

2014•2015
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Visualisatie van machinepark + implementatie van een communicatienetwerk
en een robotcel

Promotor :
ing. Eric CLAESEN

Promotor :
Dhr. RUDI VERMEULEN

Jens Alenteyns

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: energie*

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2014•2015
Faculteit Industriële
ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Visualisatie van machinepark + implementatie van een
communicatienetwerk en een robotcel

Promotor :
ing. Eric CLAESEN

Promotor :
Dhr. RUDI VERMEULEN

Jens Alenteyns

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: energie*

Woord vooraf

In het laatste jaar van mijn studies voor Master Energie Automatisering, kreeg ik de kans om mijn theoretische kennis toe te passen en deels omzetten naar de praktijk. Dit was in de vorm van een Masterproef. Deze proef was een project dat ik mocht verwezenlijken bij Yamauchi Corp. NV. Deze firma was mij al bekend vanuit mijn stage in de Bachelor.

Ik kreeg een grote vrijheid om mijn project tot een goed einde te brengen, hier kwam dan natuurlijk ook wel wat verantwoordelijkheid bij kijken. Ik heb er dan ook veel ervaring en kennis mee opgedaan.

Dankzij de hulp en advies van de heer Rudi Vermeulen en de heer Olivier Schoofs heb ik mijn Masterproef tot een goed einde kunnen brengen. Hiervoor zou ik deze personen heel graag willen bedanken. Ook zou ik de heer ing. Eric Claesen willen bedanken voor het begeleiden en de ondersteuning.

Vervolgens zou ik ook nog de heer Gust Dierckxsens en Jannes Capoen willen bedanken van Phoenix Contact voor het verschaffen van technische hulp, opleiding en documentatie.

Ten slotte wens ik de lezer van deze thesis veel leesplezier.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Inhoudsopgave	3
Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	7
Abstract	9
Abstract (Engels).....	11
1. Inleiding	13
1.1 Situering.....	13
1.2 Probleemstelling	14
1.3 Doelstelling.....	14
1.4 Materiaal en methode	15
2. Bedrijfsinformatie: Yamauchi Corp. N.V.....	17
2.1 Verleden.....	17
2.2 Producten	17
2.3 Bedrijfsinformatie.....	18
3. Engineering netwerk	19
3.1 OSI-model	19
3.2 RS485 en RS232.....	20
3.3 Industrial ethernet	20
3.4 Ethernet.....	21
3.5 Fysieke laag	21
3.6 Datalink	21
3.7 Netwerklaag.....	22
3.8 Transportlaag	23
4. Keuze van het protocol	25
4.1 PROFINET	25
4.2 Ethernet/IP	26
4.3 EtherCat	27
4.4 Modbus/TCP.....	28
4.5 PROFIBUS	28
5. Communicatie met de verschillende installaties.....	29
5.1 Communicatie met drooginstallatie.....	29
5.2 Communicatie met de aanvoerinstallatie.....	30
5.3 Communicatie met de koelinstallatie	30
5.4 Communicatie met de spuitgietgietmachines	30

5.5	ILC 330PN.....	30
6.	Visualisatie.....	31
6.1	WebVisit.....	31
6.2	CX-supervisor.....	31
7.	Datalogging.....	33
7.1	SQL.....	33
7.2	Database.....	33
8.	Robot.....	35
8.1	Risicoanalyse robotcel.....	36
9.	Kostenanalyse	51
9.1	Prijslijst.....	51
9.2	Analyse van andere opties	52
10.	Praktisch.....	53
10.1	Netwerkopbouw.....	53
10.2	Elektrische schema's & kastopbouw	53
10.3	Instellingen PLC aanvoerinstallatie	54
10.4	Configuratie PROFIBUS	56
10.5	Configuratie SafetyBridge module	58
10.6	Hardware configuratie en programma van Siemens	59
10.7	Visualisatie.....	62
10.8	Datalogging.....	62
10.9	Robotcel opbouw	63
11.	Besluit.....	71
	Literatuurlijst.....	73
	Bijlagen (Zie Cd-rom).....	75

Lijst van tabellen

Tabel 1: OSI –model [6].....	19
Tabel 2: TCP & UDP [1].....	23
Tabel 3: Modbus TCP	28
Tabel 4: Hoogte afscherming [2]	46
Tabel 5: Mazen afscherming [2]	46
Tabel 6: Aantal noodstoppen per kring [19]	48
Tabel 7: Kostenanalyse	51
Tabel 8: Switch toestanden	56
Tabel 9: Hardware instellingen Profibus [17]	57
Tabel 10: Instelling switches [15]	58

Lijst van figuren

Figuur 1: Yamauchi Corp.....	17
Figuur 2: Producten	17
Figuur 3: Producten batterij.....	18
Figuur 4: Fabriekshal	18
Figuur 5: OSI -lagen FINS [1]	20
Figuur 6: PROFINET [4]	25
Figuur 7: Ethernet IP [6]	26
Figuur 8: Protocolen [6].....	27
Figuur 9: Siemens CPU315 [13]	29
Figuur 10: Datalogging [9].....	33
Figuur 11: Normen driehoek [3]	36
Figuur 12: Keuze Pl. [2]	38
Figuur 13: Robot [10].....	39
Figuur 14: Risico inschatting [2].....	43
Figuur 15: Vergrendeling [18]	47
Figuur 16: Muting lamp [11].....	47
Figuur 17: Laserscanner [11]	48
Figuur 18: SafetyBridge module [9]	49
Figuur 19: SafetyBridge netwerk [15]	49
Figuur 20: SISTEMA	50
Figuur 21: Netwerkopbouw	53
Figuur 22: Instelling nodenummers [1].....	54
Figuur 23: IO-Table	55
Figuur 24: CX-Configurator.....	55
Figuur 25: Slave configuratie PC Worx	57
Figuur 26: Slave configuratie Step7	57
Figuur 27: Dipswitches [15].....	58
Figuur 28: Instellen master.....	59
Figuur 29: PROFIBUS-adres	59
Figuur 30: Hardware Siemens.....	60
Figuur 31: Move functie.....	61
Figuur 32: SQL-functiebouwsteen	62
Figuur 33: Robotcel opbouw	63
Figuur 34: OS32C programmatie	63
Figuur 35: Aansluiting knoppen deurvergrendeling [12].....	64
Figuur 36: Veiligheidscircuit Euchner [12]	64
Figuur 37: Complete veiligheidskring robot [16]	65
Figuur 38: Noodstopkring robot [16]	65
Figuur 39: Motorkring robot [16].....	66
Figuur 40: Noodstop in safety programma	67
Figuur 41: Deurvergrendeling	68
Figuur 42: Safety uitgangen robot.....	68
Figuur 43: Functiebouwsteen oproep	69

Abstract

Yamauchi Corp. gelegen te Hasselt kent drie problemen betreffende automatisering. De eerste twee problemen situeren zich in het machinepark en zijn te wijten aan het ontbreken van communicatie tussen de verschillende productieprocessen.

Het eerste probleem houdt de slechte zichtbaarheid van de aan-, uit- en alarmstatus van de machines in.

Het tweede probleem is dat er geen historiek van alarmmeldingen bijgehouden wordt.

Het derde probleem omvat de klachten betreffende de ergonomie. Deze klachten ontstaan door het handmatig bijvullen van granulaat aan de drooginstallatie.

Deze masterproef implementeert een communicatienetwerk zodat de verschillende productieprocessen met elkaar kunnen communiceren. Zo ontstaat er enerzijds een overzicht van het machinepark en anderzijds wordt er een historiek van alarmtijden bijgehouden.

Vervolgens wordt er een robotcel ontworpen die het granulaat automatisch bijvult. Hierbij speelt veiligheid een belangrijke rol.

Communicatie wordt verzorgd door een PROFINET-netwerk. Hiervoor zijn er communicatiekaarten en PROFINET-eilanden geïmplementeerd. Vervolgens wordt de data gevisualiseerd door gebruik te maken van de webbrowser van de PLC. Deze PLC schrijft de alarmmeldingen weg in een SQL-database en dit met behulp van functiebouwstenen.

De robot die wordt toegepast in de cel, is een robot van ABB. Verder bevat de cel nog een laserscanner, deurvergrendelingen en een speciale veiligheidsmodule die de veiligheid in de robotcel moeten garanderen.

Abstract (Engels)

Yamauchi Corp. located at Hasselt deals with three problems. The first two problems are situated in the machinery park and are due to the absent of communication. The first problem is the bad visibility of the machine status and this because a global overview is missing. The second problem is the absent of an alarm history, necessary for maintenance. The third problem includes the complains about ergonomics, these complains arise in the manually adding of granules into the dryer.

This master's thesis implements a communication network so there will be an overview over the machinery park and also a history of alarms will be kept. Moreover a robotcell is designed, where safety is very important. As a result of this, the adding of granules will take place automatically.

Communication is attended by a PROFINET network. With this the data will be visualised by the use of the web browser of the PLC. This PLC writes the alarm messages into a database with the help of function blocks. The robot which is used in the cell is a 6-axis robot from ABB. To guaranty the safety into the cell there is a laser scanner, door locks and a special safety module.

1. Inleiding

1.1 Situering

Yamauchi Corp. gelegen te Hasselt produceert kunststofonderdelen d.m.v. een spuitgietproces voor de batterij- en auto-industrie.

Het gehele productieproces bestaat uit verschillende stadia. Het eerste stadium is het drogen van het granulaat in de drooginstallatie. Het granulaat dat de grondstof is van de kunststof onderdelen voldoet bij levering nog niet aan de nodige eisen. Vandaar dit droogproces. Het drogen vindt plaats in twee silo's. Deze silo's worden elk goed gemonitord op basis van droogtijden en temperaturen.

Doordat het granulaat na het drogen wel voldoet aan de eisen, smelten deze kunststofkorrels bij het spuitgietproces beter. Hierdoor kunnen de moleculen een betere binding aangaan.

Na het droogproces wordt dit granulaat door de aanvoerinstallatie naar de vragende spuitgietmachines geleid.

Deze aanvoerinstallatie staat centraal opgesteld in de fabriekshal en verzorgt de toevoer en de dosering van de korrels naar de meeste spuitgietmachines.

In het tweede stadia vindt het spuitgietproces plaats in de spuitgietmachines. Na dit proces koelen de producten af in de matrijs.

Het koelen van deze matrijzen gebeurt door de koelinstallatie, die voornamelijk bestaat uit een warmtewisselaar en verschillende waterpompen.

Wanneer de producten voldoende gekoeld zijn, worden deze uitgenomen door een robot.

Het derde stadia bestaat uit het nabehandelen van de onderdelen die bestemd zijn voor de batterijindustrie. Dit gebeurt in een waterbad, waarna ze vervolgens gedroogd worden in droogkasten en uiteindelijk in de juiste hoeveelheden worden verpakt.

De verschillende producten voor de automobiellindustrie worden nog gemonteerd m.b.v. verschillende robotsystemen.

Parallel met de productie is er een kwaliteitsafdeling aanwezig, deze staat in voor het behalen van de juiste kwaliteitsnormen. Dit gebeurt door op regelmatige tijdstippen steekproeven te nemen en deze vervolgens te analyseren. Hierna kan eventueel bijgestuurd worden.

1.2 Probleemstelling

Een eerste probleem is het geregeld aanwezig zijn van een kleurverschil tussen de producten of een niet optimale dichtheid ervan. De reden van dit probleem is dat de kunststofmoleculen niet voldoende gebonden zijn. Eén van de oorzaken hiervan ligt bij de drooginstallatie die het granulaat soms een te lange of te korte tijd droogt.

Dit omdat de droger niet weet en ook niet kan weten hoeveel granulaat er werkelijk wordt afgenomen. Hierdoor kan deze installatie zijn droogcyclussen niet correct afstellen. Er ontbreekt dus communicatie tussen de droog- en de aanvoerinstallatie.

Een tweede probleem is dat de korrels manueel moeten toegevoegd worden aan de droger, wat een zwaar en niet-ergonomisch werk is. Dit kost bovendien ook veel waardevolle tijd.

Een derde probleem is dat er nergens in de fabriekshal een overzichtsscherm is van het machinepark. Men kan dus niet onmiddellijk zien in welke statussen de machines zijn. Ook wordt er nergens een historiek bijgehouden van alarmmeldingen of productieaantallen. Wat het niet eenvoudig maakt voor onderhoud en planning ervan.

1.3 Doelstelling

Als eerste moet er communicatienetwerk worden voorzien tussen de verschillende installaties. Zodat er gemakkelijk informatie kan uitgewisseld worden tussen de verschillende deelprocessen. Met deze data kan de droger zijn droogcyclus efficiënt aanpassen wat tot minder energieverbruik moet lijden.

Ten tweede dient er een robot geïmplementeerd te worden aan de drooginstallatie. Deze robot moet dienen voor het bijvullen van de droger. De robot moet ook gekoppeld worden aan het netwerk zodat de bediening automatisch kan gebeuren.

Omdat deze robot dit zware werk nu op zich zal nemen, hebben de operators meer tijd die ze kunnen spenderen aan verbetering van de kwaliteit.

Ten derde moet deze robotcel aan de nodige veiligheidseisen voldoen. Dit omdat de robot een tamelijk hoog draagvermogen heeft en bij een impact, de nodige gevaren kan meebrengen.

Vervolgens moeten er ook alarmtijden worden gelogd alsook de productieaantallen. Met deze informatie kan het onderhoud beter worden gepland en is er een idee van het aantal geproduceerde producten op elk moment.

Het machinepark moet worden gevisualiseerd zodat men een totaaloverzicht van statussen en productieaantallen krijgt.

1.4 Materiaal en methode

Om te beginnen wordt er gestart met het implementeren van een ethernetnetwerk. Hiervoor moet er doorheen het bedrijf een UTP-kabel worden voorzien samen met de nodige switches, die het dataverkeer in goede banen moeten leiden.

Omdat niet elke PLC-standaard over een netwerkpoort beschikt, wordt er hiervoor bij sommige PLC's een communicatiekaart geïmplementeerd. Hierbij wordt erop gelet dat deze kaart het gebruikte protocol ondersteunt. Nadat deze kaart is gekozen wordt deze bij op de rack van de PLC geplaatst en geconfigureerd.

Vervolgens wordt de robot geïmplementeerd en geprogrammeerd. Hiervoor wordt er wel eerst een veiligheidsconcept uitgewerkt om te kunnen garanderen dat er rondom de robot veilig kan worden gewerkt. Dit veiligheidsnetwerk maakt gebruik van een SafetyBridge module, een laserscanner, hekbewakingen met vergrendelingen en de nodige noodstoppen. Uiteraard wordt er rond dit alles een afscherming geplaatst.

Nadien kan de communicatie tussen de droog- en aanvoerinstallatie worden voorzien. Dit gebeurt met een extra PLC, deze communiceert met de droger over PROFIBUS en met de aanvoerinstallatie over PROFINET. Deze PLC zal de robot de nodige commando's geven en houdt hierbij eveneens rekening met de veiligheidsmodus ervan. Deze veiligheid wordt verzorgd door de SafetyBridge module.

Voor de visualisatie van het machinepark wordt gebruik gemaakt van de webserver die in de hoofd-PLC aanwezig is. Vermits deze PLC ook gekoppeld is aan het netwerk, heeft deze toegang tot de bedrijfsserver. Op deze server vindt de datalogging plaats in een SQL-database.

2. Bedrijfsinformatie: Yamauchi Corp. N.V.

2.1 Verleden

Yamauchi Corp. is opgericht in Japan in 1918 door Suezo Yamauchi. Sindsdien doen ze continue aan ontwikkeling van rubber en polymeer materiaal en hebben ze uitgebreid met dochterondernemingen in Japan en andere landen (België, Finland, Singapore, Malaise, China, USA, Hong Kong en Korea).



Figuur 1: Yamauchi Corp.

In 1981 is Yamauchi naar Europa gekomen en startte een verkoopkantoor in Brussel. In 1988 is de fabriek in Hasselt gebouwd. Vier jaar later is het kantoor van Brussel naar Hasselt verhuisd en sindsdien is dit het verkoopcentrum voor Europa, Afrika en het Midden Oosten geworden. Figuur één geeft de vestiging in Hasselt weer en figuur vier de fabriekshal.

2.2 Producten

Op figuur twee staan al de producten die in Hasselt worden gemaakt afgebeeld.

Media:

- rubber en plastic voor audio en video onderdelen;
- rubber, plastic en magnetische onderdelen voor printers en kopieerapparaten;
- rubber en plastic onderdelen voor hard disc drives;
- plastic onderdelen voor batterij-industrie (zie figuur3);
- plastic onderdelen voor de automobiellindustrie.



Figuur 2: Producten

Papier en laminaat:

- rollen voor papierpersen van polymeer;
- aandrukbanden voor de papierindustrie;
- kussenpads voor de laminaatindustrie.

Textiel:

- rollers voor spinmachines.

2.3 Bedrijfsinformatie

Jaarlijkse omzet van de Yamauchi Groep 115 miljoen euro de plant in België is goed 9.9 miljoen euro.

Wereldwijd heeft Yamauchi 2000 werknemers waarvan 30 in België.

Yamauchi België behaalde de ISO 9001, 14001 en de ISO/TS 16949 normen.

Yamauchi België werkt in een drie ploegenstelsel waardoor er 24 op 24u productie is vijf dagen op zeven. En heeft in totaal een 40 tal spuitgietmachines. België produceert voornamelijk voor de automobiel- en batterij-industrie.

Managing Director: Izumi Kubo

Factory Manager: Masato Saito

Production Manager: Rudi Vermeulen

Technical manager: Frank Milissen

Preventie adviseur: Rudi Vermeulen



Figuur 3: Producten batterij



Figuur 4: Fabriekshal

3. Engineering netwerk

De communicatie tussen de verschillende processen wordt voorzien doormiddel van een netwerk. Hiervoor zijn er veel verschillende oplossingen mogelijk. In dit hoofdstuk wordt besproken welke oplossingen er eventueel mogelijk zijn en voor welke er in dit project geopteerd is.

Een netwerk is opgebouwd uit verschillende lagen die allemaal omschreven zijn in het OSI model.

3.1 OSI-model

Het OSI-model stelt de zeven verschillende deelproblemen voor communicatie voor zoals voorgesteld in tabel 11 en figuur 5. Omdat voor elk type van communicatie er andere vereisten gesteld worden, zijn alle lagen niet altijd van toepassing. Voor een PROFINET netwerk wordt er enkel gebruik gemaakt van de lagen: 1, 2, 3, 4 en 7. Waarvan de applicatie, PROFINET zelf, zich in de zevende laag bevindt. De overige vier lagen, zijn dezelfde als een standaard ethernetnetwerk.

Tabel 1: OSI –model [6]

OSI-laag	Functie
7. Applicatie	stelt gebruiker in staat het netwerk te gebruiken
6. Presentatie	omzetten netwerkformaten naar gebruikersformaten
5. Sessie	in- en uitloggen
4. Transport	klaarmaken data voor netwerktransport
3. Netwerk	addressering en routing
2. Datalink	synchronisatie, foutcontrole, datastructuur, toegangsprotocol
1. Fysiek	mechanische en elektrische eigenschappen van het netwerk-(interface)

Omdat ethernet tegenwoordig de standaard is voor netwerktoepassingen waardoor het dus ook de meeste toekomstmogelijkheden biedt, is er in dit project geopteerd voor een ethernetnetwerk.

Ethernet biedt de volgende voordelen:

- uitbreidingsmogelijkheden;
- zekerheden naar de toekomst;
- standaard protocollen ondersteund door veel fabrikanten;
- snelle dataoverdracht;
- communicatie tot op het managementniveau (server) mogelijk;
- eenvoudige opbouw;
- vele topologieën mogelijk.

3.2 RS485 en RS232

Anderzijds was er ook nog de mogelijkheid om te opteren voor RS485 of RS232. Maar omdat deze moeilijker te koppelen zijn aan de server voor de datalogging, zijn deze minder interessant. Ook zijn de te gebruiken topologieën en maximum kabellengte beperkt.

Bij ethernet kan men verschillende soorten topologieën door elkaar gebruiken en ligt de maximum kabellengte ver boven de andere.

3.3 Industrial ethernet

Industrieel ethernet is robuuster dan standaard ethernet voor kantoortoepassingen. Ook is bij dit type de dataoverdracht sneller maar zijn de datapakketen kleiner.

Ethernet is ingedeeld in drie klassen:

Klasse A:

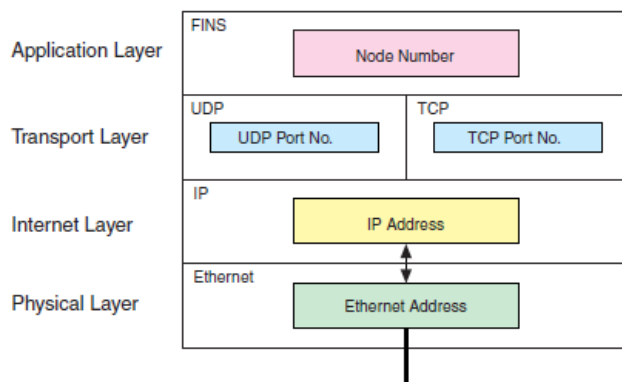
- Standaard TCP/IP
- Ethernet hardware blijft ongewijzigd
- Beperkt real time gedrag
- Standaard ethernet switches en controllers

Klasse B:

- Ethernet hardware blijft ongewijzigd
- Geen TCP/IP maar een toegewijd protocol wordt toegepast
- Standaard ethernet switches en controllers
- Standaard TCP/IP data blijft parallel mogelijk

Klasse C:

- Speciale hardware
- Speciale switches en controllers
- Standaard TCP/IP data blijft parallel mogelijk [6]



Figuur 5: OSI -lagen FINS [1]

3.4 Ethernet

Ethernet is een netwerk dat wordt gebruikt om grote hoeveelheden data te verzenden tussen verschillende apparaten. Oorspronkelijk was het bedoeld als een kantoornetwerk, vandaag wordt dit netwerk ook veel toegepast in de industrie voor de data-uitwisseling tussen PLC, HMI's, PC.... Ethernet is een PTP verbinding tussen twee apparaten, wanneer er meerdere zijn hebben we behoefte aan een switch of hub, deze zullen ervoor zorgen dat de data zijn bestemming bereikt.

Bij ethernet zijn er vele verschillende vormen en wordt er gebruik gemaakt van protocollen zoals: TCP/IP of UDP/IP.

In de hardware kunnen verschillen optreden zowel in de bekabeling als in de componenten. Als kabel kan er bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van Power over ethernet (POE) of ethernetkabel van categorie vijf of zes.

Verder is er nog een groot verschil in het gebruik van hubs of switches. Zo heeft men bijvoorbeeld voor PROFINET speciale real-time switches nodig.

Bij bepaalde netwerkenprotocollen zoals EtherCat kan er zelfs enkel en alleen gewerkt worden met toestellen die een EtherCat-chip aan boord hebben.

Boven deze protocollen zijn er in de industrie nog tal van 'talen' te kiezen. Bij Omron kiezen ze hiervoor FINS. [1]

3.5 Fysieke laag

Deze laag zorgt voor de fysieke verbinding tussen alle componenten van het netwerk met zijn elektrische en mechanische eigenschappen.

Er bestaan verschillende media waarover Ethernet getransporteerd kan worden. De meest gebruikte zijn UTP (Unshielded Twisted Pair) en glasvezel.

3.6 Datalink

Zorgt voor de synchronisatie, foutcontrole, datastructuur en het toegangsprotocol.

De ethernetspecificaties (IEEE 802.3) bevatten de functies die men tegenkomt in de fysieke en de datalinklaag van het OSI-model, en maakt pakketjes van data om ze op deze manier over een netwerk te transporteren. In een ethernetnetwerk luistert elk station (computer, printer enz.) naar het netwerk, en begint het pas met het versturen van data als geen ander station op dat moment gebruik maakt van het netwerk. Indien het netwerk vrij is, kan ieder station dat dat wil, proberen de controle over te nemen om data te transporteren. [7]

Bovenstaande redeneringen zijn echter voor standaard TCP/IP en niet voor real-time Ethernetnetwerken. Hier wordt gebruik gemaakt van switches en prioriteiten.

3.7 Netwerklaag

De bedoeling van deze laag is om de aangeboden data van bron naar doel te versturen ongeacht het protocol of type data, enkel ervoor zorgen dat alles netjes toekomt op de plaats van bestemming. Er wordt gezocht naar de meest geschikte weg om de data te versturen. IP ook wel Internetprotocol genoemd hier is dit IPv4.

Een IP adres bestaat uit vier getallen van 0 tot 255 (00 tot FF) in weergave gescheiden door een punt. In totaal dus 32 bits.

Het ene deel van deze 32 bits geeft het netwerknummer aan, het andere deel het hostnummer. Een apart netmasker bepaalt welke bits bij het netwerknummer horen, en welke bij het hostnummer. Hosts (computers) met hetzelfde netwerknummer kunnen direct met elkaar communiceren, hosts met een verschillend netwerknummer kunnen dat niet, en maken gebruik van een of meer tussenliggende routers om hun doel te bereiken.

In principe is elk willekeurig IP adres toegestaan maar een aantal IP adressen is vaak gereserveerd. Een aantal voorbeelden xx.xx.xx.01 of xx.xx.xx.254/255 is vaak een router. Ook het adres eindigend op 0 (xx.xx.xx.00) is niet toegestaan. Verder zijn er in een netwerk vaak een aantal servers opgenomen, deze zijn vaak van een vast IP adres voorzien. De PLC wordt binnen het netwerk als een server gezien. Dit is de reden dat een PLC altijd een vast IP adres heeft. [1]

Pc's en ethernet-toestellen kunnen op twee manieren een IP adres verkrijgen:

- 1) DHCP – Een DHCP server deelt IP adressen uit, als de PC aangezet wordt.
- 2) Vast – De PC krijgt een vast ingesteld IP-adres.

In dit project krijgen alle PLC's en andere machine elementen 192.168.1.xxx en subnetmasker 255.255.0.0. Pc's en printers 192.168.0.xxx met subnetmasker 255.255.255.0. [1]

3.8 Transportlaag

Deze laag maakt de data klaar voor het netwerktransport.

TCP/IP is een protocol waarbij er eerst een verbinding wordt opgebouwd (PTP=Point to Point verbinding) en pas daarna wordt er data overgestuurd en daarna de verbinding weer verbroken.

UDP/IP is een protocol waarbij de data op het netwerk wordt gezet bedoeld voor een bepaalde node (IP adres) en waarbij niet wordt gegarandeerd dat de data aankomt. Dit is dus zeker niet geschikt om machines aan te sturen.

Beide systemen hebben hun voor- en nadelen, het voordeel van UDP/IP is dat het sneller is omdat niet eerst een verbinding opbouwen(kost tijd) nodig is. Daarom heeft Omron gekozen voor het UDP protocol tussen de verschillende componenten. Dit heeft echter als nadeel dat routeren van berichten door routers en servers lastig tot niet mogelijk is. Voor het programmeren van Omron PLC's is hiervoor FINS/TCP toegevoegd. Tabel 2 geeft een vergelijking tussen TCP en UDP. [1]

Tabel 2: TCP & UDP [1]

Protocol	TCP	UDP
Naam	Transmission Control Protocol	User Datagram Protocol
Connectie	Connectie georiënteerd	Geen connectie nodig
Error	Error recovery	No error recovery
Grootte	groot 20 byte header	Kleiner 8 byte header
Data volgorde	Altijd in de juiste volgorde verzonden	Kan in de foute volgorde worden verzonden
Snelheid	Trager vanwege de verbinding die telkens opnieuw moet worden gemaakt (3 way handshake)	Sneller omdat er hier geen verbinding moet worden gemaakt
Bevestiging	TCP bevestigt wanneer iets ontvangen is, indien dit niet is wordt het pakket opnieuw verzonden	Geen bevestiging wanneer data niet aankomt data is dus verloren
Oriëntatie	Volgens een continue stroom	Bericht per bericht (niet continue)
Controle	Data worden niet onmiddellijk verzonden maar wanneer het netwerk vrij is (beter tegen overbelasting van netwerk)	Meer controle over wanneer data effectief wordt verzonden

4. Keuze van het protocol

De hardware die wordt gebruikt is Ethernet, daarnaast moet nog een protocol gekozen worden, hiervoor zijn er verschillende mogelijkheden. In dit hoofdstuk worden er enkele beschreven en wordt de keuze toegelicht.

4.1 PROFINET

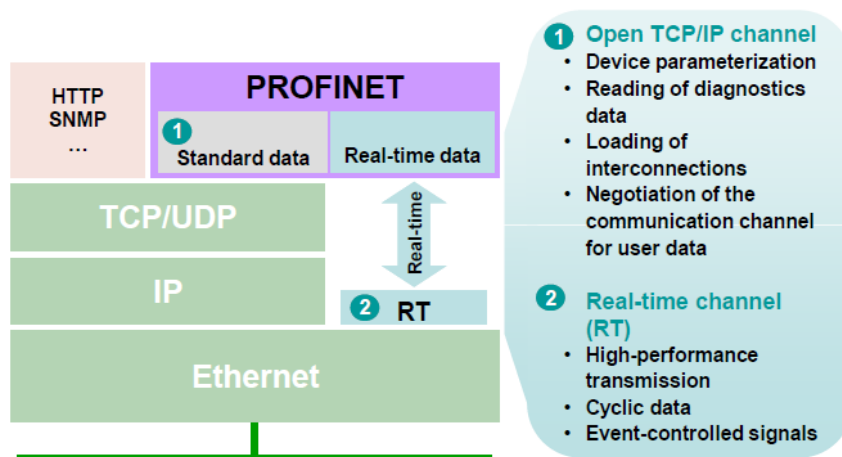
PROFINET is de Ethernet variant van PROFIBUS en zijn onderling gemakkelijk te koppelen via een proxy. PROFINET bevindt zich over verschillende lagen van het OSI-model wanneer er gebruik wordt gemaakt van Real-time data.

Er zijn drie verschillende versies van het PROFINET protocol zoals weergegeven in figuur 6. Elke versie is gebaseerd op het standaard ethernet.

Versies:

- CBA (component Based Automation) Klasse A (2001);
- RT (Real time) Klasse B (2004);
- IRT (Isochronous Real Time) Klasse C (2005).

Opmerking: PROFINET International maakt geen gebruik meer van RT en IRT maar vat deze samen onder de term PROFINET IO. [4]

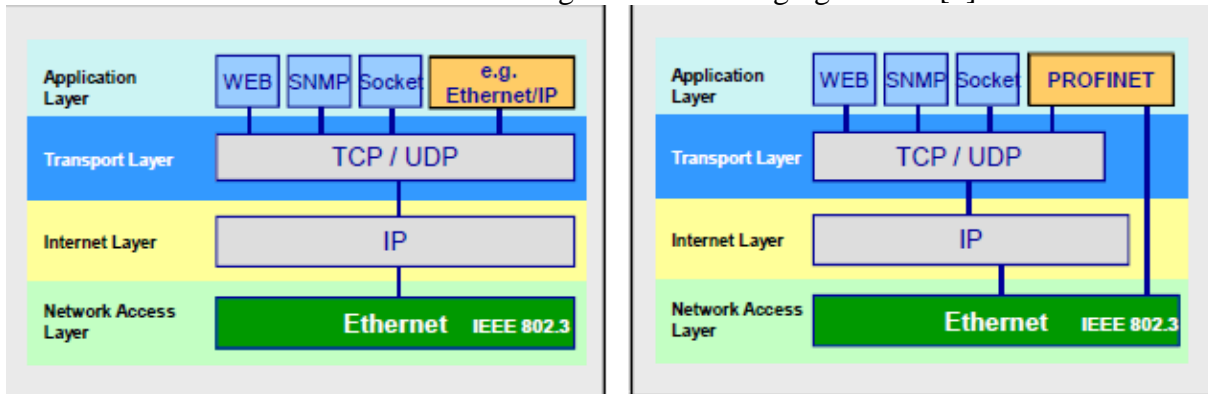


Figuur 6: PROFINET [4]

Dit protocol is gekozen vanwege de brede toepasbaarheid, toekomstmogelijkheden en omdat het ondersteund wordt door de meeste fabrikanten. PROFINET wordt vaak ook gekozen omdat er dan gelijktijdig TCP/IP als real-time toepassingen kunnen draaien over dezelfde kabel. Dit is niet mogelijk bij andere protocollen.

4.2 Ethernet/IP

Zoals te zien in onderstaande figuur is de opbouw tussen Ethernet/IP en PROFINET bijna dezelfde als er enkel gebruik gemaakt wordt van de TCP/IP functies. Enkel in de applicatielaag treden er dan verschillen op. Wanneer PROFINET met zijn volledige functionaliteit gebruikt wordt, is dit niet het geval. Deze applicatielaag gebruikt dezelfde applicaties als Devicenet, Controlnet en Componet maar dan op ethernet niveau. Dit omdat ze allen samenvallen onder het beheer van de gebruikersvereniging ODVA.[6]



Figuur 7: Ethernet IP [6]

4.3 EtherCat

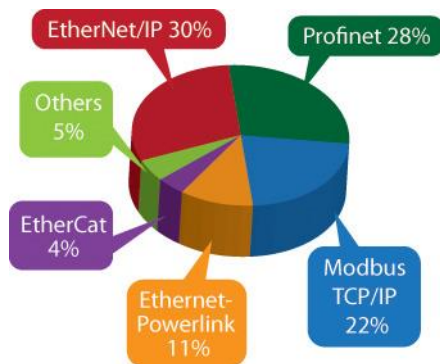
Alle toestellen op dit netwerk moeten voorzien zijn van een speciale ETHERCAT-chip. Dankzij deze chip is de dataoverdracht bij ETHERCAT veel sneller dan bij de andere ethernet toepassingen. PROFINET IRT zou deze snelheden ook kunnen halen wanneer er gewerkt wordt de juiste componenten en switches.

Omdat men bij het versturen van slechts één ETHERCAT-frame alle slaves in één keer aanspreekt wat bij de andere toepassingen buiten PROFINET niet mogelijk is. Hier moet men één frame per slave versturen. Ook wordt er met dit ene frame zowel de ingangen ingelezen als de uitgangen aangestuurd wat bij de andere toepassingen ook niet mogelijk is. Men kan EtherCat zowat vergelijken met een trein die in één keer langs alle slaves rijdt en vervolgens met de nodige informatie terug aankomt bij de master.

Bij EtherCat zijn er geen switches nodig omdat men de toestellen gewoon kan doorlinken. Maar hierdoor kunnen er dan tegelijkertijd geen TCP/IP berichten worden verzonden van bijvoorbeeld een camera. Dit is het grote nadeel van ETHERCAT, omdat alle toestellen een ETHERCAT-chip moeten hebben. Dit is niet het geval bij PROFINET.

Dit protocol wordt wel volledig ondersteund door Omron maar enkel voor de nieuwe generatie PLC's. Er zijn dus geen communicatiekaarten beschikbaar voor de al aanwezige PLC's. Ook de meeste PLC's van Phoenix ondersteunen dit protocol standaard nog niet. Bij dit protocol is het nog niet mogelijk om data te loggen op een server. Omdat EtherCat een alleenstaand netwerk is mag dit niet gekoppeld worden met het bedrijfsnetwerk, wat wel zou kunnen met PROFINET.

In figuur acht wordt het gebruik van de protocollen weergegeven in procenten.[8]



Figuur 8: Protocollen [6]

4.4 Modbus/TCP

Modbus is een Client/server toepassing dat ook gebruik maakt van het standaard ethernetframe. Een cliënt geeft een opdracht aan een server. Deze voert de opdracht eerst uit en geeft daarna antwoord. Een station kan zowel cliënt als server tegelijk zijn en daarnaast ook nog meerdere opdrachten tegelijk verzenden/bewerken. De server kan nooit zelf beginnen communiceren met de cliënt. Tabel 3 geeft het OSI-model van Modbus weer. [7]

Tabel 3: Modbus TCP

Laag	OSI-Model	
7	Applicatie	Modbus TCP
6	Presentatie	/
5	Sessie	/
4	Transport	TCP
3	Netwerk	IP
2	Data Link	IEEE 802.3/IEEE 802.2 Ethernet
1	Fysieke	10/100 Base T

4.5 PROFIBUS

In tegenstelling tot de vorige protocollen maakt dit geen gebruik van ethernetbekabeling maar van RS485 hardware, een kabel met twee aders, die met elke gebruiker via een specifieke interface verbonden is. Deze hardware wordt ook toegepast in de opstelling omdat de PLC van de drooginstallatie zo een communicatiekaart bezit.

Om communicatie met deze PROFIBUS-kaart te verwezenlijken wordt de kaart van de Siemens PLC als master ingesteld. Natuurlijk is er dan ook een slave nodig. Deze slave is een communicatiekaart die wordt geplaatst op de IL 330PN.

Aan de hardware van de drooginstallatie moet dus niets gewijzigd worden. Er moeten enkel enkele kleine programmawijzigingen worden gedaan. [7]

5. Communicatie met de verschillende installaties

5.1 Communicatie met drooginstallatie

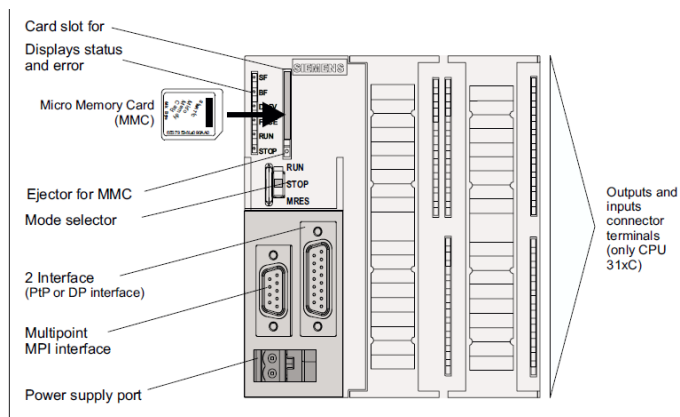
De PLC van de drooginstallatie is een CPU315-2DP van Siemens. Deze PLC heeft een geïntegreerde PROFIBUS netwerkkaart, deze kaart verzorgt de data-overdracht naar het netwerk via het PROFIBUS protocol.

Deze communicatie wordt enkel gebruikt om data van de droger uit te lezen, de droger wordt dus niet aangestuurd.

Hiervoor zijn er drie opties mogelijk:

- Een nieuwe PROFINET communicatiekaart van Siemens, de CP343-1. Hierdoor kan de PLC rechtstreeks communiceren met het netwerk via PROFINET omdat dit systeem dan zowel een PROFIBUS als een PROFINET aansluiting heeft, waardoor een Gateway functionaliteit ontstaat tussen PROFIBUS en PROFINET. Maar die communicatiekaarten zijn behoorlijk duur.
- Een andere mogelijkheid bestond er om gebruik te maken van een aparte gateway die niet geïntegreerd is in de PLC. Deze gateway converteert het PROFIBUS signaal naar een PROFINET signaal. Hiervoor kan er gebruikt gemaakt worden van bijvoorbeeld de AB7652 van Anybus. Maar hiervoor lopen de kosten snel op.
- Op de ILC 330PN kan een communicatiekaart voorzien worden voor PROFIBUS. Deze kaart zorgt ervoor dat de data in het PROFIBUS protocol bruikbaar zijn in deze PLC. De PROFIBUS connectie verloopt dus van de drooginstallatie naar de ILC 330PN. De droger is dan master van de ILC 330PN welke slave is.

Er is geopteerd voor de laatste optie. Omdat dit de meest prijsgunstige is. Hierdoor is de data van de drooginstallatie ook beschikbaar in het programma van de ILC 330PN. Deze data kan vervolgens worden weggeschreven in de database of worden gevisualiseerd. In figuur negen wordt de CPU van de drooginstallatie afgebeeld.



Figuur 9: Siemens CPU315 [13]

5.2 Communicatie met de aanvoerinstallatie

De aanvoerinstallatie bezit een PLC van Omron, een CS1G cpu43h. Deze bezit nog geen communicatiekaart.

Voor de communicatie is er geopteerd voor een PROFINET-communicatiekaart, de CS1W-PNT21. Hierdoor verloopt de communicatie rechtstreeks via het netwerk zonder dat er omzettingen nodig zijn. Deze PLC wordt hierdoor master van het PROFINET-netwerk. Dit is een logische keuze omdat de aanvoerinstallatie van elke spuitgietmachine moet weten in welke status deze is. Vervolgens kan hij het totale verbruik gaan berekenen en de droger aan de hand van deze gegevens aansturen. Dit aansturen en berekenen wordt niet verder behandeld in deze thesis omdat dit pas zal gebeuren in een later stadia.

5.3 Communicatie met de koelinstallatie

De PLC van de koelinstallatie, een CS1G-cpu42 van Omron bezit een communicatiekaart voor ethernet, de ETN21. Deze is enkel geschikt voor het versturen van mails en communicatie met andere ETN21 kaarten en ondersteund PROFINET dus niet. Het is wel mogelijk TCP/IP berichten te sturen maar zal hier niet verder worden behandeld.

Deze kaart kan verder dus niet gebruikt worden van PROFINET. Omdat de data die moet overgebracht worden beperkt is, is de aanschaf van een communicatiekaart een dure oplossing. Daardoor wordt er hier tijdelijk gebruikt gemaakt van een standaard PROFINET eiland en zal de data worden uitgewisseld door IO's. Deze oplossing is slechts tijdelijk omdat de koelinstallatie nog gewijzigd zal worden.

5.4 Communicatie met de spuitgietmachines

Deze machines hebben IO-kaarten die standaard bruikbare data naar buiten kunnen brengen. Zo zijn er bijvoorbeeld uitgangen die de volgende statussen weergeven: manueel, automatisch, alarm, cyclus einde en matrijs gesloten of open. Deze IO's worden gekoppeld aan een PROFINET IO-eiland en worden zo beschikbaar voor de PROFINET-master. Deze eilanden zijn intern ook van een switch voorzien waardoor er twee ethernetkabels kunnen op aangesloten worden. Hierdoor is het eenvoudig voor een volgend eiland bij aan te koppelen op een volgende machine en moeten er minder extra switches worden gebruikt.

5.5 ILC 330PN

Deze PLC zal alle data van het netwerk verzamelen en visualiseren. Hij is wel niet de master van het netwerk maar krijgt alle data toegestuurd van de PLC van de aanvoerinstallatie. Omdat deze controller dan alle data beschikbaar heeft en in verbinding staat met de server zal hij ook data loggen. Dit zal hij doen in een SQL-database op de server. Hiervoor zijn wel speciale functiebouwstenen nodig, die moeten worden aangekocht. Deze bouwstenen kunnen dus enkel worden gebruikt wanneer er een geldige sd-kaart met daarop de licentie aanwezig is.

Ten slotte heeft deze PLC ook een PROFIBUS-kaart waarmee hij verbonden is aan de drooginstallatie. Data van de droger zal hij dus krijgen via deze communicatie en dus niet via PROFINET zoals bij de andere toestellen wel het geval is. Van dit PROFIBUS netwerk is de ILC 330PN ook slave omdat de droger een belangrijkere functie heeft dan de ILC 330PN.

6. Visualisatie

6.1 WebVisit

De visualisatie van het machinepark vindt plaats doorheen de webbrowser van de ILC 330PN. De webpagina's van de webbrowser kunnen geconfigureerd worden met behulp van speciale software, WebVisit. Op deze pagina's wordt alle data weergegeven en gevisualiseerd. Omdat er gebruik gemaakt wordt van een netwerk, heeft deze controller toegang tot alle data van het netwerk en kan deze data dus eenvoudig opgehaald en vervolgens gevisualiseerd worden.

6.2 CX-supervisor

Een andere oplossing is de CX-supervisor software van Omron. Dit SCADA pakket kan zowel dataloggen als visualiseren. Het nadeel is echter wel dat het maar vanaf één pc toegankelijk is enkel waarop deze geïnstalleerd is.

Een ander nadeel bij het loggen, is dat wanneer de software niet actief is, er niet wordt gelogd. De data moet dus worden bijgehouden in het geheugen van de controller wat ook beperkt is.

Een voordeel is dat de data rechtstreeks vanuit de controllers kan gelezen worden waardoor een ILC 330PN overbodig is. Maar de prijs van deze ILC 330PN is beduidend minder dan de kosten voor dit pakket.

7. Datalogging

De datalogging gebeurt in een SQL-database op de server binnen het bedrijf. Het schrijven van data naar deze server vindt plaats via de ILC 330PN. Deze maakt gebruik van speciale bouwstenen die tabellen binnen deze server aanmaken met bijbehorende datum en tijd. Het schrijven van data in deze tabellen moet gebeuren via de SQL-commando's. In figuur 10 wordt de verbinding van de ILC 330PN met de database en het netwerk weergegeven.



Figuur 10: Datalogging [9]

7.1 SQL

Structured Query Language (SQL) is een gestandaardiseerde taal voor het benaderen van database management systemen. De meeste moderne databases ondersteunen vrijwel allemaal SQL. Met SQL-commando's kan men bijvoorbeeld enerzijds gegevens op een bepaalde plaats wegschrijven in een tabel of anderzijds bepaalde data uitlezen uit de tabel. Voor het opbouwen van deze commando's wordt er gebruik gemaakt van speciale functiebouwstenen die via een SD-kaart kunnen worden gebruikt in de PLC.

7.2 Database

De database is geprogrammeerd in Microsoft SQL en bevindt zich op de server binnen het bedrijf. De data hierop worden voornamelijk gebruikt voor het opvolgen van het onderhoud. Later zullen deze data meer hun toepassing gaan vinden voor het management. Maar dit wordt in deze thesis niet verder behandeld.

8. Robot

De robot welke al aanwezig was in het bedrijf is in het bezit van 20 DI en 20 DO die vrij programmeerbaar zijn.

De robot wordt extern gestuurd door een PLC (de ILC 151ETH). Deze geeft de robot commando's zoals: welk programma hij moet uitvoeren en wanneer hij moet starten.

Ook wordt hierbij rekening gehouden met de veiligheid. De veiligheid van de robotcel wordt verwezenlijkt d.m.v. de SafetyBridge technologie van Phoenix Contact.

De cel wordt bewaakt met: een laserscanner, een deurvergrendeling, twee noodstoppen en de terugkoppeling van de veiligheidskring van de robot.

Verder bevat de veiligheidskring nog veiligheidsrelais en een signaaltoren, dit alles is geplaatst achter een veiligheidshek.

Om programmakeuze te vereenvoudigen is er bij de robotcel ook een panel-PC voorzien. Deze geeft ook alarmmeldingen weer.

Het robotprogramma zelf is deels geschreven door een collega. Dit programma moet nu worden aangepast voor de communicatie alsook voor de veiligheidskring omdat er met deze parameters nog geen rekening was gehouden. Verder moeten de posities opnieuw geteached worden omdat de robot verplaatst is.

8.1 Risicoanalyse robotcel

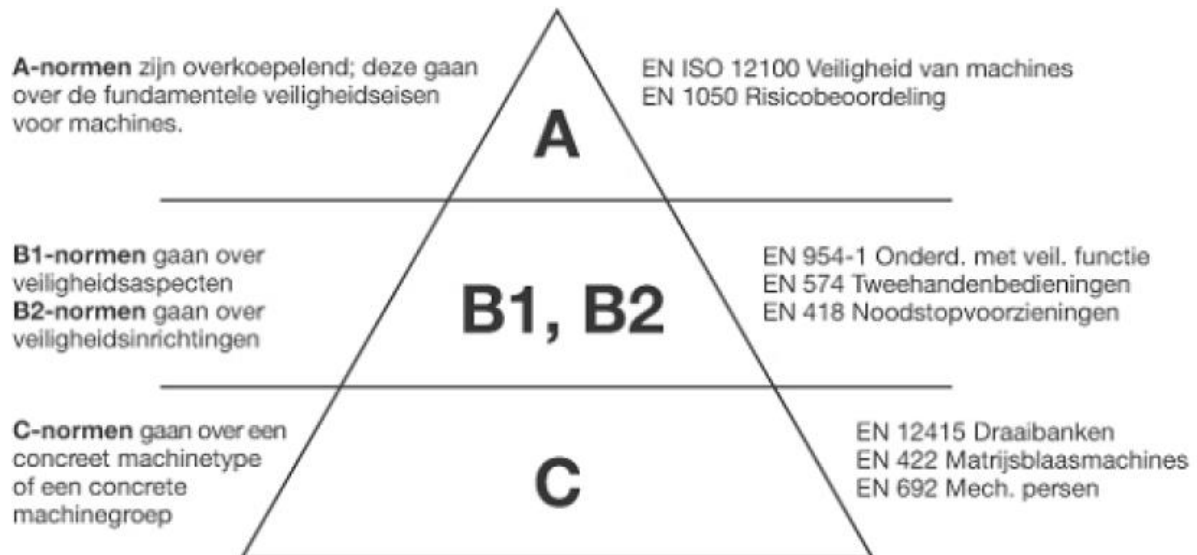
8.1.1 Normen machineveiligheid

De Europese normen zijn ingedeeld in drie verschillende types:

- A-normen: algemeen en van toepassing op alle machines
 - EN 12100-1 & 2: veilig ontwerpen
 - EN ISO 14121-1: risico analyse
- B-normen: specifieke veiligheidsmiddelen en ergonomische aspecten
 - EN ISO 13850: noodstop
 - EN 999: veiligheidsafstanden
 - EN-ISO 13857: veiligheidsafstanden, dimensionering en plaatsing afscherming
 - EN IEC 60204-1: elektrische machines
 - EN IEC 62061-1: besturingstechnische veiligheid via Safety Integrity Levels
 - EN ISO 13849-1: besturingstechnische veiligheid via Performance Levels
 - EN 954-1: besturingstechnische veiligheid via veiligheidscategorieën (verouderd)
 - EN 1088: Blokkeerinrichtingen gekoppeld aan afschermingen
 - EN 61508: functionele veiligheid van elektrisch programmeerbare veiligheidssystemen
- C-normen: specifieke machines
 - EN 775: robots

[3]

Figuur 12 geeft de A, B en C normen grafisch weer.



Figuur 11: Normen driehoek [3]

Vergelijking van de bestaande (oude) norm met de nieuwe normen

- In norm EN 954-1 wordt de bepaling van de veiligheids categorie uitsluitend gebaseerd op systeemgedrag (architectuur). Met andere woorden, er wordt enkel een kwalitatieve beoordeling gemaakt.

Bij de nieuwe normen, EN ISO 13849-1 en IEC 62061, wordt de veiligheids categorie bepaald op basis van systeemgedrag, gecombineerd met de betrouwbaarheid (faalkans) van de gebruikte componenten. Met andere woorden, er gebeurt niet enkel een kwalitatieve, maar ook een kwantitatieve beoordeling.

Norm EN 954-1 gebruikt uitsluitend categorieën.

Norm EN ISO 13849-1 gebruikt tevens een Performance Level (PL).

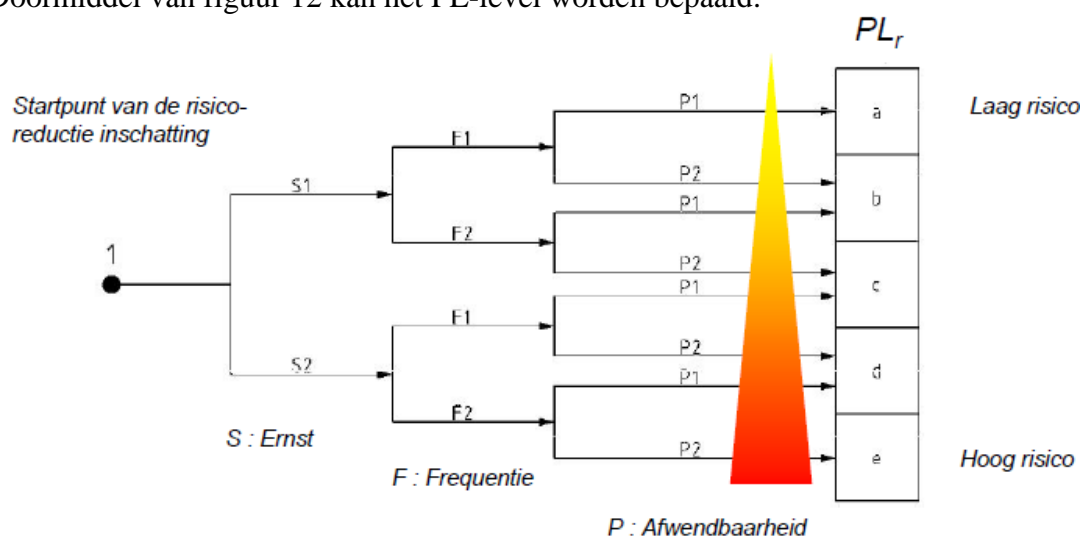
Norm IEC 62061 gebruikt de Safety Integrity Levels (SIL). [3]

8.1.2 Toetsen PL

Voor het behalen van het juiste Performance Level moet er aan een aantal eisen worden voldaan:

- Eisen aan de architectuur: bepaald door de oude veiligheid categorieën uit de NEN 954-1.
- Eisen aan de betrouwbaarheid MTTFd (Mean Time to Dangerous Failure).
- Eisen aan de diagnose DC (Diagnostic Coverage): fouten detecteren voordat ze gevaarlijk worden.
- Eisen voor de CCF (Common Cause Failure): bij redundante systemen dient men te voorkomen dat 1 fout leidt tot een verlies van beide kanalen.
- Systematische Integriteit ('Good Engineering Practices'). [3]

Doormiddel van figuur 12 kan het PL-level worden bepaald.



Figuur 12: Keuze PL. [2]

S- De mate van verwonding

- S1- lichte (normaal omkeerbare) verwonding
- S2- zware (normaal onomkeerbare) verwonding, inclusief dood

F- De frequentie en/of blootstellingstijd aan gevaar

- F1- zelden tot soms en/of korte duur blootstelling
- F2- veelvuldig tot continu en/of lange duur blootstelling

P- De mogelijkheid tot het afwenden van het gevaar

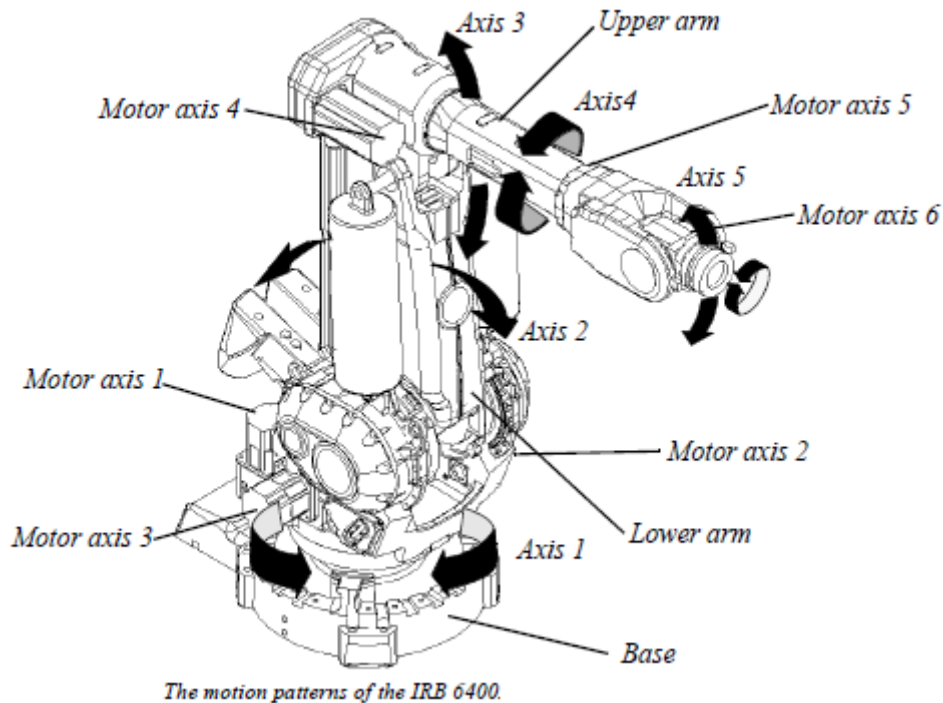
- P1- mogelijk onder bepaalde omstandigheden
- P2- nauwelijks mogelijk

[2]

8.1.3 Omschrijving gebruiksdomein

Robot

De robot heeft zes assen en is van het merk ABB type IRB6400. De volgende figuur geeft de verschillende assen van de robot weer.



Figuur 13: Robot [10]

Werking

De robot moet de zakken van het palet nemen met een vacuüm zuiger. Hierna zal hij deze opsnijden over een mes waarna hij deze zak nadien kan leegmaken in de aanvoerbak.

De zakken worden toegevoerd op een pallet door de magazijnier. Wanneer dit gebeurt mag de robot niet in werking zijn om de veiligheid te kunnen garanderen.

Ook wanneer er onderhoud aan de robot plaatsvindt mag deze enkel werken aan gereduceerde snelheid.

Hoofdonderdelen

- Robot
- Robotsturing
- Aanvoerbak
- Mes
- Palet met zakken
- Hekwerk

8.1.4 Risicoanalyse

Bepalen grenzen

Ref.	Beschrijving	Opmerking
1	Ruimtelijke grenzen	
1.1	Locatie van de machine: ·Binnen	
1.2	Bestaat de machine uit verschillende onderdelen? Ja	*Robot *Messen (2x) *Toevoerbakken (2x)
1.3	Beoogd gebruik, functionaliteit van de machine. Industrieel	Opnemen en openen van zak, vervolgens zak uitkiepen in bak
1.4	Voldoende bewegingsruimte aanwezig voor operatoren? Ja	Tijdens normale productie komen de operatoren niet binnen het veiligheidshek. Enkel voor toevoeren van voorraad en onderhoud van machine.
1.5	Worden andere personen dan de operatoren aan de gevarezone blootgesteld? Nee	Normalerwijze worden enkel de operatoren (en eventueel de onderhoudstechniekers) aan de gevarezone blootgesteld.

2 Gebruikersgrenzen		
2.1	<p>Door wie wordt de machine bediend?</p>	<p>De installatie dient bediend te worden door volwassen operatoren, met normaal reactievermogen.</p> <p>Aan de installatie worden geen minderjarige personen als mindervalide personen tewerk gesteld.</p> <p>Onderhoud en interventies worden door daarvoor opgeleide personen uitgevoerd.</p>
2.2	<p>Opleidingsniveau van de operatoren: --</p> <p>Opleiding bij indiensttreding</p> <p>- Jaarlijkse evaluatie</p>	<p>Algemene veiligheidsopleiding bij indiensttreding.</p> <p>Onder begeleiding van ervaren operatoren.</p> <p>Instructies zijn aanwezig.</p>
2.3	<p>Is iedere operator op de hoogte van?</p> <p>- Productieproces: Ja</p> <p>- Gebruikersinstructies: Ja</p> <p>- Gevaren: Ja</p>	
2.4	<p>Wanneer wordt de machine gebruikt?</p> <p>Volcontinue</p>	
2.5	<p>Wat zijn de gebruiksfasen van de machine?</p> <p>- Productie</p> <p>- Onderhoud</p> <p>- Reiniging</p> <p>- Inspectie</p> <p>- Afbraak/Opbouw</p>	
2.6	<p>Hebben er al ongevallen plaats gevonden? Ongevallenfrequentie?</p>	<p>Het betreft een nieuwe machine</p>

Identificatie latente gevaren

Robot
Gevaarlijke situatie
Slagen en stoten t.g.v. snelle, bruske bewegingen robot
Grijpen door grijparm bevestigd aan robot
Op hol slaan robot (niet volgen program taken)
Klemmen, verbrijzelen tussen robot & omgeving
Allerlei gevaren door onderhoud/testen

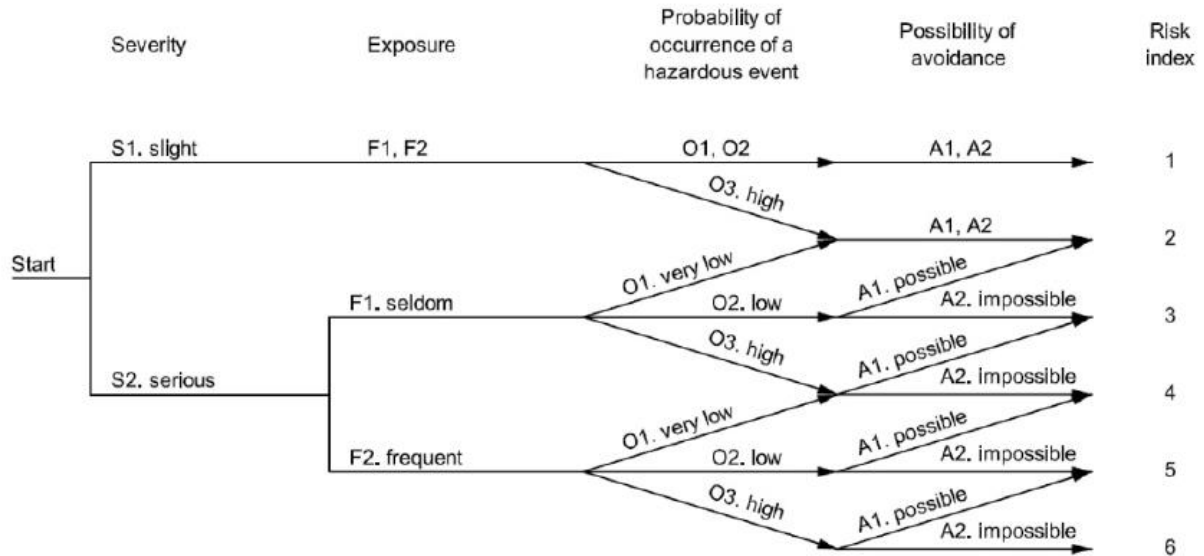
Messen
Gevaarlijke situatie
Snijden aan mes

Toevoerbakken
Gevaarlijke situatie
Stoten aan kant
Snijden aan scherpe kanten bak
Gekneld raken tussen bak en deksel
Slagen en stoten t.g.v. losgeslagen persluchtleidingen

Elektrische installatie
Gevaarlijke situatie
Directe aanraking van elektrische componenten onder spanning
Indirecte aanraking van geleidende delen onder spanning door storing
Niet meer kunnen stoppen door enkelvoudige fout in besturingssysteem

Risico inschatting

Door gebruik te maken van onderstaand schema kan de risico-index van elke gevaarlijke situatie worden bepaald.



Figuur 14: Risico inschatting [2]

Robot						
Gevaarlijke situatie	Mogelijke gevolgen	S	E	O	A	Risico index
Slagen en stoten t.g.v. snelle, bruuske bewegingen robot	Ernstige verwondingen	2	2	3	2	6
Grijpen door grijparm bevestigd aan robot	Allerlei	2	2	2	2	5
Op hol slaan robot (niet volgen program taken)	Ernstige verwondingen	2	2	1	2	4
Klemmen, verbrijzelen tussen robot & omgeving	Ernstige verwondingen	2	2	1	2	4
Allerlei gevaren door onderhoud/testen	Ernstige verwondingen	2	1	2	2	3

Messen						
Gevaarlijke situatie	Mogelijke gevolgen	S	E	O	A	Risico index
Snijden	snijwonden	2	2	2	1	4

Toevoerbak						
Gevaarlijke situatie	Mogelijke gevolgen	S	E	O	A	Risico index
Stoten aan kant	kneuzing	1	2	2	1	1
Snijden aan scherpe kanten bak	Kleine sneden	1	2	2	1	1
Gekneld raken tussen bak en deksel	Lichte verwondingen	1	1	2	2	1
Slagen en stoten t.g.v. losgeslagen persluchtleidingen	Allerlei verwondingen	1	1	2	2	1

Elektrische installatie						
Gevaarlijke situatie	Mogelijke gevolgen	S	E	O	A	Risico index
Directe aanraking van elektrische componenten onder spanning	Brandwonden Elektrocutie/Dood	2	1	1	2	2
Indirecte aanraking van geleidende delen onder spanning door storing	Brandwonden Elektrocutie/Dood	2	1	1	2	2
Niet meer kunnen stoppen door enkelvoudige fout in besturingssysteem	Allerlei verwondingen	2	1	1	2	2

Risico evaluatie en reductie

	Gevaarlijke situatie	Risico index	Oplossing
1	Slagen en stoten t.g.v. snelle, bruske bewegingen robot	6	Hekbewaking met vergrendeling + laserscanner
2	Grijpen door grijparm bevestigd aan robot	5	Hekbewaking met vergrendeling + laserscanner
3	Op hol slaan robot (niet volgen program taken)	4	Hekbewaking met vergrendeling + laserscanner
4	Klemmen, verbrijzelen tussen robot & omgeving	4	Hekbewaking met vergrendeling + laserscanner
5	Snijden aan mes	4	* Handschoenen * Opleiding * Pictogram
6	Allerlei gevaren door onderhoud/testen	3	* Handschoenen * Veiligheidsschoenen * Opleiding * Pictogram

De situatie met het hoogste risico index wordt gebruikt om het PL-level te bepalen. Uit figuur 12 kan dan worden afgeleid dat het te behalen PL-level hier 'e' is.

8.1.5 Overzicht en beschrijving van het veiligheidsconcept

Hekwerk

De volledige productieruimte wordt afgesloten door middel van een hek. In het hek zijn nog twee deuren voorzien. Dit hek moet worden verankerd zodat manipulatie niet mogelijk is.

Bepalen afmetingen hek

Het hek wordt ver buiten het werkbereik van de robot geplaatst zodat er zeker geen veiligheidsrisico's kunnen optreden.

- Uit de tabel vijf, kan de mazengrootte bepaald worden. Er is gekozen voor een mazengrootte van 3cm op 5cm zodat men er enkel met vingers doorheen kan en nooit met een hele hand.
- Het hek wordt geplaatst tot op de grond. Veiligheidsafstanden voor de onderste ledenmaten is hier dus niet nodig.
- De robot heeft een werkbereik tot 2m60 hoog en de afstand van het hek tot aan de machine is zeker groter dan 800mm. Maar er is toch geopteerd voor een hekwerk van 2m40 hoog om zeker geen risico's te nemen. Zie tabel vier.

Tabel 4: Hoogte afscherming [2]

Reaching over protective structures — High risk

Key

- a* height of hazard zone
- b* height of protective structure
- c* horizontal safety distance to hazard zone
- 1 hazard zone (nearest point)
- 2 reference plane
- 3 protective structure

Height of hazard zone <i>a</i>	Height of protective structure ^{a, b}									
	Dimension in millimetres									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	Horizontal safety distance to hazard zone, <i>c</i>									
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	0
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	0	0
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400	0	0	0
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600	0	0	0	0
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500	0	0	0	0
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800	0	0	0	0	0
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700	0	0	0	0	0
1 000	1 500	1 400	1 000	800	0	0	0	0	0	0
800	1 500	1 300	900	800	0	0	0	0	0	0
600	1 400	1 300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1 400	1 200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1 200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	500	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Protective structures less than 1 000 mm in height are not included because they do not sufficiently restrict movement of the body.

^b Protective structures lower than 1 400 mm should not be used without additional safety measures.

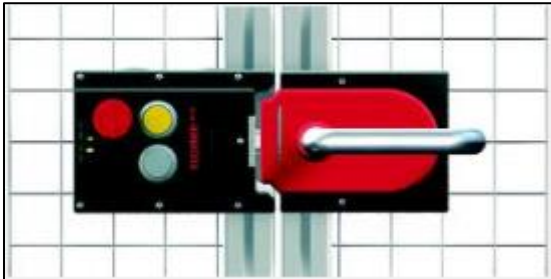
^c For hazard zones above 2 700 mm, refer to 4.2.1.

Tabel 5: Mazen afscherming [2]

Dimensions in millimetres					
Part of body	Illustration	Opening	Safety distance, <i>s_r</i>		
			Slot	Square	Round
Fingertip		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Finger up to knuckle joint		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120

Vergrendelingen

De productieruimte is nog toegankelijk via twee deuren. Deze deuren zijn tijdens de werking van de machine vergrendeld via een veiligheidsvergrendeling. De deur wordt dan dichtgehouden met een kracht van +- 2000N. Wanneer de deur geopend is kan de robot niet starten. De vergrendeling wordt gemonitord of deze open/gesloten en of vergrendeld is. Onderstaande figuur geeft de vergrendeling weer.



Figuur 15: Vergrendeling [18]

<i>Deur</i>	
Type	MGB-L2-ARA-AM3A1-M-R
Fabrikant	Euchner
Pl.	e
Aantal	2

Muting lamp

Deze geeft weer in welke werkingstoestand de robot zich bevindt.



Figuur 16: Muting lamp [11]

<i>Muting lamp</i>	
Fabrikant	Phoenix
Aantal	1

Contactoren

Deze schakelen alles zonder spanning in geval van een noodstop of veiligheidstop. Deze relais hebben geleide contacten, zijn 4-polig uitgevoerd en zijn conform met EN50205 en EN61810-1.

<i>Contactoren</i>	
Type	G7SA_3A1B
Fabrikant	Omron
Pl.	e
Aantal	3

Noodstop

Uit onderstaande tabel kan afgeleid worden hoeveel noodstoppen er maximaal gebruikt mogen worden per veiligheidsrelais voor een bepaald performance level. Om level e te halen mogen er maximaal drie noodstoppen geplaatst worden. De noodstoppen die worden gebruikt zijn ingebouwd in de vergrendelingsmodule van de deur. Deze noodstoppen worden aangestuurd via puls uitgangen en kunnen zo gemonitord worden op kabelbreuk.

<i>Noodstop</i>	
Type	
Fabrikant	Euchner
PL	e
Aantal	2

Tabel 6: Aantal noodstoppen per kring [19]

PL _{niedrig}	N _{niedrig}	Gesamt-PL
a	≥ 4	kein PL, nicht erlaubt
	≤ 3	a
b	≥ 3	
	≤ 2	b
c	≥ 3	
	≤ 2	c
d	≥ 4	
	≤ 3	d
e	≥ 4	
	≤ 3	e

Veiligheidsscanner

Deze laserscanner zal voortdurend de robotcel scannen. Wanneer deze scanner iets detecteert zal deze een fout geven. Hierdoor gaat de machine in veiligheid. De zone waarin de scanner moet scannen moet geconfigureerd worden. Hij heeft een bereik voor een veiligheidszone met een straal van 4m en een waarschuwingszone van 15m. De scanner heeft wel maar een d als PL-level maar wordt hier enkel gebruikt als extra beveiliging. Zonder deze scanner wordt het veiligheidsniveau ook behaald, omdat het hekwerk volledig gesloten is en de deurvergrendeling dit ook verzekerd.



Figuur 17: Laserscanner [11]

<i>Laserscanner</i>	
Type	OS32C
Fabrikant	Omron
PL	d
Aantal	2

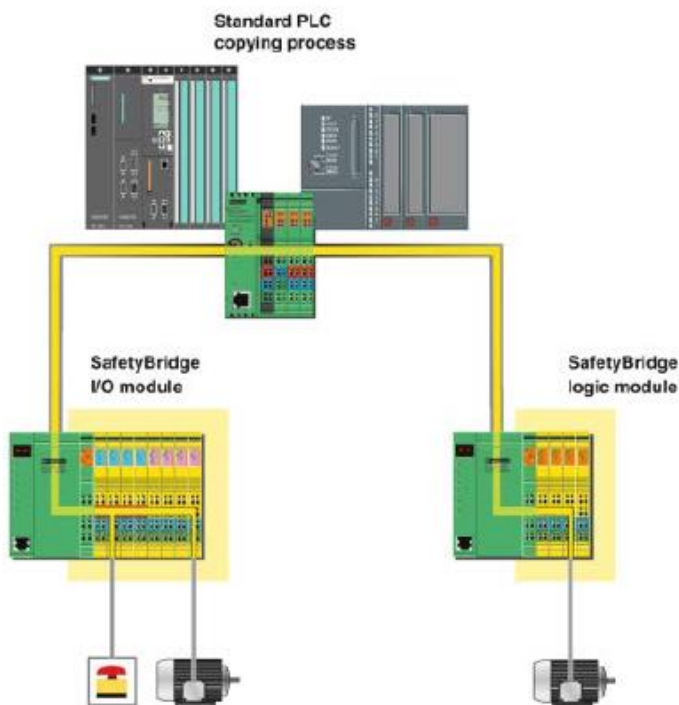
Configureerbare veiligheidsmodule met SafetyBridge technologie

Door gebruik te maken van deze technologie hoeft er geen safety-PLC meer te gebruikt te worden. Enkel deze speciale safety modules samen met een PLC van Phoenix zijn dan voldoende. Doordat deze module dus rechtstreeks is aangesloten op een controller, maakt het gebruik van andere ingangen in het safety-programma zeer eenvoudig omdat het safety-programma wordt bewaard in de PLC. Het is ook mogelijk om safety ingangen te gebruiken op een andere plaats met behulp van PROFINET of een ander protocol omdat het netwerk onafhankelijk is. Figuur 18 is een afbeelding van een SafetyBridge-module en figuur 19 is een voorbeeld van een configuratie van SafetyBridge-modules.



Figuur 18: SafetyBridge module [9]

<i>Configureerbare veiligheidsmodule</i>	
Type	IB IL 24 LPSDO 8 V3 (uitgangen) IB IL 24 PSDI 8-PAC (ingangen)
Fabrikant	Phoenix
PL	e
Aantal	1



Figuur 19: SafetyBridge netwerk [15]

8.1.6 Controle via SISTEMA

SISTEMA (Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications) is een softwaretool voor het berekenen van het PL-level. SISTEMA is ontwikkeld door het Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) en is een gratis software. In deze software wordt eerst het PL-level van de installatie bepaald samen met de verschillende gevaren. Hierna moeten alle onderdelen die moeten bijdrage aan de veiligheid worden toegevoegd vanuit de bibliotheken die men kan inladen en dit per risico. De software bepaalt dan of deze maatregel voldoende is of niet. Per risico moet er een ingangsmodule zijn die het gevaar controleert, een logicamodule en een uitgangsmodule die de installatie in veilige status moet brengen. In onderstaande figuur is een voorbeeld weergegeven en in de bijlage vindt u het volledige verslag.

The screenshot displays the SISTEMA software interface. The main window is titled "Safety function" and shows a risk graph with a red path indicating the evaluation process. The graph has nodes labeled S1, F1, P1, F2, P2, and e. To the right of the graph, there are three sections: "Severity of injury (S)", "Frequency and/or exposure times to hazard (F)", and "Possibility of avoiding hazard or limiting harm (P)". Each section contains two options (S1/S2, F1/F2, P1/P2) with checkboxes and descriptions. The "Severity of injury (S)" section shows S1 checked. The "Frequency and/or exposure times to hazard (F)" section shows F2 checked. The "Possibility of avoiding hazard or limiting harm (P)" section shows P2 checked. Below the graph, there are two status messages: "Channel 1" and "Channel 2", both indicating that the MTTFd has been cut from 33333.33 to 100 a. On the left side, there is a project tree with folders like "robotcel", "hekbewaking", and "noodstop", each containing sub-items like "person in cel", "OS32C", "IL_LPSDO_8_V3_2CH", and "Relais". At the bottom left, there are input fields for parameters like PLr, PL, PFH [1/h], DC [s], MTTFd [a], and DC [a]. The bottom right corner shows the IFA logo and contact information.

Figuur 20: SISTEMA

9. Kostenanalyse

9.1 Prijslijst

Tabel 7: Kostenanalyse

product	code	fabrikant	#	prijs	prijs2	commentaar	gebruikt voor
					0		
PROFINET communicatiemodule	CS1W-PNT21	Omron	1	935	935	PROFINET Io-module	PLC piano PROFINET
connectiekabel	CS1W-CN713	Omron	1	102,6	102,64	0,3m kabel	connectie tussen racks
uitbreidingsrack	CS1W-BI053	Omron	1	230,2	230,22	5 slot rack	extra rack
					0		
ILC 330 PN	2988191	Phoenix	1	1139	1138,9	PLC PROFINET	master netwerk
IB IL PB MA-PAC	2700630	Phoenix	1	284,9	284,89	communicatiemodule PROFIBUS	koppelen drooginstallatie
CF FLASH 256MB APPLIC A	2988793	Phoenix	1	205,9	205,93	licentie SQL	datablokken SQL
					0		
fl switch smn 8tx-pn	2989501	Phoenix	2	664,9	1329,88	switch 8 poorten	koppelen modules PROFINET
					0		
IL PN BK DI8 DO4 2TX-pac	2703994	Phoenix	2	291,8	583,64	kopstation PROFINET 8DI & 4DO	inlezen data machines
					0		
ILC 151 ETH	2700974	Phoenix	1	545	545	kopstation PROFINET	besturing robot
IB IL RS 232-PRO-PAC	2878722	Phoenix	1	277	277	rs232	seriële verbinding HMI
IB IL 24 DI 4-ME	2863928	Phoenix	3	87,68	263,04	4DI	inlezen uitgangen robot
IB IL 24 DO 4-ME	2863931	Phoenix	3	99,1	297,3	4DO	aansturen ingangen robot
IB IL 24 LPSDO 8 V3-PAC	2701625	Phoenix	1	416,6	416,56	logic module + 8 safety out	safety robot
IB IL 24 PSDI 8-PAC	2985688	Phoenix	2	213,5	427	8 safe-in of 4in 2-kanaals	safety robot
relais	G7SA_3A1B	Omron	3	16,58	49,74	met geleidende contacten	veiligheidscircuit robot
voet relais	P7SA-10F-ND	Omron	3	48	144	din rail	veiligheidscircuit robot
Laserscanner	OS32C	Omron	1	2600	2600	Safety scanner	veiligheidscircuit robot
					0		
PROFIBUS connector	2708245	Phoenix	2	39,47	78,94	connector PROFIBUS kabel	koppelen drooginstallatie
PROFIBUS kabel	6463 VI005	alpha wire	1	140,5	140,53	PROFIBUS kabel 30m	koppelen drooginstallatie
Voeding		Phoenix	2	321	642	voeding PLC	elektrische kast
Signaaltoeren		patlite	1	200	200	signaaltoeren	safety robot
hoofdschakelaar		Eaton	2	19,2	38,4	1 fasige hoofdschakelaar	elektrische kast
automaat		Schneider	4	15,35	61,4	beveiliging	elektrische kast
elektrische kast		Rittal	2	85,66	171,32	600x600x210	elektrische kast
					0		
Nexom	APPC 1230T	Nexom	2	927	1854	HMI	Visualisatie
					12617,33		

De robot, hekwerk en deurvergrendelingen waren al aanwezig.

9.2 Analyse van andere opties

- Wanneer er gekozen was om de communicatie met de Siemens via PROFINET te realiseren. Moet er een PROFINET-kaart worden toegepast die +- 1200 euro kost. De toegepaste PROFIBUS-module kost 284 euro. Dit zou 900 euro extra kosten opleveren zonder dat er rekening gehouden is met kabels en connectoren. Deze zijn wel duurder voor PROFIBUS.
- SCADA pakket CX-supervisor:

Bijkomende kosten	Prijs (euro)	Verminderde kosten	Prijs (euro)
CX-supervisor	+3000	ILC 330PN	-1183
Communicatiekaart Siemens	+1200	PROFIBUS kaart Phoenix	-284
Extra pc met PROFINET communicatiekaart	+1500	Datablokken	-205

Deze optie zou 4100 euro duurder zijn omwille van het software pakket.

- Robot uitvoeren met safety PLC

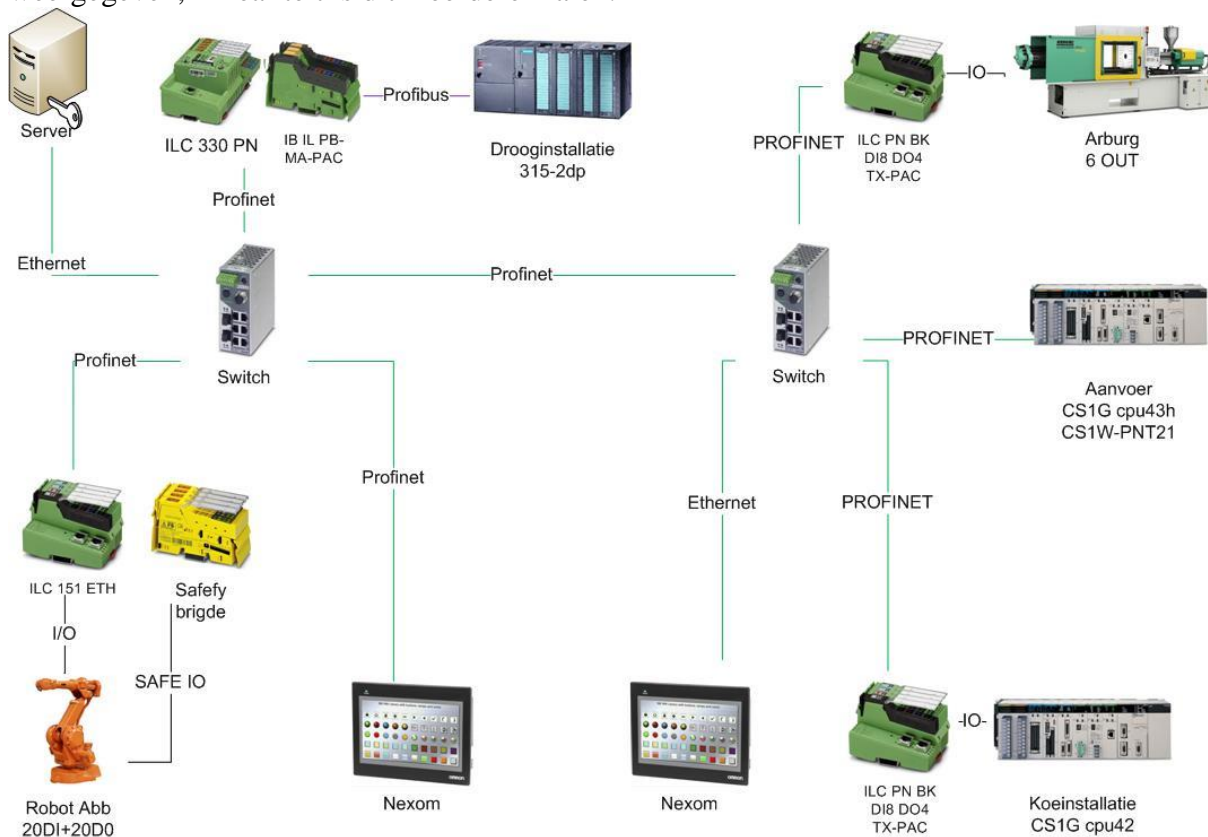
Bijkomende kosten	Prijs (euro)	Verminderde kosten	Prijs (euro)
Safety CPU	425	Safety bridge module	416
Software safety	405	2 x Safety ingangen	427
communicatiekaart	215	PLC 151 ETH	545
2 x extra in - en uitgangen	320		

Het gebruik van een safety PLC in plaats van de SafetyBridge module is qua prijs hetzelfde. Maar de SafetyBridge modules zijn gebruiksvriendelijker en de communicatie kan rechtsreeks gebeuren met PROFINET dat met de PLC niet mogelijk is.

10. Praktisch

10.1 Netwerkbouw

Onderstaande figuur geeft de netwerkbouw weer. De ILC 330PN is de PLC die de visualisatie en de datalogging verzorgt, deze is ook de slave van het PROFIBUS-netwerk. De twee Nexoms zijn de panel-pc's die de visualisatie weergeven, één voor de robot en één voor het machinepark. De Arburg is één van de spuitgietmachines en is slechts één maal weergegeven, in realiteit is dit meerdere malen.



Figuur 21: Netwerkbouw

10.2 Elektrische schema's & kastopbouw

De elektrische tekeningen zijn gemaakt in Eplan. De tekeningen zijn te vinden in de bijlages. Er zijn twee elektrische kasten voorzien. Eén voor de besturingen en de veiligheidskring van de robot en één centrale kast waarin de ILC 330PN wordt geplaatst. Beide kasten zijn bekabeld en gemonteerd binnen het bedrijf.

10.3 Instellingen PLC aanvoerinstallatie

Aan deze PLC wordt eerst een uitbreidingsrack toegevoegd omdat de eerste rack volzet is. Vervolgens wordt hierop de CS1W-PNT21 PROFINET-kaart toegevoegd. Deze PLC zal hierdoor master worden van het PROFINET-netwerk.

10.3.1 Unitnummer

Dit nummer moet worden ingesteld op de CS1W-PNT21 kaart van de aanvoerinstallatie. Dit getal geeft aan welke CPU bus unit dit is. Per CPU mogen er maximaal 16 worden geplaatst waarvan maximum vier ethernet modules. Omdat dit de eerste communicatiekaart is wordt het nummer hier ingesteld op één. [1]

10.3.2 Nodenummer

Dit kan op twee manieren ingesteld worden:

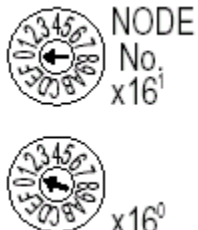
- Het laatste cijfer van het IP-adres is gelijk aan het nodenummer.
- Een verschillend cijfer dan het laatste cijfer van het IP-adres wordt ingesteld.

Voor de laatste instelling zijn er conversietabellen nodig, dit wordt hier niet gebruikt, de PLC wordt op de eerste manier ingesteld.

Opgelet het nodenummer moet hexadecimaal ingesteld worden op de PLC, dit is dus niet hetzelfde als decimaal.

Bv.: IP adres 192.168.0.52 → nodenummer decimaal wordt dan 52 → hexadecimaal 34.

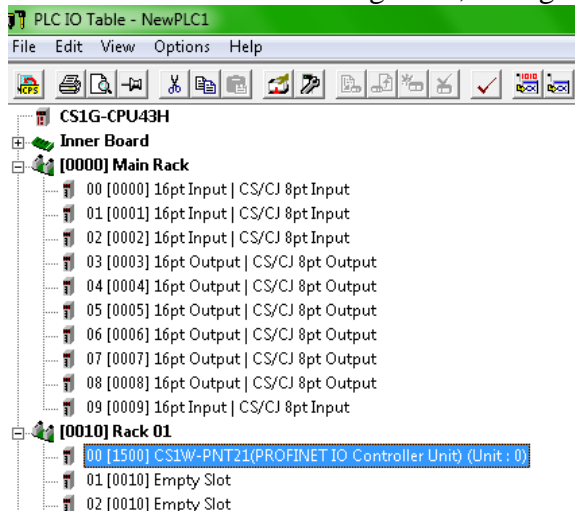
De schakelaar $x16^1$ wordt dan 3 en schakelaar $x16^0$ wordt 4. [1]



Figuur 22: Instelling nodenummers [1]

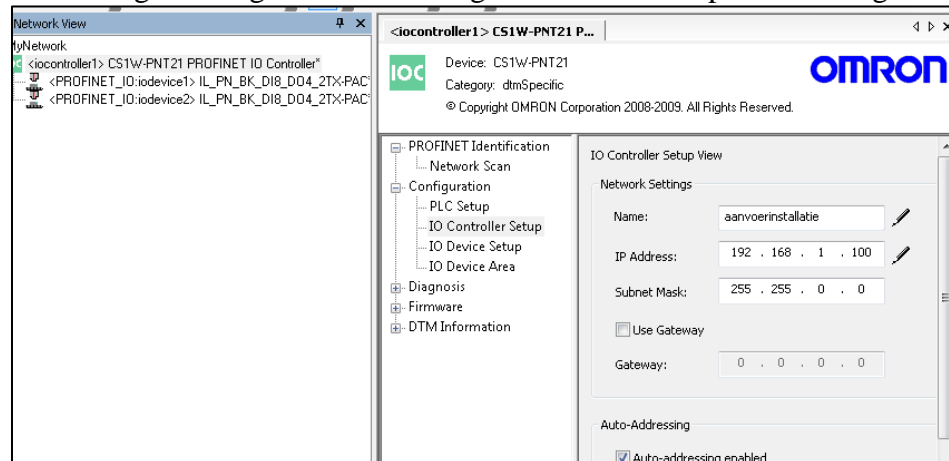
10.3.3 Configuratie CS1W-PNT21

In het programma van de aanvoerinstallatie moet in de IO-table deze kaart worden toegevoegd en vervolgens worden gedownload naar de PLC. De IO-table kan worden gezien als een soort hardware configuratie, zie figuur 23.



Figuur 23: IO-Table

Nadien moet de volledige netwerkconfiguratie worden ingesteld met behulp van CX-Configurator. Als eerste moet de CS1W-PNT21 kaart worden toegevoegd. Ten tweede wordt de PLC setup en het IP-adres ingesteld. Als derde worden de slaves aan het netwerk toegevoegd. Hierna kan hun IP-adres worden ingesteld of kunnen deze rechtstreeks worden toegevoegd door een netwerkscan uit te voeren en deze vervolgens toe te voegen aan het project. Ten slotte kan het geheel worden gedownload naar de master. Eventueel kan er nadien nog een diagnose worden uitgevoerd met behulp van het diagnose-menu.



Figuur 24: CX-Configurator

10.4 Configuratie PROFIBUS

Deze communicatiemodule die zich bevindt op de ILC 330PN is slave en wordt verbonden met de Siemens die als master wordt ingesteld. Voor deze configuratie moet er gekozen worden hoeveel woorden data er wordt uitgewisseld alsook de snelheid hiervan. Er is hier gekozen voor 48 woorden, dit moet ingesteld worden met behulp van de dipswitches op de zijkant van de module. Met deze switches wordt ook bepaald of de module gebruikt wordt als Master of als Slave. Verder moet ook de snelheid, het formaat en de opstartmethode worden ingesteld. Onderstaande tabel geeft weer hoe de switches ingesteld zijn.

Tabel 8: Switch toestanden

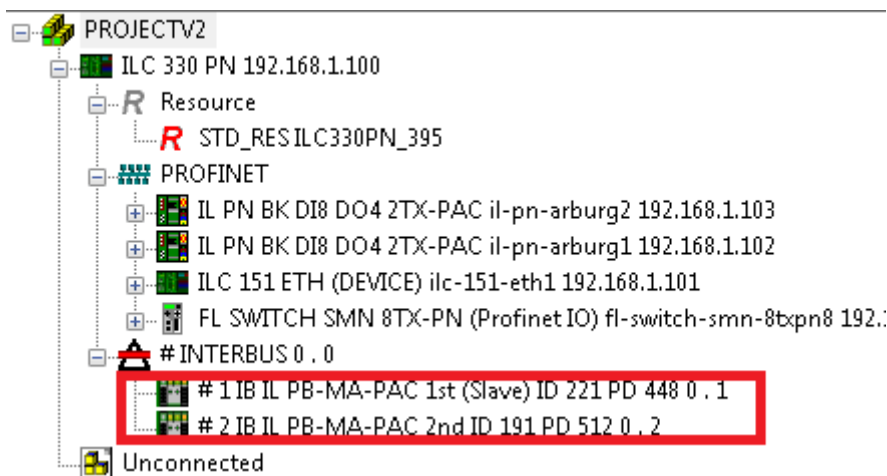
Switch	ON/OFF	ON-toestand	OFF-toestand
1	ON	DP-slave	DP-master
2	OFF	Manuele opstart	Automatische opstart
3	OFF	Gereserveerd	Gereserveerd
4	OFF	Gereserveerd	Gereserveerd
5	OFF	Motorola formaat	Intel formaat
6	OFF	Configuratie aantal woorden	Configuratie aantal woorden
7	ON	Configuratie aantal woorden	Configuratie aantal woorden
8	OFF	Configuratie aantal woorden	Configuratie aantal woorden
9	OFF	Configuratie aantal woorden	Configuratie aantal woorden
10	OFF	2 Mbaud snelheid	500 Kbaud snelheid

Naast het instellen van deze schakelaars moet er ook in de hardware configuratie gekozen worden voor de juiste toestellen zowel in PC Worx als in step7, in figuur 23 is de hardware configuratie te vinden in PC Worx De slave-module wordt samengesteld uit twee verschillende delen, de keuze hiervan bepaald het aantal woorden dat wordt uitgewisseld. Dit moet hetzelfde zijn als bij de instelling van de switches. In tabel 9 wordt weergegeven welke combinaties er mogelijk zijn.

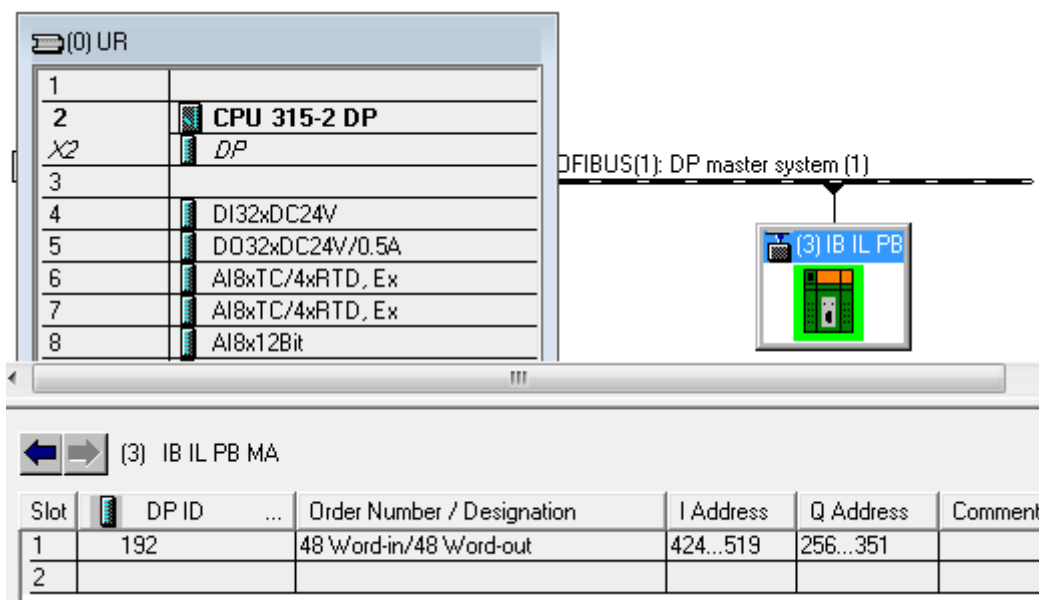
Vervolgens moet de GSD-file van de slave worden geïnstalleerd in Step7. Nadien moet deze slave aan de hardware-configuratie worden toegevoegd en moeten ook hier weer de juiste modules worden gekozen voor een juist aantal woorden aan data te verkrijgen, dit is te zien in figuur 24. Vervolgens moet aan elke deelnemer een uniek PROFIBUS-adres worden toegekend, de Master krijgt hier adres twee en de slave drie. Ten slotte moet de configuratie gecompileerd en gedownload worden. De data kan hierna naar de slave worden geschreven door de uitgangen te gebruiken die zijn toegewezen.

Tabel 9: Hardware instellingen Profibus [17]

PD-Words	Bits	Description file
8	128	SUPI1: IB IL PB-MA-PAC 1 st (Master) ID 221 PD 192 SUPI2: IB IL PB-MA-PAC 2 nd ID 191 PD 128
16	256	SUPI1: IB IL PB-MA-PAC 1 st (Master) ID 221 PD 192 SUPI2: IB IL PB-MA-PAC 2 nd ID 191 PD 256
24	384	SUPI1: IB IL PB-MA-PAC 1 st (Master) ID 221 PD 192 SUPI2: IB IL PB-MA-PAC 2 nd ID 191 PD 384
32	512	SUPI1: IB IL PB-MA-PAC 1 st (Master) ID 221 PD 192 SUPI2: IB IL PB-MA-PAC 2 nd ID 191 PD 512
48	768	SUPI1: IB IL PB-MA-PAC 1 st (Master) ID 221 PD 448 SUPI2: IB IL PB-MA-PAC 2 nd ID 191 PD 512
56	896	SUPI1: IB IL PB-MA-PAC 1 st (Master) ID 221 PD 448 W 56 SUPI2: IB IL PB-MA-PAC 2 nd ID 191 PD 512



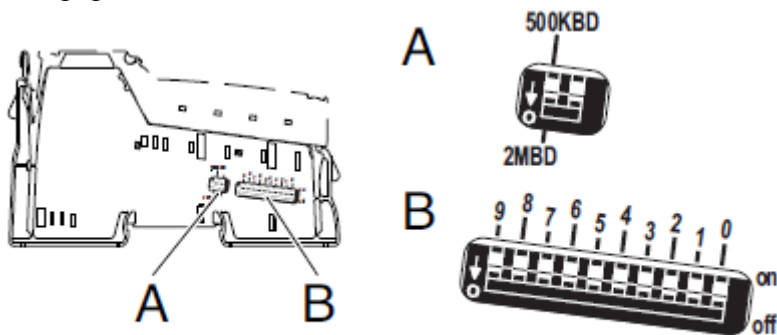
Figuur 25: Slave configuratie PC Worx



Figuur 26: Slave configuratie Step7

10.5 Configuratie SafetyBridge module

Bij de configuratie van de SafetyBridge modules moet als eerste de dipswitches worden ingesteld, zowel bij de master als bij de slave. De snelheid wordt ingesteld op 500 Kbaud en moet zowel overal hetzelfde worden ingesteld. De volgende instelling is het eilandnummer van de master. Dit is te configureren via schakelaars 5-9 en moet hexadecimaal worden ingesteld. De slaves die bij deze master horen krijgen hetzelfde nummer. Schakelaars 0-4 stellen het satellietnummer voor en moeten op de master op OFF staan. Bij de slaves wordt dit bepaald door de plaats waarop deze staan. Zo krijgt slave één op positie één nummer één en zo verder, deze adressen moeten hexadecimaal worden ingesteld. In onderstaande figuur worden de schakelaars weergegeven en in de tabel staat een voorbeeld van de instellingen weergegeven.



- A Switch for setting the transmission speed
- B Switch for setting the address (island number)

Figuur 27: Dipswitches [15]

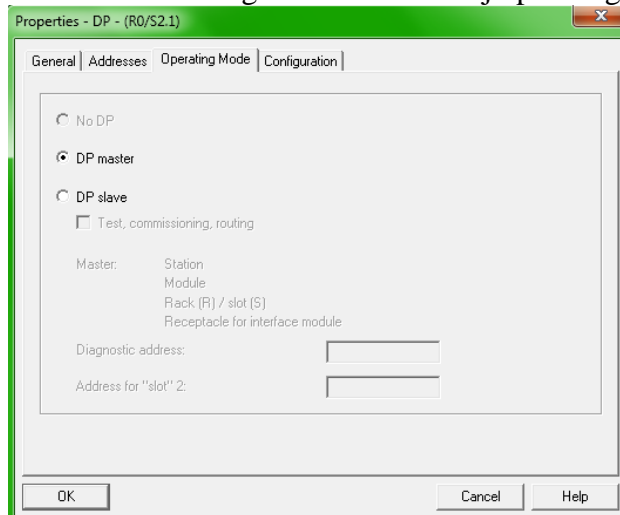
Tabel 10: Instelling switches [15]

	Island number					Satellite number					SafetyBridge address
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
IB IL 24 LPSDO 8 V3-PAC	$4_{dec} (4_{hex})$					$0_{dec} (0_{hex})$					$128_{dec} (80_{hex})$
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
IB IL 24 PSDOR 4-PAC Position 1	$4_{dec} (4_{hex})$					$1_{dec} (1_{hex})$					$129_{dec} (81_{hex})$
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
IB IL 24 PSDI ... -PAC Position 2	$4_{dec} (4_{hex})$					$2_{dec} (2_{hex})$					$130_{dec} (82_{hex})$
	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
IB IL 24 PSDO 4/4-PAC Position 3	$4_{dec} (4_{hex})$					$3_{dec} (3_{hex})$					$131_{dec} (83_{hex})$
	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
IB IL 24 PSDO 8-PAC Position 4	$4_{dec} (4_{hex})$					$4_{dec} (4_{hex})$					$132_{dec} (84_{hex})$
	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
IB IL 24 PSDI ... -PAC Position 5	$4_{dec} (4_{hex})$					$5_{dec} (5_{hex})$					$133_{dec} (85_{hex})$
	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	

10.6 Hardware configuratie en programma van Siemens

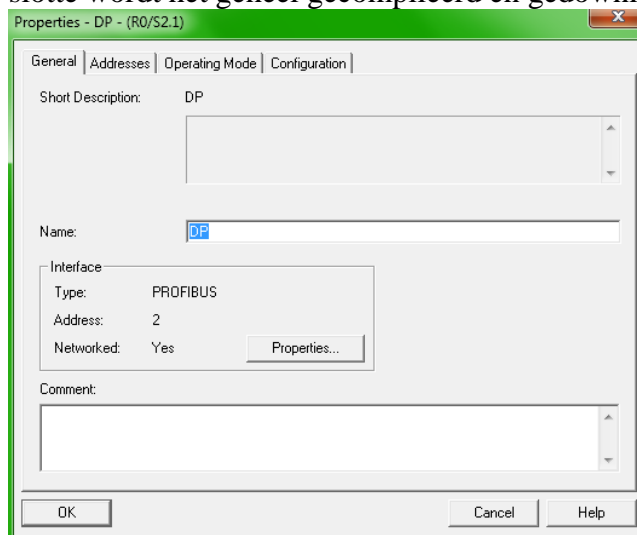
Hardware configuratie

Omdat er in de PLC van de drooginstallatie nog geen PROFIBUS netwerk was geconfigureerd, moet de hardware configuratie worden aangepast. De Siemens PLC zal nu als master worden ingesteld van een PROFIBUS netwerk. Dit moet worden ingesteld in de hardware-instellingen van de CPU bij operating mode, zie figuur 26.

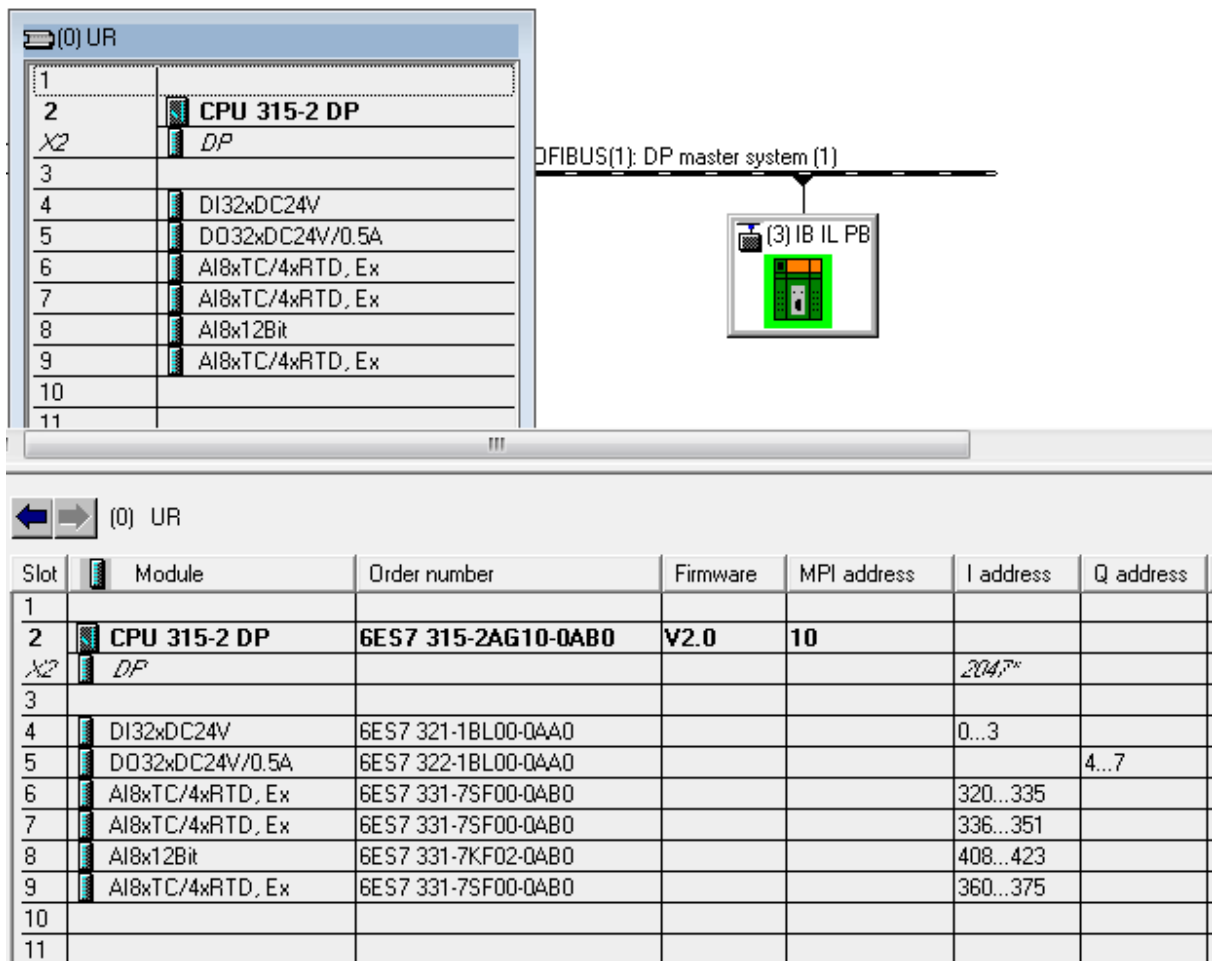


Figuur 28: Instellen master

Vervolgens moet ook het PROFIBUS-adres worden ingesteld, hier twee zoals te zien is in figuur 27. Hierna wordt een PROFIBUS-netwerk gemaakt in de configuratie. Vervolgens moet de GSD-file van de slave worden geïnstalleerd en wordt deze slave gekoppeld aan het netwerk, zie figuur 28. Vervolgens moet de slave nog worden samengesteld uit modules. Ten slotte wordt het geheel gecompileerd en gedownload naar de PLC.



Figuur 29: PROFIBUS-adres

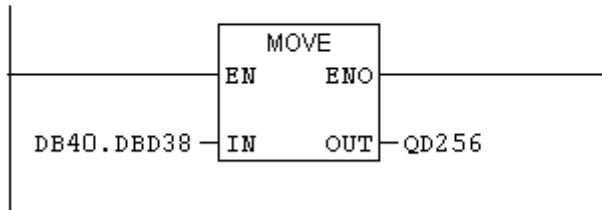


Figuur 30: Hardware Siemens

Programma

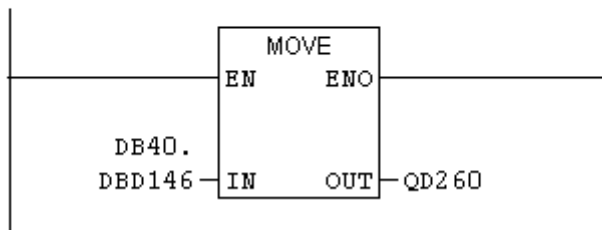
Omdat er nu een PROFIBUS-netwerk toegevoegd is, wordt ook OB 87 ingevoegd, deze zal ervoor zorgen dat wanneer de master of een slave offline is, de PLC niet in fout toestand gaat. Vervolgens wordt een nieuwe FC aangemaakt waarin de data via “move functies” naar de slave zal worden gekopieerd zoals te zien is in figuur 29. Deze FC moet worden opgeroepen in bijvoorbeeld OB1.

Comment:



Network 2 : Title:

Comment:



Figuur 31: Move functie

10.7 Visualisatie

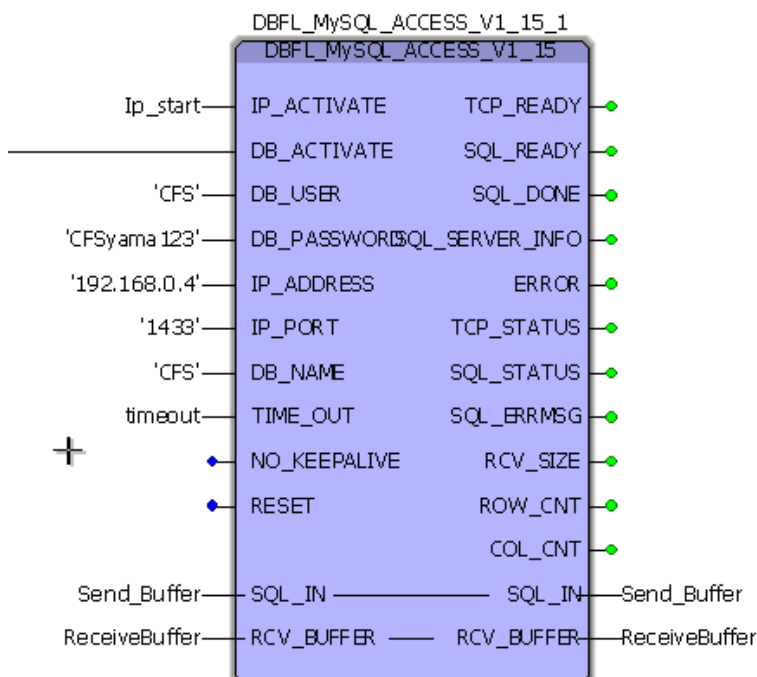
De visualisatie is volledig geprogrammeerd met WebVisit. Dit is een softwarepakket van Phoenix Contact en zet het geprogrammeerde programma om in een webpagina. Deze webpagina kan vervolgens worden geraadpleegd via een standaard webbrowser. De webpagina bevindt zich op de PLC en kan dus worden geraadpleegd door het IP-adres van de controller in de browserbalk in te geven. Bv. <http://192.168.1.100>

10.8 Datalogging

Het loggen van de data verloopt via de ILC 330PN. Deze zal de data wegschrijven in de database op de server. Hiervoor gebruikt de controller functiebouwstenen zoals te zien in figuur 31. Via deze bouwstenen wordt er connectie gemaakt, een dataset aangemaakt, data geconverteerd, data weggeschreven en ten slotte wordt de connectie terug afgesloten. Voor de connectie zijn de volgende gegevens nodig: IP-adres van de server, IP-poort, DB-naam, gebruikersnaam en wachtwoord. Met deze gegevens kan de functiebouwsteen uit figuur 30 een connectie maken.

Omdat er met een SQL-database wordt gewerkt moet er wel gebruik gemaakt worden van SQL-commando's voor het wegschrijven van data en het aanmaken van tabellen. Een aantal voorbeelden van deze commando's zijn bv.:

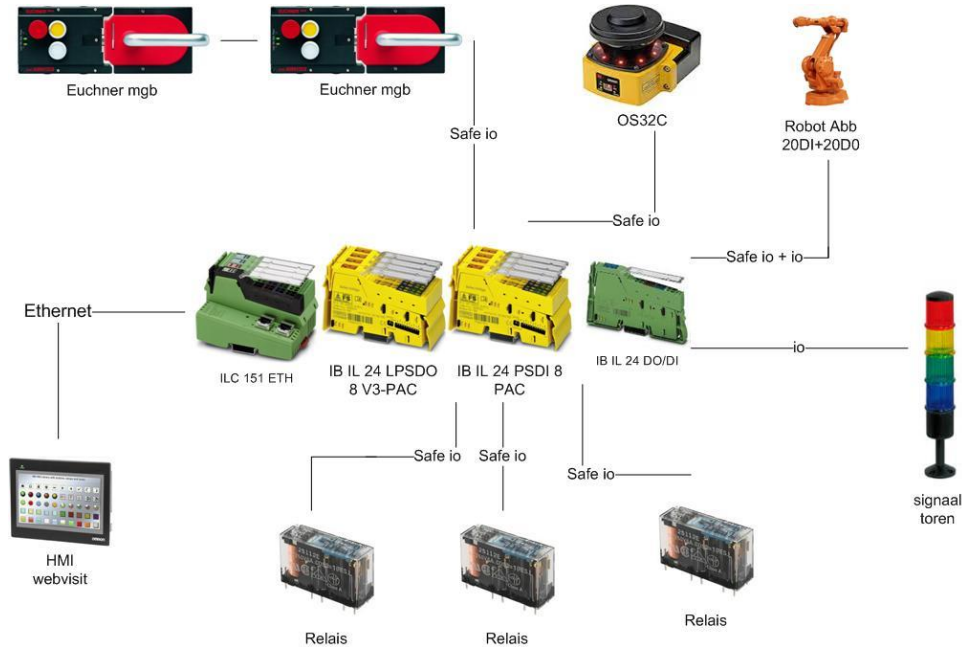
- aanmaken van tabel: `CREATE TABLE tabel1 (ID int, Check bool);`
- wegschrijven data: `INSERT INTO tabel1 VALUES (25, true);`



Figuur 32: SQL-functiebouwsteen

10.9 Robotcel opbouw

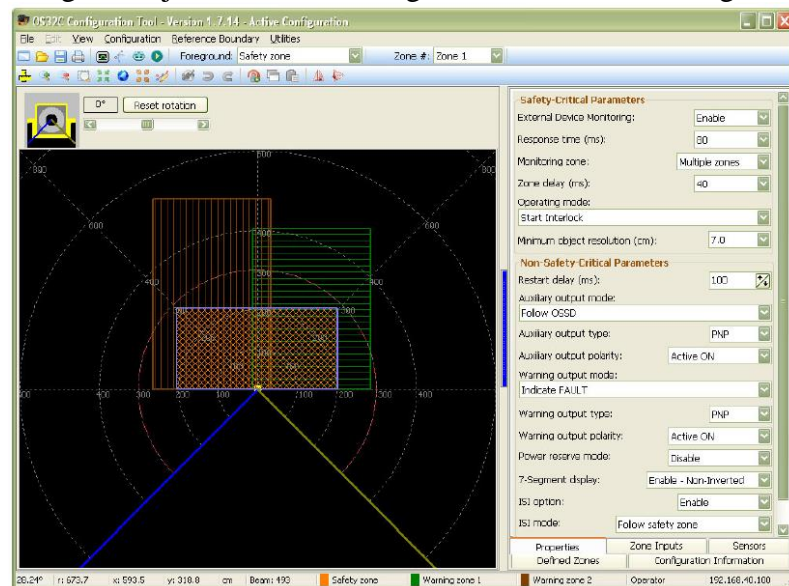
De robotcel is opgebouwd zoals te zien is in onderstaand schema. Noodstoppen en resetknoppen zijn geïntegreerd in de deurvergrendeling verder is alles opgebouwd binnen een veiligheidshek en zijn de elektrische componenten ondergebracht in een elektrische kast.



Figuur 33: Robotcel opbouw

10.9.1 Programmatie laserscanner

Vermits de laserscanner bepaalde gebieden bewaakt, moeten deze zones ook aangeleerd worden. Dit gebeurt met de meegeleverde software. Hiermee worden alle parameters en uitgangen geconfigureerd alsook de verschillende zones. De zones waarin de pallet en de robot staan zijn vaste obstakels, deze moeten worden aangeleerd anders zal de scanner een noodstop uitvoeren, wat niet de bedoeling is. De rest van de omgeving binnen het hek is wel een gevaarlijke zone, zoals aangeven in onderstaande figuur.



Figuur 34: OS32C programmatie

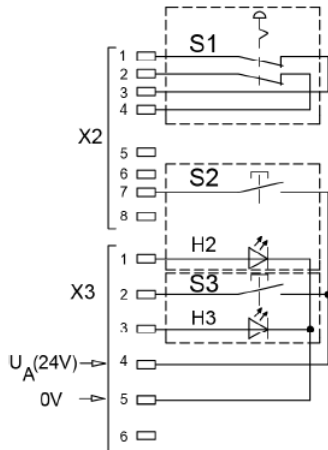
10.9.2 Aansluitingen deurvergrendeling

De vergrendelingen worden aan- en uitgestuurd met behulp van een signaal vanuit de safety-modules. Verder bevatten de vergrendelingen twee drukknoppen, twee signaallampen en een noodstop. Deze moeten elk worden aangesloten op de PLC zodat ze in het programma kunnen worden gebruikt.

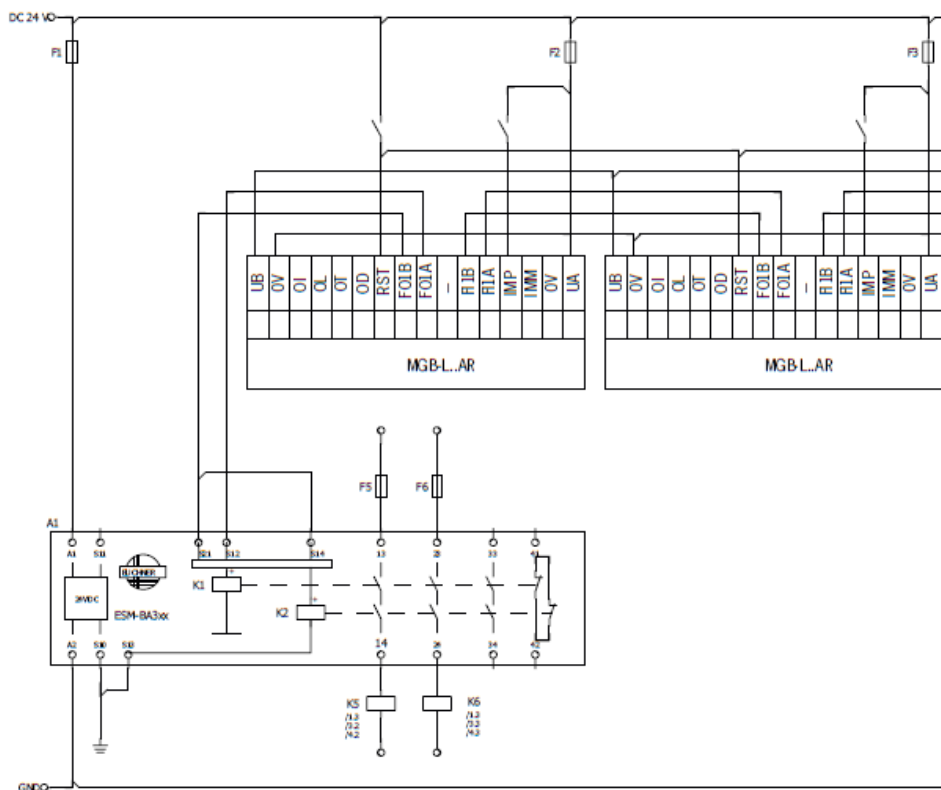
De knoppen zullen worden gebruikt als reset- en vergrendelingsknop. De signaallampen geven de toestand van de vergrendeling weer.

Ten slotte worden beide modules met elkaar gekoppeld via de safety in- en uitgangen. Deze uitgangen worden ook gekoppeld met safety-module.

Figuur 33 en 34 geven de elektrische schema's van de modules weer.



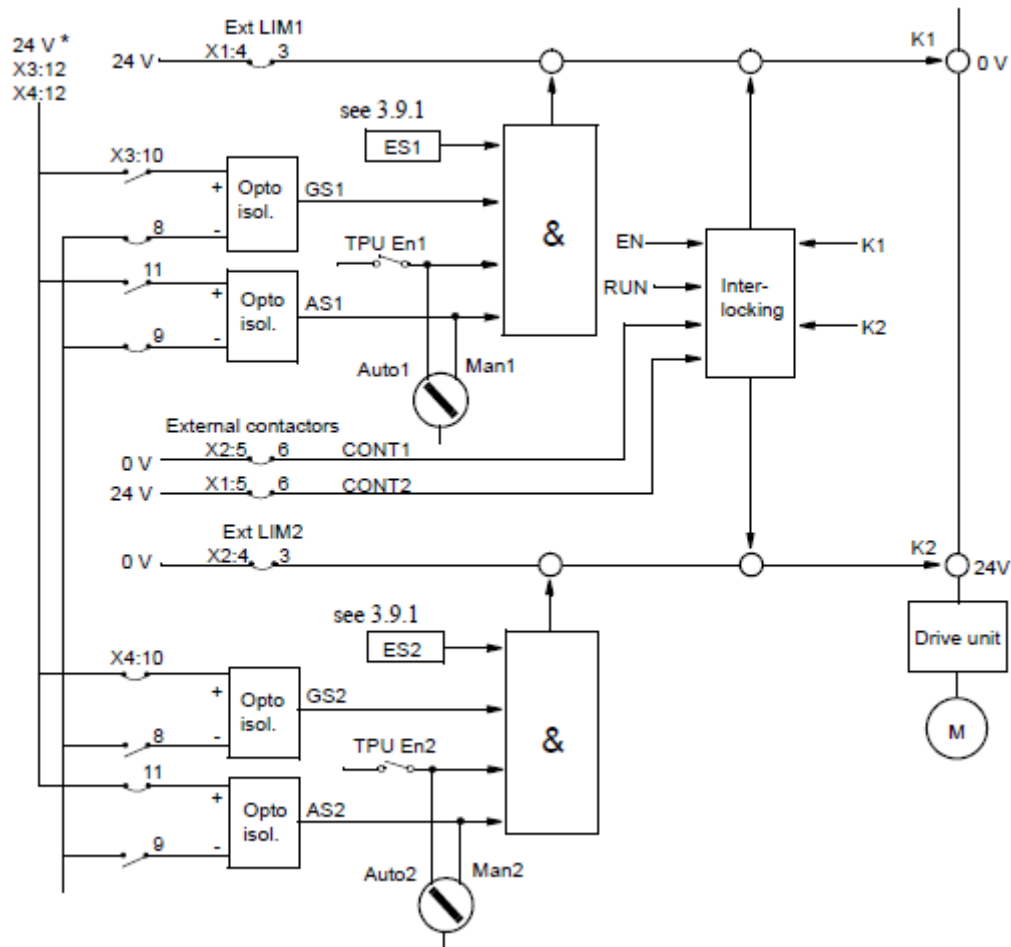
Figuur 35: Aansluiting knoppen deurvergrendeling [12]



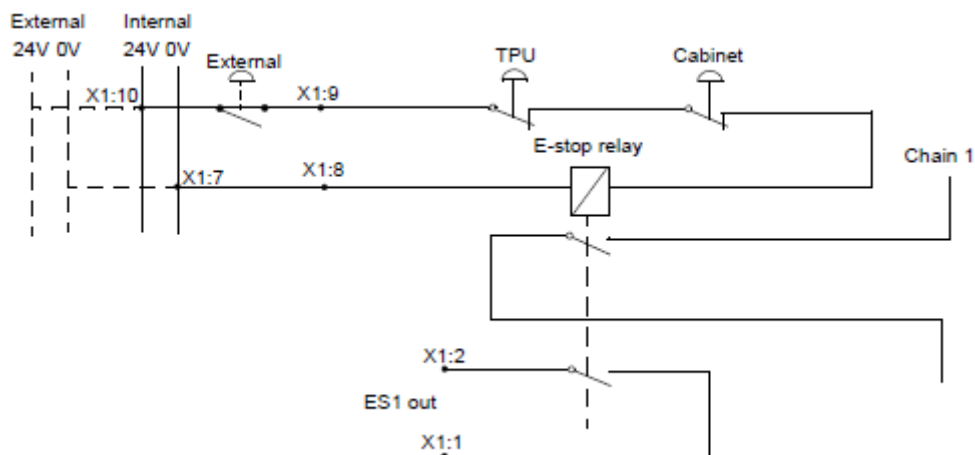
Figuur 36: Veiligheidscircuit Euchner [12]

10.9.3 Veiligheidscircuit robot

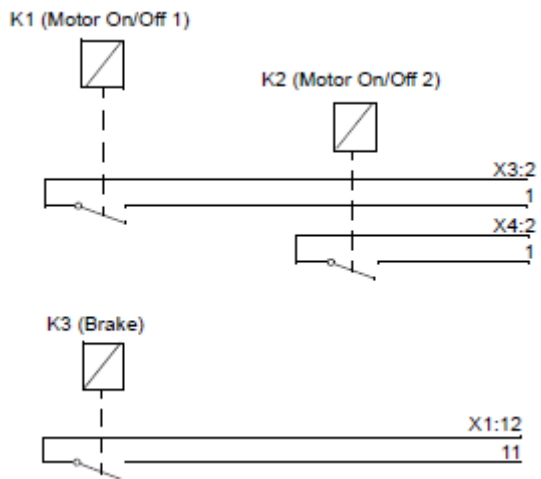
De robot heeft inwendig zelf ook een veiligheidskring zie figuur 35-37. Deze moet onderbroken worden door het uitwendig circuit. Hiervoor zijn er aansluitklemmen voorzien die het inwendigcircuit naar buiten brengen.



Figuur 37: Complete veiligheidskring robot [16]



Figuur 38: Noodstopkring robot [16]



Figuur 39: Motorkring robot [16]

10.9.4 Programmatie robot

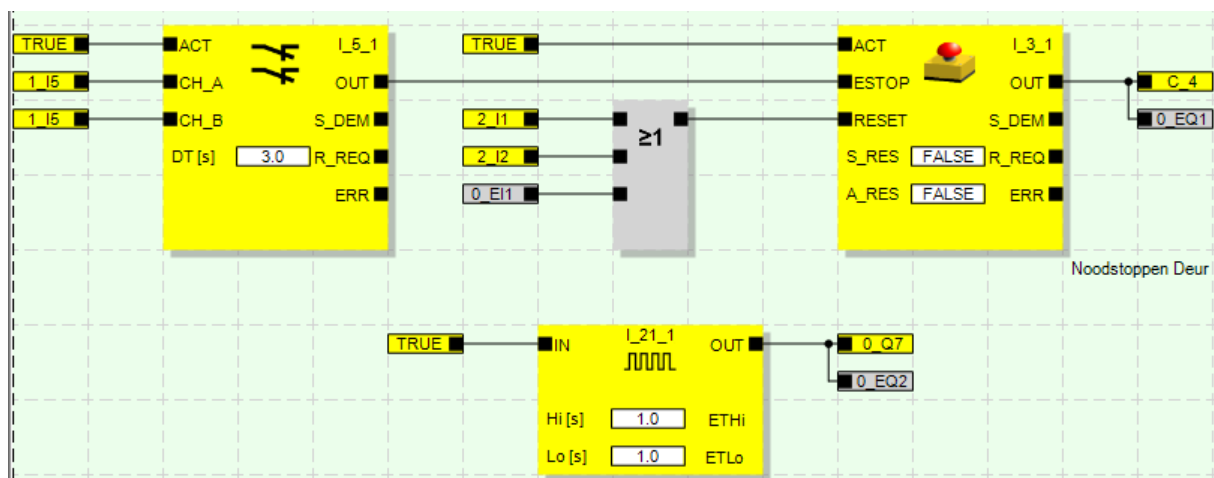
De robot wordt gestuurd door een externe PLC welke ook de SafetyBridge modules bevat. Waardoor de programmakeuze tussen de verschillende sub-programma's via deze PLC moet gebeuren. Hiervoor is er een extra panel-pc voorzien die de webpagina van deze PLC weergeeft. Deze webpagina visualiseert de programmakeuze en alarmmeldingen van de robot.

De verschillende sub-programma's van de robot worden aangestuurd door gebruik te maken van zijn IO's. Deze IO's worden aangestuurd door de PLC en zorgen ervoor dat het juiste programma wordt uitgevoerd. Anderzijds zal de robot ook uitgangen aansturen zodat de PLC weet in waar de robot zich ergens in het programma bevindt.

De robotprogramma's zullen er dus voor zorgen dat de robot zakken van de pallet neemt en dit met behulp van een vacuüm. Daarna zal hij de zak opensnijden en weggooien. Uiteraard mag tijdens de robotwerking niemand in de cel aanwezig zijn. Hiervoor zorgt de veiligheidsmodule en het safety-programma die de robot en de cel controleren. Alle veiligheidscomponenten zijn aangesloten via safe-IO's aan de SafetyBridge-modules.

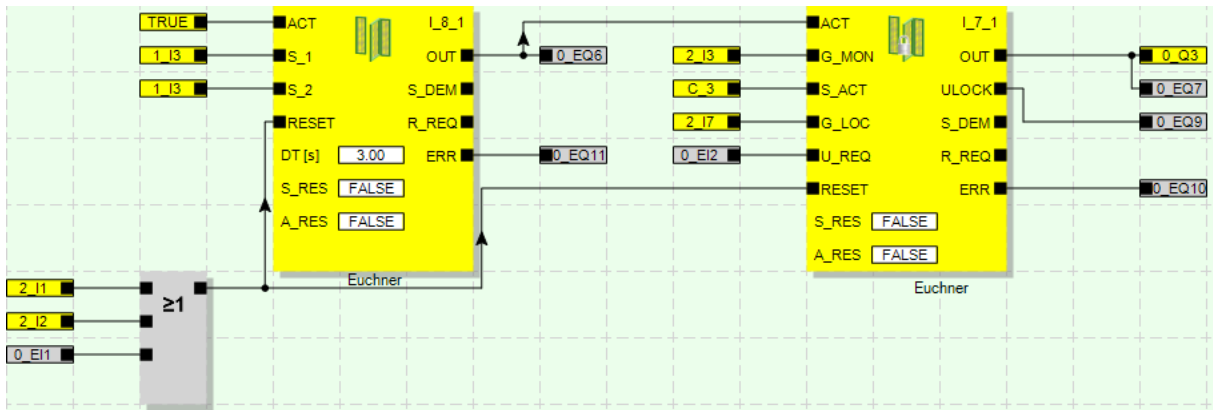
10.9.5 Safety programma

Het programma voor de SafetyBridge modules wordt geschreven met SafeConfig 2.8. In figuur 38 is afgebeeld hoe de noodstop geconfigureerd is in het programma. De twee uitgangen van de noodstop worden gemonitord via een dubbel kanaal terwijl de twee ingangen aangesloten worden op de geconfigureerde pulsuitgangen.



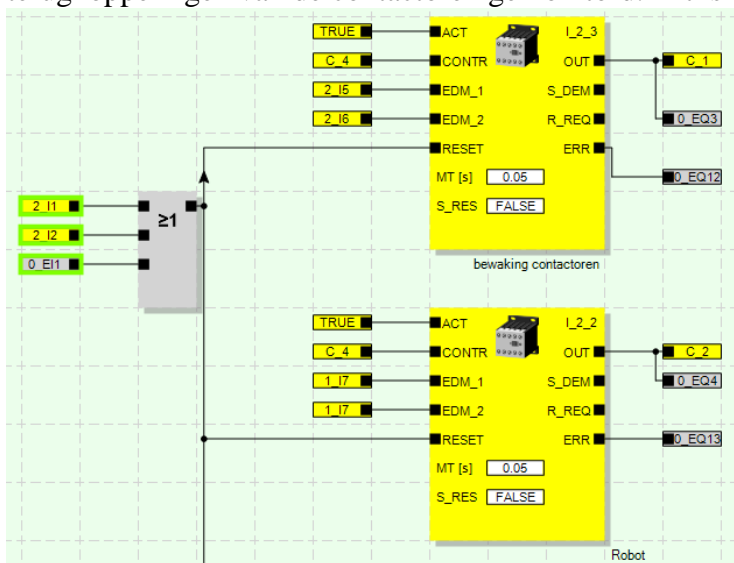
Figuur 40: Noodstop in safety programma

Figuur 39 geeft de functieblokken van de deurvergrendeling weer. Op de eerste blok worden de safety uitgangen aangesloten en zal deze dus controleren. De tweede blok controleert of de deur gesloten is, de toestand binnen de cel en bevestigt of de cel ontgrendeld mag worden of niet.



Figuur 41: Deurvergrendeling

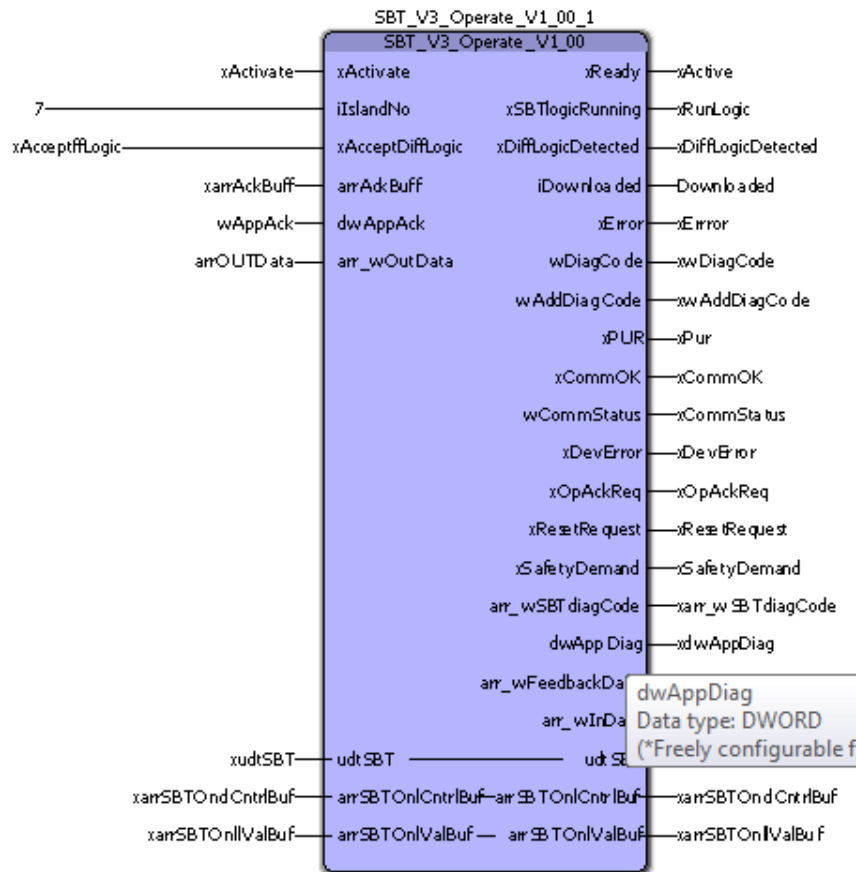
Verder worden in het programma de veiligheidsuitgangen van de scanner, de robot en de terugkoppelingen van de contactoren gemonitord. Dit is deels te zien in figuur 40.



Figuur 42: Safety uitgangen robot

Het veiligheidsprogramma wordt nadien gecompileerd en toegevoegd aan het PLC-programma. De oproep van het programma wordt verwerkt via functieblokken zoals in figuur 41. Op deze blokken moeten dan enkel enkele parameters worden ingevuld. De bouwsteen uit figuur 42 wordt gebruikt voor het downloaden van het safety-programma. Wanneer er in het PLC-programma een nieuw safety-programma wordt ingeladen zal dit verschillend zijn met dat wat in de PLC zit. De uitgang XDiffLogicDetected wordt dan hoog. Vervolgens moet de ingang XAcceptlogic hoog worden gemaakt om te bevestigen dat het nieuwe programma gedownload mag worden. Deze download kan worden opgevolgd via de uitgang downloaded.

De safety in- en uitgangen die worden aangesloten via safe-IO op de veiligheidsmodule kunnen in het PLC-programma niet verder worden gebruikt. Wel kunnen niet safety in- en uitgangen worden toegevoegd aan het veiligheidsprogramma via bepaalde functiebouwstenen.



Figuur 43: Functiebouwsteen oproep

11. Besluit

Het communicatienetwerk dat opgezet is, is een industrieel-ethernetnetwerk met PROFINET als protocol. Dit netwerk verzorgt de communicatie tussen de verschillende productiestadia. Om alle PLC's van de verschillende stadia te kunnen koppelen zijn er communicatiekaarten geïmplementeerd.

De PLC van de centrale-aanvoer was niet in het bezit van een communicatiekaart. Hiervoor is er een CS1W-PNT21 kaart geïmplementeerd, die PROFINET ondersteund. Hierdoor is deze PLC nu master van het PROFINET-netwerk. Maar in dit project is het niet gelukt om het geheel te configureren. De slaves geven aan dat er een busfout aanwezig is terwijl de master dit niet geeft. Na een diagnose geeft het systeem weer dat de configuratie correct is en dat de master geen problemen weergeeft. Om dit probleem toch te kunnen oplossen is er contact opgenomen met Omron support, maar deze hadden niet onmiddellijk een oplossing. Zij gaan dit nu verder onderzoeken. Als tijdelijke oplossing is de ILC 330PN ingesteld als master van het PROFINET netwerk zodat de visualisatie en het loggen toch kan plaats vinden.

De spuitgietmachines worden aan het netwerk gekoppeld met behulp van PROFINET-kopstations. Deze stations zorgen ervoor met behulp van IO's dat de statussen van de machines beschikbaar zijn als data op het netwerk.

De drooginstallatie wordt aan netwerk gekoppeld met behulp van PROFIBUS. De reden hiervan is dat deze PLC al in het bezit was van een PROFIBUS-communicatiekaart. Deze kaart maakt geen gebruik van Ethernet maar van RS485-hardware. Hiervoor moet er op de ILC 330PN ook een communicatiekaart worden voorzien die deze hardware ondersteund. Deze kaart is de IB-IL-PB-MA PAC module van Phoenix Contact en wordt eigenlijk gebruikt als een soort gateway tussen PROFINET en PROFIBUS. De PLC van de drooginstallatie is in dit PROFIBUS-netwerk een CPU 315-2DP Siemens PLC en is master van dit netwerk. Eerst was de ILC 330PN master van het netwerk maar dit bleek wegens onbekende reden niet te lukken. Nadien is de ILC 330PN slave geworden en bleek communicatie geen probleem te zijn.

Voor de visualisatie van het machinepark verzamelt de ILC 330PN eerst alle data van het netwerk. Vervolgens worden deze data gevisualiseerd door gebruik te maken van de webserver van deze PLC. Hierdoor zijn deze data snel te raadplegen door via een webbrowser te surfen naar het IP-adres van deze PLC, hiervoor worden de panel-pc's gebruikt. Ook schrijft deze PLC de alarmtijden en statussen van elke machine weg in een SQL-database dit met behulp van functiebouwstenen. Deze data kunnen dan worden gebruikt door het onderhouds- en managementteam maar is hier verder uitgewerkt.

Parrallel met het implementeren van het netwerk is er ook een robotcel geïmplementeerd. Deze robot voorziet de drooginstallatie van granulaat wat de grondstof is voor het spuitgietproces. Hierdoor zullen de klachten die te maken hebben met ergonomie verminderen. Omdat het toevoegen van grondstof nu automatisch gebeurt in plaats van manueel. Omdat deze robot ook de nodige gevaren met zich kan meebrengen is er een bij het ontworpen een risicoanalyse uitgevoerd. Met de resultaten van deze analyse is de cel ontworpen zodat de veiligheid gegarandeerd kan worden. In deze cel zijn er een laserscanner, deurvergrendelingen, noodstoppen, en een veiligheidscontroller voorzien. Deze controller is ook aangesloten op het netwerk zodat de data ook gevisualiseerd kan worden. De controle van de robot wordt voorzien door een extra panel-pc die de webpagina van de PLC weergeeft. Hierdoor is programma keuze eenvoudig en kunnen alarmmeldingen worden weergegeven.

In de toekomst zullen nog meer machines aan het netwerk worden aangesloten, zoals de visiesystemen van de kwaliteitscontrole. Ook zal de database uitgebreid worden en zal er meer data in worden bewaard. Eventueel zijn de database en de visualisatie te koppelen via de website zodat deze ook extern te raadplegen zijn. Dit laatste wel met de nodige paswoorden.

Literatuurlijst

- [1] Omron Electronics. (2004). *Snelle start instructie Pc-PLC Ethernet configureren*. Hoofddorp: Omron Electronics
- [2] Floré, T. (2008). *Basiscursus functionele veiligheid*. Sint-Denijs-Westrem: Pilz Belgium
- [3] Van Gompel, B. (2008). *De normen theoretisch en toegepast op een rondhoekmachine bij Cartamundi Turnhout NV*. Ongepubliceerd eindwerk, Katholieke Hogeschool Kempen, Departement Geel.
- [4] Van Den Berg, P. (6 april 2012). *PROFINET*. Geraadpleegd op 31 maart 2015, <http://wiki.edu-lab.nl/PROFINET.ashx?HL=PROFINET>
- [5] HMS Industrial Networks, (2014). *Anybus Gateway Solutions*. Geraadpleegd op 12 november 2014, <http://www.anybus.com/products/gatewayindex.shtml>
- [6] EtherCat Technology Group. (februari 2014). *Industrial Ethernet Technologies*. Geraadpleegd op 19 november 2014, http://www.ethercat.org/download/documents/Industrial_Ethernet_Technologies.pdf
- [7] Hulsebos, R. (2004). *Industrial ethernet*. Nuenen: Phoenix Contact.
- [8] Hulsebos, R. (2012). *Beckhoff Applicaties*. Geraadpleegd op 2 april 2015, <http://www.beckhoff.nl/beckhoff.nl/dutch/applicat/ketels.htm>
- [9] Phoenix Contact GmbH & Co. KG. (2015). *Catalogus*. Geraadpleegd op 2 mei 2015, https://www.phoenixcontact.com/online/portal/be?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/benl/web/main/products/entry_page/entry_page
- [10] ABB Robotics Product AB (2015). *Producten*. Geraadpleegd op 2 mei 2015, <http://new.abb.com/products/robotics>
- [11] Omron Electronics. (2015). *Producten*. Geraadpleegd op 2 mei 2015, <http://industrial.omron.be/nl/products/catalogue/safety/default.html>
- [12] Euchner GmbH. (2012). *MGB: help for setup and service*. Leinfelden-Echterdingen: Euchner GmbH + Co. KG.
- [13] Siemens AG. (Mei 2010). Configuration of an S7-300 CPU as DP Slave to a CP 345-5 as DP-Master. Jette: Siemens AG.
- [14] Omron Electronics. (2004). *CSIW-PNT21 PROFINET IO: Controller unit Operation Manual*. Hoofddorp: Omron Electronics
- [15] Phoenix Contact GmbH & Co. KG. (2015). User Manuel: UM EN IB IL 24 LPSDO 8 V3-PAC. Zaventem: Phoenix Contact GmbH & Co. KG.
- [16] ABB Robotics Products AB. (2004). *Product Manual IRB 6400*. Västerås: ABB Robotics Products AB

[17] Phoenix Contact GmbH & Co. KG. (juni 2008). *User Manual UM EN DBFL FB*.
Zaventem: Phoenix Contact GmbH & Co. KG.

[18] Euchner GmbH. (2012). *Data sheet: MGB-ARA-AM3A1.M*. Leinfelden-Echterdingen:
Euchner GmbH + Co. KG.

[19] Omron Electronics. (2012). *Handboek machineveiligheid*.
Hoofddorp: Omron Electronics

Bijlagen (Zie Cd-rom)

- Elektrische schema's van robotstuurkast in Eplan
- Veiligheidsanalyse van robotcel in SYSTEMA

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Visualisatie van machinepark + implementatie van een communicatienetwerk en een robotcel

Richting: **master in de industriële wetenschappen: energie-automatisering**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Alenteys, Jens

Datum: **29/05/2015**