

Woord vooraf

In het kader van de vierjarige opleiding tot Master in de industriële wetenschappen Elektromechanica hebben wij, Olivier Messiaen en Michiel Thijs, gewerkt aan twee projecten binnen het bedrijf Ridley. Voor de verwezenlijking van deze projecten hebben we gebruik gemaakt van de kennis die we hebben opgedaan in onze opleiding. Zo hebben we onze ontwerptechnische en elektrische ervaring en kennis van plc-programmatie toegepast om deze projecten uit te voeren.

Het werken aan deze masterproef was geen gemakkelijke opdracht. Maar door onze positieve ingesteldheid hebben we altijd onvoorziene problemen zo goed mogelijk kunnen oplossen. Het was een opdracht van 10 maanden waarin we zoveel mogelijk van onze academische kennis hebben toegepast.

Langs deze weg willen we een dankwoordje uitbrengen naar de mensen die ons geholpen hebben. Op de eerste plaats willen we al onze promotoren bedanken. Dhrn. Gert Vanhees, Danny Ceunen, Jan Nollé en Frank Iliaens stonden ons altijd bij in ons project. Daarnaast willen we eveneens Eric Claesen bedanken. Hij heeft ons vooral geholpen met het elektrisch gedeelte van onze masterproef. Ook willen we speciale dank uitbrengen naar Eric Dirkx. Hij heeft alle maakstukken gemaakt voor de *cable cutter* en de *painting jig*. Hij heeft er altijd voor gezorgd dat deze stukken tijdig klaar waren, waardoor wij snel te werk konden gaan. Waarvoor onze dank. Verder willen we ook alle medewerkers van Ridley bedanken. Zo hielpen Toon Wils en Bruno De Naeyer ons als we vragen hadden. Tevens stonden de mensen van customer services ons bij waar ze konden. Kortom, we hebben deze masterproef in een aangename sfeer kunnen afwerken.

We wensen u veel leesplezier met deze scriptie.

Olivier Messiaen en Michiel Thijs

Diepenbeek, juni 2016.

Handtekening Olivier Messiaen

Handtekening Michiel Thijs

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Inhoudsopgave	3
Tabellenlijst	7
Figurenlijst.....	9
Abstract.....	13
Summary.....	15
1 Inleiding.....	17
1.1 Cable cutter	17
1.1.1 Situering	17
1.1.2 Probleemstelling.....	21
1.1.3 Doelstelling.....	21
1.1.4 Materiaal en methode.....	22
1.2 Painting jig.....	23
1.2.1 Situering	23
1.2.2 Probleemstelling.....	24
1.2.3 Doelstelling.....	24
1.2.4 Materiaal en methode.....	26
1.3 Vooruitblik	26
2 Elektrisch gedeelte.....	27
2.1 Problemen.....	27
2.2 Nieuw schema	27
2.3 Componenten.....	27
2.3.1 Beveiligingen	27
2.3.2 Plc.....	29
2.3.3 Stappenmotoren.....	29
2.3.4 Sensoren	30
2.3.5 Pneumatische cilinders	30
2.4 Bedrading	30
3 Plc.....	33
3.1 Problemen.....	33
3.2 Opbouw plc-programma	36
3.2.1 De plc.....	36
3.2.2 Configureren stappenmotoren.....	37

3.2.3	Plc-programma.....	42
3.3	Command table	43
3.3.1	Voordelen database	43
3.3.2	Definitie database	44
3.3.3	Aanmaken database	47
3.3.4	Plc-programma met Command table.....	48
4	Slijpmotor	49
4.1	Testen originele slijpmotor	49
4.2	Maxon motor.....	51
4.3	Motorklem.....	53
4.4	Trillingsprobleem.....	54
4.5	Geluidsmetingen	61
4.5.1	Enkel slijpmotor	61
4.5.2	Originele opstelling	61
4.5.3	Dikkere plaat	62
4.6	Conclusie trillingsanalyse	62
5	Testen	65
5.1	Testmethode.....	65
5.1.1	Testparameters	68
5.2	Versnellingskabel	68
5.2.1	Gegevensanalyse.....	68
5.2.2	Besluit	76
5.3	Duurtesten.....	77
5.3.1	Schijf van Pferd	77
5.3.2	Schijf van Kreator.....	78
5.3.3	Besluit	79
5.4	Remkabel	79
5.4.1	Gegevensanalyse.....	79
5.4.2	Besluit	81
5.5	Lengte.....	82
5.5.1	Gegevensanalyse.....	82
5.5.2	Besluit	84
5.6	Conclusie	85

6	Conclusies en verder onderzoek	87
6.1	Veiligheidskap	87
6.2	Vergrendelbare veiligheidsschakelaar	87
6.3	Noodstop- en veiligheidsrelais.....	88
6.4	Opbouw machine	88
6.5	Onderzoek remkabel.....	88
7	Painting jig.....	89
7.1	Opdracht specificering	89
7.2	Concepten.....	90
7.2.1	Frame horizontaal leggen	90
7.2.2	Draaistuk.....	91
7.2.3	Gasveer	92
7.3	Evaluatie concepten	92
7.3.1	Eigen opmerkingen.....	92
7.3.2	Opmerking door de werknemers	93
7.4	Eindontwerp	94
8	Besluit.....	95
	Literatuurlijst.....	97
	Bijlagen.....	99

Tabellenlijst

Tabel 1: Vergelijking motoren	50
Tabel 2: Evaluatiesysteem geslepen kabels.....	66
Tabel 3: Verlies aan lengte door slijpen.....	82
Tabel 4: Fout door stappenmotor	83
Tabel 5: Geslepen lengtes na toevoegen overmaat	84
Tabel 6: Klemmenlijst X1	108
Tabel 7: Klemmenlijst X2.....	109
Tabel 8: Klemmenlijst X3.....	110
Tabel 9: Klemmenlijst X4.....	111
Tabel 10: Kabelnummering	112

Figurenlijst

Figuur 1: Fiets met remkabel	18
Figuur 2: Opbouw behuizing remkabel [1]	18
Figuur 3: Opbouw behuizing versnellingskabel [1]	19
Figuur 4: Knippen van de kabel [3]	19
Figuur 5: Opening rond maken [3]	19
Figuur 6: Cable cutter.....	20
Figuur 7: Naderingsschakelaar.....	20
Figuur 8: Slijpmotor met opening tussen buisjes.....	20
Figuur 9: Painting jig.....	23
Figuur 10: Inklemming zijaanzicht	23
Figuur 11: Inklemming achteraanzicht	23
Figuur 12: Rotatie rond trapas.....	24
Figuur 13: Rotatie rond trapas.....	24
Figuur 14: Draaien rond trapas en in hoogte verstelbaar	25
Figuur 15: 360° draaien en platleggen over 90°	25
Figuur 16: Magnetische drempel [4].....	29
Figuur 17: Bedrading vroeger.....	31
Figuur 18: Bedrading vroeger 2.....	31
Figuur 19: Bedrading nu.....	31
Figuur 20: Bedrading nu 2.....	31
Figuur 21: Voorbeeld van een onduidelijk netwerk.....	33
Figuur 22: Ontbreken stopfunctie	34
Figuur 23: Overbodig scherm 1	34
Figuur 24: Overbodig scherm 2.....	35
Figuur 25: Scherm lengte ingeven.....	35
Figuur 26: Scherm aantal ingeven.....	36
Figuur 27: De plc.....	37
Figuur 28: Beschrijving ingangssignalen	37
Figuur 29: Eerste configuratiestap stappenmotor.....	38
Figuur 30: Stroomvoorziening stappenmotor	38
Figuur 31: Pulsen per omwenteling.....	39
Figuur 32: Snelheid en versnelling stappenmotor	40
Figuur 33: Noodversnelling	41
Figuur 34: Uitsturen cilinder, oud programma.....	44
Figuur 35: Uitsturen cilinder, nieuw programma.....	44
Figuur 36: Command table.....	45
Figuur 37: Commando's Command table.....	45
Figuur 38: Database versnellingskabel.....	47
Figuur 39: Oproepen Command table.....	48
Figuur 40: Originele slijpmotor	49
Figuur 41: Motor en drive van Maxon	51
Figuur 42: Testopstelling motor	52

Figuur 43: Motorklem	53
Figuur 44: Motorklem achterkant	53
Figuur 45: Motorklem voorkant	53
Figuur 46: Bevestigingsplaat motor	55
Figuur 47: Resultaten eindige elementen analyse.....	55
Figuur 48: Zichtbaar gemaakte verplaatsingen.....	56
Figuur 49: Toevoegen extra schroef.....	57
Figuur 50: Resultaten 2de analyse.....	57
Figuur 51: Toevoegen extra schroeven horizontaal.....	58
Figuur 52: Resultaten analyse horizontale schroeven.....	58
Figuur 53: Resultaat analyse dikkere plaat.....	59
Figuur 54: Resultaten plaat 5 mm	60
Figuur 55: Geluidmeting slijpmotor	61
Figuur 56: Geluidsmeting originele opstelling.....	62
Figuur 57: Geluidsmeting met dikke plaat	62
Figuur 58: Hoog aantal bramen + slechte snede	67
Figuur 59: Gemiddeld aantal bramen + matige snede	67
Figuur 60: Score van 7 op bramen en snede	67
Figuur 61: Score van 8 op bramen en snede	67
Figuur 62: Score van 9 op bramen en snede	67
Figuur 63: Globale braamvorming.....	69
Figuur 64: Globale snede.....	70
Figuur 65: Pferd afbraamschijf, bramen.....	71
Figuur 66: Pferd afbraamschijf, snede	72
Figuur 67: Pferd slijpschijf, bramen	72
Figuur 68: Pferd slijpschijf, snede	73
Figuur 69: Kreator inox, bramen	74
Figuur 70: Kreator inox, snede	74
Figuur 71: Bosch inox, bramen	75
Figuur 72: Bosch inox, snede.....	75
Figuur 73: Kwaliteit per schijf.....	76
Figuur 74: Verval schijf Pferd	78
Figuur 75: Verval schijf Kreator	78
Figuur 76: Verval van beide schijven.....	79
Figuur 77: Kwaliteit bramen remkabel.....	80
Figuur 78: Kwaliteit sneden remkabel.....	80
Figuur 79: Samenstelling remkabel.....	80
Figuur 80: Verschil tussen geslepen en knipte kabel.....	81
Figuur 81: Slecht geslepen kabel	81
Figuur 82: Hulpstuk.....	89
Figuur 83: Gekanteld frame in hulpstuk.....	89
Figuur 84: Painting jig in zijn originele stand.....	90
Figuur 85: Uitvergroting van twee scharnieren.....	90
Figuur 86: Frame ligt horizontaal.....	91

Figuur 87: Frame 180° gedraaid	91
Figuur 88: Uitvergroting scharnier	91
Figuur 89: Painting jig met draaistuk, stand één	92
Figuur 90: Painting jig met draaistuk stand twee	92
Figuur 91: Voorbeeld sticker	94

Abstract

Ridley-bikes in Beringen heeft twee toestellen die geoptimaliseerd moeten worden. Enerzijds is er de *cable cutter*, een toestel om rem- en versnellingskabels automatisch op lengte te slijpen. Dit toestel is niet operationeel als gevolg van enkele tekortkomingen. Er zijn tekortkomingen op elektrische en softwarematig gebied en is de *cable cutter* niet in staat goede kabels te slijpen. Anderzijds is er de *painting jig*, een statief dat gebruikt wordt voor het bestickeren van frames. Door het statische ontwerp krijgen de werknemers te maken met ergonomische klachten. Deze masterproef focust op het operationeel maken van de *cable cutter* en het moderniseren van de *painting jig*.

Alvorens te testen of de *cable cutter* goede kabels kan slijpen, moeten de tekortkomingen worden opgelost. De machine wordt heropgebouwd met alle benodigde componenten voor een goed werkende machine. Daarna zal de plc geherprogrammeerd worden. Simultaan wordt er aan de *painting jig* gewerkt. Eerst worden verschillende ontwerpen gemaakt om dan tot een eindontwerp te komen. Dit wordt opgebouwd waarna de werknemers dit testen.

Uit de testen blijkt dat het wel mogelijk is om de versnellingskabels te slijpen, maar remkabels niet. De structuur van de remkabels verhindert dat die geslepen kunnen worden. Het nieuwe ontwerp van de *painting jig* is gebruiksvriendelijker. Dit wordt bevestigd door de testen die zijn uitgevoerd door de werknemers. Door het niet leveren van de geplaatste bestellingen is de *painting jig* echter niet volledig opgebouwd zoals het ontwerp aangeeft.

Summary

Ridley-bikes, located in Beringen, has two devices which need to be optimised. Firstly there's the *cable cutter*. A device that's used to grind the shift and break wires to a specific length. The device isn't operational due to some shortcomings. There are shortcomings on the electrical and software domain. Furthermore the *cable cutter* isn't capable of grinding good wires. Secondly there's the *painting jig*. This is a tripod, used to apply stickers on the bike frames. The employees suffer from ergonomic complaints due to the static design of the Jig. This master's thesis investigates if it's possible to make the *cable cutter* operational and focuses on modernising the *painting jig*.

The shortcomings of the *cable cutter* will be analysed and the device will be rebuilt from scratch to make it operational and provide it with all the necessary components. Afterwards the plc will be reprogrammed. The *cable cutter* will be evaluated based on test results. The *painting jig* will be modernised by making a new design. At first different concepts will be designed. After this the best concept will be built and tested.

The study found that it's possible to grind the shift wires. The structure of the brake wires hinder that it can be grinded. The new design for the *painting jig* is more user friendly than the old design. This can be concluded from the tests that are executed by the employees. As a consequence of delivery problems with the placed orders it was not possible to build the *painting jig* like designed.

1 Inleiding

Globale situering masterproef:

Deze masterproef vindt plaats bij Ridley-Bikes in Paal-Beringen. Ridley-Bikes is een Belgische fabrikant van koersfietsen en mountainbikes. Deze fietsen worden zowel gebruikt door professionele wielploegen, als door wielertoeristen. De kaders worden gefabriceerd in Moldavië. Het lakken van de kaders en het assembleren van de fietsen gebeurt in Beringen.

De onderzoeksopzet situeert zich binnen de periode van onze eerste promotor. Van augustus t.e.m. december hebben we toegewerkt naar de doelstellingen van deze promotor. In december is hij weggegaan bij Ridley, waarna we een nieuwe promotor kregen. Deze nieuwe promotor heeft ons andere doelstellingen opgelegd. Vanaf februari werkten we naar de nieuwe doelstellingen toe. Die worden verderop in de paper besproken.

Deze masterproef kadert binnen de assemblage en het lakken van de fietsen in de vestiging in Beringen. De masterproef focust op twee opdrachten. De eerste opdracht heeft betrekking op de assemblage van de fietsen. Meer bepaald: de rem- en versnellingskabels van de koersfietsen. Voor het op lengte maken van deze kabels heeft Ridley een toestel laten ontwikkelen. Dit toestel is de *cable cutter*. De *cable cutter* staat echter niet op punt en is niet operationeel. Onze taak is de *cable cutter* te optimaliseren. Met optimaliseren wordt bedoeld dat de juiste slijpparameters worden onderzocht en ingesteld. Het basisconcept van de machine wordt liefst behouden. Opdracht twee focust op het lakken van de fietsen. Op dit moment worden de fietskaders in een statief geklemd om te lakken. Dit statief wordt de *painting jig* genoemd. Deze *painting jig* is echter niet gebruiksvriendelijk. Hierdoor wordt er bij het lakken veel tijd verloren. Een meer gebruiksvriendelijke opstelling zou een tijds winst betekenen en het werk van de arbeiders vergemakkelijken.

Het globale doel is dus het operationeel maken van de *cable cutter* en het verbeteren van de *painting jig*. Deze twee ingrepen zouden dan moeten leiden tot een kortere productietijd en een grotere gebruiksvriendelijkheid.

1.1 Cable cutter

1.1.1 Situering

Momenteel worden de rem- en versnellingskabels van de fietsen handmatig op de juiste lengte geknipt. Het is vanzelfsprekend dat de lengte van deze kabels verschillend is voor elke fiets. Rem- en versnellingskabels bestaan uit twee delen:

- de behuizing;
- de stalen kabel.

De stalen kabel, nummer 2 op Figuur 1, wordt in de behuizing geschoven en gemonteerd aan de remmen. Als men de remmen van de fiets dichtknijpt, wordt er aan de kabel getrokken en beweegt deze kabel dus in de behuizing. De behuizing, nummer 1 op Figuur 1, dient dus eigenlijk als bescherming voor de interne kabel.

Wij spitsen ons toe op de behuizing van de kabel. Gemakkelijkshalve spreken we gewoon over de rem- en versnellingskabel. Maar in feiten hebben we het dan over de behuizing van deze kabels.



Figuur 1: Fiets met remkabel

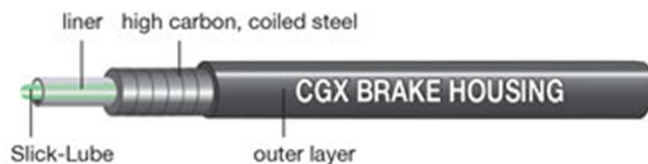
Opbouw van de rem- en versnellingskabel

De kabels die Ridley monteert op de racefietsen worden gemaakt door Jagwire. We baseren ons op de samenstelling van de kabels van deze producent. Het kan zijn dat kabels van andere fabrikanten een andere samenstelling hebben.

Er zijn twee verschillende types: de remkabel en de versnellingskabel. Het verschil zit in de opbouw, de dikte en de stijfheid van de kabel. Figuur 2 en 3 geven schematisch de voorstelling van respectievelijk de remkabel en de versnellingskabel.

De remkabel bestaat uit vier lagen (van buiten naar binnen):

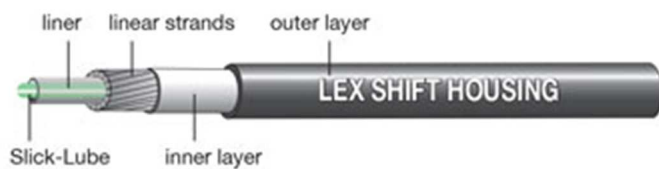
- *outer layer*: kunststof omhulsel;
- *high carbon, coiled steel*: gewikkelde staaldraad;
- *liner*: polymeer binnenvoering;
- *slick-lube*: glijmiddel.



Figuur 2: Opbouw behuizing remkabel [1]

De versnellingskabel bestaat uit vijf lagen:

- *outer layer*: kunststof omhulsel;
- *inner layer*: een laag uit polymeer die de staaldraad samenhoudt;
- *linear strands*: negentien gewikkelde staaldraden;
- *liner*: binnenvoering gemaakt uit polymeer;
- *slick-lube*: glijmiddel.



Figuur 3: Opbouw behuizing versnellingskabel [1]

Het grote verschil zit in de wikkeling van de staaldraad. De staaldraad van de remkabel bestaat uit één lange draad die over de gehele lengte van de kabel is rondgedraaid. Bij de versnellingskabel is dit anders. Hier zijn een aantal kleine staaldraden rond de kabel gewikkeld. Het verschil in de wikkeling van de staaldraad zorgt voor een verschil in stijfheid. De remkabels zijn buigzamer dan de versnellingskabels. Dit wordt gedaan omdat met het remmen een hogere kracht gepaard gaat dan met het schakelen. De versnellingskabel is stijver omdat het schakelen een preciezer proces is dan het remmen [2]. De dikte van de twee kabels is niet zo verschillend. De remkabel is het dikst met 5 mm. De versnellingskabel is 4 mm dik [1].

Conventioneel proces

De kabels worden aangekocht op een rol van 500 m. Om niet te moeten meten op de rol worden de kabels eerst op een vaste lengte afgeknipt, wat veel verliezen met zich meebrengt. Later worden de kabels op de juiste lengte geknipt door middel van een speciaal ontworpen kniptang, zie Figuur 4. Hierna is de behuizing meestal plat geknepen. Met hetzelfde knipgereedschap kan men de opening weer rond maken [3]. Dit wordt voorgedaan in Figuur 5. Dit alles is een tijdrovend proces.



Figuur 4: Knippen van de kabel [3]



Figuur 5: Opening rond maken [3]

Een masterstudent heeft vorig jaar een toestel ontworpen die de kabels automatisch op de juiste lengte slijpt. Deze machine wordt de *cable cutter* genoemd. Met dit toestel zijn er echter heel wat problemen waardoor het niet operationeel is. Deze problemen worden beschreven in de probleemstelling.

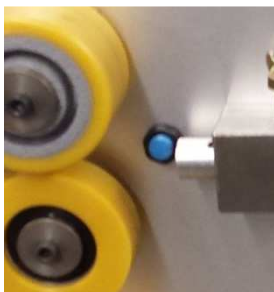
Opbouw en werking machine

Op Figuur 6 is te zien hoe de *cable cutter* eruit ziet. De machine heeft twee aparte slijpkanalen. De remkabels en versnellingskabels worden respectievelijk in het bovenste en het onderste kanaal geslepen.

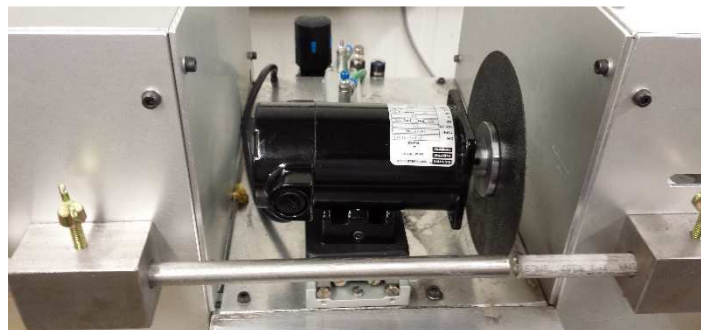


Figuur 6: Cable cutter

De operator moet de kabels handmatig in de buisjes steken totdat de kabel tussen de twee eerste wielen geklemd zit. De bovenste wielen worden aangedreven door een stappenmotor. Als de kabel tussen de eerste twee wielen zit, geeft men op het touchscreen de juiste parameters in. Wanneer men na het doorlopen van deze stappen op start drukt, begint de stappenmotor te draaien totdat de kabel aan de naderingssensor zit. Deze naderingsschakelaar is te zien op Figuur 7. Daarna draait de kabel door tot de gewenste slijplengte. Nu de kabel gepositioneerd is, zet men de motor aan via een aparte aan-uitknop. Wanneer men hierna nog eens op start drukt, wordt de slijpmotor vooruit geduwd door een pneumatische cilinder. Ter hoogte van de slijpschijf is een opening voorzien. Zo kan de slijpschijf de kabel doorslijpen, zie Figuur 8. De rechtse stappenmotoren voeren de geslepen kabels af. Dit proces herhaalt zich totdat de nodige hoeveelheid kabels geslepen zijn.



Figuur 7: Naderingsschakelaar



Figuur 8: Slijpmotor met opening tussen buisjes

1.1.2 Probleemstelling

De machine vertoont heel wat problemen op mechanisch, elektrisch en softwarematig gebied. Zo treedt er tijdens het slijpen braamvorming op. Soms is de kabel zelfs dichtgesmolten door de hitte van het slijpproces. Daardoor kan de behuizing verstopt komen te zitten zodat de interne kabel niet meer kan bewegen. Bij te veel braamvorming zal de interne kabel te snel slijten. Na een paar tests werd ook al duidelijk dat de motor niet krachtig genoeg is. Ook dit leidt tot grote braamvorming en in het slechtste geval tot het vastlopen van de slijpmotor. Wanneer de motor vastloopt, blijft hij toch nog stroom vragen. Dit zal uiteindelijk leiden tot oververhitting van de motor en de bedrading waardoor die kunnen doorbranden.

Een ander probleem is het vastlopen van de kabels. De transportkanalen zijn niet perfect uitgelijnd. Hierdoor kan de kabel soms naast de geleidingsbuis terecht komen. De kabel zal dan niet meer verder worden verplaatst wat uiteindelijk opstoppingen met zich meebrengt. De juiste lengte wordt dan ook niet meer afgemeten. Dit leidt dus tot een niet bruikbare kabel.

Naast de problemen met het mechanische gedeelte doen er zich ook problemen met het elektrisch gedeelte voor. Ten eerste is de bedrading slordig uitgevoerd en de kabels zijn niet genummerd. Hierdoor is het moeilijk terug te vinden welke kabel welk component aanstuurt. Dit kan vooral problemen meebrengen bij eventuele reparaties of onderhoud. Ten tweede is het elektrisch schema niet volgens de juiste normen opgesteld. Ten slotte is er geen enkele vorm van elektrische veiligheid voorzien. Dit wil zeggen dat er geen bescherming is tegen korsluiting of overbelasting.

Ook softwarematig doen er zich enkele problemen voor. Door foutieve programmatie moet men veel overbodige stappen doorlopen om het slijpproces te starten. De parameters in het programma hebben slechte namen, vb. stap1, stap2,... Dit is helemaal niet duidelijk. Wanneer men later aanpassingen wilt doen aan het programma gaat niet duidelijk zijn wat iedere stap doet.

1.1.3 Doelstelling

De hoofddoelstelling is om de *cable cutter* operationeel te maken. De *cable cutter* wordt als operationeel beschouwd wanneer de geslepen kabel aan de volgende eisen voldoet:

- er is geen braamvorming op de kabel;
- er is een rechte snede;
- de kabel is niet dichtgesmolten;
- de geslepen kabel is maximaal 5 mm langer dan de opgegeven lengte;
- de afkeuringsgraad is maximaal 0.1%. Dit wil zeggen dat slechts één kabel op 1000 mag afgekeurd worden.

Naast de hoofddoelstellingen zijn er ook nog enkele deeldoelstellingen. Op elektrische vlak zijn dit:

- kabels wegwerken in kabelgoten;
- de kabels nummeren;
- lijst van de nummering opstellen;
- beveiligen tegen kortsluitstromen en overbelasting.

De deeldoelstellingen op het software gebied zijn:

- onduidelijke parameters vervangen door parameters met logische namen;
- overbodige stappen uit het programma halen.

1.1.4 Materiaal en methode

Om een goed geslepen kabel te bekommen, zullen we met verschillende parameters werken.

We zullen experimenteren met:

- soort slijpschijf;
- het toerental van de slijpschijf;
- de voedingssnelheid.

De voedingssnelheid is de snelheid waarmee de cilinder de motor uitstuurt. Er zal ook naar een nieuwe, krachtigere motor gezocht worden. Zo trachten we de combinatie te vinden die de gewenste snede bekomt.

De juiste slijplengte wordt behaald door de stappenmotors optimaal te programmeren. De stappenmotors zullen aangestuurd worden door een plc-sturing van Siemens. De programmatie hiervan zal gebeuren in TIA portel V13 van Siemens. Er kan ook gekeken worden naar het gebruik van andere wielen. De toevoer van de kabels dient te gebeuren zodat ze niet vastlopen. Er moet dus gekeken worden of er eventuele oneffenheden zijn aan de binnen- of buitenkant van de buisjes waar de kabel in zit.

Om de bedrading te verbeteren, wordt de machine uit elkaar gehaald. Hierna kan het toestel op een correcte wijze bedraad worden. Om alles overzichtelijk te houden zullen we een kleurencode gebruiken. Rode kabels worden de positieve lijn, blauwe kabels worden de negatieve lijn en de zwarte kabels zijn de kabels van en naar de plc. De plc zal volledig opnieuw geprogrammeerd worden. Dit gebeurt ook in TIA portal V13. Hierbij zal rekening gehouden worden met het gebruik van duidelijk benoemde parameters en het beperkt houden van het aantal te doorlopen stappen.

1.2 Painting jig

1.2.1 Situering

Bij Ridley worden de frames gelakt. Dit gebeurt voordat er ook maar één onderdeel op het frame is gemonteerd. De frames worden gelakt in een spuitcabine. Om patronen in de lak te verwerken worden de niet te lakken delen afgeplakt. Men brengt tegenwoordig ook op een 2de manier patronen aan op de frames. Dit wordt gedaan door speciale stickers op de frames te plakken.

Om deze stickers aan te brengen of om het frame af te plakken, wordt het frame ingeklemd in een statief dat men de *painting jig* noemt. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 9, Figuur 10 en Figuur 11. De klemming wordt gerealiseerd met een pneumatische cilinder. Hierop is een conisch stuk bevestigd dat aangrijpt op de plaats waar de trapas komt te zitten. Deze inklemming laat een rotatie rond de trapas toe.

Er is ook de mogelijkheid om het frame plat te leggen over een hoek van 90°. Dit wordt gedaan met behulp van een koppelstuk dat men inklemt met behulp van de pneumatische cilinder.



Figuur 9: *Painting jig*



Figuur 10: *Inklemming zijaanzicht*

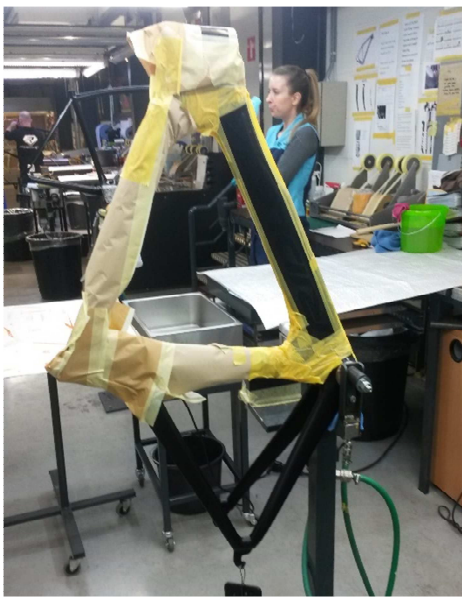


Figuur 11: *Inklemming achteraanzicht*

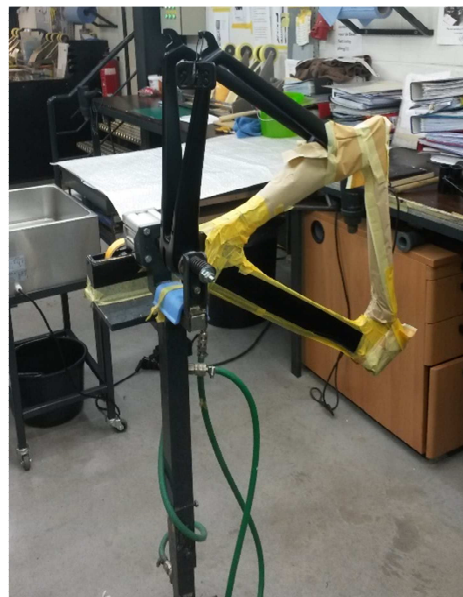
1.2.2 Probleemstelling

De frames die in de *painting jig* worden geklemd hebben slechts één vrijheidsgraad. Ze kunnen alleen rond de inklemming van de trapas roteren, Figuur 12 en Figuur 13. Rotaties rond andere assen of verplaatsing in de hoogte is uitgesloten. Hierdoor moet het personeel zich soms in bochten wringen om de stickers aan te brengen. Dit kan leiden tot ergonomische klachten.

Indien men het koppelstuk gebruikt kan men zich makkelijker positioneren ten opzichte van het frame. Het voordeel van het koppelstuk weegt echter niet op tegen de twee nadelen. Het eerste nadeel is dat het plaatsen van het koppelstuk een tijdrovend proces is. Men moet hierna het frame ook opnieuw positioneren. Het tweede nadeel is dat het frame dan niet stevig ingeklemd is waardoor de werknemers het liever niet gebruiken.



Figuur 12: Rotatie rond trapas



Figuur 13: Rotatie rond trapas

1.2.3 Doelstelling

De opdracht bestaat erin om een nieuwe *painting jig* te ontwikkelen die gebruiksvriendelijker is. De doelstellingen zijn:

- het frame kan blijven draaien rond de trapas;
- het frame platgelegd kan worden over een hoek van 90° zonder koppelstuk;
- het frame 360 graden kan draaien rond de verticale as;
- het frame in hoogte verstelbaar is, aangepast aan de lengte van de gebruiker.

Voor het bedrijf zijn van bovenstaande doelstellingen slechts twee vereist. Namelijk het platleggen van het frame over een hoek van 90° en de mogelijkheid tot het draaien rond de trapas. De werknemers zouden liever hebben dat aan alle vier de doelstellingen wordt voldaan. Figuur 14 en Figuur 15 laten de nieuwe vrijheidsgraden zien.



Figuur 14: Draaien rond trapas en in hoogte verstelbaar



Figuur 15: 360° draaien en platleggen over 90°

1.2.4 Materiaal en methode

Om te weten hoe het is om met de *painting jig* te werken, zullen we zelf één dag werken met de *painting jig*. Dit geeft meer inzicht in de tekortkomingen.

Het spreekt voor zich dat de werknemers het beste weten hoe het is om met de *painting jig* te werken. Er zal informatie ingewonnen worden bij de werknemers. Dit wordt gedaan door met hen te praten en een vragenlijst te laten invullen. Er zal zoveel mogelijk rekening gehouden worden met de wensen van de werknemers.

Na het volledig analyseren van het probleem, zullen er verschillende ontwerpen gemaakt worden voor de *painting jig*. Van het beste ontwerp wordt een prototype gemaakt dat meteen in gebruik kan genomen worden. Na feedback kunnen er eventueel aanpassingen gebeuren tot een finaal ontwerp bekomen wordt dat aan alle eisen voldoet.

1.3 Vooruitblik

In deze masterproef zal eerst de *cable cutter* besproken worden. Het tweede hoofdstuk behandelt de elektrische opbouw van de *cable cutter*. Het elektrisch schema wordt besproken alsook de bedrading van de *cable cutter*. De verschillende componenten worden ook uitgelegd. Het derde hoofdstuk gaat over de opbouw van het plc-programma. De structuur en de werking van het programma worden hier uitgelegd. In het vierde hoofdstuk wordt de slijpmotor besproken. Eerst wordt de configuratie en de implementatie van de slijpmotor uitgelegd. Hieruit volgt dat de slijpmotor bijdraagt tot trillingen die voor geluidsoverlast zorgen. Dit trillingsprobleem wordt geanalyseerd en er wordt een oplossing voorgesteld om dit te verhelpen. In het vijfde hoofdstuk worden de testen besproken die uitgevoerd zijn om de optimale slijpparameters te vinden. Dit wordt gedaan voor zowel de rem- als versnellingskabel. Na het analyseren van de resultaten wordt er een conclusie getrokken en worden de meest optimale parameters vastgelegd. Het afsluitende hoofdstuk van de *cable cutter* vermeldt welk onderzoek nog verder uitgevoerd kan worden alsook enkele verbeteringen die nog kunnen worden doorgevoerd.

Nadat de *cable cutter* volledig besproken is, wordt de *painting jig* behandeld. Als eerste worden de verschillende concepten toegelicht. Hieruit wordt dan een definitief ontwerp gekozen. Dit ontwerp zal dan gebruikt worden om een prototype te bouwen. Vervolgens worden alle componenten van dit prototype in detail aangehaald. Als laatste zal het prototype uitvoerig getest worden. De resultaten van deze tests worden besproken en waar nodig worden er verbeteringen doorgevoerd. Na het doorvoeren van de verbeteringen wordt het definitieve ontwerp bekomen.

Het allerlaatste hoofdstuk van deze masterproef vat alle conclusies samen.

2 Elektrisch gedeelte

2.1 Problemen

De problemen die zich op elektrisch gebied voordoen zijn de volgende:

- het schema was onduidelijk;
- er waren geen beveiligingen geplaatst;
- de bedrading was niet ordelijk gedaan.

Hoe deze problemen werden verholpen staat uitgelegd in de volgende hoofdstukken.

2.2 Nieuw schema

De nieuwe schema's zijn gemaakt in Eplan.

De schema's bestaan uit:

- één hoofdstroomkring,
- twee stuurstromkringen,
- plc-ingangen,
- plc-uitgangen,
- klemmenlijst.

De schema's en klemmenlijsten zijn terug te vinden in Bijlage A en Bijlage B.

2.3 Componenten

De machine bestaat uit twee slijpmotoren, vier stappenmotoren en een plc. Al deze motoren beschikken over een eigen drive die gevoed worden door een voeding op gelijkspanning. Voor de drives van de stappenmotoren staan EMI-filters. Deze filteren ruis en storingen veroorzaakt door omliggende componenten. De drives worden aangestuurd door de plc. Daarnaast zijn er nog twee capacitieve naderingsschakelaars die een signaal doorgeven naar de plc wanneer ze een kabel detecteren. Hieronder wordt meer uitleg gegeven over de gebruikte componenten. Voor de slijpmotor wordt doorverwezen naar hoofdstuk 4 Slijpmotor.

2.3.1 Beveiligingen

Om de componenten tegen overstroom en kortsluitstroom te beschermen zijn er beveiligingen geplaatst. Er zijn vier beveiligingen geplaatst: één voor de hoofdstroomkring, telkens één voor de voedingen van de stappenmotoren en één voor de voeding van slijpmotor.

2.3.1.1 Berekening beveiligingen

Er zitten vier stappenmotoren in de machine. Deze motoren vragen maximum elk 2A en draaien op 24V. Elk van deze motoren zorgt dus voor een vermogen van $2A \cdot 24V = 48W$. Daarnaast zit er nog een slijpmotor in de machine. Deze motor wordt aangestuurd door een drive die maximaal 700W aankan.

Het totale vermogen van de verbruikers is dus:

$$4 \cdot 48W + 700W = 892W$$

De aansluitspanning van de machine bedraagt 230V. De beveiliging die nodig is in het begin van de schakeling bedraagt dus:

$$\frac{892W}{230V} = 3,88A$$

Om deze stroom af te schakelen wordt een beveiliging gebruikt van 6A. Dit is de beveiliging die standaard in het gamma zit en die het dichtst bij 3,88A aanleunt.

De *cable cutter* voorziet ruimte voor twee slijpmotoren. Indien men een tweede motor wenst bij te plaatsen, komt er nog eens 700W bij.

$$\frac{892W + 700W}{230V} = 6,92A$$

De gebruikte beveiliging van 6A kan dan blijven staan. De kans bestaat dan echter dat deze veiligheid te vroeg zal afschakelen. Om de kans op vroeg afschakelen te vermijden zal er een nieuwe automaat geplaatst moeten worden van 10A.

In de datasheets van de EMI-filters, die voor de stappenmotoren geplaatst zijn, staat dat ze een beveiliging van 2A nodig hebben.

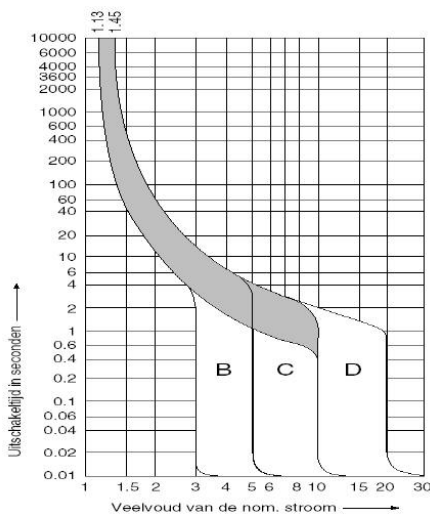
Daarnaast is er nog een laatste beveiliging geplaatst, voor de drive van de slijpmotor. Zoals eerder aangegeven kan deze drive maximaal 700W aan. Die wordt gevoed door 48V. De stroom die moet kunnen worden afgeschakeld bedraagt:

$$\frac{700W}{48V} = 14,58A$$

De beveiliging die hier het dichtst bij aan leunt is een beveiliging van 16A. Wanneer een tweede motor van dit vermogen wordt toegevoegd zal er ook een extra beveiliging van 16A moeten worden voorzien.

2.3.1.2 Soort beveiliging

De automaten zijn allemaal van het C type. Dit type automaten wordt in de industrie gebruikt voor motoren en dergelijke. De automaten schakelen af bij een normale magnetische drempel. 5 à 10 x In. Dit is te zien in Figuur 16. De automaat zal afschakelen bij een stroom die gelijk is aan tien keer de nominale stroom. Zo zal de automaat de elektrische componenten beschermen tegen overbelasting en kortsluiting. [4]



Figuur 16: Magnetische drempel [4]

2.3.2 Plc

De plc bestaat uit een:

- *power Supply*;
- CPU;
- *signal board* 5V;
- digitale in en uitgangskaat (8DI – 8DO);
- digitale uitgangskaat (8DO);
- relaiskaart.

De *power supply* zet de netspanning van 230V om naar gelijkspanning van 24V. De *power supply* voorziet alle componenten van de plc van spanning. De CPU heeft in- en uitgangen op 24V. De extra in – en uitgangskarten zorgen voor uitbreidingsmogelijkheden. Verder is er nog een *signal board* en een relaiskaart. Deze componenten zijn essentieel voor de aansturing van de stappenmotoren. Dit wordt verderop besproken.

2.3.3 Stappenmotoren

Er zijn vier stappenmotoren. Twee van deze stappenmotoren zorgen voor het aanvoeren van de rem of versnellingskabel. De andere twee zorgen voor de afvoer van de geslepen kabels. Elke stappenmotor beschikt over een eigen drive. De drives van de stappenmotoren die voor de aanvoer zorgen worden samen door één voeding gevoed op 24V. De andere drives worden ook samen gevoed door één voeding.

De plc zorgt voor de aansturing van deze drives. Deze aansturing moet gebeuren op een spanning tussen 3,5 en 13V. Er werd gekozen voor een voeding van 5V. De drive moet twee soorten signalen ontvangen. Een eerste soort signaal gebeurt op gelijkspanning. Dit signaal wordt gebruikt om de drive te voeden en de draairichting van de stappenmotor te bepalen. Omdat deze spanning 5V moet zijn, wordt de relaiskaart gebruikt. De CPU en de uitgangskarten kunnen alleen uitgangssignalen uitsturen op 24V. Men kan om het even welke spanning op de relaiskaart aansluiten, in tegenstelling tot de uitgangskarten. Daarnaast is er nog een tweede soort signaal. Dit signaal wordt doorgezonden op een frequentie van 200Hz, gegenereerd door het *signal board*. Dit signaal is nodig om de omwentelingen van de stappenmotor te tellen. Elke omwenteling wordt ingedeeld in 400

stappen. Elk stapje moet zijn eigen signaal krijgen. Om een vlot verloop van de stappenmotor te krijgen gebeurt deze aansturing op een hoge frequentie.

2.3.4 Sensoren

Er zijn twee naderingssensoren. Deze sensoren detecteren de kabel die wordt aangelopen. Vanaf deze positie kan de stappenmotor een gepast aantal omwentelingen draaien zodat de kabel ter hoogte van de slijpmotor komt. Deze sensoren geven ook een frequentiesignaal door, vandaar dat ze ingelezen worden in de CPU.

Daarnaast beschikken de cilinders ook over sensoren, deze sensoren worden gevoed door de *power supply* van de plc. De plc moet ook een signaal geven aan de cilinders om de motor uit te sturen. Dit wordt doorgegeven aan het magneetventiel, dat bij een ontvangen signaal, perslucht naar de cilinder laat stromen.

Als laatste is er nog een gebruikersscherm. Ook dit scherm wordt op 24V gevoed van de *power supply* van de plc.

2.3.5 Pneumatische cilinders

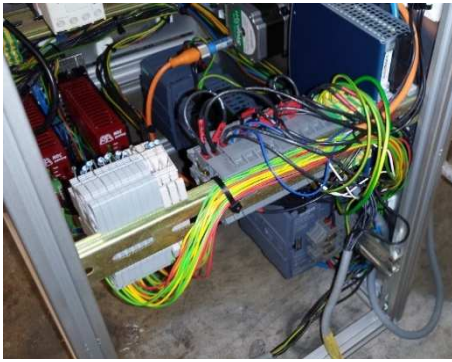
Hoewel de cilinders niet tot elektrische componenten behoren, worden ze hier toch kort toegelicht. Er moet perslucht van 6 bar voorzien worden om de cilinders aan te sturen. Een magneetventiel krijgt elektrische signalen van de plc en zorgt voor de toevoer van perslucht naar de juiste cilinder.

De snelheid waarmee de cilinders worden uitgestuurd wordt geregeld door middel van een ventiel. Er zijn twee ventielen op elke cilinder: één voor de uitgaande slag en één voor de ingaande slag. De snelheid van de uitgaande slag is het belangrijkste omdat de voedingssnelheid van de slijpmotor een belangrijke parameter is in het slijpproces. Daarom moet de uitgaande slag correct afgeregeld worden. Dit gebeurt met behulp van smoorventielen. Met deze ventielen wordt de weerstand geregeld die de luchtstroom ondervindt. Wanneer het ventiel helemaal dicht is, vindt er geen uitgaande slag plaats. Hoe meer het ventiel wordt opgedraaid hoe sneller de uitgaande slag. De snelheid van de ingaande slag is van geen belang. We stellen die echter zo in dat de cilinder op een normale manier, zonder schokken, terug naar binnen wordt getrokken.

2.4 Bedrading

Door middel van kabelgoten is er meer orde in de schakelkast. De kabels zijn allemaal genummerd en er werd ook een kleurencode gebruikt. Kabels met een rode kleur stellen de positieve lijn voor, kabels met een blauwe kleur zijn de negatieve lijnen en de zwarte lijnen stellen de plc-ingangen en uitgangen voor. Een lijst met de nummering van de kabels is toegevoegd in Bijlage B.

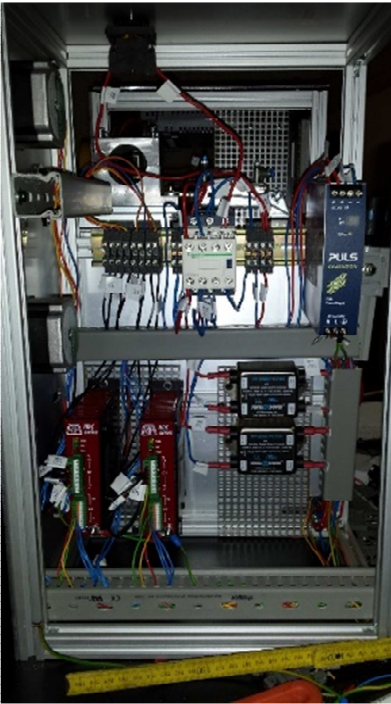
Op Figuur 17, Figuur 18, Figuur 19 en Figuur 20 is te zien hoe de schakelkast er vroeger uitzag en hoe de kast er nu uitziet.



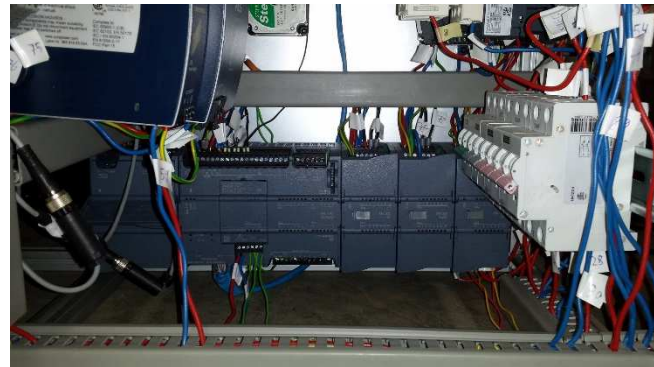
Figuur 17: Bedrading vroeger



Figuur 18: Bedrading vroeger 2



Figuur 19: Bedrading nu

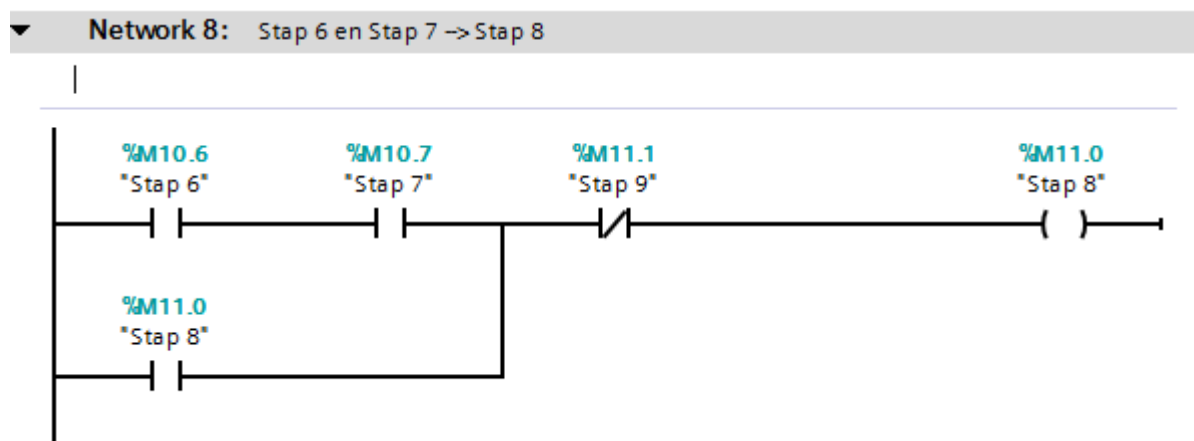


Figuur 20: Bedrading nu 2

3 Plc

3.1 Problemen

Het grootste probleem met de software is de grote onduidelijkheid. Er is ook geen documentatie van het programma beschikbaar. Personen die hieraan moeten werken die het programma niet hebben opgebouwd zullen er niet aan uitraken. Dit wordt aangetoond op onderstaande Figuur 21.

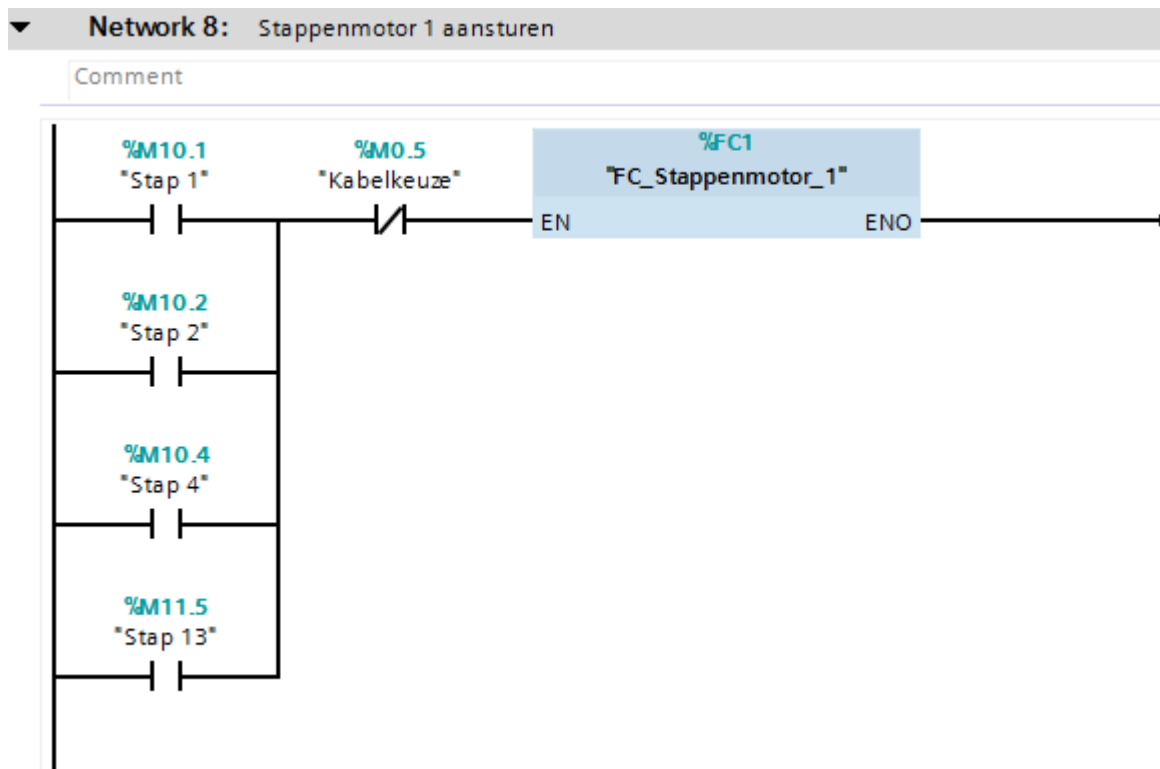


Figuur 21: Voorbeeld van een onduidelijk netwerk

De merkers hebben geen duidelijke namen. Het is onmogelijk af te leiden wat deze merkers betekenen of wat het netwerk doet. Ook de naam van het netwerk is onduidelijk. Uit de titel leidt men af dat er bedoeld wordt dat wanneer stap 6 en stap 7 actief zijn stap 8 uitgevoerd moet worden. Er is echter niet duidelijk wat deze stap 6 en stap 7 zijn.

Allereerst zal er dus duidelijkheid in het programma gebracht worden. Dit gebeurt door de merkers duidelijke namen te geven, een duidelijke titel mee te geven en een korte beschrijving van ieder netwerk te geven.

Een tweede probleem is het niet overal opnemen van de stopingang in het programma. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 22. Deze afbeelding geeft het netwerk weer voor het aansturen van de eerste stappenmotor. Hierin zien we nergens de stopingang vermeldt. Dit heeft als gevolg dat wanneer er iets misgaat ter hoogte van stappenmotor 1, de enige optie de noodstop induwen is. Wanneer deze noodstop wordt ingedrukt valt de hele machine uit wat niet de bedoeling is. De stopingang zal dus hier, en in andere dergelijke netwerken, geïmplementeerd moeten worden.



Figuur 22: Ontbreken stopfunctie

In het programma is er ook nergens een netwerk opgenomen dat bijhoudt of de stopknop of noodstop is ingedruwd. Dergelijk netwerk zal dus ook aangemaakt worden. Dit garandeert de veiligheid van de operator. Dit netwerk zorgt ervoor dat de machine niet vanzelf terug kan opstarten. Men zal eerst moeten resetten.

Een derde probleem heeft betrekking op het aansturen van de slijpmotor. Die wordt in de originele opstelling niet aangestuurd door de plc. De operator moet deze motor nog apart aanzetten. Door het herbedraden van de machine is er wel de mogelijkheid de motor aan te sturen met de plc. Hiervoor wordt er een netwerk toegevoegd.

Ten slotte zorgt het huidige programma voor een ongebruiksvriendelijke werking van de machine. Er moeten veel onnodige stappen doorlopen worden. Een paar van deze onnodige stappen kan men zien op de volgende afbeeldingen, Figuur 23 en Figuur 24.



Figuur 23: Overbodig scherm 1



Figuur 24: Overbodig scherm 2

Dit zijn de schermen die de operator te zien krijgt. Bij elk van deze schermen moet hij een handeling uitvoeren. In het eerste scherm moet de operator de kabel tussen de stappenmotoren steken en op aanlopen drukken. Hierna zal de kabel aanlopen tot aan de sensor. In het tweede scherm moet de operator de veiligheidskap toedoen en op start duwen om te bevestigen dat de kap toe is. Het proces wordt dan nog niet gestart. Het is echter mogelijk deze schermen achterwege te laten en te vervangen door een enkele handeling. Het programma kan zo opgesteld worden dat wanneer de operator de veiligheidskap sluit en op start drukt het hele proces doorlopen wordt. Dit zal een groter gebruiksgemak opleveren, alsook een compacter programma.

Voor iedere handeling wordt er ook een apart scherm getoond. Dit heeft als voordeel dat de schermen niet te veel informatie bevatten en dus duidelijk zijn. Er is echter wel een situatie waarbij het handiger is om de schermen toch samen te voegen. Het gaat over de schermen die te zien zijn in Figuur 25 en Figuur 26.



Figuur 25: Scherm lengte ingeven



Figuur 26: Scherm aantal ingeven

Dit zijn de schermen waarop men moet ingeven hoe lang de kabels moeten zijn en het aantal kabels dat men wilt maken. Het zou handiger zijn als deze twee schermen worden samengevoegd tot één scherm. Nu krijgt men eerst het scherm te zien waarop men de lengte moet ingeven. Daarna geeft men aan hoeveel kabels men wilt maken. Hierna drukt de operator op start en begint het proces. Wanneer dit proces slechts een scherm bevat kan de operator nog makkelijk controleren of hij de juiste waardes heeft ingegeven alvorens het proces te starten.

Na al deze stappen zal er nog gekeken worden of er code kan worden toegevoegd die het programma vervolledigen.

Samengevat moeten volgende handelingen gebeuren:

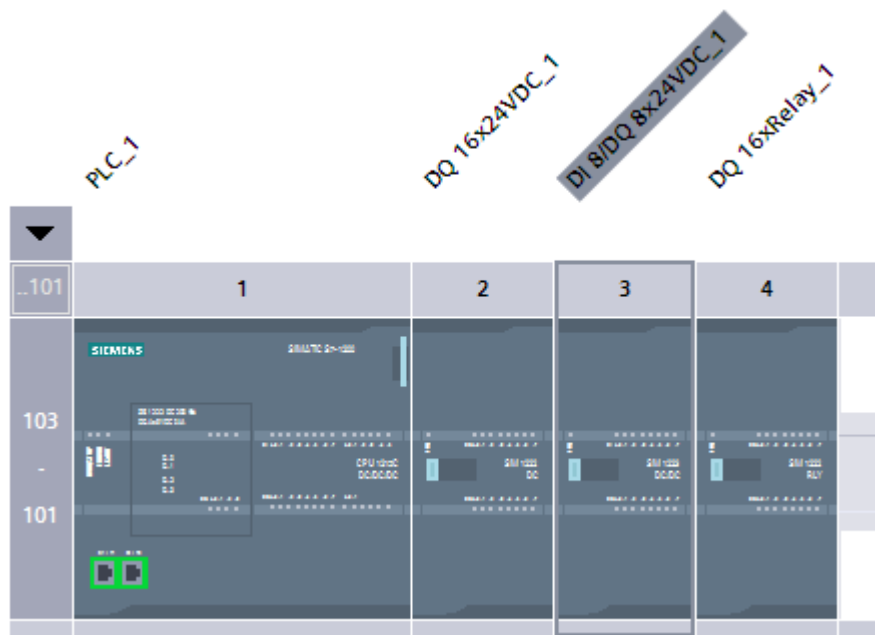
- een duidelijk en gebruiksvriendelijk programma opstellen;
- stopingangen implementeren;
- geheugenmerker voor de stop en noodstop implementeren;
- de slijpmotor door de plc aansturen;
- de machine gebruiksvriendelijker maken;
- extra code toevoegen indien deze een meerwaarde biedt.

3.2 Opbouw plc-programma

Door het gebruik van onduidelijke parameters is het moeilijk om het programma te begrijpen. Het ontcijferen hiervan leidt tot tijdsverlies. Daarom wordt het programma volledig opnieuw opgebouwd. Hieronder wordt beschreven hoe de opbouw is verlopen.

3.2.1 De plc

Als eerste moet de opbouw van de plc geconfigureerd worden in de software. Er moet aangegeven worden welke CPU en welke in – en uitgangen zijn gebruikt. De plc is te zien in Figuur 27.



Figuur 27: De plc

Bovenstaande afbeelding geeft de opbouw van de plc weer. De plc is nu geconfigureerd in de software. Nu kan aan iedere component meegegeven worden welke onderdelen er op zijn aangesloten. Deze onderdelen krijgen een duidelijke naam mee zodat iedereen weet wat er mee wordt bedoeld. Figuur 28 geeft weer hoe dit er uit ziet voor de component op positie 3.

DI 8/DQ 8x24VDC_1 [Module]				
General		IO tags	System constants	Texts
	Name	Type	Address	Tag table
DI	Reset	Bool	DI 12.0	Ingangen_Ingangskaart
DI	Stop	Bool	DI 12.1	Ingangen_Ingangskaart
DI	Start	Bool	DI 12.2	Ingangen_Ingangskaart
DI	Interlock	Bool	DI 12.3	Ingangen_Ingangskaart
DI	Noodstop	Bool	DI 12.4	Ingangen_Ingangskaart

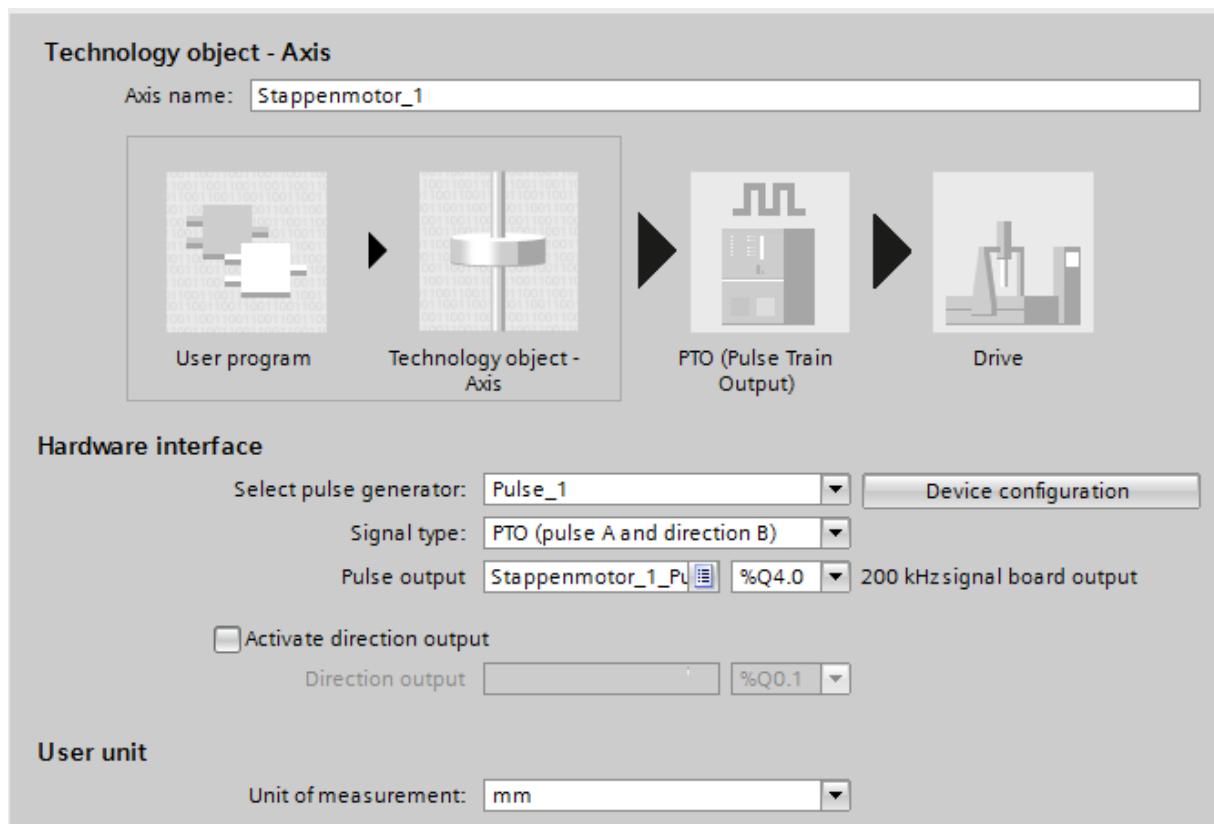
Figuur 28: Beschrijving ingangssignalen

Er komen vijf signalen aan op de kaart op positie drie. De reset, stop, start, interlock en noodstop. Dit zijn duidelijke namen en men kan hier snel uit afleiden wat ieder signaal doet. Men kan ook afleiden dat het gaat om *booleans*. Dit wilt zeggen dat de signalen een waarde kunnen hebben van 0 of 1. Met andere woorden, inactief of actief. De positie waarop de signalen aankomen is ook weergegeven alsook de tabellen waarin de signalen zijn opgeslagen. Dit wordt voor iedere plc component gedaan.

3.2.2 Configureren stappenmotoren

Nadat de hele plc is opgenomen in de software worden de stappenmotoren gedefinieerd. Aangezien er gewerkt wordt met vier stappenmotoren moet dit proces vier keer doorlopen worden. De vier stappenmotoren zijn echter identiek dus dit proces is vier keer hetzelfde. Hieronder wordt het proces uitgelegd voor het definiëren van één stappenmotor.

In de eerste stap wordt de stappenmotor benoemd. De stappenmotor wordt aangestuurd met behulp van pulsen. Er moet aangegeven worden welke component deze pulsen zal doorsturen naar de stappenmotor. Ten slotte wordt de eenheid vermeld die gebruikt wordt wanneer de stappenmotor een bepaalde afstand aflegt. Dit is te zien in Figuur 29.



Figuur 29: Eerste configuratiestap stappenmotor

Hierop is te zien dat de pulsen worden geleverd door uitgang 4.0 van de plc. De mogelijkheid om de stappenmotor van richting om te laten keren wordt niet aangevinkt. Dit omdat de stappenmotoren maar in één richting moeten draaien. Indien de stappenmotoren toch in de andere richting moeten draaien kan dit hier gewijzigd worden.

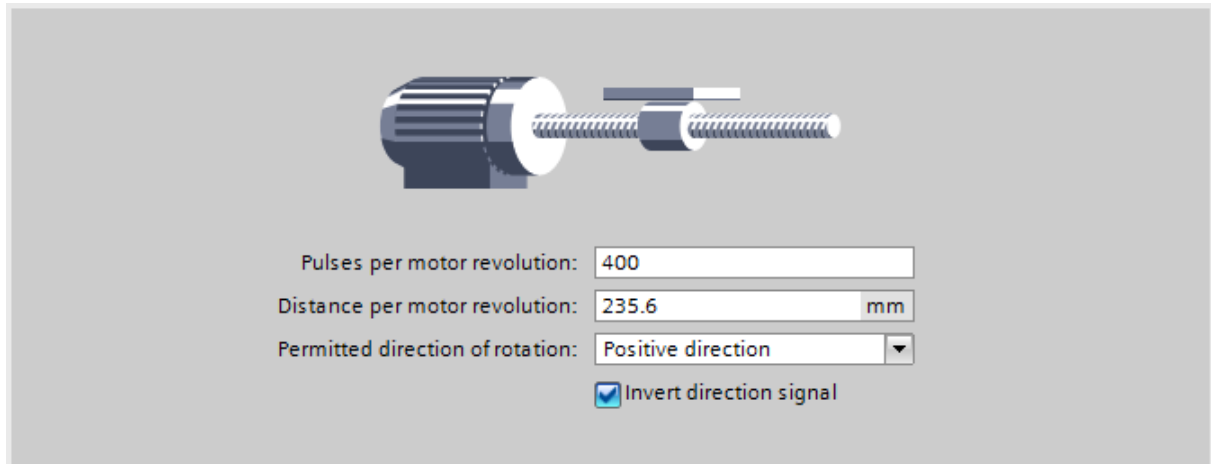
In de tweede stap worden enkele algemene parameters meegegeven aan de stappenmotor. Als eerste moet meegegeven worden welke uitgang van de plc de stappenmotor van stroom zal voorzien. Dit is te zien in Figuur 30.



Figuur 30: Stroomvoorziening stappenmotor

Uitgang 16.0 van de plc voorziet de stappenmotor van stroom. Wanneer deze uitgang actief wordt is de stappenmotor klaar om zich voort te bewegen. De stappenmotor zal zich echter pas beginnen voortbewegen als wordt meegegeven over welke lengte dit moet gebeuren.

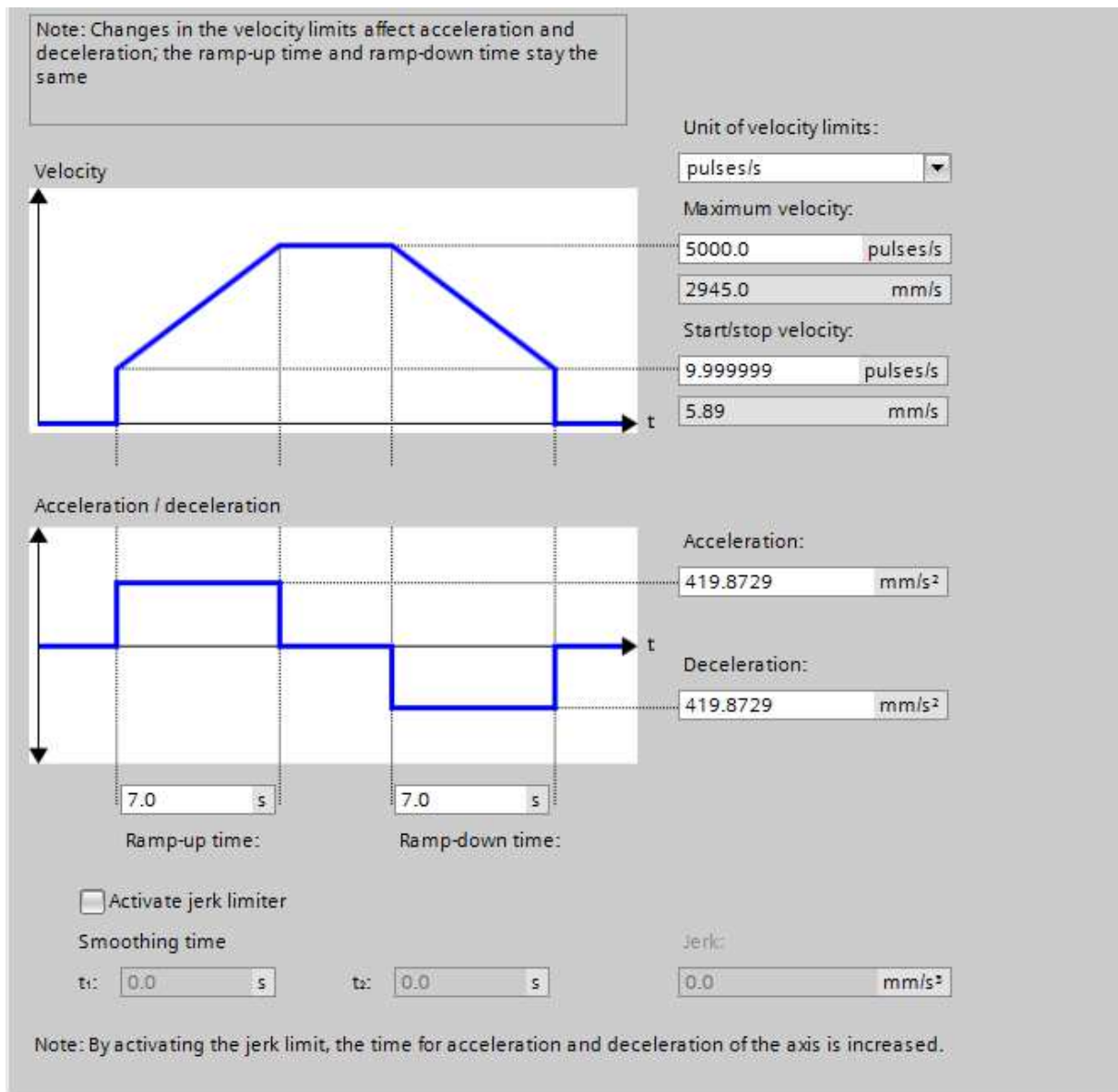
Vervolgens wordt meegegeven hoeveel pulsen de stappenmotor moet krijgen om één omwenteling te maken. Dit wordt verduidelijkt op Figuur 31.



Figuur 31: Pulsen per omwenteling

De stappenmotor heeft 400 pulsen nodig om één omwenteling te maken. Er wordt voor 400 pulsen gekozen omdat deze waarde ook ingesteld kan worden op de drive van de stappenmotor. Er wordt hier ook meegegeven hoeveel de afgelegde weg is per omwenteling. Dit komt overeen met de omtrek van het wiel van de stappenmotor. Aan de hand van de straal kan de omtrek worden berekend. Er wordt een omtrek berekend van 235.6 mm. 400 pulsen komen dus overeen met een afstand van 235.6 mm.

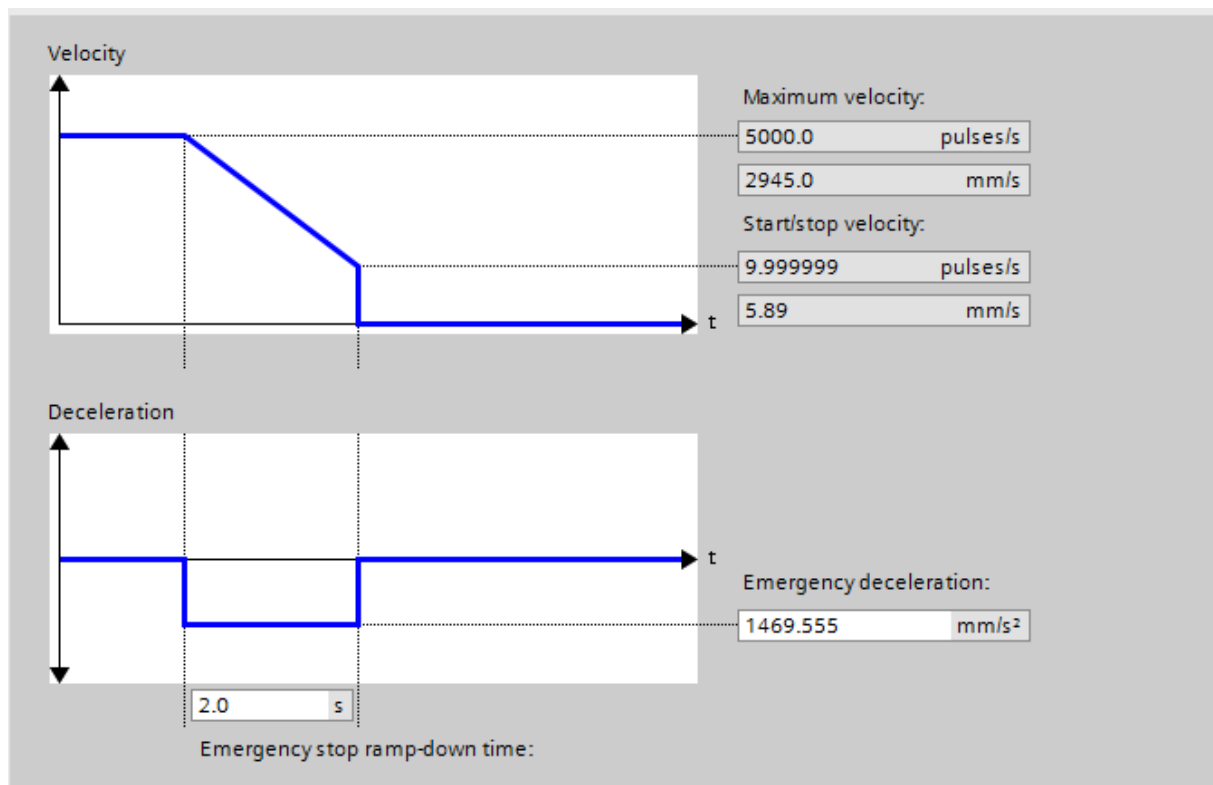
Na het definiëren van het aantal pulsen en de afgelegde afstand per omwenteling, kan de maximale snelheid en versnelling worden vastgelegd. Figuur 32 geeft dit weer.



Figuur 32: Snelheid en versnelling stappenmotor

De maximale snelheid wordt vastgelegd in pulsen per seconden. De software rekent dit dan zelf om naar mm per seconde. De maximale snelheid wordt gelegd op 5000 pulsen per seconde. Dit is de maximale snelheid die de drive van de stappenmotoren kan verwerken. Nu staat deze ingesteld op 400 pulsen per seconde. De snelheid van 5000 pulsen per seconde zal dus nooit gehaald worden. Toch wordt deze hier al ingesteld. Wanneer men later zou beslissen dat de stappenmotoren sneller moet draaien, moet deze stap in het herprogrammeren niet meer doorlopen worden. De startsnelheid waarmee wordt begonnen bedraagt tien pulsen per seconde. De software maakt hier zelf 9,9999 van. Daarna zal er versneld worden met een versnelling van 419,8729 mm/s². De motor zal hierdoor snel op toeren zijn. Dit zorgt voor het snel bereiken van een constante snelheid.

Naast de gewone aangelegde versnelling kan er ook een noodversnelling worden opgelegd. Deze zorgt ervoor dat de stappenmotor in geval van een fout of noodstop actief geremd wordt. Dit is te zien in Figuur 33.



Figuur 33: Noodversnelling

Hier is te zien dat de versnelling bij het afremmen in geval van een fout 3,5 keer hoger ligt dan bij een normale afremming. De stappenmotor zal dus 3,5 keer sneller afremmen. Aangezien er nooit gewerkt wordt bij een hoge snelheid komt dit overeen met een ogenblikkelijke stilstand.

Als laatste kan er nog een home positie aan de stappenmotor worden meegegeven. De software vult deze parameters al automatisch zelf in. In deze toepassing zijn deze niet van belang en ze worden hier verder niet besproken.

Na het doorlopen van alle bovenstaande stappen is de stappenmotor geconfigureerd. Dit wordt nu nog drie keer herhaald voor de andere drie stappenmotoren. Na dit proces kan het plc-programma opgebouwd worden.

3.2.3 Plc-programma

Het programma is heropgebouwd zodat het dezelfde functionaliteiten heeft als het originele programma. Het wordt stap voor stap logisch opgebouwd. Er wordt gekeken welke processen de machine achtereenvolgens doorloopt. Deze stappen worden dan chronologisch omgezet in code die de plc gebruikt. Bij het omzetten naar code wordt er gebruik gemaakt van logische parameternamen. Deze aanpak zorgt ervoor dat er een logische structuur zit in de code en dat er geen stappen worden overgeslagen. Na het uitvoeren van deze stap is er een werkend en overzichtelijk programma. Dit programma heeft dezelfde functionaliteiten en tekortkomingen als het oude programma.

Nu er structuur zit in het programma kan er gefocust worden op de tekortkomingen. Allereerst wordt er in de code overal een stopfunctie geïmplementeerd. Dit laat de operator toe de machine te stoppen zonder op de noodstop te moeten klikken. Het voordeel hiervan is dat de machine niet uitvalt en er na een reset verder gewerkt kan worden.

De machine kan nu op een veilige manier en op elk moment gestopt worden. Alleen wordt deze stop niet onthouden. Dit wilt zeggen dat zodra de stopknop wordt losgelaten de machine terug in werking kan treden. Om dit te voorkomen en de veiligheid van de operator te garanderen moet er een geheugennetwerk aangemaakt worden. Dit netwerk onthoudt dat de stop of noodstop is ingeduid en verhindert dat de machine onverwacht in werking treedt. De machine kan het proces pas hervatten wanneer er op de resetknop is gedrukt.

Nu de machine op softwaregebied beveiligd is kan de slijpmotor aangestuurd worden door de plc. Dit is een simpel netwerk maar heeft als voordeel dat de operator de slijpmotor niet meer apart moet activeren. De motor kan hierdoor ook gestopt worden zonder de noodstop te moeten activeren.

Vervolgens kan er gekeken worden naar de gebruiksvriendelijkheid. De overbodige schermen worden uit het programma verwijderd waardoor het aantal uit te voeren handelingen daalt. Zoals eerder vermeldt, worden de schermen voor het invoeren van het aantal kabels en de lengte van de kabels verwerkt tot één scherm. Het invoeren van bovenvermelde stopknop maakt de machine ook gebruiksvriendelijker.

Als laatste wordt bekeken of er extra code kan toegevoegd worden die het programma een meerwaarde biedt. In deze stap wordt er nog één deel code toegevoegd. Die heeft betrekking op het detecteren van het einde van de kabel. Wanneer de te slijpen kabel niet lang genoeg is om het gewenste aantal kabels te maken, blijft de machine het proces toch verder uitvoeren. Bijvoorbeeld: men heeft opgegeven om tien kabels te maken van 500 mm. De kabel die geslepen wordt is 4000 mm lang. Dit betekent dat deze kabel 1000 mm te kort is. De gewenste situatie zou dan zijn dat de machine het proces stopt en via de user interface meldt dat de kabel te kort is. Om dit probleem op te lossen kan er code worden toegevoegd die registreert of de proceskabel lang genoeg is. Deze detectie kan gebeuren aan de hand van de inductieve naderingssensoren. Wanneer de kabel dan te kort is zal de machine het proces stilleggen en via de user interface melden dat de kabel te kort is. Er wordt dan weergegeven hoeveel kabels er nog zouden gemaakt moeten worden en met welke lengte.

Het programma dat hierboven beschreven wordt vertoond echter nog enkele gebreken en is ook nog niet uitvoerig genoeg getest. Dit komt omdat in februari de doelstellingen zijn gewijzigd omdat er een nieuwe promotor werd aangesteld. Er moet nu gewerkt kunnen worden per fiets. Hiervoor moet er dus een database worden aangemaakt. Dit wordt uitgelegd in volgende paragraaf.

3.3 Command table

Om te kunnen werken per fiets voldoet bovenstaand programma niet. Die laat alleen toe kabels te maken van één bepaalde lengte. Wanneer men wilt werken per fiets moeten verschillende lengtes geslepen worden. De code zal dus gewijzigd moeten worden. Er zullen twee grote wijzigingen moeten doorgevoerd worden:

- een database aanmaken;
- de schermen wijzigen;

Een deel van de code zal ook gerecupereerd kunnen worden.

3.3.1 Voordelen database

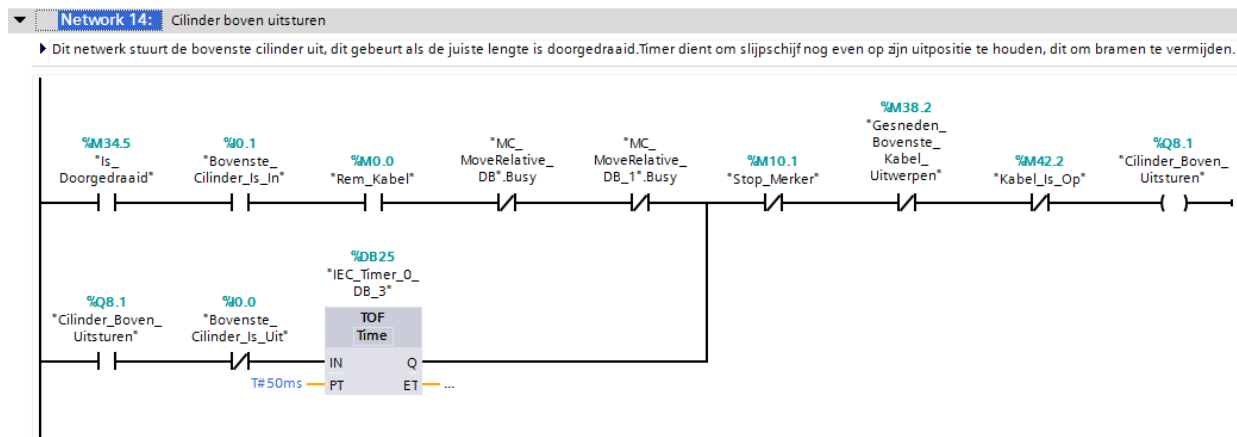
De databases zullen de lengtes van de kabels moeten bevatten. Aangezien er gewerkt wordt met rem- en versnellingskabels heeft iedere fiets twee databases nodig. Eén voor de remkabel en één voor de versnellingskabel. Dit opsplitsen heeft twee voordelen:

- de rem- en versnellingskabels kunnen simultaan gemaakt worden;
- het programma wordt compacter;

In het voorgaande programma moet iedere stappenmotor apart aangestuurd worden.

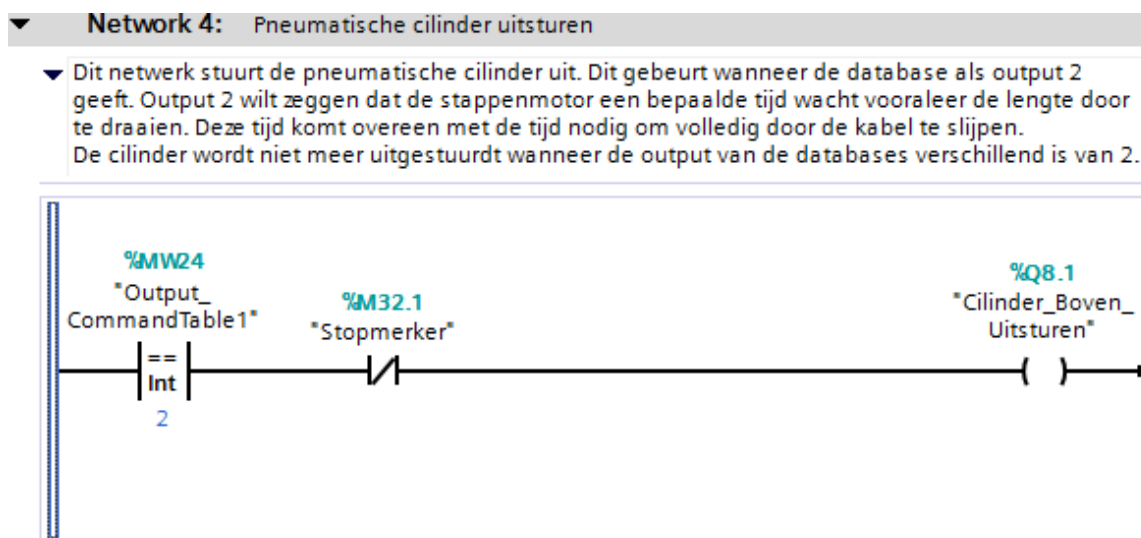
Wanneer men tracht alle vier de stappenmotoren simultaan aan te sturen ontstaat er een conflictsituatie en treden er fouten op. Deze conflictsituatie treedt op omdat de plc meerdere commando's tegelijk moet uitvoeren. Het simultaan aansturen van de vier stappenmotoren gebeurt met twaalf commando's. Er zit echter een vertraging van enkele milliseconden op dit uitvoeren waardoor bepaalde commando's te laat of niet worden uitgevoerd. Hierdoor zal het programma niet meer correct verlopen. Dit heeft als gevolg dat de rem- en versnellingskabel niet gelijktijdig kunnen gemaakt worden. Door het gebruik van de databases kan dit wel. Het uitvoeren van een database wordt gezien als één commando. Wanneer rem- en versnellingskabels dan tegelijk worden gemaakt zijn er maar twee commando's actief. Dit krijgt de plc wel verwerkt.

Met behulp van de plc-software kunnen de databases worden aangemaakt. Deze databases bevatten al voorgeprogrammeerde commando's die men kan selecteren. Dit betekent dus dat deze commando's niet nog eens apart in het programma opgenomen moeten worden. Dit was wel het geval voor het eerste programma. Dit zorgt voor een drastische vermindering van de benodigde code. Naast het voordeel van de voorgeprogrammeerde code heeft de database nog een ander voordeel. Namelijk dat men ieder commando dat uitgevoerd wordt een cijfercode kan meegeven. Wanneer een commando dan actief is wordt zijn specifieke cijfercode ook actief. Dit kan dan gebruikt worden als voorwaarde om een nieuw stuk code te activeren. Bijvoorbeeld het uitsturen van de pneumatische cilinder. Waar in het vorig programma hier nog zelf een voorwaarde moest gecodeerd worden, kan dit nu vervangen worden door een cijfer. Dit levert nog een extra besparing op. Dit is te zien op Figuur 34 en Figuur 35.



Figuur 34: Uitsturen cilinder, oud programma

Op bovenstaande netwerk staan alle voorwaarden die voldaan moeten zijn vooraleer de bovenste cilinder mag uitgestuurd worden. De cilinder mag uitgestuurd worden als de kabel is doorgedraaid tot aan de slijpschijf, de bovenste cilinder in is, de remkabel geselecteerd is, stappenmotoren 1 en 2 niet draaien, er niet op stop is geduwd, er geen geslepen kabels worden uitgeworpen en de kabel niet op is. Als aan al deze voorwaarden zijn voldaan zal de cilinder uitgestuurd worden. Dit is dus redelijk omslachtig. In Figuur 35 is te zien hoe dit eruit ziet in het nieuwe programma.



Figuur 35: Uitsturen cilinder, nieuw programma

Hier is de hele reeks voorwaarden vervangen door slechts één voorwaarde. Namelijk dat de *Command table* stap 2 uitvoert. Dit is dus eenvoudiger en overzichtelijker. De uitleg van wat stap 2 inhoudt wordt weergegeven in de tekst boven het netwerk.

3.3.2 Definitie database

Om in de software van de plc een database aan te maken met de gewenste kabellengtes wordt een *Command table* gebruikt. Zo'n *Command table* is te zien op Figuur 36.

Command table

Enable warnings Use axis parameters from **Stappenmotor_1**

Step	Command type	Position / travel pat..	Velocity[mm/s]	Duration[s]	Next step	Step code
	Separator	0.0				
1	Empty	--	--	--	--	--
2	Empty	--	--	--	--	--
3	Empty	--	--	--	--	--
4	Empty	--	--	--	--	--
5	Empty	--	--	--	--	--
6	Empty	--	--	--	--	--
7	Empty	--	--	--	--	--

Figuur 36: Command table

Rechts boven in de *Command table* wordt aangegeven welke stappenmotor hij moet aansturen. De *Command table* pakt dan de geprogrammeerde eigenschappen van deze stappenmotor over. Op de regels van 1 tot en met 7 wordt aangegeven welke commando's uitgevoerd moeten worden. Per *Command table* kunnen er 32 commando's worden opgegeven. Het commando dat de *Command table* moet uitvoeren wordt aangegeven in de tweede kolom. In de daaropvolgende kolommen worden de parameters meegegeven aan het uit te voeren commando. Deze parameters zijn:

- *Position / travel path*: de afstand die de stappenmotor moet afleggen of het punt waarnaar de stappenmotor moet bewegen;
- *Velocity [mm/s]*: de snelheid waarmee de stappenmotor moet bewegen;
- *Duration [s]*: de tijd die nodig is om het commando uit te voeren;
- *Next step*: de wijze van overgang tussen twee commando's, vloeiend of stap per stap;
- *Step code*: de identificatiecode die meegegeven wordt aan het commando. Wanneer een commando actief is zal deze code ook actief zijn.

In totaal zijn er zes commando's waar uit gekozen kan worden. Die zijn te zien op Figuur 37.

Command table

Enable warnings Use axis parameters from **Stappenmotor_1**

Step	Command type	Position / travel pat..	Velocity[mm/s]	Duration[s]	Next step	Step code
	Separator	0.0				
1	Empty	--	--	--	--	--
2	Empty	--	--	--	--	--
3	Halt	--	--	--	--	--
4	Positioning Relative	--	--	--	--	--
5	Positioning Absolute	--	--	--	--	--
6	Velocity setpoint	--	--	--	--	--
7	Wait	--	--	--	--	--
	Empty	--	--	--	--	--

Figuur 37: Commando's Command table

Deze commando's zijn:

- *Empty*,
- *Halt*,
- *Positioning Relative*,
- *Positioning Absolute*,
- *Velocity setpoint*,
- *Wait*.

Empty is geen commando. Wanneer dit geselecteerd is, wordt aangegeven dat deze regel leeg is. De *Command table* zal deze regel ook gewoon overslaan en niet uitvoeren. *Empty* wordt gebruikt met het oog op uitbreiding. Wanneer men denkt later nog een extra commando nodig te hebben, kan hiervoor een regel gereserveerd worden met *empty*. Alle kolommen, buiten de kolom van *Command type*, blijven dus leeg.

Het *Halt* commando wordt gebruikt om de stappenmotor ogenblikkelijk te stoppen. Het dient niet als noodstop of definitieve stop van het proces maar als een pauze. Wanneer een volgend commando actief wordt zal de stappenmotor gewoon verder bewegen vanaf zijn halt positie. Het kan echter alleen uitgevoerd worden na een *Velocity setpoint*. Ook hier blijven alle kolommen leeg, behalve de kolom *Command type*. Eventueel kan er een Step code meegegeven worden aan het commando.

Positioning Relative is een commando dat zegt dat de stappenmotor relatief moet bewegen ten opzichte van zijn huidige positie. Wanneer men zegt dat de stappenmotor een afstand van 1000 mm moet afleggen, zal die dat doen vanuit zijn huidige positie. Wanneer men daarna zegt dat de stappenmotor 500 mm moet bewegen, zal hij ook deze afstand afleggen vanuit zijn huidige positie. In totaal zal de stappenmotor dan 1500 mm hebben afgelegd. Voor het uitvoeren van dit commando moeten wel enkele extra parameters worden meegegeven. In de 3de kolom moet aangegeven worden hoe ver de stappenmotor moet doordraaien. Deze lengte wordt ingegeven in mm. In de vierde kolom moet vermeld worden met welke snelheid deze lengte moet worden afgelegd. Deze snelheid staat in mm/s. Hier moet wel rekening gehouden worden met de eigenschappen van de stappenmotor. Bij het definiëren van de stappenmotor is meegegeven wat zijn maximale snelheid is. Deze snelheid kan niet overschreden worden. Ook hier kan er weer een Step code aan het commando worden meegegeven.

Positioning Absolute is gelijkaardig aan *Positioning Relative*. Met dit verschil dat de bewegingscommando's nu absoluut worden uitgevoerd. Dit houdt in dat de stappenmotor al zijn bewegingen doet vanuit een vast nulpunt. Wanneer men nu 1000 mm ingeeft zal de stappenmotor vanuit zijn nulpositie naar het punt gaan dat 1000 mm ver ligt. Wanneer men hierna 500 mm ingeeft, zal de stappenmotor bewegen naar het punt dat 500 mm verder ligt dan zijn vaste nulpunt. Op het einde van dit commando bevindt men zich dus in het punt 500 mm en niet in het punt 1500 mm. Voor de rest is dit commando identiek aan het vorige commando.

Velocity setpoint is een commando waarmee een bepaalde snelheid aan de stappenmotor wordt aangelegd. De stappenmotor zal dan blijven draaien met deze snelheid totdat een halt

commando wordt geactiveerd. Men kan ook een tijdsduur meegeven aan dit commando zodat dit vanzelf uitschakelt wanneer de ingestelde tijd is verstreken. Ook dit commando kan een unieke Step code meekrijgen.

Het Wait commando wordt gebruikt om de plc te laten wachten met het uitvoeren van het volgende commando. Er wordt hierbij meegegeven hoe lang de plc moet wachten. Wanneer de wachttijd verstreken is zal het volgende commando in de *Command table* worden uitgevoerd. Ook hier kan er weer een Step code worden meegegeven.

3.3.3 Aanmaken database

Vooraleer het programma wordt opgesteld, wordt eerst een database aangemaakt. De database voor het maken van de versnellingskabels van een bepaalde fiets is te zien in Figuur 38.

Step	Command type	Position / travel pat.	Velocity [mm/s]	Duration [s]	Next step	Step code
	Separator	0.0				
1	Positioning Relative	200.0	250.0	—	Complete command	W#16#0000
2	Wait	—	—	5.0	Complete command	W#16#0002
3	Wait	—	—	0.5	Complete command	W#16#0003
4	Positioning Relative	1000.0	250.0	—	Complete command	W#16#0003
5	Wait	—	—	5.0	Complete command	W#16#0002
6	Wait	—	—	0.5	Complete command	W#16#0003
7	Positioning Relative	10000.0	250.0	—	Complete command	W#16#0005

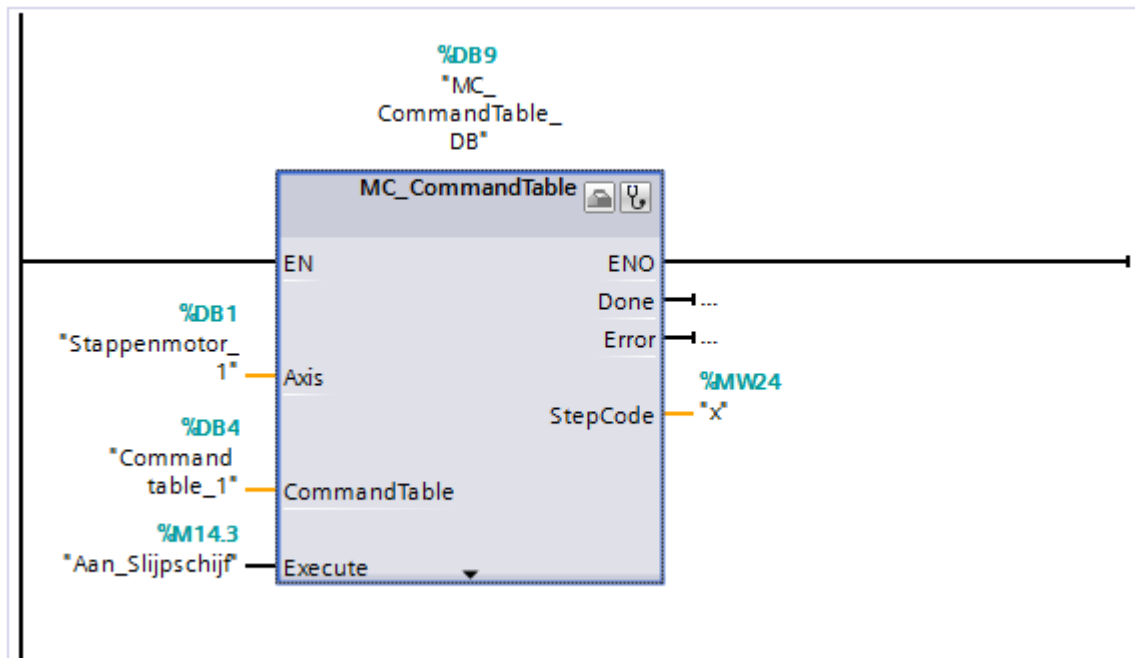
Figuur 38: Database versnellingskabel

Er wordt eerst aangegeven welke lengte de stappenmotoren zullen moeten draaien. Dit wordt gedaan met *Positioning Relative*. Er wordt voor dit commando gekozen omdat de lengte van de kabel van belang is. De absolute positie van de kabel is onbelangrijk. Er moet hier dus geen rekening gehouden worden met een vast nulpunt. Wanneer deze lengte is afgelegd moet er 5 seconden gewacht worden eer het volgende commando mag worden uitgevoerd. Dit is de tijd die nodig is om de kabel door te slijpen. De stappenmotor mag dan niet draaien. Dit commando krijgt ook een Step code mee. Deze code dient om aan te geven dat de pneumatische cilinder mag uitgestuurd worden. Dit is één enkele voorwaarde wat compacter is dan voorheen. Wanneer de eerste wachttijd verstreken is, start er opnieuw een korte wachttijd van 0,5 seconden. Dit is de tijd die nodig is voor de pneumatische cilinder om zich terug te trekken. Hierna zal de kabel een vrij pad hebben om zich voort te bewegen. Deze drie stappen herhalen zich telkens totdat alle kabels geslepen zijn. De overgang tussen de commando's gebeurt telkens door middel van *Complete command*. Dit houdt in dat het volgende commando pas begint als het vorige commando volledig is uitgevoerd. Wanneer alle commando's in de *Command table* doorlopen zijn, zijn alle kabels voor een welbepaalde fiets geslepen en is het proces klaar.

3.3.4 Plc-programma met Command table

Het volledige programma dat gebruikt maakt van de *Command table* is terug te vinden in de bijlage. Hieronder wordt nog kort uitgelegd hoe de *Command table* wordt opgeroepen.

De *Command table* zal geactiveerd moeten worden. Dit gebeurt met behulp van de code die te zien is op Figuur 39.



Figuur 39: Oproepen Command table

Wanneer het commando *Aan_Slijpschijf* actief is zal *Command table_1* uitgevoerd worden. Dit is dan de tabel om bijvoorbeeld de remkabels te maken voor een bepaalde fiets. Deze fietskeuze is al op voorhand gemaakt. Bij *Axis* wordt aangegeven welke stappenmotor de *Command table* aanstuurt. Bij *StepCode* staat de variabele die de identificatiecode bevat van elk commando. Voor iedere database die in het programma zit zal er een dergelijk netwerk opgebouwd moeten worden.

Wanneer bepaalde kabellengtes van een type fiets veranderen, moet enkel de bijbehorende *Command table* aangepast worden. Aan het programma moeten er geen wijzigingen worden doorgevoerd.

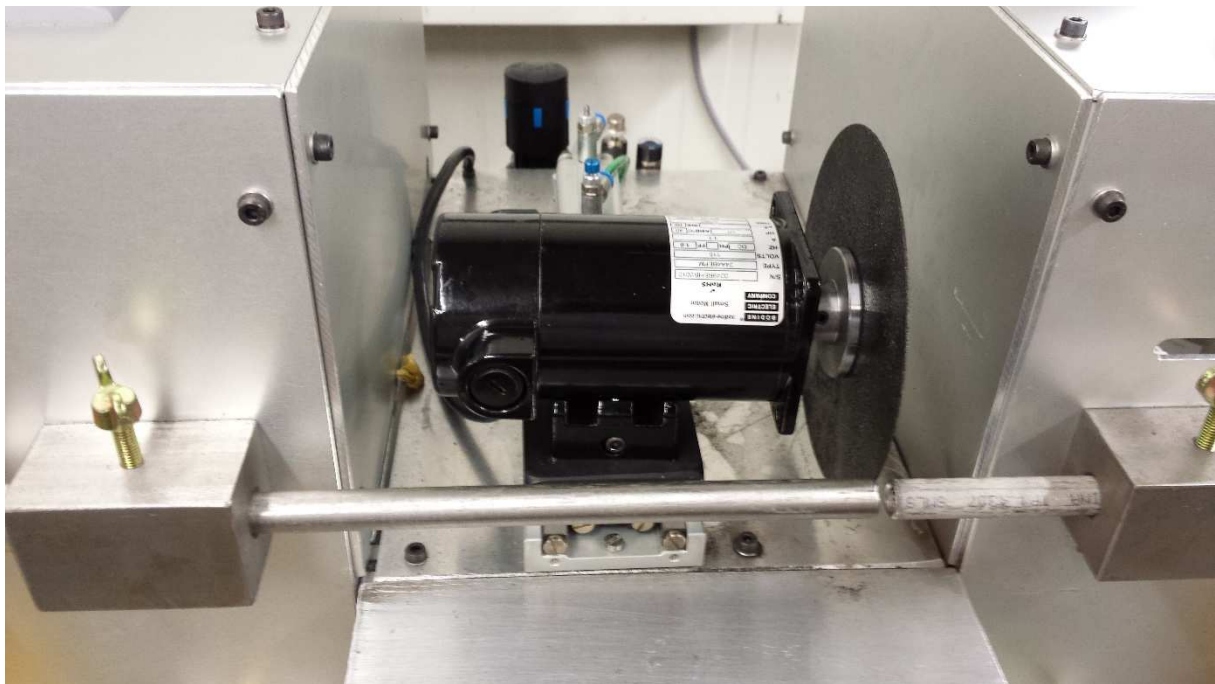
Dit programma is wel volledig operationeel en uitvoerig getest geweest. Het kan gebruikt worden voor het aansturen van de *cable cutter* indien men wenst te werken per fiets.

4 Slijpmotor

Nu het elektrisch en software gedeelte van de *cable cutter* op punt staat, kan er getest worden. Vooraleer te beginnen met het effectief testen van het slijpen, wordt eerst de slijpmotor getest. Er wordt gekeken of hij genoeg vermogen heeft en of het benodigde toerental gehaald wordt. Indien dit niet het geval is zal er gekeken moeten worden voor een alternatief.

4.1 Testen originele slijpmotor

De motor die voor het slijpproces wordt gebruikt is te zien op Figuur 40. Dit is de motor die de *cable cutter* gebruikte bij de aanvang van het project.



Figuur 40: Originele slijpmotor

Deze motor heeft een vermogen van 100 watt bij een toerental van 10 000 toeren per minuut. Uit de tests met deze motor kunnen volgende conclusies getrokken worden:

- 10 000 rpm is nodig voor het bekomen van een goede snede;
- 100 watt is te zwak om door de kabels te slijpen.

Bij minder dan 10 000 toeren worden geen goede sneden bekomen. Het duurt te lang eer de kabel is doorgeslepen. De kans op het dichtsmelten van de kabel stijgt hierdoor. Aangezien een dichtgesmolten kabel wordt afgekeurd is dit ongewenst. Bij 10 000 toeren is dit smeltgedrag niet aanwezig.

Het vermogen van de originele motor is te laag. Bij een test met tien kabels liep de motor vijf keer vast omdat die niet door de kabel geraakte. Wanneer men luistert naar het slijpproces hoort men het toerental van de motor ook afnemen.

Bovenstaande factoren brengen de bedrijfszekerheid dus in het gedrang. Om deze problemen op te lossen werden twee oplossingen voorgesteld:

- de originele motor overbelasten;
- een krachtigere motor met hetzelfde toerental aankopen.

Er wordt gekozen voor het aankopen van een nieuwe motor. Het overbelasten van de originele motor zal deze te snel doen verslijten wat ongewenst is. De nieuwe motor moet een vermogen hebben van minstens 200 watt en 10 000 rpm halen.

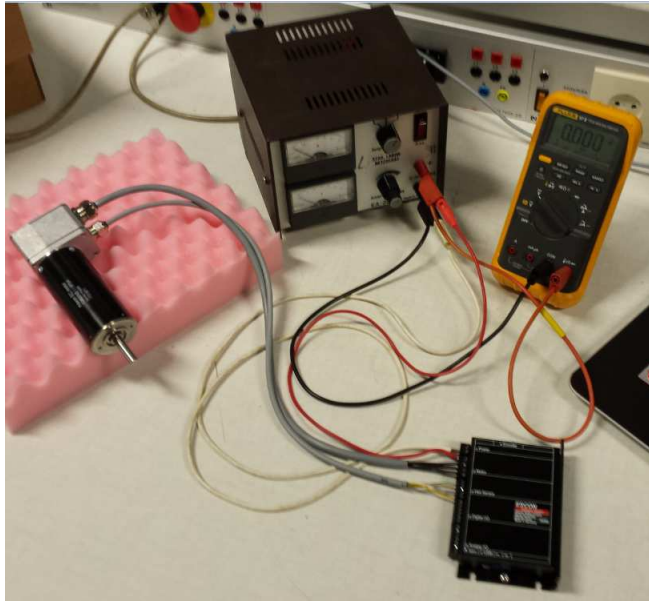
Naast bovenstaande twee eisen komt er nog een extra eis bij. Deze eis heeft betrekking op de dimensies. Aangezien de *cable cutter* al opgebouwd is en er geen mogelijkheid tot uitbreiding is moet er rekening gehouden worden met de inbouwruimte. Er is een ruimte van 20x25x20 beschikbaar. De motor moet dus kleiner zijn dan deze opgegeven waardes.

Na opzoekwerk en het contacteren van verschillende bedrijven wordt er vastgesteld dat er weinig motoren zijn die aan dergelijke eisen voldoen. Enkel bij het bedrijf Maxon en bij het Chinese AliExpress worden geschikte motoren gevonden. Beide motoren hebben voor- en nadelen. Deze voor en nadelen zijn te zien in Tabel 1.

Tabel 1: Vergelijking motoren

	Maxon	AliExpress
Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Gekend om zijn motoren • Betrouwbaar • Gekende specificaties 	<ul style="list-style-type: none"> • Kostprijs: € 250
Nadelen	<ul style="list-style-type: none"> • Kostprijs: € 1000 	<ul style="list-style-type: none"> • Betrouwbaarheid? • Onbekende Chinese fabrikant • Kwaliteit? • Onbekende levertijd

In de tabel zien we dat de motor van Maxon maar één nadeel heeft en dat is zijn hoge prijs. Het bedrijf is echter gespecialiseerd in motoren. In tegenstelling tot bij AliExpress zijn de specificaties van de motor wel gekend. De motor van Maxon heeft een vermogen van 250 Watt en heeft een toerental van 10700 toeren per minuut. De motor van AliExpress is echter een vierde goedkoper dan die van Maxon. Er moet dus een afweging gemaakt worden tussen de prijs en betrouwbaarheid. Het is deze betrouwbaarheid die de doorslag geeft voor de beslissing. Het is onmogelijk na te gaan hoe goed de motoren van AliExpress zijn. Er wordt voor zekerheid gekozen en de motor van Maxon wordt besteld.

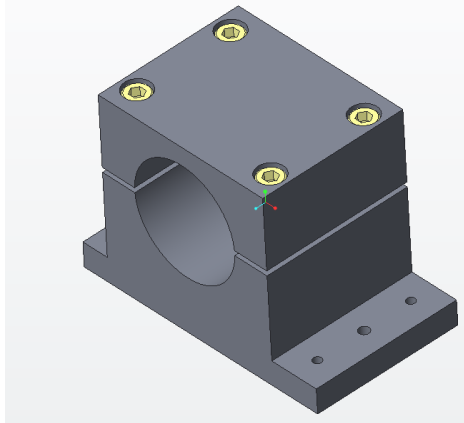


Figuur 42: Testopstelling motor

In deze opstelling is de drive gekoppeld aan de motor en aan een spanningsbron. Tussen de drive en de voeding is een voltmeter geplaatst om na te meten of de spanning niet te hoog oploopt. Wanneer de spanning nu verhoogt wordt zal de motor geleidelijk aan beginnen draaien. De maximale snelheid zal bereikt worden bij een spanning van 48 volt. De gebruikte spanningsbron gaat echter maar tot 30 volt. Uit de test hier blijkt dat de motor begint te draaien wanneer de spanning verhoogt wordt. Hoe hoger de spanning hoe sneller de motor ook draait. Als laatste wordt de regelkring getest. Dit wordt getest door de motor een weerstand op te leggen tijdens het draaien. Dit gebeurt door de motoras licht te klemmen. Er wordt vastgesteld dat ondanks de toegevoegde weerstand de motor toch een constant toerental aanhoudt. De motor is dus goed gekalibreerd en kan dus opgenomen worden in de *cabl cutter*.

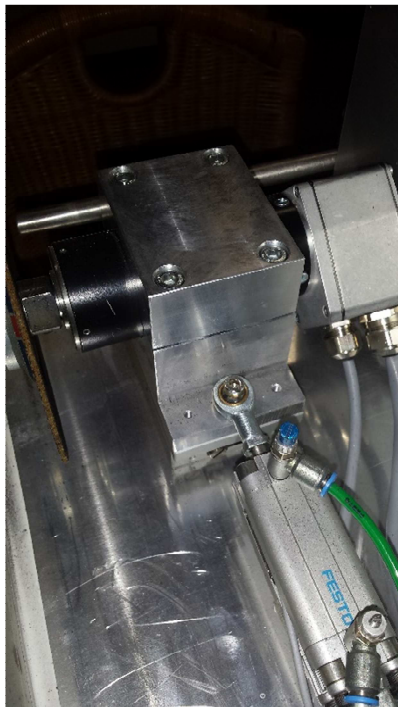
4.3 Motorklem

De motor zal nu geplaatst moeten worden op de lineaire geleiding van de *cable cutter*. Er zijn echter geen bevestigingen meegeleverd bij de motor. Er zal dus een klem ontworpen moeten worden. Deze klem is te zien op Figuur 43.

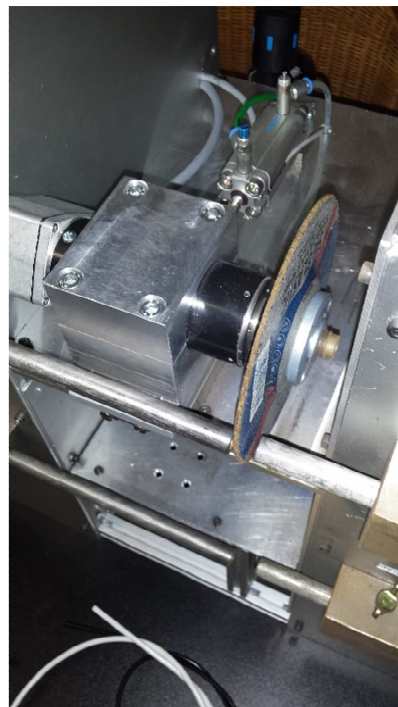


Figuur 43: Motorklem

Het nieuwe bevestigingssysteem bestaat uit twee helften. Een boven – en onderhelft. Deze helften kunnen op elkaar geschroefd worden. Om de onnauwkeurigheid van het vervaardigen op te vangen zullen deze twee helften niet op elkaar aansluiten. Tussen de twee helften wordt een speling van 2 mm voorzien. Hierdoor zal de motor altijd in de klem passen. Met behulp van de schroeven kan men de motor inklemmen. Deze motorklem kan dan onderaan vastgeschroefd worden op de lineaire geleiding. Het gebruikte materiaal voor de klem is aluminium. Dit omdat aluminium makkelijk te bewerken is en licht. Op Figuur 44 en Figuur 45 is te zien hoe de motor in de klem zit op de *cable cutter*.



Figuur 44: Motorklem achterkant



Figuur 45: Motorklem voorkant

Als laatste stap kan de motor getest worden op de *cable cutter*. Er wordt gekeken of het vermogen groot genoeg is en of het gewenste toerental wordt gehaald. Het toerental kan gecontroleerd worden met de software. Het vermogen is hoog genoeg wanneer de motor vlot door de kabel slijpt.

Het gewenste toerental wordt vlot bereikt en kan ingesteld worden over een range van 400 tot 10700 rpm. Doormiddel van de ingebouwde PID-regelaar blijft het toerental ook constant wanneer de motor door een kabel slijpt. Dit in tegenstelling tot de oude motor. Hier was er geen PID-regelaar aanwezig en daalde het toerental bij het slijpen. De motor slijpt vlot door de kabels. Dit wijst er op dat het vermogen hoog genoeg is. Gedurende de tests is de motor nooit vastgelopen. Het proces kan dus continu uitgevoerd worden. Dit zorgt op zijn beurt voor een hoge bedrijfszekerheid. **De nieuwe motor is dus geschikt voor het slijpproces.**

4.4 Trillingsprobleem

De nieuwe motor brengt echter een nieuw probleem met zich mee. De motor zorgt voor hevige trillingen. Die zijn schadelijk voor de elektronica en zorgen voor geluidsoverlast. Dit is te wijten aan het hogere vermogen van de motor. Hierop is de *cable cutter* niet voorzien. De plaat waarop de slijpmotor wordt bevestigd is niet stijf genoeg. Alvorens verder te kunnen testen zullen eerst de trillingen worden weggewerkt. Het weggewerken van de trillingen kan op volgende manieren gebeuren:

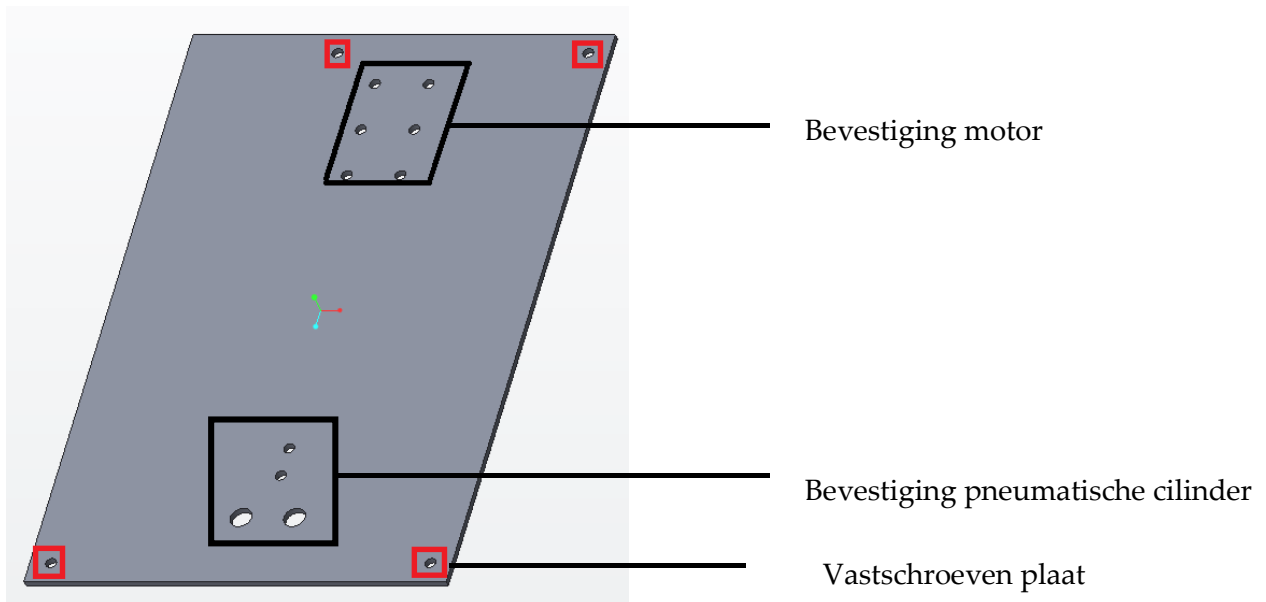
- de bodemplaat extra vastschroeven;
- een dikkere bodemplaat gebruiken;
- steunribben aanbrengen;
- dempingscilinders en/of rubberen dempstroken aanbrengen.

Voordat er één of meerdere van deze oplossingen worden geïmplementeerd, zullen de trillingen gesimuleerd worden met behulp van eindige elementen.

Het gebruik van eindige elementen heeft een voordeel. Bepaalde oplossingen kunnen virtueel getest worden. Het gaat hier om de drie oplossingen die als eerst zijn opgesomd. Uit de resultaten van deze test kan men zien welke invloed iedere oplossing heeft. Na het vergelijken van deze resultaten kan dan de beste oplossing gekozen worden.

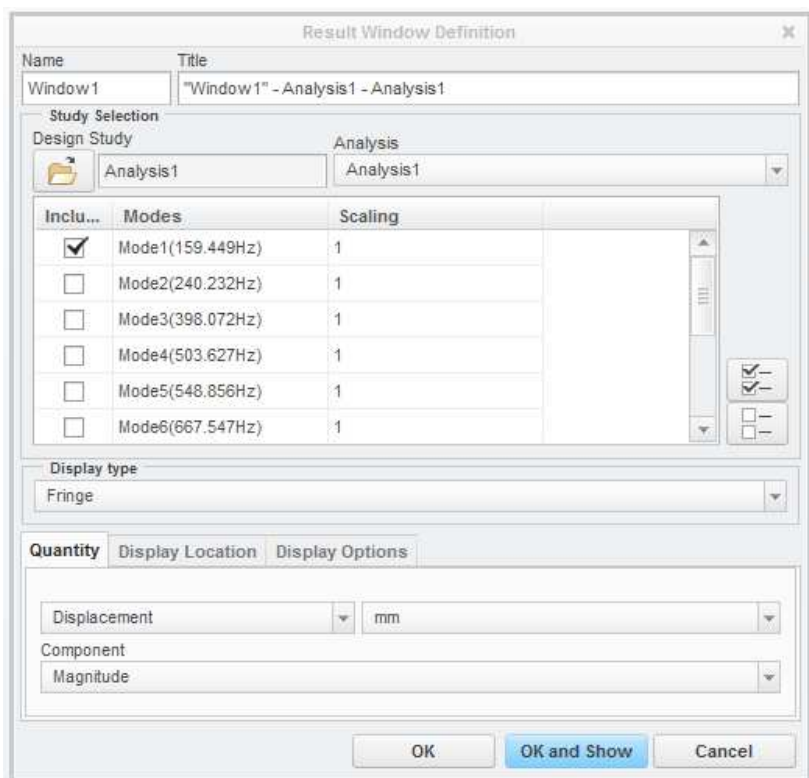
Van de motor weten we dat deze draait bij 10 000 rpm. Omzetten naar toeren per seconden geeft de frequentie. De motor zit dus op een frequentie van 166,67Hz. Uit testen blijkt dat bij deze frequentie trillingen optreden. Wanneer het eindige elementen model een resonantiefrequentie vindt rond de 160Hz, of hogere harmonische, is het model correct. Voor de simulatie van het model wordt gebruik gemaakt van Creo Simulate.

De plaat waarop de motor is bevestigd is te zien op Figuur 46. De kleine vierkanten geven de plaatsen aan waar de plaat is vastgeschroefd op de aluminium constructie. Het zwarte vierkant geeft aan waar de lineaire geleiding is vastgeschroefd op de plaat. Op deze lineaire geleiding staat de motor.



Figuur 46: Bevestigingsplaat motor

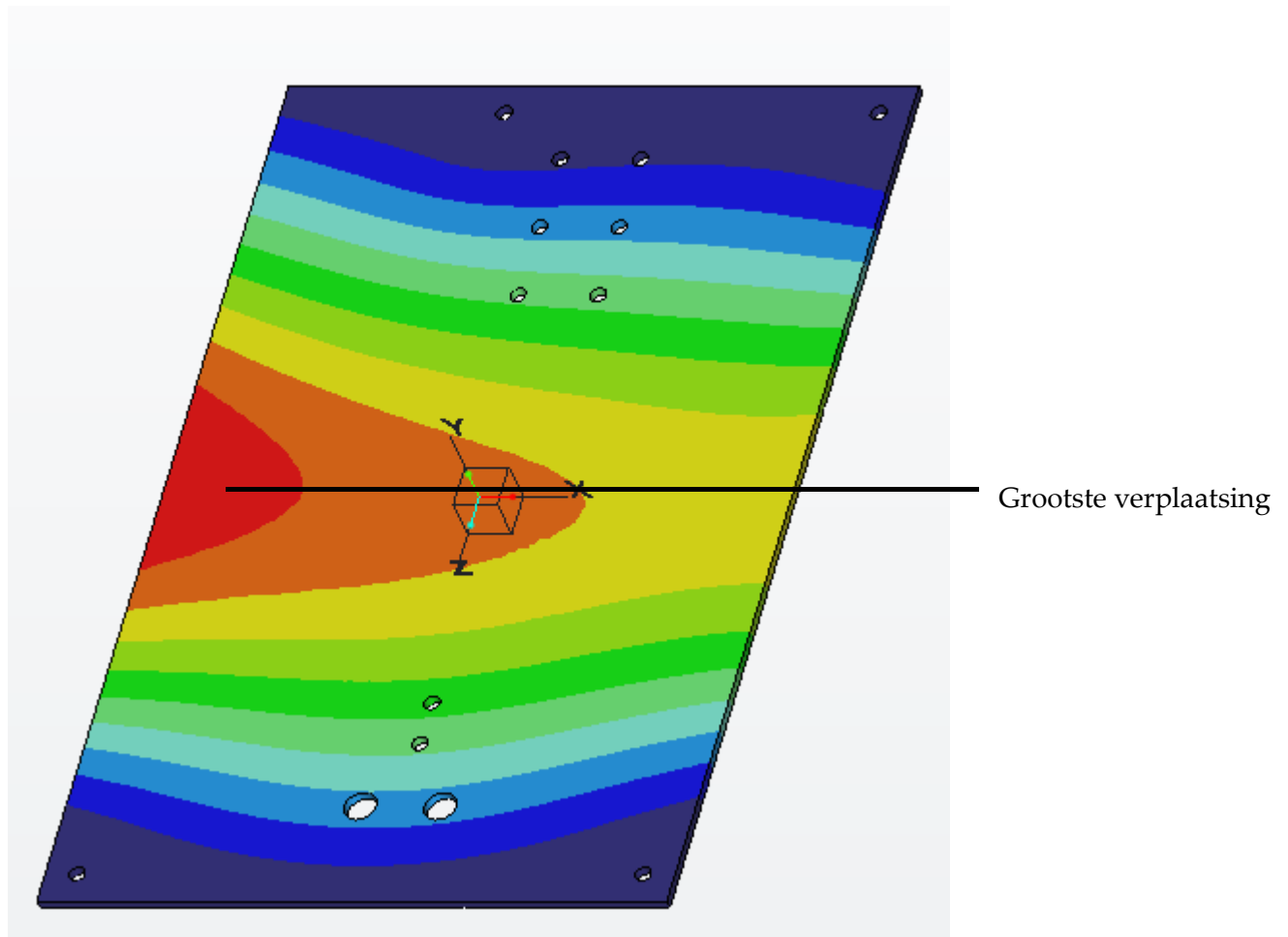
Wanneer met behulp van eindige elementen de plaat geanalyseerd wordt bekomt men onderstaand resultaat, te zien op Figuur 47.



Figuur 47: Resultaten eindige elementen analyse

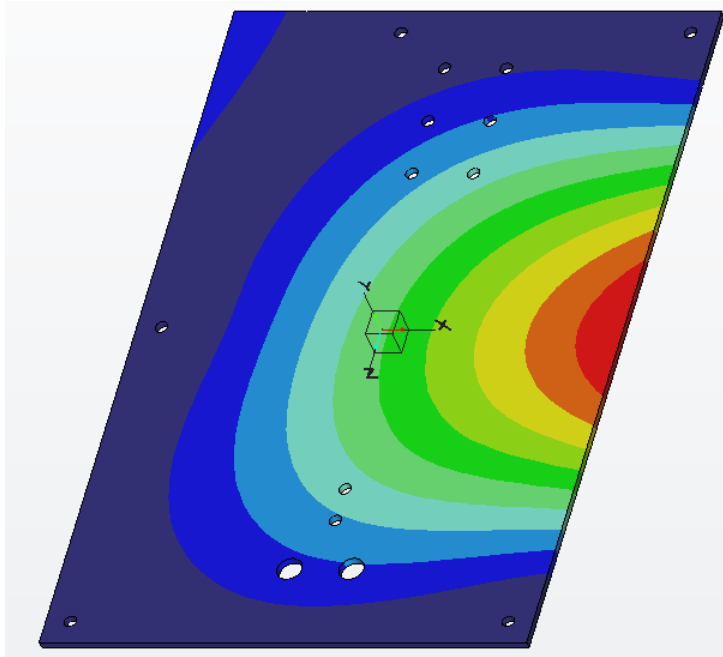
We zien dat er een eerste eigenfrequentie gevonden wordt met een waarde van 159,449 Hz. Dit ligt dicht bij de waarde van 166,67 Hz waarbij de motor draait. Het is dus deze eerste eigenfrequentie die voor de trillingen zorgt. Om de trillingen weg te werken zal deze eigenfrequentie hoger moeten komen te liggen.

Bij deze frequentie horen ook bepaalde verplaatsingen. Deze verplaatsingen kunnen ook getoond worden. Aan de hand van een kleurencode kan de grootte van de verplaatsingen geanalyseerd worden. Dit is te zien op Figuur 48 .



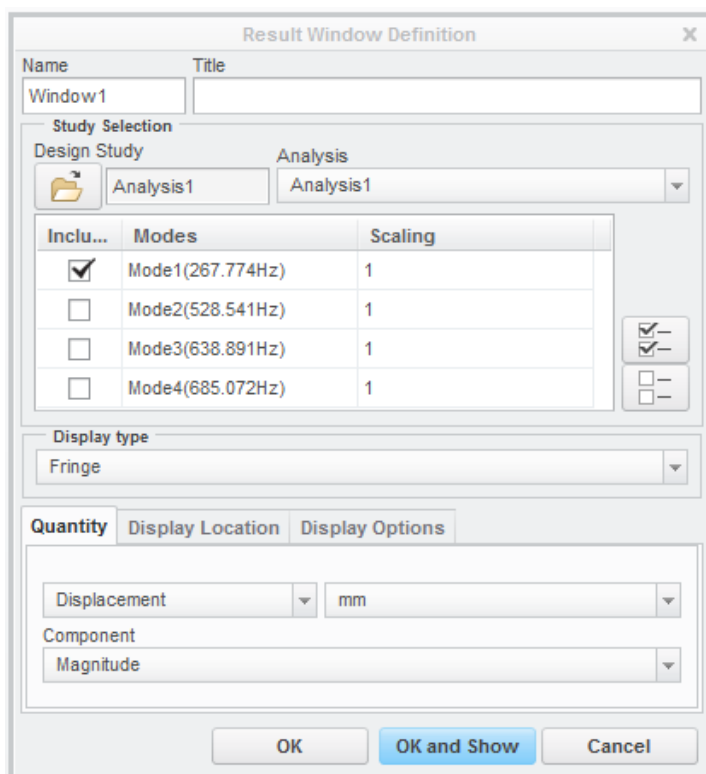
Figuur 48: Zichtbaar gemaakte verplaatsingen

Het rode gebied duidt op de grootste verplaatsing het blauwe gebied op de kleinste. De exacte waarde van de verplaatsing wordt hier niet weergegeven. Bij een frequentieanalyse van de eigenfrequentie zal de verplaatsing altijd convergeren naar oneindig. Dit omdat bij een eigenfrequentie een voorwerp geen weerstand meer biedt tegen verplaatsingen. Dit resultaat is onjuist en wordt dus niet besproken. Er wordt opgemerkt dat de grootste verplaatsing zich voordoet centraal links op de plaat. Dit is ook de positie waar de plaat het minst is vastgeschroefd. Een extra schroef toevoegen ter hoogte van deze positie zou een mogelijke oplossing zijn. Dit is te zien op Figuur 49



Figuur 49: Toevoegen extra schroef

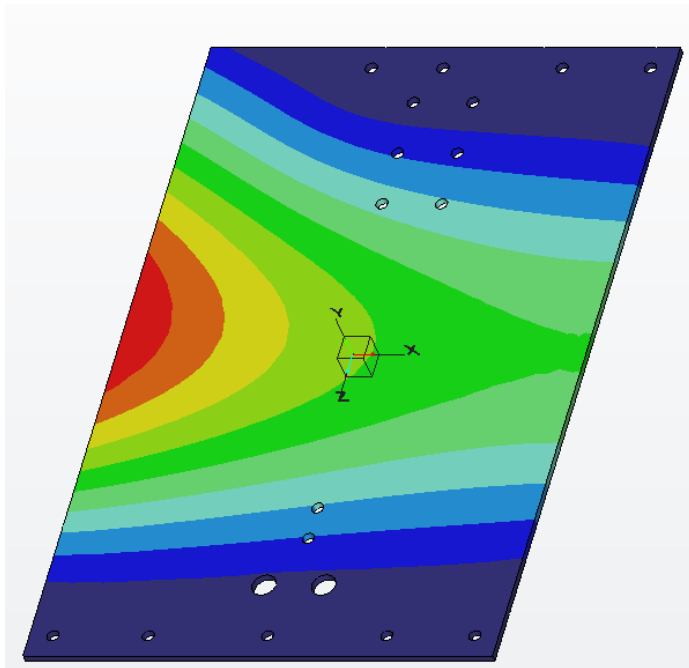
Op bovenstaande figuur is centraal links, ter hoogte van de grootste verplaatsingen, een extra schroef toegevoegd. Er is nu duidelijk te zien dat hier de verplaatsingen sterk afnemen en dat de grootste verplaatsingen zich verplaatsen naar de rechterkant van de plaat. De eerste eigenfrequentie komt ook hoger te liggen. Dit is te zien op Figuur 50.



Figuur 50: Resultaten 2de analyse

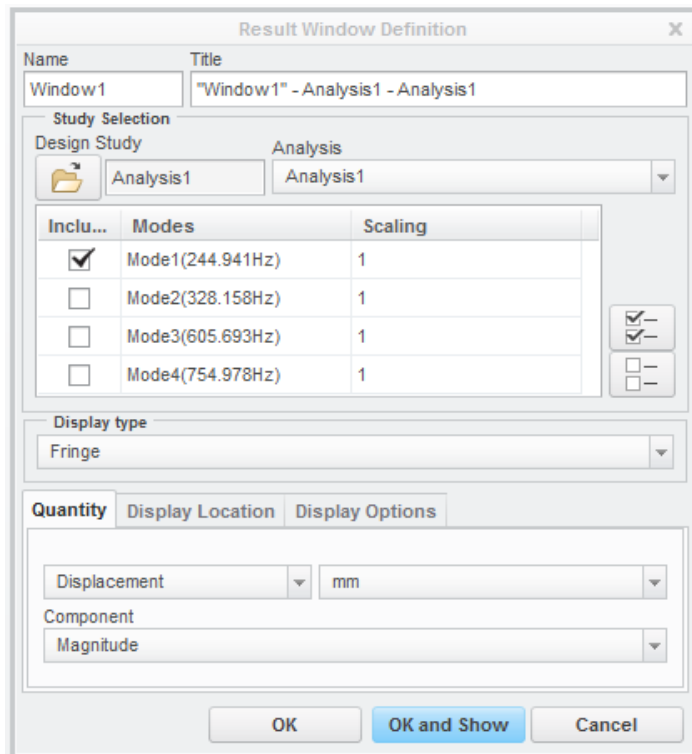
De eerste eigenfrequentie heeft nu een waarde van 267,774 Hz. Dit is 100 Hz hoger dan de frequentie waarbij de motor werkt. Met het toevoegen van een schroef op deze locatie zou het probleem dus verholpen zijn. Omwille van constructieve redenen is dit echter niet

mogelijk. Enkel op de voorste en achterste rij, waar nu al schroeven zijn bevestigd, kunnen er extra schroeven worden toegevoegd. Het resultaat hiervan is te zien op Figuur 51.



Figuur 51: Toevoegen extra schroeven horizontaal

Het resultaat hierboven lijkt op het resultaat dat te zien is in Figuur 48. De rode zone met de grootste verplaatsingen is nu echter minder groot. De grootste verplaatsingen zijn dus afgenomen. De eerste eigenfrequentie komt dus hoger te liggen. Figuur 52 bevestigt dit.

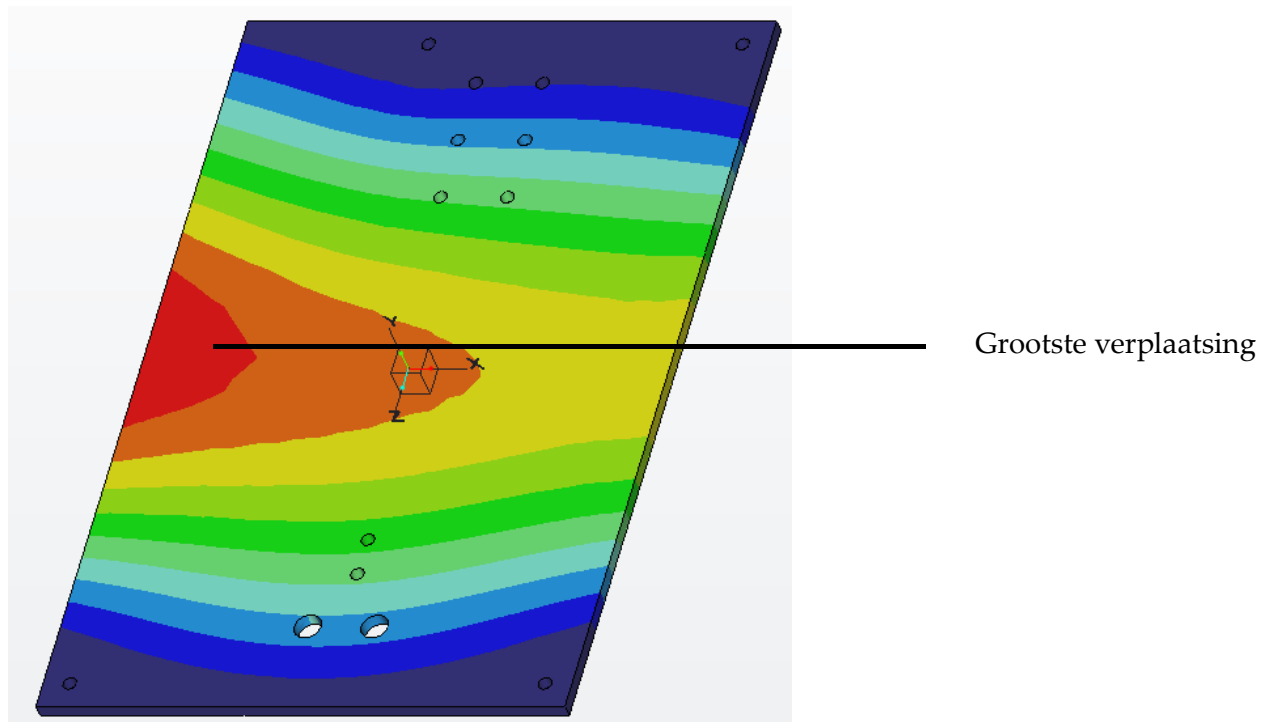


Figuur 52: Resultaten analyse horizontale schroeven

De eerste eigenfrequentie heeft nu een waarde van 244,941 Hz. Dit is ongeveer gelijk aan de frequentie die eerder werd gevonden door het plaatsen van een schroef centraal links. Er

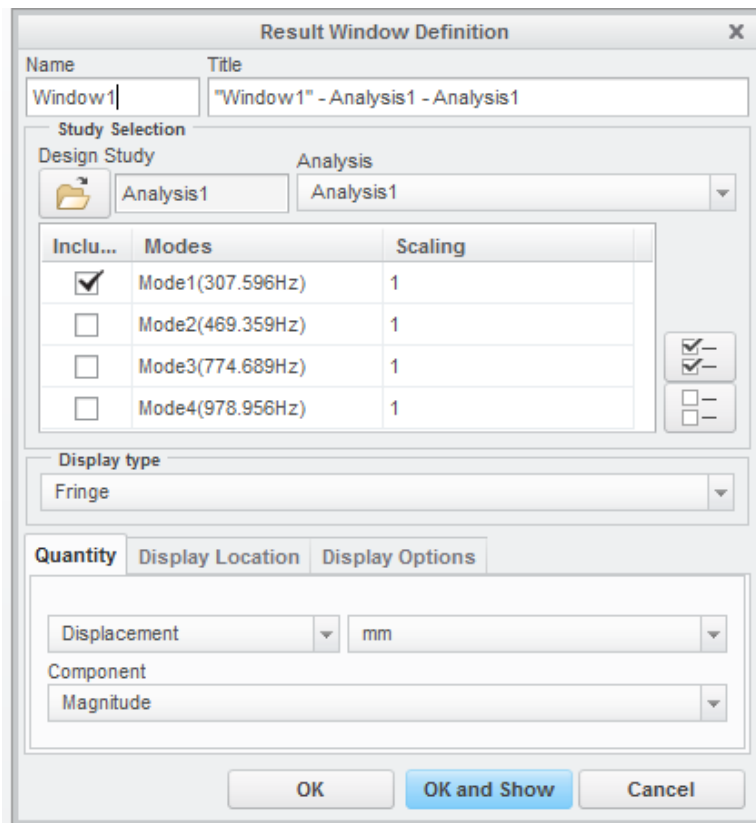
zullen op deze manier dus meer schroeven moeten worden toegevoegd dan bij de oplossing op Figuur 49. Het trillingsprobleem zou hier waarschijnlijk ook mee opgelost zijn. Deze oplossingen is ook constructief haalbaar.

Het dikker maken van de plaat is ook een mogelijkheid. Een dikkere plaat betekent een hogere stijfheid wat een hogere eerste eigenfrequentie gaat opleveren. De trillingen zouden dan ook minder zijn. De plaat die nu gebruikt wordt heeft een dikte van 3 mm. Er wordt nu gekeken of een plaat van 5 mm een voldoende hoge eigenfrequentie heeft. Het resultaat is te zien in Figuur 53.



Figuur 53: Resultaat analyse dikkere plaat

De plaat van 5 mm vertoont hetzelfde trilgedrag als de plaat van 3 mm zoals te zien is op Figuur 48. Dit was ook te verwachten. De plaat is nog steeds op dezelfde plaatsen vastgeschroefd dus de verplaatsingen zullen zich op dezelfde plaatsen voordoen. De grootte van de verplaatsingen gaat echter een andere waarde hebben. De plaat van 5 mm gaat een grotere eigenfrequentie hebben en dus een grotere weerstand tegen trillen. Figuur 54 bevestigt dit.



Figuur 54: Resultaten plaat 5 mm

De eerste eigenfrequentie heeft nu een waarde van 307,596 Hz. Dit is bijna dubbel zo hoog als de originele plaat. Vergeleken met de resultaten op Figuur 52 ligt de eigenfrequentie 60 Hz hoger. Het dikker maken van de plaat is dus een betere oplossing dan het toevoegen van extra schroeven.

Er kunnen ook extra steunribben onderaan de plaat worden toegevoegd voor het verhogen van de stijfheid. Constructief gezien is dit met de huidige opbouw van de *cable cutter* echter niet mogelijk. Aangezien het probleem ook opgelost kan worden met bovenstaande twee oplossingen wordt dit hier niet verder besproken.

Een laatste oplossing is het aanbrengen van dempingscilinders of dempende rubberen stroken. Deze oplossing gaat de trillingen echter niet wegnemen. Ze zorgen er wel voor dat het geluidsniveau naar beneden wordt gehaald.

Er zal eerst gekeken worden of het aanbrengen van extra schroeven een voldoende goede oplossing is. Dit omdat de huidige plaat dan gerecupereerd kan worden. Als dit onvoldoende blijkt dan wordt er overgeschakeld op een dikkere plaat van 5 mm. De trillingen zullen dan zeker weggenomen zijn. Moest er dan toch nog geluidshinder zijn dan zullen de dempende rubberen stroken worden aangebracht.

4.5 Geluidsmetingen

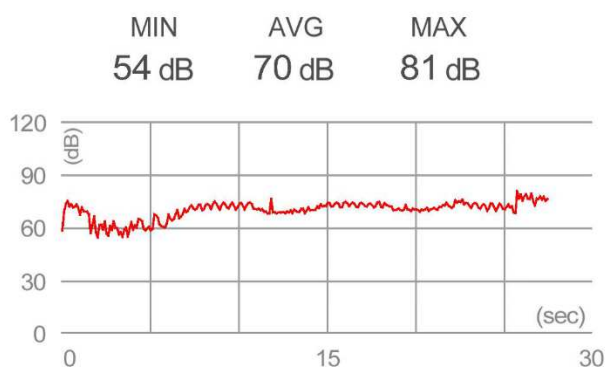
Om te zien wat het effect is op het wijzigen van de motorplaat, worden er enkele geluidsmetingen uitgevoerd. Hieruit kan objectief bepaald worden of er een verbetering is en hoe groot deze verbetering is. De geluidsmeting start op het moment dat de motor begint aan te lopen en stopt als er drie kabels geslepen zijn.

Als eerste wordt de intensiteit van het geluid gemeten dat alleen door de motor wordt geproduceerd. De motor wordt hiervoor losgekoppeld van de *cable cutter*. Daarna wordt het geluid gemeten van de machine in zijn originele opstelling. Dit is dus met een motorplaat van 3 mm. Zo kunnen we zien hoe groot de invloed is van de trillingen van de platen op het totale geproduceerde geluid. Als laatste wordt dan de voorgaande simulatie getest.

Aangezien er geen aluminium plaat van 5 mm ter beschikking was, werd het geluid gemeten op drie aluminium platen van 2 mm. Deze werden zodanig aan elkaar geschroefd dat ze als het ware één geheel vormen.

4.5.1 Enkel slijpmotor

Voor deze meting koppelen we de slijpmotor los van de *cable cutter*. Het geluid dat de motor dan produceert is te zien op Figuur 55. Hier zien we dat het gemiddelde 70 dB bedraagt en het maximum 81 dB.



Figuur 55: Geluidmeting slijpmotor

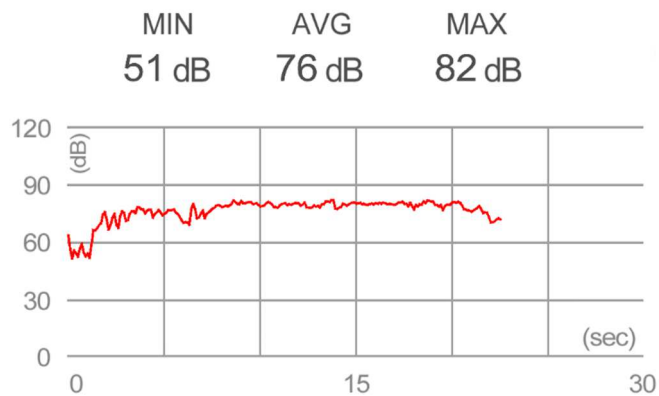
4.5.2 Originele opstelling

De meting staat afgebeeld op Figuur 56. De meting begint rond een geluidsniveau van 60 dB. Dit is te wijten aan het omgevingsgeluid dat waar te nemen is op de positie waar de machine is opgesteld. Het minimum dat gedetecteerd wordt is 51 dB. Na de beginfase is er een kleine stijging in het geluidsniveau waar te nemen. Dit is het moment waarop de machine begint aan te lopen.

Na ongeveer 7 seconden bereikt het toestel zijn maximale geluidsniveau. Dit ligt in de buurt van de 80 dB met een maximale waarde van 82 dB. Het gemiddelde ligt op 76 dB. Dit is beduidend hoger dan de vorige meting. De motor op zich is relatief stil, het is dus de constructie van de machine die voor geluidshinder zorgt.

Na 7 seconden tot het einde van de meting blijft het geluidsniveau constant. In deze periode wordt er ook door de kabel geslepen. Dit betekent dus dat het slijpen door de kabel niet voor

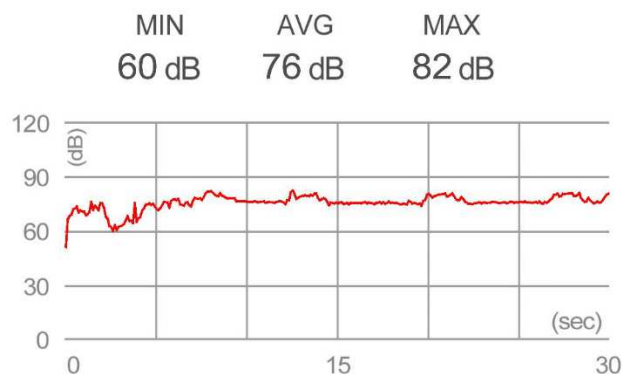
een geluidstoename zorgt. Het is dus het trillen van de motorplaat die voor de grootste geluidsoverlast zorgt.



Figuur 56: Geluidsmeting originele opstelling

4.5.3 Dikkere plaat

Zoals reeds vermeld gebruiken we geen dikkere plaat, maar drie dunne platen van 2 mm die aan elkaar geschroefd zijn. De geluidsmeting is afgebeeld op Figuur 57. Het gemiddelde en het maximum zijn hetzelfde als in de vorige meting. Een dikkere plaat zou dus niet voor meer geluidsdemping zorgen. Dit is echter niet waar. In de grafiek van Figuur 57 zijn er drie pieken te zien: één op 12 seconden, op 20 seconden en een laatste op 27 seconden. Dit zijn de momenten waarop er geslepen wordt. Aangezien er nu wel een onderscheid gemaakt kan worden tussen de momenten waarop er geslepen wordt en wanneer niet, zorgt een dikkere plaat voor enige geluidsdemping als de motor vrij draait.



Figuur 57: Geluidsmeting met dikke plaat

4.6 Conclusie trillingsanalyse

De originele opstellingen heeft een motorplaat van 3 mm. Na simulatie in Creo werd berekend dat de plaat een eigenfrequentie van 160 Hz heeft. Dit ligt dichtbij de frequentie waarop de motor draait. Door gebruik te maken van een dikkere plaat van 5 mm komt de eigenfrequentie van de plaat op 308 Hz.

De motor zelf zorgt niet voor veel geluidsoverlast. Als de motor is losgekoppeld produceert het gemiddeld 70 dB. Als de motor is vastgeschroefd aan de machine, produceert de

machine geluid met een intensiteit van gemiddeld 76 dB. Dit is dus een toename van 6 dB. Het is dus de constructie van de machine die zorgt voor geluidshinder. Een goede constructie kan deze hinder beperken.

De trillingen op de originele plaat en de dikkere plaat werden geanalyseerd met behulp van geluidsmeting. Hieruit bleek dat de intensiteit van het geluid hetzelfde is voor beide platen als de motor een kabel doorslijpt. Als de motor echter vrij draait, wordt er minder geluid geproduceerd als de motor gemonteerd is op drie platen van 2 mm.

Door deze geluidsvermindering is het aangenamer voor de operator om met de machine te werken.

5 Testen

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken die bekomen zijn na het testen van het slijpproces. Als eerste zal er kort uitgelegd worden hoe de tests zijn uitgevoerd. Vervolgens zullen de testgegevens van de versnellingskabels besproken worden en wordt hieruit een besluit getrokken. Hetzelfde wordt gedaan voor de remkabels. Als derde zullen de testgegevens bekeken worden met betrekking tot het slijpen op de juiste lengte. Ook hieruit wordt dan een conclusie getrokken. Als laatste wordt dit hoofdstuk afgesloten met een algemene conclusie.

5.1 Testmethode

Als eerste zal de versnellingskabel worden getest. Er wordt eerst getest op de kwaliteit van de bramen en de kwaliteit van de sneden. Er wordt nog niet gekeken naar de lengte. Het aangelegde toerental varieert van laag naar hoog. Er wordt begonnen bij 1000 toeren per minuut en het toerental neemt toe in stappen van 1000 tot een maximaal toerental van 10 000. Uit eerdere testen is al gebleken dat bij de hogere toerentallen de beste resultaten worden bekomen. Toch worden de lagere toerentallen ook getest. Dit om een volledig beeld te krijgen van de invloed van de toerentallen op de kwaliteit. Ook de voedingssnelheid zal variëren. Die varieert tussen drie standen: traag, matig of snel. Verderop worden deze voedingssnelheden gespecificeerd. Per combinatie van toerental en voedingssnelheid worden er tien testen uitgevoerd. Dit betekent dat er tien stukken kabel worden geslepen wat 20 geslepen kanten oplevert die beoordeeld kunnen worden. In totaal zullen er dus per slijpschijf 300 tests worden uitgevoerd wat overeenkomt met 600 te beoordelen sneden. In totaal zullen er zes slijpschijven getest worden. In de bespreking van de resultaten zullen niet alle schijven besproken worden. Enkel de meest opvallende resultaten worden aangehaald. Dit wordt gedaan omdat de conclusies bij de verschillende schijven gelijkaardig zijn. Wanneer de resultaten van deze tests besproken zijn, wordt op de best beoordeelde slijpschijven een duurtest uitgevoerd. Die dient om na te gaan hoe lang de slijpschijf meegaat alvorens hij geen goede sneden meer kan maken.

Als tweede zal de remkabel getest worden. Dit testproces verloopt hetzelfde als het testproces van de versnellingskabel.

Als derde zal er getest worden op het afmeten van de juiste lengte. Hiervoor wordt er een kabel tussen de stappenmotoren geplaatst. Die draaien de kabel dan verder over een vooraf meegegeven lengte. Deze lengtes worden willekeurig gekozen maar liggen binnen bepaalde grenzen. De kortste lengte zal niet korter zijn dan de kortste kabel die Ridley gebruikt. Hetzelfde geldt voor de langste kabel. Wanneer de doorgedraaide lengte van de kabel maximaal 5 mm langer is dan de ingestelde lengte die de stappenmotoren moesten draaien, is de kabel goedgekeurd.

Om de geslepen kabels te evalueren wordt een scoresysteem gebruikt. Dit systeem is opgesteld met de dienst customer service. Op braamvorming en de kwaliteit van de snede wordt een score gegeven. Er wordt gewerkt met een score systeem omdat het aantal bramen

objectief moeilijk vast te stellen is. Ook de kwaliteit van de snede is moeilijk objectief te bepalen. Dit scoresysteem wordt getoond in Tabel 2.

Tabel 2: Evaluatiesysteem geslepen kabels

Aantal bramen	Score	Kwaliteit snede
Hoog aantal bramen	1	Slechte snede
	2	
	3	
Gemiddeld aantal bramen	4	Matige snede
	5	
	6	
Weinig bramen	7	Goede snede
	8	
	9	
Geen bramen	10	Perfekte snede

De score loopt van 1 tot en met 10. Hierbij staat 1 voor een slecht resultaat en 10 voor een perfect resultaat. Wanneer de kabel minstens 7 scoort wordt hij goedgekeurd. Een 7 voor de bramen betekent dat er na het slijpproces nog bramen op de kabel zitten maar dat deze verwijderd kunnen worden door er kort over te wrijven. Een 8 betekent dat de bramen nog makkelijker verwijderd kunnen worden. Een 9 wilt zeggen dat er bijna geen bramen zijn. Een 7 voor snede wilt zeggen dat de snede recht is en dat de inwendige opening niet is dichtgesmolten. Het kan hier wel nog voorkomen dat er voor de inwendige opening zich een kleine braam bevindt. Deze is echter makkelijk te verwijderen door de inwendige staaldraad door de kabel te steken. Een 8 heeft deze braam niet meer voor de opening. Een 9 is een perfect rechte snede. De scores onder een 7 worden gebruikt om het verloop in kwaliteit aan te geven. Op de volgende pagina staan figuren die de scores visueel weergeven. Er is geen foto te zien waarbij een score van 10 wordt getoond. Dit is omdat deze score tijdens de testen niet werd behaald.



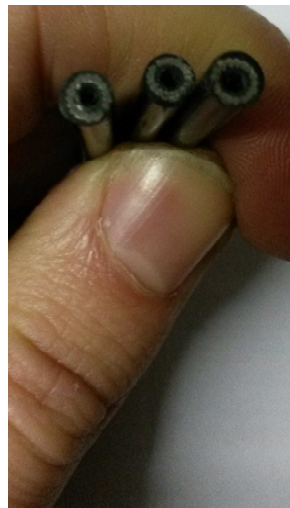
Figuur 58: Hoog aantal bramen + slechte snede



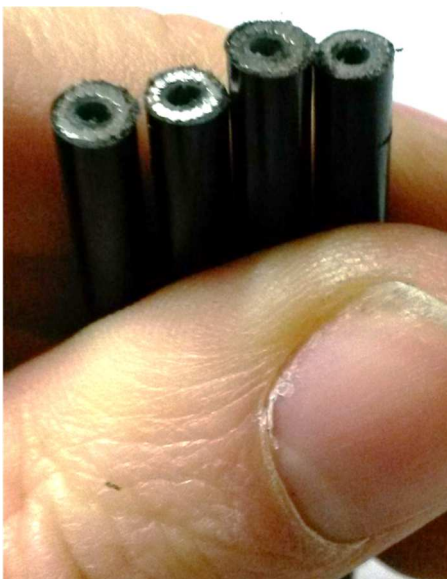
Figuur 59: Gemiddeld aantal bramen + matige snede



Figuur 60: Score van 7 op bramen en snede



Figuur 61: Score van 8 op bramen en snede



Figuur 62: Score van 9 op bramen en snede

5.1.1 Testparameters

Er zijn drie testparameters:

- het toerental,
- de voedingssnelheid,
- soort slijpschijf.

De slijpmotor kan verschillende toerentallen aan van 400 rpm tot 10000rpm. We doen testen met toerentallen van 1000rpm tot 10000 rpm met een stapgrootte van 1000rpm.

De tweede parameter is de voedingssnelheid. De voedingssnelheid mag niet te snel zijn. Als dit toch het geval is zal de slijpschijf te hard tegen de kabel gedrukt worden. Hierdoor zal de schijf niet slijpen maar eerder duwen. Dit moeten absoluut vermeden worden. De voedingssnelheid wordt ingesteld door middel van een ventiel op de pneumatische cilinder. Hoe meer het ventiel openstaat, hoe meer lucht uit de cilinder kan ontsnappen en hoe trager de cilinder wordt uitgestuurd. De voedingssnelheden die worden ingesteld zijn:

- 0,90 m/min,
- 1,80 m/min,
- 3,60 m/min.

Ze worden zodanig ingesteld dat de trage voedingssnelheid twee keer minder is dan de matige voedingssnelheid en vier keer minder dan de trage voedingssnelheid.

Voor de derde testparameter variëren de gebruikte slijpschijven. Dit zijn allemaal metaalslijpschijven van verschillende producenten, maar met verschillende diktes en specifieke toepassingen.

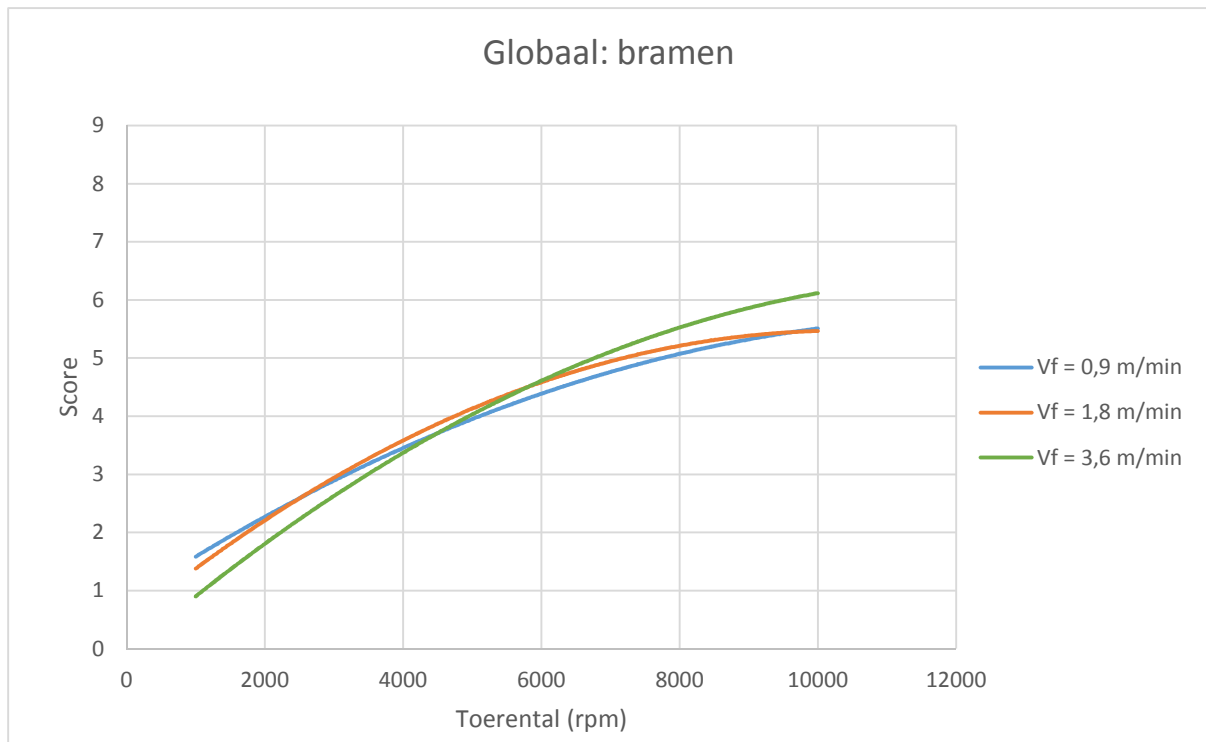
5.2 Versnellingskabel

5.2.1 Gegevensanalyse

Om het geheel overzichtelijk te houden wordt er gewerkt met grafieken. Als eerste worden de globale resultaten besproken. Dit zijn alle resultaten van alle slijpschijven samengevoegd in één grafiek. Dit wordt gedaan omdat in het verloop van de grafieken van de individuele schijven niet altijd een duidelijk patroon te herkennen is. Als tweede worden de slijpschijven apart besproken. Het zijn de meest opvallende punten die hier extra worden uitgelicht. Als derde wordt gekeken naar de beste resultaten per slijpschijf. Deze resultaten worden met elkaar vergeleken en hieruit wordt een conclusie getrokken.

5.2.1.1 Globale resultaten

De geslepen kabel wordt beoordeelt op de braamvorming en op de snede. De eerste grafiek die besproken wordt is die van de globale braamvorming, te zien op Figuur 63.



Figuur 63: Globale braamvorming

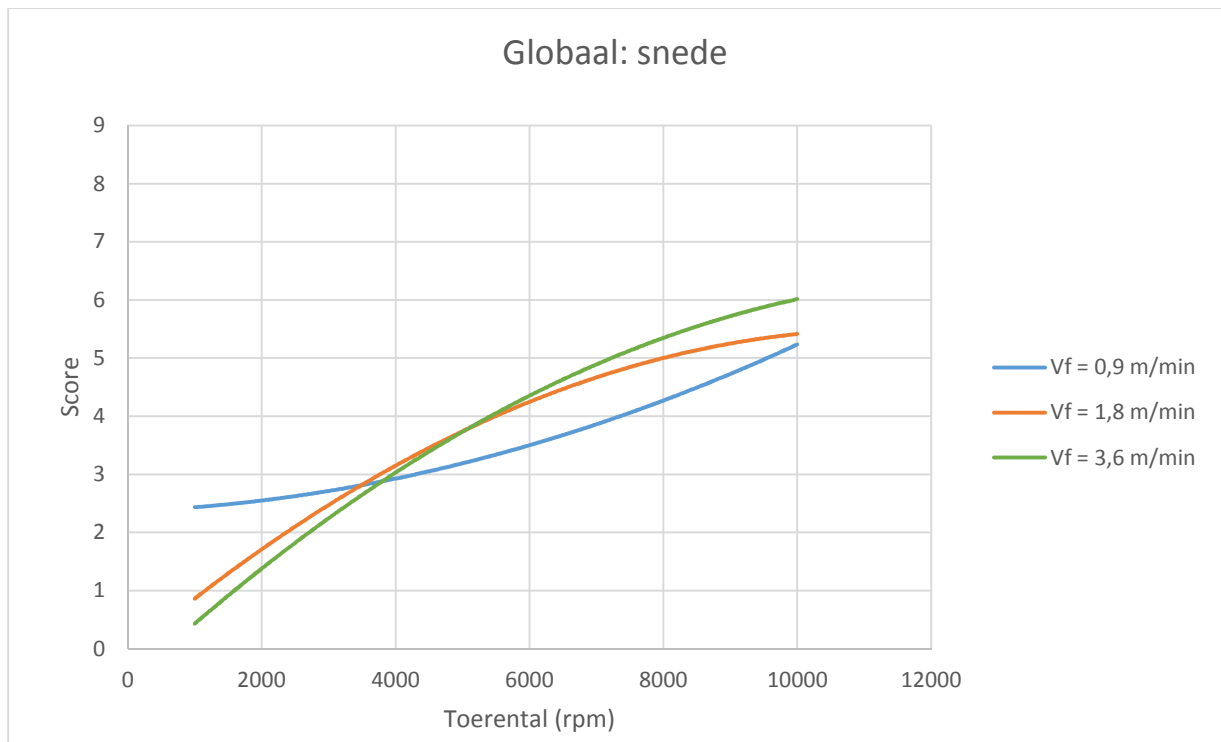
In de grafiek is de score uitgezet in functie van het toerental. Er zijn drie lijnen in de grafiek terug te vinden. Iedere lijn stelt een welbepaalde voedingssnelheid voor. Uit deze grafiek kunnen twee conclusies worden getrokken:

- hoe hoger het toerental, hoe hoger de behaalde score;
- vanaf 5000 rpm leidt een hogere voedingssnelheid tot een hogere score.

Bij toenemend toerental neemt de score toe. Bij een matige en trage voedingssnelheid stagneert de score wel vanaf een toerental van 9000 toeren. Het heeft hier dus geen zin meer het toerental nog verder op te drijven. Bij een snelle voedingssnelheid is er bij 10000 toeren nog niet direct een stagnatie te zien. Het opvoeren van het toerental kan hier wel gunstig zijn. De motor laat dit echter niet meer toe.

Vanaf 5000 toeren scoort de hogere voedingssnelheid het beste. Dit komt omdat bij lage toerentallen (onder 5000 rpm) in combinatie met een hoge voedingssnelheid de slijpmotor de tijd niet krijgt om door de kabel te slijpen. De slijpschijf zal dan in plaats van door de kabel te slijpen door de kabel geduwd worden. Dit geeft een ongunstig resultaat.

De tweede grafiek die besproken wordt is die van globale snede, te zien op Figuur 64.



Figuur 64: Globale snede

De grafieken met een matige en een snelle voedingssnelheid vertonen hetzelfde verloop als deze op Figuur 63. Enkel de lijn van de trage voedingssnelheid heeft een gedeeltelijk anders verloop. Dit komt omdat de bekomen score bij 1000 toeren hoger ligt dan de score bij 1000 toeren in Figuur 64. Alle andere waardes komen wel overeen. Er kunnen dus dezelfde twee conclusies getrokken worden:

- hoe hoger het toerental, hoe hoger de behaalde score;
- hoe hoger de voedingssnelheid, hoe hoger de behaalde score.

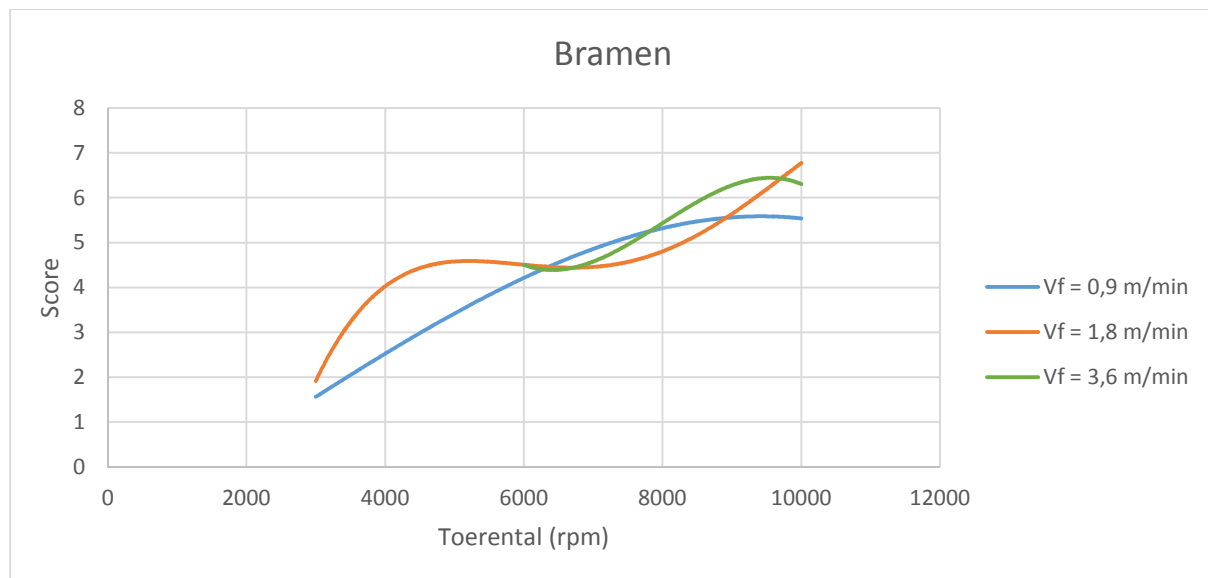
De verklaringen zijn hier dus ook identiek aan de verklaringen bij Figuur 63.

Omdat het globale overzicht niet alles weergeeft, worden hier de belangrijkste slijpschijven apart besproken. De zes geteste schijven zullen dus niet allemaal besproken worden. De conclusies die reeds gemaakt zijn bij het globale overzicht zullen hier niet meer in detail besproken worden. Enkel de opvallendste resultaten zullen verder toegelicht worden. Voor iedere schijf is er weer een grafiek voor de bramen en de snede opgesteld.

5.2.1.2 Pferd afbraamschijf

De Pferd afbraamschijf die gebruikt is, is geschikt voor het slijpen door staal en inox. Volgens de datasheet van de slijpschijf is deze schijf geschikt voor het koel slijpen zonder het gebruik van koelvloeistof. De gebruikte schijf heeft een diameter van 125 mm, een dikte van 2,4 mm en een ruwe slijpkorrel. Het is een stevige slijpschijf die niet gebogen kan worden. Hierdoor zal de schijf bij hoge toerentallen nog steeds recht slijpen en niet beginnen trillen.

Als eerste wordt de grafiek van de bramen besproken. De grafiek van de bramen is te zien op Figuur 65.



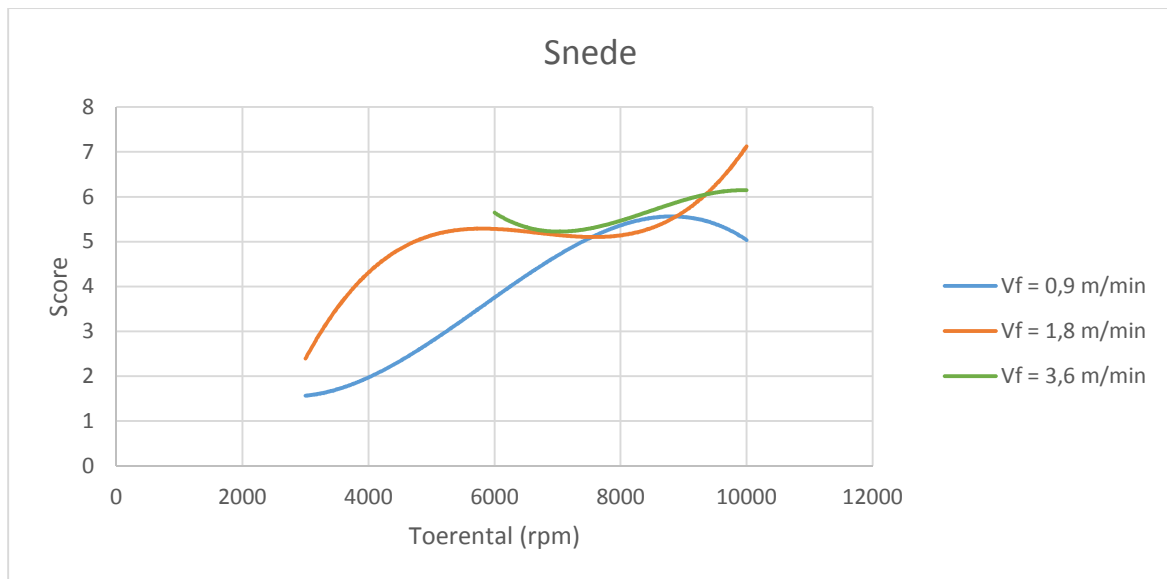
Figuur 65: Pferd afbraamschijf, bramen

In deze grafiek is er geen duidelijk verloop te zien zoals bij het globale overzicht. Toch kunnen hieruit enkele interessante conclusies worden getrokken.

Geen van de grafieken vertrekt vanaf een toerental van 1000 rpm. Dit komt door de dikte van de schijf. Bij de lagere toerentallen gaat deze schijf door de kabel gaan duwen. Wanneer de schijf te zeer door de kabel wordt geduwd loopt deze vast. Dit verklaart dus waarom de grafieken van deze schijf nooit vertrekken bij 1000 toeren. Dit fenomeen is natuurlijk het beste waar te nemen bij de hoogste voedingssnelheid. Hier krijgt de schijf immers het minste tijd om door de kabel te slijpen.

In tegenstelling tot wat er geconcludeerd wordt in het globaal overzicht, wordt de beste score hier niet behaald bij de hoogste voedingssnelheid. Een matige voedingssnelheid zal hier zorgen voor het beste resultaat. Ook dit is weer te wijten aan het breder zijn van de schijf. Hoe breder de schijf hoe groter de duwkrachten uitgeoefend op de kabel. Door de voedingssnelheid te verlagen heeft de schijf meer tijd om te slijpen wat de kwaliteit ten goede komt.

Op Figuur 66 is de kwaliteit van de snede te zien.

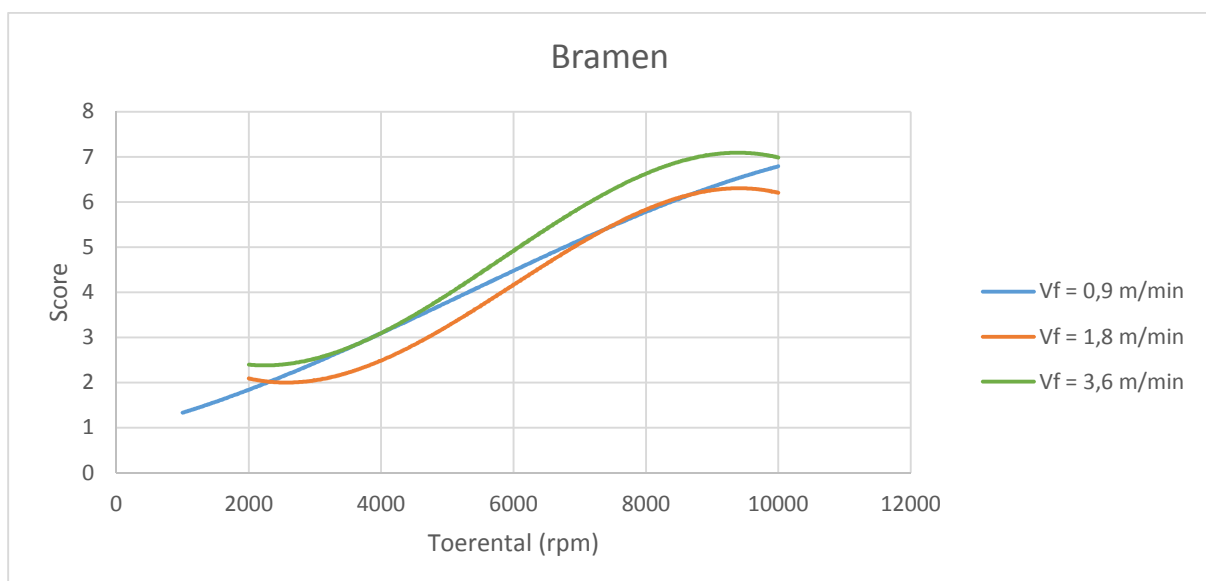


Figuur 66: Pferd afbraamschijf, snede

Net zoals bij het globale overzicht is het verschil tussen de grafiek van de bramen en van de snede miniem. Ook hier scoort de matige voedingssnelheid weer het beste. Er kan hier gewerkt worden met een matige voedingssnelheid omdat de schijf geschikt is voor koel slijpen. Wanneer dit niet het geval is kan bij een matige voedingssnelheid smeltgedrag optreden. Voor de afbraamschijf is de combinatie van hoog toerental met een matige voedingssnelheid het meest optimaal.

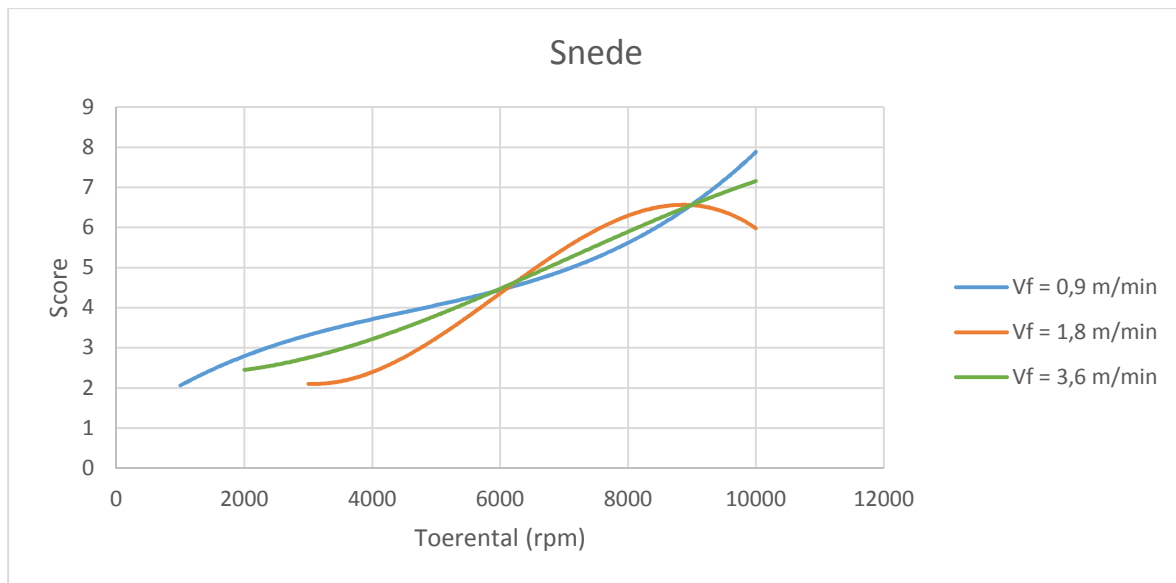
5.2.1.3 Pferd slijpschijf

Naast de afbraamschijf van Pferd is er ook een gewone slijpschijf van Pferd getest. De slijpschijf heeft dezelfde afmetingen als de afbraamschijf. Het is dus ook weer een stijve schijf die geen last zal hebben van trillingen bij hogere toerentallen. Deze schijf is ook geschikt voor het slijpen van staal en inox en wordt gekenmerkt door het koel slijpen zonder koelvloeistof. De resultaten hiervan voor de bramen zijn te zien op Figuur 67.



Figuur 67: Pferd slijpschijf, bramen

Het opvallendste aan deze schijf is dat bij 10 000 toeren zowel bij een trage als snelle voedingssnelheid een gelijkwaardige score wordt gehaald. De kwaliteit van de snede is zelfs het beste bij een lage voedingssnelheid zoals te zien is op Figuur 68.



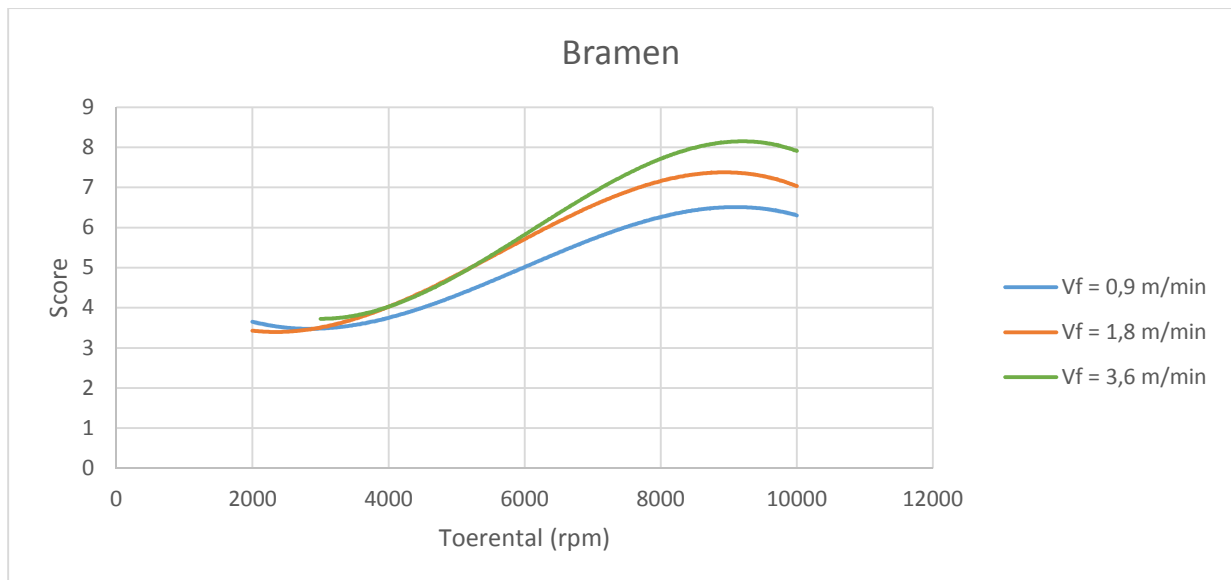
Figuur 68: Pferd slijpschijf, snede

Een hoog toerental en trage voedingssnelheid zorgt hier dus voor de beste snede. Deze schijf zorgt er dus voor dat de kabel nog minder opwarmt dan bij de afbraamschijf het geval was. Zelfs bij een lage voedingssnelheid vertoont de kabel geen smeltgedrag. Dit is opmerkelijk want bij andere schijven zorgt deze combinatie juist voor het slechte resultaat.

De combinatie trage voedingssnelheid bij hoog toerental lijkt op het eerste zicht iets beter dan de combinatie hoog toerental met hoge voedingssnelheid. Toch is de combinatie trage voedingssnelheid en hoog toerental niet de meest optimale. Op Figuur 67 is te zien dat de kwaliteit van de bramen juist geen 7 scoort. Terwijl een 7 behaalt dient te worden alvorens een kabel goed te keuren. De combinatie hoge voedingssnelheid bij hoog toerental haalt zowel voor bramen als snede twee keer een score van 7. Dit betekent dus dat deze kabels wel goedgekeurd kunnen worden. Dit is dus de meest ideale combinatie voor de Pferd slijpschijf.

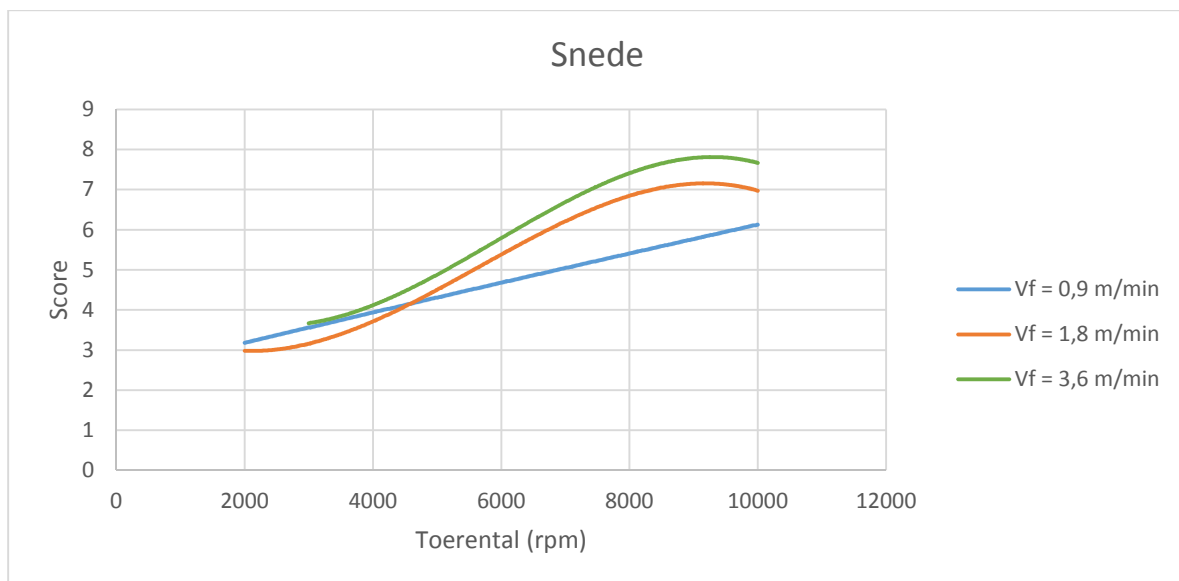
5.2.1.4 Kreator inox

De Kreator slijpschijf is geschikt voor het slijpen van metaal en inox. De schijf maakt gebruik van een ruwe slijpkorrel, heeft een diameter van 125 mm en een dikte van 1 mm. Doordat de schijf zo dun is gaat deze hinder ondervinden van trillingen bij de hogere toerentallen. Dit is te zien op Figuur 69. Dit is de grafiek die de resultaten van de bramen bevat.



Figuur 69: Kreator inox, bramen

Voor de bramen gelden dezelfde conclusies als bij het globale beeld. Een hogere voedingssnelheid in combinatie met een hoger toerental leveren de beste resultaten op. Het beste resultaat wordt echter niet bij 10 000 toeren behaald maar bij 9000 toeren. Eens over de 9000 toeren neemt de score terug af. Boven de 9000 toeren begint het schijfje lichtjes te trillen wat zorgt voor een slechtere kwaliteit van de kabel. Dit was ook te verwachten aangezien de Kreatorschijf zo dun is. Dit fenomeen is ook te zien bij de snede, zoals te zien is op Figuur 70.

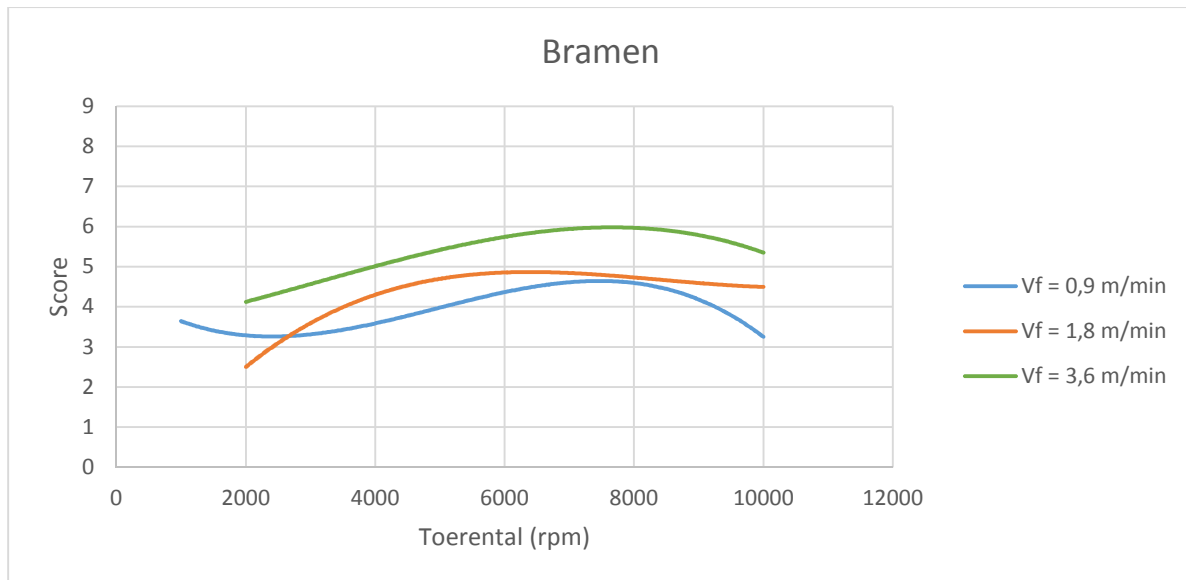


Figuur 70: Kreator inox, snede

Ook hier zorgt de combinatie hoger toerental met hoge voedingssnelheid voor de beste score. Ook wordt de hoogste score weer bekomen bij 9000 toeren. De combinatie hoog toerental met hoge voedingssnelheid zorgt voor de hoogste score.

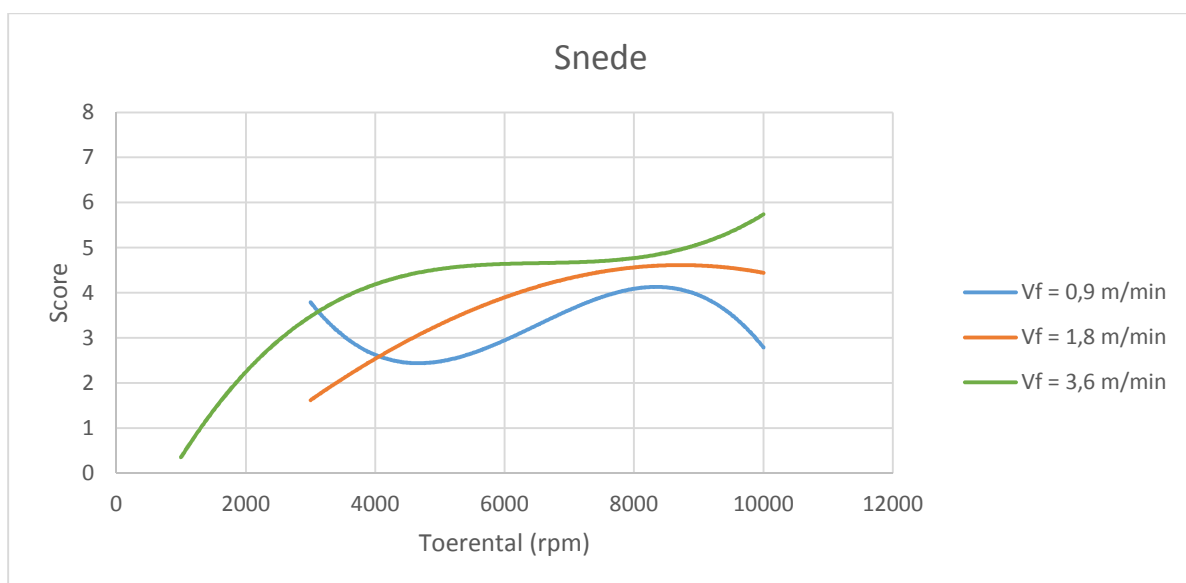
5.2.1.5 Bosch inox

De gebruikte Bosch inox slijpschijf heeft een diameter van 125 mm en een dikte van 1 mm. Doordat de slijpschijf zo dun is, is hij ook minder stevig. De schijf buigt makkelijk door en zal dus ook last hebben van trillingen bij de hogere toerentallen. Deze schijf is enkel geschikt voor het slijpen van inox en heeft een gladde slijpkorrel. Deze schijf heeft dus dezelfde opbouw als de schijf van Kreator. Enkel de ruwheid van de korrel verschilt. Figuur 71 geeft het resultaat van de bramen weer voor de Bosch inox slijpschijf.



Figuur 71: Bosch inox, bramen

De grafieken voor deze schijf wijken lichtjes af van het globale beeld. Het optimale punt ligt hier rond de 8000 toeren bij een trage en snelle voedingssnelheid. Voor de matige voedingssnelheid bedraagt dit zelfs maar 6000 toeren. Dit was ook te verwachten door de lagere stijfheid van de schijf. De grafieken voor de bramen en de snede verschillen ook van elkaar. Dit was niet het geval bij het globale overzicht of bij de Pferd afbraamschijf. Dit verschil is te zien op Figuur 72.

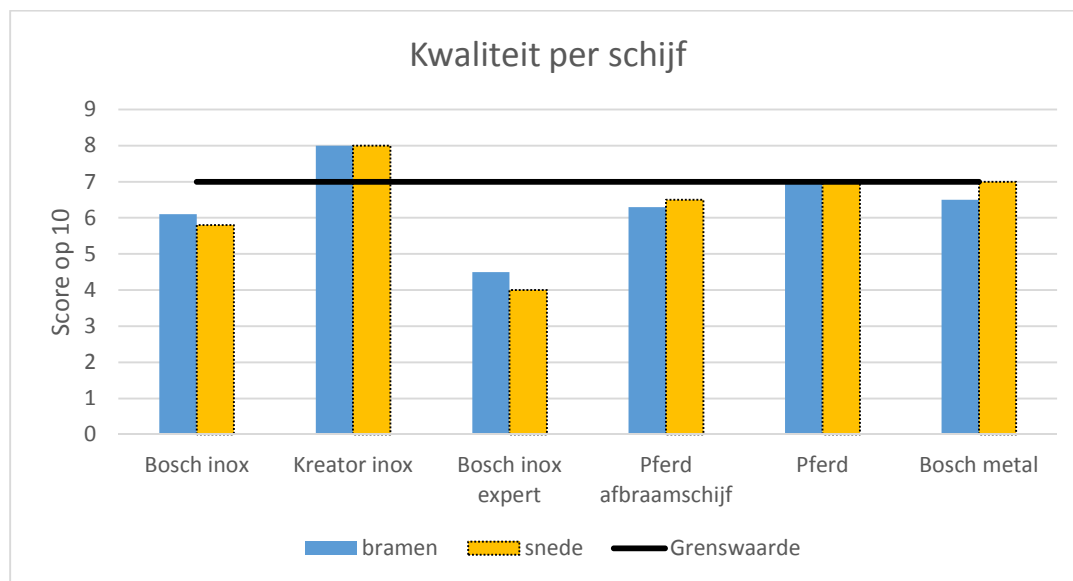


Figuur 72: Bosch inox, snede

Bij de hoge voedingssnelheid wordt het meest optimale punt nu wel bekomen bij 10 000 toeren. Bij een matige voedingssnelheid ligt dit nu rond de 8000 toeren. Bij een trage voedingssnelheid wordt zowel bij 3000 als 8000 toeren de hoogste score bekomen. Globaal beschouwd haalt de schijf wel geen hoge scores. De gewenste score van 7 wordt nergens bereikt. Deze schijf is dus niet geschikt voor het slijpproces. Aangezien de schijf van Kreator wel geschikt is, heeft de korrelruwheid een grote invloed op de kwaliteit van de bramen en sneden.

5.2.2 Besluit

In vorige paragraaf werden de algemene resultaten bekeken. In deze paragraaf worden de beste resultaten per schijf tegenover elkaar uitgezet. De schijven kunnen zo makkelijker onderling vergeleken worden. Figuur 73 geeft de kwaliteit van de schijven weer.



Figuur 73: Kwaliteit per schijf

Per slijpschijf zijn hun scores in de grafiek opgenomen als ze gebruikt zouden worden in combinatie met hun meest optimale parameters. Er zijn maar twee slijpschijven die een score halen van minstens 7. Dit zijn de Pferd slijpschijf en de slijpschijf van Kreator. De slijpschijf van Kreator scoort het beste met een score van 8 zowel op bramen als op snede. Deze schijf zal dus het meest geschikt zijn voor het slijpproces van de versnellingskabels. Het slijpproces zal ideaal gebeuren bij een toerental van 9000 rpm en een hoge voedingssnelheid.

Ook de slijpschijf van Pferd zou kunnen dienen voor het slijpproces. Er wordt hier echter voor zowel de bramen als de snede maar juist een 7 behaald bij de meest optimale parameters. Dit wil zeggen dat er geen foutenmarge meer zit op het proces. Wanneer de Pferd slijpschijf slijtage vertoont zal de kwaliteit direct lager dan 7 scoren. De geslepen kabels zijn dan niet meer bruikbaar. Bij de schijf van Kreator is er wel nog enige marge. Wanneer de slijpschijf hier begint te slijten zal de score eerst dalen van 8 naar 7. Deze kabels zijn dan nog steeds van voldoende hoge kwaliteit. De Kreatorslijpschijf is dus de meest geschikte schijf.

5.3 Duurtesten

Zoals eerder vermeld, moet een schijf minstens een score van 7 op 10 halen om goede kabels te slijpen. Dit geldt zowel voor de kwaliteit van de bramen als van de snede. Beide waardes moeten hoger of gelijk zijn aan 7. Het heeft geen zin om een schijf te gebruiken die een 6 scoort op de kwaliteit van de bramen en een 8 op de kwaliteit van de snede.

Uit Figuur 73 blijkt dat er twee schijven voldoen aan deze criteria. De schijven van Kreator en van Pferd scoren allebei minstens een 7. Op deze twee schijven wordt een duurtest toegepast. Een duurtest is een test waarbij er zoveel mogelijk kabels geslepen worden totdat de kwaliteit van de schijf ondermaats is. Dit wil zeggen dat de schijf slechte kabels slijpt. Hieruit kan de standtijd van de schijven bepaald worden.

Het belang van een duurtest valt niet te onderschatten. Er werd vooropgesteld dat de *cable cutter* een foutpercentage van 0,1% mag hebben. De schijf moet vervangen worden voordat het slechte kabels zal slijpen. Anders is het niet mogelijk om de maximale foutenpercentage te halen.

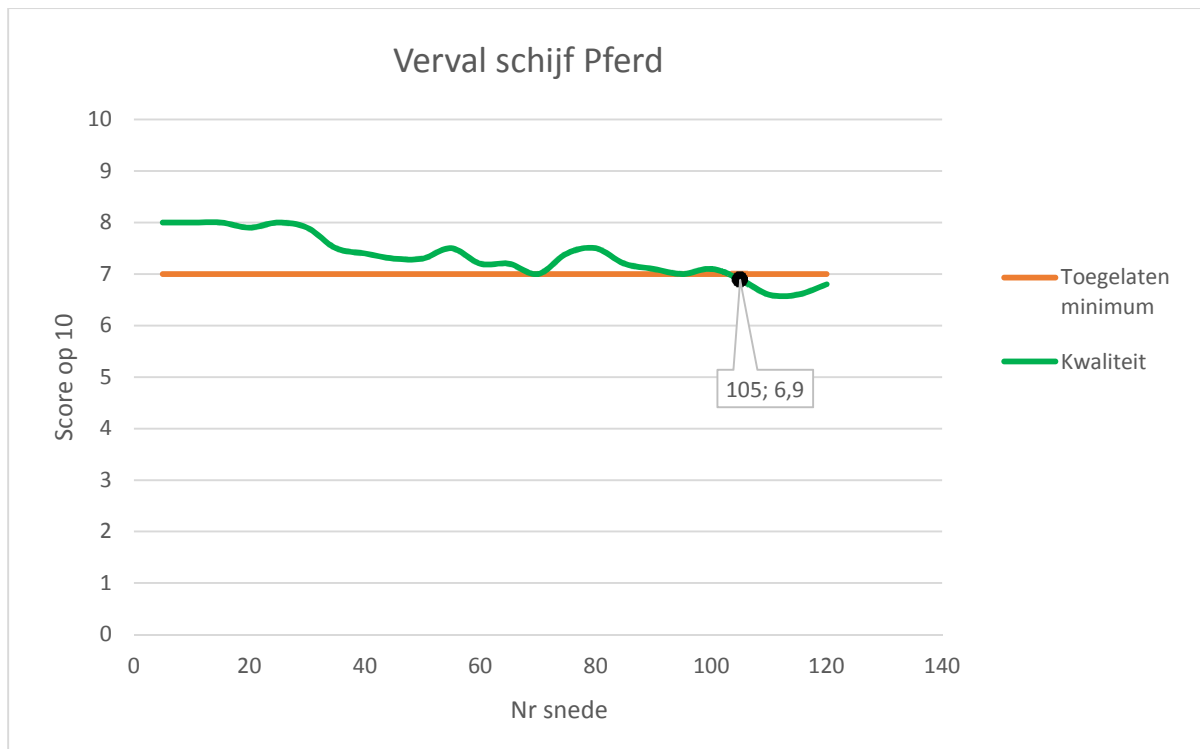
Er werden constant kabels van dezelfde lengte geslepen. Dit met als doel zoveel mogelijk kabels in zo kort mogelijke tijdsperiode te slijpen. De geslepen kabels werden op volgorde gelegd en beoordeeld.

Het heeft geen zin meer om een score op de kwaliteit van de bramen en op de opening van de snede afzonderlijk te geven. In plaats daarvan wordt de snede in zijn geheel beoordeeld. Een 7 op 10 wordt nog als net goed beschouwd, een 8 is uitstekend en een 6 is ondermaats. Er moet dus minstens een 7 op 10 gehaald worden, anders wordt de kabel afgekeurd.

De schijven van Pferd en Kreator die in de vorige testen gebruikt werden, worden vervangen door nieuwe schijven van hetzelfde type. Dit werd gedaan om geen invloed van de vorige testen te ondervinden op de duurtesten.

5.3.1 Schijf van Pferd

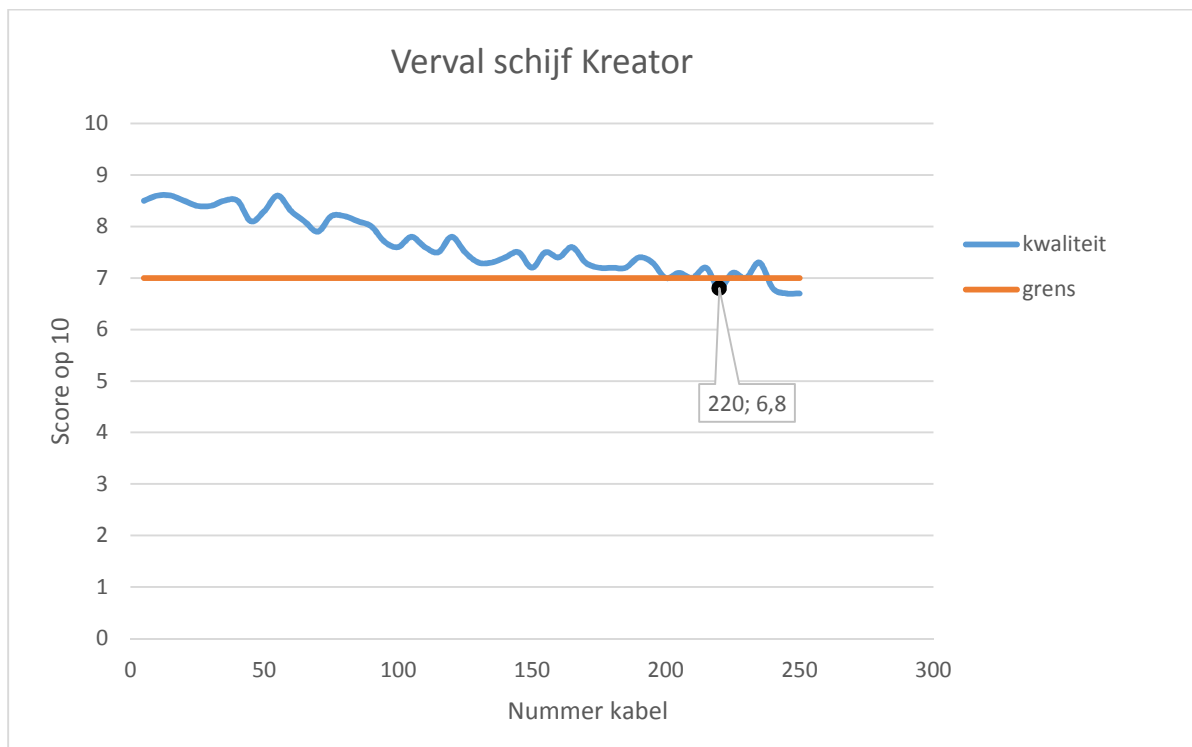
Als eerste werd een duurtest op de schijf van Pferd uitgevoerd. Figuur 74 geeft het verval van de schijf van Pferd. In het begin scoort de schijf nog vrij hoog. Hoger dan in de eerste testen, dit komt omdat de schijf daar al slijtage heeft ondervonden bij het slijpen van kabels op slechte toerentallen en voedingssnelheden. Over het algemeen is er een dalende trend te zien. De groene curve laat de kwaliteit van de snede zien. De oranje lijn stelt het toegelaten minimum van 7 op 10 voor. De kwaliteit zit een eerste keer onder 7 op 10 na 105 geslepen kabels.



Figuur 74: Verval schijf Pferd

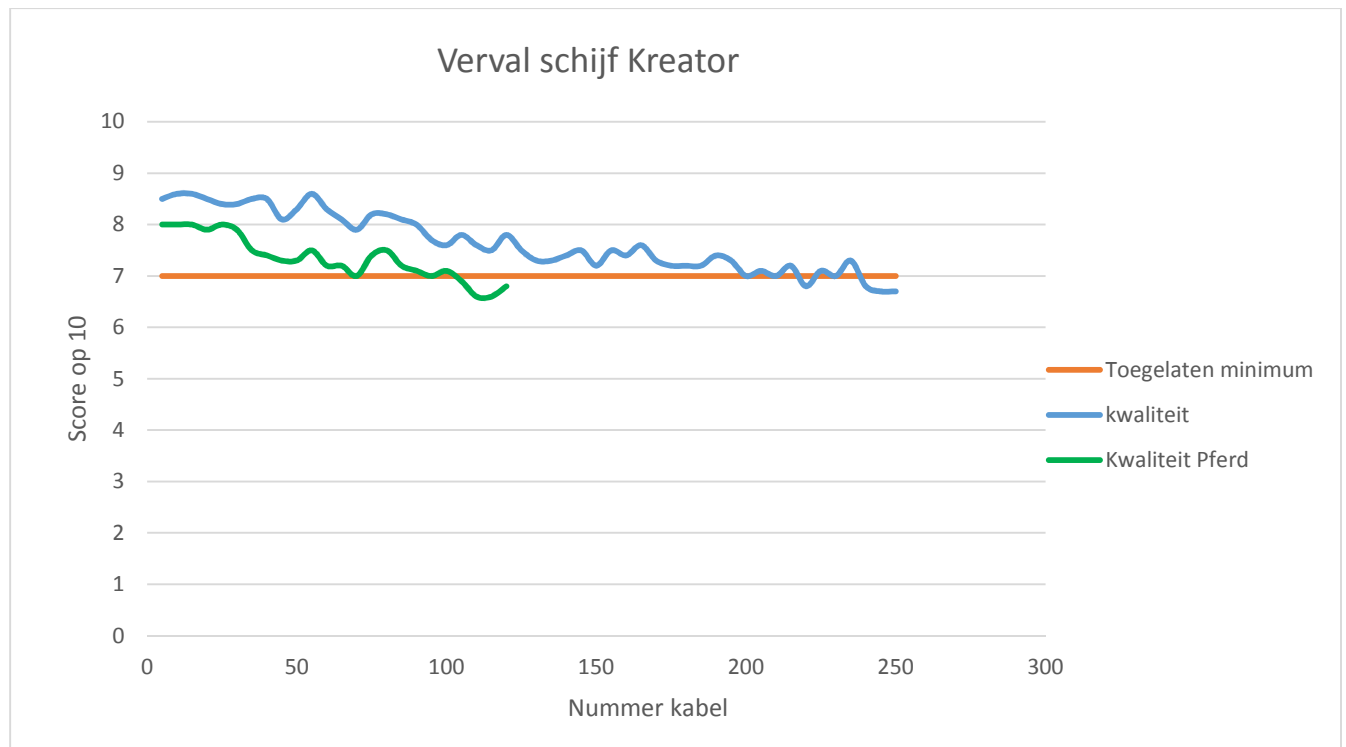
5.3.2 Schijf van Kreator

De gegevens van de duurttest op de schijf van Kreator staan weergegeven op Figuur 75. Ook deze schijf geeft in het begin heel goede resultaten met bijna 9 op 10. Met deze schijf kunnen er net geen 220 kabels geslepen worden. Dit is dubbel zoveel dan bij de vorige schijf. Die deed er 105 kabels over om onder het toegelaten minimum te duiken.



Figuur 75: Verval schijf Kreator

Figuur 76 laat het verval van beide schijven zien. Er valt op te merken het verval van beide schijven even sterk is. Maar de schijf van Kreator scoort in het begin beter dan de schijf van Pferd. Daardoor kan de schijf langer gebruikt worden zonder onder het minimum te komen.



Figuur 76: Verval van beide schijven

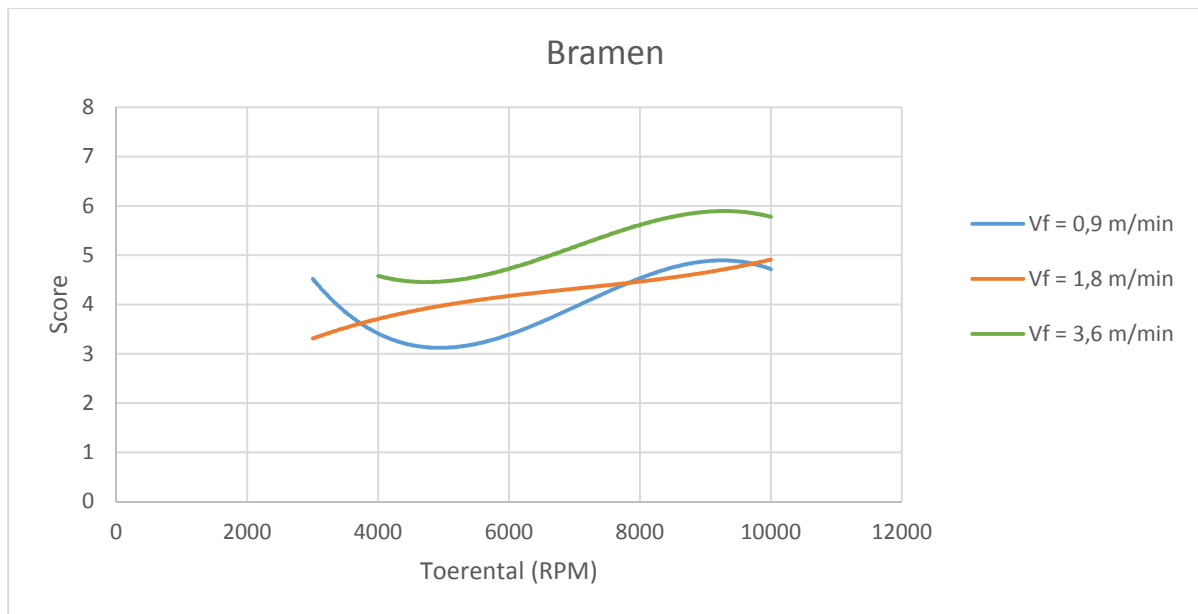
5.3.3 Besluit

De schijf van Kreator is over alle testen heen het beste. Deze schijf zal gebruikt worden op de *cable cutter*. Om er zeker van te zijn dat deze schijf geen slechte kabels zal slijpen moet het om de 200 kabels vervangen worden door een nieuwe. Elke fiets die geproduceerd wordt, heeft ongeveer vier versnellingskabels. Er worden ongeveer 100 fietsen per dag gemaakt. Dit betekent 400 kabels per dag. Er moeten dus twee schijven per dag gebruikt worden. De schijf heeft dus een standtijd van ongeveer een halve dag.

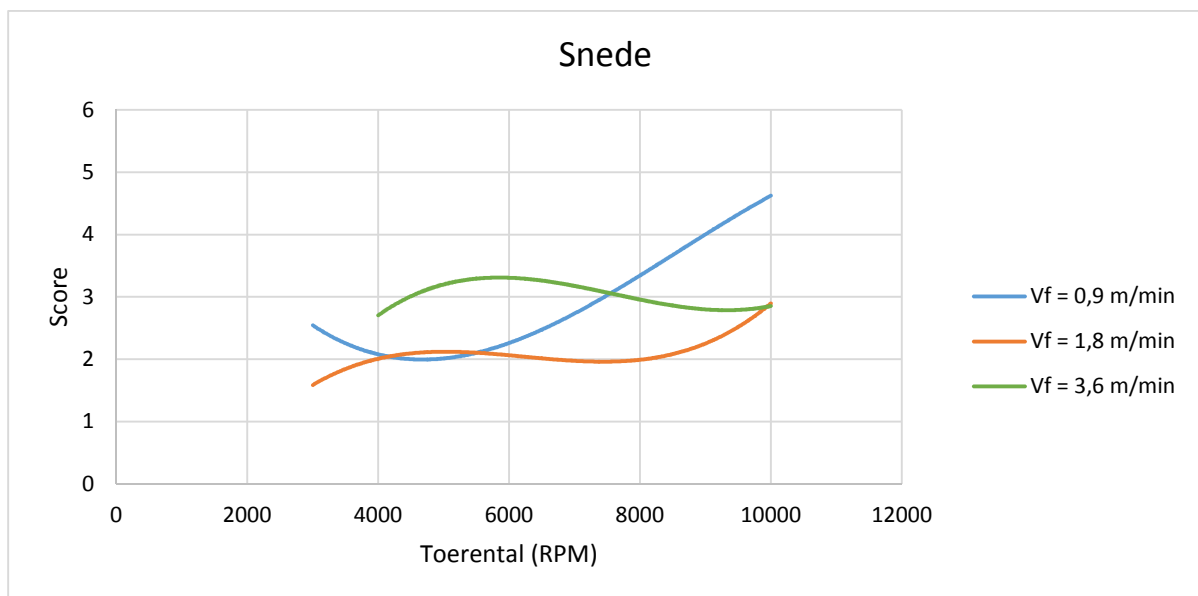
5.4 Remkabel

5.4.1 Gegevensanalyse

Als eerste worden er testen uitgevoerd op de remkabel met de Kreator slijpschijf. Deze schijf is het beste voor de versnellingskabels. Het werd snel duidelijk dat de remkabel moeilijker te slijpen is. De scores voor bramen en sneden zijn afgebeeld op Figuur 77 en Figuur 78. De norm van 7 op 10 wordt hier niet bereikt. Er worden geen testen meer uitgevoerd op de remkabel met andere schijven omdat het probleem niet ligt bij de soort slijpschijf maar bij de remkabel zelf.

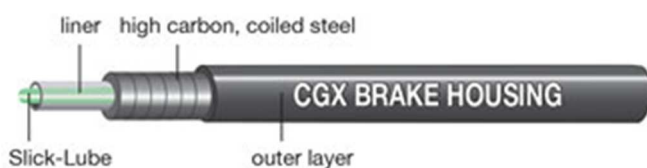


Figuur 77: Kwaliteit bramen remkabel



Figuur 78: Kwaliteit sneden remkabel

Er zijn drie problemen die zich voordoen: de kabel smelt dicht, het slijpproces vervormt de kabel en de snede is niet altijd vlak. Voor de duidelijkheid wordt de figuur van de samenstelling van de remkabel er opnieuw bijgehaald. De kabel staat afgebeeld op Figuur 79: Samenstelling remkabel.

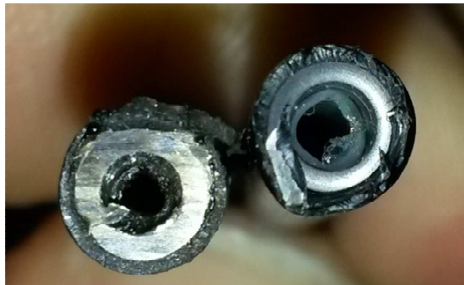


Figuur 79: Samenstelling remkabel

Hetgeen voor de grootste problemen zorgt is de *liner* (plastiek omhulsel) en de *slick-lube* (glijmiddel). Door de hoge toerentallen van de slijpmotor wordt er veel warmte ontwikkeld tijdens het slijpproces. Door deze warmte gaan de *liner* en de *slick-lube* dichtsmelten. Er komt bovendien altijd rook uit een remkabel die pas geslepen is. Deze rook gaat gepaard met een specifieke sterke geur.

Om het dichtsmelten te elimineren zou men het toerental van de motor kunnen verlagen. Dit sluit het dichtsmelten echter nog niet uit. Nog in teveel gevallen is de kabel dichtgesmolten. Bij lage toerentallen komt bovendien nog een extra probleem: de motor raakt niet altijd door de kabel. Het toerental verlagen is dus geen optie.

Daarnaast vervormt het slijpproces de doorsnede van de kabel. Ter illustratie staat op Figuur 80 een geslepen en een geknipte kabel afgebeeld. De linkse kabel is doorgeslepen. Het staal is duidelijk vervormd ten opzichte van de geknipte kabel. Het staal is afgevlakt waardoor de opening kleiner wordt. Dit is nefast voor een goede geleiding van de remkabel.



Figuur 80: Verschil tussen geslepen en knipte kabel

Het derde probleem dat zich voordoet bij deze kabel is dat de snede niet altijd vlak is. Dit komt door de opbouw van de gewikkelde staaldraad. Als de slijpschijf net tussen de opeenvolgende wikkelingen begint te slijpen, zal de schijf op het einde van de snede op een wikkeling uitkomen. Omdat de kabel zwakker is als hij bijna helemaal is doorgeslepen, zal de kabel losscheuren. Hierdoor zal aan één kant van de doorsnede de kabel niet vlak zijn. Dit is te zien op Figuur 81.



Figuur 81: Slecht geslepen kabel

5.4.2 Besluit

Er zijn dus drie problemen bij het slijpen van de remkabel:

- de kabel smelt dicht;
- de doorsnede vervormd;
- de snede is niet vlak.

Het is dus geen optie om de remkabel te slijpen. De kans bestaat dat de kabels wel geslepen kunnen worden als er koeling wordt toegepast tijdens het slijpproces. Het is echter niet mogelijk om op de huidige opbouw van de *cable cutter* koeling te voorzien. Hiervoor moet er een nieuw ontwerp gemaakt worden waarbij zeker rekening wordt gehouden met de positie van het koelapparaat en de afvoer van het koelmiddel.

5.5 Lengte

In vorige paragrafen werd de kwaliteit van de snede en de bramen besproken. Een geslepen kabel kan echter pas gebruikt worden als naast de snede en de bramen ook de lengte correct is. Dit wordt in deze paragraaf getest en besproken. Een kabel heeft de juiste lengte wanneer hij maximaal 5 mm langer is dan de opgegeven waarde. Is de kabel korter dan de opgegeven waarde kan hij niet gebruikt worden. Hij is dan immers niet lang genoeg om het ene onderdeel met het andere te verbinden. Is de kabel te lang dan is hij ook niet bruikbaar. De kabel kan dan niet volledig in het frame van de fiets weggewerkt worden. Het is dus belangrijk dat de geslepen kabel de juiste lengte heeft.

5.5.1 Gegevensanalyse

Er zijn twee redenen waarom de geslepen kabel een foute lengte kan hebben:

- het slijpproces brengt een verlies aan lengte met zich mee;
- de stappenmotoren hebben de foute lengte doorgedraaid.

De gebruikte slijpschijf van Kreator heeft een dikte van 1 mm. Het theoretische verlies aan lengte per snede zou dus 1 mm bedragen. Als de stappenmotoren de lengte perfect afdraaien betekent dit dus dat er een overmaat van 1 mm moet worden meegegeven om dit verlies te compenseren. Om te achterhalen wat het werkelijke verlies per snede is moet dit experimenteel achterhaald worden. Hiervoor wordt er vertrokken van een kabel met een bepaalde lengte. Deze kabel wordt in een aantal stukken geslepen. Deze stukken worden dan opgemeten. Van alle opgemeten stukken wordt de som genomen. Het verschil tussen de originele lengte en de som van deze stukken is dan gelijk aan het verlies aan kabel. Wanneer dit verlies gedeeld wordt door het aantal gemaakt sneden is het verlies per snede bepaald. De meetresultaten van deze test zijn te zien in Tabel 3

Tabel 3: Verlies aan lengte door slijpen

Startlengte (mm)	491	439	374
Lengte1 (mm)	67	65	46
Lengte2 (mm)	83	80	78
Lengte3 (mm)	38	59	48
Lengte4 (mm)	76	61	42
Lengte5 (mm)	78	61	66
Lengte6 (mm)	83	44	85
Lengte7 (mm)	56	59	0
Totaal (mm)	481	429	365
Verlies (mm)	10	10	9
Verlies per snede (mm)	1,67	1,67	1,5

De test is uitgevoerd met drie kabels. Elke kabel had een willekeurige startlengte. Die staat in de eerste rij van de tabel. Daarna zijn de eerste twee kabels in zeven willekeurige stukken geslepen. De derde kabel is in zes stukken geslepen. Uit de testen blijkt dat er per kabel 9 à 10 mm verlies is. Als dit resultaat gedeeld wordt door het aantal sneden blijkt dat er per snede een verlies is van 1,5 tot 1,67 mm. Dit is dus meer dan de verwachte theoretische waarde van 1 mm. Nu het verlies per snede bepaald is kan hier rekening mee gehouden worden. Dit verlies kan weggewerkt worden door de stappenmotoren 1,67 mm verder te laten draaien dan de gewenste lengte.

Naast het verlies in lengte door het slijpen speelt de nauwkeurigheid van de stappenmotoren ook een belangrijke rol. Als de stappenmotoren de lengte niet nauwkeurig afmeten zal de kabel onbruikbaar zijn. Om de nauwkeurigheid van de stappenmotoren te testen zullen deze een remkabel over een willekeurige afstand vooruit draaien. De kabel zal dan geslepen worden en het geslepen stuk wordt opgemeten. Daarna wordt de lengte van de geslepen kabel vergeleken met de ingegeven waarde. Het verschil tussen deze waarden is het gevolg van de onnauwkeurigheid van de stappenmotor en het verlies aan lengte door het slijpen. Hieruit kan dan de onnauwkeurigheid van de stappenmotor bepaald worden. Het verlies aan lengte door het slijpen is immers gekend uit vorige testen. Tabel 4 geeft de resultaten weer van de slijptest met de stappenmotoren.

Tabel 4: Fout door stappenmotor

Ingesteld lengte (mm)	Geslepen lengte (mm)	Vershil (mm)	Fout door stappenmotor (mm)
768	767	-1	0,67
450	449	-1	0,67
432	429	-3	-1,33
631	630	-1	0,67
515	513	-2	-0,33
975	973	-2	-0,33
342	341	-1	0,67
592	590	-2	-0,33
750	749	-1	0,67
422	421	-1	0,67
300	299	-1	0,67

In de eerste kolom staan de ingestelde lengtes die de stappenmotor moest doordraaien. Deze lengtes zijn willekeurig gekozen. In de tweede kolom staat de lengte van de geslepen kabels. In de derde kolom staat het verschil tussen de geslepen lengte en de ingestelde lengte. Dit zijn allemaal negatieve getallen. Dit wilt dus zeggen dat iedere geslepen kabel korter is dan de ingegeven lengte. Dit moet absoluut vermeden worden aangezien een kortere kabel sowieso onbruikbaar is. Het verschil is echter altijd minimaal. Wanneer we nu het verlies aan lengte door het slijpen bij dit verschil optellen bekommen we de fout door de stappenmotor. Het verlies aan lengte door slijpen bedraagt 1,67 mm. Wanneer de fout door de stappenmotor negatief is wilt dit zeggen dat de stappenmotor niet ver genoeg is doorgedraaid. Dit is de meest nadelige situatie. Aangezien dit altijd resulteert in een te korte

kabel. De grootste fout veroorzaakt door de stappenmotor bedraagt echter slechts 1,33 mm. De stappenmotoren zijn dus nauwkeurig genoeg voor deze toepassing.

De belangrijkste kolom uit Tabel 4 is echter de derde kolom, die het verschil weergeeft. Die geeft de totale fout weer van het proces. Hieruit blijkt dat de geslepen kabels altijd te kort zijn. Het grootste tekort bedraagt 3 mm. Om dit tekort te compenseren zal er een overmaat bijgeteld moeten worden op de gewenste lengte. Aangezien de geslepen kabel maximaal 5 mm langer mag zijn dan de gewenste lengte kan de overmaat maximaal 6 mm zijn. Dit omdat het kleinste verschil -1 mm bedraagt. $-1 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 5 \text{ mm}$. Aangezien dit de toegelaten bovengrens is wordt er gekozen om te werken met een overmaat van 4 mm. Deze overmaat is groot genoeg om het verschil van -3 mm op te vangen en laag genoeg om niet te dicht bij de bovenste tolerantiegrens te zitten. Wanneer dezelfde testen nu uitgevoerd worden met een overmaat van 4 mm worden de resultaten bekomen te zien in Tabel 5.

Tabel 5: Geslepen lengtes na toevoegen overmaat

Gewenste lengte (mm)	Ingesteld lengte (mm)	Geslepen lengte (mm)	Vershil (mm)	Maximaal toegelaten lengte (mm)
768	772	771	3	773
450	454	453	3	455
432	436	434	2	437
631	635	633	2	636
515	519	517	2	520
975	979	977	2	980
342	346	345	3	347
592	596	594	2	597
750	754	753	3	755
422	426	425	3	427
300	304	303	3	305

In de eerste kolom staan de gewenste lengtes. In de tweede kolom staan de ingestelde lengtes. Hier is rekening gehouden met de noodzakelijke overmaat van 4 mm. In de derde kolom staan de geslepen lengtes. Hieruit blijkt dat de stappenmotor altijd nauwkeurig de lengte doordraait. De fout tussen de ingestelde en geslepen lengte blijft immers tussen de 1 à 2 mm liggen. In de vierde kolom staat het verschil tussen de geslepen en de gewenste lengte. Het verschil is nu overal positief. Dit betekent dus dat er geen kabel meer te kort is. Dit was ook de bedoeling van de overmaat. Er moet nu gecontroleerd worden of de kabels niet te lang zijn. Het verschil tussen de geslepen lengte en de gewenste lengte bedraagt nooit meer dan 3 mm. Dit wilt dus zeggen dat er ook geen te lange kabels tussen zitten. De laatste kolom geeft nog eens de maximaal toegelaten lengte toe als verificatie. Alle kabels worden nu goedgekeurd en zijn geschikt om te monteren op de fietsen.

5.5.2 Besluit

Om de gewenste kabellengte te bekomen moet er rekening gehouden worden met het verlies dat ontstaat door het slijpproces en het niet helemaal nauwkeurig werken van de stappenmotoren. Uit de testen is gebleken dat de fout op de geslepen kabels klein is. De kabels zijn wel altijd te kort wat ongewenst is. Om dit probleem op te lossen zal er dus

gewerkt moeten worden met een overmaat. Deze overmaat bedraagt 4 mm. Zo is er geen enkele kabel te kort en wordt er voldoende ver van de bovenste tolerantiegrens weggebleven. Na het toevoegen van de overmaat heeft iedere kabel een lengte die binnen de tolerantiegrenzen valt. Op het gebied van lengte zal er dus nooit een kabel afgekeurd moeten worden.

5.6 Conclusie

Uit de testen is gebleken dat de versnellingskabel goed te slijpen is, als men een slijpschijf van Kreator gebruikt. De slijpmotor moet ingesteld worden op 9000 rpm en de voedingssnelheid is gelijk aan 3,6 m/min. Bij deze instellingen slijpt de *cable cutter* kabels van goede kwaliteit. In de meeste gevallen hebben de kabels een kleine nabewerking nodig omdat er nog bramen aanwezig zijn. Het volstaat dat de operator met de vingers over de snede van de kabel wrijft om de bramen weg te werken.

De schijf van Kreator scoort ook het beste op de duurtesten. Dit zijn testen die aantonen hoe lang het duurt voordat de schijf versleten is. Uit de testen is gebleken dat de schijf ongeveer 200 kabels kan slijpen zonder één slechte geslepen te hebben. De operator kan na 200 geslepen kabels de schijf vervangen. Na 200 kabels slijpt de schijf soms slechte kabels. In praktijk kan de operator de schijf dan nog wel gebruiken op voorwaarde dat hij of zij een kwaliteitscontrole uitvoert voor elke geslepen kabel.

De remkabel vertoont verschillende problemen tijdens het slijpproces:

- de kabel smelt dicht;
- wordt plastisch vervormd;
- men kan niet verzekeren dat de snede altijd vlak is.

Deze problemen zijn te wijten aan de interne structuur van de kabel. Het is dus onmogelijk om de remkabel te slijpen.

Tijdens het slijpen verliest men een stuk van de kabel. Dit verlies bedraagt 1,67 mm. De kabel mag maximaal 5 mm langer zijn dan de opgegeven lengte, maar hij mag zeker niet korter zijn. Om er zeker van te zijn dat de kabels binnen de tolerantiegrenzen liggen, houden we niet alleen rekening met het verlies van 1,67mm, maar ook met meetfouten van de stappenmotor. We geven de stappenmotor echter een totale overmaat van 4 mm. Als er dan een kabel van 750 mm geslepen zal worden, zal de stappenmotor niet alleen rekening houden met het verlies, maar ook op meetfouten van de stappenmotor. Door deze extra overmaat zal de *cable cutter* kabels slijpen die altijd binnen de tolerantiegrenzen liggen.

6 Conclusies en verder onderzoek

De opdracht van dit deel van de masterproef bestaat eruit om de *cable cutter* operationeel te maken. De *cable cutter* moet rem- en versnellingskabels op de juiste lengte slijpen en dit met een foutenpercentage van 0,1%. Een goede kabel voldoet aan twee eisen: geen bramen aan de snede en de lengte van de kabel moet binnen de tolerantiegrenzen liggen.

Voordat het slijpproces geoptimaliseerd kon worden, moest de machine aangepast worden om in industriële omgeving werkzaam te zijn. Eerst werden de elektrische schema's van de machine opgesteld. Daarna is de machine volledig opnieuw bedraad. Dit werd gedaan met behulp van kabelgoten en kabelnummering. Er werden ook enkele componenten bijgevoegd. Er zitten nu veiligheden in de machine en er is een andere motor geplaatst.

Eens de machine helemaal terug was opgebouwd werd het slijpproces getest. Het grootste probleem bij het slijpen van de kabel is dat er bramen ontstaan. Er werd gezocht naar de juiste slijpparameters om zo min mogelijk bramen te krijgen. Zo blijkt dat de versnellingskabel goed te slijpen is bij een toerental van 9000 rpm en een voedingssnelheid van 3,6 m/min. De beste schijf voor deze opdracht is de schijf van Kreator. Dit is een zeer dunne schijf met ruwe korrel en is geschikt voor het slijpen van metaal en inox. De schijf is zeer dun, meer bepaald 1 mm. Dit heeft twee voordelen. Zo zal een dunne schijf zorgen voor minder trillingen dan dikke schijven. Een tweede voordeel van een dunne schijf is dat er minder verlies is bij het slijpen van de kabels. Door de ruwe korrel slijpt de schijf beter door de kabels. De versnellingskabel is vanbinnen opgebouwd uit staaldraden. Deze schijf is hier dus uitermate geschikt voor.

De slijpschijf van Kreator gaat ook het langst mee. Slijpen met deze schijf verzekert goede kabels tot de eerste 200 geslepen kabels. Daarna zal de schijf af en toe slechte kabels slijpen.

De remkabel is moeilijker te slijpen. De snede smelt dicht, de kabel wordt vervormd door het slijpproces en de snede is niet altijd vlak. Door deze moeilijkheden is het niet mogelijk om de remkabels te slijpen.

De machine is in zijn huidige staat niet inzetbaar in de industrie. Dit komt door tekortkomingen in het ontwerp. In de volgende punten staat beschreven waar rekening mee moet gehouden worden als men een nieuwe *cable cutter* wil maken of de oude wil aanpassen.

6.1 Veiligheidskap

Een veiligheidskap moet de slijpschijven afschermen van de omgeving. Zo worden niet alleen de bramen en vonken van het slijpproces tegen gehouden. Maar zo kan de operator zich niet snijden aan de slijpschijf als de motor aan het draaien is. Voor de technische tekening van de veiligheidskap wordt verwezen naar Bijlage D

6.2 Vergrendelbare veiligheidsschakelaar

Een vergrendelbare veiligheidsschakelaar zorgt ervoor dat de veiligheidskap niet kan worden geopend op het moment dat de slijpmotor aan het draaien is. Zo kan de operator zich niet snijden aan de slijpschijf. Als er gebruik gemaakt wordt van een veiligheidsschakelaar die niet vergrendelbaar is, kan men de veiligheidskap op eender welk moment openen. De plc kan wel zo geprogrammeerd worden dat de motor dan stopt met

draaien. De motor kan echter niet meteen stoppen met draaien. De operator zou zich gedurende korte tijd toch nog kunnen snijden aan de slijpschijf als de veiligheidskap geopend zou zijn. Een vergrendelbare veiligheidsschakelaar kan men zo instellen dat de operator de veiligheidskap alleen kan openen als de motor volledig is uitgedraaid.

6.3 Noodstop- en veiligheidsrelais

Een noodstop- en veiligheidsrelais zijn nodig voor een goede werkingen van de noodstop en veiligheidsschakelaar te garanderen. Als men een noodstop 1000 keer indrukt, kan de noodstop elke keer werken. Maar bij bijvoorbeeld de 1001ste keer kan hij falen. Om dit falen tegen te gaan wordt gebruik gemaakt van een noodstoprelais. Hetzelfde geldt voor de veiligheidsschakelaars. De noodstop en de veiligheidsschakelaar moet men aansluiten op dit relais. Het relais zal er altijd voor zorgen dat de spanning onderbroken zal worden en de machine zal stoppen met werken.

6.4 Opbouw machine

De structuur van de machine zal herzien moeten worden. Nu is de machine één geheel. Het elektrische circuit ondervindt invloed van de trillingen van de motor. Het is beter om het elektrisch circuit in een aparte schakelkast te plaatsen. De *cable cutter* zou ook meer een star geheel moeten zijn. Nu is de machine opgebouwd uit een geraamte van aluminiumprofielen met hierop platen geschroefd. Zo ondervindt de machine veel hinder van trillingen en produceert het veel lawaai.

Wat ook handig zou zijn, is dat er meerdere rem- of versnellingskabels te gelijker tijd geslepen kunnen worden. Nu kan er telkens maar één rem- of versnellingskabel aangevoerd en geslepen worden. Als er meerdere kabels op hetzelfde moment kunnen worden geslepen, stijgt de productie.

Er moet rekening gehouden worden met afvoer van bramen en eventueel het koelmiddel. Op dit moment is er geen enkele rekening gehouden met het afval die het slijpproces met zich mee brengt. Na enkele kabels geslepen te hebben ligt de machine vol met zwarte bramen van de kabels. Als er koelmiddel wordt gebruikt om de temperatuur van het slijpproces onder controle te houden, moet er ook rekening mee gehouden worden dat de koelvloeistof moet worden afgevoerd.

6.5 Onderzoek remkabel

Het feit dat de remkabel niet geslepen kan worden ligt niet aan de verschillende slijpschijven of toerentallen van de schijf. Het probleem ligt eerder bij de samenstelling van de kabel. Er moet onderzocht worden of de *liner* van de remkabel uit ander materiaal gemaakt kan worden dat niet smelt. Verder moet er onderzoek gevoerd worden naar de vorm van de staaldraad van de remkabel. Die is nu gewikkeld en zorgt voor problemen bij het slijpproces.

7 Painting jig

7.1 Opdracht specificering

De opdracht bestaat eruit om een nieuw ontwerp te maken voor de *painting jig* dat gebruiksvriendelijker is dan de huidige *painting jig*. Dit betekent vooral dat men het frame, dat ingeklemd is in de *jig*, kan laten kantelen zonder hulpstuk. Dit hulpstuk staat afgebeeld op Figuur 82. Om het frame te kantelen moet de operator eerst het frame uit de *jig* halen en daarna het hulpstuk vastklemmen in de *jig*. Dan kan de operator het frame in het hulpstuk steken. Op Figuur 83 is een frame gekanteld door middel van het hulpstuk.

Hoewel het voor de operator makkelijker werken is met hulpstuk, wordt het niet vaak gebruikt. Dit komt omdat de operator het hulpstuk moet inklemmen. Dit kost enige tijd en moeite. Het is dus beter dat de operator het frame recht en horizontaal kan leggen in één enkele inklemming.



Figuur 82: Hulpstuk



Figuur 83: Gekanteld frame in hulpstuk

Er werd ook gevraagd naar de mening van de werknemers zelf. Hieruit is gebleken dat het ook wenselijk is dat men de hoogte van de *jig* kan aanpassen en dat de *jig* rond zijn verticale as kan bewegen.

Zo werden vier grote doelen opgesteld, zoals beschreven staat in het onderzoeksopzet. Hieronder worden de doelen opnieuw weergegeven:

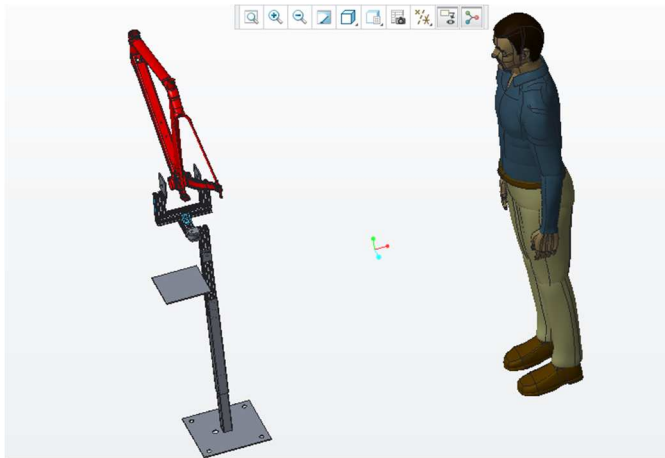
- het frame kan blijven draaien rond de trapas;
- het frame platgelegd kan worden over een hoek van 90° zonder koppelstuk;
- het frame 360 graden kan draaien rond de verticale as;
- het frame in hoogte verstelbaar is, aangepast aan de lengte van de gebruiker.

7.2 Concepten

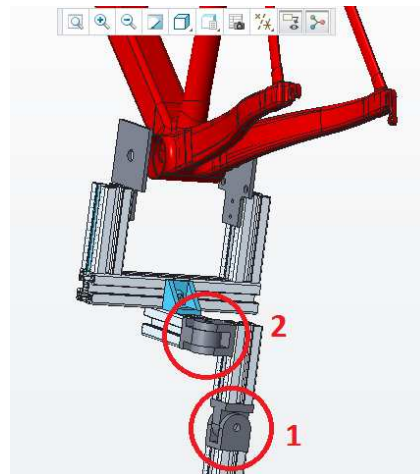
De originele inklemming van het frame blijft behouden. Dit gebeurt met een pneumatische cilinder die zich vastklemt aan de opening waar de trapas komt. Door deze inklemming kan het frame draaien rond de as waarin hij is ingeklemd. In wat volgt werken we stapsgewijs om de drie andere doelstellingen waar te maken.

7.2.1 Frame horizontaal leggen

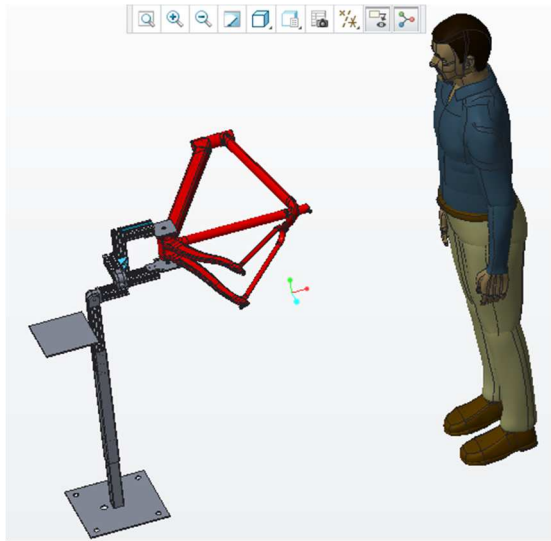
Voor een eerste prototype werd er gekozen voor een ontwerp met twee scharnieren. Met deze twee scharnieren kan men de frames rond twee assen roteren. Dit wordt duidelijk gemaakt op Figuur 84, Figuur 85, Figuur 86 en Figuur 87. Met het onderste scharnier kan men het frame helemaal horizontaal leggen. Als het frame horizontaal ligt, kan men met behulp van het tweede scharnier het frame 180° draaien. Zo kan men ook op de andere kant van het frame stickers en tape aanbrengen. Men kan de rotatie van de scharnieren vastklemmen door middel van een hendel. Dit systeem is te vergelijken met een snelspanner van een fietswiel. Men moet gewoon aan de hendel draaien totdat het scharnier vast zit. Dit scharnier staat afgebeeld op Figuur 88.



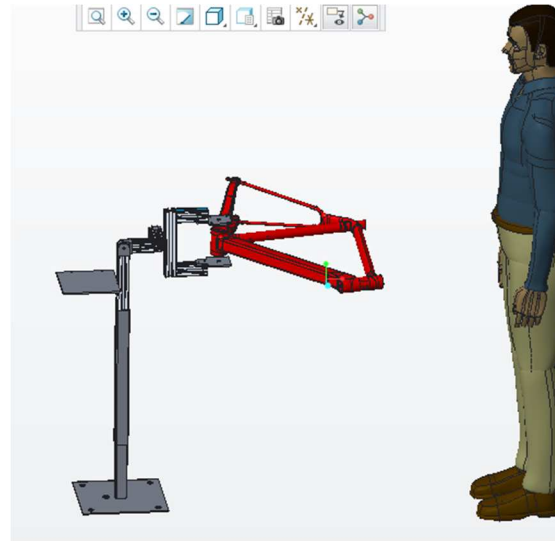
Figuur 84: Painting jig in zijn originele stand



Figuur 85: Uitoergroting van twee scharnieren



Figuur 86: Frame ligt horizontaal



Figuur 87: Frame 180° gedraaid



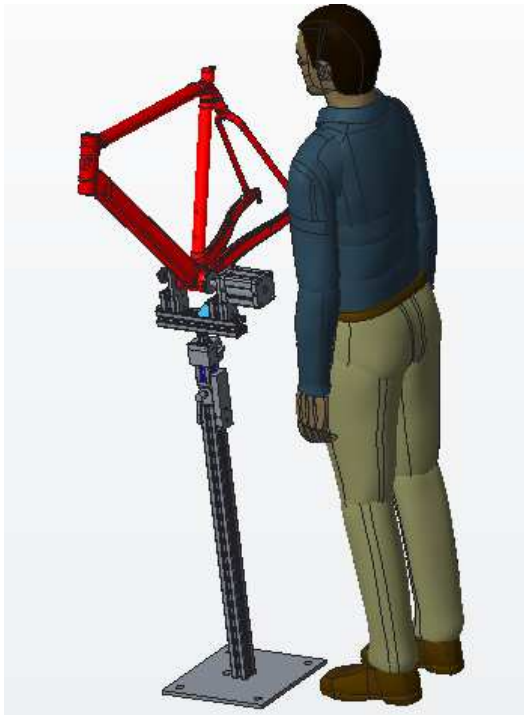
Figuur 88: Uitvergroting scharnier

Als de *painting jig* in zijn originele stand staat, kan men met behulp van scharnier twee het frame rond de verticale as laten draaien. Er zijn echter twee dingen die onhandig zijn aan dit systeem: het frame is niet gecentreerd met de verticale as en het frame kan niet volledig 360° draaien. Dit werd opgelost door middel van het volgende concept.

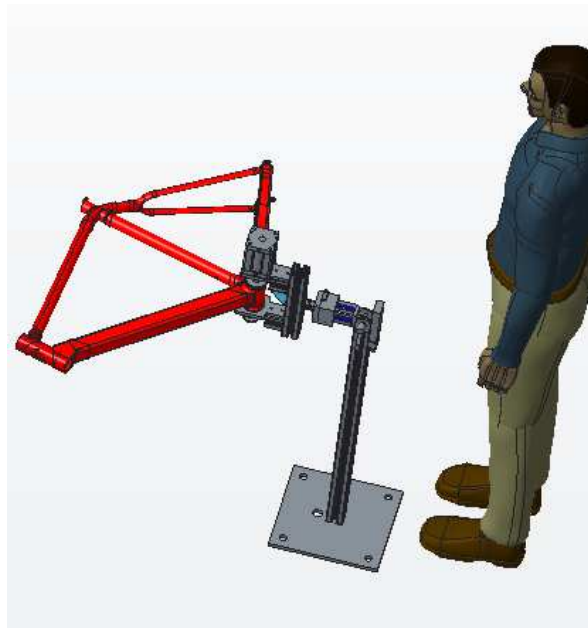
7.2.2 Draaistuk

Dit stuk vervangt het tweede scharnier en wordt bovenop het eerste geplaatst. Het draaistuk is blokje met een as in. Deze as loopt helemaal centrisc met de *painting jig*. De rotatie van het frame verloopt nu dus ook centrisc. De as kan men vastklemmen door gebruik te maken van een asklemming. Dit is een aankoopdeel dat men rond de as bevestigt. Door de hendel vast te draaien wordt de as vast geklemd. Bijkomstig voordeel aan dit draaistuk is dat er geen limieten zitten op de rotatie van het frame. Het frame kan nu dus de volledige 360° draaien.

De technische tekeningen van dit stuk staan in de bijlage. Hieronder, op Figuur 89 en Figuur 90 staan de standen van de *painting jig* afgebeeld.



Figuur 89: *Painting jig met draaistuk, stand één*



Figuur 90: *Painting jig met draaistuk stand twee*

7.2.3 Gasveer

Er moet nog één doel worden bereikt. De *painting jig* moet namelijk makkelijk in de hoogte aanpasbaar zijn. Als het frame plat gelegd wordt, ligt het frame lager dan voorheen. Dit hoogteverschil moet makkelijk kunnen worden overwonnen. Dit wordt gedaan met behulp van een gasveer. Dit systeem kan men vergelijken met het liftstelsel van een bureaustoel. Als men op een hendel duwt kan men de stoel omhoog en omlaag laten bewegen. Hetzelfde geldt voor de gasveer van de *painting jig*.

De gasveer zit in de profielen van de *painting jig* verwerkt. Men kan de gasveer bedienen door middel van een voetpedaal dat onderaan de *painting jig* zit. Als men het voetpedaal indrukt kan men de hoogte van de *painting jig* aanpassen.

7.3 Evaluatie concepten

Eerst hebben we de *painting jig* zelf getest. Hierdoor hebben we zelf nog kleine foutjes uit het ontwerp kunnen halen. Daarna hebben de werknemers de *painting jig* getest. Al deze fouten worden verderop opgesomd.

7.3.1 Eigen opmerkingen

Het is makkelijk om met de 2 scharnieren te werken. Men moet ze simpelweg opendraaien en zo kan men de *painting jig* bewegen. Het is dus gemakkelijk om mee te werken. Er was slechts één probleem. De hendel van het tweede scharnier kan men niet volledig opendraaien omdat de hendel dan tegen een profiel zit. Het gevolg hiervan is dat het scharnier niet helemaal open is en dat de operator enige kracht moet uitoefenen om het frame te laten draaien rond dit scharnier.

Dit is opgelost door de hendels van de scharnier te vervangen door stergrepen. Nu kunnen de scharnieren wel helemaal open gezet worden, wat leidt tot makkelijker werken voor de operator.

Het draaistuk werd ongeschikt bevonden. Het draaistuk werd op een profiel vastgeschroefd. Na verloop van tijd kwam de schroef los. Zo bleef het statief niet in zijn gewenste positie, maar kon het roteren hoewel de as toch vastgeklemd was. Bijkomend probleem was dat de *jig* onder een groot moment kwam te staan als de operator het frame platlegde. Dit zorgt op korte termijn niet voor probleem, maar op lange termijn zou er schade aan de *jig* kunnen zijn. Ook zorgt dit grote moment ervoor dat de *painting jig* minder stabiel is

Opdat de operator de *painting jig* in de hoogte kon aanpassen, werd een ontwerp gemaakt met gasveren. Er zijn helaas enkele problemen opgetreden bij de bestelling van deze gasveren waardoor die nooit zijn aangekomen. Dit ontwerp verschilt niet veel van het eindresultaat, dat verderop besproken wordt. Het enige verschil is dat het rechtstaand profiel vervangen werd door een koker met daarin de gasveer verwerkt. Die gasveer kan dan het systeem met de twee scharnieren omhoog tillen. De tekeningen hiervan zijn te zien in de bijlage.

7.3.2 Opmerking door de werknemers

Ook door de werknemers werd bevestigd dat het makkelijk werken is met de 2 scharnieren. Ze hadden wel nog enkele opmerkingen. Die opmerkingen worden hieronder overlopen.

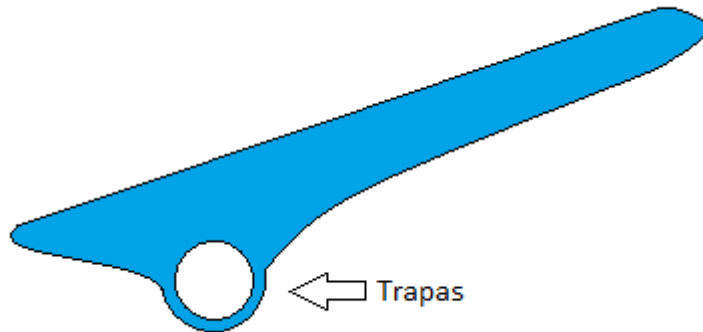
Het rechtstaand profiel komt los. Dit profiel zit vastgeschroefd aan de plaat, maar door met de *painting jig* te werken komt deze schroef los. Hierdoor kan het rechtstaand profiel draaien. In de huidige opstelling zou het profiel niet mogen draaien, maar de beweging is wel handig. Als het profiel op deze manier blijft draaien zal de schroef, de plaat en het profiel beschadigd raken. Aan de 4 zijdes van het profiel kan er nog een koppelstuk met de grond worden bevestigd. Dit zal er voor zorgen dat het geheel niet gaat roteren en stabiel blijft. Indien de rotatie behouden moet blijven kan er een lagerhuis voorzien worden waardoor men wel rond deze as kan draaien.

Het eerste scharnier blijft vaak openstaan. Dit scharnier wordt door de werknemers eigenlijk gebruikt ter vervanging van het draaipunt rond de as van de cilinder. Dit komt omdat het draaipunt rond de cilinder te stroef draait. Als men het frame rond de as van de cilinder wilt draaien, moet men de *painting jig* te stevig vasthouden. De oude *painting jig* was meer een star geheel dat aan elkaar gelast was. Hierdoor kan het makkelijker draaien rond de as van de cilinder. Om het draaien rond de trapas soepeler te laten lopen, kan de spanveer meer ontspannen worden. Hierdoor zal het conisch stuk minder hard worden geklemd en zal het roteren makkelijker verlopen.

Het geheel is niet zo stabiel als de oude *painting jig*. Dit komt omdat de oude *painting jig* helemaal aan elkaar gelast is en de nieuwe is opgebouwd uit losse stukken die aan elkaar geschroefd zijn. Wanneer de werknemers het nieuwe ontwerp gewoon zijn zal dit geen probleem meer opleveren.

In de huidige inklemming kan men geen stickers rond de trapasopening van het frame plakken. De stickers hebben de vorm zoals op Figuur 91. Vroeger ging dit wel omdat men

een hulpstuk gebruikte om het frame plat te leggen. Het frame was dan niet ingeklemd, maar rustte op dit hulpstuk. Hierdoor was de bovenkant van het frame wel vrij zodat men de sticker wel kon aanbrengen.



Figuur 91: Voorbeeld sticker

De cirkelvormige opening in de sticker wordt gebruikt om de sticker nauwkeurig rond de trapas te positioneren. Het heeft geen esthetische functie. Hierdoor mag de cirkel onderaan opengeknipt worden. Door deze opening zal men terug in staat zijn om de sticker ook aan te brengen in de nieuwe opstelling.

Het aluminiumstuk dat het conisch stuk aan de veerzijde vasthoudt is te breed. Als men het frame wilt afschuren, kan men niet goed aan het stuk rond de trapas. Dit aluminium stuk, cilinderhouder_veer genaamd in de stuklijsten, kan men makkelijk kleiner maken. Als dit stuk even groot is als de contouren van het cilindrisch stuk kan men wel goed aan het gedeelte van het frame dat rond de trapas zit. Zo is het probleem verholpen.

7.4 Eindontwerp

Drie van de vier doelstellingen zijn voldaan. Het frame kan draaien rond zijn trapas en de operator kan het frame platleggen in één enkele inklemming. Door de scharnieren kan het frame niet 360° draaien, maar slechts 180°. Dit is ook voldoende. Het opzet van het draaien was immers dat de operator niet rond de *painting jig* moet lopen om stickers op de andere kant van het frame aan te brengen. Dit is haalbaar met de finale opstelling.

De opmerkingen van de werknemers zijn slechts kleine details die gemakkelijk opgelost kunnen worden. Die verbeteringen worden door Ridley zelf aangebracht.

8 Besluit

Deze masterproef bestond uit twee delen. Enerzijds moest de *cable cutter* geoptimaliseerd worden. Dit betekent dat de machine in staat moet zijn om goede kabels te slijpen.

Anderzijds moest er een nieuw ontwerp gemaakt worden voor de *painting jig*.

Uit de testen is gebleken dat de *cable cutter* de versnellingskabels makkelijk kan slijpen. De slijpschijf van Kreator dient op de machine gemonteerd te worden. Daarbij wordt de slijpmotor ingesteld op een toerental van 9000 rpm en een voedingssnelheid van 3,5 m/min. Zo slijpt de *cable cutter* kabels van goede kwaliteit met slechts een paar bramen. Deze bramen zijn bovendien eenvoudig te verwijderen door met de vinger erover te wrijven.

Het slijpen van de remkabel is, in de huidige opstelling, onmogelijk. De kabel smelt te vaak dicht tijdens het slijpproces. Ook wordt de doorsnede van de kabel vervormd en kan er niet verzekerd worden dat de snede altijd vlak is.

Er werd een nieuwe *painting jig* opgebouwd. Die voldoet aan drie van de vier vooropgestelde eisen:

- het frame kan blijven draaien rond de trapas;
- het frame kan in één enkele inklemming horizontaal gelegd worden;
- het frame kan rond de verticale as draaien.

Zoals de *painting jig* nu is opgebouwd is het niet mogelijk om het frame in de hoogte te verstellen. Dit komt omdat er enkele interne problemen waren met de bestellingen omtrent de gasveren. Het ontwerp van de *painting jig* met gasveer is wel volledig uitgewerkt. Dit ontwerp is, net als het ontwerp van de *painting jig* zoals die nu is opgebouwd, is terug te vinden in de bijlage. Ook de stuklijsten zijn terug te vinden in de bijlage.

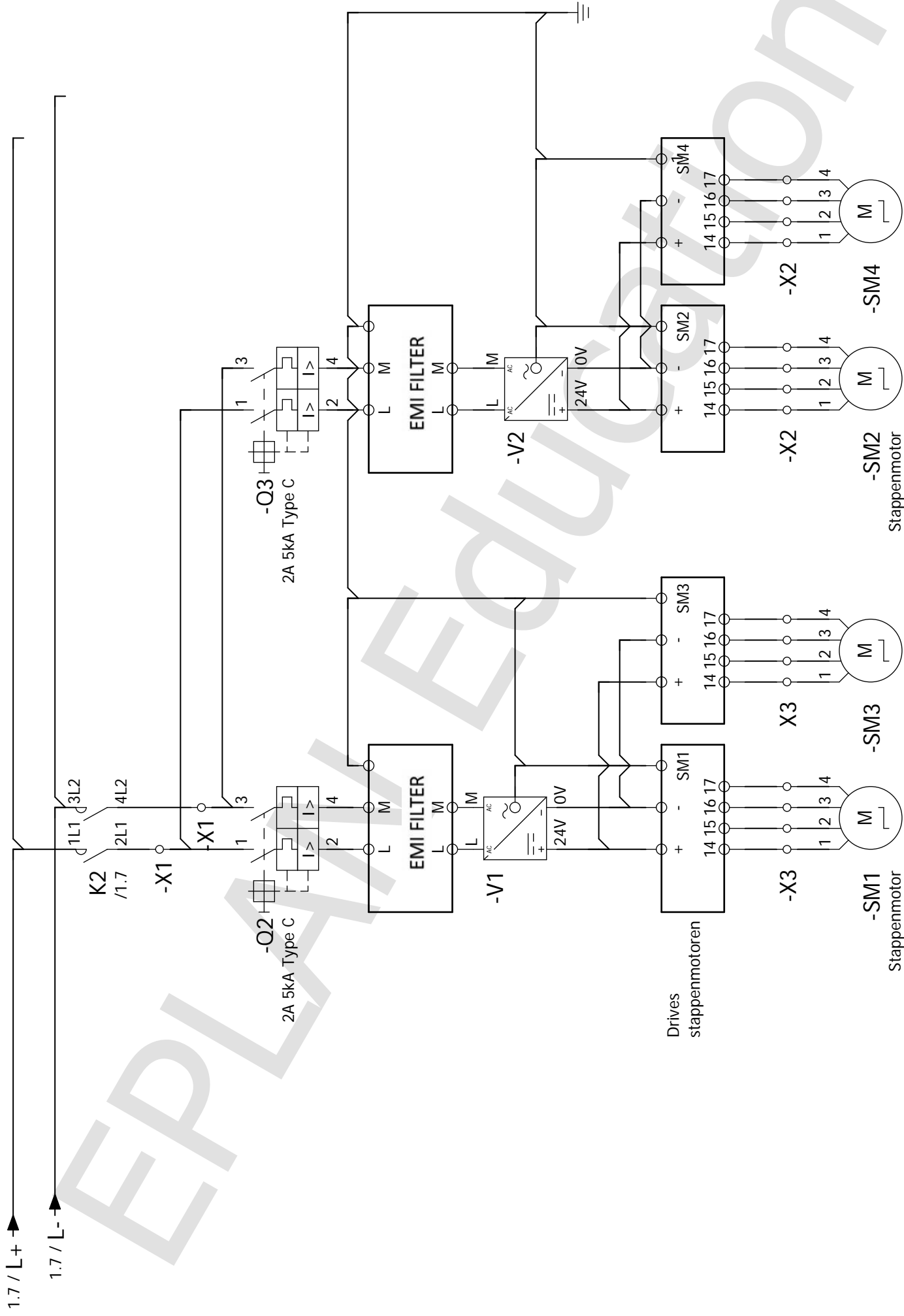
Literatuurlijst

- [1] „Housing,” 2015. [Online]. Available:
http://jagwire.com/products/v/30_meter_shop_rolls.
- [2] M. Levy, „To The Point - Shift Cables and Housing,” 17 Januari 2013. [Online]. Available:
<http://www.pinkbike.com/u/mikelevy/blog/To-The-Point-Shift-Cables.html>.
- [3] „CUTTING AND SIZING CABLE HOUSING,” 2015. [Online]. Available:
<http://www.parktool.com/blog/repair-help/cutting-and-sizing-cable-housing#article-section-1>.
- [4] „<https://generalsafety1et1team13.wordpress.com/automaat/>,” maart 2016. [Online].

Bijlagen

Bijlagen.....	99
Bijlage A	Elektrische schema's..... 99
Bijlage B	Klemmenlijsten 108
Bijlage C	Kabelnummering..... 112
Bijlage D	Technische tekeningen veiligheidsskap..... 115
Bijlage E	Technische tekeningen painting jig..... 118
Bijlage F	Stuklijsten painting jig 138

Bijlage A Elektrische schema's

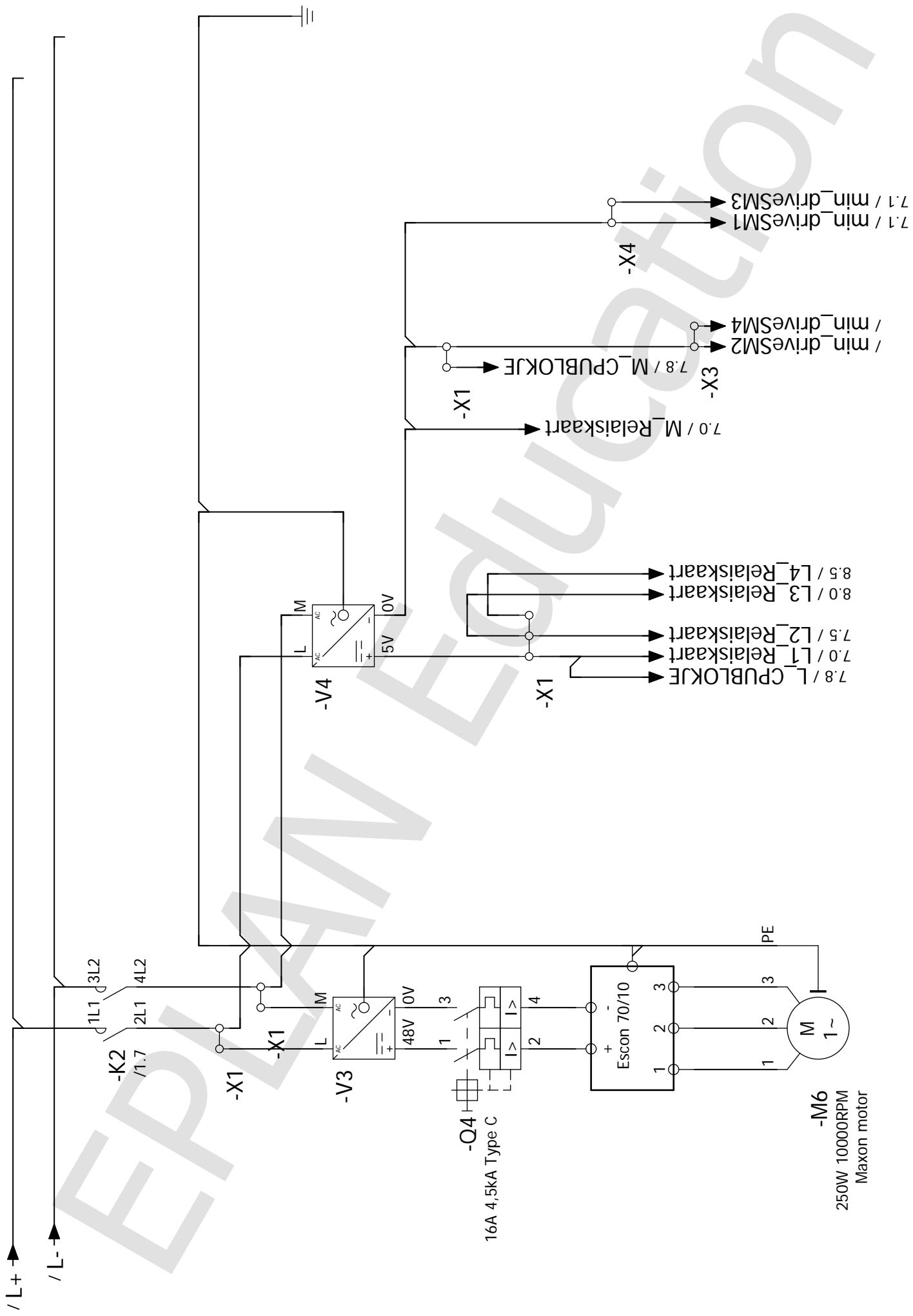


Wijziging	Datum	Naam	Vervangning van
			Vervangning door

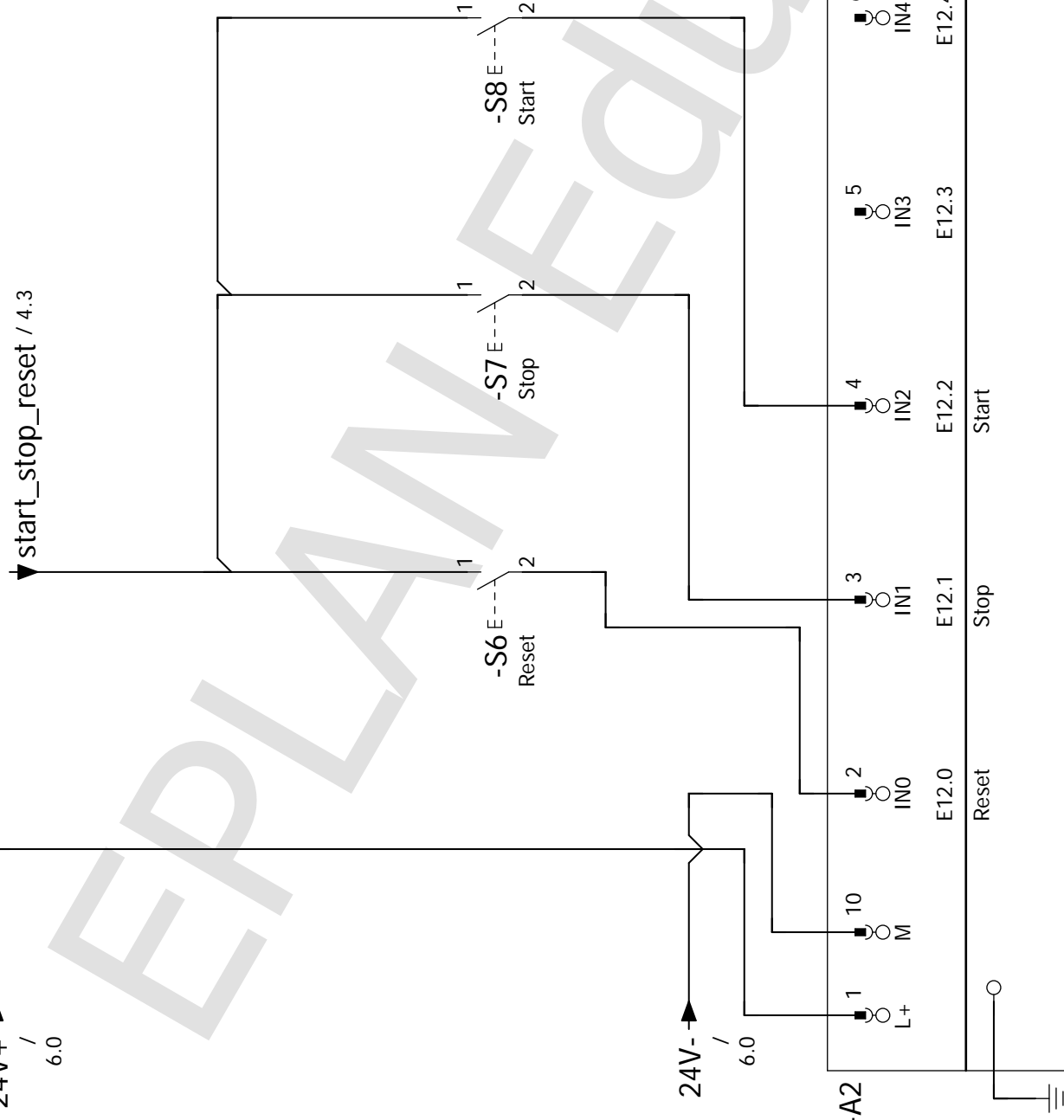
EPLAN	
Datum	29/04/2016
Bew.	ASUS
Projectjabloon met IEC-coderingsstructuur	
Vervangning van	

EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	
---	--

IEC_ip001	
Blad	
Blad	
= ANL + SCP	
3	

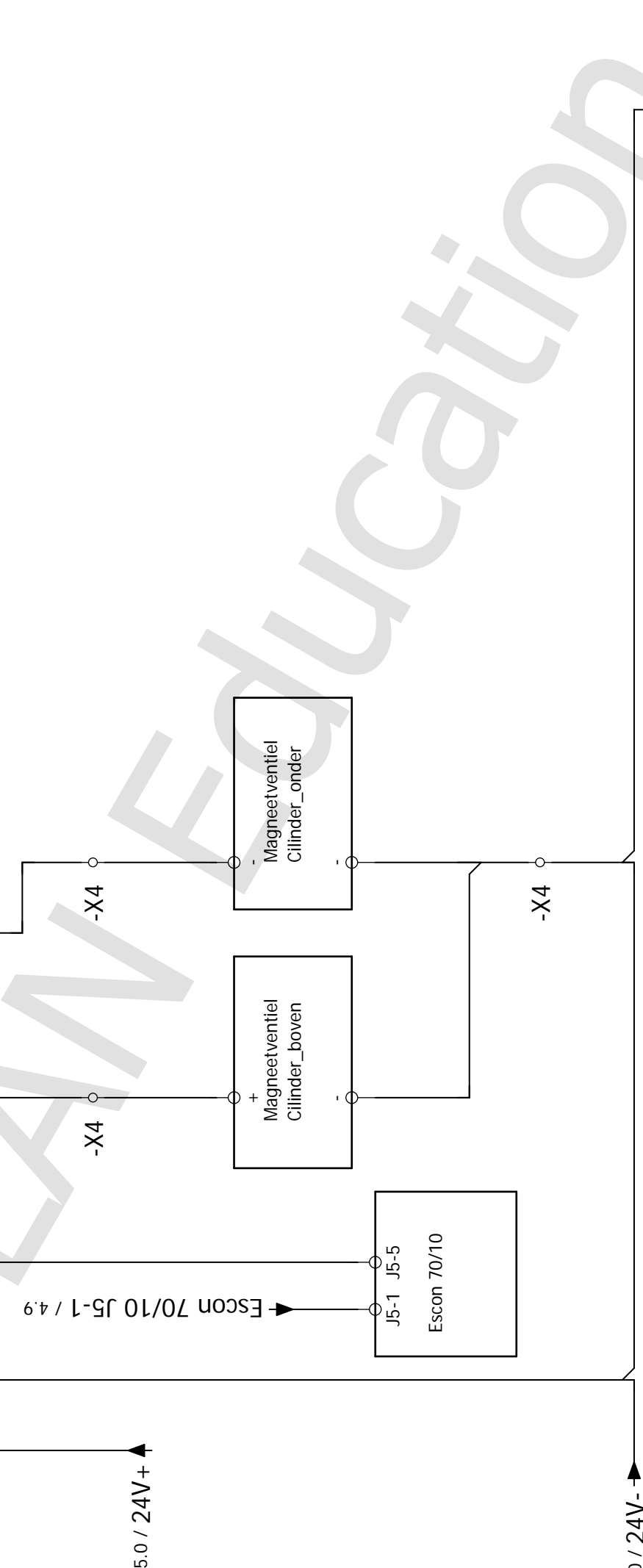
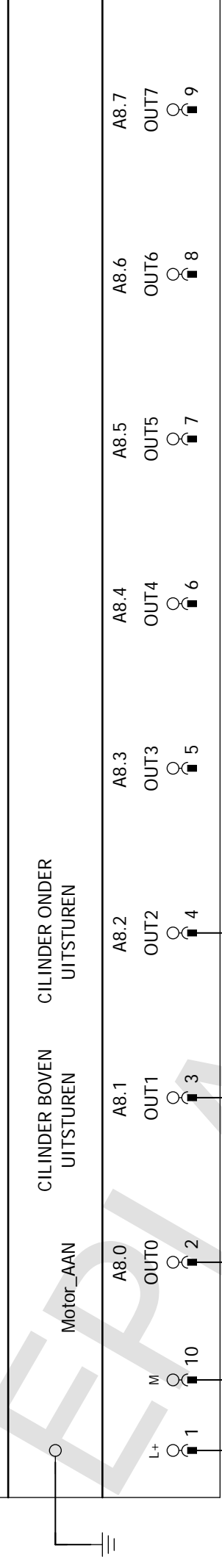


24V+ →
/ 6.0

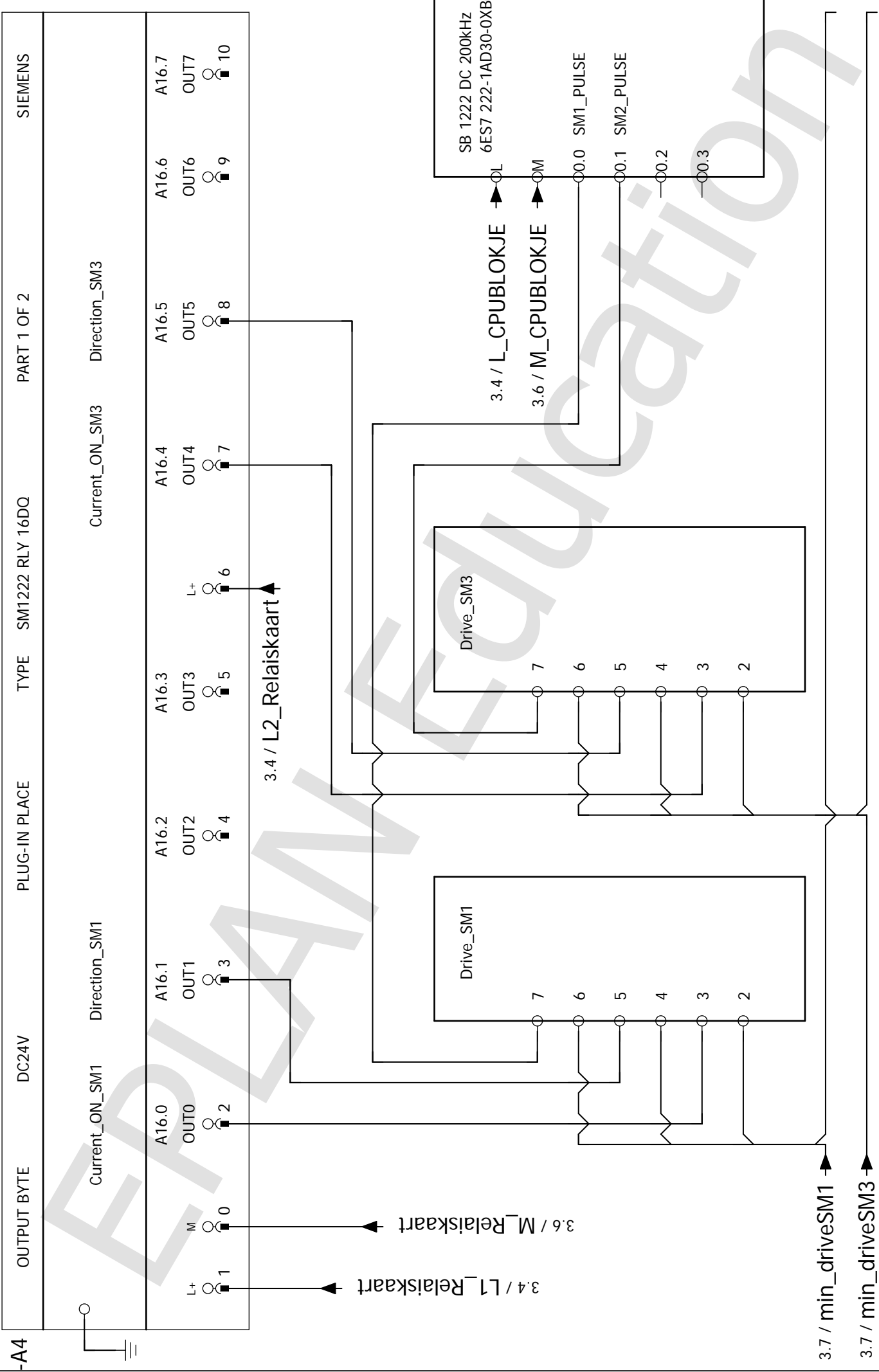


1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
L+	M	IN1	IN2	IN3	IN4	IN5	IN6	IN7
E12.0	E12.1	E12.2	E12.3	E12.4	E12.5	E12.6	E12.7	
Reset	Stop	Start						
INPUT BYTE			DC24V			PLUG-IN PLACE		
			TYPE			SM 1223 DC/DC-8DI & 8DO		
			PART 1 OF 2			SIEMENS		

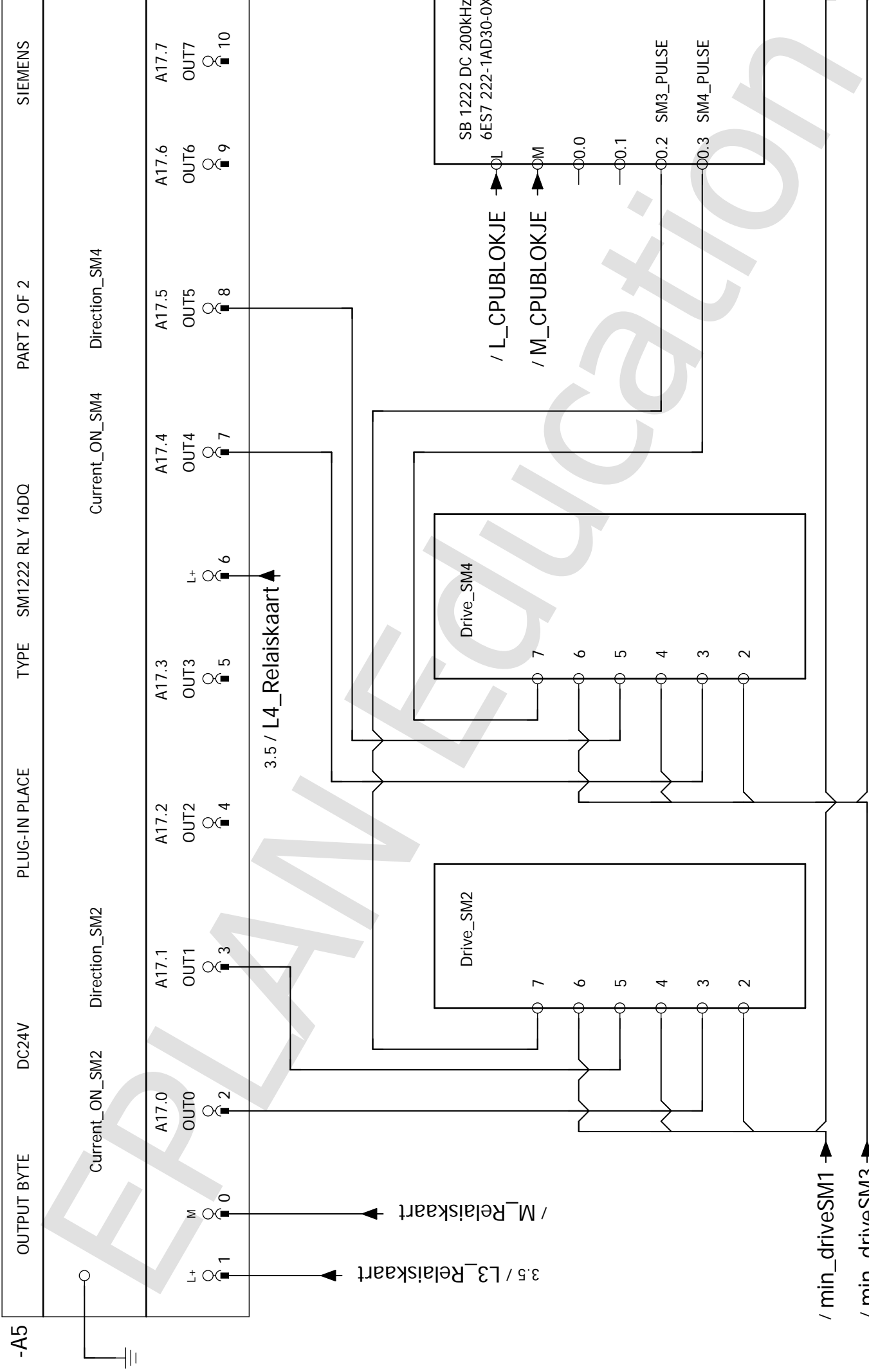
-A3	OUTPUT BYTE	DC24V	PLUG-IN PLACE	TYPE	SM1222DC 16DQ	PART 1 OF 2	SIEMENS
-----	-------------	-------	---------------	------	---------------	-------------	---------



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Wijziging	Datum	Naam	Projectjabloon met IEC-coderingsstructuur		EPLAN Software & Service	8	
			Vervanging van	Vervangen door	GmbH & Co. KG	Blad	
					IEC-IP001		Blad
					= ANL + SCP		Blad



Bijlage B Klemmenlijsten

Van Tabel 6 tot en met Tabel 9 zijn de klemmenlijst weergegeven. In de machinekast zijn 4 wanden waarop elektrische apparaten zijn bevestigd. Al deze wanden hebben een aparte klemmenstrook. Zo horen de klemmen van wand 1 tot klemmenstrook X1.

Tabel 6: Klemmenlijst X1

Kabelnummer	Kabelnaam			Klemmenlijst: X1					Kabelnaam			Pagina/kolom			
	Rood	blauw	zwart	kabeltype	doelcode	aansluiting	klem	brug	doelcode	aansluiting	kabeltype		Rood	blauw	zwart
45					V4	5V	1	●	SM1222 RLY 16DQ	L+/L1		46			3.3
48					SM1222 RLY 16DQ	L3	2	●	SM1222 RLY 16DQ	L2		47			3.3
49					SM1222 RLY 16DQ	L4	3	●							3.3
		25			K2	4L2	4	○	Q2/Q3	3/3			25 ^{BIS} - 26		2.2
23					K2	2L1	5	○	Q2/Q3	1/1		23 ^{BIS} - 24			2.2
		7			K1	A2	6	●	K2	3L2			17		1.1
		2- BIS			Q1		3	7	●	K1	3L2		12		1.1
5					S2		1	8	●	K1	1L1	11			1.1
4					S1		2	9	●	K1	8.4	8			1.1
		82			V3	M		10	●						3.1
		55			V4	M		11	●	K2	4L2	53			3.1
81					V3	L		12	●						3.1
54					V4	L		13	●	K2	2L1				3.1
		89			6ES7 222- 1AD30- 0XB0	M		14	●	V4	0V	44			3.4
		44						15	●	X3					3.4

Tabel 7: Klemmenlijst X2

	kabelnaam			Klemmenlijst: X2						kabelnaam			Pagina/ kolom
	Rood	blauw	zwart	doelcode	aansluiting	klem	brug	doelcode	aansluiting	kabeltype	Rood	blauw	
Kabel- nummer			36	drive SM2	14	1	○	SM 2	oranje				2.4
			37	drive SM2	15	2	○	SM 2	blauw				2.4
			38	drive SM2	16	3	○	SM 2	rood				2.4
			39	drive SM2	17	4	○	SM 2	geel				2.4
			40	drive SM4	14	5	○	SM 4	oranje				2.5
			41	drive SM5	15	6	○	SM 4	blauw				2.5
			42	drive SM6	16	7	○	SM 4	rood				2.5
			43	drive SM7	17	8	○	SM 4	geel				2.5
	20			K2	A2	9	●	K2	3L2		22		1.5
	17			X1	7	10	●						1.5
	15			K1	2L1	11	●	S4	2		18		1.5
						12	●	K2	1L1		21		1.5

Tabel 8: Klemmenlijst X3

Kabelnummer	Kabelnaam			Klemmenlijst: X3				Kabelnaam			Pagina/ kolom				
	Rood	blauw	zwart	kabeltype	doelcode	aansluiting	klem	brug	doelcode	aansluiting		kabeltype	Rood	blauw	zwart
					V5	0V	1	●	B3/B4/ B5/B6	2/2/ 2/2					4.1
							2	●	HMI	-					4.1
		78			CPU1215 DC/DC/DC	M	3	●	Escon 70/10	J5-1				80	4.1
							4	●	B1/B2	blauw/ blauw					4.1
			71/ 72		start/stop		5	●	V5	24V		73			4.1
			70		reset		6	●	HMI	+					4.1
						wit- bruin wit- bruin	7	●							4.1
					B1/B2		8	●							4.1
					B3/B4/ B5/B6	1/1/ 1/1	9	○							2.2
			59		drive SM1	14	10	○	SM1	oranje					2.2
			60		drive SM1	15	11	○	SM1	blauw					2.2
			61		drive SM1	16	12	○	SM1	rood					2.2
			62		drive SM1	17	13	○	SM1	geel					2.2
			63		drive SM3	14	14	○	SM3	oranje					2.3
			64		drive SM3	15	15	○	SM3	blauw					2.3
			65		drive SM3	16	16	○	SM3	rood					2.3
			66		drive SM3	17		○	SM3	geel					2.3

Tabel 9: Klemmenlijst X4

Kabelnummer	Rood	blauw	zwart	kabelnaam	Klemmenlijst: X4					kabelnaam	Rood	blauw	zwart	Pagina/ kolom
				kabeltype	doelcode	aansluiting	klem	brug	doelcode	aansluiting				
			75		SM1222 DC 16DQ	A8.1	1	○	magneet ventiel boven	+				6.3
			76		SM1222 DC 16DQ	A8.2	2	○	magneet ventiel onder	+				6.4
					magneet ventiel boven	-	3	●	V5	24V-		77		6.3
					Magneet ventiel onder	-	3	●						6.3
					V5	0V	4	●	min_ driveSM1	2/4/6				3.5
							4	●	min_ driveSM3	2/4/6				3.5

Bijlage C Kabelnummering

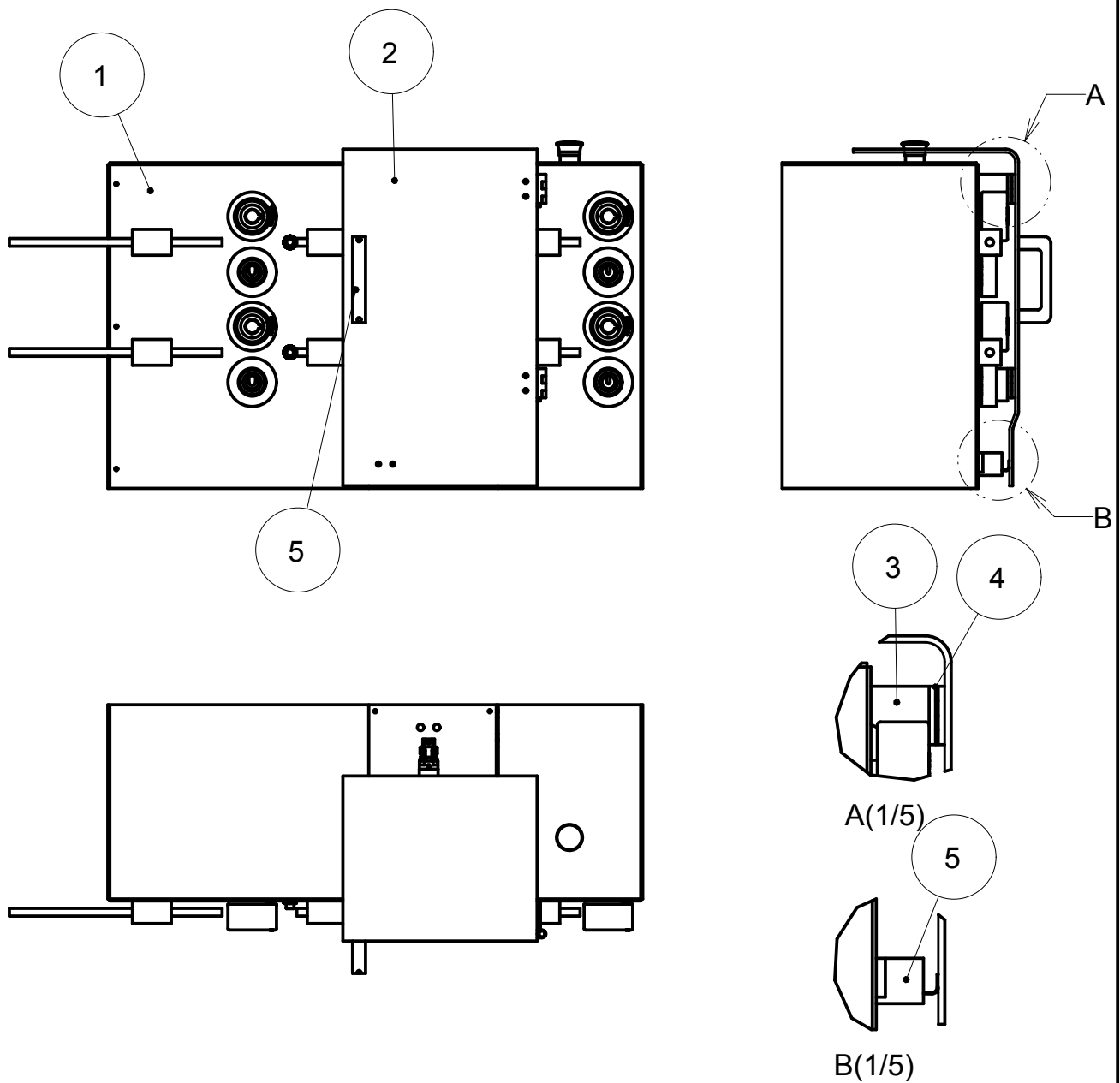
Tabel 10: Kabelnummering

Nr	Van	Naar
1	stekker bruin	beveiliging
2	stekker blauw	beveiliging
2 Bis	beveiliging	min klem
3	plus	hoofdschakelaar
4	hoofdschakelaar	plusklem
5	plus klem	start
6	start	K1A1
7	K1A2	min klem
8	plusklem	8.4
9	8.3	stop
10	stop	K1A1
11	plus klem	K11L1
12	min klem	K13L2
13	2T1	plc
14	4T2	plc
15	2T1	plusblokje links
17	min klem rechts	min klem links
18	plus klem links	noodstop
19	noodstop	K2A1
20	K2A2	min klem links
21	plus klem links	1L1k2
22	min klem links	3L2
23	2T1	klem
23 Bis	klem	bev 2A
24	klem	bev 2A
25	4T2	klem
25 Bis	klem	bev 2A
26	klem	bev 2A
27	beveiliging	filter onder +
28	beveiliging	filter boven +
29	beveiliging	filter onder -
30	beveiliging	filter boven -
31	filter boven +	voeding L
32	filter boven -	voeding N
33	voeding 24V+	SM drive rechts nr 12
34	voeding 24 V-	SM drive rechts nr 11
35	voeding 24V+	SM drive links nr 12
36	voeding 24V+	SM drive links nr 11
36	oranje SM2	drive links 14
37	blauw SM2	drive links 15
38	Rood SM2	drive links 16
39	geel SM2	drive links 17

40	oranje SM4	drive rechts 14
41	blauw SM4	drive rechts 15
42	Rood SM4	drive rechts 16
43	geel SM4	drive rechts 17
44	min klem drives stappenmotor	voeding 5V/min CPU blokske
45	voeding +12V klem	klem +12V
46	klem +12V	relaiskaart 1L
47	klem +12V	relaiskaart 2L
48	klem +12V	relaiskaart 3L
49	klem +12V	relaiskaart 4L
50	voeding 24V+	drive links 12
51	voeding 24 V+	drive rechts 12
52	voeding 24V-	drive links 11
53	voeding 24V-	drive rechts 11
54	K2/53:54	klem +230V
55	K2/63:55	klem -230V
56	klem +230V	" +230V voeding 12V
57	klem -230V	" -230 voeding 12V
58	filter onder +	24V voeding kast links: 230V+
59	filter onder -	24V voeding kast links: 230V-
60	voeding 24V links	HMI
61	voeding 24V links	HMI
62	oranje SM1	drive links 14
63	blauw SM1	drive links 15
64	Rood SM1	drive links 16
65	geel SM1	drive links 17
66	oranje SM3	drive rechts 14
67	blauw SM3	drive rechts 15
68	Rood SM3	drive rechts 16
69	geel SM3	drive rechts 17
70	DOIO.0	reset
71	DOIO.1	stop
72	DOIO.2	start
73	L+ power supply plc	klem +24V
74	M power supply plc	klem -24V
75	cilinder boven +	plc:CPU:DIa0.4
76	cilinder onder +	plc:CPU:DIa0.5
77	beide cilinders -	klem -24V
78	1MCPU a DI SM1223	klem -24V
79	CPU D1b.0	maxon J5-1
80	maxon J5-1	klem -24V
81	plus klem 230V	voeding 230V-48V
82	min klem	voeding
83	voeding +48V	beveiling 16A

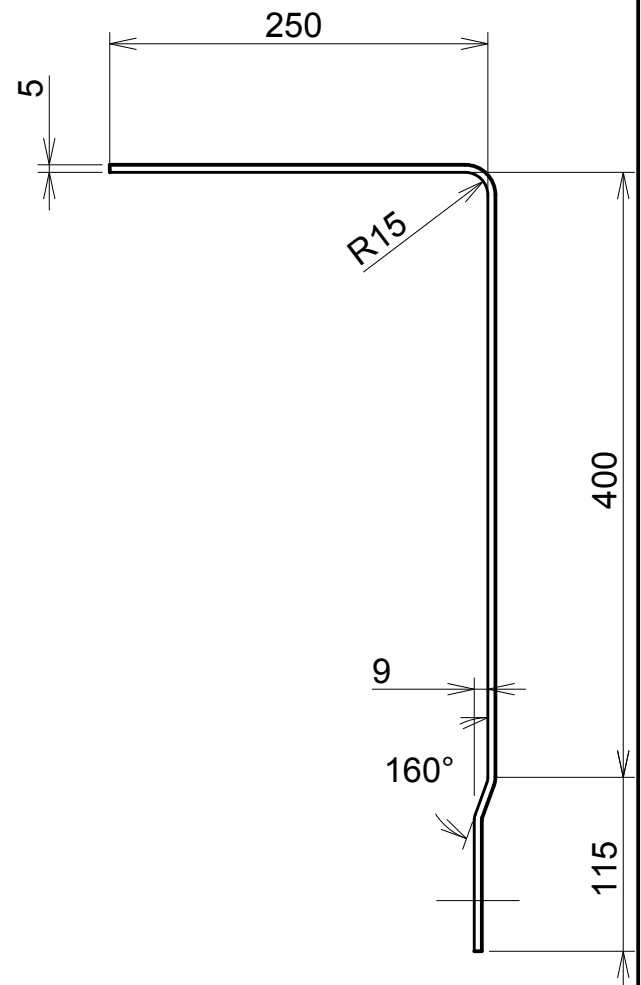
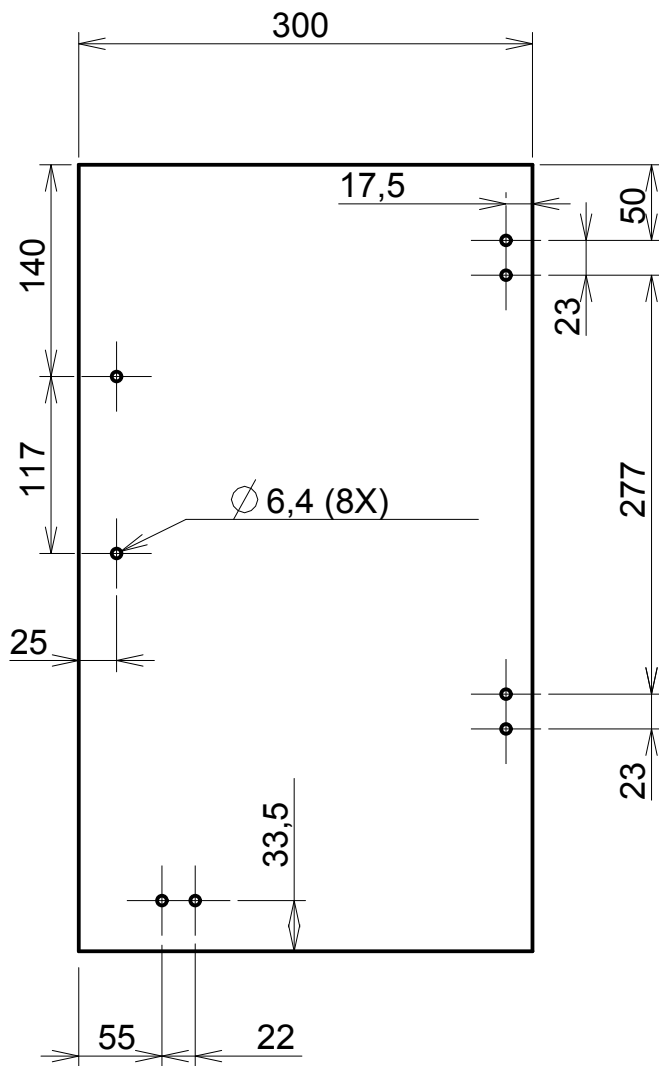
84	voeding -48V	beveiling 16A
85	beveiliging 16A	escon +
86	beveiling 16A	escon -
87	Min klem drives 1/3	5V voeding "-"
88	klem +5V	klein blokje plc

Bijlage D Technische tekeningen veiligheidskap



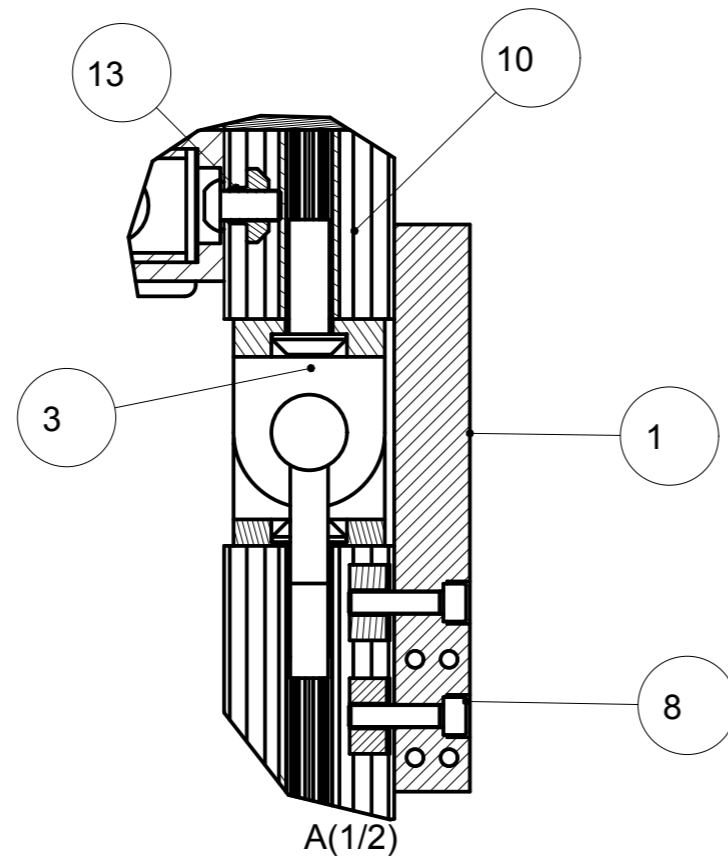
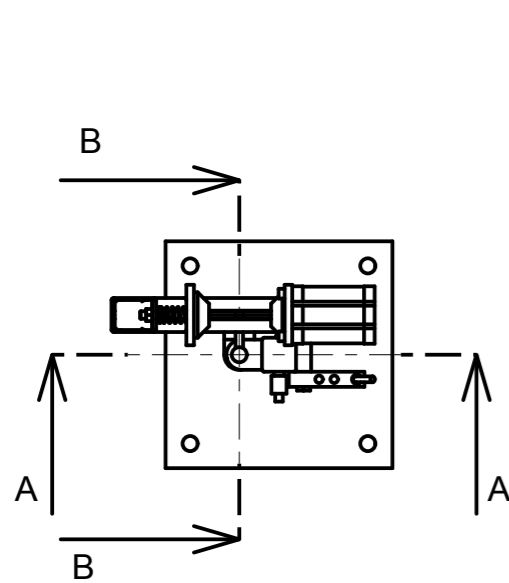
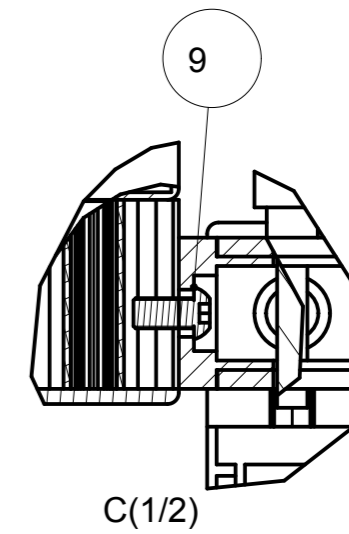
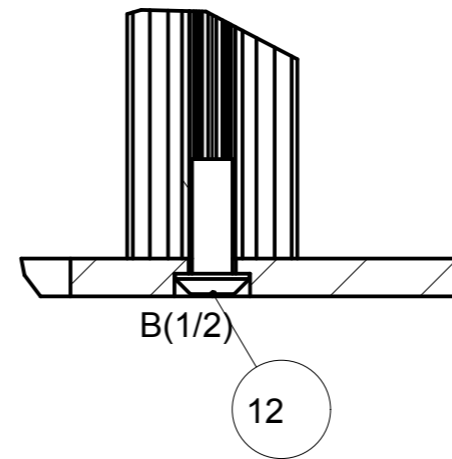
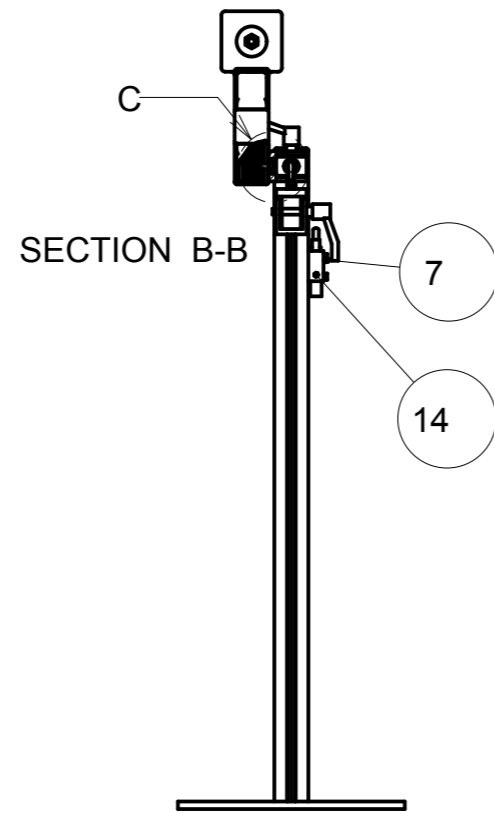
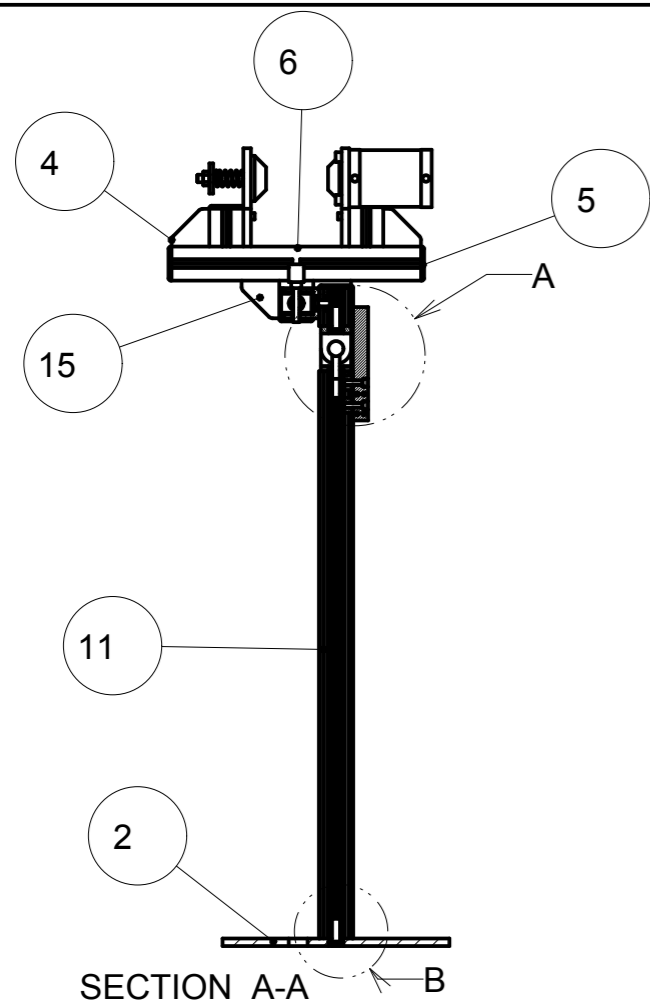
6	1	Interlock
5	1	Strap-shaped handle_26x133x50
4	2	Hinge, aluminium 20X20
3	2	Paintingjig_P_20X20_L_20
2	1	Veiligheidskap
1	1	Huidige cable cutter
Stuknr	aantal	naam

Materiaal:		Ruwmaten:	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : Cable Cutter		Tek.nr: 1	Aantal: 1
		Stuknr:	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat:	Schaal:
	Groep:	Datum: 30/03/14	1/10


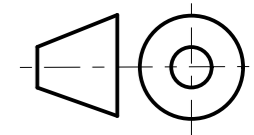


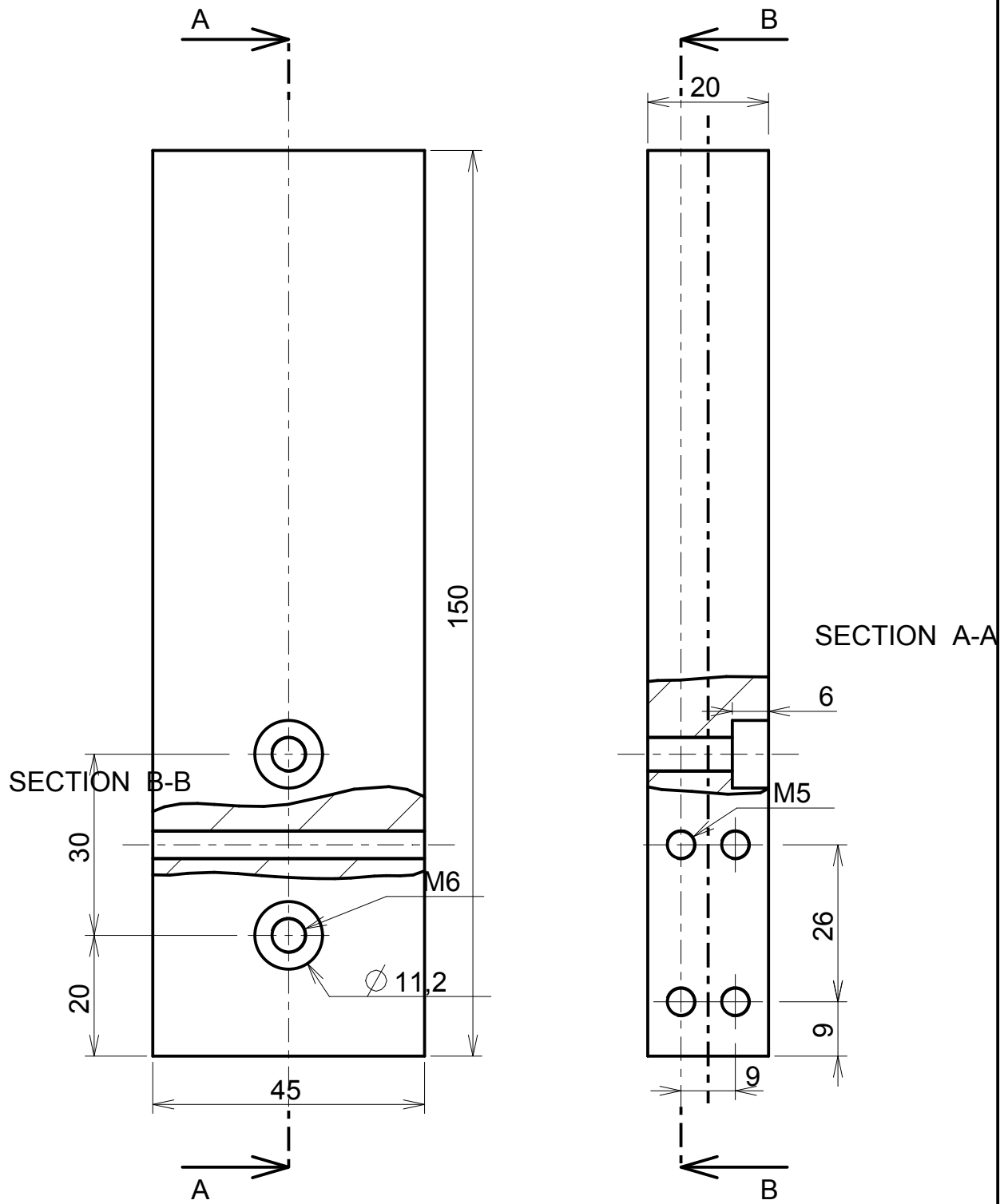
Materiaal:		Ruwmaten: 300X770X5	
Norm:		Behandeling: Plooien	
Benaming : Veiligheidskap		Tek.nr: 2	Aantal: 1
		Stuknr: 2	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/5
	Groep:	Datum: 30/03/14	

Bijlage E Technische tekeningen painting jig



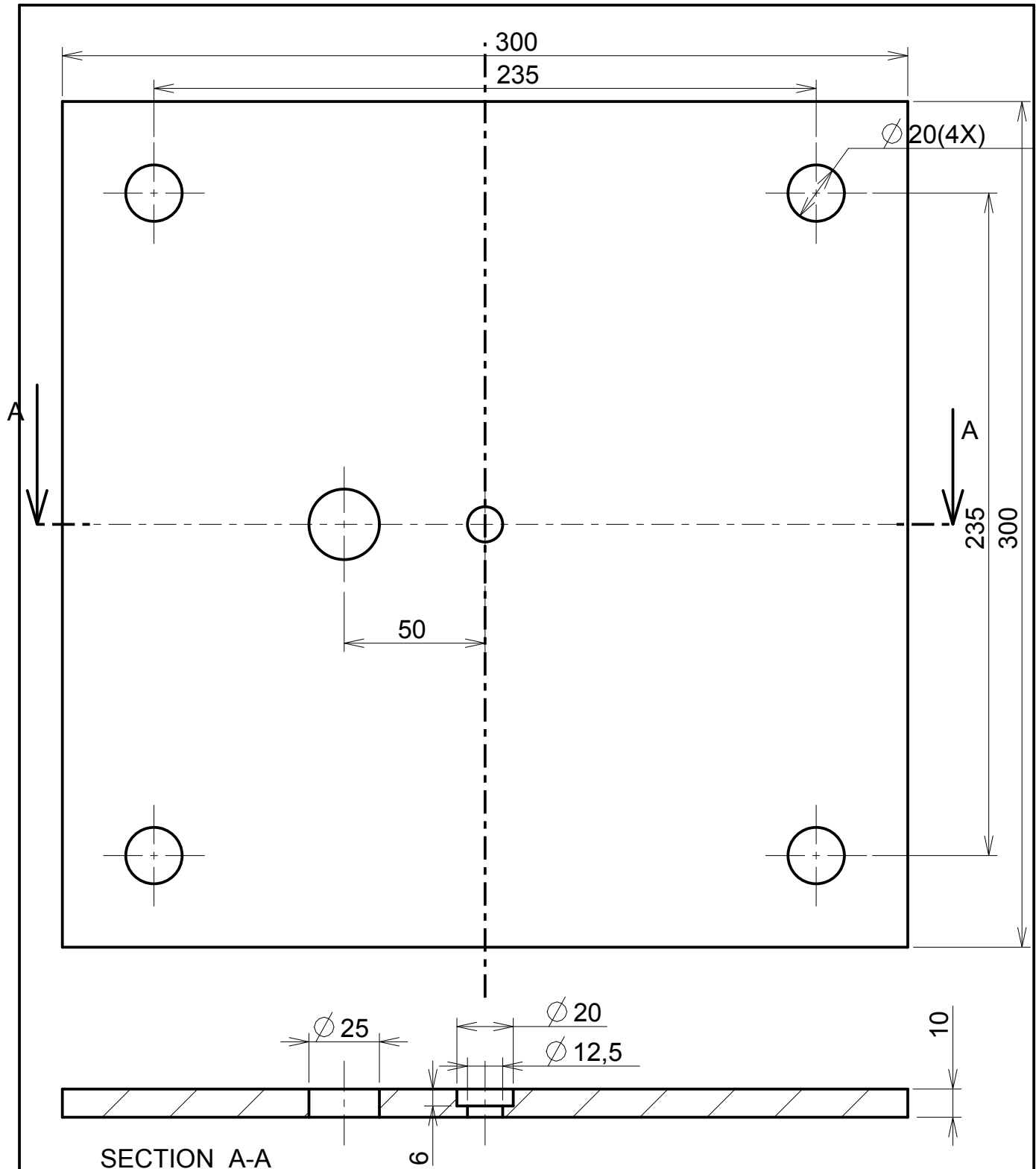
15	2	WINKELSATZ_43X42
14	1	VENTIEL
13	3	T_NUT_SLOT10
12	3	S12X30
11	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_750
10	2	PAINTINGJIG_P_45X45_L_50
9	3	ISO7380-1-M8X16-8_8
8	2	ISO4762-M6X25-8_8
7	2	ISO4762-M5X30-8_8
6	1	INKLEMMING
5	5	END_CAP_45X45
4	4	COVER_FOR_ANGLE_45
3	2	CONNECTING_JOINT_45X45
2	1	BODEMPLAAT
1	1	AANSLAG
Stuknr	Aantal	Naam

Materiaal:	Ruwmaten:	
Norm:	Behandeling:	
Benaming : PAINTINGJIG	Tek.nr: 1	Aantal: 1
	Stuknr:	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat: A3
	Groep:	Schaal: 1/10
Datum: 14/05/16		


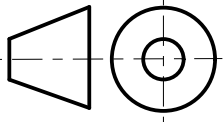


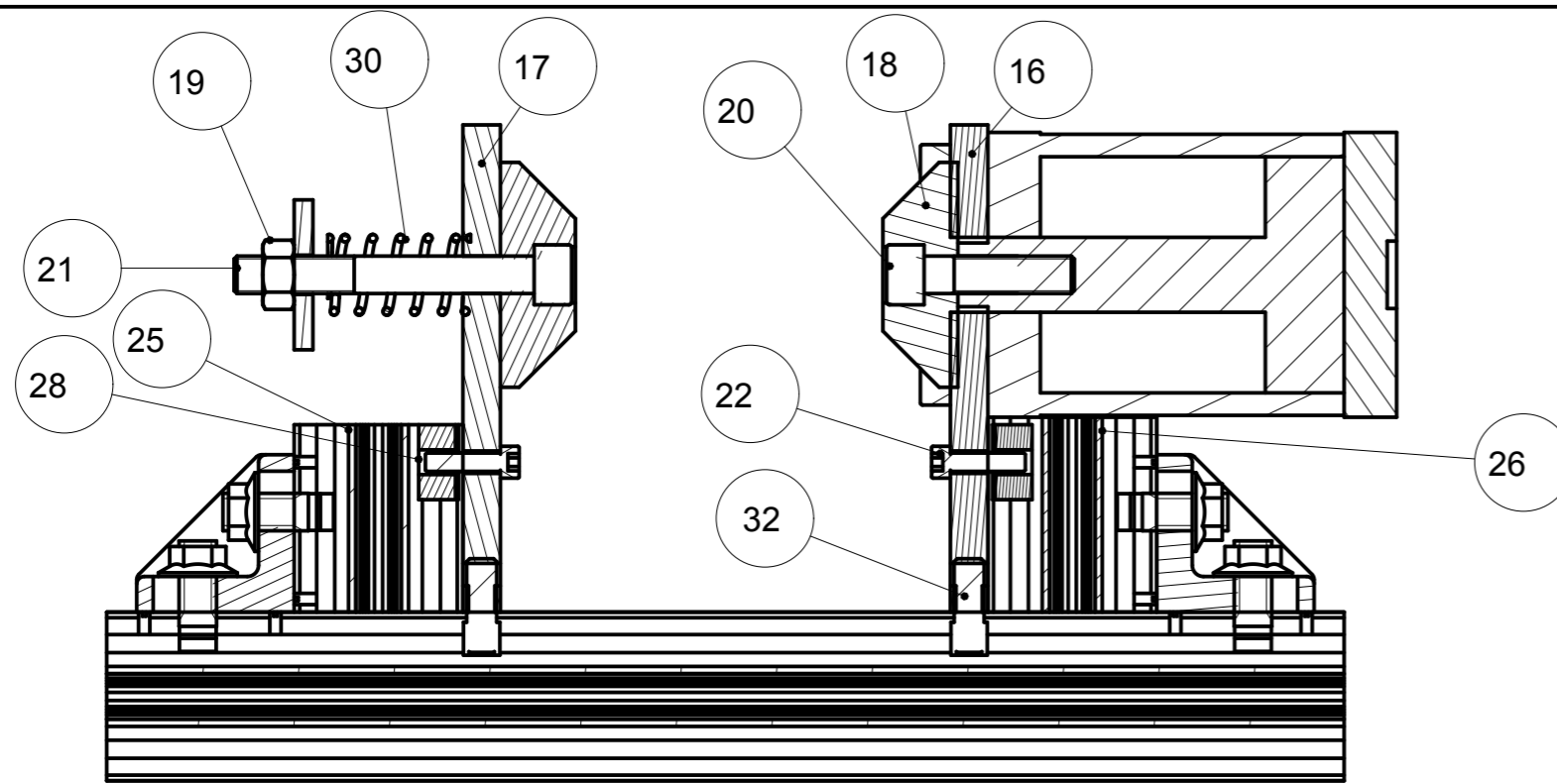
DIN ISO 2768-1 m,k

Materiaal: Aluminium		Ruwmaten: 150X45X20	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : AANSLAG		Tek.nr: 2	Aantal: 1
		Stuknr: 1	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	

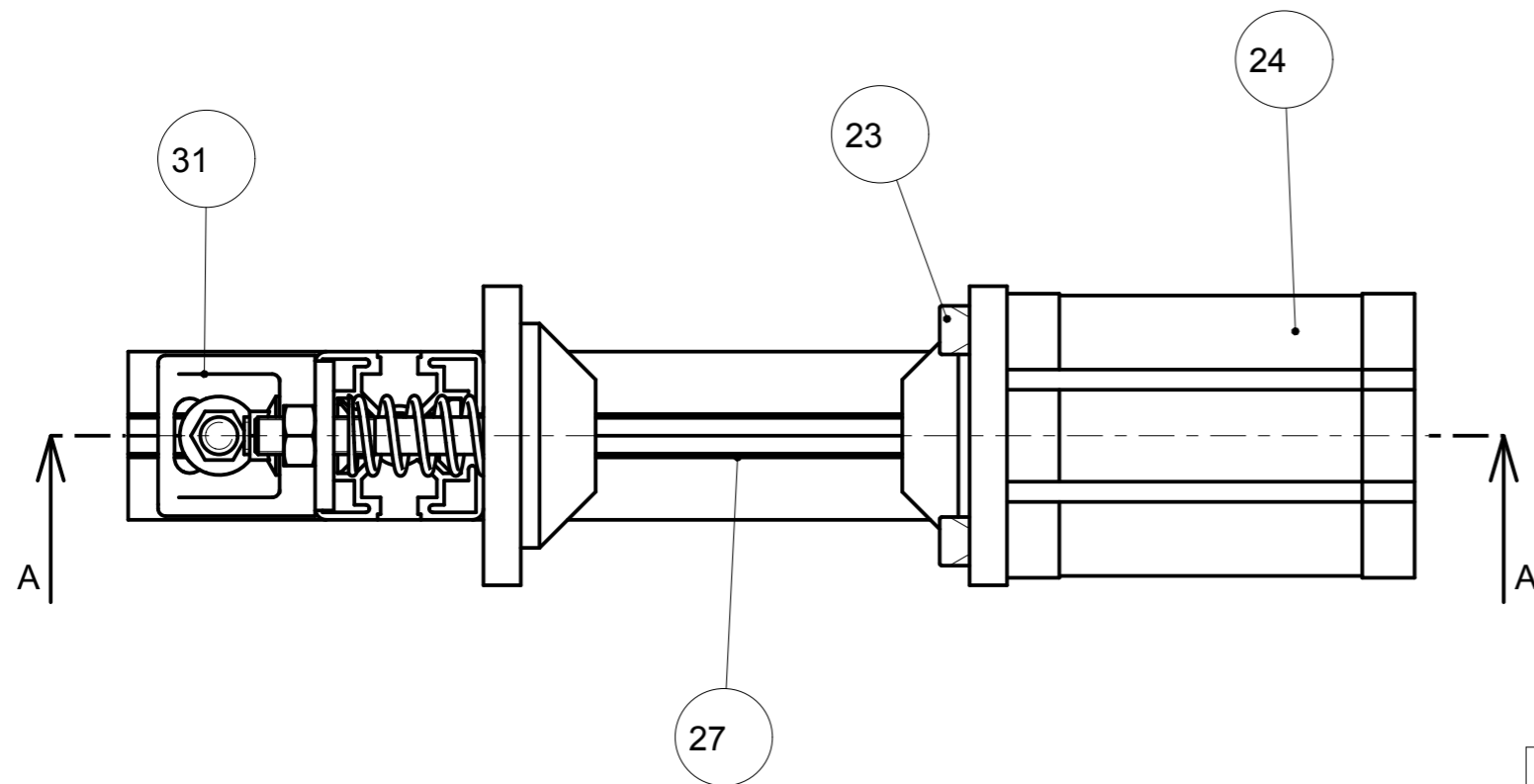
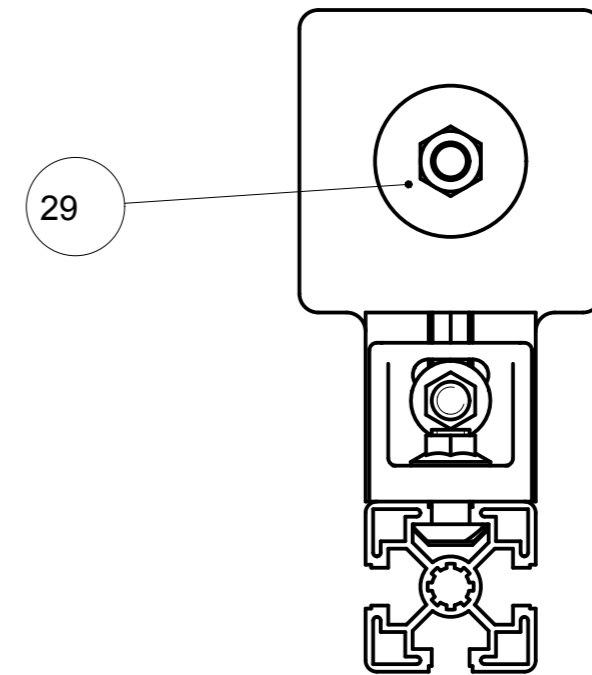


DIN ISO 2768-1 m,k


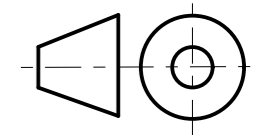
Materiaal: Inox		Ruwmaten: 300X300X10	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : BODEMPLAAT		Tek.nr: 3	Aantal: 1
		Stuknr: 2	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/2
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			

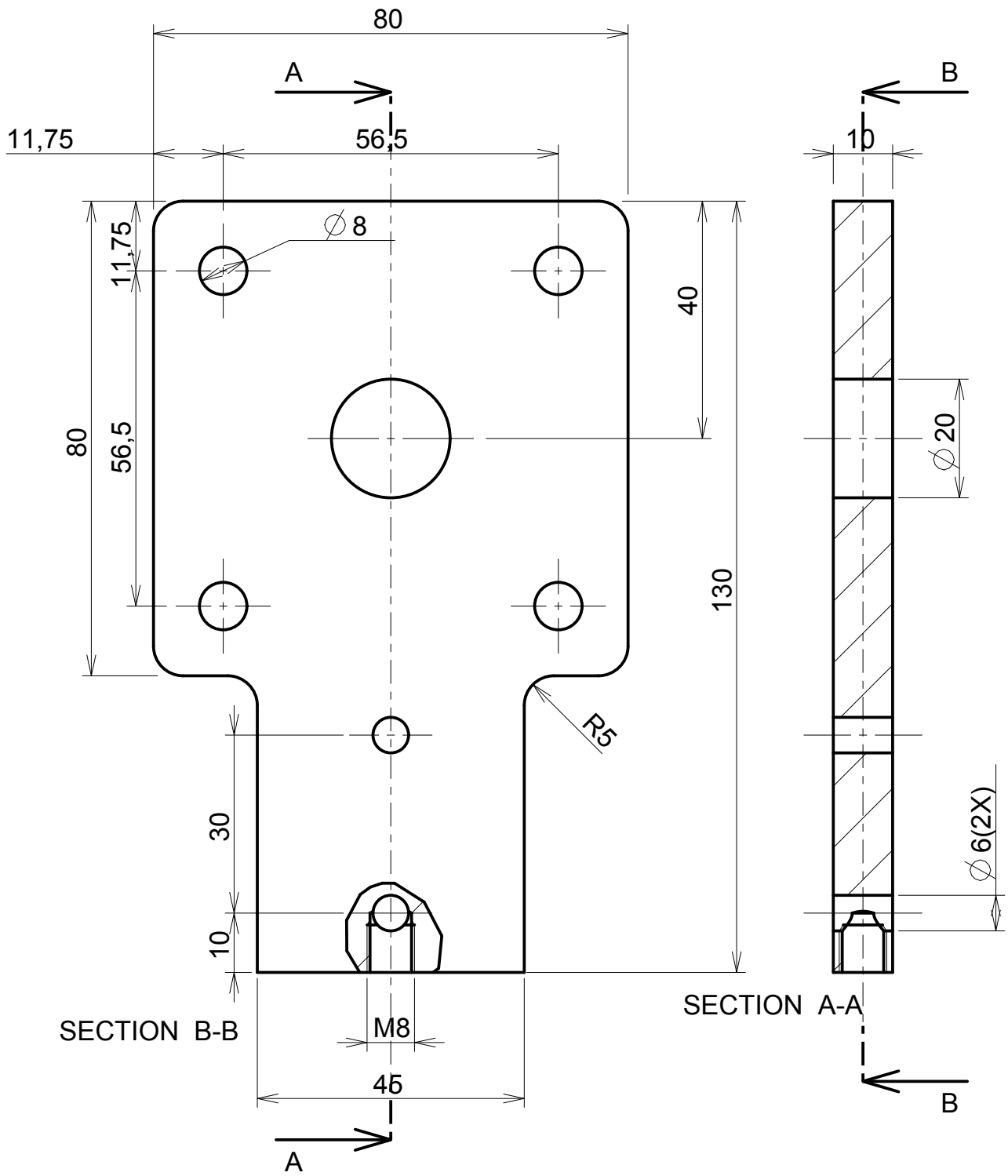


SECTION A-A



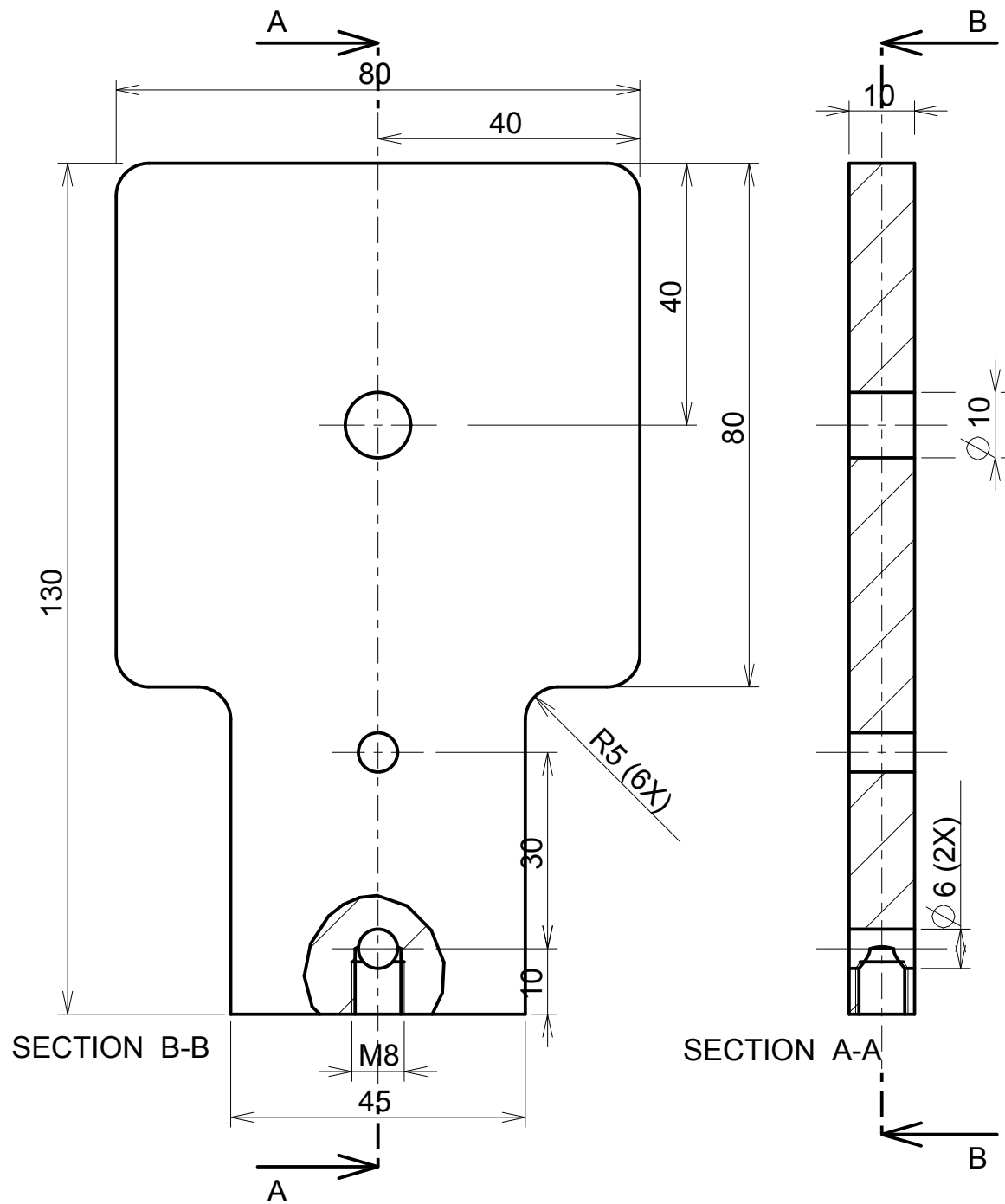
32	2	Hammurnut with collar slot10
31	2	WINKELSATZ_43X42
30	1	VEER_38MM
29	1	TEGENSTUK_VEER
28	2	T_NUT_SLOT10
27	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_340
26	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_52
25	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_50
24	1	NORGREN-RA192063MX60_STEP
23	5	ISO4762-M8X20-8_8
22	2	ISO4762-M5X20-8_8
21	1	ISO4762-M10X80-8_8
20	1	ISO4762-M10X40-8_8
19	1	ISO4032-M10-6
18	2	CONISCHSTUK
17	1	CILINDERHOUDERVEER
16	1	CILINDERHOUDER
Stuknr	Aantal	Naam

Materiaal:		Ruwmaten:	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : INKLEMMING		Tek.nr: 4	Aantal: 1
		Stuknr: 5	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat: A3	Schaal: 1/2
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			


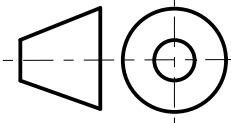


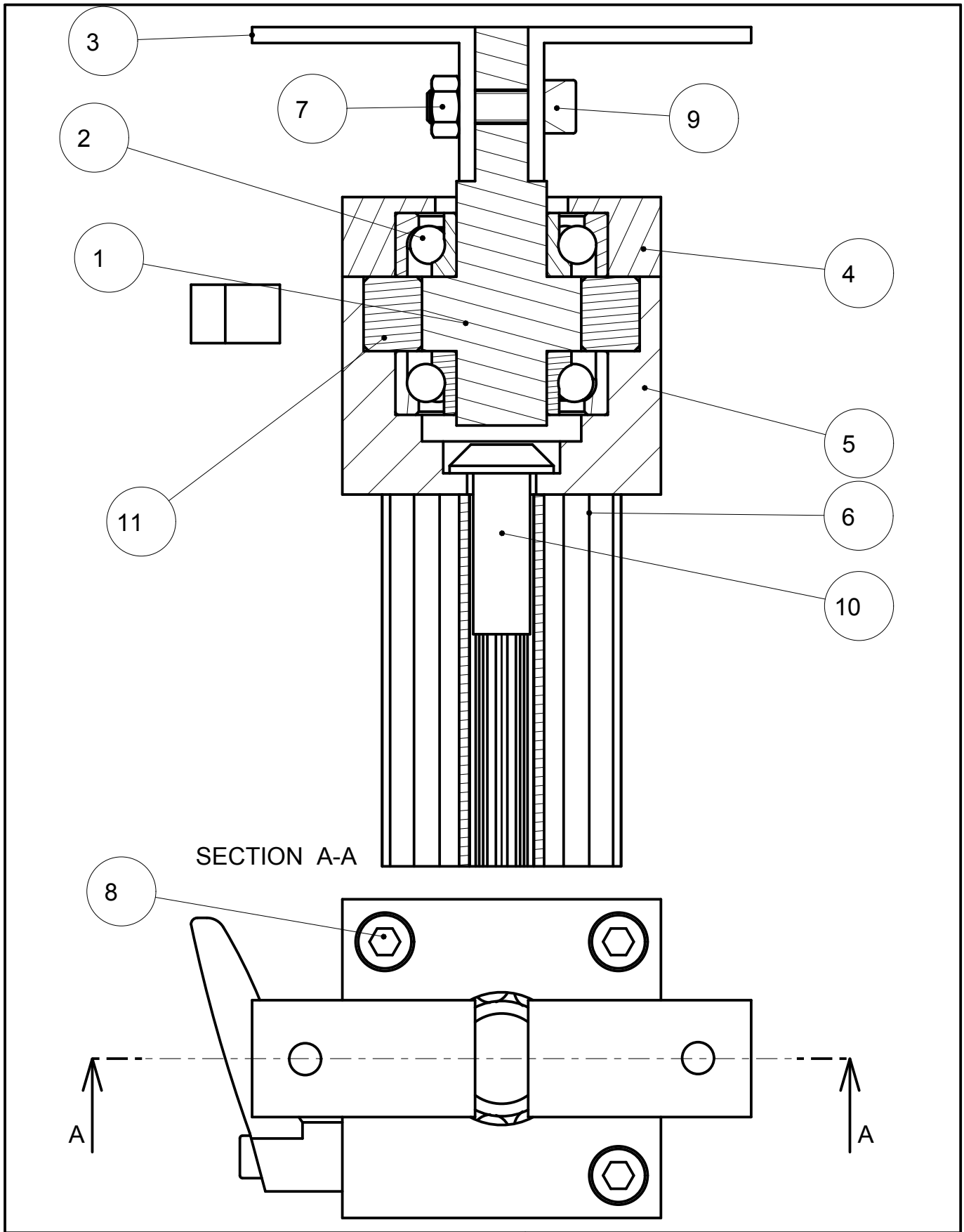
DIN ISO 2768-1 m,k

Materiaal: Aluminium		Ruwmaten: 130X80x10	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : Cilinderhouder		Tek.nr: 5	Aantal: 1
		Stuknr: 16	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	




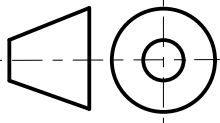
DIN ISO 2768-1 m,k

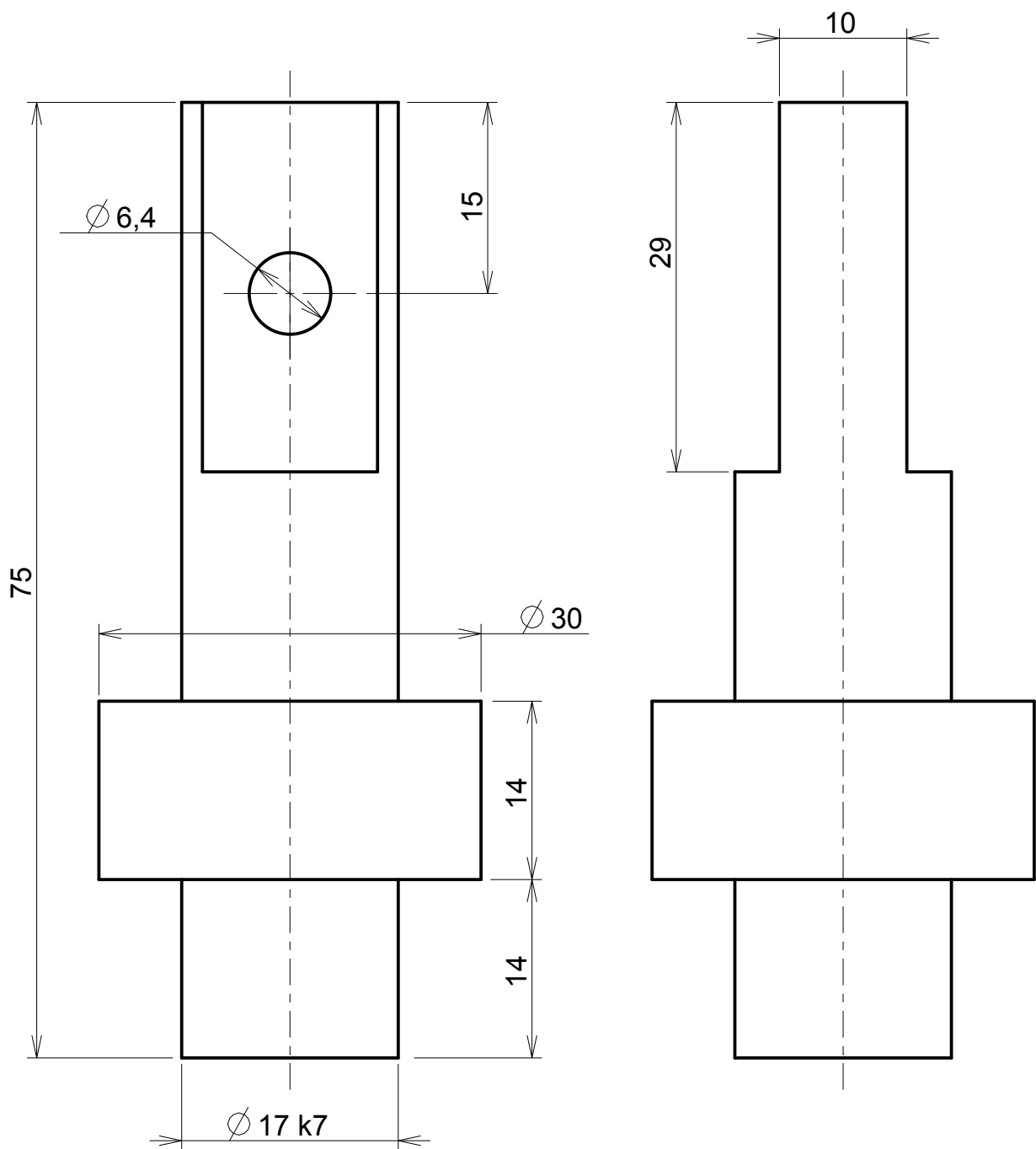
Materiaal: Aluminium		Ruwmaten: 130X80X10	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : CILINDERHOUDERVEER		Tek.nr: 6	Aantal: 1
		Stuknr: 17	Mach.nr: 1
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			




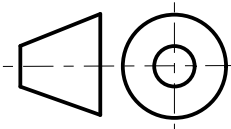
Materiaal:		Ruwmaten:	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : DRAAISTUK		Tek.nr: 7	Aantal: 1
		Stuknr:	Mach.nr: 2
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/1
	Groep:	Datum: 06/05/16	

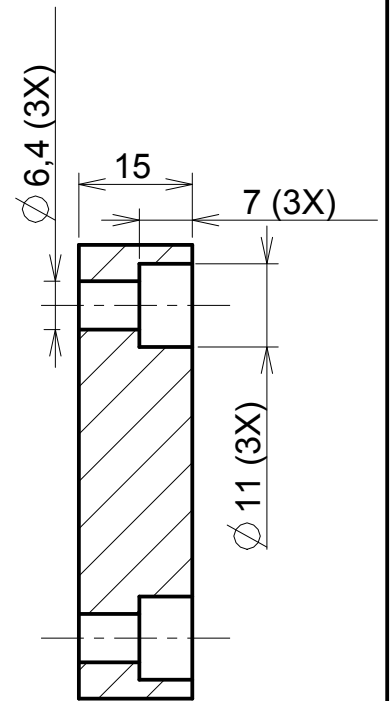
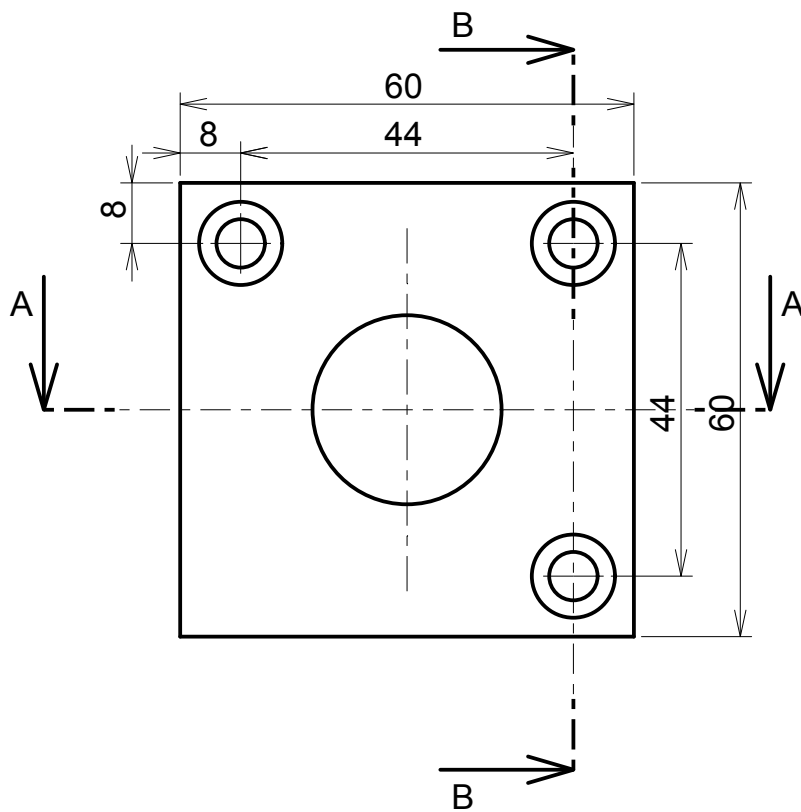
11	1	SHAFT_COLLAR
10	1	S12X30
9	1	ISO4762-M6X22-8_8
8	3	ISO4762-M6X20-8_8
7	1	ISO4032-M6-6
6	1	DRAAISTUK_P_45X45_L_70
5	1	DRAAISTUK_ONDER
4	1	DRAAISTUK_BOVEN
3	2	BRACKETP120
2	2	AXIAALLAGER7203BEY
1	1	AS
Stuknr	Aantal	Naam

Materiaal:		Ruwmaten:	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : DRAAISTUK		Tek.nr:	Aantal:
		Stuknr:	Mach.nr:
	Tekenaar:	Formaat:	Schaal:
	Groep:	Datum: 06/05/16	

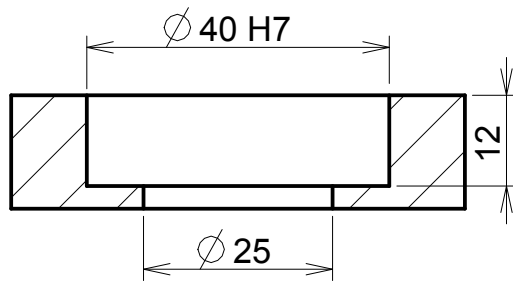


DIN ISO 2768-1 m,k

Materiaal: Aluminium		Ruwmaten: 75X30	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : AS		Tek.nr: 8	Aantal: 1
		Stuknr: 1	Mach.nr: 2
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 2/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			


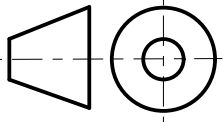


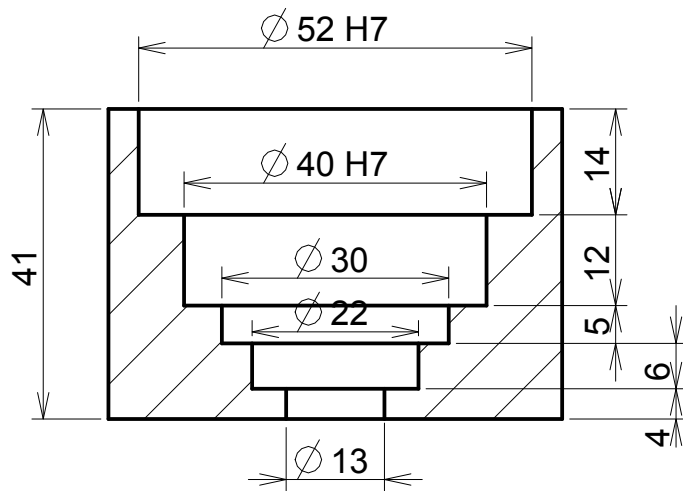
SECTION B-B



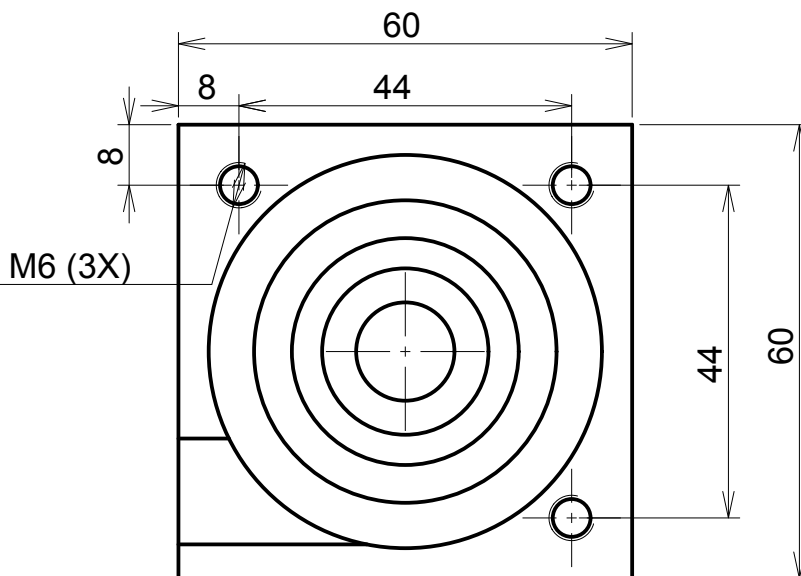
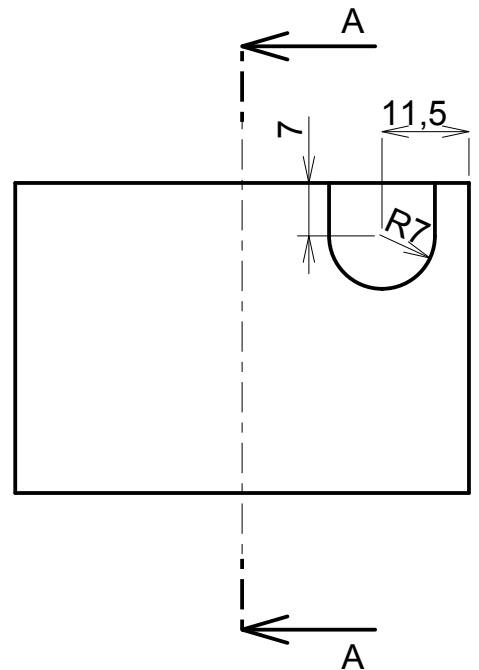
SECTION A-A

DIN ISO 2768-1 m,k


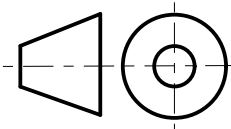
Materiaal: Aluminium		Ruwmaten: 60X60X15	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : DRAAISTUK_BOVEN		Tek.nr: 9	Aantal: 1
		Stuknr: 4	Mach.nr: 2
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			

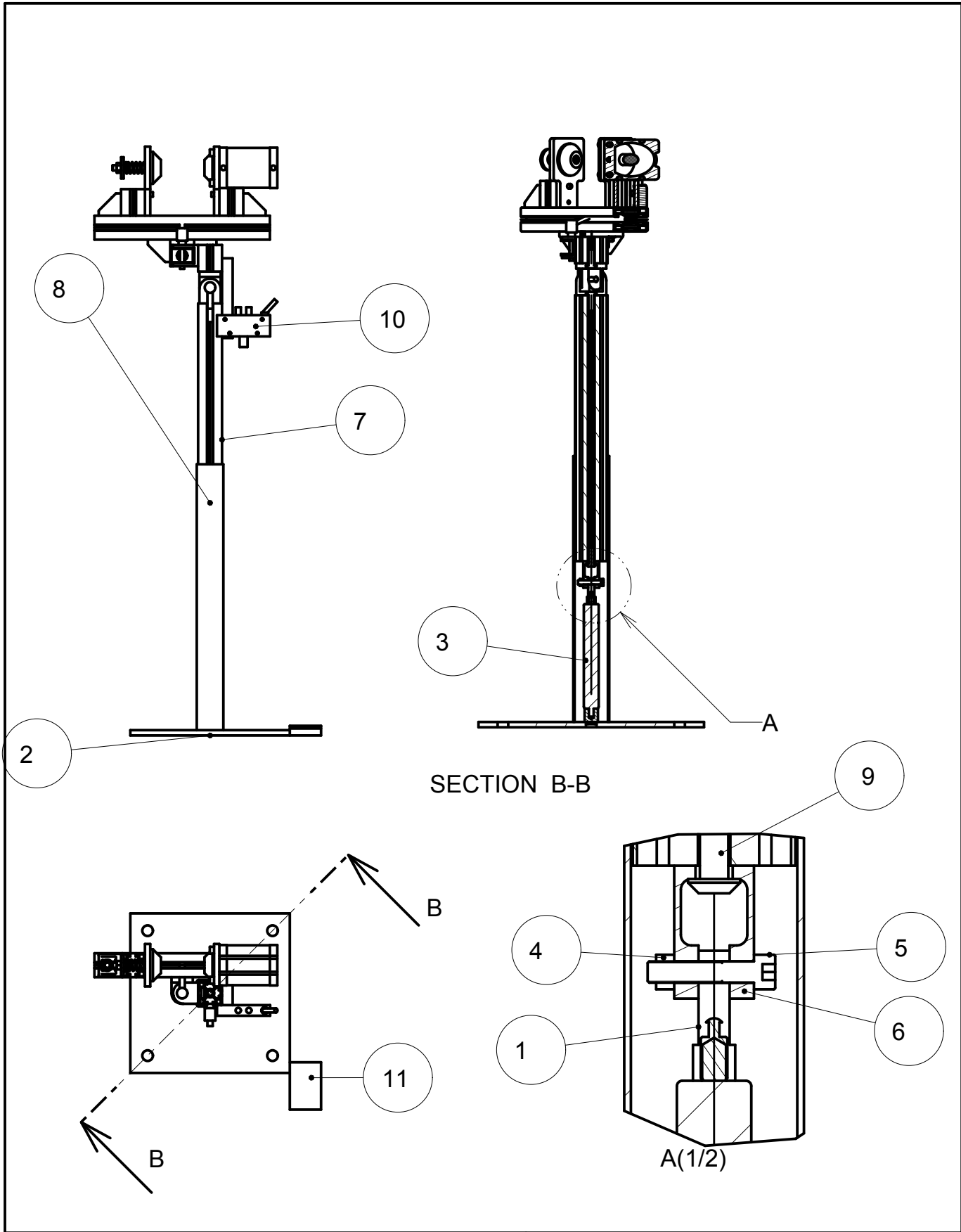


SECTION A-A




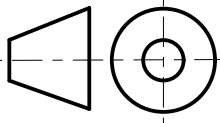
DIN ISO 2768-1 m,k

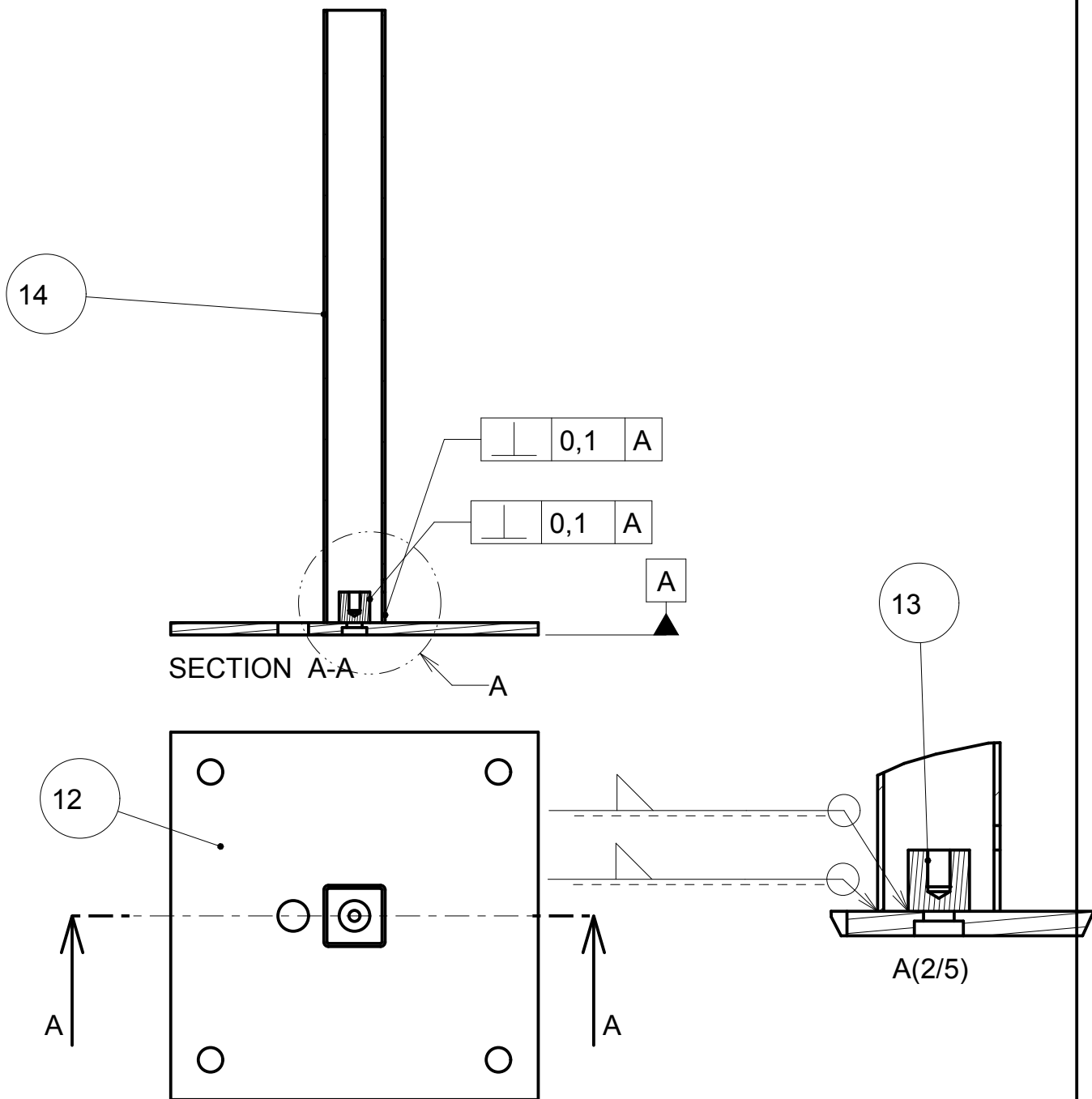
Materiaal: Aluminium		Ruwmaten: 60X60X45	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : DRAAISTUK_ONDER		Tek.nr: 10	Aantal: 1
		Stuknr: 5	Mach.nr: 2
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			



Materiaal:		Ruwmaten:	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : PAINTINGJIG		Tek.nr: 11	Aantal: 1
		Stuknr:	Mach.nr: 3
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/10
	Groep:	Datum: 30/03/14	

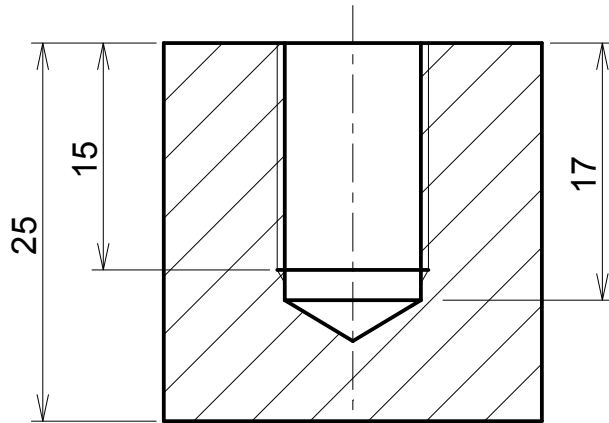
11	1	VOETPEDAAL
10	1	VENTIEL
9	1	S12X30
8	1	PAINTINGJIG_REST
7	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_500
6	1	KOPPELSTUK_GAS_ALU
5	1	ISO4762-M8X40-8_8
4	1	ISO4032-M8-6
3	1	GASVEER120
2	1	BODEMPLAAT_MET_KOKER
1	1	BEDIENINGSKOP
Stuknr	Aantal	Naam

Materiaal:		Ruwmaten:	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : PAINTINGJIG		Tek.nr:	Aantal:
		Stuknr:	Mach.nr:
	Tekenaar:	Formaat:	Schaal:
	Groep:	Datum: 08/05/16	
		A4	

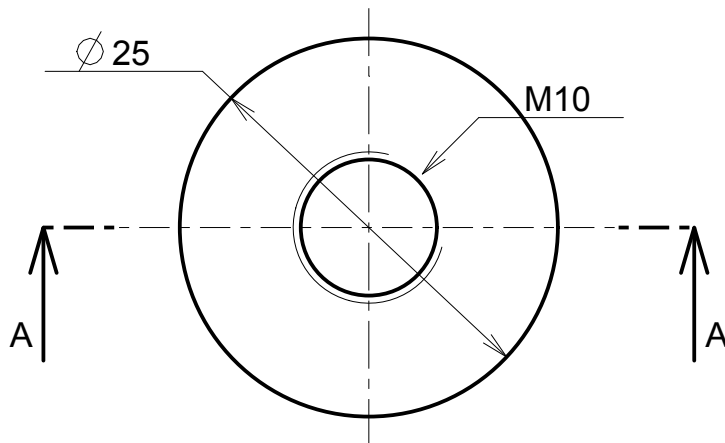


14	1	KOKER_50X50_L500
13	1	GASVEER_STEUN
12	1	BODEMPLAAT
Stuknr	Aantal	Naam


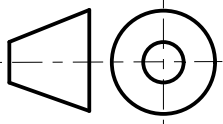
Materiaal:		Ruwmaten:	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : BODEMPLAAT_MET_KOKER		Tek.nr: 12	Aantal: 1
		Stuknr: 2	Mach.nr: 3
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/5
	Groep:	Datum: 30/03/14	

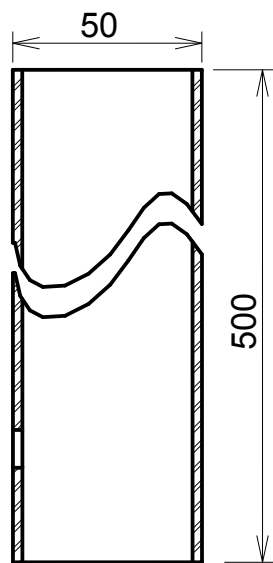


SECTION A-A

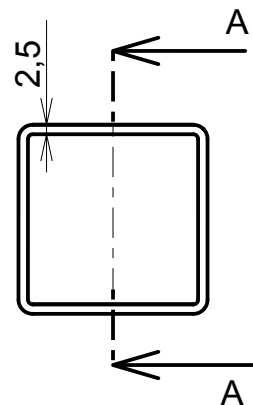
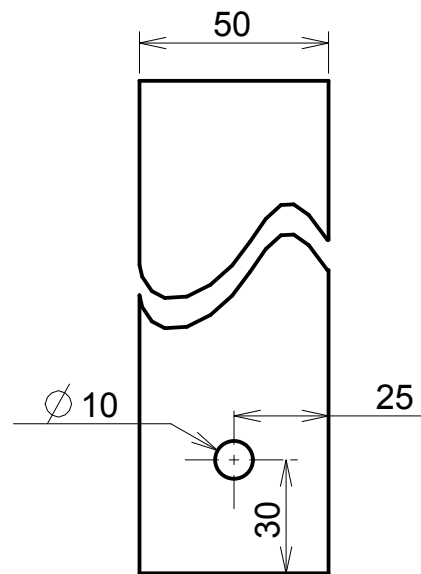


DIN ISO 2768-1 m,k


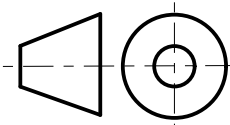
Materiaal: Staal		Ruwmaten: 25X25	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : GASVEER_STEUN		Tek.nr: 13	Aantal: 1
		Stuknr: 13	Mach.nr: 3
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 2/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			

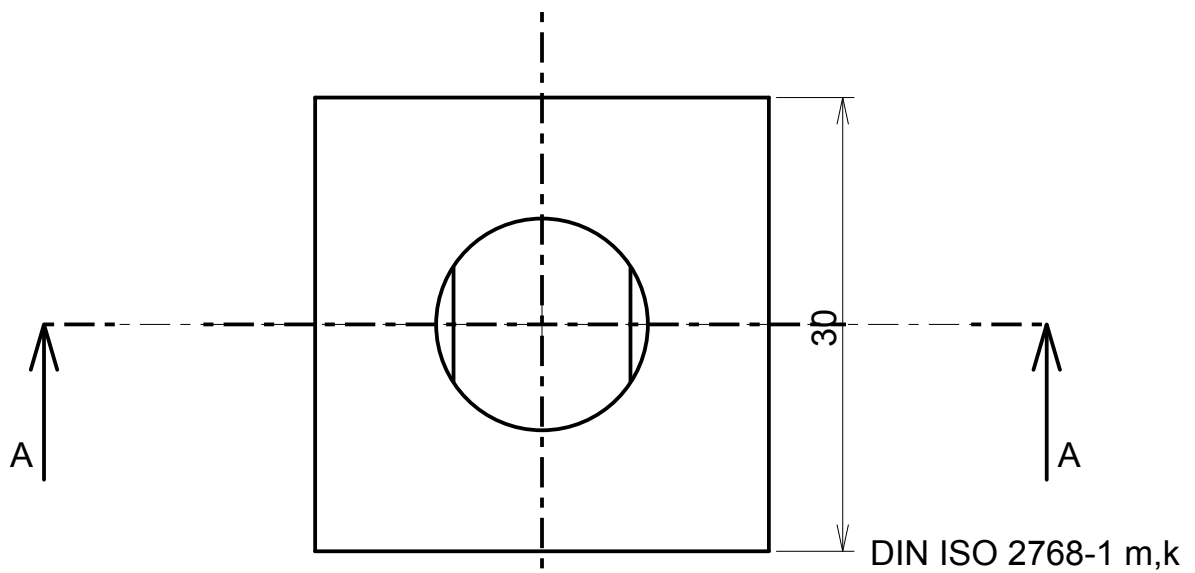
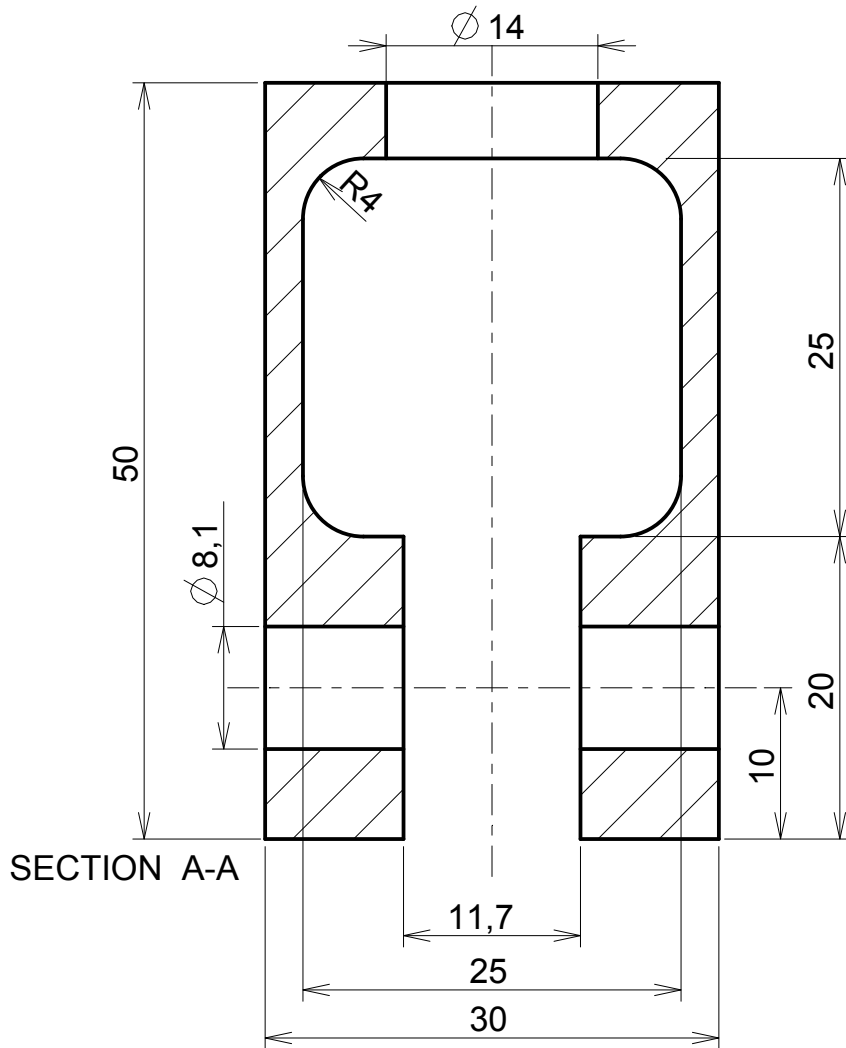


SECTION A-A



DIN ISO 2768-1 m,k

Materiaal: Staal		Ruwmaten: 500X50X50	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : KOKER_50X50_L500		Tek.nr: 14	Aantal: 1
		Stuknr: 14	Mach.nr: 3
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 1/2
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			



Materiaal: Aluminium		Ruwmaten: 30X30X53	
Norm:		Behandeling:	
Benaming : KOPPELSTUK_GAS_ALU		Tek.nr: 15	Aantal: 1
		Stuknr: 5	Mach.nr: 3
	Tekenaar:	Formaat: A4	Schaal: 2/1
	Groep:	Datum: 30/03/14	

Bijlage F Stuklijsten painting jig

30	/	1	Tegenstuk veer		Voorraad Ridley		
18	/	2	Conisch stuk		Voorraad Ridley		
17	6	1	Cilinderhouderveer	Aluminium		130X80X10	
16	5	1	Cilinderhouder	Aluminium		130X80X10	
2	3	1	Bodemplaat	Staal		300X300X10	
1	2	1	Aanslag	Aluminium		150X45X20	
Stuk nr.	Tek. nr.	Aant.	Benaming:	Materiaal	Norm	Ruwmaten	Opmerkingen
Stuklijst van de aanmaakdelen							
Student 1:	Naam: Michiel Thijs			Groep:		Datum:	
Student 2:	Naam: Olivier Messiaen			Groep:		24/06/2016	
FII W	Titel: Painting jig					Mach. Nr.: 1	

33	2	Hammer Nut with Collar Slot 10	Easy Systems/ 324 009	
31	1	Veer	Voorraad Ridley	
28	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_340	Easy Systems/ 019612/ lengte 340	
27	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_52	Easy Systems/ 019612/ lengte 52	
25	1	Cilinder	Voorraad Ridley	
24	4	M8X20	ISO4762	
23	2	M5X20	ISO4762	
22	1	M10X80	ISO4762	
21	1	M10X40	ISO4762	
20	1	M10	ISO4032	
15/32	4	angle45	Easy Systems/ 321 059	
14	1	ventiel	Voorraad Ridley	
13/29	7	Hammer Nut Slot 10	Easy Systems/ 342 030	
12	3	S12X30	Easy Systems/ 401 021	
11	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_750	Easy Systems/ 019612/ lengte 750	
10/26	3	PAINTINGJIG_P_45X45_L_50	Easy Systems/ 019612/ lengte 50	
9	3	M8X16	ISO7380-1	
8	2	M6X25	ISO4762	
7	2	M5X30	ISO4762	
5	5	End cap 45X45	Easy Systems/ 414 020	
4	4	Cover for Angle 44	Easy Systems/ 321 150	
3	2	Connecting Joint 45x45	Easy Systems/ 330 020	321 150 is stuknr
Stuknr.	Aantal	Benaming	Norm-Afmetingen / Fabrikant-Code	Opmerkingen
Stuklijst van de aankoopdelen				
Student1:	Naam : Michiel Thijs		Groep:	Datum: 24/06/2016
Student2:	Naam : Olivier Messiaen		Groep:	
FIIW	Titel: Painting jig		Mach. Nr.:	1

14	14	1	koker	staal		50X50X500 t=2,5	dikte kan ook 2 zijn
13	13	1	Gasveer steun	staal		25X25	
12	2	1	Bodemplaat	Inox/staal		300X300X10	
5	15	1	Koppelstuk_gas_alu	aluminium		30X30X53	
Stuknr.	Tek. nr.	Aant.	Benaming:	Materiaal	Norm	Ruwmaten	Opmerkingen
Stuklijst van de aanmaakdelen							
Student 1:	Naam: Michiel Thijs			Groep:		Datum:	
Student 2:	Naam: Olivier Messiaen			Groep:		24/06/2016	
FII W	Titel: Painting jig met gasveer				Mach. Nr.: 3		

14	1	koker	50X50X500 t=2,5	dikte kan ook 2 zijn
11	1	voetpedaal	Beluma/ 088197	art nr: 088197
10	1	Ventiel	Voorraad Ridley	
9	1	S12X30	Easy Systems/ 401 021	art nr: 401021
7	1	PAINTINGJIG_P_45X45_L_50 0	Easy Systems/ 019612/ lengte 500	art nr: 019612
5	1	M8X40	ISO 4762	
4	1	bout M8	ISO 4032	
3	1	gasveer, bloc-o-lift	Beluma/ 681881	art nr: 681881
1	1	Bedieningskop	Beluma/ 006837	art nr: 006837
Stuk- nr.	Aan- tal	Benaming	Norm-Afmetingen / Fabrikant- Code	Opmerkingen
Stuklijst van de aankoopdelen				
Student1:	Naam : Michiel Thijs		Groep:	Datum: 24/06/2016
Student2:	Naam : Olivier Messiaen		Groep:	
FIIW		Titel: Painting jig met gasveer		Mach. Nr.:
				3

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Optimalisatie cable cutter & herontwerpen painting jig

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektromechanica**
Jaar: **2016**

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,

Messiaen, Olivier

Thijs, Michiel

Datum: **5/06/2016**