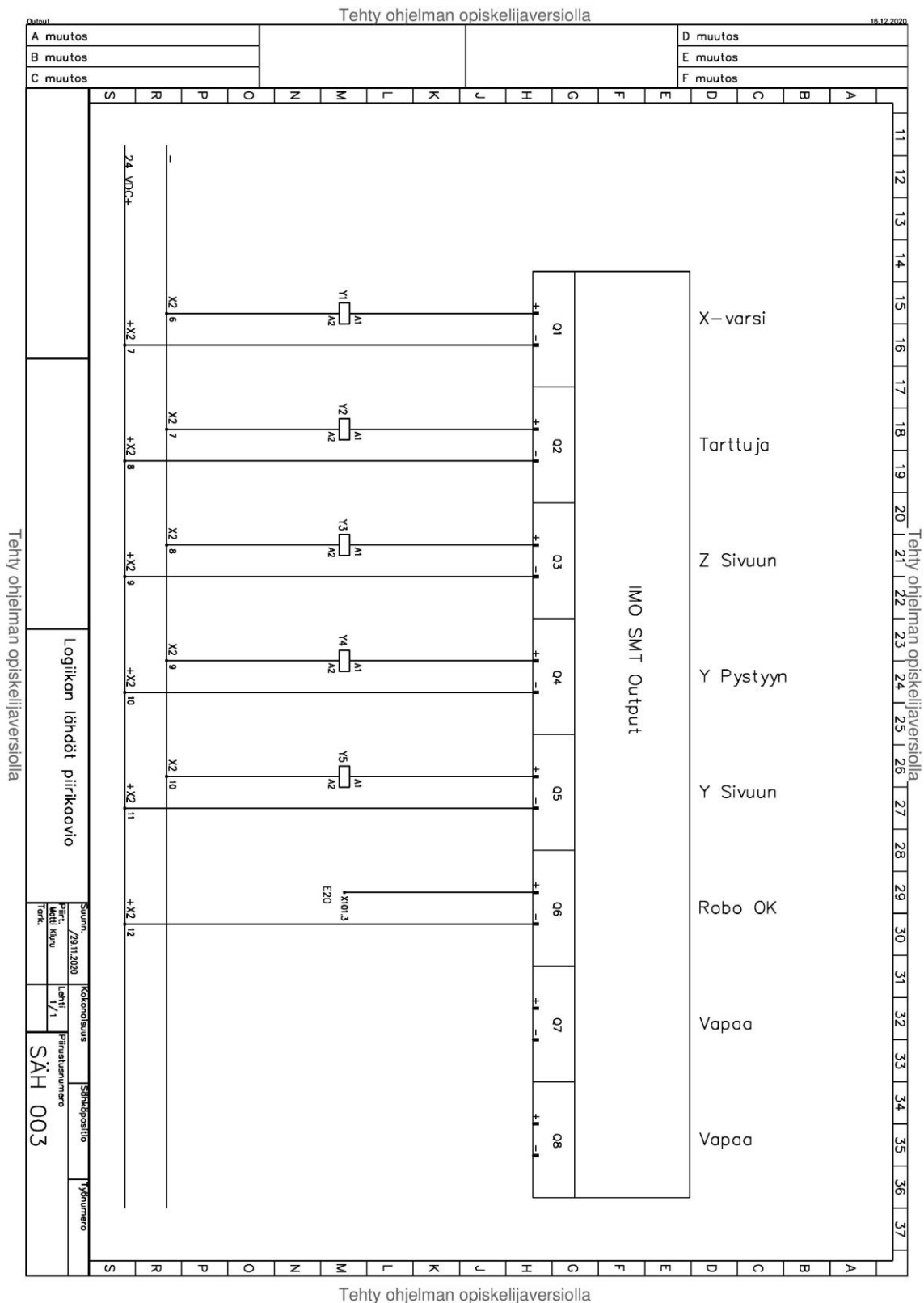
Logiikan tulot piirikaavio

Suunn.	7/28.11.2008	Käsitelty	
Siirt.		Lähti	1/1
Malli	Käru		
Tark.			

SÄH 002

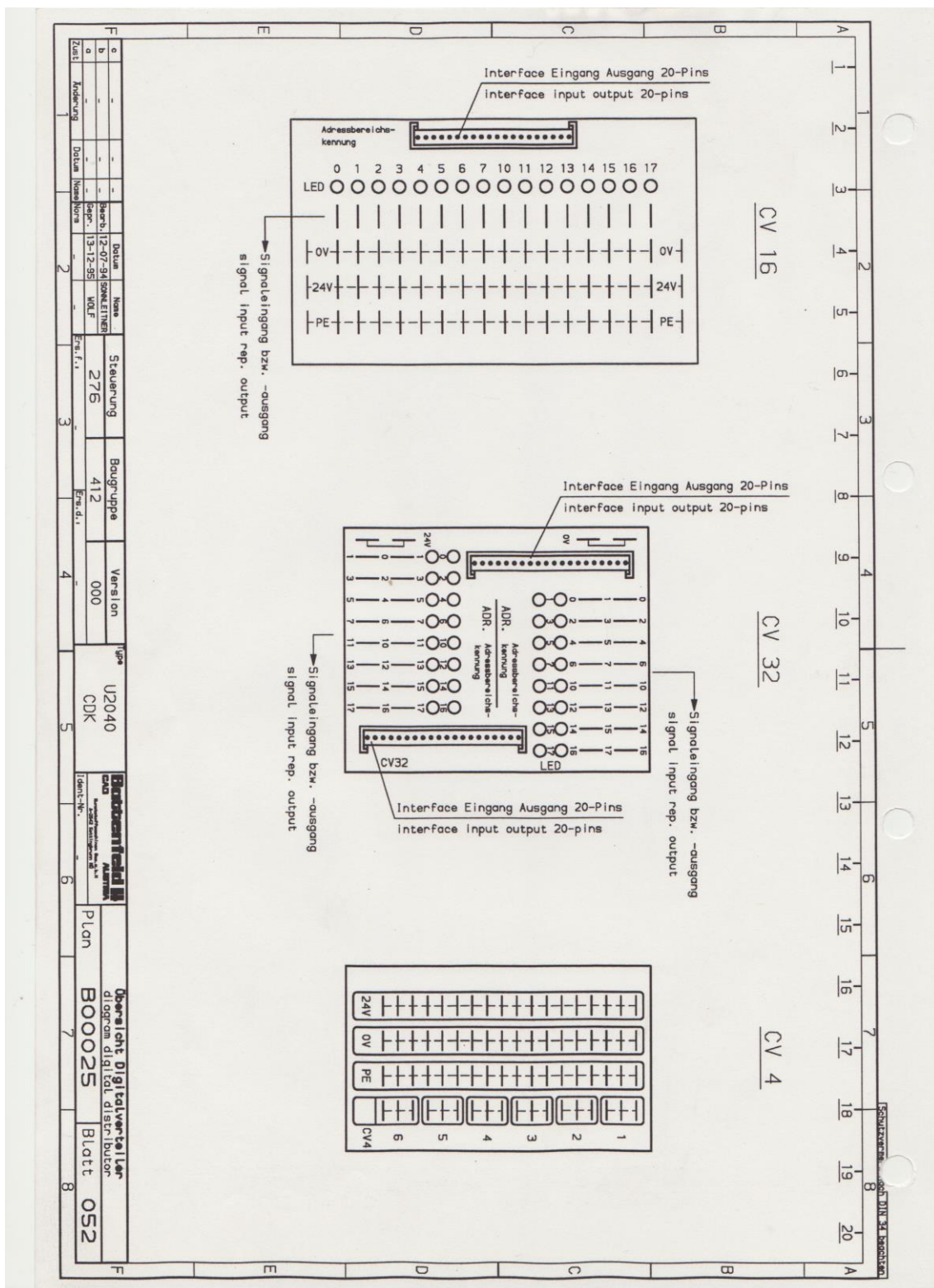
Sähköpostiosoite: \_\_\_\_\_  
Yhteystiedot: \_\_\_\_\_

Liite 4. Logiikan lähdöt

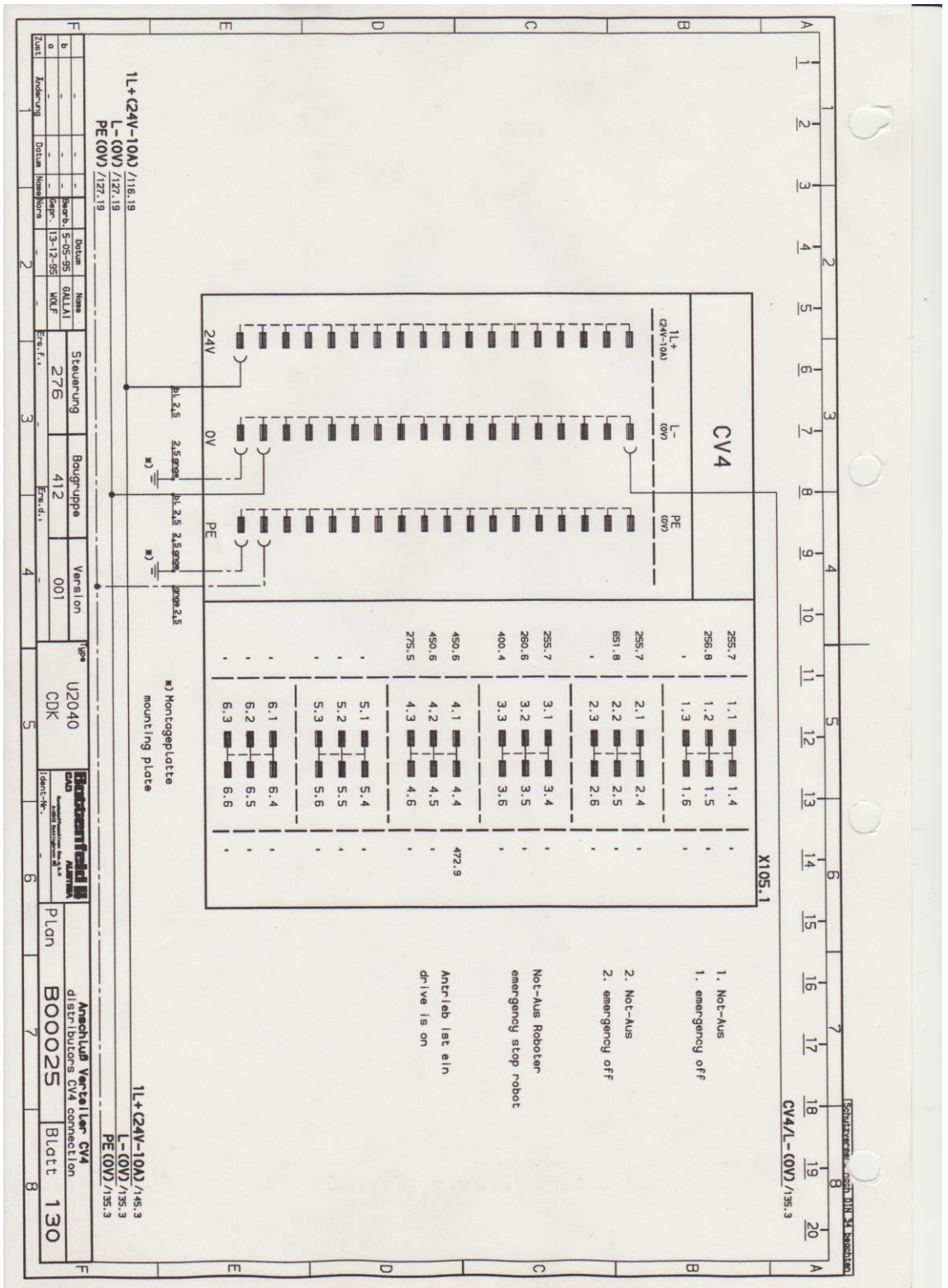




Liite 6. Ohjaukorttien layout (Battenfeld GmbH 1995)

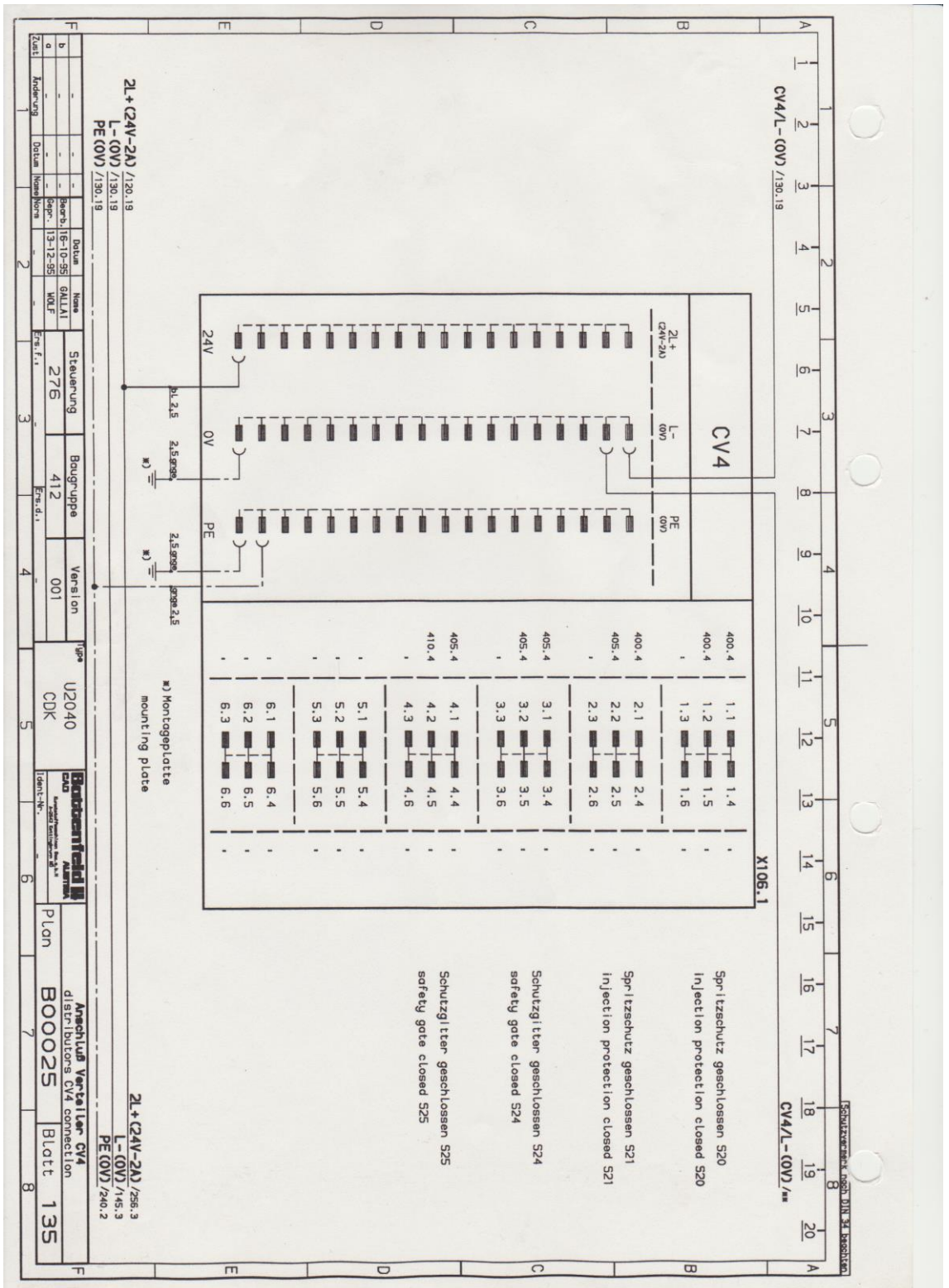


Liite 7. X105.1 kordin liitännät (maa) (Battenfeld GmbH 1995)





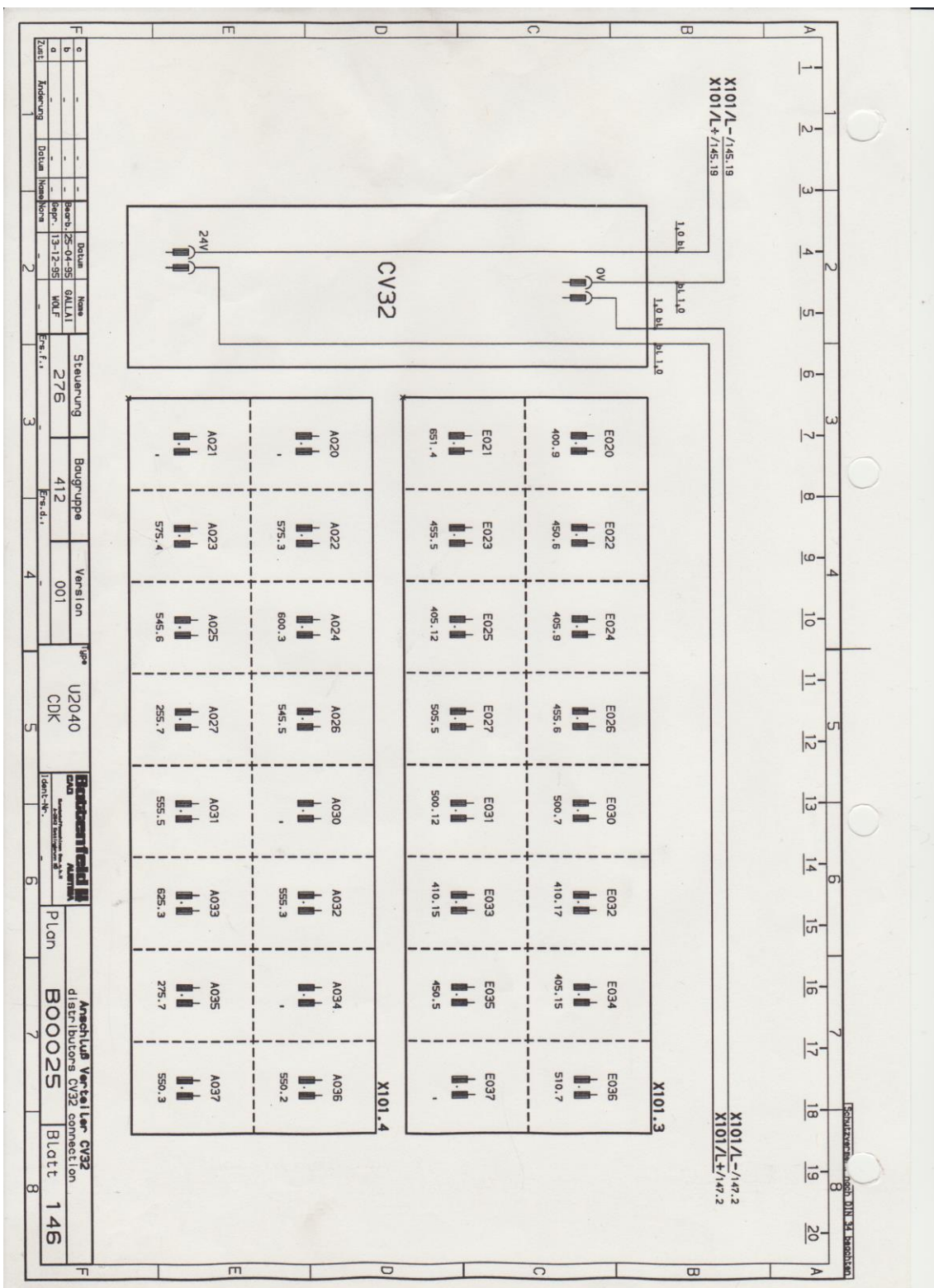
Liite 8. X106.1 kortin liitännät (+24 VDC) (Battenfeld GmbH 1995)



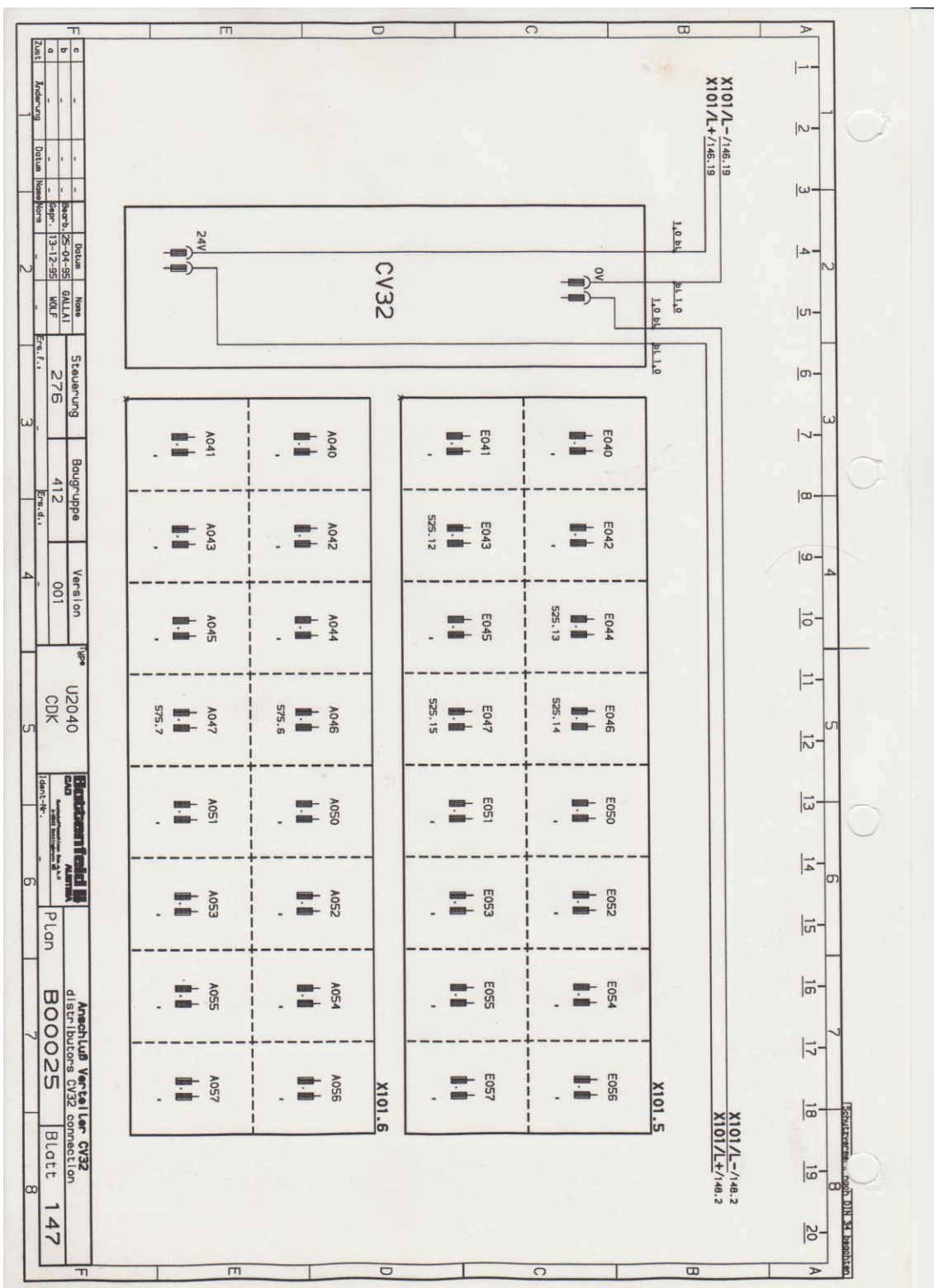




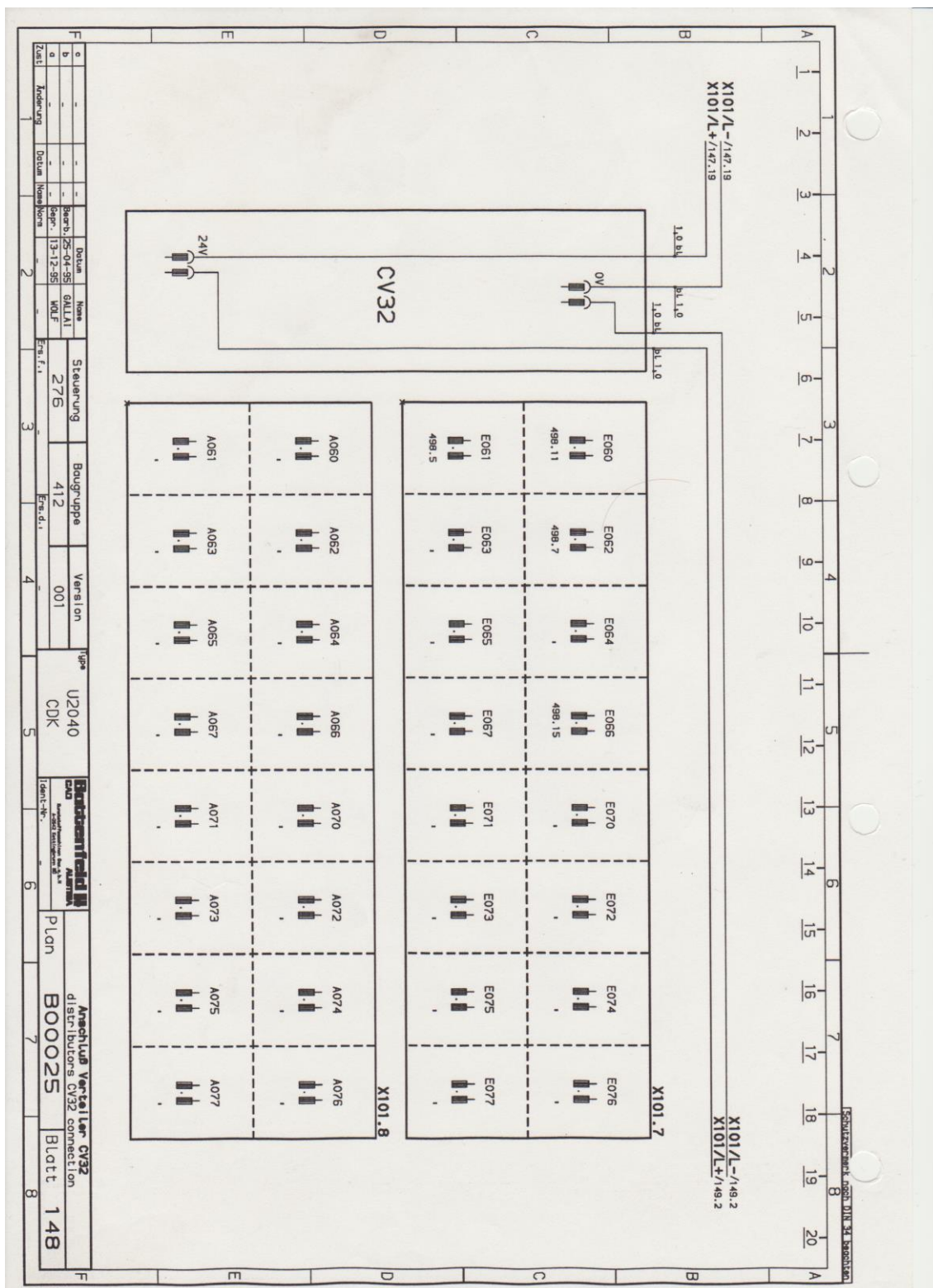
Liite 10. X101.3 kortin liitännät (E020) (Battenfeld GmbH 1995)



Liite 11. X101.6 kortin liitännät (A040) (Battenfeld GmbH 1995)

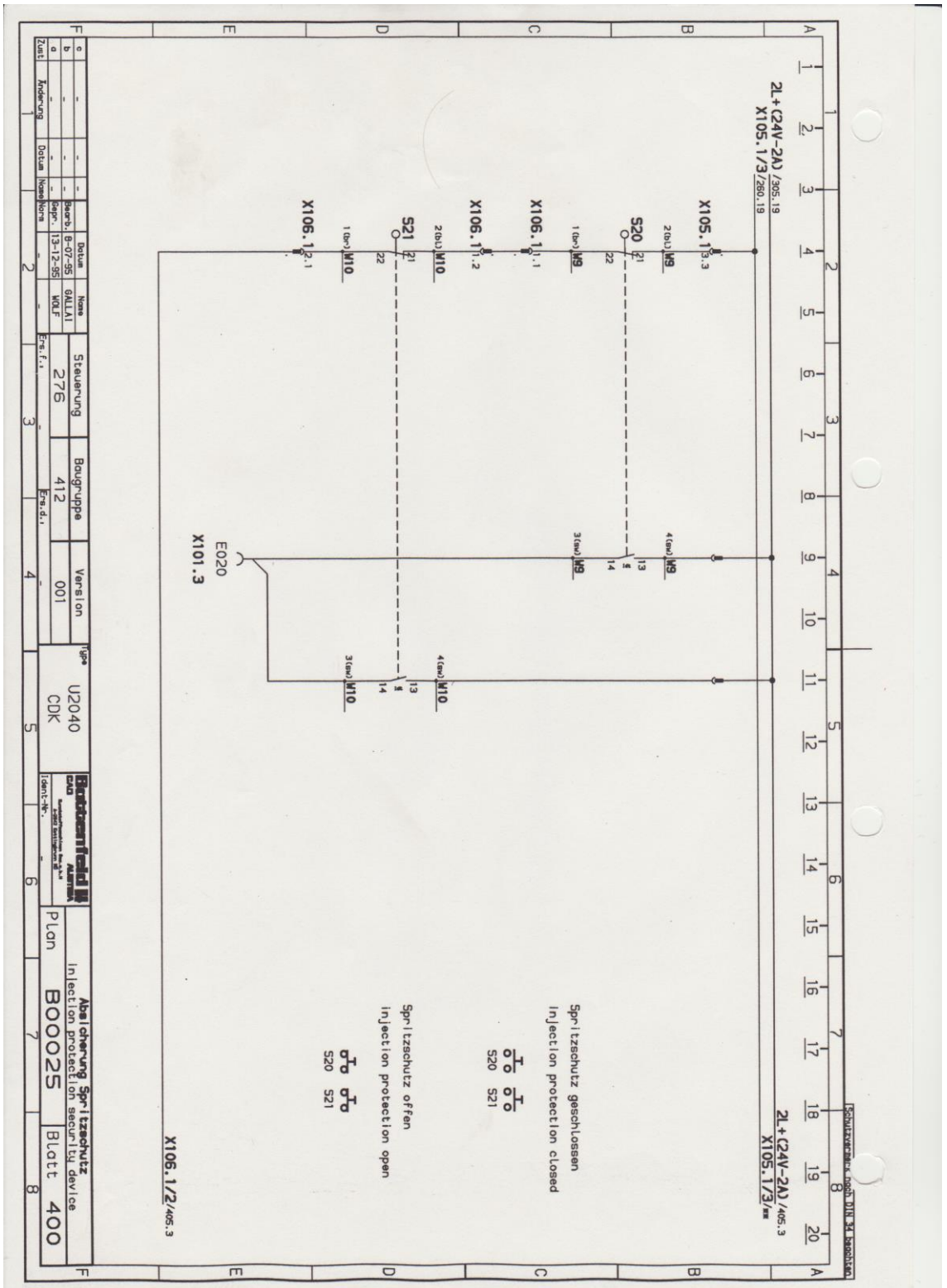


Liite 12. X101.7 kortin liitännät (E060) (Battenfeld GmbH 1995)





Liite 13. Robo OK signaali E020 (Battenfeld GmbH 1995)





Liite 15. Ulostyöntö eteen signaali A002 (Battenfeld GmbH 1995)

