

2017 • 2018  
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: energie

## Masterthesis

Ontwerp en sturing van buffer en transportlijn voor bakplaten in  
industriële bakkerij

PROMOTOR :

ing. Geert LEEN

PROMOTOR :

ing. Johan VANOPPEN

## Yannick Indeherberg

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: energie,  
afstudeerrichting automatisering

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee  
universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE-3590 Diepenbeek  
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt



2017 • 2018

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: energie

## Masterthesis

Ontwerp en sturing van buffer en transportlijn voor bakplaten in  
industriële bakkerij

**PROMOTOR :**

ing. Geert LEEN

**PROMOTOR :**

ing. Johan VANOPPEN

**Yannick Indeherberg**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: energie,  
afstudeerrichting automatisering



**KU LEUVEN**



## Woord vooraf

De masterproef is de apotheose van de opleiding tot industrieel ingenieur. Het schenkt studenten de kans om de verworven kennis en competenties binnen de opleiding toe te passen in een bedrijfsgerelateerde omgeving. Het vormt een beeld van hoe het toekomstig leven als industrieel ingenieur eruit kan zien.

Als student industrieel ingenieur met als afstudeerrichting energie-automatisering wordt mijn interesse opgewekt door de verscheidenheid aan technologieën en componenten en de interactie daartussen, die de automatisering van een proces mogelijk maken. Ik wou dan ook een project waarin verschillende van deze aspecten aan bod kwamen. Daarom ben ik met de vraag voor een onderwerp voor deze masterproef naar de firma Elmech Services gestapt. Ik leerde het veelzijdig bedrijf reeds kennen bij het maken van mijn bachelorproef.

Bij Elmech Services kreeg ik het voorstel een stuk van één van hun projecten uit te werken. Hierbij zowel het mechanische ontwerp als de sturing ervan. Door de ruime omvang van het project bleken verschillende aspecten, waaronder elektrotechniek, meettechniek, pneumatiek en anderen aan bod te komen. De desbetreffende opdracht bestaat uit het ontwerpen van een nieuwe plaatsvervangende buffereenheid en een bijhorende transportinrichting. Wetende dat het project effectief in het voorjaar van 2018 uitgevoerd wordt, is dit de uitgerokende kans om mij te bewijzen als toekomstig industrieel ingenieur.

Deze eerste kennismaking met de bedrijfswereld verliep vanzelfsprekend niet altijd even vlot. De ervaringen en uitgebreide steun van heel wat mensen heeft er echter toe geholpen alles tot een goed einde te brengen. Graag zou ik dan ook een aantal van deze mensen van harte willen bedanken.

Allereerst wil ik Ing. Geert Leen, de interne promotor van deze masterproef, bedanken. Mede dankzij zijn begeleiding kwam dit project tot een goed einde. Zijn kennis van zaken van zowel het schrijven van een thesis als zijn technische kennis en opbouwende kritieken waren van groot belang voor mij.

Daarnaast wil ik de zaakvoerder van Elmech Services, Ing. Johan Vanoppen, van harte bedanken voor de kansen en het vertrouwen die hij mij gegeven heeft. Ook zijn ervaringen en kritieken en die van het team van werknemers van Elmech Services hebben tot zeer leerrijke gesprekken geleid en thesis naar een hoger niveau getild.

Tot slot rest mij nog mijn familie, partner en vrienden te bedanken voor de steun en hulp die ze mij geboden hebben. Voor het nalezen van teksten, het geven van tips tot het aanhoren van mijn gedachtesgangen wil ik hen oprecht bedanken.

Yannick Indeherberg  
Diepenbeek, Opglabbeek, januari 2018





# Inhoudsopgave

<b>Woord vooraf .....</b>	<b>1</b>
<b>Lijst van tabellen.....</b>	<b>5</b>
<b>Lijst van figuren .....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>9</b>
<b>Abstract in English .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>13</b>
1.1    Situering .....	13
1.2    Probleemstelling.....	15
1.3    Doelstelling .....	15
1.4    Methode.....	16
<b>2 Werkingsprincipe .....</b>	<b>17</b>
2.1    Functieanalyse .....	17
2.2    Bufferen.....	18
2.2.1    Eisenpakket.....	18
2.2.2    Analyse oorspronkelijke bufferkast .....	18
2.2.3    Opstellen werkingsprincipes en toelichting.....	20
2.3    Transporteren .....	31
2.3.1    Eisenpakket.....	31
2.3.2    Opstellen werkingsprincipes en toelichting.....	31
<b>3 Mechanisch ontwerp .....</b>	<b>37</b>
3.1    Bufferkast .....	37
3.1.1    Algemene constructie en opbouw .....	37
3.1.2    Hydraulische cilinders .....	44
3.1.3    Lineaire geleidingen.....	47
3.1.4    Lagering .....	49
3.2    Transportinrichting .....	53
3.2.1    Algemene constructie en opbouw .....	53
3.2.2    Ketting en bijhorende componenten .....	58
3.2.3    Stoppers .....	59
3.2.4    Aanpassingen aan de basistransporteenheid .....	60
<b>4 Sturing .....</b>	<b>63</b>
4.1    Sensoren.....	63
4.1.1    Afstandssensoren .....	63

4.1.2	Naderingsschakelaars .....	69
4.1.3	Mogelijke communicatievormen sensoren.....	72
4.1.4	Testen van laserafstandssensor op verschillende ondergronden .....	77
4.1.5	Overzicht sensoren.....	84
4.2	Actuatoren .....	86
4.2.1	Hydrauliek.....	86
4.2.2	Motoren .....	89
4.2.3	Pneumatiek .....	89
4.2.4	Overzicht actuatoren .....	90
4.3	Sturingseenheid .....	90
4.4	Logica tot op toestandsniveau sensoren en actuatoren.....	91
4.4.1	Bufferkast (Niveau 0) .....	92
4.4.2	Buffereenheid (niveau 1).....	94
4.4.3	Baan 2-8 (niveau 2) .....	97
<b>5</b>	<b>Veiligheid .....</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>Besluit.....</b>	<b>105</b>
	<b>Bibliografie.....</b>	<b>107</b>
	<b>Bijlagen .....</b>	<b>111</b>
	Bijlage A: Schets bovenaanzicht toekomstige lijn.....	112
	Bijlage B: Documentatie hydraulische cilinder korte slag.....	114
	Bijlage C: Documentatie hydraulische cilinder lange slag .....	116
	Bijlage D: Documentatie hydraulische cilinder rotatie .....	118
	Bijlage E: Scharnierkop hydraulische cilinder met bollager .....	120
	Bijlage F: Selectie combirollen en profielen Vansichen .....	121
	Bijlage G: Documentatie kogellager SKF .....	128
	Bijlage H: Documentatie axiaallager SKF .....	129
	Bijlage I: Documentatie oliekeerring SKF .....	130
	Bijlage J: Documentatie flenslager SKF.....	131
	Bijlage K: Offerte Ketting Techniek Nederland .....	133
	Bijlage L: Documentatie (selectie) stoppercilinder DFST FESTO .....	138
	Bijlage M: Documentatie (selectie) stoppercilinder DFSP FESTO.....	144
	Bijlage N: Documentatie laserafstandssensor BALLUFF .....	147
	Bijlage O: Documentatie laserafstandssensor SICK DT50-2B215252 .....	150
	Bijlage P: Documentatie inductieve sensor IFM.....	157
	Bijlage Q: Productinformatie motor .....	160
	Bijlage R: Productinformatie inverter .....	161

## Lijst van tabellen

Tabel 2-1: Proces definitief principe .....	27
Tabel 2-2: Positionering inbufferen .....	29
Tabel 2-3: Positionering uitbufferen .....	30
Tabel 4-1: Benodigde elementen test laserafstandssensor .....	78
Tabel 4-2: Materialen test laserafstandssensor .....	80
Tabel 4-3: Overzicht sensoren buffereenheid .....	84
Tabel 4-4: Overzicht sensoren transportinrichting .....	85
Tabel 4-5: Overzicht actuatoren .....	90
Tabel 4-6: Benaming actuatoren bufferkast logica .....	92
Tabel 4-7: Benaming sensoren bufferkast logica .....	92
Tabel 4-8: Benaming merkers bufferkast logica .....	92
Tabel 4-9: Benaming actuatoren buffereenheid logica .....	94
Tabel 4-10: Benaming sensoren buffereenheid logica .....	94
Tabel 4-11: Benaming merkers buffereenheid logica .....	94
Tabel 4-12: Benaming actuatoren baan 2-7 logica .....	97
Tabel 4-13: Benaming sensoren baan 2-7 logica .....	97
Tabel 4-14: Benaming merkers baan 2-7 logica .....	97



# Lijst van figuren

Figuur 1-1: Logo Elmech Services.....	13
Figuur 1-2: Logo Dutch Bakery.....	13
Figuur 1-3: Keizerbroodjes .....	13
Figuur 1-4: Proces bakplaten .....	14
Figuur 2-1: Functieanalyse .....	17
Figuur 2-2: Principeschets oorspronkelijke buffer .....	19
Figuur 2-3: Principe schets oorspronkelijke buffer oplossing variabele tussenafstand ...	20
Figuur 2-4: Positiemogelijkheden twee hydraulische cilinders.....	22
Figuur 2-5: Principe klaptanden doorsnede .....	23
Figuur 2-6: Principe translatie bovenaanzicht.....	24
Figuur 2-7: Definitief principe voor- en bovenaanzicht.....	26
Figuur 2-8: Werkingsprincipe positionering .....	28
Figuur 2-9: Aandrijving rollenbaan met ketting .....	32
Figuur 2-10: Aandrijving rollenbaan kettingoverbrenging.....	32
Figuur 2-11: Aandrijving kettingbaan motor en kettingwiel .....	33
Figuur 2-12: Kunststof glijprofielen.....	33
Figuur 2-13: Bakplaat boven- (links) en onderkant (rechts) .....	34
Figuur 2-14: Principe één bakplaat doorlaten .....	35
Figuur 3-1: Verdeling van hoofdframes in bufferkast.....	37
Figuur 3-2: Vast hoofdframe bufferkast.....	38
Figuur 3-3: Extra maatregelen cilinderkracht vast frame .....	39
Figuur 3-4: Vast hoofdframe met tandlatten en geleidingen .....	40
Figuur 3-5: Montage hydraulische cilinders voor rotatie op vast frame .....	41
Figuur 3-6: Bewegende hoofdframe met daarop gemonteerde meebewegende componenten .....	41
Figuur 3-7: Detailweergave onderkant bewegende hoofdframe .....	42
Figuur 3-8: Detailweergave tandkoker .....	43
Figuur 3-9: Bepalen van korte slag .....	44
Figuur 3-10: Bepalen van slaglengte rotatie.....	46
Figuur 3-11: Montage hydraulische cilinder rotatie.....	47
Figuur 3-12: Vereenvoudiging krachten lineaire componenten.....	48
Figuur 3-13: Combirollen en profielen .....	49
Figuur 3-14: Standard ball bearing .....	50
Figuur 3-15: Thrust bearing for pure axial load .....	50
Figuur 3-16: Thrust bearing for combined load.....	50
Figuur 3-17: Radiale krachten op lagers .....	51
Figuur 3-18: Doorsnede lagerhuis bovenaan .....	52
Figuur 3-19: Doorsnede lagerhuis onderaan.....	52
Figuur 3-20: Modulaire opbouw transporteenheid .....	54
Figuur 3-21: Staartmodule transporteenheid.....	55
Figuur 3-22: Kopmodule transporteenheid .....	56
Figuur 3-23: Detailweergave middenmodule transporteenheid .....	57
Figuur 3-24: Spanningen in ketting bij transporteenheid .....	58
Figuur 3-25: Te stoppen massa i.f.v. de snelheid DFST .....	60
Figuur 3-26: Te stoppen massa i.f.v. de snelheid DFSP .....	60
Figuur 3-27: Detailweergave middenmodule aanpassing.....	61
Figuur 3-28: Afstandsbus motor .....	61

Figuur 4-1: Bufferniveau meten met afstandssensor .....	65
Figuur 4-2: Principe ultrasoonsensor .....	66
Figuur 4-3: Detectiepatroon ultrasoonsensor groot bereik.....	67
Figuur 4-4: Triangulatieprincipe .....	68
Figuur 4-5: Mid range afstandssensor .....	69
Figuur 4-6: Optische naderingsschakelaar met reflector .....	70
Figuur 4-7: Optische naderingsschakelaar aparte ontvanger .....	70
Figuur 4-8: Inductieve sensoren.....	70
Figuur 4-9: Cilindrische behuizing capacitieve sensor .....	71
Figuur 4-10: Rechthoekige behuizing capacitieve sensor .....	71
Figuur 4-11: Magnetische sensor gemonteerd in cilindergleuf.....	72
Figuur 4-12: Sensor PNP vs NPN .....	72
Figuur 4-13: Analoog spanningssignaal (links) en stroomsignaal (rechts) .....	73
Figuur 4-14: Logo IO-Link .....	74
Figuur 4-15: IO-Link hiërarchie .....	75
Figuur 4-16: IO-Link-systeem .....	76
Figuur 4-17: Stekkertoewijzing IO-Link .....	77
Figuur 4-18: Configuratie TIA V13 test .....	78
Figuur 4-19: Lasersensor BALLUFF BOD 63M-LI06-S4 .....	79
Figuur 4-20: Lasersensor kenplaat BALLUFF BOD 63M-LI06-S4 .....	79
Figuur 4-21: Grafiek meetbereik i.f.v. de reflectie van het te meten object.....	79
Figuur 4-22: Grafiek maximaal detecteerbare afstand i.f.v. het gebruikte materiaal.....	81
Figuur 4-23: Grafiek reproduceerbaarheid i.f.v. afstand DT35, DS35.....	82
Figuur 4-24: SICK afstandssensor DT50-2 Pro .....	83
Figuur 4-25: Montage sensoren tandkokers .....	85
Figuur 4-26: Hydraulisch schema verticale translatie .....	87
Figuur 4-27: Hydraulisch schema rotatie .....	88
Figuur 4-28: Hiërarchie logica .....	91
Figuur 4-29: Ladderdiagram voorbeeld bufferkast .....	93
Figuur 4-30: GRAFCET bufferkast inbufferen .....	93
Figuur 4-31: GRAFCET bufferkast uitbufferen .....	93
Figuur 4-32: GRAFCET buffereenheid inbufferen.....	95
Figuur 4-33: GRAFCET buffereenheid uitbufferen.....	96
Figuur 4-34: Ladderdiagram inschakelvertraging .....	97
Figuur 4-35: Impulsdiagram inschakelvertraging .....	98
Figuur 4-36: GRAFCET baan 8 doorschuiven .....	98
Figuur 4-37: GRAFCET baan 2 doorschuiven .....	99
Figuur 4-38: Overkoepelend ladderdiagram transport .....	100
Figuur 5-1: CE-markering .....	101
Figuur 5-2: Bepaling van het vereiste PL volgens EN ISO 13849-1 .....	101
Figuur 5-3: Voorbeeld hekbeveiliging .....	102
Figuur 5-4: Voorbeeld noodstopbeveiliging transportbaan.....	103

## Abstract

Elmech Services in Opglabbeek kreeg de opdracht van Dutch Bakery om een productielijn voor afbakkeizerbroodjes te verhuizen naar hun filiaal in Eindhoven. Hierbij dient de lijn geoptimaliseerd en aangepast te worden aan de nieuwe omgeving. Bakplaten transporteren de deegwaren door de cyclische lijn. De originele buffer voor deze bakplaten in de lijn beschikt over een te lage capaciteit en vertoont problemen vanwege het grote gewicht van de bakplaten. Daarnaast dient vanwege een nieuwe opstelling een retourlijn toegevoegd te worden. Deze masterproef focust zich op het ontwerp en de sturing van een nieuwe buffereenheid en transportinrichting.

Aan de hand van een analyse van de bestaande installatie en bijkomende eisen wordt een werkingsprincipe opgesteld voor de buffereenheid en de transportinrichting. Deze werkingsprincipes worden vervolgens omgezet in mechanische ontwerpen met gepaste sturingen, voorzien van de vereiste sensoren en actuatoren. Tot slot worden enkele veiligheidsmaatregelen opgesteld.

Het bekomen ontwerp voor de buffereenheid is bestand tegen de zware bakplaten door het gebruik van hydrauliek. Om de capaciteit te verhogen van 60 naar 240 bakplaten worden er drie bufferkasten gebundeld tot één buffereenheid. Deze eenheid verzekert met behulp van de nodige sensoren, actuatoren en sturing een vlotte en autonome werking van de buffereenheid. De transportinrichting, bestaande uit zeven modulaire transporteenheden, verzekert voldoende voorraad en een continue aanvoer van bakplaten met het vereiste tijdsinterval.





## Abstract in English

Elmech Services in Opglabbeek was commissioned by Dutch Bakery to relocate a production line for semi-baked Kaiser rolls to their branch in Eindhoven. The line should also be optimized and be adapted to its new environment. Baking sheets transport the pasta around the cyclic line. The original buffer for those baking sheets has a too small capacity and shows problems because of the big weight of the baking sheets. In addition, a return line must be added because of the new set up. This master's thesis is focused on the design and control of a new buffer unit and transport installation.

On the basis of an analysis of the original machine and additional requirements, an operating principle will be drawn up for the buffer unit and the transport installation. Those operating principles will be converted into mechanical designs with suitable controls, equipped with the required sensors and actuators. Lastly, some security measures will be established.

The achieved mechanical design of the buffer unit can withstand the heavy baking sheets because of the use of hydraulics. To increase the capacity from 60 to 240 baking sheets, three buffer cabinets will be assembled into one buffer unit. This unit ensures a smooth and autonomous operation with the help of the appropriate sensors, actuators and control. The transport installation, composed of seven modular transport units, ensures sufficient stock and a continuous flow of baking sheets with the right time increment.



# 1 Inleiding

Dit hoofdstuk start met de situering van deze masterproef. Vervolgens wordt de problematiek toegelicht in de probleemstelling. Deze problematiek leidt tot de doelstellingen van deze masterproef. Tot slot wordt de methode om deze doelstellingen te behalen doorgenomen.

## 1.1 Situering

Elmech Services (Figuur 1-1), gelegen te Opglabbeek, is een firma met een uitgebreid gamma aan activiteiten. Vanuit de onderhoudstechniek breidde het uit tot een bedrijf dat diensten als laswerk, snijwerk, plaatwerk, verspaning, revisie, nastralen, lakken, verhuiswerkzaamheden, kraanwerk en engineering aanbiedt. Het bedrijf beschikt over een uitgebreid machinepark waardoor elk project volledig intern aangepakt kan worden door een team van werknemers. Het bedrijf beschikt over een dertigtal vaste werknemers wat een snelle service vanwege een directe communicatie mogelijk maakt.



Figuur 1-1: Logo Elmech Services [6]

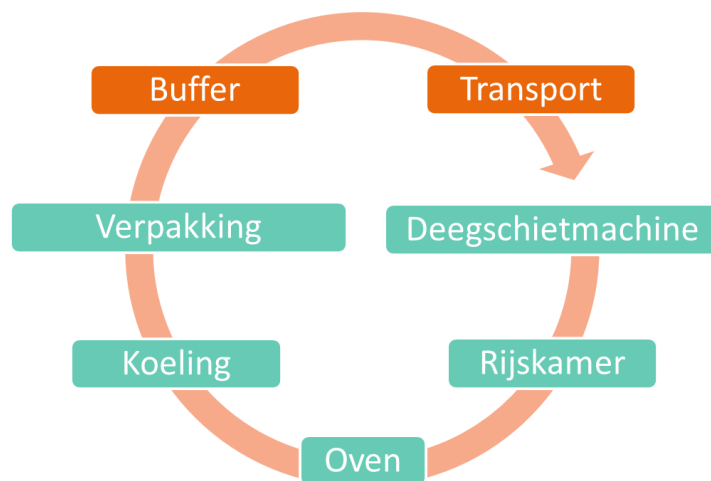
Elmech Services kreeg de opdracht van Dutch Bakery (Figuur 1-2) een productielijn te verhuizen van een bakkerij in Den Haag naar hun filiaal in Eindhoven. Deze lijn zorgt voor de productie van afbakkeizerbroodjes (Zie Figuur 1-3). De deegwaren doorlopen het productieproces op bakplaten. Deze bakplaten doorlopen het cyclische proces dat beschreven is in Figuur 1-4. Hierbij wordt er steeds gestart bij de deegschietmachine. Deze machine vereist een continue aanvoer van bakplaten. Hiervoor dienen de buffereenheid en de transportinrichting, beschreven in deze masterproef, te zorgen.



Figuur 1-2: Logo Dutch Bakery [7]



Figuur 1-3: Keizerbroodjes [7]



*Figuur 1-4: Proces bakplaten*

In het proces uit Figuur 1-4 starten de bakplaten bij de deegschietmachine. Hierbij wordt de grondstof (deeg) voor de keizerbroodjes aangebracht op de bakplaten. Wanneer de bakplaten uit de deegschietmachine komen, beschikken ze over 8 rijen van 12 deegbollen voor een totaal van 96 broodjes. Vervolgens worden de bakplaten met behulp van kettingbanen in de rijskamer geleid. Hierin worden ze met behulp van 12 verticale transportinrichtingen van boven naar onder door deze rijskamer getransporteerd. Wanneer het deeg gerezen is worden de bakplaten in de oven geleid. Hier zullen ze met drie gelijkaardige verticale transportinrichtingen als in de rijskamer de oven doorlopen. Nu het deeg voorgebakken is, zullen de bakplaten met behulp van 7 verticale transportinrichtingen de koeling doorlopen. Tot slot zullen de bakplaten zich naar de verpakking begeven waar de broodjes van de bakplaten afgehaald worden. Hierna begeven deze bakplaten zich terug naar de deegschietmachine. Indien nodig worden ze gestockeerd in de buffereenheid.

De bakplaten bestaan uit een roestvrijstalen frame waarop een metalen plaat met klinknagels bevestigd is. Deze plaat is voorzien van een zwarte teflon coating. De bakplaten hebben een afmeting van 1600x800x25 millimeter (lxbxh) en een gewicht van 15 kg per stuk. In de hele lijn bevinden zich ongeveer 1000 bakplaten waarvan er elke 6 seconden een bakplaat bij de verpakking aan komt. Het productiecijfer van de broodjes voor deze lijn komt dan ook overeen met 960 broodjes per minuut of 57600 broodjes per uur. Hierbij worden de door de verpakking afgekeurde broodjes verwaarloosd.

## 1.2 Probleemstelling

Bij het verhuizen van de productielijn uit Den Haag naar Dutch Bakery te Eindhoven, stellen zich twee problemen. Enerzijds is er in de productiehal in Eindhoven geen plaats voor een retourlijn rondom de installatie heen of voor een cyclische opstelling van de lijn. Alle gebruikte installaties zullen dan ook achter elkaar komen te staan. Vanwege deze beperking zal de buffereenheid op het einde van het proces komen te staan. De deegschietmachine zal hierom niet rechtstreeks door de buffereenheid gevoed kunnen worden.

Anderzijds vertoont de oorspronkelijke buffereenheid enkele disfunctionaliteiten omwille van het gewicht van de bakplaten en heeft hij een te lage capaciteit om een continue aanvoer van bakplaten aan de deegschietmachine te kunnen verzekeren. De huidige capaciteit bedraagt 60 bakplaten en zou volgens de klant vergroot moeten worden tot 240 bakplaten.

De deegschietmachine vereist de aanvoer van één bakplaat per 6 seconden.

## 1.3 Doelstelling

In deze masterproef ligt de focus op het mechanisch ontwerp en de sturing van het deel van de productielijn dat zorgt voor de retour en de continue aanvoer van bakplaten. Vanwege de disfunctionaliteiten en te lage capaciteit van de oorspronkelijke buffereenheid zal er een nieuwe buffereenheid ontworpen moeten worden. Vanwege de vereiste capaciteit van 240 bakplaten en de maximale hoogte van 7,5m is de toestemming verkregen de buffereenheid op te splitsen in drie bufferkasten met elk een capaciteit van 80 bakplaten. Het werkingsprincipe dient werkzekerheid en een voldoende hoge snelheid voor het in- en uitbufferen te garanderen.

Vanwege de grote afstand tussen de buffereenheid en de deegschietmachine dient er een transportinrichting ontworpen te worden tussen beide installaties. Deze dient te zorgen voor de continue afzonderlijke aanvoer van een bakplaat aan de deegschietmachine iedere 6 seconden. Deze inrichting zal dus naast de transportfunctie mede de bufferfunctie moeten realiseren. De te overbruggen afstand tussen de buffereenheid en de deegschietmachine bedraagt ongeveer 70 meter. De buffereenheid en de transportinrichting mogen samen gebruikmaken van acht afzonderlijke transporteenheden met elk hun afzonderlijke aandrijving.

Een schets van het bovenaanzicht van de volledige toekomstige lijn is terug te vinden in Bijlage A. De retour van de bakplaten na de buffereenheid is niet zichtbaar om dat deze onder de andere installaties door loopt.

## 1.4 Methode

Om dit project tot een goed einde te kunnen brengen, wordt gestart met het uitdenken van een werkingsprincipe voor de buffereenheid en de transportinrichting. Het beste werkingsprincipe wordt omgezet in een mechanisch ontwerp. Vervolgens kan er overgegaan worden tot de selectie van de nodige sensoren, actuatoren en de geschikte sturingseenheden. Dan wordt er aan de hand van het principe en het mechanisch ontwerp een logica tot op het toestandsniveau van de sensoren en actuatoren uitgewerkt. Om tot slot te zorgen voor een veilig werkende machine worden eventuele veiligheidsmaatregelen besproken.

Om tot een goed werkingsprincipe te komen zal er enerzijds getracht worden het oorspronkelijk werkingsprincipe te verbeteren. Dit gebeurt aan de hand van een bijhorende analyse van dit werkingsprincipe. Anderzijds zal er een volledig nieuw werkingsprincipe opgesteld worden zodat vernieuwende ideeën een kans krijgen.

Bij het omzetten van het bekomen werkingsprincipe in een mechanisch ontwerp dient er rekening gehouden te worden met de eisen en wensen van de klant. Daarnaast dienen de nodige oplossingen gezocht te worden om de acties uit het werkingsprincipe te kunnen verwezenlijken.

Voor het ontwerpen van de sturing voor de buffereenheid en de transportinrichting dienen de nodige sensoren gekozen te worden. Aan de hand van een studie met betrekking tot de sensoren die relevant zijn voor deze installatie en de mogelijke communicatievormen, worden de gepaste sensoren gekozen. Vervolgens worden ook de nodige actuatoren gekozen voor de acties uit het mechanisch ontwerp uit te kunnen voeren. Aan de hand van deze selecties kan een gepaste sturingseenheid gekozen worden en een logica tot op het toestandsniveau van de sensoren en actuatoren uitgewerkt worden.

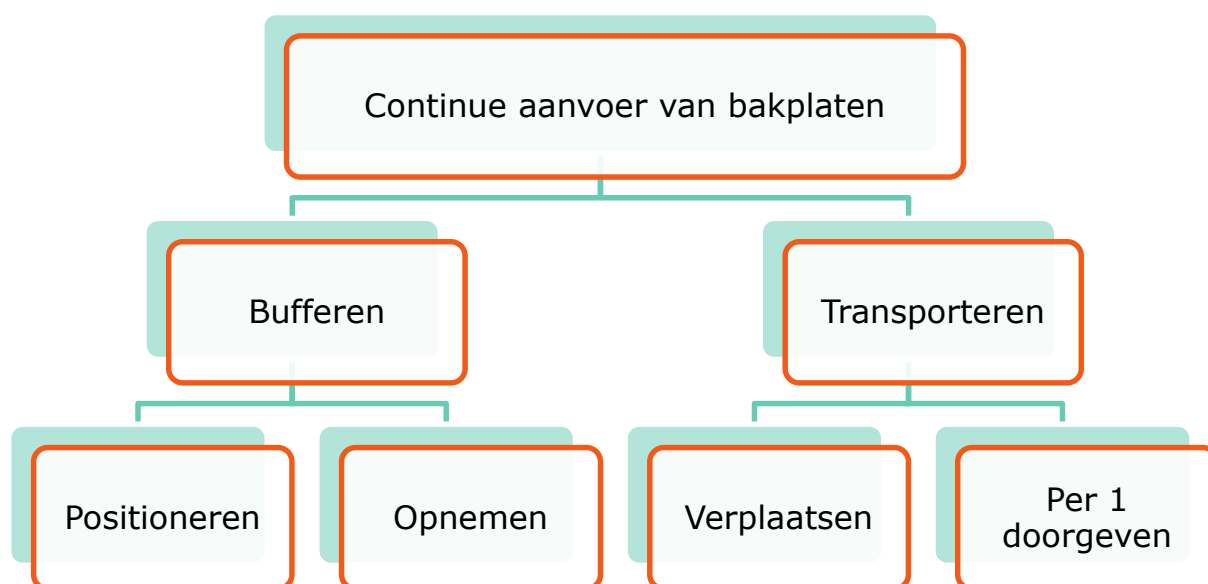
Tot slot worden eventuele gevaren van de installaties in kaart gebracht. Aan de hand daarvan wordt het prestatieniveau bepaald en worden enkele veiligheidsmaatregelen voorgesteld.

## 2 Werkingsprincipe

Om een geschikt mechanisch ontwerp te maken voor deze masterproef is het belangrijk het uiteindelijke doel als functie te beschouwen en indien nodig onder te verdelen in deelfuncties. Om dit mogelijk te maken wordt de functieanalyse uitgevoerd in 2.1. Vervolgens dient voor elke functie of deelfunctie een werkingsprincipe uitgewerkt te worden.

### 2.1 Functieanalyse

Deze masterproef bevat de functies en deelfuncties weergegeven in Figuur 2-1.



*Figuur 2-1: Functieanalyse*

Het hoofddoel van deze masterproef bestaat uit het continu aanvoeren van bakplaten voor de deegschietmachine. Deze functie kan opgesplitst worden in twee deelfuncties, namelijk bufferen en transporteren.

Bij het bufferen moet de bakplaat onder de bufferkast gepositioneerd worden. Hierbij zal er een volgordepatroon vastgelegd moeten worden wegens het gebruik van 3 bufferkasten. Daarnaast moet de bakplaat van de transportbaan opgenomen worden in de bufferkast.

Bij het transporteren dient de bakplaat enerzijds verplaatst te worden van de buffereenheid naar de deegschietmachine. Anderzijds dient ervoor gezorgd te worden dat er telkens één bakplaat doorgegeven wordt aan de lift die de bakplaat naar het niveau van de deegschietmachine brengt.



## 2.2 Bufferen

Om een goed en functioneel werkingsprincipe te bekomen dat aan de wensen van de klant (Dutch Bakery) voldoet en binnen de fysische productiemogelijkheden van Elmech kadert, dient er rekening gehouden te worden met het eisenpakket in 2.2.1. Daarnaast is het nodig een analyse te maken van de oorspronkelijke bufferkast om eerder gemaakte fouten te voorkomen en eventuele goede eigenschappen te benutten in het nieuwe werkingsprincipe (zie 2.2.2).

### 2.2.1 Eisenpakket

Bij het ontwerpen van de buffereenheid dient er rekening gehouden te worden met volgende eisen:

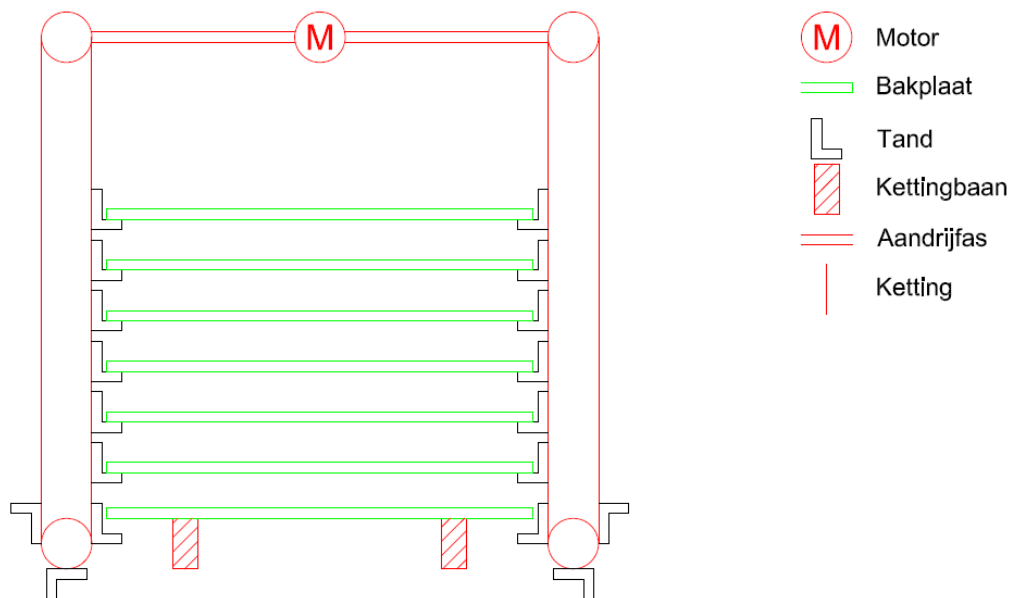
- maximale hoogte: 7500mm,
- opneemhoogte: 400-500mm,
- maximale transportafmeting: 12x2,5x2,5m (lxbxh)
- maximale lengte profielen in rvs: 6000mm,
- capaciteit: 3 x 80 bakplaten,
- materiaal (indien contact met bakplaten): rvs,
- materiaal (indien geen contact met bakplaten): gegalvaniseerd staal,
- smeermiddelen en oliën: foodgrade.

Naast de eisen voor het ontwerpen van de buffereenheid dient er indien mogelijk rekening gehouden te worden met volgende wensen:

- lagers moeten eenvoudig te vervangen zijn;
- sensoren moeten eenvoudig te vervangen zijn.

### 2.2.2 Analyse oorspronkelijke bufferkast

Zoals reeds eerder vermeld in de probleemstelling vertoont de oorspronkelijke bufferkast problemen met het bufferen. Het voornaamste probleem van de oorspronkelijke bufferkast is de positionering van de tanden. Om een duidelijke analyse te kunnen maken volgt in Figuur 2-2 een principeschets van de oorspronkelijke bufferkast.



Figuur 2-2: Principeschema oorspronkelijke buffer

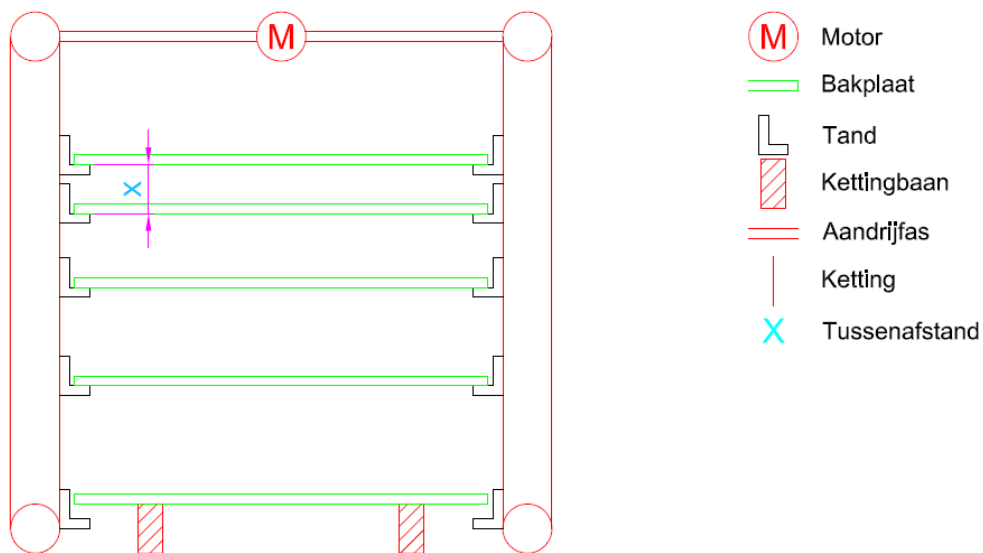
Bovenaan in de bufferkast zit een gearmotor die met behulp van een aandrijfjas en twee haakse koppelingen twee assen aandrijft, die elk van twee kettingwielen voorzien zijn. De rechter as draait bij het bufferen in wijzerzin, de linkse in tegenwijzerzin. De tanden links en rechts, bevestigd op de kettingen die over de kettingwielen lopen, zullen dan ook steeds gelijktijdig verplaatsen. Figuur 2-2 geeft de bufferkast weer in rustpositie. Bij deze rustpositie zullen er zich telkens twee tanden juist onder het niveau van de binnenkomende bakplaten bevinden. De motor wordt bij elke bufferstap op dezelfde wijze aangestuurd (tijdsinterval, frequentie en spanning) en de motorrem zal bij elke bufferstap dezelfde remkracht uitoefenen. In dit laatste punt zit het probleem. Bij het bepalen van de remkracht spelen het af te remmen gewicht en de snelheid de grootste rol. In de bufferkast is het gewicht echter een variabele. Deze variabele is afhankelijk van het aantal bakplaten dat gebufferd is in de bufferkast. De motorrem werkt echter niet variabel. Er zal dus bij het selecteren van een gepaste motorrem een schatting of een gemiddelde gemaakt zijn van het gewicht van de bakplaten. Dit impliceert dat er bij een gewicht lager dan de schatting een te grote remkracht aanwezig is en bij een gewicht groter dan de schatting een te lage remkracht. Dit veroorzaakt respectievelijk een te kleine en een te grote verplaatsing van de tanden. Bij deze redenering wordt geen rekening gehouden met het verschil in versnelling bij verschillende gewichten.

### 2.2.3 Opstellen werkingsprincipes en toelichting

Eenzijds zal het oorspronkelijke ontwerp van de buffer met de elektromotor herbekeken worden in 2.2.3.1. Hierbij wordt aan de hand van voor- en nadelen afgewogen of dit een goed alternatief voor het oorspronkelijke ontwerp is. Anderzijds zullen er een aantal volledig nieuwe werkingsprincipes opgesteld worden voor het opnemen van de bakplaten. Ook bij deze werkingsprincipes zullen de voor- en nadelen besproken worden. In het daaropvolgende werkingsprincipe wordt steeds getracht de nadelen van het vorige te elimineren en de goede eigenschappen mee te nemen. Deze manier van werken leidt tot het meest geoptimaliseerde werkingsprincipe. Tot slot wordt er een principe uitgewerkt voor het positioneren van de bakplaten onder de bufferkasten.

#### 2.2.3.1 Oorspronkelijk ontwerp met elektromotor aanpassen

Een principeschets van een mogelijke verbetering voor de oorspronkelijke bufferkast is zichtbaar in Figuur 2-3.



Figuur 2-3: Principe schets oorspronkelijke buffer oplossing variabele tussenafstand

De oplossing weergegeven in Figuur 2-3 maakt gebruik van een variabele tussenafstand "X" van de tanden in de bufferkast. Bovenaan in de buffer moet de tussenafstand "X" het grootst zijn omdat het gebufferde gewicht hier het laagst is en de positieverschuiving in de oorspronkelijke bufferkast bij gevolg te klein is. Onderaan in de buffer moet de tussenafstand "X" het kleinst zijn omdat het gebufferde gewicht hier het grootst is en de positieverschuiving in de oorspronkelijke bufferkast bij gevolg te groot is. Deze variabele tussenafstand maakt eventuele aanpassingen in de lijn echter omslachtig en is moeilijk te bepalen. Daarnaast zou dit tot fysisch onrealistische tussenafstanden kunnen leiden bij een groot aantal bakplaten waardoor er nog meer bufferkasten nodig zouden kunnen zijn.

Een andere oplossing zou een variabele motorremkracht kunnen zijn. Ook dit vergt zeer complexe berekeningen en de nodige wiskundige modellen die pas uitgevoerd kunnen worden na de nodige tests. In dit geval is dit bijgevolg geen ideale oplossing.

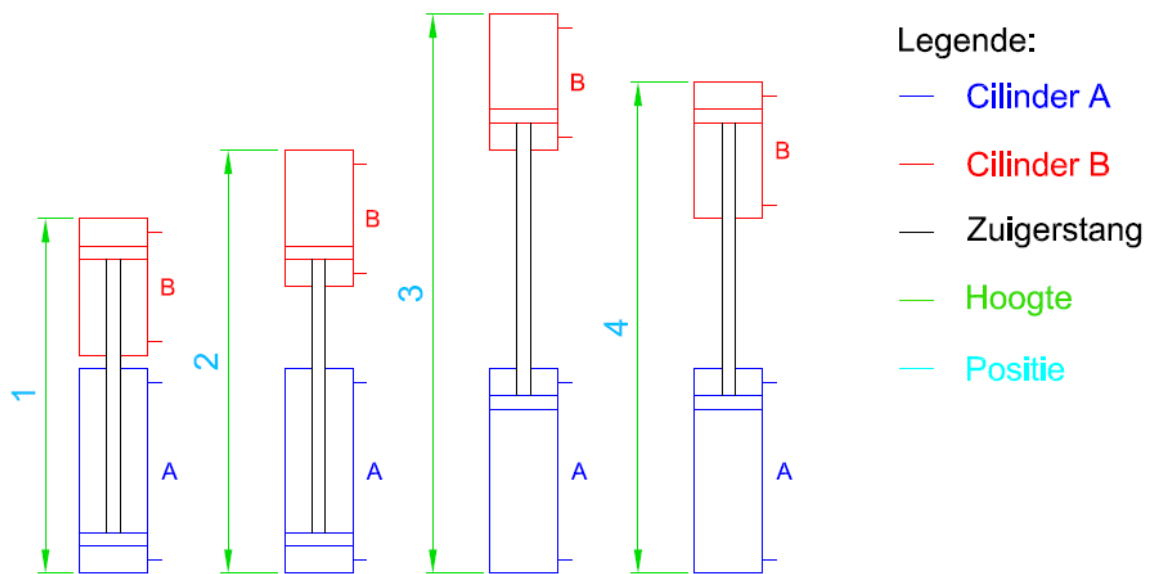
Een laatste mogelijkheid is de positie controleren met behulp van afstandssensoren, zodat de positie bijgestuurd kan worden indien de afwijking hierop te groot is. Deze oplossing zou echter leiden tot onnodig ingewikkelde sturingen die het tijdsinterval van de doorgaande bakplaten in gedrang zouden brengen.

Doordat de lijn reeds gedemonteerd was, is het positioneringssysteem bij de oorspronkelijke bufferkast onbekend.

### 2.2.3.2 Nieuwe werkingsprincipes opnemen

Het herzien van het oorspronkelijke ontwerp van de bufferkast leidt niet tot een ideale oplossing. In dit tekstdeel zullen dan ook nieuwe werkingsprincipes voor het opnemen van de bakplaten van de transportinrichting opgesteld worden. Omwille van de problematiek van de oorspronkelijke buffereenheid door het gewicht van de bakplaten gaat mijn voorkeur uit naar een hydraulische aandrijving in plaats van een elektromotor. Vooral hydraulische cilinders kunnen interessant zijn als deze tot einde slag gebruikt worden. Dit garandeert steeds een vaste positie.

Bij elk hydraulisch werkingsprincipe wordt er steeds gestart vanuit dezelfde basis. In eerste instantie moet ervan uitgegaan worden dat in de rustpositie van een bufferkast de bakplaten liggen op tanden die op een vaste hoogte staan. Bij het bufferen zullen andere in hoogte verstelbare tanden de bakplaten optillen naar een hoger niveau. Hierbij moeten deze verstelbare tanden op 4 vaste hoogtes gepositioneerd kunnen worden. Dit doel kan bereikt worden met behulp van twee dubbelwerkende hydraulische cilinders met een verschillende slaglengte maar een gemeenschappelijke of gekoppelde zuigerstang (zie Figuur 2-4).

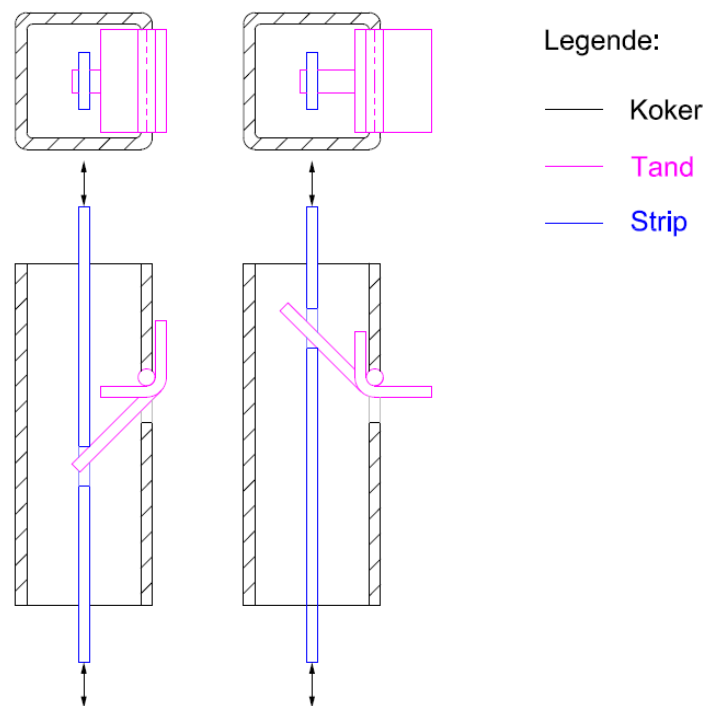


Figuur 2-4: Positiemogelijkheden twee hydraulische cilinders

In Figuur 2-4 zijn de vier positiemogelijkheden bij het gebruik van twee gekoppelde dubbelwerkende hydraulische cilinders afgebeeld. Hierbij is 'Cilinder A' aan een vast chassis of de bodem bevestigd en 'Cilinder B' aan de in hoogte verstelbare tanden. 'Cilinder A' heeft de langste slag. Deze slag is gelijk aan de afstand tussen de tanden. 'Cilinder B' heeft de kortste slag. De grootte van deze slag is afhankelijk van de ruimte tussen de bakplaten en de tanden met een vaste hoogte. De exacte slag van deze cilinders wordt in hoofdstuk 3 bepaald.

Wanneer de bufferkast zich in de rustpositie bevindt, zullen zowel 'Cilinder A' als 'Cilinder B' in zijn. Dit wordt positie '1' genoemd in Figuur 2-4. Wanneer de bakplaten van de tanden met de vaste hoogte en de transportbaan opgenomen moeten worden zal 'Cilinder B' uit gaan. Eens de cilinder einde slag is, bereikt deze positie '2'. De bakplaten rusten nu op de tanden met een variabele hoogte. Vervolgens gaat 'Cilinder A' uit zodat positie '3' bereikt wordt. De bakplaten liggen nu één niveau hoger maar rusten nog steeds op de in hoogte verstelbare tanden. Dan zal 'Cilinder B' terug in gaan zodat positie '4' bereikt wordt en de bakplaten weer rusten op de tanden met een vaste hoogte. Tot slot zal ook 'Cilinder A' terug in gaan zodat positie '1' weer bereikt wordt en het proces indien gewenst kan herstarten.

Eenzijds is het bij de overgang van positie '2' naar '3' belangrijk dat de tanden met de vaste hoogte op een positie geplaatst worden waar ze de omhoogkomende bakplaten niet hinderen. Anderzijds mogen de tanden met een variabele hoogte bij de overgang van positie '4' naar '1' de bakplaten niet raken. Wanneer er met één van de twee bovenstaande stellingen geen rekening gehouden wordt, kan dit leiden tot destructieve gevolgen van de bufferkast. Er dient dus een principe uitgewerkt te worden om deze stellingen te realiseren. Voor dit probleem stellen zich verschillende oplossingen. Een eerste oplossing is weergegeven in Figuur 2-5, een tweede in Figuur 2-6. Figuur 2-7 geeft de definitieve oplossing weer.

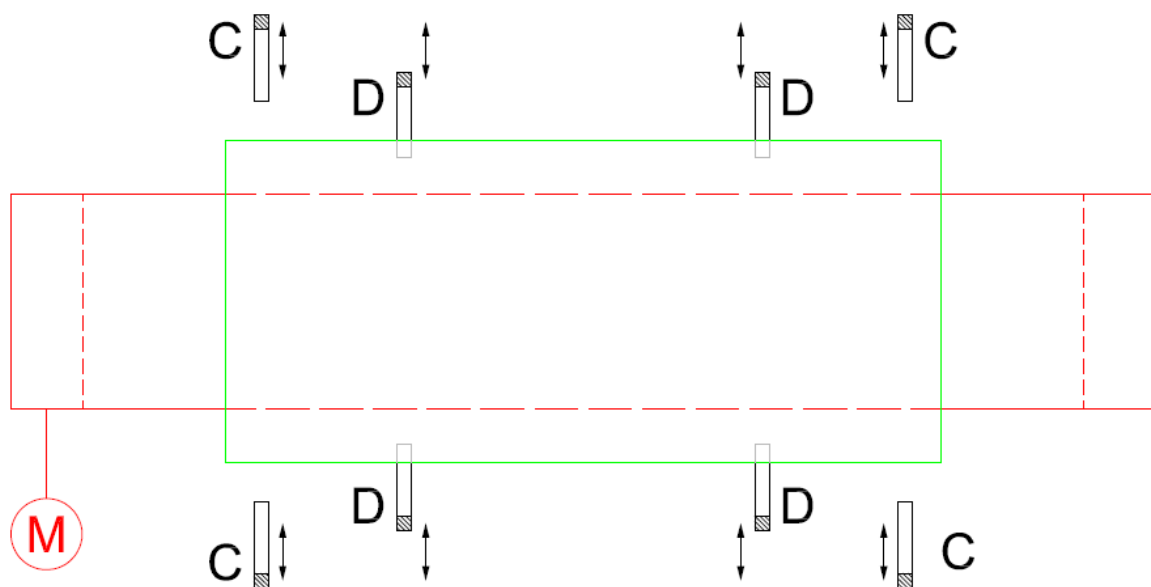
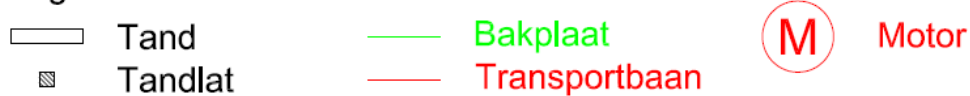


*Figuur 2-5: Principe klaptanden doorsnede*

Figuur 2-5 geeft een doorsnede weer van het principe van klaptanden. Hierbij kunnen de tanden ingeklapt worden op de momenten dat ze conflicten kunnen veroorzaken. De tanden worden hierbij scharnierend bevestigd aan een koker. In deze koker bevindt zich een geperforeerde strip. De interne uitstekende tand onder  $135^\circ$  ten opzichte van de externe tand wordt door de perforaties in de strip naar boven en onder geduwd wanneer de strip naar boven en onder beweegt. Dit zorgt ervoor dat de externe tand in- en uitklapt. Dit is respectievelijk links en rechts zichtbaar in Figuur 2-5. Om het gewicht op te vangen en extra stabiliteit te voorzien is er intern nog een tand die haaks staat op de externe tand. Deze zorgt ervoor, dat wanneer de tand uitgeklappt en belast wordt, de belasting niet op de strip komt te staan.

Het nadeel aan dit principe is dat wanneer een groot draagoppervlak van de tanden vereist is en de tand relatief ver moet uitsteken om contact met de bakplaat te verzekeren, ook de afstand tussen de tanden vergroot zal moeten worden. Dit zou rekening houdend met de vereiste capaciteit een hoogte opleveren die hoger is dan de maximaal opgelegde hoogte van 7500mm uit het eisenpakket.

Legende:



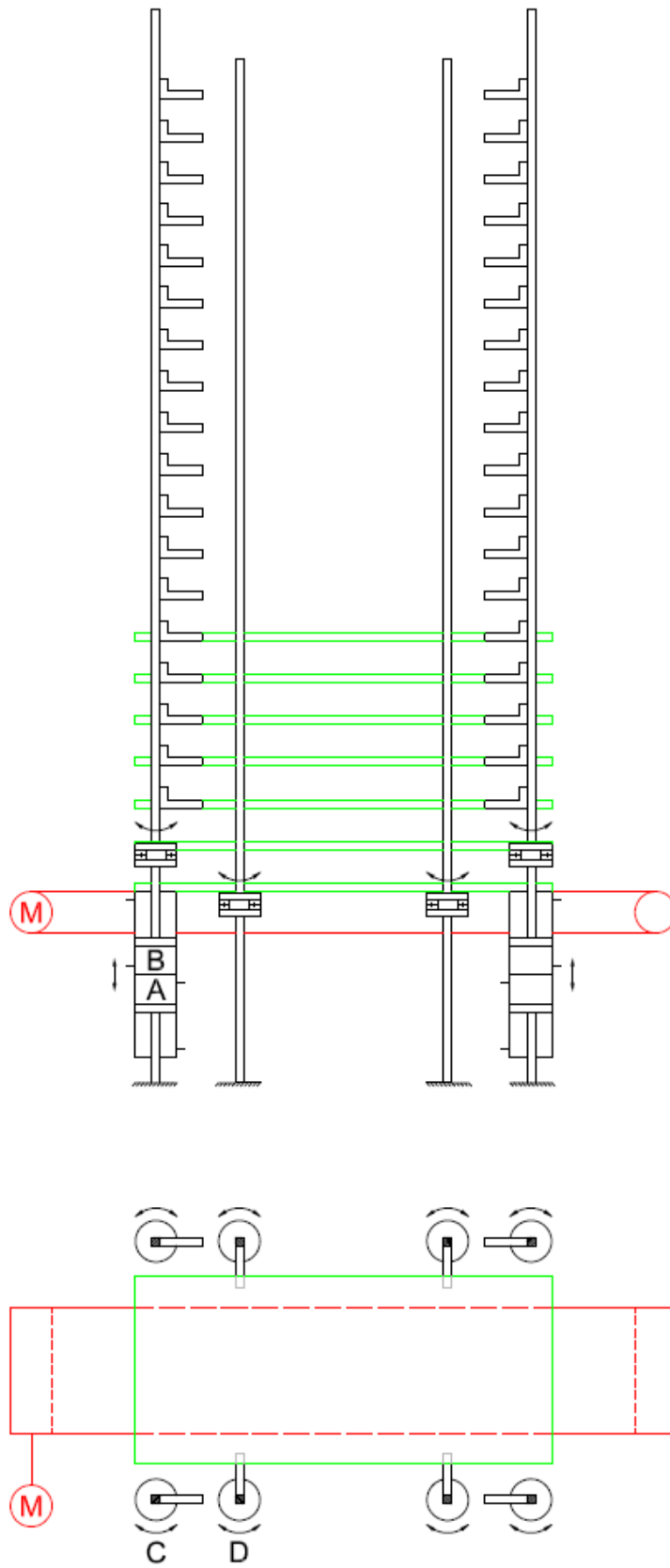
Figuur 2-6: Principe translatie bovenaanzicht

Figuur 2-6 geeft het bovenaanzicht van het translatieprincipe weer. De tandlatten<sup>1</sup> in Figuur 2-6 zijn opgesteld zodat ze haaks ten opzichte van de langste centerlijn van de bakplaat kunnen transleren. Hierbij hebben de tanden aangeduid met de letter 'D' een vaste hoogte en de tanden aangeduid met de letter 'C' een variabele hoogte. Tandlat 'C' is bevestigd aan 'Cilinder B' uit Figuur 2-4 zodat deze zich op vier verschillende hoogtes kan begeven. Wanneer de tandlatten een conflict kunnen veroorzaken zoals reeds eerder besproken, dienen ze achterwaarts (weg van de bakplaat) te transleren zodat contact tussen de tanden en de bakplaten vermeden wordt. Het nadeel aan dit principe is dat er voor een gelijkmatige beweging zowel boven als onder in de bufferkast een hydraulische cilinder voor de translatiebeweging moet geplaatst worden. Dit vanwege de lengte van de tandlatten. Daarnaast vereist neemt deze methode veel ruimte in beslag en leidt dit tot een complexe constructie.

---

<sup>1</sup> Lat of koker waarop de tanden bevestigd kunnen worden.























Figuur 2-7: Definitief principe voor- en bovenaanzicht

Figuur 2-7 geeft een voor- en bovenaanzicht weer van het definitieve werkingsprincipe voor het opnemen van de bakplaten dat gebruikmaakt van rotatie. Cilinder A is hierbij de lange cilinder. Alle tandlatten zijn gelagerd opgesteld zodat ze rondom hun as kunnen draaien. Het cyclisch proces dat bij het bufferen doorlopen wordt, is stap voor stap weergegeven in Tabel 2-1. De symbolen in het cyaan geven de gewijzigde situaties aan.

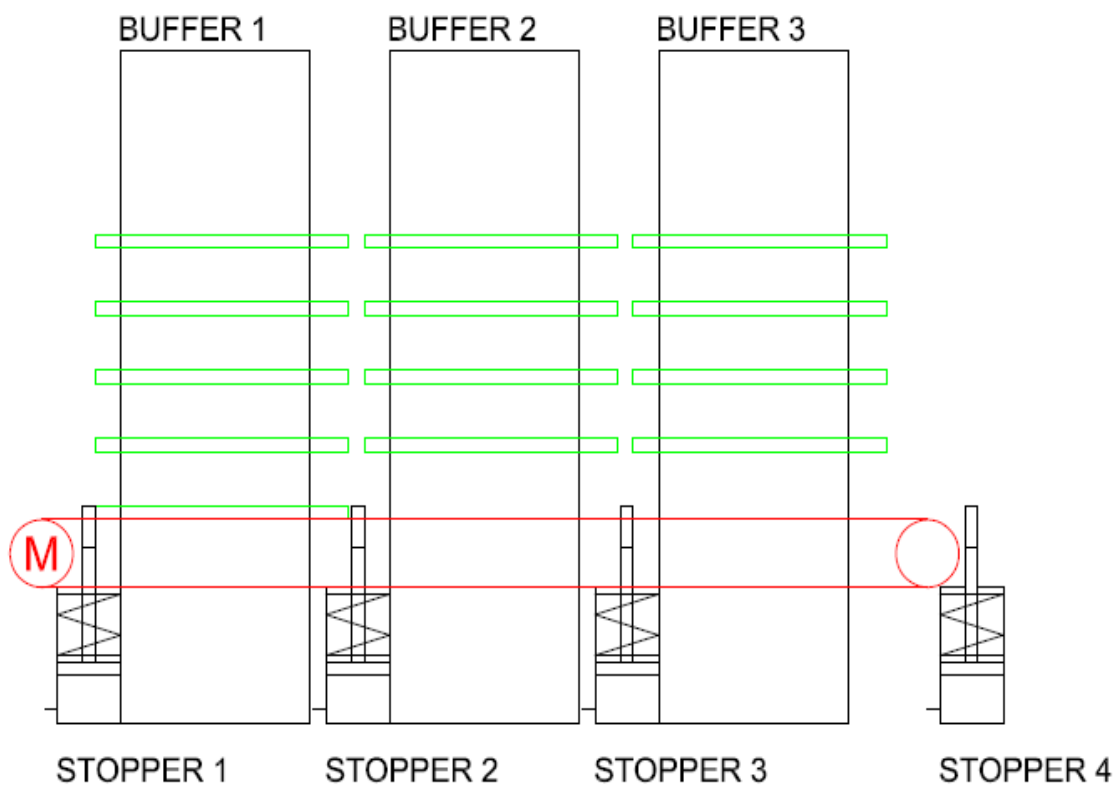
Tabel 2-1: Proces definitief principe

PROCES				
STAP	CIL A	CIL B	ROT C	ROT D
1	↓	↓		
2	↓	↓		
3	↓	↑		
4	↑	↓		
5	↑	↑		
6	↑	↑		
7	↑	↓		
8	↓	↑		
9	↓	↓		

Per draaiende tandlat dient een hydraulische cilinder toegevoegd te worden om deze beweging te kunnen uitvoeren. Het voordeel van draaiende tandlatten ten opzichte van translerende tandlatten is de ruimte die bespaard wordt. Daarnaast zou een constructie die zowel transleert als in de hoogte beweegt zeer complex zijn. Het voordeel ten opzichte van de klaptanden is de afstand tussen de tanden, die in dit geval vrij te kiezen is zolang de totale lengte binnen de maximale grenzen opgelegd door het eisenpakket ligt.

### 2.2.3.3 Nieuw werkingsprincipe positionering

Figuur 2-8 toont een werkingsprincipe voor het positioneren van de bakplaten onder iedere bufferkast.



Figuur 2-8: Werkingsprincipe positionering

In Figuur 2-8 zijn 3 vereenvoudigde bufferkasten weergegeven. De bakplaten komen via een transportbaan (rood) binnen langs rechts. De motor 'M' zal dan ook steeds in tegenwijzerzin draaien. Voor de duidelijkheid worden enkele bakplaten voorgesteld door de groene rechthoeken. De bufferkasten 'BUFFER 1', 'BUFFER 2' en 'BUFFER 3' maken respectievelijk gebruik van 'STOPPER 1', 'STOPPER 2' en 'STOPPER 3'. Voor de buffereenheid moet een systeem staan dat telkens één bakplaat doorlaat. Dit systeem is in Figuur 2-8 vereenvoudigd voorgesteld door 'STOPPER 4'. Dit deel behoort echter niet tot deze masterproef. Hieronder volgt de principiële werking die toebehoort tot de principeschets in Figuur 2-8.

Wanneer de buffereenheid (hiermee worden de 3 bufferkasten bedoeld) het signaal krijgt om te bufferen, zal het stappenplan in Tabel 2-2 doorlopen worden zolang dit signaal van kracht is. In heel het proces dient 'STOPPER 4' ervoor te zorgen dat er steeds 1 bakplaat tegelijkertijd de buffereenheid binnenkomt. Bij het inbufferen zal de transportbaan in de buffereenheid steeds blijven lopen. Doordat de bakplaten reeds snel opgenomen worden zodra ze tegen de stopper aanlopen, is dit een verantwoorde keuze.

Tabel 2-2: Positionering inbufferen

Stap	Beschrijving
1	'STOPPER 1' wordt actief en 'STOPPER 4' laat één bakplaat de buffereenheid binnenkomen.
2	Als er een bakplaat tegen 'STOPPER 1' loopt (sensor), wordt 'STOPPER 2' actief en zal 'BUFFER 1' zijn bufferproces starten.
3	Eens 'STOPPER 2' actief mag 'STOPPER 4' de volgende bakplaat binnen laten.
4	Indien er een bakplaat tegen 'STOPPER 2' loopt (sensor), wordt 'STOPPER 3' actief en zal 'BUFFER 2' zijn bufferproces starten.
5	Als er een bakplaat tegen 'STOPPER 3' loopt (sensor), zal 'BUFFER 3' zijn bufferproces starten.
6	Eens 'BUFFER 3', '2' en '1' het signaal gegeven hebben dat het proces voltooid is, kunnen 'STOPPER 2' en '3' weer omlaag waarna verder gegaan kan worden met stap 1.

Wanneer de buffereenheid het signaal krijgt om bakplaten uit de buffer te halen (later uitbufferen genoemd) zal het stappenplan in Tabel 2-3 doorlopen worden zolang dit signaal van kracht is. 'STOPPER' 4 zal bij dit proces steeds actief zijn om te mijden dat er bakplaten op elkaar gestapeld worden of beschadigd worden. De andere stoppers zullen steeds inactief zijn. In tegenstelling tot het principe in Tabel 2-2 zal de transportbaan in de buffer niet continu actief zijn.

Tabel 2-3: Positionering uitbufferen

<b>Stap</b>	<b>Beschrijving</b>
1	Afhankelijk van de hoeveelheid bakplaten die nodig zijn en of er al dan niet bakplaten in de bufferkasten aanwezig zijn zullen alle bufferkasten hun uitbufferproces starten.
2	Als alle bufferkasten het signaalgegeven hebben dat hun uitbufferproces voltooid is kan de transportbaan gestart worden in tegenwijzerzin.
3	Eens de tijd voor het transporteren van het aantal uitgebufferde bakplaten verstreken en de sensoren geen bakplaten detecteren kan verder gegaan worden met stap 1.

Zowel voor het in- als het uitbufferen dient er steeds gecontroleerd worden hoeveel bakplaten er in de bufferkasten aanwezig zijn (later bufferniveau genoemd). Hiervoor zal een gepaste sensor geselecteerd worden in 4.1.

## 2.3 Transporteren

Om een goed en functioneel werkingsprincipe te bekomen voor het transporteren van de bakplaten dat aan de wensen van de klant (Dutch Bakery) voldoet en binnen de fysische productiemogelijkheden van Elmech kadert, dient er rekening gehouden te worden met het eisenpakket in 2.3.1.

### 2.3.1 Eisenpakket

Bij het ontwerpen van de transportinrichting dient er rekening gehouden te worden met volgende eisen:

- minimale hoogte: 344mm,
- maximale hoogte (inclusief bakplaat): 500mm,
- fabrikant motor: SEW Eurodrive,
- type motor: SA47/TDRS71S4/TH,
- aantal motoren: 8 stuks,
- smeermiddelen en oliën: foodgrade.

Naast de eisen voor het ontwerpen van de transportinrichting dient er indien mogelijk rekening gehouden te worden met volgende wensen:

- stofophoping meiden,
- geluidsproductie beperken.

### 2.3.2 Opstellen werkingsprincipes en toelichting

Zoals reeds in Figuur 2-1 aangegeven werd kan het transporteren van de bakplaten opgesplitst worden in twee deelfuncties. Enerzijds dient er een principe voor het verplaatsen van de bakplaten gekozen te worden. Anderzijds moet er een principe voor het per één doorgeven van de bakplaten uitgewerkt te worden.

#### 2.3.2.1 Verplaatsen van bakplaten

Voor het verplaatsen van voorwerpen zijn er in de industrie tal van mogelijkheden. De populairste onder hen zijn de transportband, kettingbaan en rollenbaan. De transportband is echter vanwege hygiënische redenen niet geschikt als toepassing in een bakkerij tenzij dit noodzakelijk is. Aangezien de bakplaat echter opgebouwd is uit een frame met daarop een plaat is dit niet noodzakelijk. De andere twee opties worden hieronder besproken.

## Rollenbanen

Er zijn zowel niet-aangedreven als aangedreven rollenbanen. Op niet-aangedreven rollenbanen worden de goederen handmatig door personeel doorgerold. Het gaat in deze situatie dus vanzelfsprekend over de aangedreven versie. De rollen worden hoofdzakelijk op twee verschillende manieren aangedreven. Ofwel loopt er onder de rollen een aangedreven band of ketting door die elke rol aandrijft zoals in Figuur 2-9. Ofwel wordt elke rol afzonderlijk gekoppeld met een ketting- of riemoverbrenging aan de volgende rol zoals in Figuur 2-10. Hierbij worden slechts één of twee rollen rechtstreeks aangedreven door een motor. Rollenbanen worden enkel gebruikt voor horizontaal transport. Het grote voordeel is dat ze producten in twee richtingen kunnen vervoeren. Dat is in deze situatie echter geen vereiste. [1]



*Figuur 2-9: Aandrijving rollenbaan met ketting [10]*

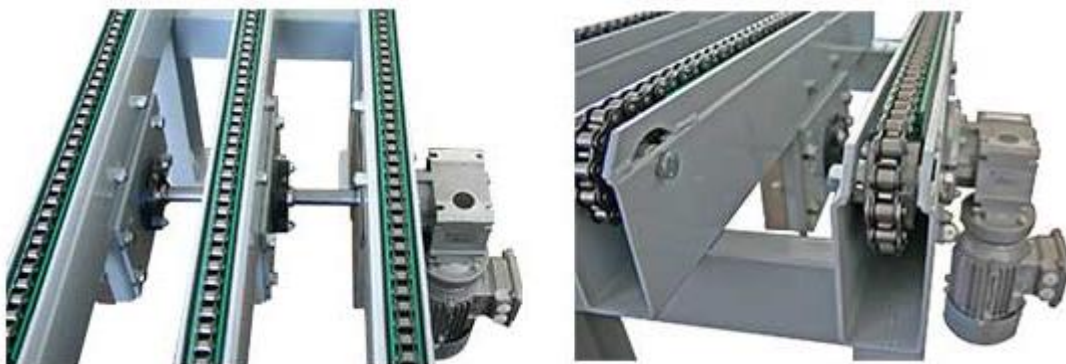


*Figuur 2-10: Aandrijving rollenbaan kettingoverbrenging [10]*

## Kettingbanen

Kettingbanen geven veel meer grip dan rollenbanen en kunnen zwaardere belastingen aan. De transportsnelheid is nagenoeg gelijk. Dankzij de extra grip is er echter wel een grotere hellingsgraad mogelijk. Daarnaast zijn de banen op het gebied van prijs veel interessanter. Aangezien de aandrijving gelijkaardig is aan deze van rollenbanen wordt het volledige bedrag van de rollen uitgespaard. Indien de rollen dus niet effectief nodig zijn, krijgt de kettingbaan de voorkeur. [1]

Kettingbanen worden aangedreven met behulp van kettingwielen en een elektromotor (zie Figuur 2-11). De kettingen lopen steeds over vervangbare kunststof glijprofielen (zie Figuur 2-12). Er bestaan zeer veel verschillende soorten kettingen. Er wordt vaak gebruikgemaakt van standaard normtransportkettingen of rollenkettingen, maar er bestaan ook specifiek aangepaste kettingen naargelang de toepassing. Er worden dan verbindingstukken toegevoegd. Vaak zijn deze geïntegreerd in de kettingschakels waardoor ze eenvoudig de originele schakels kunnen vervangen. Voor het horizontaal transport van de bakplaten zijn deze echter niet nodig. Meer info over de selectie van de gepaste ketting is terug te vinden in hoofdstuk 3.



*Figuur 2-11: Aandrijving kettingbaan motor en kettingwiel [10]*

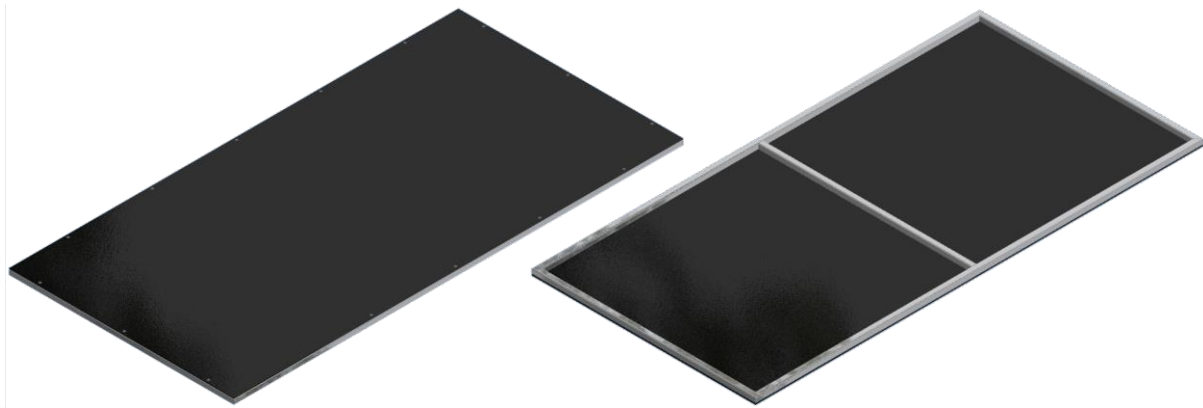


*Figuur 2-12: Kunststof glijprofielen [11]*



### 2.3.2.2 Per één doorgeven van bakplaten

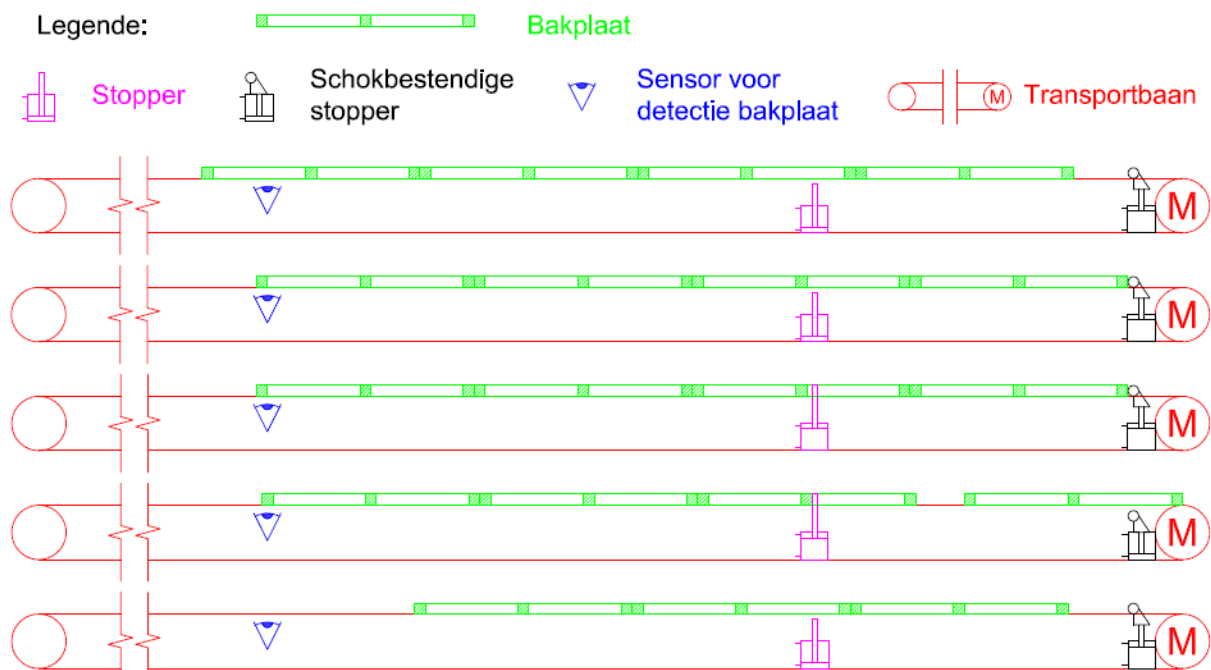
De deegschietmachine dient telkens één bakplaat te verkrijgen. De bakplaten liggen bij de retour echter op een willekeurige afstand van elkaar of tegen elkaar. Hieronder volgt de uitwerking van een principe dat ervoor zorgt dat er steeds tijdig bakplaten op het einde van de lijn geraken. Deze lijn is ongeveer 70m lang. Daarnaast wordt er een principe uitgewerkt waarbij de laatste transporteenheid telkens één bakplaat doorlaat. Om deze principes efficiënt uit te kunnen werken is wat essentiële informatie in verband met de bakplaten vereist. De buitenafmetingen van de bakplaten bedragen 1600x800x25mm (lxbxh). De bakplaat is opgebouwd uit een frame van kokers van 20x20mm uit rvs met daarop een ijzeren plaat met een teflon coating bevestigd met rivetten (zie Figuur 2-13).



*Figuur 2-13: Bakplaat boven- (links) en onderkant (rechts)*

De 70m die overbrugd moet worden met de transportinrichting zal verspreid worden over zeven transporteenheden. Het aantal te gebruiken motoren is namelijk acht. Eén van deze motoren wordt gebruikt in de buffereenheid. Hieruit volgt dat elke band ongeveer 10m lang is en er maximaal zes volledige bakplaten op één transportbaan kunnen.

Om ervoor te zorgen dat er telkens tijdig bakplaten de 70m overbruggen zullen op een aantal banen een reeks bakplaten komen te liggen. De grootte van deze reeks zal bepaald worden door de transportbaan die zorgt voor het per één doorgeven. Daarom zal eerst het principe van het per één doorgeven hieronder besproken worden. De principeschets hiervan is weergegeven in Figuur 2-14.



Figuur 2-14: Principe één bakplaat doorlaten

Figuur 2-14 geeft de laatste transportbaan van de transportinrichting weer. Deze baan zorgt voor het per één doorgeven van de bakplaten. De transportbaan wordt weergegeven in vijf verschillende stappen waarbij de bovenste tekening stap 1 voorstelt. De bakplaten bewegen naar rechts en liggen vanwege de continu draaiende motor tegen elkaar. In stap 1 mag ervan uitgegaan worden dat er juist één bakplaat doorgegeven werd. De schokbestendige stopper wordt na het doorgeven van één plaat geactiveerd. De reeks bakplaten zal vervolgens tegen de schokbestendige stopper stoten (stap 2). Dit wordt met een sensor gedetecteerd<sup>2</sup>. Vervolgens zal de andere stopper geactiveerd worden. Deze grijpt in op de middelste koker van het frame van de tweede bakplaat. Vervolgens zal de schokbestendige stopper gedeactiveerd worden waardoor de eerste bakplaat voort kan. Eens de bakplaat niet meer weergegeven wordt door de sensor kan de schokbestendige stopper weer geactiveerd worden. Wanneer er door de sensor voor het detecteren van bakplaten geen 4<sup>de</sup> bakplaat meer zichtbaar is, zal het signaal aan de sturingseenheid gegeven worden om een nieuwe reeks bakplaten door te laten. Om te vermijden dat er te veel bakplaten op deze baan komen te liggen, zullen de reeksen beperkt moeten worden tot 3 bakplaten. Indien de lijn zou moeten stoppen vanwege een fout zouden er namelijk nog 3 bakplaten op de baan aanwezig zijn. De maximumcapaciteit per transportbaan bedraagt immers 6 bakplaten.

<sup>2</sup> Deze sensor werd niet weergegeven in de figuur om het overzicht te bewaren.

Het volgende principe dient ervoor te zorgen dat er telkens reeksen van drie bakplaten doorgegeven worden van de ene transportbaan naar de daaropvolgende. Eerst en vooral zal elke baan van een schokbestendige stopper voorzien worden. Wanneer het signaal gegeven wordt om een reeks door te geven zullen alle stoppers gelijktijdig gedeactiveerd worden en de banen beginnen draaien. Eens de tijd die nodig is om drie bakplaten door te laten verstreken is, zullen de stoppers weer geactiveerd worden. Elke baan is naast een stopper voorzien van een sensor om de derde bakplaat te detecteren. Deze dient juist ter hoogte van 1 koker van het frame van de bakplaat geplaatst te worden. Op die manier kan er onderscheid gemaakt worden tussen een bakplaat die de sensor passeert of de derde bakplaat. Indien de sensor een signaal langer dan een seconde detecteert, is er een derde bakplaat aanwezig en tot stilstand gekomen. De banen kunnen dan stoppen met draaien.

De eerste en de laatste baan in de reeks van zeven hebben een speciale functie. De functie van de laatste baan werd reeds eerder besproken. De eerste baan in de reeks (na de buffer) dient ervoor te zorgen dat er telkens reeksen van maximaal 3 bakplaten doorgegeven worden. Dit doet hij op dezelfde manier als de andere banen. Namelijk de stopper weer activeren wanneer de tijd voor het passeren van drie bakplaten voorbij gestreken is. Deze baan wordt echter van een extra sensor voorzien op de positie van de 4<sup>de</sup> bakplaat. Wanneer hier een bakplaat gedetecteerd wordt, dient immers het signaal gegeven te worden dat de volgende toekomstige bakplaten gebufferd moeten worden door de buffereenheid.

Wanneer er te weinig bakplaten aanwezig zijn dient de buffereenheid bakplaten af te leggen. Dit signaal zal gegeven worden wanneer er bij stilstand van de banen geen derde bakplaat bij baan 5 gedetecteerd wordt.

## 3 Mechanisch ontwerp

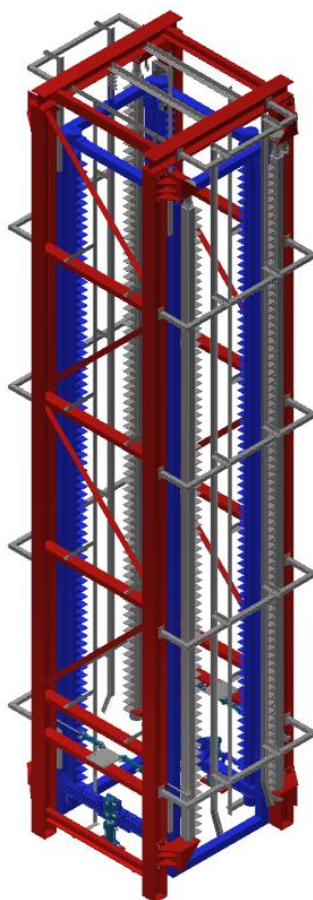
In dit hoofdstuk zullen de bekomen werkingsprincipes uit hoofdstuk 2 omgezet worden in een mechanisch ontwerp zodat dit ontwerp aan de eisen uit het eisenpakket in hoofdstuk 2 voldoet. De nadruk wordt hierbij gelegd op enkele specifieke keuzes die gemaakt worden.

### 3.1 Bufferkast

Ter verduidelijking van het mechanisch ontwerp van de bufferkast wordt gestart met een toelichting van de algemene constructie en opbouw in 3.1.1. Vervolgens zal dieper ingegaan worden op de keuze en dimensionering van een aantal specifieke componenten uit de bufferkast waaronder de hydraulische cilinders, lineaire geleidingen en lagering.

#### 3.1.1 Algemene constructie en opbouw

Hoofdzakelijk is de bufferkast verdeeld in twee hoofdframes zoals weergegeven in de kleuren blauw en rood in Figuur 3-1.

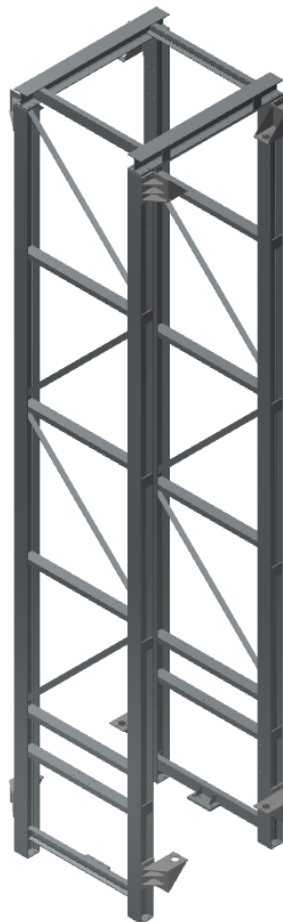


*Figuur 3-1: Verdeling van hoofdframes in bufferkast*

Figuur 3-1 geeft de verdeling in hoofdframes weer van de bufferkast. Het rode frame is het vaste frame waaraan alle andere componenten bevestigd zijn. Dit frame wordt verankerd in de betonvloer van de fabriekshal waarin hij zal komen te staan. Het blauwe frame is het bewegende frame. Dit frame bevat de in hoogte verstelbare tandlatten en hun bijhorende hydraulische cilinders. Er is gekozen voor al deze tandlatten te bundelen in één bewegend frame om een gelijktijdige verplaatsing en een grotere stabiliteit en stijfheid te garanderen. Dit frame is enerzijds met het vaste hoofdframe verbonden door de hydraulische cilinders onderaan in de bufferkast. In 3.1.2 zal dit verder toegelicht worden. Anderzijds is het frame met behulp van een aantal lineaire componenten gekoppeld aan het vaste hoofdframe. Dit is noodzakelijk om stabiliteit van het bewegende frame te garanderen. Uitgebreide informatie in verband met deze lineaire componenten is terug te vinden in 3.1.3.

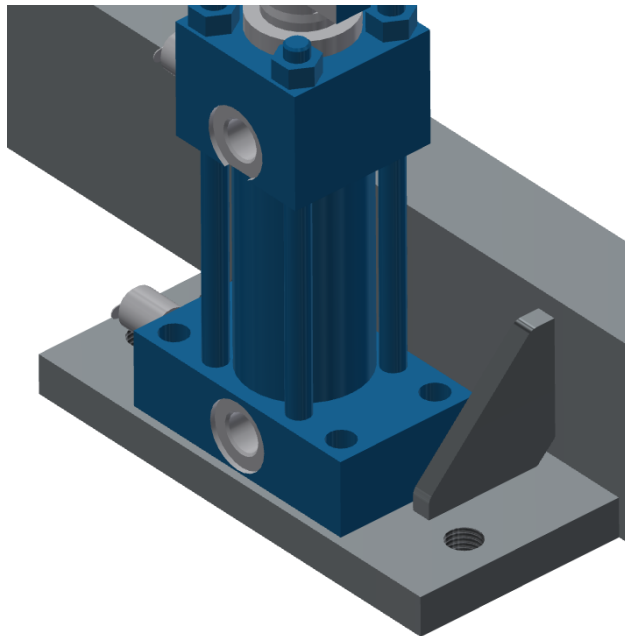
#### 3.1.1.1 Vast hoofdframe

Figuur 3-2 geeft het vaste hoofdframe weer zonder alle overige componenten uit de bufferkast.



*Figuur 3-2: Vast hoofdframe bufferkast*

Vanwege de hoogte van het vaste hoofdframe is het belangrijk de constructie van voldoende stijfheid te voorzien. Daarom werd ervoor gekozen dit hoofdframe op te bouwen uit I-profielen. Deze constructie maakt gebruik van HEA140 profielen. De dwarsverbindingen tussen de I-profielen zijn U-profielen (U100). Deze zijn ondersteboven in de I-profielen gelast omwille van hygiënische redenen. Op deze manier blijft de hoeveelheid opgehoopt stof en verontreinigingen beperkt. Het gebruik van ronde profielen is niet vereist door de klant. Tot slot is er nog een vakwerk bestaande uit de reeds vernoemde U-profielen en diagonale L-profielen toegevoegd. Het U-profiel onderaan in de bufferkast wordt gebruikt voor de montage van de hydraulische cilinder. Om een betere weerstand tegen doorbuiging te bieden is dit profiel op zijn kant gedraaid. Om de grote krachten van de hydraulische cilinders en het bewegende frame op te vangen zijn er extra maatregelen getroffen die zichtbaar zijn in Figuur 3-3.



*Figuur 3-3: Extra maatregelen cilinderkracht vast frame*

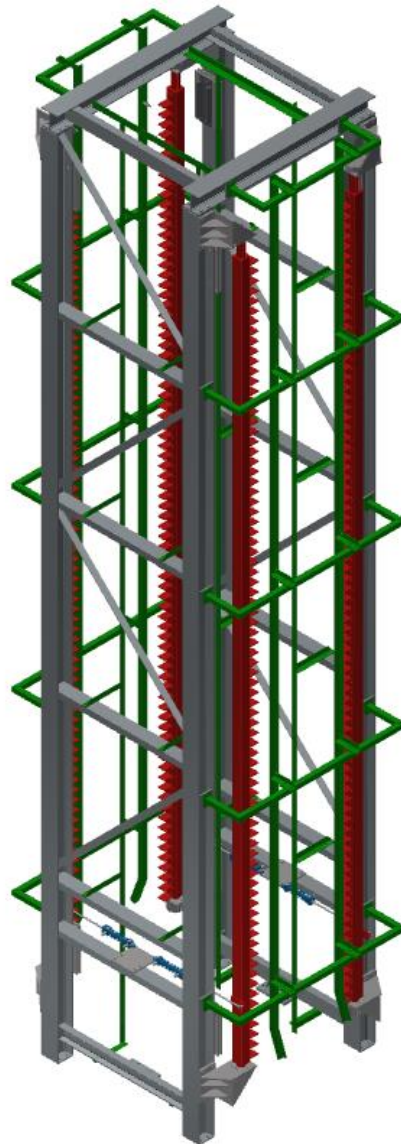
De montageplaat<sup>3</sup> voor de hydraulische cilinder (de cilinder is afgebeeld in het blauw in Figuur 3-3) is vastgelast aan een U-profiel uit het vaste hoofdframe. Voor extra stijfheid zijn er aan elke kant van de cilinder diagonalen gelast. Daarnaast zijn er in deze montageplaat aan elke kant van de cilinder 2 gaten met M16 schroefdraad voorzien waarin de nodige stelpoten geschroefd kunnen worden om de zware belasting op te vangen.

---

<sup>3</sup> Bouten zijn niet getekend om het overzicht te bewaren.

Alle onderdelen uit dit frame zijn vervaardigd uit constructiestaal. Omdat alle stalen onderdelen gegalvaniseerd moeten worden, is dit frame opgedeeld in deelsamenstellingen die aan de maximale afmetingen, opgelegd door de Galva<sup>4</sup>, voldoen. Daarnaast zijn er overal de nodige perforaties in de onderdelen voorzien zodat er na het onderdompelen in de galvabaden geen restanten achterblijven.

Tot slot geeft Figuur 3-4 het hoofdframe weer met daarop de in hoogte vaste tandlatten (rood), de bijhorende cilinders (blauw) en de verstelbare geleidingen voor de bakplaten (groen).

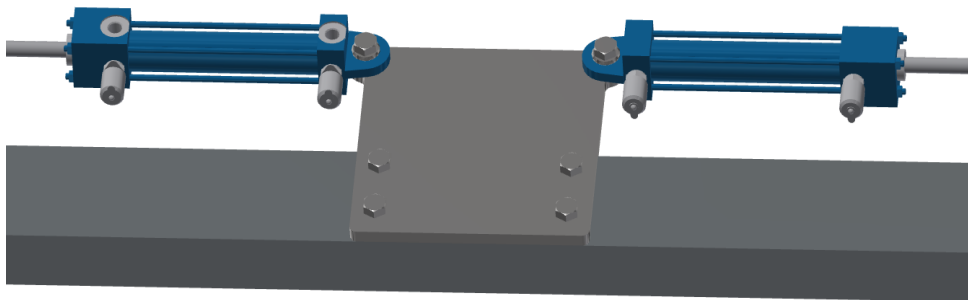


*Figuur 3-4: Vast hoofdframe met tandlatten en geleidingen*

---

<sup>4</sup> Bedrijf dat de onderdelen galvaniseert.

De geleidingen voorzien voor de korte kant van de bakplaten zijn gemonteerd op beugels die mede voor extra stijfheid van het vaste hoofdframe zorgen. De geleidingen bestaan uit een L-profiel en zijn met behulp van tussenstukken die voorzien zijn van sleufgaten gemonteerd aan de beugels. De geleidingen voor de lange kant van de bakplaten zijn met gelijkaardige tussenstukken aan de dwarsbalken (U-profielen) bevestigd. Op de montage van de tandlatten wordt dieper ingegaan in 3.1.4. De hydraulische cilinders om deze tandlatten te doen draaien zijn op een gemeenschappelijke montageplaat bevestigd aan het frame zodat de tegengestelde krachten elkaar neutraliseren (zie Figuur 3-5).



*Figuur 3-5: Montage hydraulische cilinders voor rotatie op vast frame*

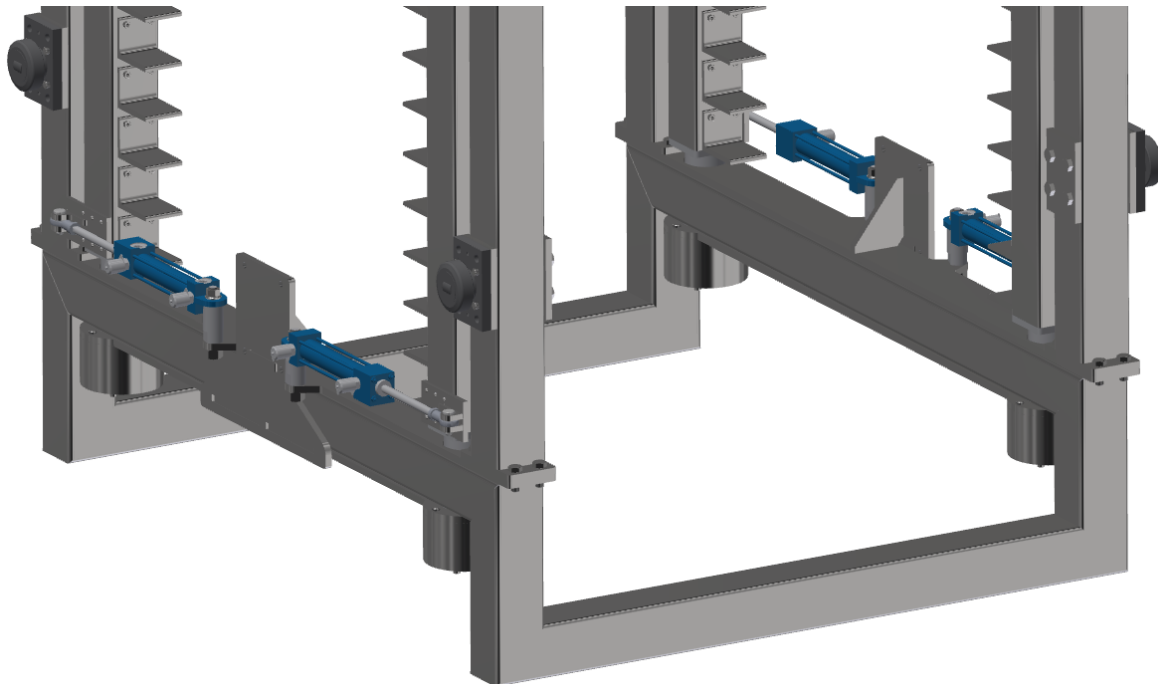
### 3.1.1.2 Bewegende hoofdframe

Figuur 3-6 geeft het bewegende hoofdframe met de meebewegende daarop gemonteerde componenten weer. Vanwege de grootte van de constructie geeft Figuur 3-7 een betere detailweergave van de onderkant van het bewegende hoofdframe.



*Figuur 3-6: Bewegende hoofdframe met daarop gemonteerde meebewegende componenten*



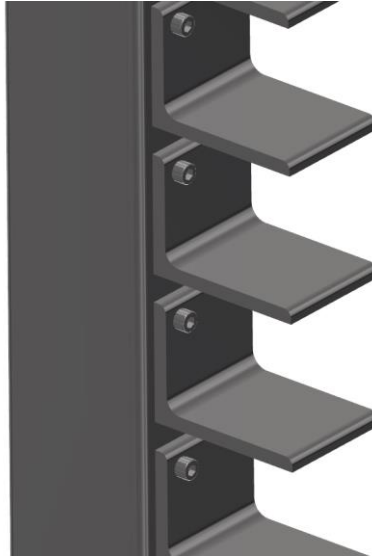


*Figuur 3-7: Detailweergave onderkant bewegende hoofdframe*

Het bewegende frame is opgebouwd uit roestvrijstalen kokers van 80x80mm met een dikte van 4mm. De maximale lengte die de leverancier bij Elmech Services in roestvrijstalen profielen kan leveren is 6m. Er is daarom en om een zo een groot mogelijke tussenafstand van de tanden te creëren gekozen om de tandlatten een lengte van 6m te geven. Hierom is het frame daarrond opgebouwd uit drie delen om toch een langer frame te kunnen bouwen. De drie delen zijn aan elkaar bevestigd met boutverbindingen. Daarnaast dient de dwarsverbinding tussen de twee kaders zo laag te liggen dat het de transporteenheid in de buffereenheid niet raakt bij het bewegen van dit frame. De lineaire componenten op dit frame zijn bovenaan en onderaan het frame bevestigd om een minimale doorbuiging van de kokers bij eventuele zijdelingse krachten (niet loodrecht op de bodem) te verzekeren.

### 3.1.1.3 Tandkokers

Alle tandkokers uit de bufferkast zijn op een gelijkaardige manier opgebouwd. Een detailweergave van een van de tandkokers is weergegeven in Figuur 3-8.



*Figuur 3-8: Detailweergave tandkoker*

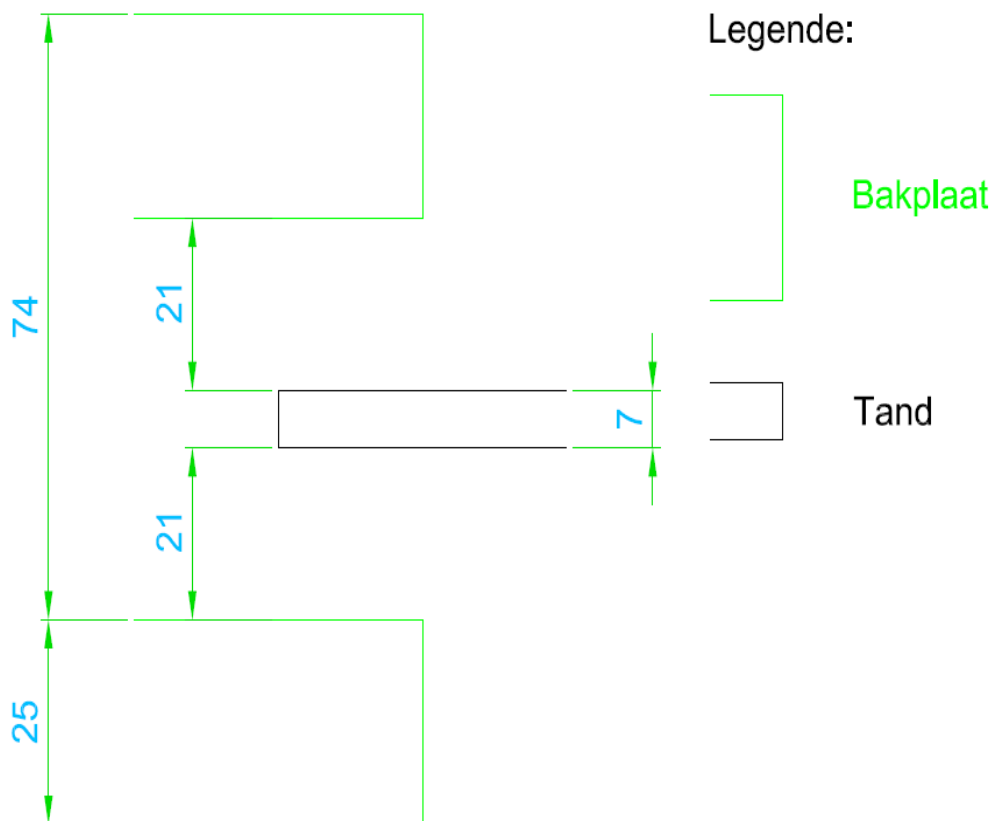
Net als het bewegende frame is de tandkoker opgebouwd uit een roestvrijstalen koker van 80x80mm met een dikte van 4mm. De tanden zijn vervaardigd uit L-profielen. Er is voor dit type profielen gekozen omwille van een hogere stijfheid ten opzichte van zelf geplooid tanden. De L-profielen hebben ongelijke benen omwille van de beperkte lengte van de koker en de beperkte hoogte van de fabriekshal van Dutch Bakery. Daarnaast is er gekozen voor een boutverbinding bij de montage van de tanden op de koker. Elmech Services beschikt namelijk over een freesmachine die met zeer grote precisie de gaten met de juiste tussenafstand kan frezen. Voor een goede werking van de buffer is het immers noodzakelijk dat alle tanden binnen een marge van  $\pm 2\text{mm}$  op dezelfde hoogte liggen. Daarnaast zijn de tanden bij eventuele beschadiging ervan makkelijker te vervangen dan wanneer ze vastgelast zouden worden. Lassen zou bij een koker van deze lengte uit rvs ook vrij grote vervormingen van de koker met zich meebrengen.

### 3.1.2 Hydraulische cilinders

In 2.2.3.2 werd reeds vermeld dat er voor het positioneren op vier verschillende hoogtes twee hydraulische cilinders gekoppeld moeten worden. In eerste instantie werd er gekozen voor standaard hydraulische cilinders van de fabrikant Rexroth. Informatie omtrent de korte cilinder is terug te vinden in Bijlage B

, informatie omtrent de lange cilinder in Bijlage C. Om de twee hydraulische cilinders aan elkaar te koppelen werd de zuigerstang van de ene cilinder voorzien van uitwendige, en de andere van inwendige schroefdraad. De leverancier van hydraulische componenten bij Elmech Services zal echter een gelijkaardig paar cilinders bezorgen met een doorlopende gemeenschappelijke zuigerstang. Dit bevordert de stijfheid van het geheel. De cilinders behouden voor de rest dezelfde eigenschappen.

De slag van de lange cilinder komt overeen met de afstand tussen twee tanden in de bufferkast. De slag van de cilinder met de korte slag is zo gekozen dat er steeds een zo groot mogelijke ruimte is tussen de tand en de boven- en onderliggende bakplaat bij het draaien van de kokers (zie Figuur 3-9).



Figuur 3-9: Bepalen van korte slag

Wanneer de tanden van de in hoogte verstelbare tandlat tussen de bakplaten in draait, dient er een zo groot mogelijke tussenafstand aangehouden te worden. De tand zal daarom in het midden tussen twee bakplaten gepositioneerd moeten worden. De afstand tussen twee bakplaten bedraagt de afstand tussen de tanden verminderd met de dikte van een bakplaat. Dit resulteert in een afstand van 49mm. Wanneer deze afstand verminderd wordt met de dikte van één tand (7mm) en dit vervolgens gehalveerd wordt, blijft er een ruimte van 21mm over. De slag die de cilinder moet hebben om tot tegen de bakplaat te bewegen bedraagt dus 21mm. Wanneer de bakplaat dan opgetild moet worden van de tanden met een vaste hoogte dient dezelfde afstand nogmaals afgelegd te worden zodat ook deze tanden zonder conflicten kunnen wegdraaien. De totale slag van de korte cilinder bedraagt dus tweemaal 21mm. Dit resulteert in een slag van 42mm.

Vervolgens dient nog de zuigerdiameter bepaald te worden aan de hand van volgende gegevens:

- massa bakplaat =  $m_b$  = 15 kg,
- massa frame =  $m_f$  = 800 kg,
- aantal bakplaten =  $n_b$  = 80 stuks,
- aardversnelling =  $g$  = 9,81 m/s<sup>2</sup>,
- werkdruk =  $P$  =  $100 \cdot 10^5$  Pa,
- aantal cilinders =  $n_c$  = 2,
- veiligheidsfactor =  $v$  = 2,
- kracht =  $F$  (N),
- zuigeroppervlakte =  $A$  (m<sup>2</sup>),
- zuigerdiameter =  $d$  (m).

$$F = m \cdot g = (n_b \cdot m_b + m_f) \cdot g = (80 \cdot 15 + 800) \cdot 9,81 = 19620 \text{ N} \quad 1$$

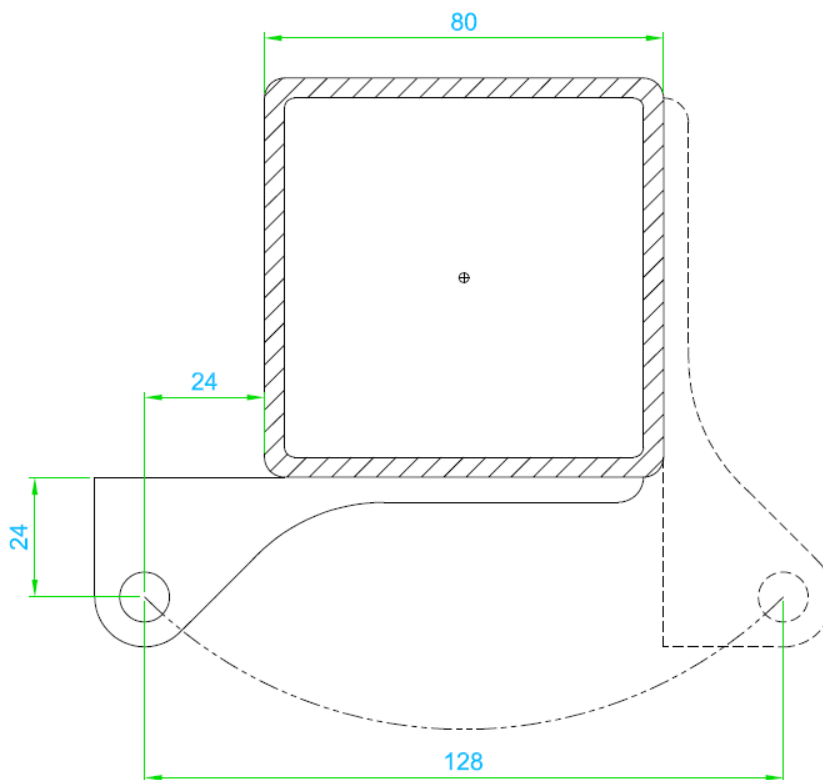
$$P = \frac{v \cdot F}{n_c \cdot A} \quad 2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad 3$$

$$d = \sqrt{\frac{v \cdot F \cdot 4}{n_c \cdot P \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 19620 \cdot 4}{2 \cdot 100 \cdot 10^5 \cdot \pi}} = 49,981 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow 50 \text{ mm} \quad 4$$

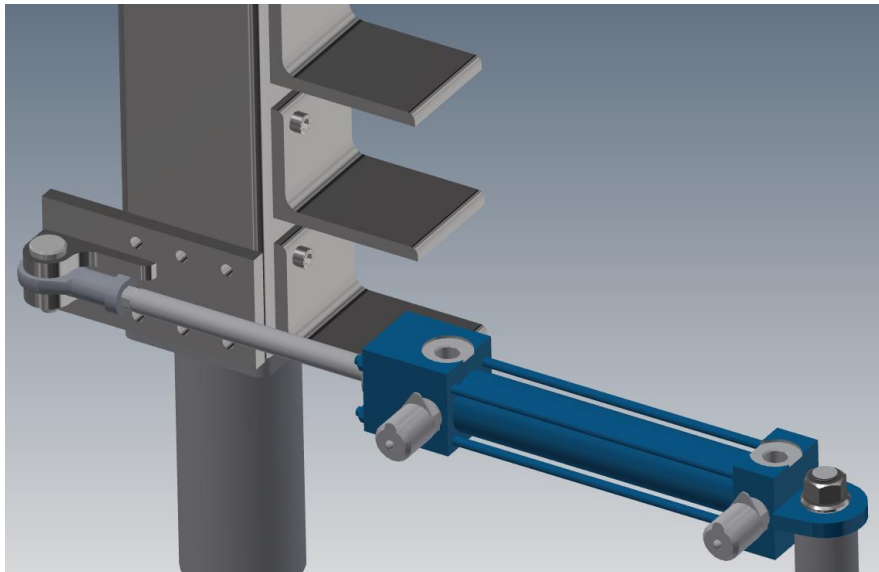
Uit vergelijking 1 kan de benodigde kracht bepaald worden. In vergelijking 2 zijn het aantal cilinders en de veiligheidsfactor toegevoegd. Deze vergelijking en vergelijking 3 leiden tot vergelijking 4. Met deze vergelijking kan de benodigde zuigerdiameter bepaald worden. De dichtstbij gelegen waarden (naar boven afgerond) opgegeven door de fabrikant bedraagt 50mm.

Vervolgens dienen de hydraulische cilinders voor het draaien van de tandlatten gedimensioneerd te worden. Documentatie in verband met deze cilinders is terug te vinden in Bijlage D. Deze cilinder wordt scharnierend aan de tandkoker bevestigd met behulp van een scharnierkop (zie Bijlage E) en een gaffelpen. Om het loskomen van deze pen na verloop van tijd te vermijden, is er gekozen voor de variant met een gat voor een splitpen. Omdat het hier gaat om een zeer kleine kracht wordt er een courante zuigerdiameter gekozen die realistisch is in verhouding tot de slaglengte. Figuur 3-10 geeft weer hoe de slaglengte bepaald is.



Figuur 3-10: Bepalen van slaglengte rotatie

Figuur 3-10 geeft een doorsnede van de tandkoker en een bovenaanzicht van de scharnierende bevestiging weer. De bevestiging getekend in streeplijnen geeft een positie weer 90 graden gedraaid ten opzichte van deze met de volle lijn. De afstand tussen de gaten in deze twee voorstellingen van de bevestiging bepaalt de lengte van de slag. Deze bedraagt 128mm. Ter verduidelijking geeft Figuur 3-11 een driedimensionaal beeld van de montage.



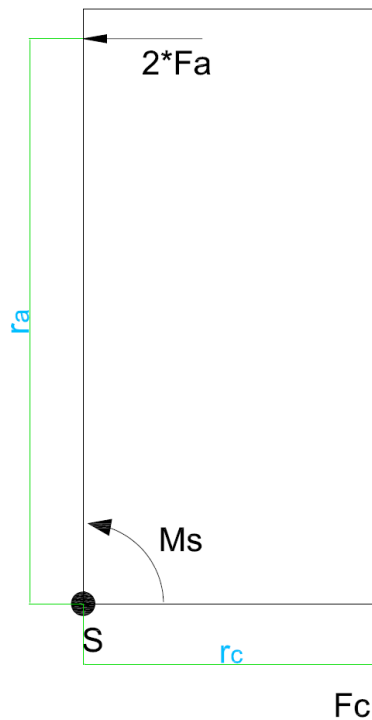
Figuur 3-11: Montage hydraulische cilinder rotatie

### 3.1.3 Lineaire geleidingen

Om een geschikte keuze te maken in lineaire componenten voor de lineaire beweging van het frame met de in hoogte verstelbare tandkokers in de bufferkast, wordt de compactcatalogoog van Vansichen Lineairtechniek [2] geraadpleegd. Er wordt een keuze gemaakt, rekeninghoudend met de grootte en richting van de aanwezige krachten, de gewenste nauwkeurigheid en rechtlijnigheid van de beweging, het nodige onderhoud, de duurzaamheid en de kosten.

In theorie zijn de krachten die het bewegende frame op het vaste frame uitoefent nihil. De lineaire componenten dienen het bewegende frame enkel in evenwicht te houden. Indien er echter een onwaarschijnlijk blokkade plaatsvindt, dienen de geleidingen deze krachten op te vangen. Om een idee van de grootteorde van deze krachten te hebben worden onderstaande berekeningen uitgevoerd. Figuur 3-12 geeft een vereenvoudigde schets weer waarbij de grootst mogelijke axiale kracht op de geleidingen plaatsvindt. Bij de berekening wordt gebruikgemaakt van volgende gegevens:

- cilinderdiameter =  $d = 50 \cdot 10^{-3}$  m,
- cilinderafstand =  $r_c = 1$  m,
- lineairafstand =  $r_a = 6$  m,
- druk =  $p = 100 \cdot 10^5$  Pa,
- zuigeroppervlak =  $A$  (m<sup>2</sup>)
- cilinderkracht =  $F_c$  (N),
- axiaalkracht =  $F_a$  (N),
- moment rond S =  $M_S$  (Nm).



Figuur 3-12: Vereenvoudiging krachten lineaire componenten

$$p = F_c / A \quad 5$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad 6$$

$$M_S = F_c \cdot r_c = F_a \cdot r_a \quad 7$$

$$F_a = \frac{F_c \cdot r_c}{2 \cdot r_a} = \frac{p \cdot A \cdot r_c}{2 \cdot r_a} = \frac{p \cdot \pi \cdot d^2 \cdot r_c}{2 \cdot 4 \cdot r_a} = \frac{100 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1}{2 \cdot 4 \cdot 6} = 1636,25N \quad 8$$

Het samenvoegen van vergelijking 5, 6 en 7 geeft vergelijking 8. De berekende axiaalkracht bedraagt 1636,25 N. Een ruwe afronding geeft een axiaalkracht van 2kN. Rekeninghoudend met deze kracht, de bijkomende eisen en kosten is er gekozen voor de combirollen en profielen van Winkel (zie Figuur 3-13). Volgens [2] verdraagt het gekozen type een axiaalkracht van 3,87kN. Dit is ruim voldoende voor de toepassing. Zie Bijlage F voor de selectie van de juiste rollen en profielen (zie markeringen).



*Figuur 3-13: Combirollen en profielen [2]*

Het gebruik van combirollen verzekert dat alle krachten in eender welke richting steeds opgevangen worden. De verticale bewegingen verlopen zo goed als wrijvingsloos en hebben een lage geluidsproductie. De rollen zijn bestand tegen kleine vervuilingen en zijn eenvoudig te monteren en af te stellen dankzij de AP adaptorplaten. De profielen zijn op maat te zagen wat kostenbesparend is. Tot slot benuttigen de rollen weinig onderhoud.

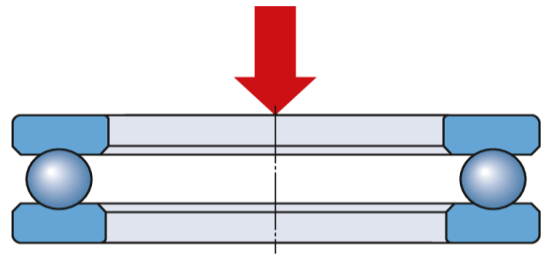
#### 3.1.4 Lagering

In hoofdstuk 2 werd er gekozen voor het werkingsprincipe met roterende tandkokers. Om deze kokers te kunnen roteren dienen deze zowel bovenaan als onderaan gelagerd te worden. Onderaan de koker moeten de lagers zowel axiale als radiale krachten kunnen opvangen. Er werd gekozen voor gebruik te maken van twee verschillende lagers om dit te realiseren. Enerzijds een radiale kogellager (zie Figuur 3-14) en anderzijds een axiaallager (zie Figuur 3-15). Het zou ook kunnen met één lager (zie Figuur 3-16), maar dat zou een negatief effect op de kostprijs hebben. Daarnaast is de radiale kracht op de lagers onderaan de tandkoker zeer klein, waardoor deze minder snel vervangen zullen moeten worden dan de lagers met die de axiale krachten opvangen.

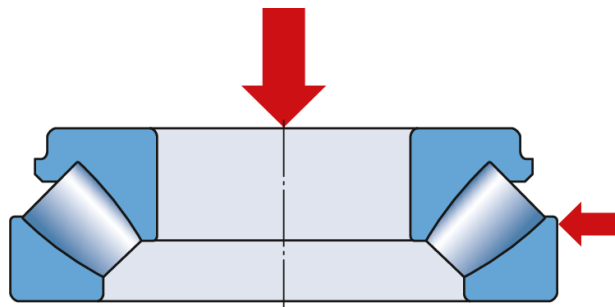




Figuur 3-14: Standard ball bearing [12]



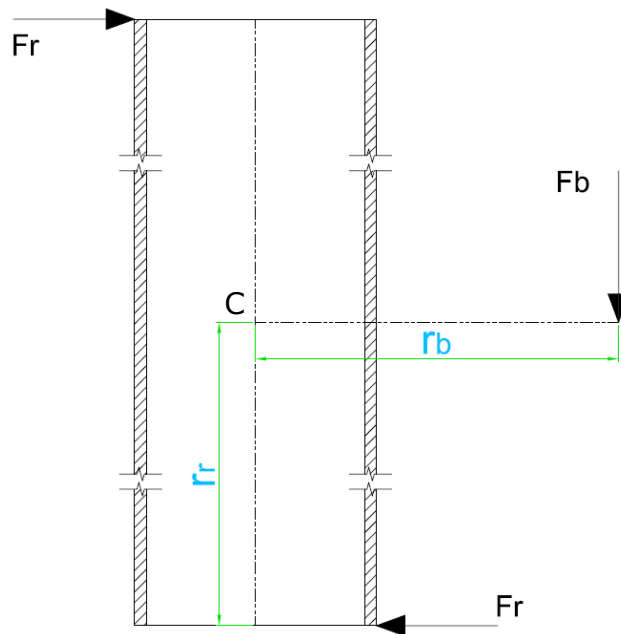
Figuur 3-15: Thrust bearing for pure axial load [12]



Figuur 3-16: Thrust bearing for combined load [12]

Voor de keuze van de juiste lager dienen de radiale en axiale krachten berekend te worden. Figuur 3-17 geeft een verduidelijking voor de berekening van de radiale krachten weer. Dit gebeurt aan de hand van onderstaande gegevens:

- massa bakplaat =  $m_b$  = 15 kg,
- massa tandkoker =  $m_k$  = 100 kg,
- aardversnelling =  $g$  = 9,81 m/s<sup>2</sup>,
- aantal bakplaten =  $n_b$  = 80,
- kracht bakplaten =  $F_b$  (N),
- radiale kracht =  $F_r$  (N),
- axiale kracht =  $F_a$  (N),
- afstand bakplaten =  $r_b$  (m),
- afstand radiaal =  $r_r$  (m),
- Moment center =  $M_c$  (Nm),
- Koppel center =  $T_c$  (Nm).



Figuur 3-17: Radiale krachten op lagers

$$F_b = \frac{m_b \cdot n_b}{4} \cdot g \quad 9$$

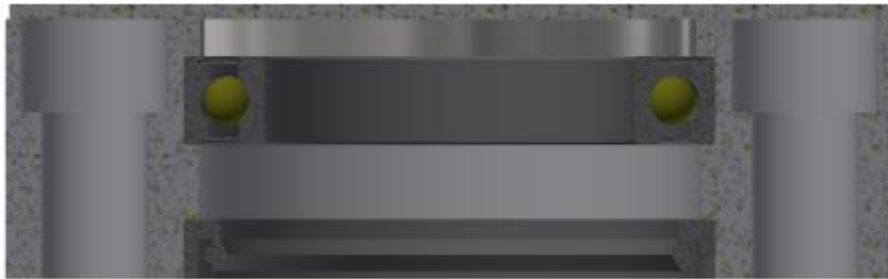
$$M_c = F_b \cdot r_b = T_c = F_r \cdot r_r \quad 10$$

$$F_r = \frac{F_b \cdot r_b}{r_r} = \frac{m_b \cdot 80 \cdot g \cdot r_b}{4 \cdot r_r} = \frac{15 \cdot 80 \cdot 9,81 \cdot 0,12}{4 \cdot 3} = 117,72N \quad 11$$

$$F_a = (m_k + n_b \cdot m_b) \cdot g = (100 + 80 \cdot 15) \cdot 9,81 = 12753N \quad 12$$

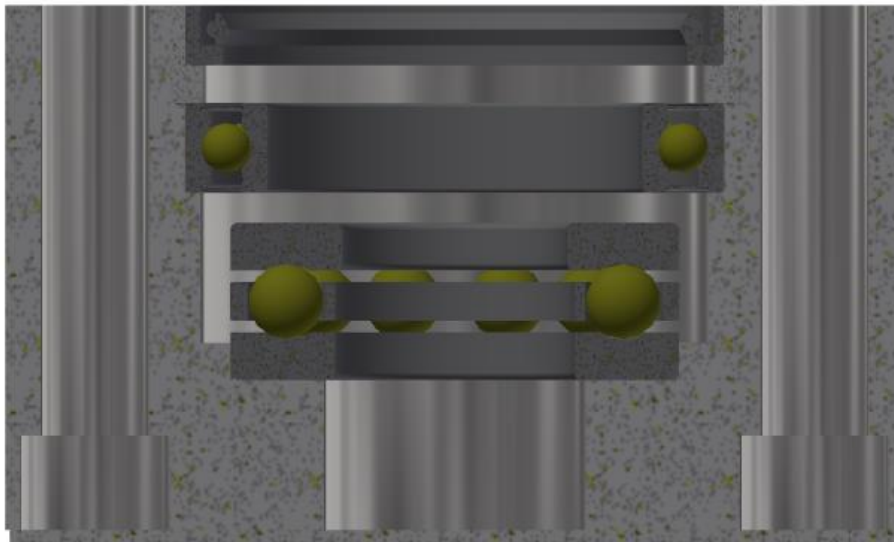
Vergelijking 9 en 10 samenvoegen geeft vergelijking 11. Deze geeft een radiale kracht van 117,72N die beduidend kleiner is dan de maximale radiale kracht waaraan de lager blootgesteld mag worden volgens Bijlage G. Vergelijking 12 geeft een axiale kracht van 12753N. Deze kracht is kleiner dan de maximale axiale kracht waaraan de lager blootgesteld mag worden volgens Bijlage H.

Vanwege het gebruik van twee lagers onderaan de tankoker is beslist om alle lagerhuizen zelf te maken. De lagerhuizen worden gedraaid uit een vol rond. Daarnaast moet er om vervuiling van de lager te vermijden een oliekeerring (zie Bijlage I) toegevoegd worden. Figuur 3-18 en Figuur 3-19 tonen een doorsnede van respectievelijk het lagerhuis bovenaan de tankoker en onderaan de tankoker.



*Figuur 3-18: Doorsnede lagerhuis bovenaan*

Bovenstaand lagerhuis is voorzien van vier verzonken gaten voor de bevestiging aan het frame. Onderaan in het lagerhuis zit de oliekeerring. Bovenaan zit de kogellager met daarop een afstandsbus en deksel. Het deksel wordt met behulp van bouten aan het lagerhuis bevestigd.



*Figuur 3-19: Doorsnede lagerhuis onderaan*

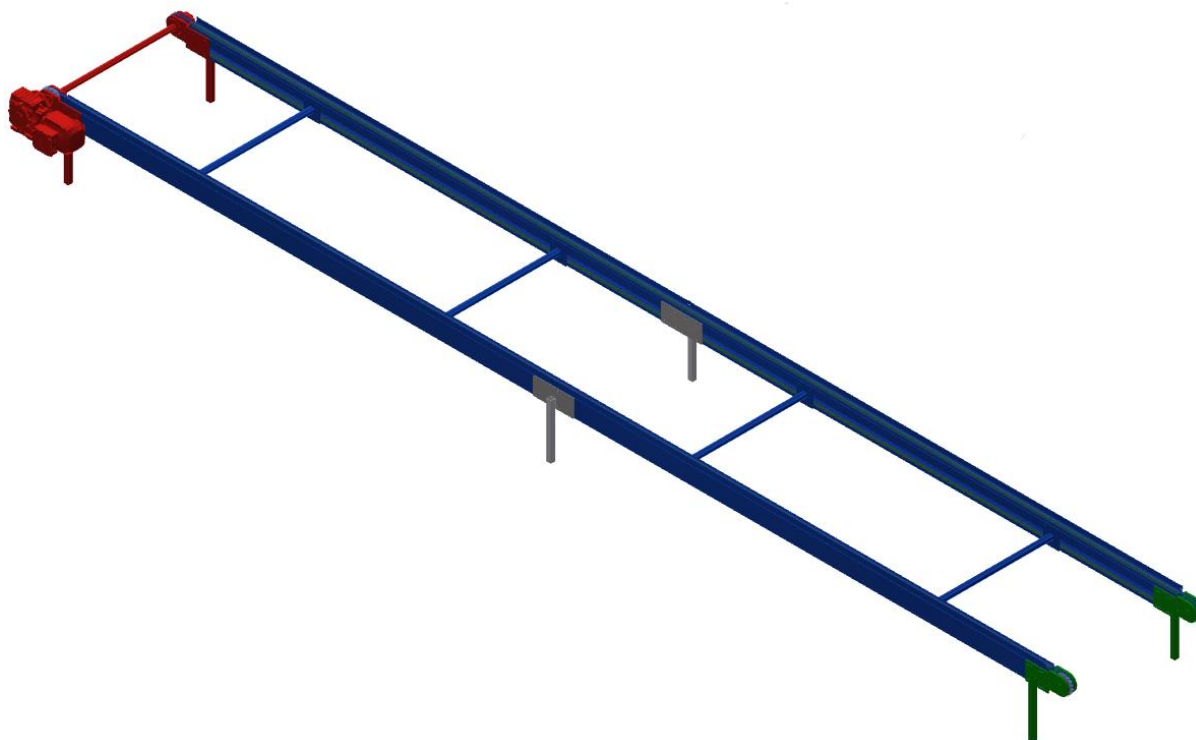
Bovenstaand lagerhuis is ook voorzien van vier verzonken gaten voor de bevestiging aan het frame. Uiterst onderaan zit het deksel dat met bouten bevestigd is aan het lagerhuis. Daarboven zit de axiaallager gevolgd door de standaard kogellager, een afstandsbus en een oliekeerring.

## 3.2 Transportinrichting

De transportinrichting is opgebouwd uit 8 transporteenheden. Alle ontwerpen van deze transporteenheden vertrekken van dezelfde basis. Ter verduidelijking van het mechanisch ontwerp van de transporteenheden wordt gestart met een toelichting van de algemene constructie en opbouw in 3.2.1. Vervolgens zal dieper ingegaan worden op de keuze en dimensionering van een aantal specifieke componenten uit de transportinrichting waaronder de ketting met haar bijhorende componenten, de motoren en de stoppers. Tot slot worden de aanpassingen aan het basismodel voor enkele specifieke transporteenheden toegelicht.

### 3.2.1 Algemene constructie en opbouw

Voor de transporteenheden is gekozen voor een modulaire opbouw. Hoofdzakelijk zijn er drie modules te ontwerpen, namelijk een kop-, midden- en staartmodule. De kopmodule bevat de aandrijving van een transporteenheid. De middenmodule verbindt de kop- met de staartmodule of met een volgende middenmodule. Hierdoor kan bij elke transporteenheid de lengte eenvoudig aangepast worden. Indien nodig kan er nog een op maat gemaakte middenmodule toegevoegd worden zodat nagenoeg elke lengte mogelijk is. Elke module kan indien nodig afzonderlijk aangepast worden naargelang de toepassingen. Deze aanpassingen worden toegelicht in 3.2.4. Figuur 3-20 geeft een voorbeeld met een kop- en staartmodule en twee middenmodules.

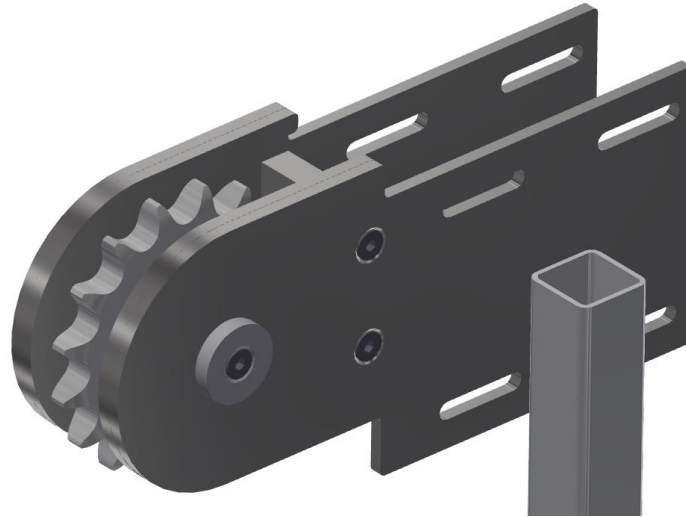


*Figuur 3-20: Modulaire opbouw transporteenheid*

De kopmodule is in Figuur 3-20 afgebeeld in het rood, de middenmodules in het blauw en de staartmodule in het groen. De kop- en staart modules bevatten elk twee poten. Deze zijn van schroefdraad voorzien zodat er stelvoeten ingedraaid kunnen worden. De kop- en staartmodule kunnen vastgebout worden aan een middenmodule. De middenmodules kunnen met behulp van koppelstukken, die ook poten bevatten, aan elkaar gekoppeld worden. De middenmodules beschikken telkens over twee dwarsverbindingen vervaardigd uit buizen zodat er een beperkte stofophoping plaatsvindt. De afzonderlijke modules worden hieronder verder toegelicht.

### 3.2.1.1 Staartmodule

De staartmodule is opgebouwd uit twee afzonderlijke identieke delen. Figuur 3-21 geeft een detailbeeld van één van deze delen.

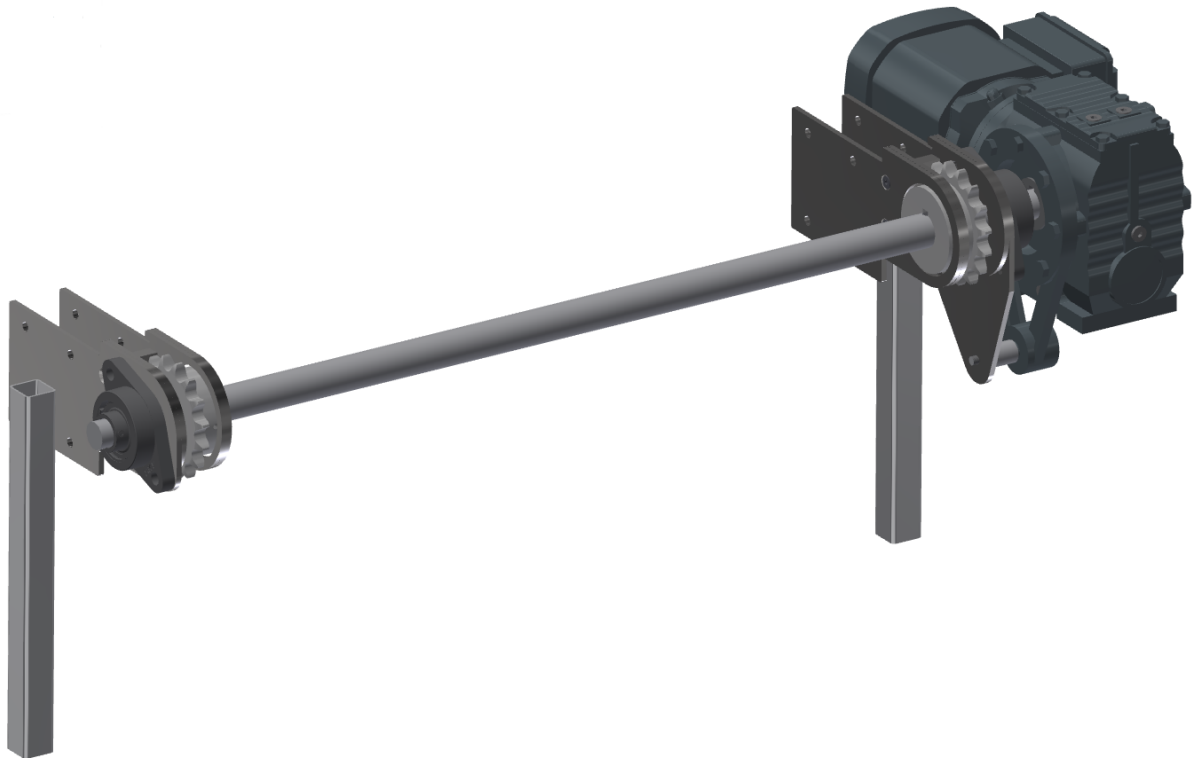


*Figuur 3-21: Staartmodule transporteenheid*

De staartmodule bestaat uit twee montageplaten. Deze zijn verbonden door een afstandsblokje en een as. Op deze as zit een gelagerd kettingwiel. Meer info in verband met het kettingwiel komt later aan bod in 3.2.2. De montageplaten zijn voorzien van sleufgaten zodat het staartwiel in functie van de lengte van de ketting verschoven kan worden. Op één van deze platen zit een koker gelast die als poot dienstdoet. Daarnaast zit er een hoefijzervormige plaat aan de binnenkant van de twee montageplaten gelast zodat de ketting steeds op het kettingwiel blijft lopen en er niemand met zijn vingers tussen kan.

### 3.2.1.2 Kopmodule

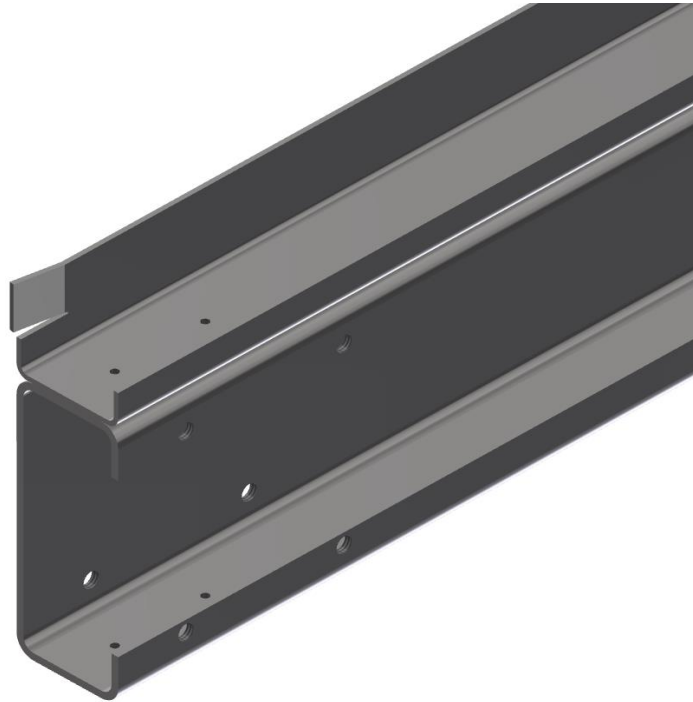
De kopmodule is op gelijkaardige wijze opgebouwd als de staartmodule. De kettingwielen zitten hier echter op een vaste doorlopende as die aangedreven wordt door de motor. De motor is eveneens met behulp van een reactiearm aan de montageplaten bevestigd. Voor de lagering van de as is er gekozen voor standaard flenslagerhuizen van SKF. Voor meer info in verband met deze lagerhuizen wordt verwezen naar Bijlage J. Een gedetailleerd beeld van de kopmodule is weergegeven in Figuur 3-22.



*Figuur 3-22: Kopmodule transporteenheid*

### 3.2.1.3 Middenmodule

De middenmodule zorgt voor de verbinding tussen de kop- en staartmodule en de geleiding van de ketting. Figuur 3-23 geeft een stuk van deze module in detail weer.



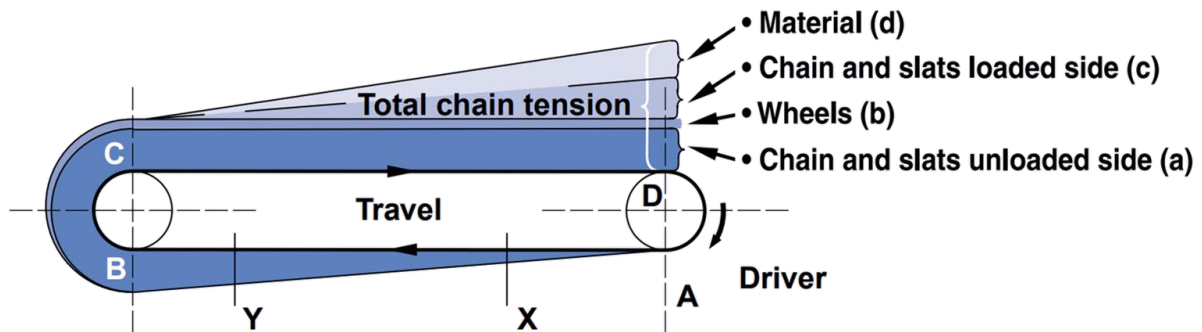
*Figuur 3-23: Detailweergave middenmodule transporteenheid*

Het stuk van de middenmodule afgebeeld in Figuur 3-23 bestaat enerzijds uit een zelf geplooid C-vormig profiel. Dit profiel is voorzien van getapte gaten voor de montage van een kop-, staart- of koppelstuk, de dwarsverbindingen en de kettinggeleidingen. Aan dit profiel is een tweede C-vormig profiel gelast dat instaat voor de geleiding van de bakplaten. De middenstukken hebben een lengte van 3m. Dit is de maximale te plooiën lengte van de plooi bank bij Elmech Services.



### 3.2.2 Ketting en bijhorende componenten

Voor het transporteren van de bakplaten werden in de originele lijn ook reeds kettingbanen gebruikt. Er is gekozen dezelfde ketting te gebruiken. De kettingwielen dienen echter een kleiner aantal tanden te hebben vanwege de beperkte hoogte die de transportbaan mag hebben. Hierdoor zal ook de motor aan een hoger toerental moeten draaien. Daarnaast zal de motor in plaats van verticaal, horizontaal gepositioneerd worden in tegenstelling tot de originele banen. Omdat de lengte van de originele banen onbekend is, zal ter controle toch een berekening van de kracht op de ketting gedaan worden. De spanningen die optreden in de ketting gebruikt zoals in deze toepassing zijn weergegeven in Figuur 3-24.



Figuur 3-24: Spanningen in ketting bij transporteenheid [3, p. 70]

Volgens [3] kan de trekkracht in deze toepassing berekend worden aan de hand van vergelijking 13 en volgende gegevens:

- wrijvingscoëfficiënt =  $\mu_c$  = 0,20,
- baanlengte =  $L$  = 10m,
- totaal te dragen gewicht<sup>5</sup> =  $W$  = 90kg,
- kettinggewicht per meter =  $W_c$  = 1,32kg/m,
- totale trekkracht =  $C_p$  (N).

$$c_p = 9,81 \cdot \mu_c \cdot [(2,05 \cdot W_c \cdot L) + W](N) = 9,81 \cdot 0,20 \cdot [(2,05 \cdot 1,32 \cdot 10) + 90] = 229,67N \quad 13$$

<sup>5</sup> Maximaal 6 bakplaten.

De bekomen waarde voor de berekende totale trekkracht is duidelijk lager dan de opgegeven minimale waarde van de ketting in de offerte van Ketting Techniek Nederland (zie Bijlage K: Offerte Ketting Techniek Nederland). De ketting voldoet dus aan de eisen. De nieuwe kettingwielen beschikken over 16 tanden in plaats van de 20 tanden van de originele banen. De geleidingen worden op maat geleverd zodat de hoogte de transportbaan voldoet aan de eisen van Dutch Bakery. De kettinggeleidingen dienen telkens slechts aan één kant bevestigd te worden (staartkant) met een gerespecteerde uitzettingsvoeg van 5mm zodat deze niet krom komen te staan bij temperatuurswijzigingen.

### 3.2.3 Stoppers

Voor de stoppers is ervoor gekozen gebruikt te maken van de stoppercilinders van FESTO. Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 2 dient er enerzijds gebruikgemaakt te worden van schokbestendige en anderzijds standaard stoppers.

Voor de schokbestendige stoppercilinders zal gebruikgemaakt worden van het type DFST van FESTO (zie Bijlage L voor een selectie uit de catalogus). Voor de standaard stopper wordt gebruikgemaakt van het type DFSP (zie Bijlage M voor een selectie uit de catalogus). Om te weten of deze stoppers geschikt zijn, dient de snelheid van de bakplaten en het gewicht bepaald te worden. De bakplaten zullen per drie getransporteerd worden. Het te stoppen gewicht is dus maximaal 45kg. De snelheid wordt bepaald aan de hand van vergelijking 15 en de volgende gegevens:

- toerental motor =  $n$  = 78 tr/min,
- diameter ketting wiel<sup>6</sup> =  $d$  = 115 mm,
- omtrek ketting wiel<sup>7</sup> =  $O$  (mm)
- snelheid van de bakplaten =  $v$  (m/s).

---

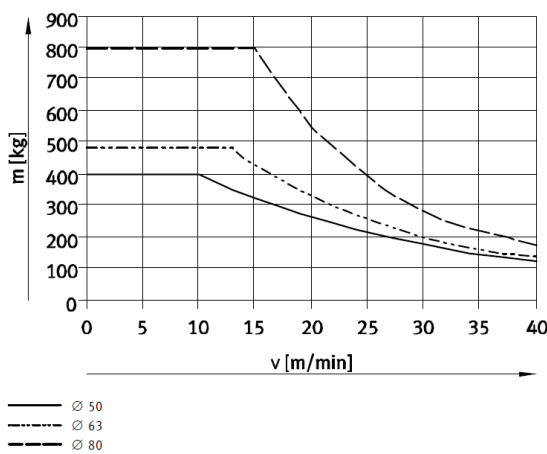
<sup>6</sup> Inclusief ketting

<sup>7</sup> Inclusief ketting

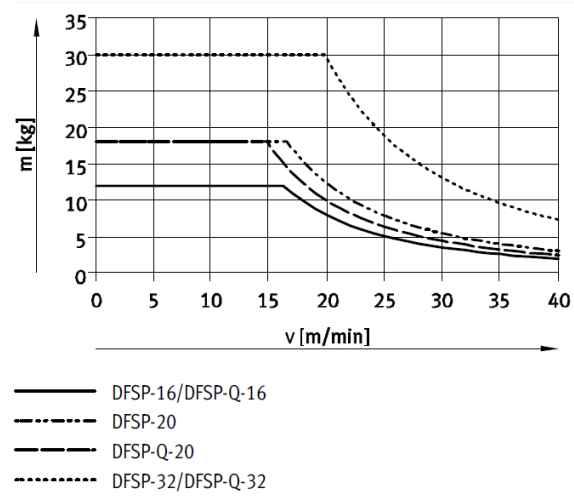
$$O = \pi \cdot d \quad 14$$

$$v = O \cdot 10^{-3} \cdot \frac{n}{60} = \pi \cdot d \cdot 10^{-3} \cdot \frac{n}{60} = \pi \cdot 115 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{78}{60} = 0,47 \text{ m/s} \quad 15$$

Integreren van vergelijking 14 in 15 leidt tot een snelheid van 0,47 m/s. Dit komt overeen met een snelheid van 28,18 m/min. Als de kruising van deze waarden in de grafieken uit de documentatie van FESTO voor de DFST stopper en DFSP stopper wordt voorgesteld (zie Figuur 3-25 en Figuur 3-26), is duidelijk dat de schokbestendige stopper noodzakelijk is.



Figuur 3-25: Te stoppen massa i.f.v. de snelheid DFST [21]



Figuur 3-26: Te stoppen massa i.f.v. de snelheid DFSP [22]

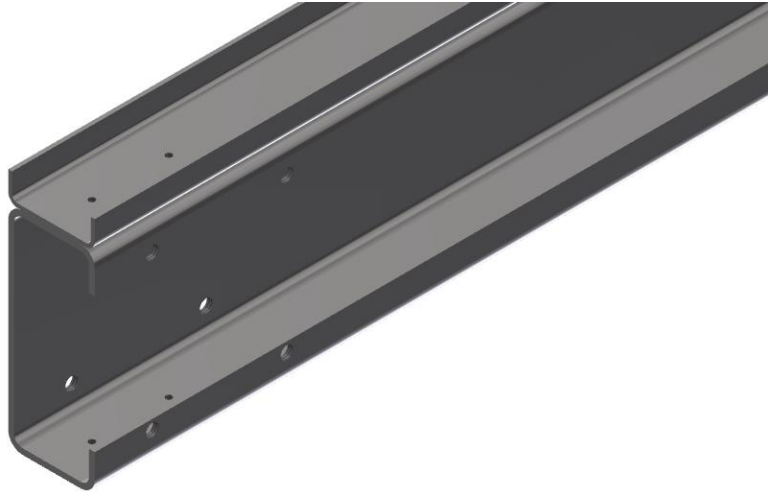
Uit de grafieken uit Figuur 3-25 en Figuur 3-26 blijkt eveneens dat de variant met de kleinste zuigerdiameter steeds volstaat.

Voor de sturing van deze stoppers heeft FESTO zelf een ventiel ontwikkeld dat op de stopper geplaatst kan worden. Dit kan elektrisch aangestuurd worden. Voor de montage van de stopper zelf is er een montageplaat ontworpen die op eender welke plaats in de middenmodule gebouwd kan worden. De gaten dienen echter wel op maat geboord te worden.

### 3.2.4 Aanpassingen aan de basistransporteenheid

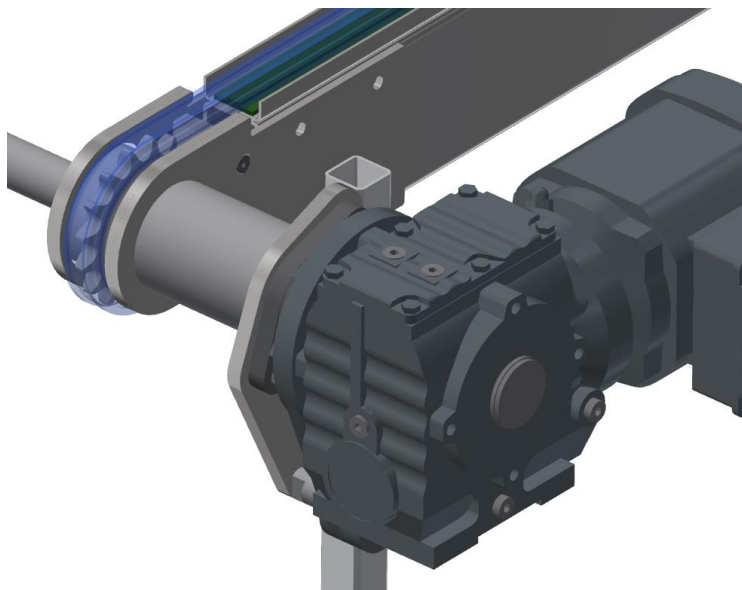
Voor de transporteenheid in de buffereenheid zijn een aantal aanpassingen aan de basistransporteenheid vereist. In grote lijnen is de transporteenheid echter met dezelfde componenten op een gelijkaardige manier opgebouwd. De belangrijkste verschillen worden hieronder kort overlopen.

In eerste instantie moet de transporteenheid in de buffereenheid smaller zijn. Deze heeft een breedte van 625mm in plaats van 825mm zodat de tanden van de bufferkast de bakplaten kunnen opnemen zonder de transportbaan te raken. Daarnaast dient het bovenste profiel van de middenmodule nu niet meer als geleiding. Figuur 3-27 geeft dit weer.



*Figuur 3-27: Detailweegave middenmodule aanpassing*

In tweede instantie hindert de motor, na het versmallen van de baan, het transport van de bakplaten. Daarom is er een afstandsbus ontworpen zodat de motor op een grotere afstand van de transportbaan gemonteerd kan worden. Figuur 3-28 geeft dit weer. Deze afstandsbus beschikt op de twee ringvormige vlakken over getapte gaten waardoor het gemonteerd kan worden op de montageplaten van de kopmodule en de montageplaat van de motor.



*Figuur 3-28: Afstandsbus motor*



## 4 Sturing

In dit hoofdstuk zullen de sturing van de buffereenheid en de transportinrichting aan bod komen. Deze sturing zal gebruikmaken van verschillende sensoren, actuatoren en een sturingseenheid. Deze elementen worden zorgvuldig gekozen na de nodige analyse van hun specificaties. Vervolgens wordt een logica tot op het toestandsniveau van de sensoren en actuatoren opgesteld.

### 4.1 Sensoren

In de automatisering vormen sensoren de zintuigen van een installatie. Ze geven aan in welke positie of situatie de installatie zich bevindt zodat het brein van de installatie (sturingseenheid) hierop kan anticiperen door zijn actuatoren aan te sturen. De resultaten hiervan worden vervolgens eventueel teruggekoppeld met behulp van sensoren.

Een gepaste sensor kiezen is echter niet altijd evident. Er bestaan namelijk zeer veel verschillende soorten. Zo verschilt het werkingsprincipe van een sensor naargelang de te meten grootte en het gewenste bereik. Daarnaast zijn er verschillende vormen van communicatie tussen de sensoren en de sturingseenheid mogelijk.

In deze masterproef zijn er sensoren nodig voor twee toepassingen. Enerzijds zijn er afstandssensoren nodig voor het meten van het bufferniveau (aantal bakplaten in een bufferkast). Anderzijds dient er gebruikgemaakt te worden van naderingsschakelaars ter controle van de uitwerking van verschillende actuatoren en de aanwezigheid van bakplaten op bepaalde posities in de transportlijn.

#### 4.1.1 Afstandssensoren

Om een destructieve werking van de bufferkast te vermijden, dient er steeds gecontroleerd te worden of de bufferkast zijn maximale capaciteit bereikt heeft of niet. Voor deze controle zou een naderingsschakelaar kunnen volstaan. Om een vlottere werking van de buffereenheid te bekomen is het echter een meerwaarde het exacte bufferniveau van elke bufferkast te kennen. Onderstaand voorbeeld ondersteunt deze stelling.

Wanneer er geen rekening gehouden wordt met het bufferniveau van elke bufferkast afzonderlijk zullen de bufferkasten steeds in een voorop vastgelegde volgorde inbufferen. Dit impliceert dat als er minder dan drie bakplaten ingebufferd worden, de eerste twee bufferkasten steeds een hoger bufferniveau zullen bereiken en steeds een grotere slijtage ondervinden dan de derde bufferkast.

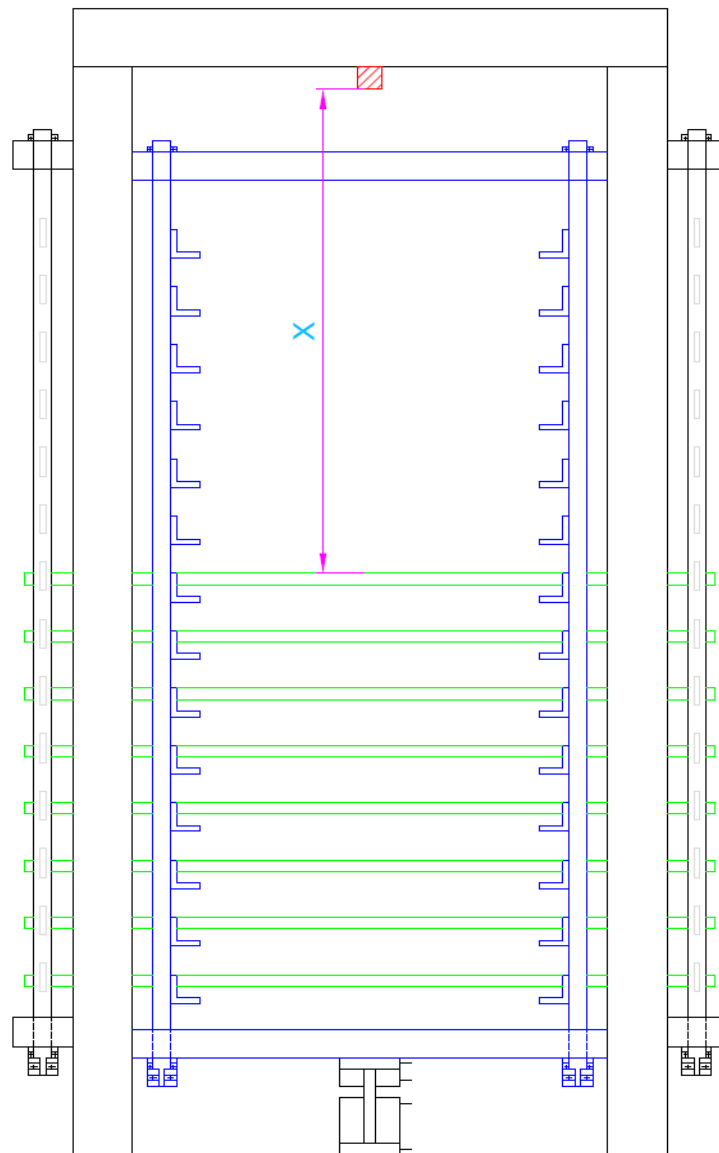
Wanneer het bufferniveau van elke bufferkast bekend is, kan er geanticipeerd worden door bij het inbufferen telkens de bufferkast met het laagste bufferniveau voorrang te verlenen.

Om het exacte bufferniveau in een bufferkast te bepalen volstaat het de afstand tussen de bovenzijde van de bufferkast en de bovenste bakplaat te kennen. De afstand tussen elke bakplaat in de bufferkast is namelijk bekend. Vergelijking 16 toont aan hoe het aantal bakplaten 'N' in functie van de gemeten afstand 'X' in Figuur 4-1 berekend kan worden.

$$N = \text{Max} - (X - d)/t \quad 16$$

Verklaring symbolen:

- N: bufferniveau (aantal bakplaten in bufferkast)
- Max: maximumcapaciteit van bufferkast (bv. 80)
- X: gemeten afstand door de afstandssensor
- d: dode zone (afstand tot bovenste bakplaat indien de bufferkast vol zou zijn)
- t: hart op hartafstand tussen twee bakplaten in de bufferkast



*Figuur 4-1: Bufferniveau meten met afstandssensor*

De groene rechthoeken in Figuur 4-1 stellen bakplaten voor. Het blauwe gedeelte kan in hoogte verschuiven en staat in de figuur op zijn laagste positie. Het rode gearceerde blokje bovenaan de figuur stelt de afstandssensor voor. De sensor is bevestigd aan het vaste frame. Om deze reden is het belangrijk dat de afstandsmeting telkens uitgevoerd wordt wanneer de bakplaten op de vast opgestelde tanden rusten. Dit voorkomt meetfouten.

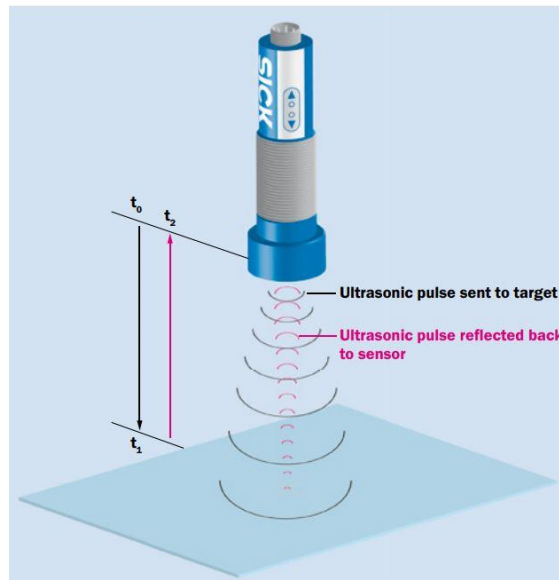
Nu het belang en doel van de afstandssensor in de bufferkast verduidelijkt is, dient er een keuze voor een gepaste sensor gemaakt te worden. Allereerst kunnen afstandssensoren onderverdeeld worden in radar, ultrasoon en optische sensoren. De radar kan hierbij reeds uitgesloten worden. Deze is namelijk bedoeld om over zeer grote afstanden te meten en heeft te grote afwijkingen.



#### 4.1.1.1 Ultrasoon sensor

Ultrasoon sensoren detecteren met behulp van ultrasone geluidsgolven verschillende voorwerpen ongeacht welk materiaal. Ultrasone geluidsgolven hebben een frequentie hoger dan 20kHz waardoor ze niet hoorbaar zijn door de mens. Om toch eventuele hinder voor dieren te voorkomen en om de meetsnelheid te vergroten maakt men echter meestal gebruik van hogere frequenties (40kHz tot 200kHz). Hoe hoger de frequentie, hoe hoger echter de demping waardoor bij hoge frequenties enkel korte afstanden meetbaar zijn. Het bereik van de sensor is dus omgekeerd evenredig met de meetsnelheid. De sensoren worden nauwelijks beïnvloed door nevel, stof of regen, wat ze zeer geliefd maakt in de industrie. Daarnaast is de sensor door zijn simpele opbouw zeer robuust en duurzaam.

Figuur 4-2 verduidelijkt het werkingsprincipe van een ultrasoonsensor.

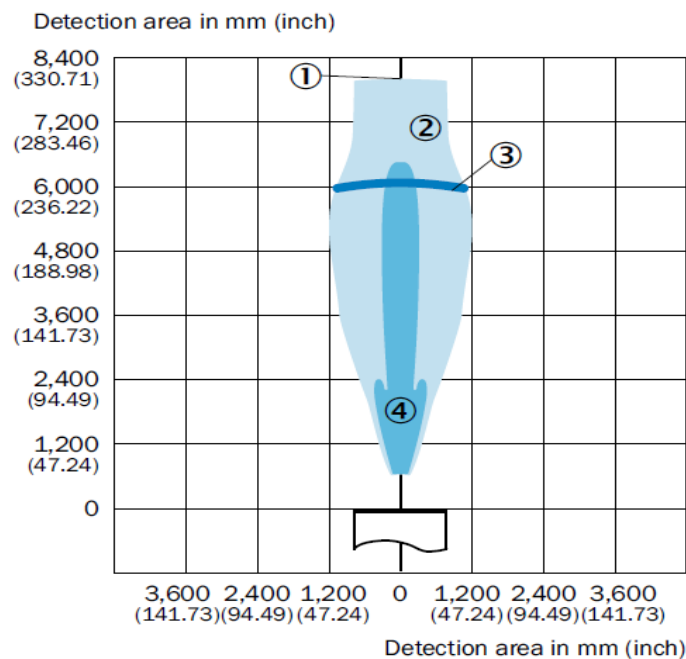


Figuur 4-2: Principe ultrasoonsensor [13, p. 215]

Om de afstand tot een object te kunnen bepalen meet een ultrasoonsensor het verschil tussen het tijdstip waarop hij het ultrasoon signaal uitzendt ( $t_0$ ) en het tijdstip waarop hij het echosignaal (weerkaatste signaal) ontvangt ( $t_2$ ). Dit tijdsinterval delen door twee geeft de tijd die nodig is om de afstand van de sensor tot het object met de snelheid van het geluid af te leggen ( $t_1$ ). Om de effectieve afstand te kennen dient dit tijdsinterval vermenigvuldigd te worden met de geluidssnelheid die in lucht 343 m/s bedraagt. Doordat de uitgaande puls een bepaalde tijdsduur heeft, wordt er gesproken van een dode zone bij een ultrasone sensor. Binnen deze zone is het tijdsinterval  $t_2$  korter dan de pulsduur van het uitgezonden signaal. De grootte van deze zone varieert naar gelang het meetbereik van de sensor. In de ordegrrootte die nodig is in dit project zal de dode zone rond de 200mm bedragen.

Doordat een geluidsgolf zich bolvormig voortplant heeft de ultrasoonsensor een breed detectiepatroon. In vele gevallen, zoals bij parkeersensoren, is dit een voordeel. Bij de bufferkast is dit aspect eerder een nadeel. Over een grote afstand wordt de kans namelijk groot dat er andere objecten zoals de tanden gemeten worden in plaats van de bakplaten. Figuur 4-3 toont aan dat een sensor met een bereik dat overeenkomt met het gewenste bereik een te breed detectiepatroon heeft voor de toepassing in de bufferkast.

#### UM30-215

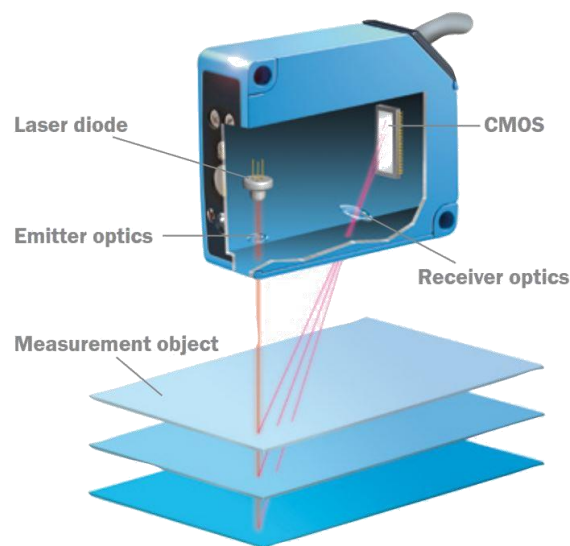


- ① Limiting range
- ② Aligned plate 500 mm x 500 mm
- ③ Working range
- ④ Pipe diameter 27 mm

Figuur 4-3: Detectiepatroon ultrasoonsensor groot bereik [13, p. 230]

#### 4.1.1.2 Optische sensor

Optische sensoren maken voornamelijk gebruik van laserdiodes. Indien men echter een onzichtbare meting wil doen, kan er gebruikgemaakt worden van infrarood-diodes. De voornaamste voordelen van optische sensoren zijn enerzijds de kleine detectiehoek en anderzijds de hoge meetsnelheid omwille van de straal die zich aan lichtsnelheid voortplant. De lichtsnelheid bedraagt 299792458m/s in vacuüm. Afhankelijk van het bereik en de gewenste nauwkeurigheid maken optische sensoren gebruik van een verschillend werkingsprincipe. Sensoren met een klein bereik (tot 1000mm) maken gebruik van triangulatie (zie Figuur 4-4). De sensoren met een matig en groot bereik maken net als de ultrasoonsensor gebruik van het time-of-flight-principe.



Figuur 4-4: Triangulatieprincipe [14, p. 14]

Optische sensoren die gebruikmaken van het triangulatieprincipe werken als volgt. Een lichtbundel wordt geprojecteerd op een te meten object met behulp van een laserdiode. De weerkaatste lichtbundels worden op een lichtgevoelig element opgevangen (CMOS). Gebaseerd op de positie van de weerkaatste lichtbundel en de bekende geometrie van de sensor kan de afstand tot het object afgeleid worden. Deze technologie zorgt ervoor dat er aan zeer hoge snelheden (0,1ms – 80ms) en zeer hoge nauwkeurigheden (0,06µm – 10mm) gemeten kan worden. Afhankelijk van de nauwkeurigheid kan het ontwerp verschillend zijn of opgesplitst zijn in een aparte module voor de zender en ontvanger. Vanwege het kleine bereik is deze sensor echter niet geschikt voor de buffer. De nauwkeurigheid voldoet ruim.

Optische sensoren die gebruikmaken van het time-of-flight-principe (zie Figuur 4-5) beschikken over een matig (80mm – 50000mm) tot een groot (0,15m – 1200m) bereik. Hieruit kan afgeleid worden dat de sensor die nodig is voor het bufferniveau te meten in de matige categorie te vinden zal zijn indien de nauwkeurigheid voldoet aan de vooropgestelde eis. Het verschil tussen deze sensoren en de ultrasone sensoren is de detectiehoek en meetsnelheid. De laserprojectie heeft op een afstand van ongeveer 10 meter een diameter van ongeveer 10mm. Dit maakt dat de detectie van andere elementen dan de bakplaten vermeden kan worden. Afhankelijk van het type sensor kan de snelheid van de metingen verschillen. Een courante snelheid is drie metingen per seconde.



*Figuur 4-5: Mid range afstandssensor [14, p. 86]*

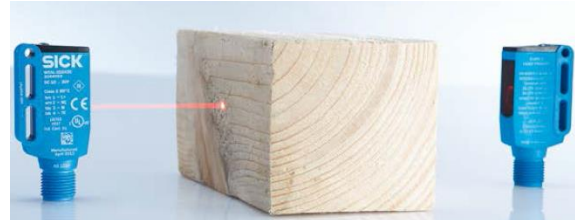
#### 4.1.2 Naderingsschakelaars

Naderingsschakelaars zijn onder te verdelen in twee hoofdcategorieën, de mechanische en de contactloze naderingsschakelaars. De mechanische naderingsschakelaars, beter bekend als eindeloopschakelaars, bestaan in verschillende vormen met verschillende type tasters. Voor deze toepassing dient er echter gebruikgemaakt te worden van contactloze naderingsschakelaars.

De contactloze naderingsschakelaars kunnen onderverdeeld worden in vier categorieën. Een eerste categorie is de optische naderingsschakelaars. Deze maken in de meeste gevallen gebruik van een laser- of IR-diode, ontvanger en reflector (zie Figuur 4-6). Het kan ook dat de ontvanger is ingebouwd in een aparte behuizing (zie Figuur 4-7). In dit geval is de reflector overbodig. Het principe wordt vaak gebruikt bij deurbellen in winkels en is dus alom bekend. Wanneer de laserstraal onderbroken wordt, ontvangt de ontvanger geen signaal meer en schakelt de sensor. Omwille van de werking en het principe wordt deze sensor echter doorgaans niet als naderingsschakelaar beschouwd.



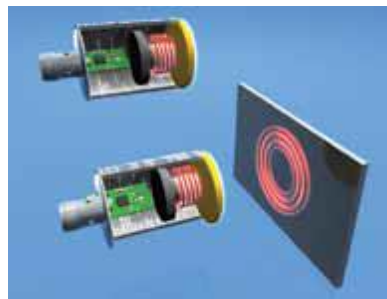
*Figuur 4-6: Optische naderingsschakelaar met reflector [14, p. 25]*



*Figuur 4-7: Optische naderingsschakelaar aparte ontvanger [14, p. 26]*

Een tweede en derde categorie zijn de inductieve en capacitieve naderingsschakelaars. Dit zijn in de industrie de meest populaire naderingsschakelaars vanwege hun hoge robuustheid en lage kostprijs in vergelijking met de optische naderingssensoren. Hieronder volgt een beschrijving van de werking en toepassing van beide categorieën.

Inductieve naderingsschakelaars worden gebruikt om contactloos metaal te detecteren. Daarvoor gebruiken ze een hoogfrequent elektromagnetisch wisselveld dat inwerkt op het doelwit. Conventionele inductieve sensoren genereren het wisselveld met behulp van een LC resonante kring met een ijzerhoudende kern. Hierdoor worden wervelstromen opgewekt in het metalen doelwit (zie Figuur 4-8). Deze stromen halen energie uit het veld wat leidt tot een daling van de oscillatieamplitude. Deze daling wordt gedetecteerd en geanalyseerd door de inductieve sensor. [4]



*Figuur 4-8: Inductieve sensoren [4, p. 44]*

Capacitieve naderingsschakelaars reageren op alle materialen met een permittiviteit<sup>8</sup> groter dan 1 waaronder dus ook niet-metalen en vloeistoffen. De sensor maakt hiervoor gebruik van een hoogfrequente oscillator. Hierdoor wordt een capacitief veld opgewekt voor de sensor. Wanneer dit veld door het doelwit beïnvloed wordt zal de verandering in permittiviteit gedetecteerd worden door de sensor. Dit kan leiden tot storingen wanneer de sensor nat wordt of als er zich een condens- of ijslaag op het sensoroppervlak vormt. Vervuiling en vochtigheid kunnen ook leiden tot storingen. Om dit effect tegen te gaan, wordt een signaal geproduceerd door een elektrode vlak tegen het sensoroppervlak tegengesteld aan het hoofdsignaal. Hierdoor wordt een zone gecreëerd waar vuil en vochtigheid niet gedetecteerd wordt door de sensor. Op gebied van behuizing is de capacitieve sensor vergelijkbaar met de inductieve sensor. Meestal hebben ze een cilindrisch ontwerp voorzien van schroefdraad zodat ze makkelijk te monteren zijn (zie Figuur 4-9). Andere vormen zijn indien gewenst echter ook mogelijk (zie Figuur 4-10). [4]



*Figuur 4-9: Cilindrische behuizing capacitieve sensor [4, p. 176]*

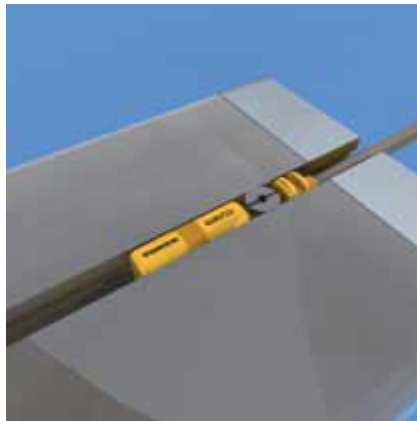


*Figuur 4-10: Rechthoekige behuizing capacitieve sensor [4, p. 168]*

De magnetische naderingsschakelaars behoren tot de laatste categorie. Ze worden doorgaans gebruikt voor het detecteren van zuigers in pneumatische of hydraulische cilinders. Gebaseerd op het feit dat magnetische velden kunnen doordringen in non-magnetische materialen, kunnen sensoren van dit type een permanente magneet detecteren die gemonteerd is op een zuiger door het aluminium cilinderhuis. De sensoren zijn zeer compact en kunnen doorgaans in de daarvoor voorziene sleuven van een cilinder bevestigd worden (zie Figuur 4-11). [4]

---

<sup>8</sup> Permittiviteit is de mogelijkheid van een materiaal om elektrische energie op te slaan in een elektrisch veld.



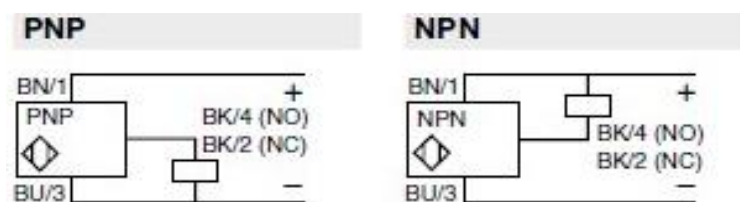
Figuur 4-11: Magnetische sensor gemonteerd in cilinderleuf [4, p. 193]

### 4.1.3 Mogelijke communicatievormen sensoren

Om de informatie waarover de sensor beschikt te delen met de sturingseenheid bestaan er in de industrie verschillende mogelijkheden. Deze mogelijkheden variëren naargelang het soort of type informatie, de lengte van de bedrading en de mogelijkheden die gewenst zijn. Dit deel zal zich beperken tot de meest gebruikte en gewaardeerde communicatievormen in de industrie. Namelijk schakelende, analoge uitgangen en IO-Link.

#### 4.1.3.1 Schakelende uitgang

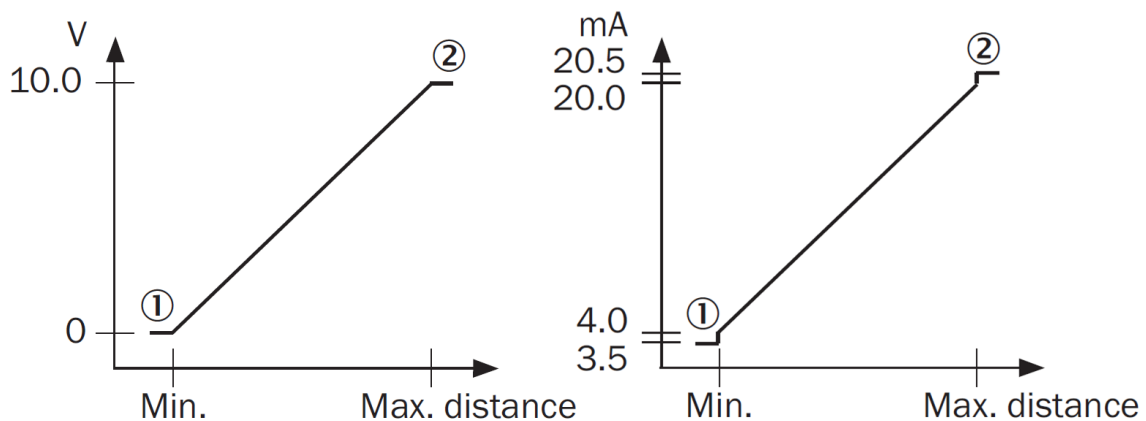
Veel sensoren waaronder de besproken naderingsschakelaars in 4.1.2 beschikken meestal over een schakelende uitgang. Hierbij bestaan er twee soorten, de normaal gesloten en normaal open schakelaars of ook wel aangegeven met NC en NO. Om dit te realiseren wordt er gebruikgemaakt van elektromechanische relais of transistoren. Er wordt zowel gebruikgemaakt van PNP- als NPN-transistoren. De PNP-sensor heeft 2 draden die worden gebruikt voor de voeding (+ is bruin en - is blauw) en de 3<sup>de</sup> draad (zwart) is de schakeldraad naar de belasting of sturingseenheid toe. De belasting wordt geschakeld tussen de schakeldraad van de sensor en de "-" van de voeding. Bij een NPN-sensor wordt de belasting geschakeld tussen de schakeldraad en de "+" van de voeding. De keuze tussen normaal open of gesloten sensoren wordt meestal gemaakt aan de hand van het volgende criterium: "Mag het signaal veranderen bij draadbreek of niet?". [5]



Figuur 4-12: Sensor PNP vs NPN [5]

#### 4.1.3.2 Analoge uitgang

Sensoren worden voorzien van analoge uitgangen wanneer er een variabele grootte zoals afstand gemeten wordt. Analoge uitgangen kunnen een waarde aannemen tussen 0 en 10V of tussen 4 en 20mA (zie Figuur 4-13). In de meeste situaties wordt gebruikgemaakt van een 4 tot 20mA signaal. Hierbij varieert een gelijkstroom tussen 4 en 20mA bij een constante gelijkspanning die in de meeste gevallen 24V bedraagt. Het voordeel is dat dit signaal niet beïnvloed wordt door spanningsverliezen in de bedrading en minder gevoelig is voor elektrische ruis. Daarnaast kan er draadbreek of een sensordefect gedetecteerd worden dankzij de levende nul. Het nulsignaal komt namelijk overeen met 4mA in plaats van 0mA. Wanneer de stroom 0mA bedraagt, impliceert dit een draadbreek of een defect aan de sensor.



Figuur 4-13: Analooeg spanningssignaal (links) en stroomsignaal (rechts) [16, p. 49]

Zowel bij een analoog spanningssignaal als bij een analoog stroomsignaal wordt de analoge waarde door de analoge ingangskaart van de PLC omgezet in een binaire waarde. Dit noemt analoog-digitaal-omzetting of AD-conversie. De AD-conversie levert een 16-bit binair woord op dat getallen tussen +27648 en -27648 (nominaal) impliceert. Hierbij staat links de meest significante bit (MSB) die aangeeft of de waarde positief of negatief is. Indien de MSB gelijk is aan 1 is de waarde negatief. Deze binaire waarde kan opgevraagd worden door het CPU-programma zodat ze vergeleken kan worden met een bepaalde vastgelegde waarde of met de waarde van een andere sensor. Hierna kan de PLC de gepaste beslissingen nemen en indien nodig actuatoren aansturen of bijsturen.



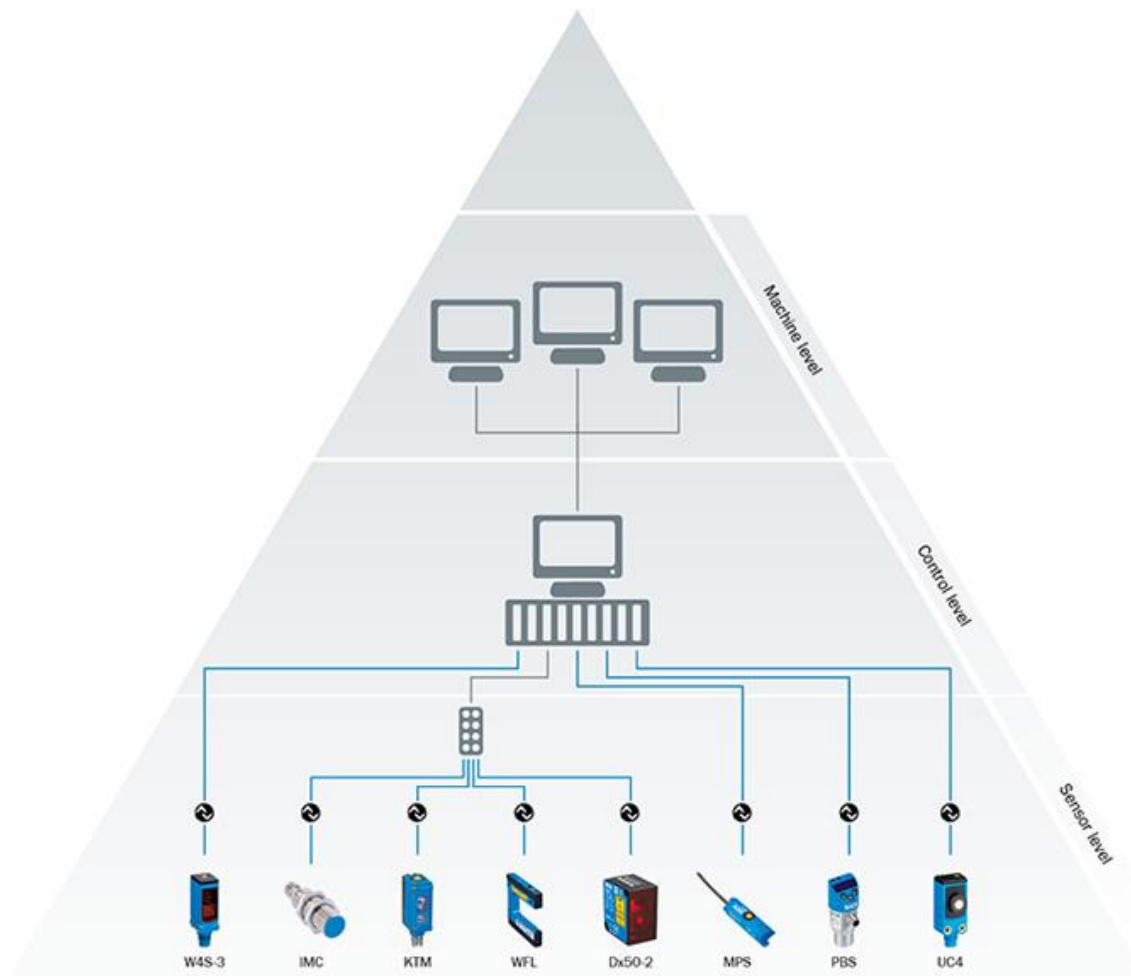
#### 4.1.3.3 IO-Link

Naast het gebruik van een analoge of digitale ingangskaat is er nog een andere mogelijkheid om sensorwaarden in te lezen in de PLC. IO-Link is een sterk maar simpel protocol. Dit protocol doet de mogelijkheden van zowel digitale als analoge sensoren sterk toenemen. Uitgebreide informatie, configuratie en bedieningsmogelijkheden vergemakkelijken de installatie, werking en onderhoud van een systeem. Het logo van het IO-Link protocol is steeds te vinden op de sensoren die hiermee uitgerust zijn (zie Figuur 4-14).



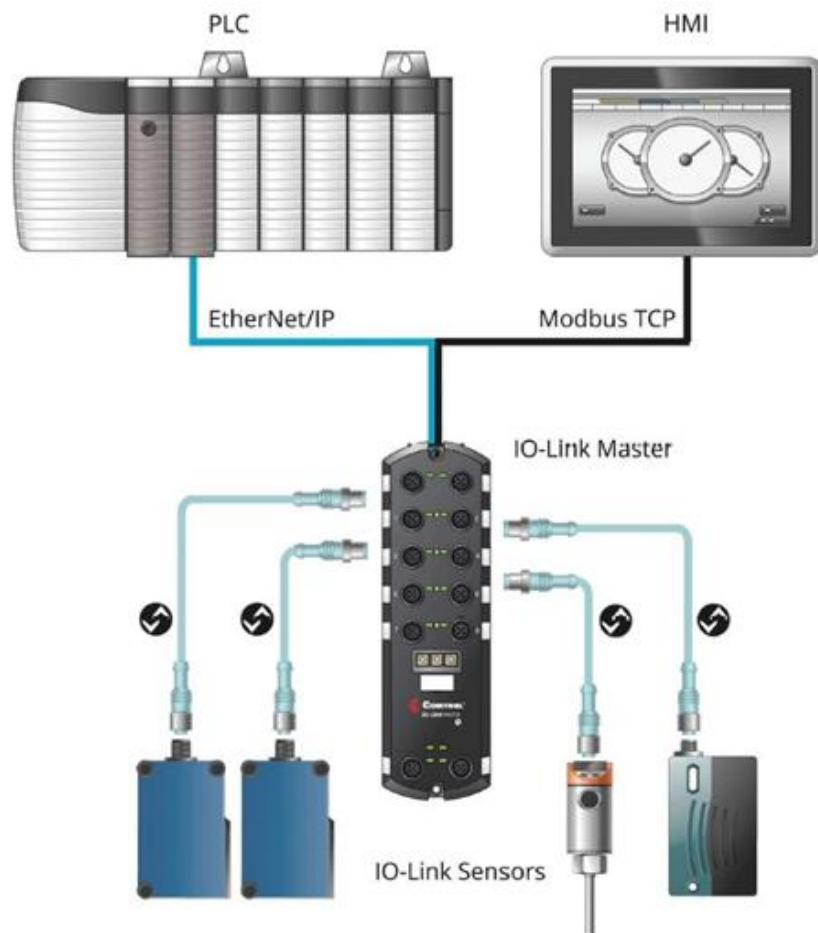
*Figuur 4-14: Logo IO-Link [8, p. 25]*

IO-Link is een gestandaardiseerde IO-technologie die zich tussen het controle- en sensorniveau situeert (zie Figuur 4-15). De voordelen van deze technologie zijn een vereenvoudigde installatie, automatische parametertoewijzing en uitgebreide diagnoses. Installaties kunnen vereenvoudigd worden omdat IO-Link-devices over een uniforme aansluiting beschikken. Automatische parametertoewijzing maakt dat sensoren zonder problemen vervangen kunnen worden en de parametertoewijzing van op afstand kan gebeuren. Uitgebreide diagnoses kunnen de status van een sensor meegeven zodat deze tijdig onderhouden of vervangen kunnen worden. Ook kunnen er efficiëntere en meer gedetailleerde foutmeldingen door de controle-eenheid gegeven worden. Tot slot kunnen de effectieve meetwaarden en schakelende waardes in één enkele sensor gebundeld worden.



*Figuur 4-15: IO-Link hiërarchie [17]*

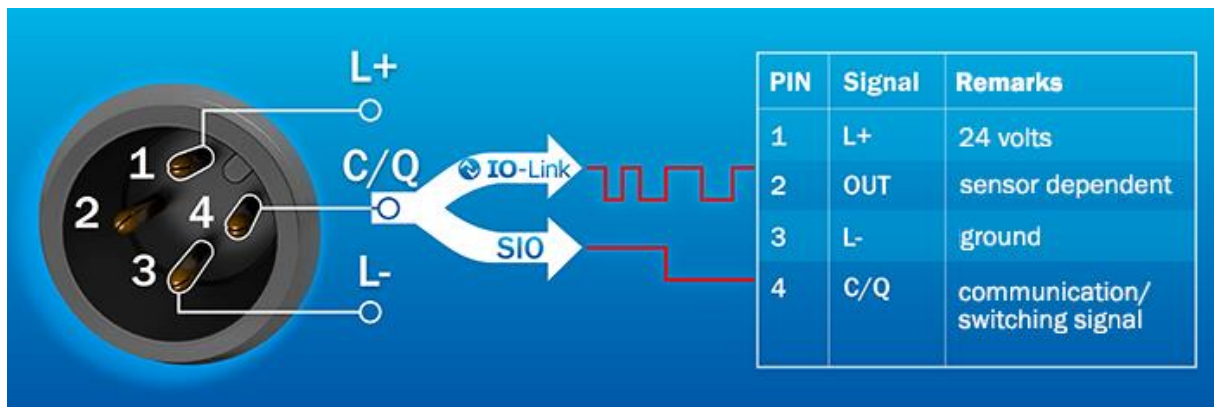
Een IO-Linksysteem (zie Figuur 4-16) bestaat uit IO-Link-sensoren (er bestaan ook IO-Link-actuatoren) en een IO-Linkmaster. De IO-Link masters bestaan in verschillende uitvoeringen. Zo bestaan er IO-Link-kaarten die rechtstreeks op de PLC of een IO-eiland aangesloten kunnen worden en standaloneapparaten die met behulp van een standaard fieldbuscommunicatie waaronder Profibus of Profinet met de PLC verbonden kunnen worden.



*Figuur 4-16: IO-Link-systeem [8, p. 25]*

Omdat IO-Link is opgebouwd volgens het point-to-pointprincipe, kan slechts één apparaat aangesloten worden op elke poort van een IO-Link-master. Elk van deze poorten kan binaire schakelende uitgangen en analoge waarden (bv. 8 bit, 12 bit, 16 bit) verwerken. Seriële IO-Link-communicatie maakt gebruik van dezelfde poort. De verbinding tussen de IO-Link-master en het apparaat verloopt via een onafgeschermd kabel die ook de voeding van de sensoren bevat. De IO-Link-master voorziet de sensor van een 24V gelijkspanning met een maximaal toegelaten stroom van 200mA. De maximale kabellengte bedraagt 20 meter.

IO-Link beschikt over gestandaardiseerde aansluitingen. Zo maakt het gebruik van een drie-aderige onafgeschermd kabel en een vier-pins M5, M8 of M12 connector. M12 verkrijgt de voorkeur in de industrie. De andere worden enkel gebruikt in het geval van plaatsgebrek. De stekertoewijzing van een sensor wordt verduidelijkt in Figuur 4-17.



Figuur 4-17: Stekkertoewijzing IO-Link [17]

Sensoren maken steeds gebruik van een stekker met vier contacten. Pin 1 is de positieve kant van de 24V DC-voeding. Pin 2 is ongebruikt. Pin 3 is de massa en Pin 4 wordt gebruikt voor zowel de standaard sensorwaarden zoals een schakelende of analoge uitgang (SIO), als de seriële communicatie met de IO-Link-master. IO-Linkmasters en -actuatoren maken gebruik van een vijf-pinsstekker. Deze gestandaardiseerde aansluitingen maken bedradingsfouten bij het vervangen van een sensor onmogelijk zodat dit niet moet gebeuren door speciaal geschoold personeel. Daarnaast kan er bespaard worden op de hoeveelheid kabels en op het aantal verschillende kabels.

#### 4.1.4 Testen van laserafstandssensor op verschillende ondergronden

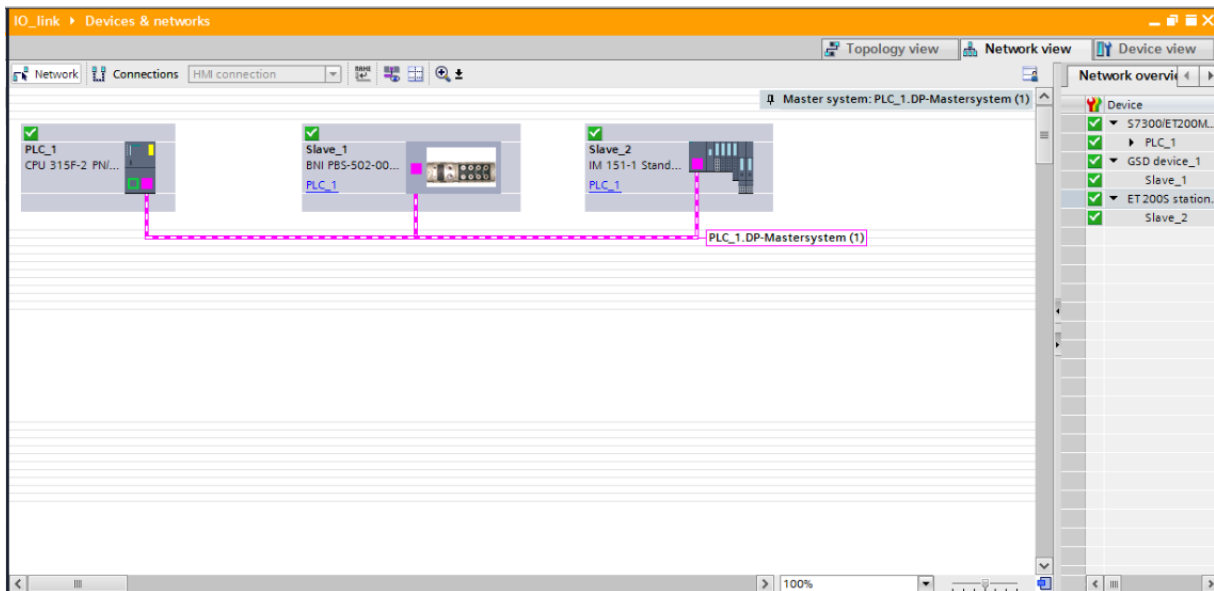
Bij het raadplegen van de datasheets van verschillende laserafstandssensoren van een groter bereik (4 tot 50m) blijkt de te detecteren afstand afhankelijk te zijn van de remissiecoëfficiënt van het te detecteren materiaal. Aangezien de te detecteren bakplaten voorzien zijn van een zwarte teflon coating dient er rekening gehouden te worden met een lagere reflectie. De remissiecoëfficiënt van het materiaal is echter onbekend. Daarom kan een test met een laserafstand meer duidelijkheid verschaffen over het type laser waarvan de sensor gebruik dient te maken.

Voor de test maken we gebruik van de elementen in Tabel 4-1 voor het maken van een testopstelling.

Tabel 4-1: Benodigde elementen test laserafstandssensor

Element	Fabrikant	Type
Laserafstandssensor	Balluff	BOD 63M-LI06-S4
CPU	Siemens	SIMATIC S7-300 CPU315F-2 PN/DP V3.2.7
Voeding	Siemens	PS307 2A 24V DC
IO-Link-master	BALLUFF	Profibus H03_S4.2 BNI000E BNI PBS-502-000-Z001 1039HU

De materialen in Tabel 4-1 werden ter beschikking gesteld door de opleiding. De desbetreffende sensor maakt gebruik van IO-Link. Een IO-Linkmaster is hierom noodzakelijk. De configuratie van alle componenten binnen SIEMENS TIA V13 is zichtbaar in Figuur 4-18.



Figuur 4-18: Configuratie TIA V13 test

De linkse module in Figuur 4-18 is de CPU. Rechts van deze module staat de IO-Linkmaster. De uiterst rechtse module is een Profibuseiland. Dit eiland werd in eerste instantie gebruikt om een gelijkaardige laserafstandssensor zonder IO-Link uit te lezen. In de uiteindelijke test werd deze echter niet gebruikt. Figuur 4-19 toont de gebruikte sensor en Figuur 4-20 het bijhorende kenplaatje. Documentatie in verband met deze sensor is terug te vinden in Bijlage N.

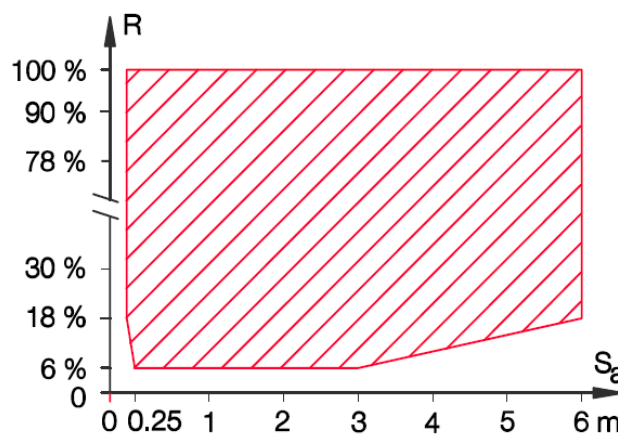


Figuur 4-19: Lasersensor BALLUFF BOD 63M-LI06-S4 [9]



Figuur 4-20: Lasersensor kenplaat BALLUFF BOD 63M-LI06-S4

De sensor uit Figuur 4-19 heeft zoals vermeld in Figuur 4-20 een bereik van 200 tot 6000mm. Na enkele tests blijkt dat alle materialen detecteerbaar zijn in dit bereik. Dit blijkt ook uit de grafiek in Figuur 4-21. Proefondervindelijk werd echter vastgesteld dat de sensor enkel een errorsignaal geeft wanneer er geen reflectie gedetecteerd wordt. Ook bij afstanden groter dan 6000mm. Vanwege het maximale uitgangssignaal van 6000mm is het noodzakelijk een andere referentie voor de afstand te gebruiken. Voor afstanden tot 10000mm werd gebruikgemaakt van een rolmeter. Voor grotere afstanden werd een laserafstandsmeter gebruikt.

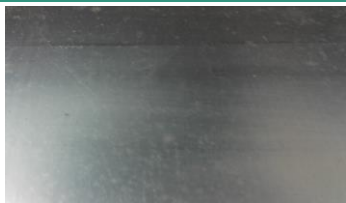
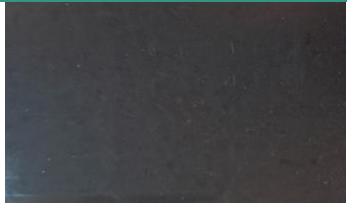
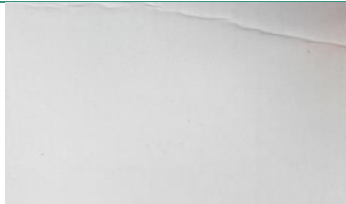
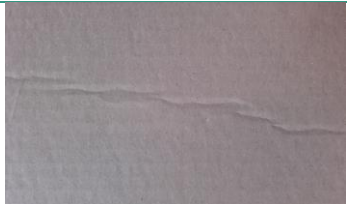

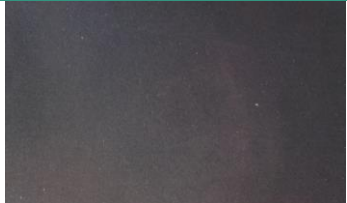



Figuur 4-21: Grafiek meetbereik i.f.v. de reflectie van het te meten object [9, p. 3]

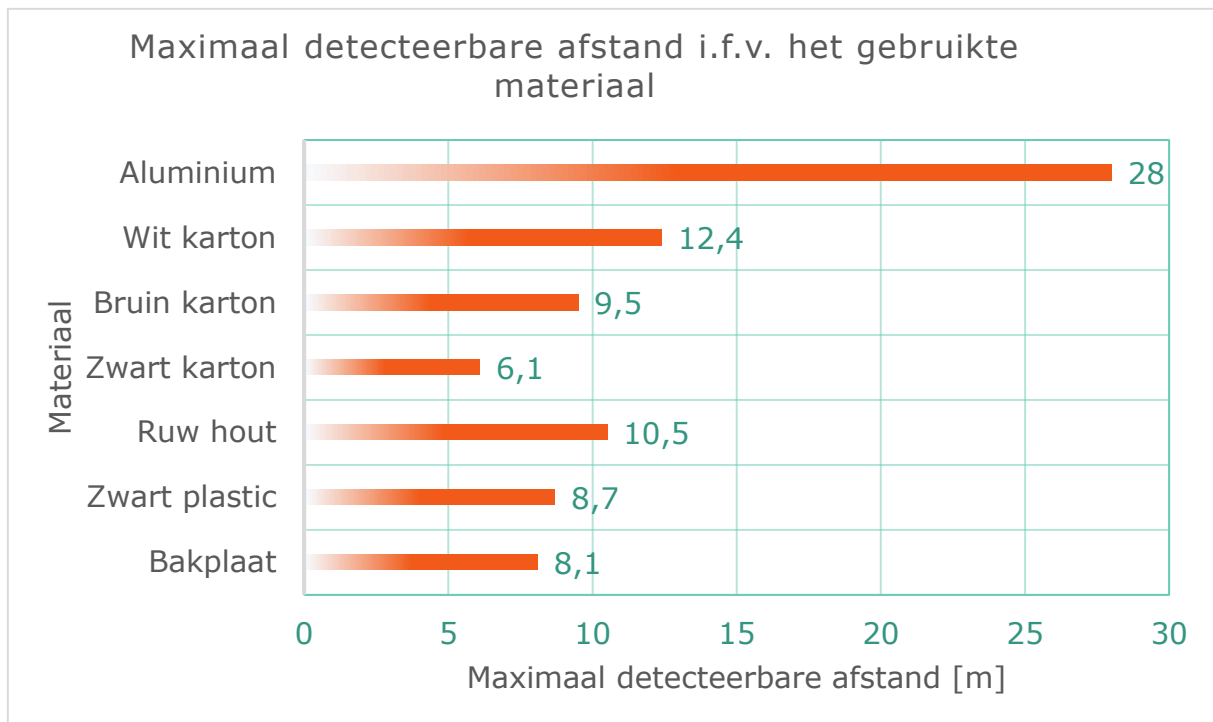
Figuur 4-21 toont aan dat de reflectiecoëfficiënt van de geteste materialen, aangezien alle materialen detecteerbaar zijn, groter is dan 18%.

De geteste materialen en hun bijhorende afbeelding staan in Tabel 4-2.

Tabel 4-2: Materialen test laserafstandssensor

<b>Materiaal</b>	<b>Afbeelding</b>	<b>Materiaal</b>	<b>Afbeelding</b>
Aluminium		Zwart plastic	
Wit karton		Bruin karton	
Hout ruw		Bakplaat (teflon)	
Zwart karton			

In Figuur 4-22 zijn de resultaten van de test terug te vinden.



Figuur 4-22: Grafiek maximaal detecteerbare afstand i.f.v. het gebruikte materiaal

Over het algemeen is er één uitschieter zichtbaar in de grafiek uit Figuur 4-22. Dit fenomeen is te wijten aan het feit dat er op het aluminium na overwegend materialen gebruikt werden met een mat oppervlak. De gemeten afstand bij aluminium is een minimumafstand. De omgeving liet niet toe tests op een grotere afstand uit te voeren.

Bij het vergelijken van de verschillende kleuren karton valt op dat de detecteerbare afstand evenredig is met de intensiteit van de kleur. Hieruit blijkt een test voor de bakplaten noodzakelijk vanwege het zwarte teflon oppervlak.

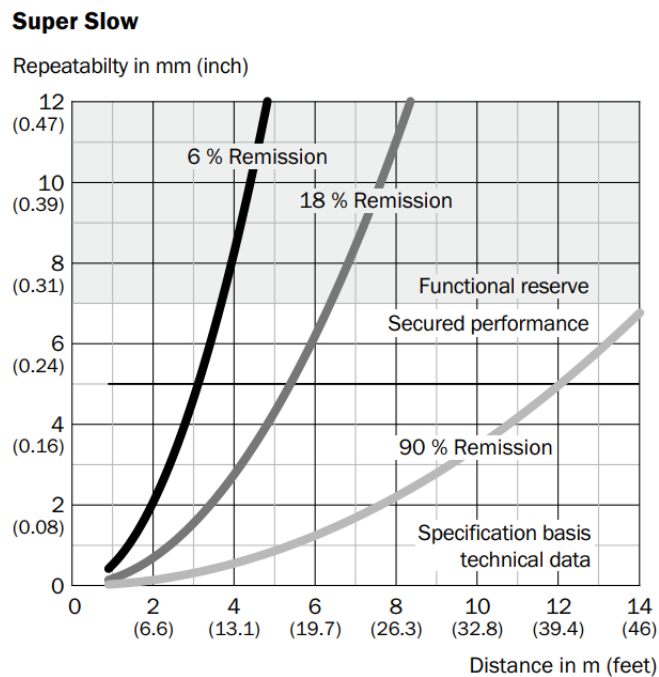
Het ruwe hout heeft dankzij zijn lichte kleur ook een relatief grote detecteerbare afstand. Wat ook opviel is dat het hout onder een grote hoek nog steeds detecteerbaar is. De maximaal detecteerbare hoekpositie bedroeg ongeveer 20° ten opzichte van de laserbundel. Bij de aluminium plaat werd het tegenovergestelde vastgesteld. De plaat moest zeer secuur gericht worden op de sensor om het signaal op te kunnen vangen. Hieruit kan besloten worden dat de detecteerbare hoekpositie evenredig is met de ruwheid van het materiaal.

Tot slot hebben het zwarte plastic en de bakplaat detecteerbare afstanden die kort bij elkaar gelegen zijn. Het verschil zit in de afwerking van de materialen. Het plastic was lichtglanzend in tegenstelling tot de matte afwerking van de teflonlaag op de bakplaat. De kleuren kwamen nagenoeg overeen.



Tot slot kan besloten worden dat een sensor met een gelijkaardige laser maar een groter meetbereik kan volstaan voor de bufferkast. Het maximaal te meten bereik bedraagt namelijk 6000mm. De sensor die gebruikt werd voor de test vereist echter een minimale afstand van 200mm tot het object. Hierdoor valt het benodigde meetbereik van de bufferkast juist buiten dat van de sensor.

Uit deze test kan besloten worden dat het type laser dat de sensor gebruikt volstaat maar het bereik te klein is. BALLUFF beschikt echter niet over een sensor met een groter bereik die ook beschikt over de IO-Linkcommunicatie-interface. Sick beschikt wel over een sensor met deze specificaties. Figuur 4-23 toont de reproduceerbaarheid in functie van de afstand voor een remissie van 6%, 18% en 90%.



Figuur 4-23: Grafiek reproduceerbaarheid i.f.v. afstand DT35, DS35 [15, p. 11]

De grafiek in Figuur 4-23 geldt voor de SICK-sensoren van het type DT35 en DS35 wanneer de reactietijd is ingesteld op de maximale waarde (traagst). Uitgaande van de minimum reflectie gebleken uit de test heeft de bakplaat een minimum reflectie van 18%. De werking van de sensor bij een reflectie van 18% is verzekerd tot ongeveer 6,5m. Wel dient er rekening gehouden te worden met de reproduceerbaarheid die groter is dan de catalogus voorschrijft. Een reproduceerbaarheid van 7mm (af te lezen in grafiek) is echter nog steeds ruim genoeg voor deze toepassing. De sensoren uit het Dx35-gamma zijn dus geschikt voor de bufferkast. Omwille van de waarden die zich steeds op het limiet bevinden prefereer ik echter toch de DT50-2 Pro (zie Figuur 4-24) die over een bereik van 200 tot 17000mm beschikt voor een remissie van 18% met een overeenkomstige reproduceerbaarheid van  $\pm 7$ mm. Documentatie in verband met deze sensor is terug te vinden in Bijlage O.



*Figuur 4-24: SICK afstandssensor DT50-2 Pro [16, p. 2]*

#### 4.1.5 Overzicht sensoren

Om een globaal beeld te vormen over welke sensoren geselecteerd zijn en hoeveel er nodig zijn volgt hier een overzicht voor de buffereenheid en de transportinrichting.

##### 4.1.5.1 Buffereenheid

Tabel 4-3 geeft een overzicht van de gebruikte sensoren in de buffereenheid met hun soort, fabrikant, type, aantal en toepassing.

Tabel 4-3: Overzicht sensoren buffereenheid

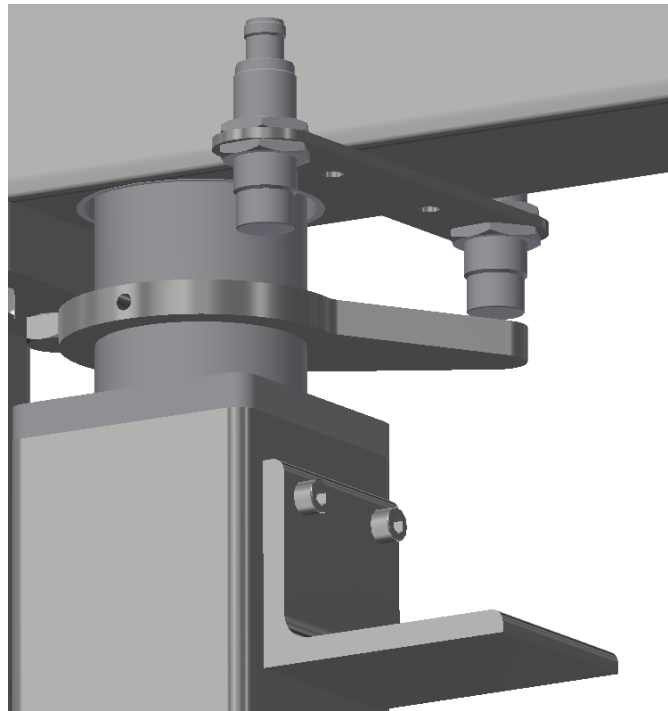
Soort	Fabrikant	Type	Aantal	Toepassing
Afstandssensor	SICK	DT50-2	3	Bufferhoogte
Inductieve naderingsschakelaar <sup>9</sup>	IFM	IG7101	48	Tandkokerpositie
			12	Positie bewegend frame

Er werd gekozen om de sensoren voor de positie van de tandkokers en het bewegend frame rechtstreeks op deze elementen te plaatsen in plaats van op de bijhorende hydraulische cilinders. Zo is er steeds zekerheid over de positie, ook wanneer het bevestigingspunt van de hydraulische cilinders of de cilinders zelf beschadigd raken. Deze inductieve sensoren beschikken steeds over een maakcontact. Daardoor wordt een foutieve positiemelding in het geval van draadbreek gemeden.

Voor de montage van de inductieve sensoren op de tandkokers werd er een beugel met gepaste montagegaten gemaakt. Deze beugel is te bevestigen op het frame van de tandkokers. Op de tandkokers zelf wordt een ring met een uitstekende lip bevestigd. Deze ring wordt vastgezet met een stelschroef. De lip verschuift op een afstand van 4mm voor de sensor. Het geheel is afgebeeld in Figuur 4-25.

---

<sup>9</sup> Zie Bijlage P voor documentatie in verband met deze sensor.



Figuur 4-25: Montage sensoren tankkokers

#### 4.1.5.2 Transportinrichting

Tabel 4-4 geeft een overzicht van de gebruikte sensoren in de transportinrichting met hun soort, fabrikant, type, aantal en toepassing.

Tabel 4-4: Overzicht sensoren transportinrichting

Soort	Fabrikant	Type	Aantal	Toepassing
Inductieve naderingsschakelaar	IFM	IG7101	8	Bakplaten detecteren transportinrichting
			3	Bakplaten detecteren transporteenheid buffer

Op twee sensoren na worden alle sensoren verticaal gepositioneerd zodat deze een enkele koker van het frame van de bakplaten kunnen detecteren. Hierdoor kan onderscheid gemaakt worden tussen een voorbijkomende bakplaat en een stilstaande bakplaat. Enkel de sensoren van de laatste transporteenheid zijn horizontaal gemonteerd zodat ze de lange kokers van het frame kunnen detecteren. Zo is te allen tijde duidelijk of er een bakplaat aanwezig is of niet. Ook hier wordt er gekozen voor sensoren met een maakcontact om dezelfde reden als bij de bufferkast.

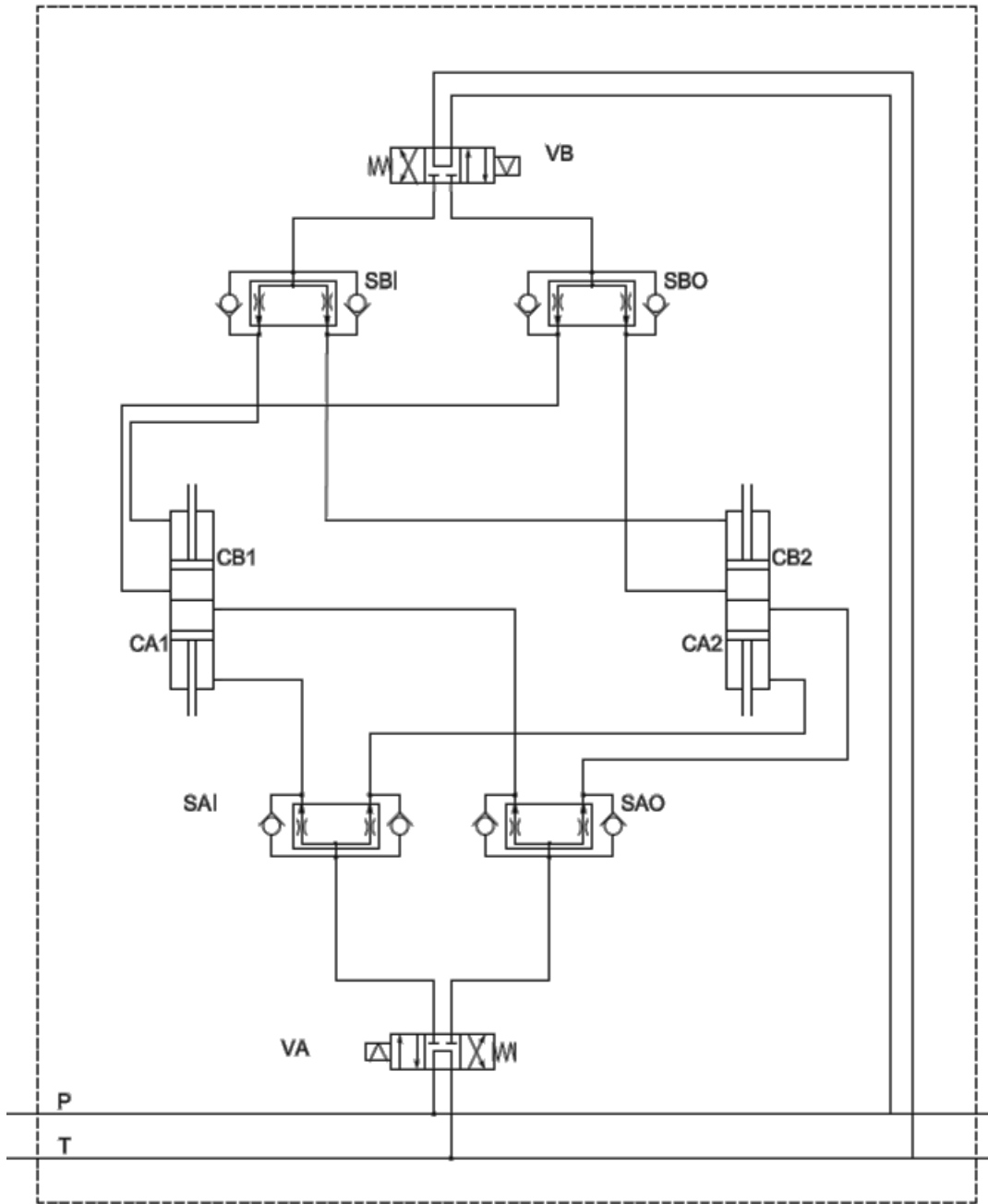
## 4.2 Actuatoren

In de automatisering vormen actuatoren de ledematen van een installatie. Ze zorgen dat de door de sturingseenheid aangegeven acties uitgevoerd worden. In hoofdstuk 3 Mechanisch ontwerp kwamen er al enkele aan bod waaronder de hydraulische cilinders, motoren en pneumatische stoppers. Deze componenten hebben echter nood aan bijkomende elementen om te kunnen functioneren. Elk van deze componenten zal dan ook hieronder aan bod komen.

### 4.2.1 Hydrauliek

De hydraulische cilinders worden niet rechtstreeks aangestuurd door de sturingseenheid. Er zal dan ook een hydraulische groep komen te staan. Deze groep wordt geplaatst door een externe firma. Er werd echter een principiële schema ontworpen voor de werking duidelijk te maken. Het schema voor het op en neer gaan van het bewegende frame is weergegeven in Figuur 4-26. Figuur 4-27 geeft het schema weer voor de rotatie van de tandkokers.

# VERTICALE TRANSLATIE

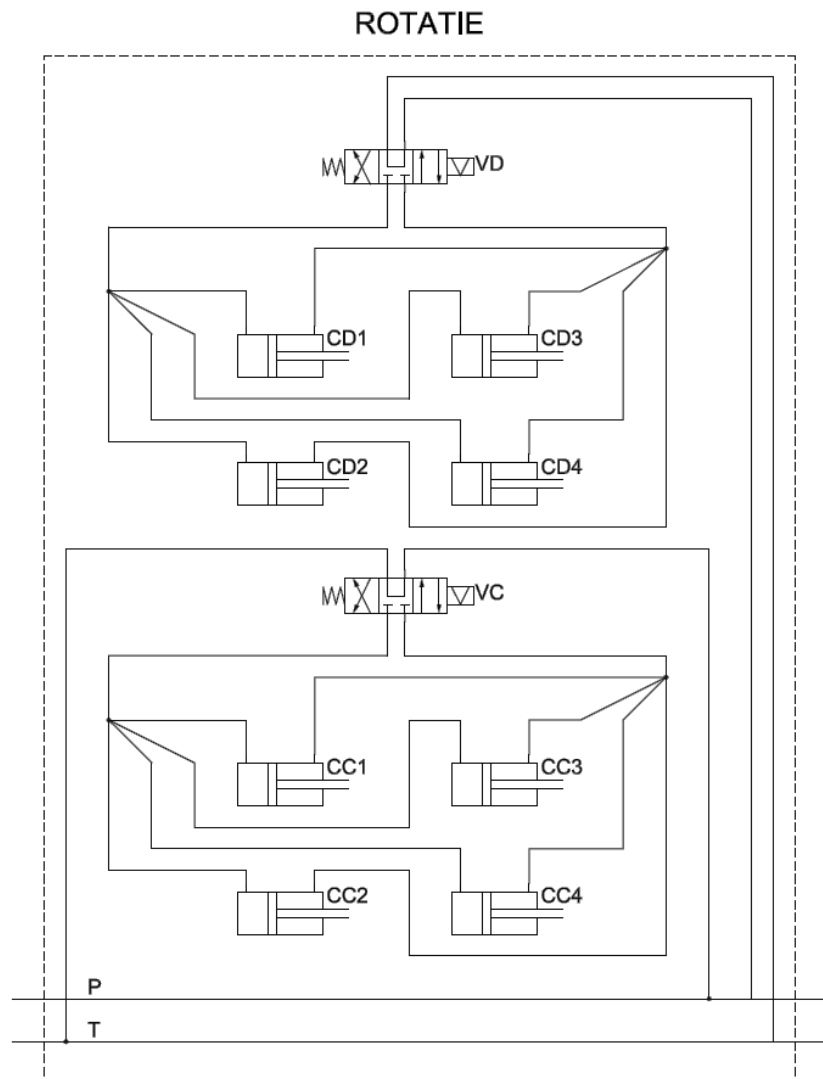


Figuur 4-26: Hydraulisch schema verticale translatie

Hieronder volgt de verklarende lijst van symbolen voor Figuur 4-26:

- P: voedingslijn,
- T: retourlijn,
- VA: elektrisch bediend 4/3-ventiel voor CA1 en CA2,
- VB: elektrisch bediend 4/3-ventiel voor CB1 en CB2,
- SAI , SBI: stroomverdeelkleppen voor het in sturen van cilinders,
- SAO, SBO: stroomverdeelkleppen voor het uit sturen van cilinders,
- CA1, CA2: korte cilinders,
- CB1, CB2: lange cilinders.

De stroomverdeelkleppen zijn noodzakelijk voor het gelijk in- en uitgaan van de cilinders.



Figuur 4-27: Hydraulisch schema rotatie

Hieronder volgt de verklarende lijst van symbolen voor Figuur 4-26:

- P: Voedingslijn,
- T: Retourlijn,
- VC: Elektrisch bediend 4/3-ventiel voor CC1 t.e.m. CC4,
- VD: Elektrisch bediend 4/3-ventiel voor CD1 t.e.m. CD4,
- CC1 t.e.m. CC4: Cilinders voor de rotatie van de bewegende tandkokers,
- CD1 t.e.m. CD4: Cilinders voor de rotatie van de vaste tandkokers.

Stroomverdeelkleppen zijn voor de rotatie van de tandkokers overbodig.

#### 4.2.2 Motoren

De originele installatie maakte voor het aansturen van de motoren gebruik van driefasige relais. De klant vereist echter een grotere flexibiliteit in de nieuwe installatie. Er zal dus gekozen worden voor de motoren aan te sturen met behulp van motordrives. Deze motordrives moeten omwille van de slechte bereikbaarheid van de meeste componenten in een centrale kast geplaatst worden. De drives dienen gekozen te worden aan de hand van de motorkarakteristieken. De originele motor had een nominale snelheid van 59 toeren per minuut. De nieuwe installatie beschikt echter over tandwielen met een kleiner aantal tanden, namelijk 16 in plaats van 20. Hierdoor moeten de nieuwe motoren over een nominale snelheid beschikken die met een verhouding van 20/16 groter is dan de originele snelheid. Dit levert een motor met een afgeronde snelheid van 78 toeren per minuut op. De productinformatie van deze motor is terug te vinden in Bijlage Q. De productinformatie van de gekozen inverter is terug te vinden in Bijlage R.

#### 4.2.3 Pneumatiek

Net als bij de hydraulische cilinders zijn er voor het aansturen van de pneumatische stoppers elektrisch bediende ventielen nodig. Omdat deze stoppers bestaan uit enkelwerkende cilinders volstaat het gebruik van een 3/2-ventiel voor het sturen van de stopper. FESTO heeft hiervoor aangepaste ventielen ontworpen die rechtstreeks op de stopper gemonteerd kunnen worden. Hierdoor moet elke stopper enkel van een pneumatische voeding voorzien worden. Dit vereenvoudigt het pneumatische leidingwerk. Meer informatie omtrent deze ventielen is terug te vinden in Bijlage L.



#### 4.2.4 Overzicht actuatoren

Tabel 4-5 geeft een overzicht van de gebruikte actuatoren met hun soort, fabrikant, type, aantal en toepassing.

Tabel 4-5: Overzicht actuatoren

Soort	Fabrikant	Type	Aantal	Toepassing
Hydraulische cilinder	Rexroth	Bijlage B	6	Bewegend frame heffen
Hydraulische cilinder	Rexroth	Bijlage C	6	Bewegend frame heffen
Hydraulische cilinder	Rexroth	Bijlage D	24	Tandkokers roteren
Motor	SEW	Bijlage Q	8	Aandrijven banen
Inverter	SEW	Bijlage R	8	Sturen motoren
Stopper	FESTO	DFST	11	Bakplaten stoppen
Stopper	FESTO	DFSP	1	Bakplaten blokkeren
3/2-Ventiel	FESTO	DFST	12	Stoppers sturen

#### 4.3 Sturingseenheid

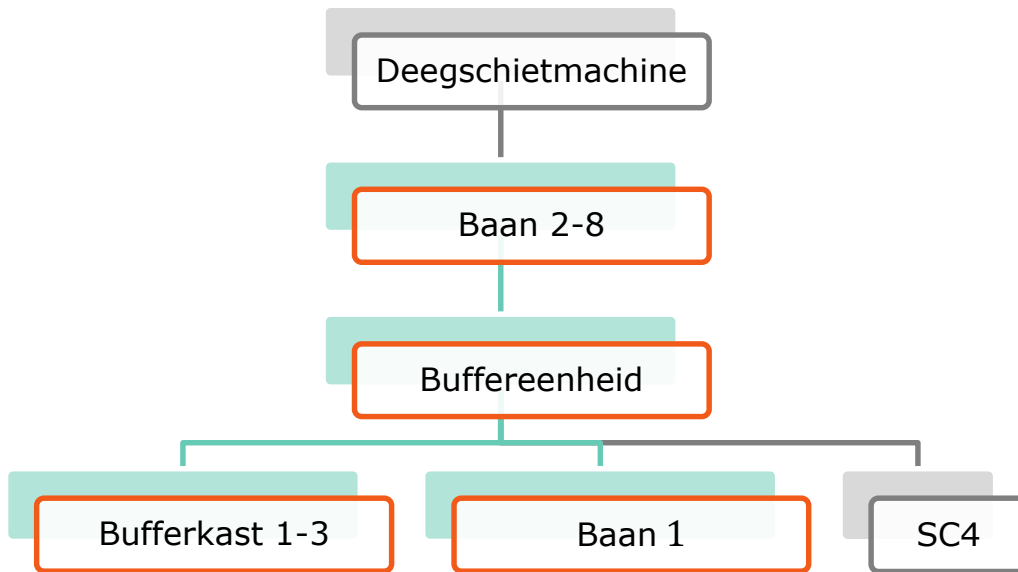
Aan de hand van het overzicht van sensoren in Tabel 4-3 en Tabel 4-4 en het overzicht van actuatoren in Tabel 4-5 kan een gepaste sturingseenheid met zijn accessoires gekozen worden. Hierna volgt een lijst met de benodigde accessoires:

- CPU met PROFIBUS-connectie
- Voeding
- PROFIBUS-eiland voor de buffereenheid met:
  - IO-Link kaart met minimaal 3 poorten;
  - digitale ingangskaarten met in totaal minimaal 60 ingangen;
  - digitale uitgangskaarten met in totaal minimaal 36 uitgangen;
- digitale ingangskaart met minimaal 11 ingangen;
- digitale uitgangskaart met minimaal 12 uitgangen;
- 12 x PROFIBUS MOVIDRIVE MDX61B Fieldbus Interface voor inverters.

Vanwege het grote aantal sensoren en actuatoren in de bufferkast is er gekozen voor een centraal PROFIBUS-eiland aan de buffereenheid te plaatsen. Op die manier wordt er aan kabellengte bespaard. Aangezien er reeds een PROFIBUS-connectie voor het eiland op de CPU aanwezig is worden ook de inverters voorzien van een Profibus-interface. Deze zijn in te bouwen in de inverters en zorgen voor maximale flexibiliteit.

## 4.4 Logica tot op toestandsniveau sensoren en actuatoren

Om de logica overzichtelijk te houden zal deze opgesplitst worden in verschillende niveaus. Op deze manier kan in een niveau telkens de logica uit een lager niveau opgeroepen worden. De niveaus zijn steeds vermeld in de verschillende delen. Voor het overzicht is een hiërarchie zichtbaar in Figuur 4-28.



Figuur 4-28: Hiërarchie logica

Aan het hoofd van de logica staat de deegschietmachine. Het doel is immers deze van een continue aanvoer van bakplaten te voorzien. Daarvoor zorgen baan 2 tot en met 8. Bij deze banen heeft iedere baan, beginnend bij baan 8, de leiding over de voorgaande baan enzovoort. De voorraad op deze banen geeft op zijn beurt aan wanneer de buffereenheid zal moeten in- of uitbufferen. Deze buffereenheid heeft tenslotte de leiding over de bufferkasten, de baan in de buffereenheid (baan 1) en de eenheid die ervoor zorgt dat er slechts één bakplaat tegelijkertijd binnenkomt van de verpakking (SC4). Deze laatste eenheid valt echter buiten deze masterproef. Daarom maakt de opgemaakte logica gebruik van enkele gemeenschappelijke merkers.

Om de logica op te bouwen wordt gestart op het onderste niveau (niveau 0). Op die manier kan de reeds opgebouwde logica opgeroepen worden in de bovengelegen niveaus. Het onderste niveau, niveau 0, bevat de bufferkasten, baan 1 en SC4. Baan 1 beschikt niet over een logica en de logica van SC4 valt buiten deze masterproef. Niveau 1 bevat de buffereenheid en niveau 2 bevat banen 2 tot en met 8.

#### 4.4.1 Bufferkast (Niveau 0)

Tabel 4-6, Tabel 4-7 en Tabel 4-8 geven een verklaring voor de gebruikte symbolen in de logica voor respectievelijk de actuatoren, sensoren en merkers. Omwille van de stappenstructuur van het in- en uitbufferen van de bufferkast is ervoor gekozen de bouwblokken van de bufferkasten aan de hand van een GRAFCET-structuur op te stellen. Figuur 4-30 en Figuur 4-31 geven de GRAFCET-structuur voor respectievelijk het in- en uitbufferen.

Tabel 4-6: Benaming actuatoren bufferkast logica

<b>Actuator</b>	<b>Beschrijving</b>	<b>Actuator</b>	<b>Beschrijving</b>
A+	Cilinders A uit	A-	Cilinders A in
B+	Cilinders B uit	B-	Cilinders B in
C+	Tandkokers C uit	C-	Tandkokers C in
D+	Tandkokers D uit	D-	Tandkokers D in

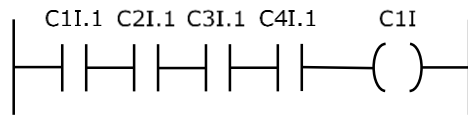
Tabel 4-7: Benaming sensoren bufferkast logica

<b>Sensor</b>	<b>Beschrijving (=1)</b>
P1.1	Positie 1 van bufferkast 1
P2.1	Positie 2 van bufferkast 1
P3.1	Positie 3 van bufferkast 1
P4.1	Positie 4 van bufferkast 1
C1I.1	Tandkoker C1 van bufferkast 1 actief
C1O.1	Tandkoker C1 van bufferkast 1 niet actief
D1I.1	Tandkoker D1 van bufferkast 1 actief
D1O.1	Tandkoker D1 van bufferkast 1 niet actief

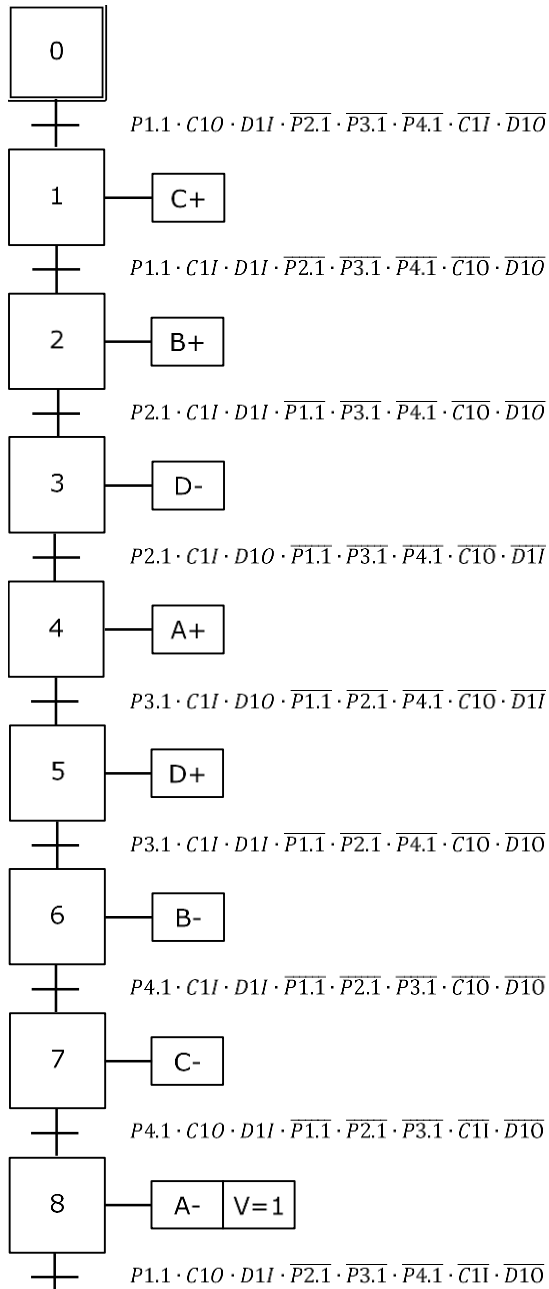
Tabel 4-8: Benaming merkers bufferkast logica

<b>Merker</b>	<b>Beschrijving (=1)</b>
V	Proces voltooid
C1I, D1I	Tandkokers C of D van bufferkast 1 actief
C1O, D1O	Tandkokers C of D van bufferkast 1 niet actief

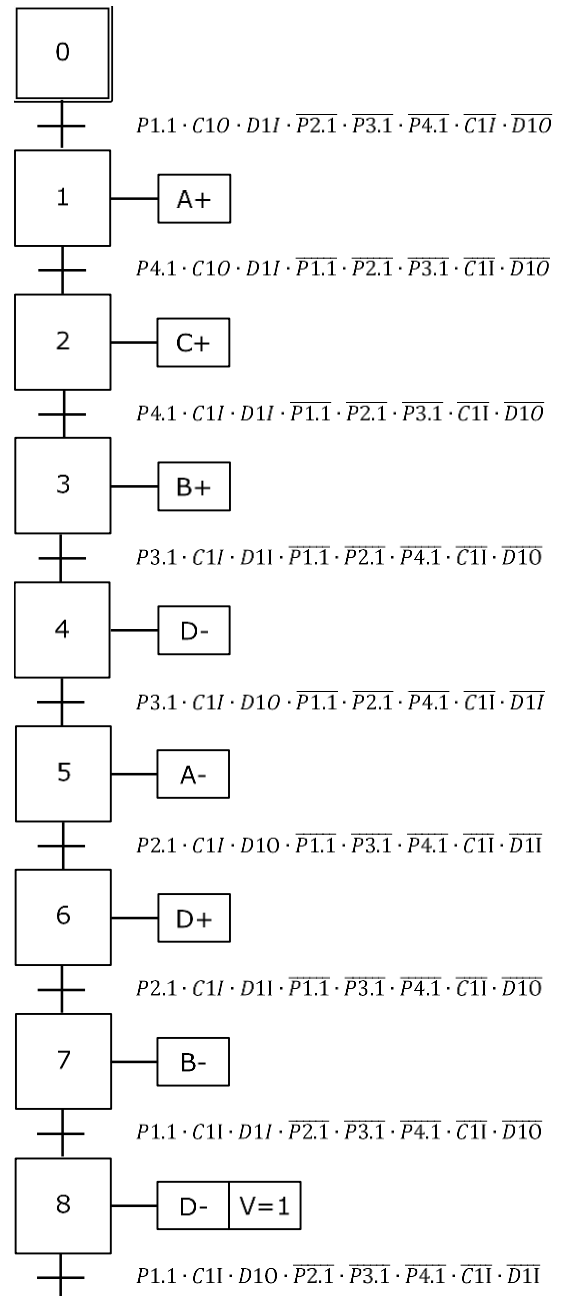
Om de merkers C1I, C1O, D1I en D1O uit Tabel 2-2 te bekomen wordt gebruikgemaakt van een ladderdiagram. Een voorbeeld voor merker C1I is afgebeeld in Figuur 4-29. Door het gebruik van een serieschakeling van de sensoren dienen alle sensoren te schakelen vooraleer de merker geschakeld wordt.



Figuur 4-29: Ladderdiagram voorbeeld bufferkast



Figuur 4-30: GRAFCET bufferkast inbufferen



Figuur 4-31: GRAFCET bufferkast uitbufferen

De GRAFCET-structuren afgebeeld in Figuur 4-31 en Figuur 4-30 zijn identiek voor de drie bufferkasten op de index van de sensorwaarden na. Ze zullen dan ook als bouwblokken opgeroepen worden in de hogere niveaus van de logica als respectievelijk "Bufferkast # in" en "Bufferkast # uit". "#" kan hierbij een waarde van 1 tot en met 3 zijn.

De structuur zorgt voor de opeenvolging van de verschillende acties vastgelegd in het werkingsprincipe van de bufferkast. De nodige sensoren geven weer wanneer de actie voltooid is en verder gegaan kan worden met de volgende.

#### 4.4.2 Buffereenheid (niveau 1)

Tabel 4-9, Tabel 4-10 en Tabel 4-11 geven een verklaring voor de gebruikte symbolen in de logica voor respectievelijk de actuatoren, sensoren en merkers. Figuur 4-32 en Figuur 4-33 geven de GRAFCET-structuur voor respectievelijk het in- en uitbufferen.

Tabel 4-9: Benaming actuatoren buffereenheid logica

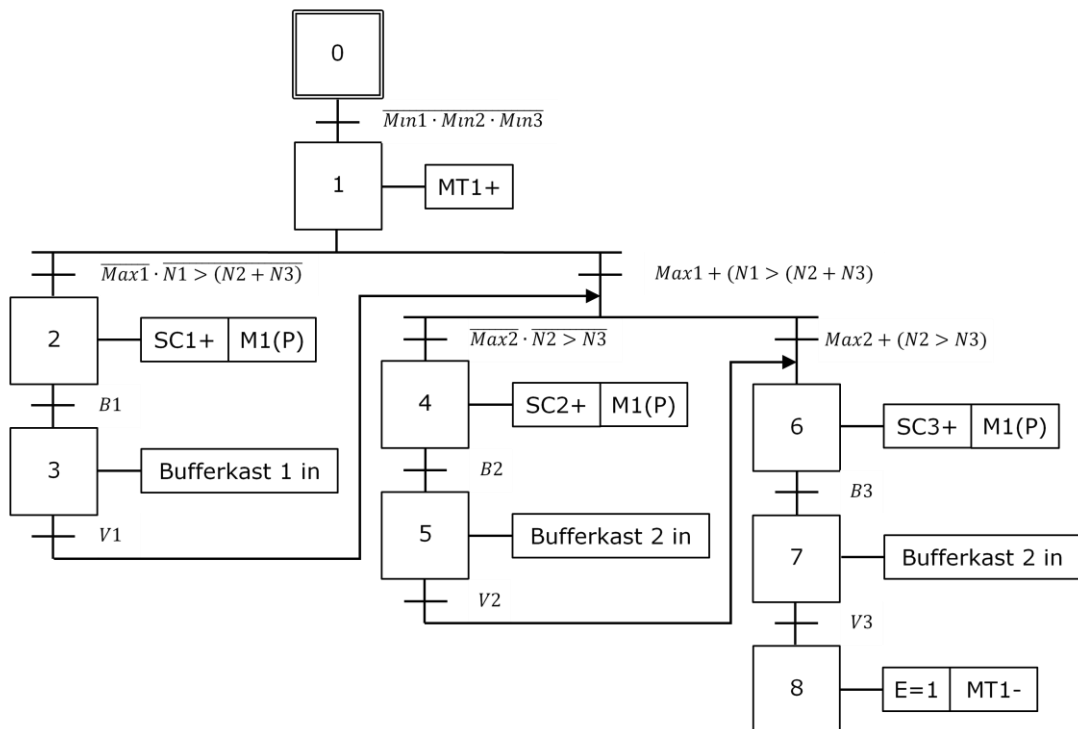
<b>Actuator</b>	<b>Beschrijving</b>	<b>Actuator</b>	<b>Beschrijving</b>
SC1+	Stoppercilinder 1 uit	SC1-	Stoppercilinder 1 in
SC2+	Stoppercilinder 2 uit	SC2-	Stoppercilinder 2 in
SC3+	Stoppercilinder 3 uit	SC3-	Stoppercilinder 3 in
MT1+	Start motor	MT1-	Stop motor

Tabel 4-10: Benaming sensoren buffereenheid logica

<b>Sensor</b>	<b>Beschrijving (=1)</b>
B1, B2, B3	Bakplaat aanwezig bij buffer 1, 2 of 3
Max1, Max2, Max3	Buffer 1, 2 of 3 vol
Min1, Min2, Min3	Buffer 1, 2 of 3 leeg

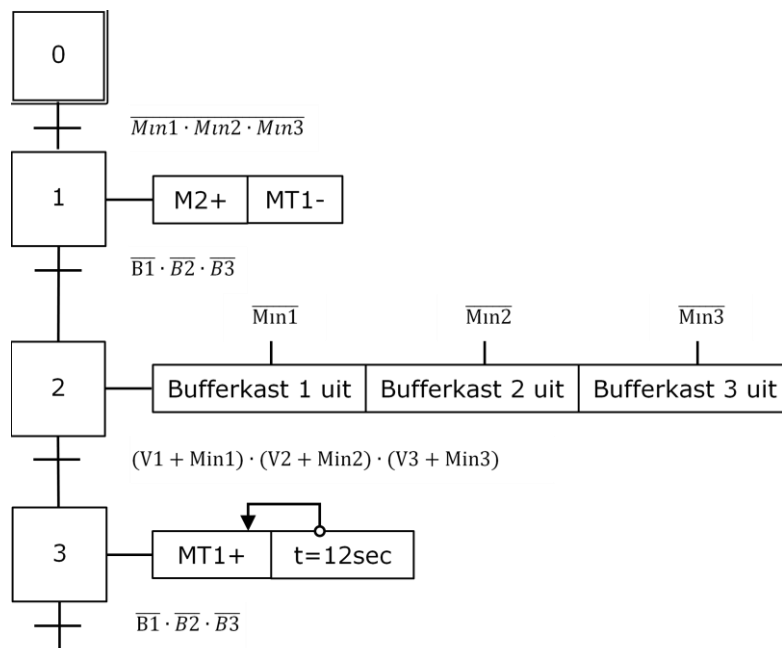
Tabel 4-11: Benaming merkers buffereenheid logica

<b>Merker</b>	<b>Beschrijving (=1)</b>
V1, V2, V3	Inbufferen bufferkast 1, 2, of 3 voltooid
E	Inbufferen voltooid
M1(P)	Puls zorgt de aanvoer van 1 bakplaat
M2+	Blokkeert aanvoer van bakplaten
M2-	Heft blokkering aanvoer op



Figuur 4-32: GRAFCET buffereenheid inbufferen

De GRAFCET-structuur uit Figuur 4-32 zal eerst controleren of er en nog capaciteit voor het bufferen van bakplaten beschikbaar is. Als dit het geval is, zal er steeds dezelfde volgordestructuur aangehouden worden voor het inbufferen. Dit gebeurt door steeds de bufferkast met het laagste nummer voorrang te verlenen op een hoger nummer, tenzij deze zijn maximale capaciteit bereikt heeft of over een lagere beschikbare capaciteit beschikt dan de andere bufferkasten.



Figuur 4-33: GRAFCET buffereenheid uitbufferen

In de GRAFCET-structuur uit Figuur 4-33 wordt allereerst gecontroleerd of er nog bakplaten in de bufferkasten aanwezig zijn. Indien dit bij minimaal één van de bufferkasten het geval is, wordt de motor van de onderliggende transportbaan stilgezet en de aanvoer van bakplaten geblokkeerd. Eens de baan gestart is en er geen bakplaten door de sensoren aan de stoppers gedetecteerd worden, zullen de bufferkasten waarin nog bakplaten aanwezig zijn gestart worden. Als deze bufferkasten hun proces voltooid hebben, wordt de motor opnieuw gestart. Als de aangegeven tijdsduur verstreken is, stopt de motor weer en zal gecontroleerd worden of er nog bakplaten voor de stoppers aanwezig zijn.

#### 4.4.3 Baan 2-8 (niveau 2)

Tabel 4-12, Tabel 4-13 en Tabel 4-14 geven een verklaring voor de gebruikte symbolen in de logica voor respectievelijk de actuatoren, sensoren en merkers.

Tabel 4-12: Benaming actuatoren baan 2-7 logica

Actuator	Beschrijving	Actuator	Beschrijving
ST2+	Stoppercilinder 2 uit	ST2-	Stoppercilinder 2 in
↓	↓	↓	↓
ST8+	Stoppercilinder 7 uit	ST8-	Stoppercilinder 7 in
MT2+	Start motor 2	MT2-	Stop motor 2
↓	↓	↓	↓
MT8+	Start motor 7	MT8-	Stop motor 7

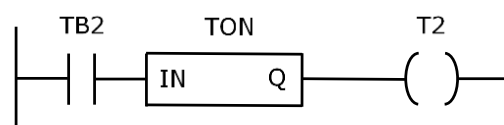
Tabel 4-13: Benaming sensoren baan 2-7 logica

Sensor	Beschrijving (=1)
TB2	Sensor 3 <sup>de</sup> bakplaat op baan 2
↓	↓
TB7	Sensor 3 <sup>de</sup> bakplaat op baan 7
TB8	Sensor 4 <sup>de</sup> bakplaat op baan 8
TB24	Sensor 4 <sup>de</sup> bakplaat op baan 2

Tabel 4-14: Benaming merkers baan 2-7 logica

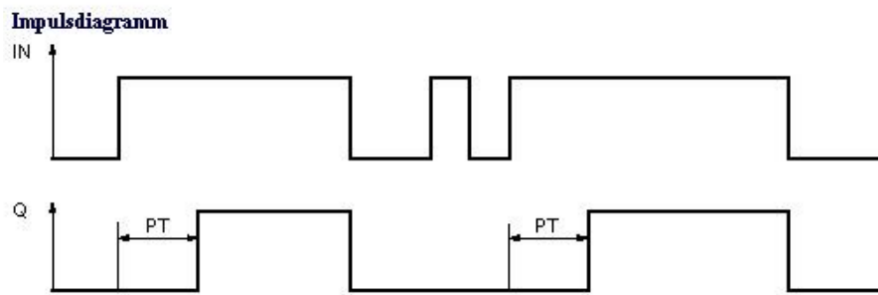
Merker	Beschrijving (=1)
T2	3 <sup>de</sup> bakplaat aanwezig (staat 1s stil)
↓	↓
T7	3 <sup>de</sup> bakplaat aanwezig (staat 1s stil)
T	15s geen 3 <sup>de</sup> bakplaat op baan 5 aanwezig
DS	Deegschietmachine vraagt om bakplaat

Merker T2 wordt aan de hand van het ladderdiagram in Figuur 4-34 aangestuurd. Dit ladderdiagram maakt gebruik van een inschakelvertraging of 'TON'. Wanneer een koker van het frame langer dan bijvoorbeeld 1s gedetecteerd wordt, is zeker dat er een bakplaat stil ligt boven de sensor. Het bijhorende impulsdiagram van de inschakelvertraging is zichtbaar in Figuur 4-35. Hierbij is 'PT' de ingestelde vertraging. 'In' is het ingangssignaal en 'Q' het uitgangssignaal.



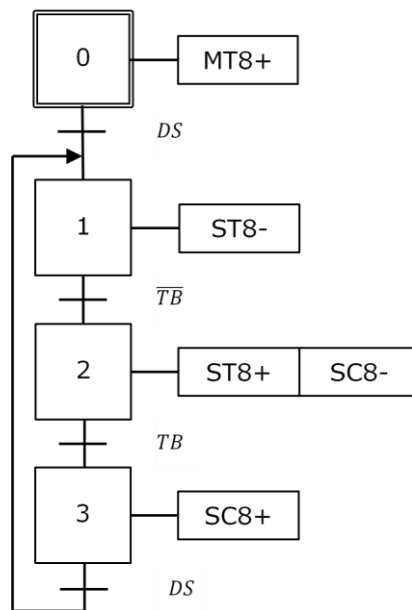
Figuur 4-34: Ladderdiagram inschakelvertraging





Figuur 4-35: Impulsdiagramm inschakelvertraging [18, p. 20]

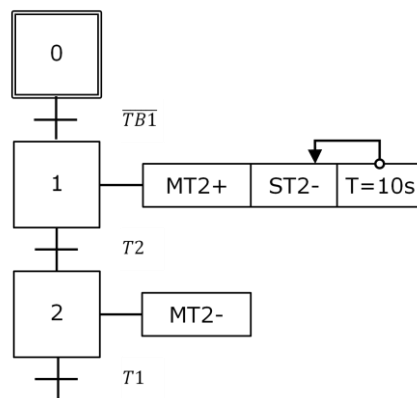
Baan 8 maakt gebruik van de GRAFCET-structuur in Figuur 4-36.



Figuur 4-36: GRAFCET baan 8  
doorschuiven

In de GRAFCET-structuur uit Figuur 4-36 zal de motor steeds draaien. Wanneer de deegschietmachine achter een bakplaat vraagt met behulp van de gemeenschappelijke merker 'DS', zal de schokbestendige stopper 'ST8' één bakplaat doorlaten. Eens deze bakplaat gepasseerd is zal stoppercilinder 'SC8' de volgende bakplaat tegen de schokbestendige stopper laten lopen. Dit kan gedetecteerd worden door sensor 'TB' die ter hoogte van de schokbestendige stopper 'ST8' geplaatst is. De daaropvolgende bakplaat wordt dan weer geblokkeerd door 'SC8'. Dan wordt er opnieuw gewacht op een signaal van de deegschietmachine.

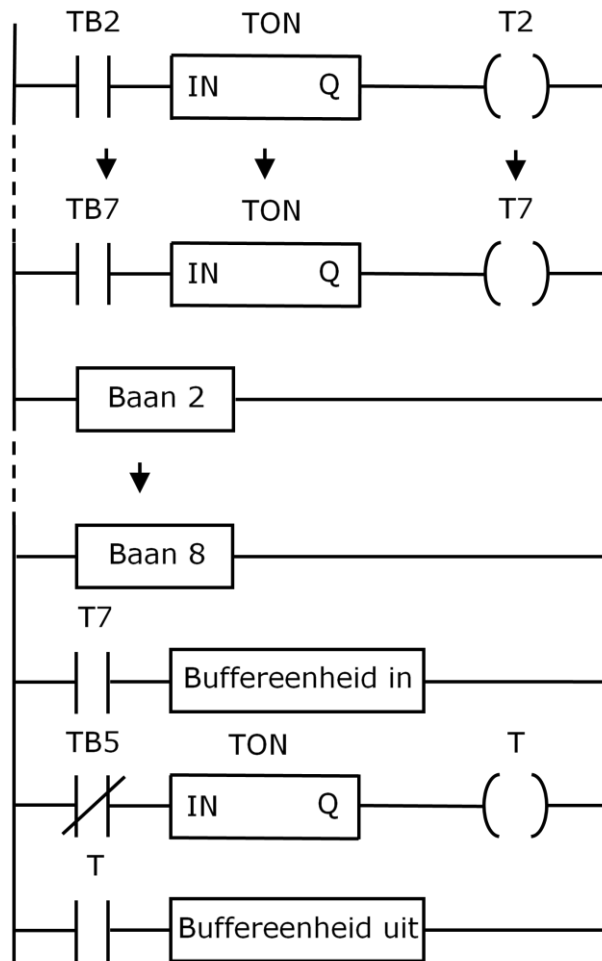
Baan 2 tot en met baan 7 maken gebruik van dezelfde bouwblok die weergegeven is in Figuur 4-37. Deze bouwblok wordt in het overkoepelend ladderdiagram opgeroepen als "baan 2" in het geval van baan 2.



Figuur 4-37: GRAFCET baan 2 doorschuiven

Het doorschuifproces van baan 2 wordt gestart wanneer sensor TB1 geen bakplaten meer detecteert. De motor zal gestart worden en de stopper zal gedurende 10 s in gaan. Als de 10 seconden verstreken zijn zal de stopper terug uit gaan. Dan is zeker dat de drie bakplaten van de baan 2 af zijn. Vervolgens zal de motor stoppen als de 3<sup>de</sup> bakplaat van de volgende reeks op zijn plaats ligt met behulp van merker T2. Om te vermijden dat het proces opnieuw begint wanneer de doorgeschoven bakplaten hun volgende punt nog niet bereikt hebben wordt er nog een controle op merker T1 gedaan.

Het signaal voor het inbufferen dat gegeven wordt aan de buffereenheid komt overeen met T7. Wanneer dit signaal actief is liggen de banen immers vol. Voor het uitbufferen dient er een baan gekozen te worden die steeds vol moet liggen. De volgende baan zal dan een signaal moeten geven aan de buffereenheid wanneer deze geen bakplaten meer bevat. In het ladderdiagram in Figuur 4-38 is er gekozen voor dit signaal door de vijfde baan te laten geven. Indien er gedurende 15s geen bakplaat gedetecteerd wordt zal merker T actief zijn. De buffereenheid zal dan het uitbufferen starten. Ook dit is opgenomen in het overkoepelend ladderdiagram van de transportinrichting.



Figuur 4-38: Overkoepelend ladderdiagram transport

## 5 Veiligheid

De productie-industrie legt aan fabrikanten van machines bepaalde basisveiligheidseisen op. Die hebben als doel mensen, machines en het milieu te beschermen. Machines die aan deze eisen voldoen beschikken over een CE-markering als bewijs van een "veilige machine" (zie Figuur 5-1).



Figuur 5-1: CE-markering [19, p. 4]

Voor de ontwikkeling van besturingsfuncties zijn er echter specifiekere basisnormen vastgelegd. Deze normen zijn toegespitst op de naleving van alle geldende veiligheidseisen door toereikende risicoreductie met als doel om op een verantwoorde manier exportkansen aan te grijpen. De installatie in deze masterproef moet volgens wat overeengekomen is met de klant voldoen aan de specifieke architecturen / opbouwstructuren volgens performance level d (PL d). Volgens Figuur 5-2 zijn er twee mogelijke combinaties van risicoparameters die tot dit prestatieniveau leiden.

### Bepaling van het vereiste PL (m.b.v. risicograaf) volgens EN ISO 13849-1

Het risico wordt bepaald op basis van identieke risicoparameters

#### Risicoparameters

**S = ernst van letsel (Severity, S)**

- S1 = licht (vaak herstelbaar)
- S2 = ernstig (meestal blijvend), inclusief dood

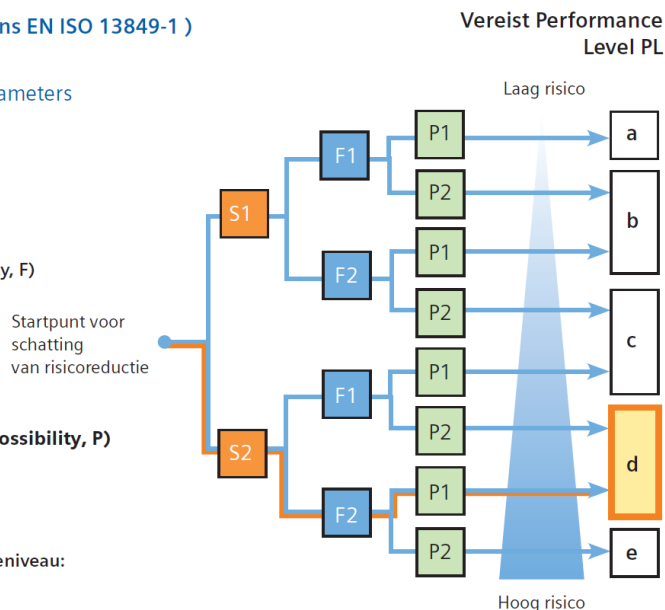
**F = frequentie en/of duur van blootstelling aan gevaar (Frequency, F)**

- F1 = zelden tot minder vaak en/of blootstellingstijd is kort
- F2 = frequent tot continu en/of blootstellingstijd is lang

**P = mogelijkheid tot voorkomen of beperken van letsel (Possibility, P)**

- damage limiting
- P1 = mogelijk onder bepaalde voorwaarden
- P2 = nauwelijks mogelijk

a, b, c, d, e = resultaten van het veiligheidsgerelateerde prestatieniveau: vereist Performance Level (PL)



Figuur 5-2: Bepaling van het vereiste PL volgens EN ISO 13849-1 [19, p. 10]

Beide combinaties van risicoparameters bevatten parameter S2. Deze parameter staat garant voor een mogelijk ernstig (meestal blijvend) letsel dat eventueel leidt tot de dood. Deze parameter wordt gehanteerd vanwege de grote krachten veroorzaakt door de hydraulische cilinders in de bufferkasten. Vervolgens is er nog de combinatie van F1 met P2 of F2 met P1 mogelijk. In het geval van de bufferkast gaat het echter om de combinatie F2 met P1 omdat er steeds werknemers in de omgeving van de installatie verblijven.

Gezien de ernst van het letsel, de frequente blootstelling en de beperkte mogelijkheid tot het voorkomen ervan dient volgende veiligheidsmaatregel genomen te worden voor de buffereenheid. Contact met de buffereenheid gedurende de werking ervan dient te allen tijde vermeden te worden. Daarom zal er een hekbeveiliging aan de buffereenheid toegevoegd moeten worden. Bij het openen van het hek zullen alle gevaarlijke bewegingen worden uitgeschakeld. Het opnieuw op gang brengen van de machine mag niet mogelijk zijn zolang het hek geopend is. Daarnaast zal er enkel toegang verleend worden aan daarvoor bevoegd personeel door middel van een toegangscode, sleutel of badge. Hetzelfde geldt voor het herstarten van de gevaarlijke bewegingen.



*Figuur 5-3: Voorbeeld hekbeveiliging [20]*

De transporteenheden beschikken over een lager performance level. Zo is de ernst van het letsel slechts licht en de blootstelling aan het gevaar omwille van de slechte bereikbaarheid van de banen beperkt. Daarnaast is er bij het mechanisch ontwerp reeds getracht enkele gevaren te mijden door de tandwielen af te schermen. Deze combinatie van risicoparameters leidt volgens Figuur 5-2 tot performance level a (PL a) wat overeenkomt met een laag risico. Bij de transportinrichting zal het dus volstaan voldoende noodstoppen te verdelen over de lengte van de baan.



*Figuur 5-4: Voorbeeld noodstopbeveiliging transportbaan [20]*



## 6 Besluit

Dit hoofdstuk vat de belangrijkste resultaten van deze masterproef samen en licht toe hoe de beoogde doelstellingen bereikt werden. Er wordt gestart met een reflectie van de buffereenheid. Deze wordt gevolgd door de transportinrichting en er wordt afgesloten met een vooruitblik in verband met de bouw en de in tewerkstelling van de productielijn te Eindhoven.

Het probleem van de positionering van bakplaten in de oorspronkelijke buffereenheid werd opgelost door het gebruik van hydrauliek. Door hydraulische cilinders tot het einde van hun slag te sturen, wordt de juiste positie verzekerd. Daarnaast is dit werkingsprincipe nagenoeg ongevoelig voor het gewicht van de bakplaten. De gewenste capaciteit van 240 bakplaten werd bereikt door het samenvoegen van drie bufferkasten met elk een capaciteit van 80 bakplaten. Omwille van het gebruik van deze drie kasten werd er een positioneringsbaan ontworpen die veel overeenkomsten met de eenheden uit de transportinrichting vertoont. De nodige sensoren en actuatoren verzekeren een vlotte werking van de buffereenheid. De buffereenheid dient uitgerust te worden met een hekbeveiliging om de veiligheid voor medewerker en machine te verzekeren.

In de transportinrichting wordt gebruikgemaakt van de overige zeven transporteenheden. Met behulp van de nodige sensoren en actuatoren zorgt de laatste baan in de reeks voor het continu en afzonderlijk doorgeven van de bakplaten op de gewenste tijdstippen. De andere banen zorgen voor een voldoende grote voorraad die tijdig naar de laatste baan getransporteerd wordt. Daarnaast wordt de buffereenheid aangestuurd naargelang de aanwezige voorraad in de transportinrichting die met behulp van de nodige sensoren gedetecteerd wordt. De mechanische opbouw van de banen maakt dat beveiliging met behulp van een noodstopcircuit volstaat. Een modulaire opbouw zorgt voor flexibiliteit.

Begin november werd reeds gestart met de opbouw van de elementen uit de oorspronkelijke lijn. In januari wordt gestart met het maken van de onderdelen voor zowel de buffereenheid als de transportinrichting. Eens de onderdelen voor één bufferkast klaar zijn, zal er één opgebouwd en getest worden. Vervolgens worden indien nodig aanpassingen gedaan en wordt de rest van de onderdelen geproduceerd. Dan zullen alle stalen onderdelen gegalvaniseerd worden. Vervolgens worden alle onderdelen naar de productiehal van Dutch Bakery te Eindhoven getransporteerd. Hier worden alle onderdelen in elkaar gezet. Het einde van deze werkzaamheden wordt geschat op eind februari zodat de hele lijn in maart opgestart kan worden.





## Bibliografie

- [1] M. Althoff, „Aan de rol, op de band, of aan de ketting?,” 10 april 2015. [Online]. Available: <http://www.logistiek.nl/warehousing/artikel/2006/10/aan-de-rol-op-de-band-of-aan-de-ketting-1017400>. [Geopend 13 december 2017].
- [2] Vansichen Lineairtechniek, „Compact catalogoog V3,” 30 juni 2016. [Online]. Available: <http://www.vansichen.be/public/uploads/downloads/vs-cc-v3-2016-web-def-16-00-02.pdf>. [Geopend 12 oktober 2017].
- [3] RENOLD, „Renold Plc - Manufacturer of Chain, Gears and Couplings,” 14 oktober 2004. [Online]. Available: [http://www.renold.com/upload/renoldswitserland/conveyor\\_chain\\_-\\_designer\\_guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitserland/conveyor_chain_-_designer_guide.pdf). [Geopend 6 november 2017].
- [4] Hans Turck GmbH & Co. KG, „Turck Sensors (EN),” 2 augustus 2013. [Online]. Available: [http://pdb2.turck.de/repo/media/\\_tr/Anlagen/d101801.pdf](http://pdb2.turck.de/repo/media/_tr/Anlagen/d101801.pdf). [Geopend 24 oktober 2017].
- [5] Schneider, „PNP vs NPN sensoren,” [Online]. Available: <https://www.schneider-electric.nl/nl/faqs/FA277093/>. [Geopend 26 oktober 2017].
- [6] Elmech Services, „Home - Elmech Services N.V.,” [Online]. Available: <http://elmech.be/>. [Geopend 5 Oktober 2017].
- [7] Dutch Bakery, „Dutch Bakery. de beste bakker van Nederland,” Dutch Bakery, [Online]. Available: <http://www.dutchbakery.nl/>. [Geopend 5 Oktober 2017].
- [8] R. Iten, „IO-Link field device protocol architecture,” *InTech*, vol. XV, nr. May/June, pp. 24-27, 2016.

- [9] BALLUFF, „Manual: Optosensoren Laser-Distanzsensor BOD 63M-LI06-S4 mit IO-Link,” 08 Augustus 2017. [Online]. Available: [http://publications.balluff.com/mongodb\\_pdb/public\\_pdb\\_material.php?id=252026&revision=1.9&pg=PG150059&pf=PF150107&con=en&ws=approval](http://publications.balluff.com/mongodb_pdb/public_pdb_material.php?id=252026&revision=1.9&pg=PG150059&pf=PF150107&con=en&ws=approval). [Geopend 06 December 2017].
- [10] ALFOTEC, „ALFOTEC GmbH - Alles voor de transporttechniek,” [Online]. Available: <http://www.alfotec.nl>. [Geopend 13 december 2017].
- [11] Murtfeldt Kunststoffe, „Chain, belt and sliding guides,” 20 februari 2017. [Online]. Available: [http://www.murtfeldt.de/fileadmin/downloads/hauptkatalog/Murtfeldt\\_ASA-JIS\\_Edition\\_Chainguides\\_Beltguides\\_2017.pdf](http://www.murtfeldt.de/fileadmin/downloads/hauptkatalog/Murtfeldt_ASA-JIS_Edition_Chainguides_Beltguides_2017.pdf). [Geopend 10 november 2017].
- [12] SKF, „SKF Group - Lagers en eenheden,” 10 oktober 2017. [Online]. Available: <http://www.skf.com/benelux/nl>. [Geopend 10 oktober 2017].
- [13] SICK, „Distance Sensors,” 30 maart 2012. [Online]. Available: [https://sick-virginia.data.continuum.net/media/docs/8/08/108/Product\\_catalog\\_Distance\\_Sensors\\_en\\_IM0045108.PDF](https://sick-virginia.data.continuum.net/media/docs/8/08/108/Product_catalog_Distance_Sensors_en_IM0045108.PDF). [Geopend 25 oktober 2017].
- [14] SICK, „Photoelectric sensors,” 8 Februari 2014. [Online]. Available: [https://www.sick.com/media/docs/4/64/564/Product\\_catalog\\_Photoelectric\\_sensors\\_en\\_IM0061564.PDF](https://www.sick.com/media/docs/4/64/564/Product_catalog_Photoelectric_sensors_en_IM0061564.PDF). [Geopend 25 Oktober 2017].
- [15] SICK, „Dx35 Mid Range Distance Sensors,” 08 April 2013. [Online]. Available: [https://www.sick.com/media/docs/5/45/845/Product\\_information\\_Dx35\\_en\\_IM0049845.PDF](https://www.sick.com/media/docs/5/45/845/Product_information_Dx35_en_IM0049845.PDF). [Geopend 06 December 2017].
- [16] SICK, „DT50-2 Pro Distance sensor,” 2 februari 2016. [Online]. Available: [https://www.sick.com/media/docs/8/18/618/Operating\\_instructions\\_DT50\\_2\\_PRO\\_Distance\\_sensor\\_en\\_IM0063618.PDF](https://www.sick.com/media/docs/8/18/618/Operating_instructions_DT50_2_PRO_Distance_sensor_en_IM0063618.PDF). [Geopend 31 oktober 2017].
- [17] SICK, „IO-Link - de nieuwe communicatie op sensorniveau,” [Online]. Available: <https://www.sick.com/be/nl/io-link-de-nieuwe-communicatie-op-sensorniveau/w/io-link/>. [Geopend 8 Oktober 2017].

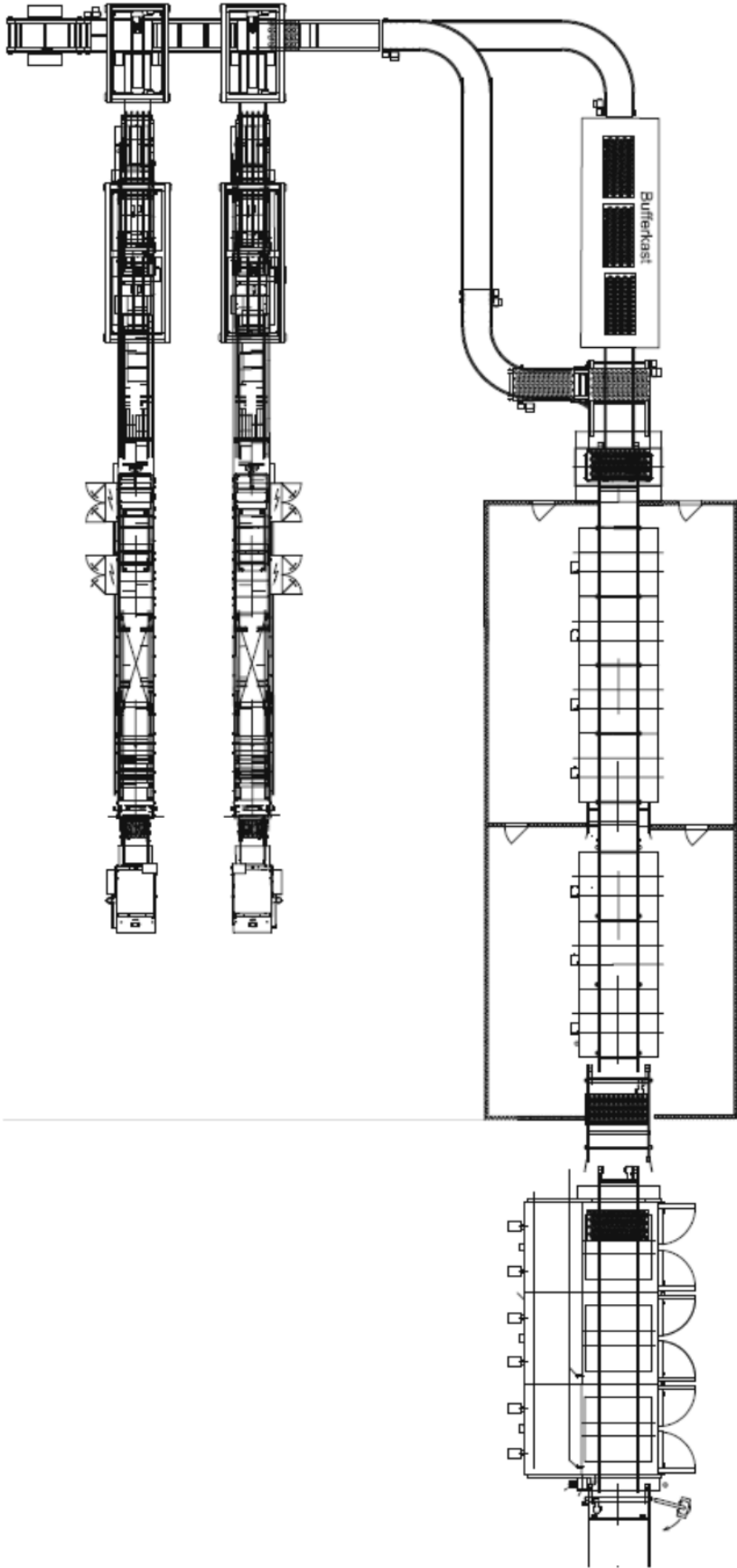
- [18] SIEMENS, „IEC Timers and IEC Counters for the SIMATIC S7-1200,“ mei 2010. [Online]. Available: [http://rauni.iea.lth.se:8074/eief06/pdf/Siemens-Intro/Training%20module%20M/EN\\_M03\\_S7\\_1200\\_Timers\\_Counters.pdf](http://rauni.iea.lth.se:8074/eief06/pdf/Siemens-Intro/Training%20module%20M/EN_M03_S7_1200_Timers_Counters.pdf). [Geopend 17 november 2017].
- [19] SIEMENS, „Functionele veiligheid van machines en productie-installaties,“ 25 juni 2009. [Online]. Available: [file:///D:/Yannick%20Idh/Google%20Drive/Bestanden/UH/Masterproef/Lite ratuurstudie%20nuttige%20bestanden/Brochure%20Safety%20Integrated %20normen-overzicht%20\(NL\)\\_E20001-A230-M103-V2-5400.pdf](file:///D:/Yannick%20Idh/Google%20Drive/Bestanden/UH/Masterproef/Lite%20ratuurstudie%20nuttige%20bestanden/Brochure%20Safety%20Integrated%20normen-overzicht%20(NL)_E20001-A230-M103-V2-5400.pdf). [Geopend 2 december 2017].
- [20] PILZ, „Functionele veiligheid,“ 10 juni 2016. [Online]. Available: <https://www.pilz.com/nl-BE/knowhow/law-standards-norms/functional-safety>. [Geopend 2 december 2017].
- [21] FESTO, „Stopper cylinders DFST,“ 12 oktober 2017. [Online]. Available: [https://www.festo.com/cat/nl\\_nl/data/doc\\_engb/PDF/EN/DFST\\_EN.PDF](https://www.festo.com/cat/nl_nl/data/doc_engb/PDF/EN/DFST_EN.PDF). [Geopend 22 november 2017].
- [22] FESTO, „Stopper cylinders DFSP,“ 12 oktober 2017. [Online]. Available: [https://www.festo.com/cat/nl\\_nl/data/doc\\_engb/PDF/EN/DFSP\\_EN.PDF](https://www.festo.com/cat/nl_nl/data/doc_engb/PDF/EN/DFSP_EN.PDF). [Geopend 22 november 2017].

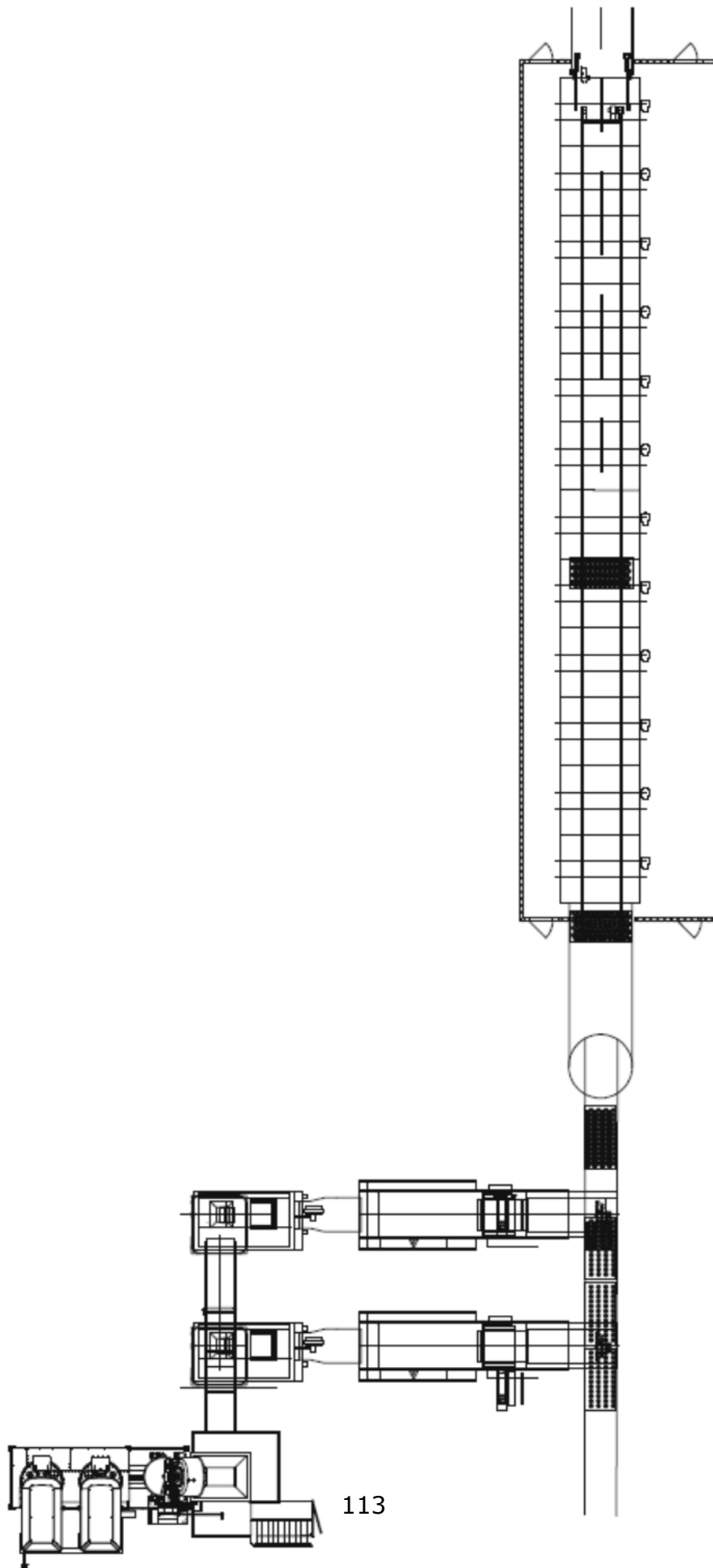


# Bijlagen

Bijlage A: Schets bovenaanzicht toekomstige lijn.....	112
Bijlage B: Documentatie hydraulische cilinder korte slag .....	114
Bijlage C: Documentatie hydraulische cilinder lange slag .....	116
Bijlage D: Documentatie hydraulische cilinder rotatie .....	118
Bijlage E: Scharnierkop hydraulische cilinder met bollager .....	120
Bijlage F: Selectie combirollen en profielen Vansichen .....	121
Bijlage G: Documentatie kogellager SKF .....	128
Bijlage H: Documentatie axiaallager SKF .....	129
Bijlage I: Documentatie oliekeerring SKF .....	130
Bijlage J: Documentatie flenslager SKF .....	131
Bijlage K: Offerte Ketting Techniek Nederland .....	133
Bijlage L: Documentatie (selectie) stoppercilinder DFST FESTO .....	138
Bijlage M: Documentatie (selectie) stoppercilinder DFSP FESTO .....	144
Bijlage N: Documentatie laserafstandssensor BALLUFF .....	147
Bijlage O: Documentatie laserafstandssensor SICK DT50-2B215252 .....	150
Bijlage P: Documentatie inductieve sensor IFM.....	157
Bijlage Q: Productinformatie motor .....	160
Bijlage R: Productinformatie inverter .....	161

Bijlage A: Schets bovenaanzicht toekomstige lijn





113



## Bijlage B: Documentatie hydraulische cilinder korte slag

### Configuration documentation Tie rod cylinder

**Rexroth**  
Bosch Group

**Model code** CDT3MS2/50/36/42Z3X/B11HDDMWWWWW

#### Description

Mode of operation	<b>CD</b>	Single rod cylinder
Range	<b>T3</b>	Range T3 to ISO 6020/2, DIN 24554
Mounting types	<b>MS2</b>	Foot mounting
Bore diameter	<b>50</b>	D = 50 mm
Piston rod diameter	<b>36</b>	d = 36 mm
Stroke length	<b>42</b>	Stroke length = 42 mm
Design principle	<b>Z</b>	Head and base connected via tie rods
Component series	<b>3X</b>	30 to 39 unchanged installation and connection dimensions
Port connection / types	<b>B</b>	Pipe thread (ISO 1179-1) EE = G 1/2 DT = 34 (max. 0.5 mm deep)
Port location at head	<b>1</b>	Top - viewed on the piston rod
Port location at cap	<b>1</b>	Top - viewed on the piston rod
Piston rod version	<b>H</b>	Case hardened and hard chromium plated
Piston rod end	<b>D</b>	Thread (ISO) for self-aligning clevis CGKA KK = M27 x 2 A = 36 NV = 30
End position cushioning	<b>D</b>	Both sides, self adjusting Cushioning length, head end 22 mm Cushioning length, base end 22 mm
Seal version	<b>M</b>	Standard seal system (suitable for mineral oil to DIN 51 524 HL, HLP and HFA)
Option 1	<b>W</b>	Without options
Option 2	<b>W</b>	Without options
Corrosion category	<b>W</b>	Class CP3 (C3, short: according DIN EN ISO 12994-2)



Properties:  
240 h salt spray test SST (DIN EN ISO 9227)  
240 h condensation test KKT (DIN EN ISO 6270-2)  
layer thickness: min. 40 µm

Application indoors:  
Application area e.g. hall atmosphere,  
Humidity <= 60%, no thermal load

Application outdoors:  
not suitable for outdoor weather conditions  
RAL color value RAL5010 (gentian blue)

Color

---

**Model code** CDT3MS2/50/36/42Z3X/B11HDDMWWWWW

oil filling **W** without oil filling  
test certificate **W** without test certificate

**Note:**

The information contained herein is intended to serve purely as a product description. The information we have provided cannot be used as evidence of a particular aspect or of suitability for a particular purpose. This information does not release the user from his responsibility to perform his own assessments and tests. Please note that our products are subject to the natural processes of aging and wear.

The stated operating pressures are valid for applications with shockfree operation. For extrem loads, as for example fast cycling, the mounting elements and piston rod thread connection must be designed for fatigue.

The specified resistances of the individual Bosch Rexroth classes only relate to primed/painted cylinder surfaces, not to piston rods, trunnions etc. Special measures may be required for these.

© All rights reserved by Bosch Rexroth AG, also for the event of registration of industrial property rights. All rights of disposal, such as copyright and right of distribution, reserved.

---

**Accessories**

Mounting element Swivel clevis head  
Fork bearing block for mounting on the piston rod with the self-aligning clevis

---

**Spare parts**

**Material number** R961008009 **Designation** Seal kit

## Bijlage C: Documentatie hydraulische cilinder lange slag

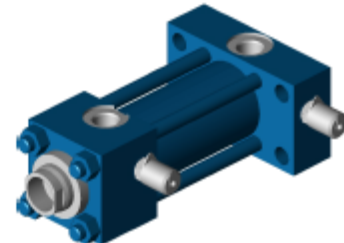
### Configuratie-documentatie trekancercilinder



**typesleutel** CDT3ME6/50/36/74Z3X/B11HEDMAWWWW

#### beschrijving

werking	<b>CD</b>	dubbelwerkende cilinder
serie	<b>T3</b>	Serie T3 volgens ISO 6020/2, DIN 24554
bevestigingswijze	<b>ME6</b>	rechthoekflens aan bodem
zuigerdiameter	<b>50</b>	D = 50 mm
zuigerstangdiameter	<b>36</b>	d = 36 mm
slaglengte	<b>74</b>	slaglengte = 74 mm
constructieprincipe	<b>Z</b>	kop en bodem met trekstangen verbonden
materiaalreeks	<b>3X</b>	30 tot 39 ongewijzigde inbouw- en aansluitmaten
aansluiting / uitvoering	<b>B</b>	Draadaansluiting (ISO 1179-1) EE = G 1/2 DT = 34 (max. 0,5 mm diep)
aansluiting / positie aan de kop	<b>1</b>	boven - gezien op zuigerstang
aansluiting / positie aan de bodem	<b>1</b>	boven - gezien op zuigerstang
zuigerstanguitvoering	<b>H</b>	Gehard en hardverchroomd
zuigerstangeinde	<b>E</b>	Inwendige schroefdraad KF = M27 x 2 AF = 36 NV = 30
buffers	<b>D</b>	Beide zijden zelfinstellend dempingslengte, kopzijde 22 mm dempingslengte bodemzijde 22 mm
afdichtingsuitvoering	<b>M</b>	standaard afdichtingssysteem (geschikt voor minerale olie volgens DIN 51 524 HL, HLP en HFA)
optie 1	<b>A</b>	schroefkoppeling, aan beide zijden
optie 2	<b>W</b>	Zonder opties
Corrosiviteitscategorie	<b>W</b>	Class CP3 (C3, short: according DIN EN ISO 12994-2)



Properties:  
240 h salt spray test SST (DIN EN ISO 9227)  
240 h condensation test KKT (DIN EN ISO 6270-2)  
layer thickness: min. 40 µm

Application indoors:  
Application area e.g. hall atmosphere,  
Humidity <= 60%, no thermal load

Application outdoors:  
not suitable for outdoor weather conditions

**typesleutel** CDT3ME6/50/36/74Z3X/B11HEDMAWWWW

Kleurtoon		RAL-kleurwaarde RAL5010 (gentiaanblauw)
oil filling	<b>W</b>	without oil filling
test certificate	<b>W</b>	without test certificate

**Aanwijzing:**

De aangegeven gegevens zijn alleen bedoeld voor de productomschrijving. Uitspraken betreffende een bepaalde eigenschap of geschiktheid voor een bepaald gebruiksdoel kan niet uit onze informatie worden afgeleid. De informatie ontslaat de gebruiker niet van de noodzaak zelf beoordelingen en tests uit te voeren. Houd er rekening mee dat onze producten aan een natuurlijk slijtage- en verouderingsproces onderworpen zijn.

De aangegeven werkdrukken gelden voor toepassingen in schokvrij bedrijf. bij extreme belastingen, zoals bijv. korte cyclustijden, moeten bevestigingselementen en de zuigerstangschroefdraad voor continue belasting worden gedimensioneerd.

De aangegeven bestendigheid van de afzonderlijke Bosch Rexroth-klassen hebben uitsluitend betrekking op gelakte cilindervlakken, niet op bijv. zuigerstangen, zwenktappen enz. Hiervoor dienen zo nodig speciale maatregelen te worden getroffen.

© Alle rechten voorbehouden aan Bosch Rexroth AG, ook in het geval van ingediende octrooiaanvragen. Elke beschikkingsbevoegdheid, zoals copyright en distributierecht, is aan ons.

---

**Toebehoren**

bevestigingselementen

---

**reservedelen**

<b>Materiaalnummer</b>	<b>benaming</b>
R961008009	Afdichtingsset

## Bijlage D: Documentatie hydraulische cilinder rotatie

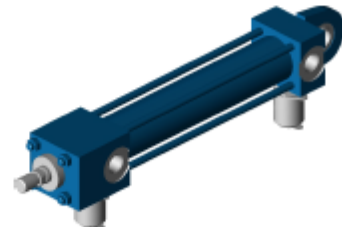
### Configuratie-documentatie trekancercilinder

**Rexroth**  
Bosch Group

**typesleutel** CDT3MP5/25/12/128Z3X/B22HHDMAWWWW

#### beschrijving

werking	<b>CD</b>	dubbelwerkende cilinder
serie	<b>T3</b>	Serie T3 volgens ISO 6020/2, DIN 24554
bevestigingswijze	<b>MP5</b>	oog met bollager aan bodem
zuigerdiameter	<b>25</b>	D = 25 mm
zuigerstangdiameter	<b>12</b>	d = 12 mm
slaglengte	<b>128</b>	slaglengte = 128 mm
constructieprincipe	<b>Z</b>	kop en bodem met trekstangen verbonden
materiaalreeks	<b>3X</b>	30 tot 39 ongewijzigde inbouw- en aansluitmaten
aansluiting / uitvoering	<b>B</b>	Draadaansluiting (ISO 1179-1) EE = G 1/4 DT = 25 (max. 0,5 mm diep)
aansluiting / positie aan de kop	<b>2</b>	rechts - gezien op zuigerstang
aansluiting / positie aan de bodem	<b>2</b>	rechts - gezien op zuigerstang
zuigerstanguitvoering	<b>H</b>	Gehard en hardverchroomd
zuigerstangeinde	<b>H</b>	Schroefdraad (ISO/DIN) voor stalen oog CGKA KK = M10 x 1,25 A = 14 NV = 10
buffers	<b>D</b>	Beide zijden zelfinstellend dempingslengte, kopzijde 15 mm dempingslengte bodemzijde 15 mm
afdichtingsuitvoering	<b>M</b>	standaard afdichtingssysteem (geschikt voor minerale olie volgens DIN 51 524 HL, HLP en HFA)
optie 1	<b>A</b>	schroefkoppeling, aan beide zijden
optie 2	<b>W</b>	Zonder opties





<b>typesleutel</b>		CDT3MP5/25/12/128Z3X/B22HHDMAWWWW
Corrosiviteitscategorie	<b>W</b>	Class CP3 (C3, short: according DIN EN ISO 12994-2)  Properties: 240 h salt spray test SST (DIN EN ISO 9227) 240 h condensation test KKT (DIN EN ISO 6270-2) layer thickness: min. 40 µm  Application indoors: Application area e.g. hall atmosphere, Humidity <= 60%, no thermal load  Application outdoors: not suitable for outdoor weather conditions RAL-kleurwaarde RAL5010 (gentiaanblauw)
Kleurtoon		
oil filling	<b>W</b>	without oil filling
test certificate	<b>W</b>	without test certificate

**Aanwijzing:**

De aangegeven gegevens zijn alleen bedoeld voor de productomschrijving. Uitspraken betreffende een bepaalde eigenschap of geschiktheid voor een bepaald gebruiksdoel kan niet uit onze informatie worden afgeleid. De informatie ontslaat de gebruiker niet van de noodzaak zelf beoordelingen en tests uit te voeren. Houd er rekening mee dat onze producten aan een natuurlijk slijtage- en verouderingsproces onderworpen zijn.

De aangegeven werkdrukken gelden voor toepassingen in schokvrij bedrijf. bij extreme belastingen, zoals bijv. korte cyclustijden, moeten bevestigingselementen en de zuigerstangschroefdraad voor continue belasting worden gedimensioneerd.

De aangegeven bestendigheid van de afzonderlijke Bosch Rexroth-klassen hebben uitsluitend betrekking op gelakte cilindervlakken, niet op bijv. zuigerstangen, zwenktappen enz. Hiervoor dienen zo nodig speciale maatregelen te worden getroffen.

© Alle rechten voorbehouden aan Bosch Rexroth AG, ook in het geval van ingediende octrooiaanvragen. Elke beschikingsbevoegdheid, zoals copyright en distributierecht, is aan ons.

---

**Toebehoren**

bevestigingselementen	oog met bollager Gaffellagersteun voor montage met scharnierkop aan de zuigerstang
-----------------------	--

## Bijlage E: Scharnierkop hydraulische cilinder met bollager

### Configuratie-documentatie ogen met bollager

**Rexroth**  
Bosch Group

<b>typesleutel</b>	CGK 10	
<b>Materiaalnummer</b>	R900001653	
<b>beschrijving</b>		
type	<b>CGK</b>	Scharnierkop CGK ISO 6126/DIN 648
bouwgrootte	<b>10</b>	Bouwgrootte 10



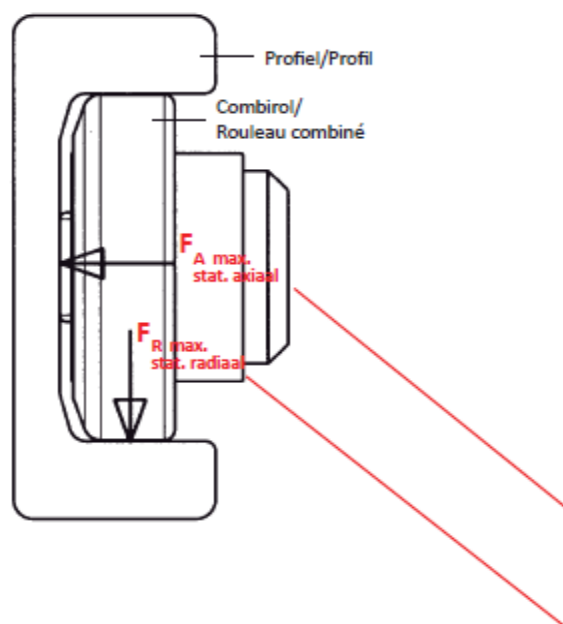
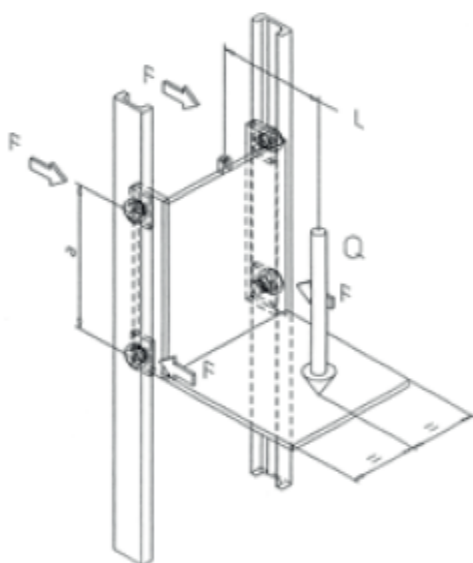
## Bijlage F: Selectie combirollen en profielen Vansichen

## Berekening van de rollenbelasting/Calcul de charge des rouleaux

### Formule

$$F_{\text{max. stat. radiaal}} [\text{N}] = \frac{Q \cdot L}{2 \cdot A}$$

Winkel



### Voorbeeld/Exemple

Type	D [mm]	T [mm]	d -0.05 [mm]	H [mm]	h [mm]	B [mm]	A [mm]	S [mm]	r [mm]
4.054	62.5	42	30	37.5	30.5	20	2.5	20	3
4.055	70.1	48	35	44.0	36.0	23	2.5	22	4
4.056	77.7	54	40	48.0	36.5	23	3.0	26	4
4.057	77.7	53	40	40.0	29.0	23	3.0	26	4
4.058	88.4	59	45	57.0	44.0	30	3.5	26	3
4.059	101.2	67	50	46.0	33.0	28	3.0	30	3
4.060	107.7	71	55	54.0	39.0	31	3.0	34	5
4.061	107.7	71	60	69.0	55.0	31	4.0	34	5
4.062	123.0	80	60	72.3	56.0	37	5.0	40	5
4.063	149.0	103	60	78.5	58.5	43	5.5	50	3



Belastingwaarden van de types combirollen/  
Sélection des galets combinés par la pression de Hertz

Radioallager/ Roulements radiaux	Combirol axiaalrol vast/ Rouleaux axiaux fixes	Combirol axiaalrol instelbaar/ Rouleaux axiaux régable par excentrique	Combirol axiaalrol instelbaar/ Rouleaux axiaux régable par calage	Combirol volledig instelbaar/ Unité de rouleaux combinés ajustables	Combirol met boutmontage/ Rouleaux combinés avec boulons combinés	$F_R$ [kN]		$F_A$ [kN]		Profiel type/ Type de profilés	
						max. stat. radiaal	max. stat. axiaal	max. stat. radiaal	max. stat. axiaal	U	T
-	-	-	-	-	-	0.80	-	3.10	-	A	-
-	4.053	-	-	-	-	5.23	-	1.68	-	S	-
(PR) 2.054	(PR) 4.054	(PR) 4.454	(PR) 4.072	JC 4.054	KB (PR) 4.072	10.30	-	3.20	-	(PR) 0 NbV	-
(PR) 2.055	(PR) 4.055	(PR) 4.455	(PR) 4.073	JC 4.055	KB (PR) 4.073	12.40	12.40	3.87	3.87	(PR) 1 NbV	3018 NbV
(PR) 2.056	(PR) 4.056	(PR) 4.456	(PR) 4.074	JC 4.056	KB (PR) 4.074	12.90	-	4.00	-	(PR) 2 NbV	-
-	4.057	4.457	4.075	-	-	-	12.90	-	4.00	-	3019 NbV
(PR) 2.058	(PR) 4.058	(PR) 4.458	(PR) 4.076	JC 4.058	KB (PR) 4.076	22.40	22.40	7.00	7.00	(PR) 3 NbV	3020 NbV
-	4.059	4.459	4.077	-	-	-	22.00	-	7.00	-	2912 NbV
-	4.060	4.460	4.078	-	-	-	23.80	-	7.44	-	3100 NbV
(PR) 2.061	(PR) 4.061	(PR) 4.461	(PR) 4.0784	JC 4.061	KB (PR) 4.0784	23.80	-	7.44	-	(PR) 4 NbV	-
(PR) 2.062	(PR) 4.062	(PR) 4.462	(PR) 4.079	JC 4.062	KB (PR) 4.079	33.90	-	10.60	-	(PR) 5 NbV	-
-	4.062	4.462	4.079	-	-	-	26.00	-	10.60	-	3353 NbV
(PR) 2.063	(PR) 4.063	(PR) 4.463	-	JC 4.063	KB (PR) 4.080	59.20	-	18.50	-	(PR) 6 NbV	-
-	-	-	(PR) 4.080	-	KB (PR) 4.080	39.50	-	18.50	-	(PR) 6 NbV	-
-	-	(PR) 4.085	-	-	-	91.80	-	23.70	-	(PR) 8 NbV	-
-	-	4.089	-	-	-	-	41.71	-	13.91	-	10
-	-	4.090	-	-	-	-	58.00	-	19.40	-	16
-	-	4.091	-	-	-	-	84.00	-	28.00	-	18
-	-	4.092	-	-	-	-	101.50	-	33.90	-	28
-	-	4.093	-	-	-	-	139.40	-	46.50	-	36/42
-	-	4.094	-	-	-	-	192.00	-	57.70	-	50

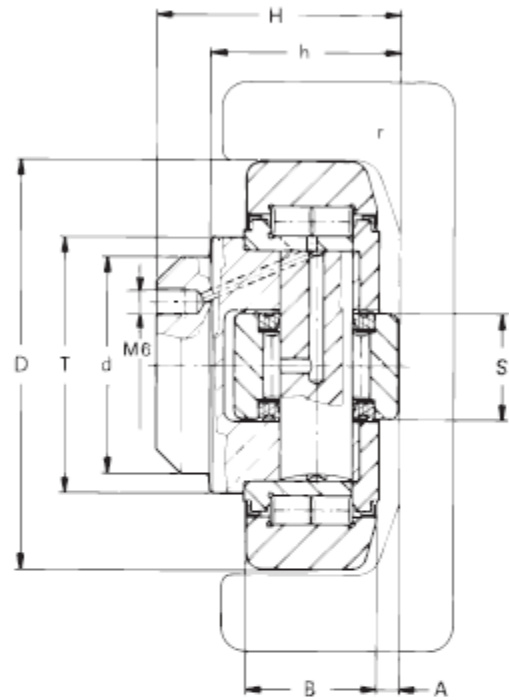
Winkel

Type	$F_R$ [kN]	$F_A$ [kN]	C [kN]	$C_o$ [kN]	$C_A$ [kN]	$C_{DA}$ [kN]	u/min max.	Gewicht/ Poids [kg]	Adaptorplaten/ Platines à visser		Standaard profiel/ Profilé standard	
4.054	10.30	3.20	31.0	35.5	11	11	900	0.53	AP0	AP0-Q	0 NbV	
4.055	12.40	3.87	45.5	51.0	13	14	900	0.80	AP1	AP1-Q	1 NbV	3018 NbV
4.056	12.90	4.00	48.0	56.8	18	18	800	1.00	AP2	AP2-Q	2 NbV	
4.057	12.90	4.00	48.0	56.8	18	18	800	0.87	-	-	-	3019 NbV
4.058	22.40	7.00	68.0	72.0	23	23	750	1.62	AP3.1	AP3-Q	3 NbV	3020 NbV
4.059	22.00	7.00	73.0	82.0	25	27	700	1.74	-	-	-	2912 NbV
4.060	23.80	7.44	81.0	95.0	31	36	650	2.27	-	-	-	3100 NbV
4.061	23.80	7.44	81.0	95.0	31	36	650	2.82	AP4	AP4-Q	4 NbV	
4.062	33.90 (26.00)	10.60	110.0	132.0	43	50	550	3.89	AP4	AP4-Q	5 NbV	3353 NbV
4.063	59.20	18.50	151.0	192.0	68	71	450	6.52	AP6	AP6-Q	6 NbV	

Combirol met vast axiaal rol/Rouleau axial fixe

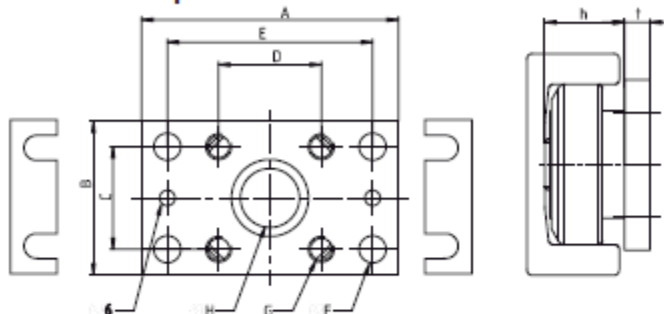
Afmetingen/Dimensions du produit

Winkel



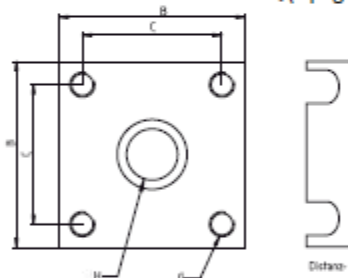
Type	D [mm]	T [mm]	d -0.05 [mm]	H [mm]	h [mm]	B [mm]	A [mm]	S [mm]	r [mm]
4.053	52.5	40	30	33.0	27.0	17	5.0	15	2
4.054	62.5	42	33.030	37.5	30.5	20	2.5	20	3
<b>4.055</b>	<b>70.1</b>	<b>48</b>	<b>35</b>	<b>44.0</b>	<b>36.0</b>	<b>23</b>	<b>2.5</b>	<b>22</b>	<b>4</b>
4.056	77.7	54	40	48.0	36.5	23	3.0	26	4
4.057	77.7	53	40	40.0	29.0	23	3.0	26	4
4.058	88.4	59	45	57.0	44.0	30	3.5	26	3
4.059	101.2	67	50	46.0	33.0	28	3.0	30	3
4.060	107.7	71	55	54.0	39.0	31	3.0	34	5
4.061	107.7	71	60	69.0	55.0	31	4.0	34	5
4.062	123.0	80	60	72.3	56.0	37	5.0	40	5
4.063	149.0	103	60	78.5	58.5	43	5.5	50	3

Bijhorende adaptorplaten/Platines à visser correspondantes



Type	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	ø F [mm]	G [mm]	ø H [mm]	t [mm]	Afstandsplaatje/ Cale de réglage t=0.5mm	Afstandsplaatje/ Cale de réglage t=1mm
AP 5	90	50	30	40	70	8.5	M 8	30	10	DS-S-0.5	DS-S-1.0
AP 0	100	60	40	40	80	10.5	M 10	30	10	DS-0-0.5	DS-0-1.0
<b>AP 1</b>	<b>120</b>	<b>80</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>90</b>	<b>12.5</b>	<b>M 12</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>DS-1-0.5</b>	<b>DS-1-1.0</b>
AP 2	120	80	50	50	90	12.5	M 12	40	15	DS-2-0.5	DS-2-1.0
AP 3.1	160	100	60	60	120	17.0	M 16	45	20	DS-3.1-0.5	DS-3.1-1.0
AP 4	180	120	80	80	140	17.0	M 16	60	20	DS-4-0.5	DS-4-1.0
AP 6	200	150	100	100	160	17.0	M 16	60	20	DS-6-0.5	DS-6-1.0

Vierkante adaptorplaat AP-Q/  
Platine à visser carré série AP-Q (P.page 70)



Type profielen/  
Type de profilés (P.page 58)



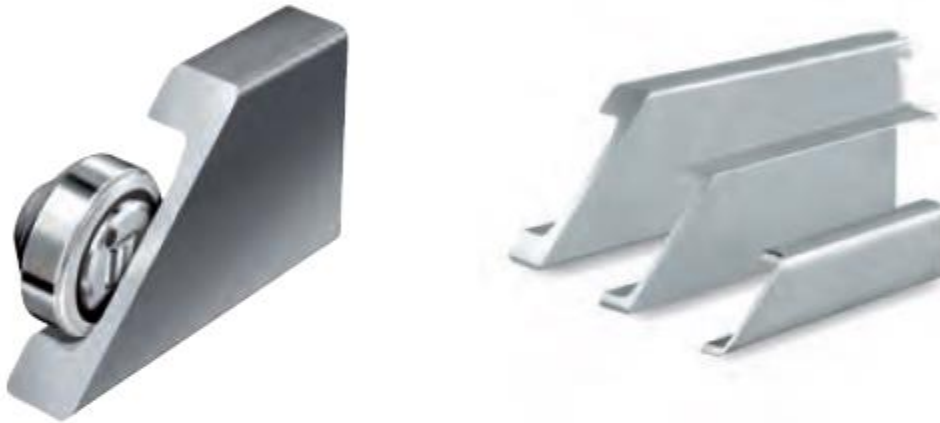
Type	F <sub>R</sub> [kN]	F <sub>A</sub> [kN]	C [kN]	C <sub>O</sub> [kN]	C <sub>A</sub> [kN]	C <sub>OA</sub> [kN]	u/min max.	Gewicht/ Poids [kg]	Adaptorplaten/ Platines à visser	Standaard profiel/ Profilé standard
4.053	5.23	1.68	24.0	32.0	7	7	800	0.46	APS	S
4.054	10.30	3.20	31.0	35.5	11	11	900	0.53	AP0	AP0-Q 0 NbV
4.055	12.40	3.87	45.5	51.0	13	14	900	0.80	AP1	AP1-Q 1 NbV 3018 NbV
4.056	12.90	4.00	48.0	56.8	18	18	800	1.00	AP2	AP2-Q 2 NbV
4.057	12.90	4.00	48.0	56.8	18	18	800	0.87	-	3019 NbV
4.058	22.40	7.00	68.0	72.0	23	23	750	1.62	AP3.1	AP3-Q 3 NbV 3020 NbV
4.059	22.00	7.00	73.0	82.0	25	27	700	1.74	-	2912 NbV
4.060	23.80	7.44	81.0	95.0	31	36	650	2.27	-	3100 NbV
4.061	23.80	7.44	81.0	95.0	31	36	650	2.82	AP4	AP4-Q 4 NbV
4.062	33.90 (26.00)	10.60	110.0	132.0	43	50	550	3.89	AP4	AP4-Q 5 NbV 3353 NbV
4.063	59.20	18.50	151.0	192.0	68	71	450	6.52	AP6	AP6-Q 6 NbV

## Standaard NbV-profielen/Profilés standards NbV

Alle profielen vanaf standaard 0 Nb zijn vervaardigd uit lasbaar hoogwaardig staal S450 J2. Ze worden fijngericht en gezandstraald geleverd tot een lengte van 12 meter. De profielen kunnen volgens tekening worden bewerkt.

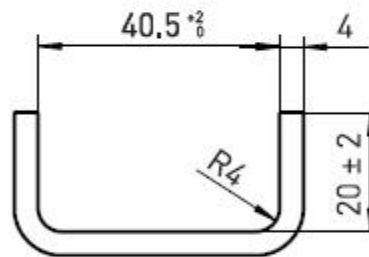
Tout les profilés à partir du standard 0Nb sont en acier haute qualité soudable S450 J2. Ils sont dressés et sablés, livrable sur une longueur de 12 m. Les profilés peuvent être usinés suivant plan.

Winkel



### Standaard A

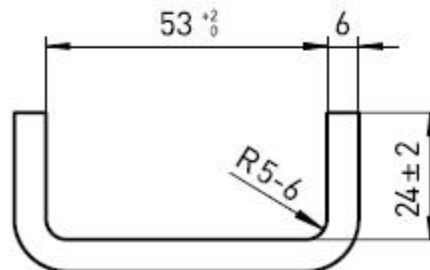
- Gewicht/poids: 2.62 kg/m
- A: 3.3 cm<sup>2</sup>
- I<sub>x</sub>: 10.6 cm<sup>4</sup>
- W<sub>x</sub>: 4.4 cm<sup>3</sup>
- I<sub>y</sub>: 1.7 cm<sup>4</sup>
- W<sub>y</sub>: 1.0 cm<sup>3</sup>
- e<sub>y</sub>: 0.8 cm



L<sub>max</sub> = 6 m

### Standaard S

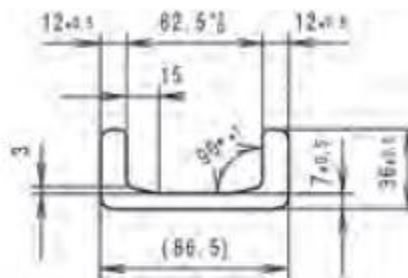
- Gewicht/poids: 5.3 kg/m
- A: 6.4 cm<sup>2</sup>
- I<sub>x</sub>: 35.4 cm<sup>4</sup>
- W<sub>x</sub>: 10.9 cm<sup>3</sup>
- I<sub>y</sub>: 5.0 cm<sup>4</sup>
- W<sub>y</sub>: 2.5 cm<sup>3</sup>
- e<sub>y</sub>: 1.0 cm



L<sub>max</sub> = 8 m

**Standaard 0 NbV**

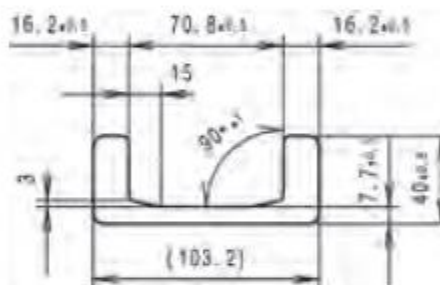
- Gewicht/poids: 10.5 kg/m
- A: 13.4 cm<sup>2</sup>
- Ix: 136.6 cm<sup>4</sup>
- Wx: 31.6 cm<sup>3</sup>
- Iy: 15.4 cm<sup>4</sup>
- Wy: 6.7 cm<sup>3</sup>
- ey: 1.3 cm



L<sub>max</sub> = 12 m

**Standaard 1 NbV**

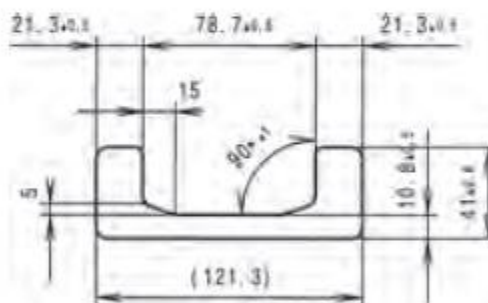
- Gewicht/poids: 14.8 kg/m
- A: 18.8 cm<sup>2</sup>
- Ix: 272.9 cm<sup>4</sup>
- Wx: 52.9 cm<sup>3</sup>
- Iy: 27.3 cm<sup>4</sup>
- Wy: 10.9 cm<sup>3</sup>
- ey: 1.5 cm



L<sub>max</sub> = 12 m

**Standaard 2 NbV**

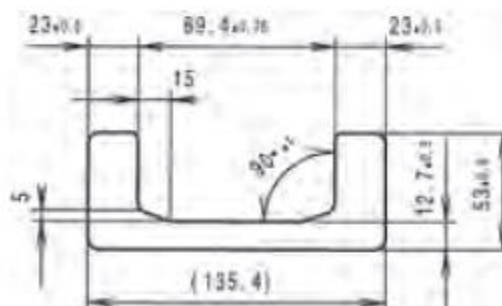
- Gewicht/poids: 20.9 kg/m
- A: 26.6 cm<sup>2</sup>
- Ix: 492.7 cm<sup>4</sup>
- Wx: 81.2 cm<sup>3</sup>
- Iy: 37.9 cm<sup>4</sup>
- Wy: 14.8 cm<sup>3</sup>
- ey: 1.5 cm



L<sub>max</sub> = 12 m

**Standaard 3 NbV**

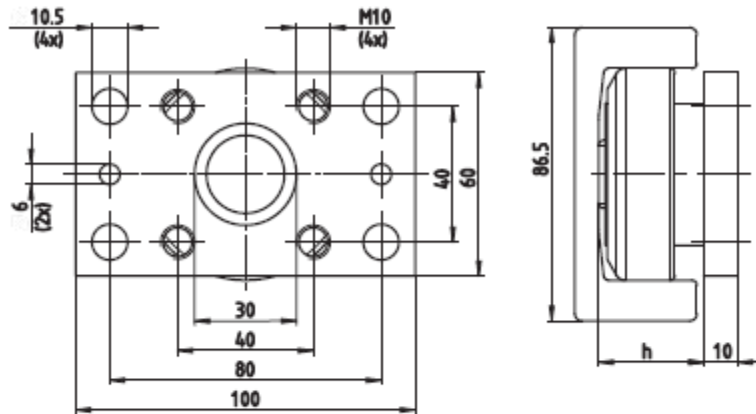
- Gewicht/poids: 28.6 kg/m
- A: 36.4 cm<sup>2</sup>
- Ix: 864.1 cm<sup>4</sup>
- Wx: 127.6 cm<sup>3</sup>
- Iy: 89.5 cm<sup>4</sup>
- Wy: 27.1 cm<sup>3</sup>
- ey: 2.0 cm



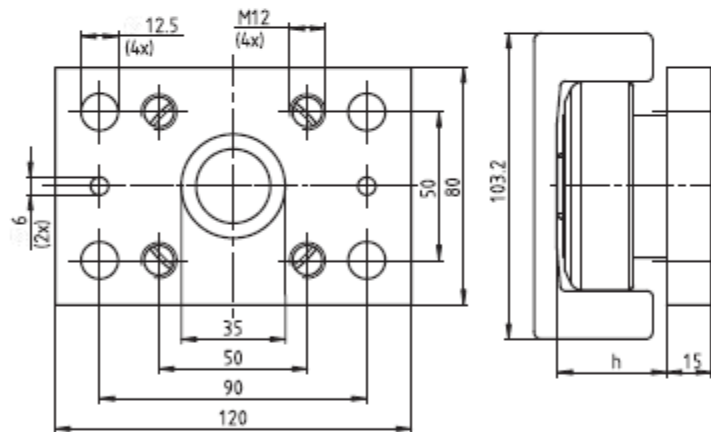
L<sub>max</sub> = 12 m

Winkel



**AP 0**

**Winkel**

Type	Rollen/Rouleaux	Profiel/Profilé	h [mm]	Gewicht/ Poids [kg]	Afstandsplaatjes/ Cales de réglage	
AP 0	2.054	Standaard 0 NbV	30.5	0.35	DS-0-0.5	DS-0-1.0
	4.054	Standaard 0 NbV	30.5			
	4.454	Standaard 0 NbV	30.5 - 32.0			
	4.072(P)	Standaard 0 NbV	33.0			
	PR 2.054	PR 0 NbV	29.5			
	PR 4.054	PR 0 NbV	30.5			
	PR 4.454	PR 0 NbV	30.5 - 32.0			

**AP 1**


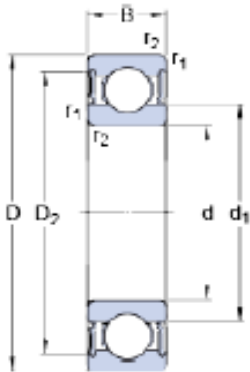
Type	Rollen/Rouleaux	Profiel/Profilé	h [mm]	Gewicht/ Poids [kg]	Afstandsplaatjes/ Cales de réglage	
AP 1	2.055	Standaard 1 NbV	36.0	0.90	DS-1-0.5	DS-1-1.0
	4.055	Standaard 1 NbV	36.0			
	4.455	Standaard 1 NbV	36.0 - 37.5			
	4.073(P)	Standaard 1 NbV	40.0			
	PR 2.055	PR 1 NbV	36.0			
	PR 4.055	PR 1 NbV	36.0			
	PR 4.455	PR 1 NbV	36.0 - 37.5			

## Bijlage G: Documentatie kogellager SKF



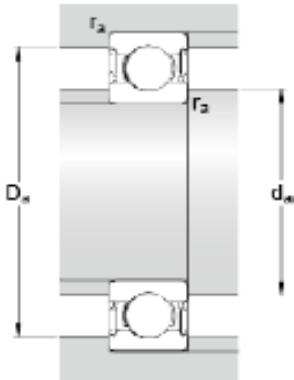
### 61910-2RS1

#### Dimensions



d	50	mm
D	72	mm
B	12	mm
d <sub>1</sub>	≈ 56.8	mm
D <sub>2</sub>	≈ 67.3	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 0.6	mm

#### Abutment dimensions



d <sub>a</sub>	min. 53.2	mm
d <sub>a</sub>	max. 56.8	mm
D <sub>a</sub>	max. 68.8	mm
r <sub>a</sub>	max. 0.6	mm

#### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	14.6	kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	11.8	kN
Fatigue load limit	P <sub>u</sub>	0.5	kN
Limiting speed		5600	r/min
Calculation factor	k <sub>r</sub>	0.02	
Calculation factor	f <sub>0</sub>	16.1	

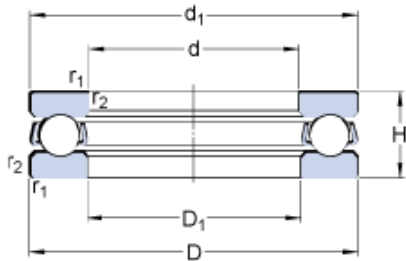
#### Mass

Mass bearing	0.14	kg
--------------	------	----

**SKF**

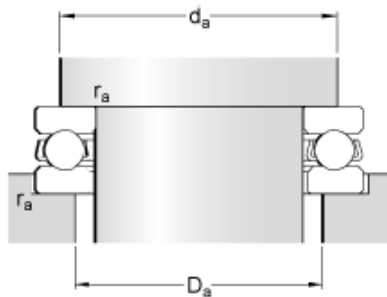
**51306**

**Dimensions**



$d$	30	mm
$D$	60	mm
$H$	21	mm
$d_1$	≈ 60	mm
$D_1$	≈ 32	mm
$r_{1,2}$	min. 1	mm

**Abutment dimensions**



$d_a$	min. 48	mm
$D_a$	max. 42	mm
$r_a$	max. 1	mm

**Calculation data**

Basic dynamic load rating	$C$	35.8	kN
Basic static load rating	$C_0$	65.5	kN
Fatigue load limit	$P_u$	2.4	kN
Reference speed		3800	r/min
Limiting speed		5300	r/min
Minimum load factor	$A$	0.026	

**Mass**

Mass bearing (including seat washer where applicable)		0.26	kg
---	--	------	----



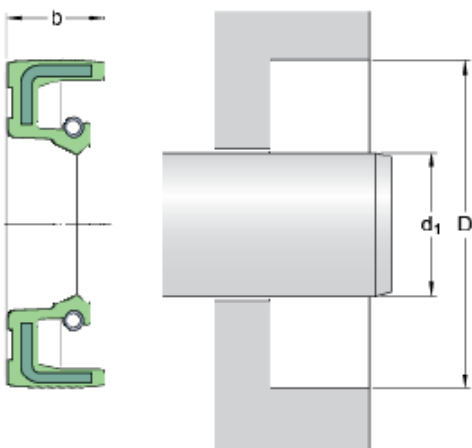
## Bijlage I: Documentatie oliekeerring SKF



### 60x72x8 HMS5 V

US stock number	563341
Design	HMS5
Lip material	V
Stainless steel garter spring	

#### Dimensions



$d_1$	60	mm
D	72	mm
b	8	mm

#### Application and operating conditions

Pressure differential	max.	0.03	MPa
Operating temperature	min.	-40	°C
Operating temperature	max.	200	°C
Operating temperature, short period	max.	220	°C
Rotational speed	max.	4456	r/min
Shaft surface speed	max.	14	m/s

# Bijlage J: Documentatie flenslager SKF

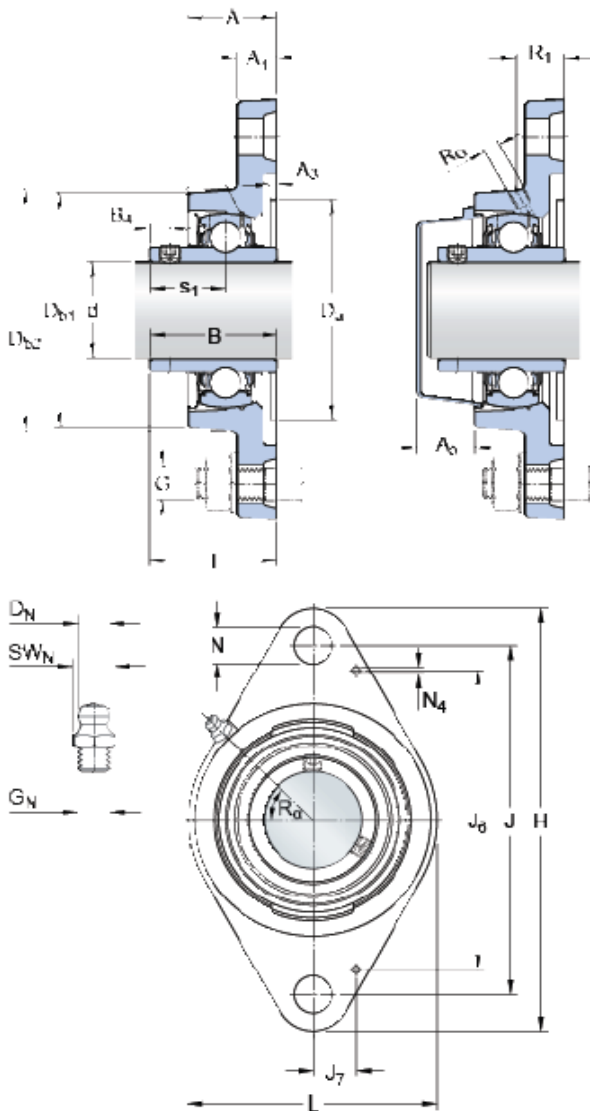


## FYTB 25 TF

Housing material

Cast iron

### Dimensions



d	25	mm
A	30	mm
A <sub>1</sub>	12	mm
A <sub>3</sub>	H14 3.2	mm
A <sub>5</sub>	18	mm
B	34.1	mm
B <sub>4</sub>	5	mm
D <sub>a</sub>	H11 63.5	mm
D <sub>b1</sub>	65	mm
D <sub>b2</sub>	70	mm
J	99	mm
H	124	mm
L	70	mm
N	11.5	mm
s <sub>1</sub>	19.8	mm
T	38.8	mm

### Threaded hole

R <sub>G</sub>	1/4-28 UNF	
R <sub>1</sub>	20.5	mm
R <sub>α</sub>	45	°

**Grease fitting**

$D_N$	6.5	mm
$SW_N$	7	mm
$G_N$	1/4-28 SAE-LT	

**Dowel pins**

$J_6$	81	mm
$J_7$	12	mm
$N_4$	2	mm

**Calculation data**

Basic dynamic load rating	$C$	14	kN
Basic static load rating	$C_0$	7.8	kN
Fatigue load limit	$P_u$	0.335	kN
Limiting speed (with shaft tolerance h6)		7000	r/min

**Mass**

Mass bearing unit		0.56	kg
-------------------	--	------	----

**Mounting information**

Thread grub screw	$G_2$	M6x0.75	
Hexagonal key size for grub screw	$N$	3	mm
Recommended tightening torque for grub screw		4	N·m
Recommended diameter for attachment bolts, mm	$G$	10	mm
Recommended diameter for attachment bolts, inch	$G$	0.375	in

**Appertaining products**

Housing	FYTB 505 M		
Bearing	YAR 205-2F		

**Appropriate products**

End cover	ECY 205		
-----------	---------	--	--

# Bijlage K: Offerte Ketting Techniek Nederland



KETTING TECHNIEK NEDERLAND B.V.

Vonderweg 46, 7468 DC Enter

Telefoon: (0547) 38 37 66  
 Telefax: (0547) 38 37 67  
 E-mail: info@kettingtechniek.nl  
 Internet: www.kettingtechniek.nl  
 Bank: Rabobank rek. nr. 14.54.60.274  
 IBAN NL06RABO 0145460274  
 BIC RABONL2U  
 Bank: ABN - Amro rek. nr. 59.39.46.604  
 IBAN NL80ABNA0593946804  
 BIC ABNANL2A  
 K.v.K. nr. 08094770 Enschede  
 B.T.W. nr. NL 609478717 B01

## Offerte

Offerte nummer : 17015999  
 Datum : 16-11-2017  
 Uw referentie : MAILAANVRAAG  
 Levering : Franco, vracht op rekening  
 Betalingsconditie : Binnen 60 dagen netto

### Aangevraagd door:

Elmech Services N.V.  
 Dhr. Y. Indeherberg  
 Industrieweg Noord 1114  
 B-3660 OPGLABBEEK  
 BELGIË  
 BTW nr. BE 0459941732

Geachte heer Indeherberg

Wij danken u voor uw aanvraag en bieden u geheel vrijblijvend aan:

Artikel	Omschrijving	Leverdatum	Aantal Eenh.	Prijs/eenh	Totaal Val.
0112B1KERZ00	12B-1 KETTING RZ RECHTE ZIJPLAAT VLGS DATABLAD 1.5.1	14-11-2017	350,00 mtr	6,92	2422,00 EUR
2012B1020000	K.W. 12B-1 DIN 8187 Z - 20 VOORGEBOORD  ** MEERPRIJS -BORING 30H7+SPIEBAAN VLGS. DIN + TAPGAT €10,00 / STUK  -DUBBELE LAGERKAMER 6004 €15,00 STUK	14-11-2017	32,00 st.	11,36	363,52 EUR
7012B1PTS100	GELEIDINGSPROFIEL 12B-1 PTS 1 LEVERLENGTES MAX 3000 MM PE 1000 3000 X 5 X 30 mm	14-11-2017	350,00 mtr	7,25	2537,50 EUR
2012B1016000	K.W. 12B-1 DIN 8187 Z - 16	14-11-2017	16,00 st.	8,69	139,04 EUR
2512B1016SP0	PL.W. 12B-1 DIN 8187 Z - 16 LAGERBORING 16	14-11-2017	16,00 st.	12,00	192,00 EUR
<b>Totaalbedrag excl. BTW</b>					<b>5.654,06 EUR</b>
<b>Totaalbedrag</b>					<b>5.654,06 EUR</b>

### Factuuradres

Elmech Services N.V.  
 Industrieweg Noord 1114  
 B-3660 OPGLABBEEK  
 BELGIË

### Afleveradres

Elmech Services N.V.  
 Industrieweg Noord 1114  
 B-3660 OPGLABBEEK  
 Tel: +32 (0)89 819819  
 BELGIË

### Opmerkingen

Levertijd onder voorbehoud

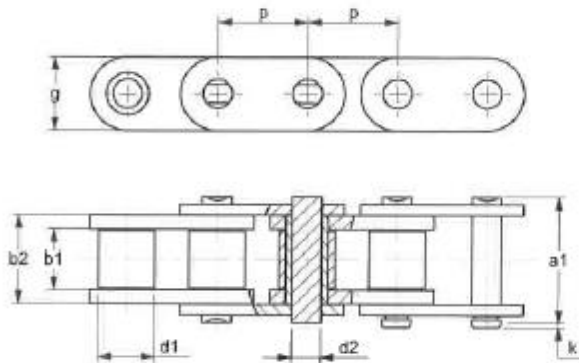
### Handtekening

**Ketting Techniek Nederland B.V.**  
 U aangeboden door:  
 Thomas Bouwman

\*Op alle aanbiedingen tot een overeenkomst inzake door ons te verrichten leveringen en/of diensten zijn van toepassing de algemene verkoop- en leveringsvoorwaarden voor de metaal- en de elektrotechnische industrie, zoals laatste(jk) door de Vereniging FME-CWM gedeponeerd ter griffie van de Arrondissementsrechtbank te Den Haag. Een exemplaar van deze voorwaarden is bijgevoegd of wordt u op aanvraag gratis toegezonden. Anderszuidende voorwaarden worden uitdrukkelijk afgewezen.\*

**ROLLENKETTINGEN RECHTE ZIJPLAAT**  
**ROLLERCHAIN STRAIGHT SIDEPLATES**  
**ROLLENKETTEN GERADEN LASCHEN**  
**CHAÎNES À ROULEAUX PLAQUES DROITES**

Europese norm vlgs. DIN 8187 / ISO 606  
 European standard acc. to DIN 8187 / ISO 606

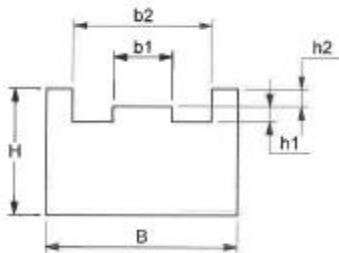
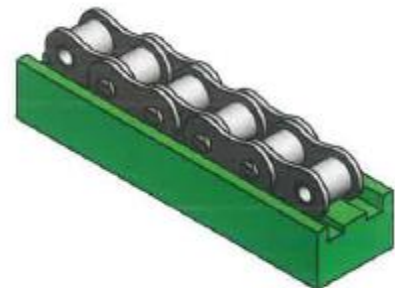


K.T.N. Number	p		b1 min. [mm]	d1 max. [mm]	b2 max. [mm]	d2 max. [mm]	a1 max. [mm]	k max. [mm]	g max. [mm]	f [cm <sup>2</sup> ]	Fb min. [kN]	q ca. [kg/m]
	[inch]	[mm]										
06B-1 RZ	3/8	9,525	5,72	6,35	8,53	3,28	13,50	3,30	8,20	0,28	9,00	0,41
08B-1 RZ	1/2	12,70	7,75	8,51	11,30	4,45	17,00	3,90	11,80	0,50	18,00	0,80
10B-1 RZ	5/8	15,875	9,65	10,16	13,28	5,08	19,60	4,10	14,70	0,67	22,40	1,06
12B-1 RZ	3/4	19,05	11,68	12,07	15,62	5,72	22,70	4,60	16,10	0,89	29,00	1,32
16B-1 RZ	1	25,40	17,02	15,88	25,40	8,28	36,10	5,40	21,00	2,10	60,00	3,08
16B-1 RZ	1	25,40	17,02	15,88	25,40	8,28	36,10	5,40	24,00	2,10	60,00	3,49
20B-1 RZ	1 1/4	31,75	19,56	19,05	29,00	10,19	43,20	6,10	26,40	2,96	95,00	4,16
24B-1 RZ	1 1/2	38,10	25,40	25,40	37,90	14,63	53,40	6,60	33,40	5,54	160,00	7,47
28B-1 RZ	1 3/4	44,45	30,99	27,94	46,50	15,90	65,10	7,40	37,00	7,39	200,00	9,90
32B-1 RZ	2	50,80	30,99	29,21	45,50	17,81	67,40	7,90	42,20	8,10	250,00	10,45

Optioneel diverse coatings  
 Additional several coatings

**KETTINGGELEIDINGEN PTS**  
**CHAIN GUIDINGS PTS**  
**KETTENFÜHRUNGEN PTS**  
**GUIDE DE CHÂÎNES PTS**

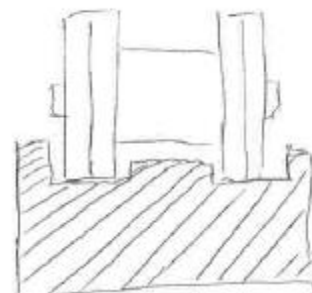
Voor rollenkettingen vlg. DIN 8187 / ISO 606  
 For rollerchains acc. to DIN 8187 / ISO 606



*DRAAGEN  
op 2 plaatsen*

Standaard lengtes in kunststof 2000 mm      Standard lengths in plastic 2000 mm

Materiaal kunststof PE      Material plastic PE



K.T.N. Number Plastic	K.T.N. Number Chain	p		B [mm]	H [mm]	b1 [mm]	b2 [mm]	h1 [mm]	h2 [mm]	q ca. [kg/m]
		[inch]	[mm]							
7006B1PTS100	06B-1	3/8	9,525	20	10	3,80	13,00	1,50	1,10	0,19
70083PTS1000	083	1/2	12,70	20	10	3,00	12,40	1,60	1,40	0,19
70085PTS1000	085	1/2	12,70	22	10	4,50	15,10	2,20	1,80	0,21
7008B1PTS100	08B-1	1/2	12,70	25	15	5,70	16,30	2,20	1,60	0,35
7010B1PTS100	10B-1	5/8	15,875	28	15	7,40	19,20	2,60	2,10	0,39
7012B1PTS100	12B-1	3/4	19,05	30	20	9,20	21,80	2,40	2,80	0,56
7016B1PTS100	16B-1	1	25,40	42	25	15,00	35,00	3,50	3,30	0,99
7020B1PTS100	20B-1	1 1/4	31,75	50	25	16,80	40,00	4,20	4,00	1,18

Overige materialen op aanvraag  
 Other materials on request

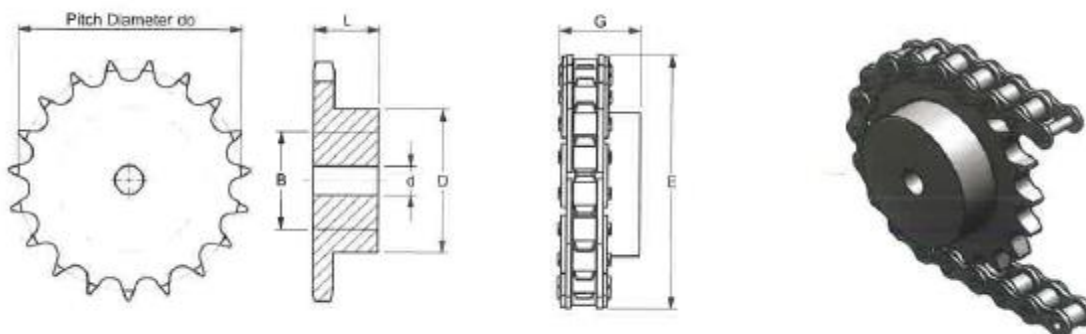
Overige lengtematen op aanvraag  
 Other lengths on request

17



**KETTINGWIELEN SIMPLEX 12B-1**  
**CHAIN WHEELS SIMPLEX 12B-1**  
**EINFACH KETTENRÄDER 12B-1**  
**PIGNONS SIMPLES 12B-1**

Voor rollenkettingen vlg. DIN 8187 / ISO 606  
 For rollerchains acc. to DIN 8187 / ISO 606



Steek / Pitch 19,05 mm ---- Inwendige breedte / Inner width 11,68 mm ---- Roldiameter / Roller diameter 12,07 mm

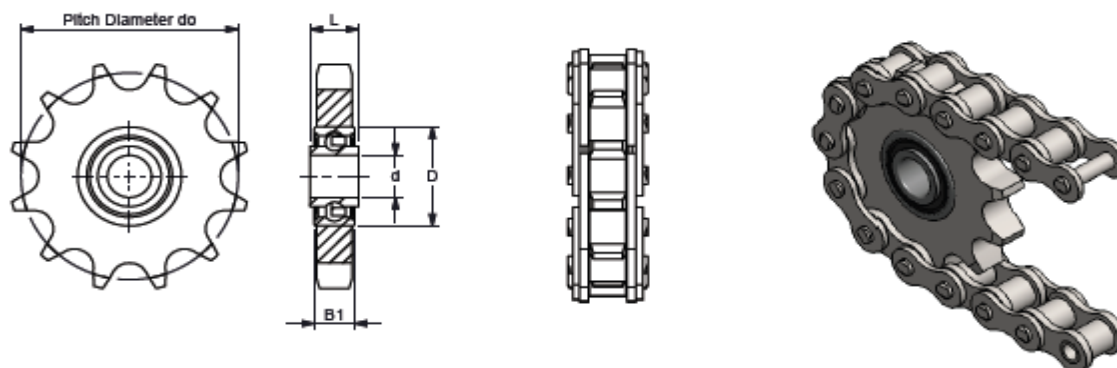
K.T.N. Number	z	do [mm]	d [mm]	B* [mm]	D [mm]	L [mm]	E [mm]	G [mm]	q ca. [kg/pc]
12B1008	8	49,78	12	20	31	30	67	41	0,21
12B1009	9	55,70	12	22	37	30	73	41	0,29
12B1010	10	61,65	12	24	42	30	79	41	0,38
12B1011	11	67,62	16	26	46	35	85	46	0,51
12B1012	12	73,60	16	30	52	35	91	46	0,65
12B1013	13	79,60	16	34	58	35	97	46	0,80
12B1014	14	85,61	16	40	64	35	103	46	0,97
12B1015	15	91,62	16	45	70	35	109	46	1,16
12B1016	16	97,65	16	46	75	35	115	46	1,34
12B1017	17	103,67	16	50	80	35	121	46	1,53
12B1018	18	109,71	16	50	80	35	127	46	1,62
12B1019	19	115,74	16	50	80	35	133	46	1,70
12B1020	20	121,78	16	50	80	35	139	46	1,80
12B1021	21	127,82	20	60	90	40	145	51	2,35
12B1022	22	133,86	20	60	90	40	151	51	2,46
12B1023	23	139,90	20	60	90	40	157	51	2,56
12B1024	24	145,95	20	60	90	40	163	51	2,68
12B1025	25	151,99	20	60	90	40	169	51	2,80
12B1026	26	158,04	20	64	95	40	176	51	3,08
12B1027	27	164,09	20	64	95	40	182	51	3,21
12B1028	28	170,14	20	64	95	40	188	51	3,34
12B1029	29	176,20	20	64	95	40	194	51	3,48
12B1030	30	182,25	20	64	95	40	200	51	3,63
12B1031	31	188,30	20	70	100	40	206	51	3,78
12B1032	32	194,35	20	70	100	40	212	51	3,93
12B1033	33	200,41	20	70	100	40	218	51	4,09
12B1034	34	206,46	20	70	100	40	224	51	4,25
12B1035	35	212,52	20	70	100	40	230	51	4,42
12B1036	36	218,57	20	70	100	40	236	51	4,71
12B1037	37	224,63	20	70	100	40	242	51	4,89
12B1038	38	230,69	20	70	100	40	248	51	5,07
12B1039	39	236,74	20	70	100	40	254	51	5,26
12B1040	40	242,80	20	70	100	40	260	51	5,46

Ook leverbaar in klantspecifieke uitvoering  
 Also available with customized applications

\* Maximale boring inclusief spiebaan  
 \* Maximum bore including keyway

**KETTINGSPANWIELEN**  
**BALL BEARING IDLER SPROCKETS**  
**KETTENSPIANNRÄDER MIT KUGELLAGER**  
**PIGNONS TENDEURS AVEC ROULEMENT**

Voor rollenkettingen vlg. DIN 8187 / ISO 606  
 For rollerchains acc. to DIN 8187 / ISO 606



K.T.N. Number	Chain no.	z	do [mm]	d [mm]	D [mm]	L [mm]	B1 [mm]	q ca. [kg/pc]
05B1023S	05B-1	23	58,75	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,13
06B1020S	06B-1	20	60,89	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,14
06B1021S	06B-1	21	63,91	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,15
081018S	081	18	73,14	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,18
083016S	083	16	65,10	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,16
083018S	083	18	73,14	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,20
08B1014S	08B-1	14	57,07	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,13
08B1015S	08B-1	15	61,08	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,15
08B1016S	08B-1	16	65,10	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,17
08B1018S	08B-1	18	73,14	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,22
08B1020S	08B-1	20	81,18	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,27
08B1021S	08B-1	21	85,21	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,30
10B1013S	10B-1	13	66,34	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,20
10B1014S	10B-1	14	71,34	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,24
10B1015S	10B-1	15	76,34	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,27
10B1016S	10B-1	16	81,37	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,32
10B1017S	10B-1	17	86,39	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,36
10B1018S	10B-1	18	91,42	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,40
10B1021S	10B-1	21	106,51	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,54
12B1012S	12B-1	12	73,60	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,29
12B1013S	12B-1	13	79,60	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,34
12B1015S	12B-1	15	91,62	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,47
12B1016S	12B-1	16	97,65	16 +0,26 +0,13	40	18,3	12	0,53
16B1012S	16B-1	12	98,14	20 +0,10 +0,00	47	17,7	14	0,72
16B1015S	16B-1	15	122,17	20 +0,10 +0,00	47	17,7	14	1,13
16B1017S	16B-1	17	138,23	20 +0,10 +0,00	47	17,7	14	1,45
20B1013S	20B-1	13	132,67	25 +0,10 +0,00	52	21,0	15	1,64

Ook leverbaar in klantspecifieke uitvoering  
 Also available with customized applications

Ook leverbaar in Amerikaanse uitvoering  
 Also available with american applications



# Bijlage L: Documentatie (selectie) stoppercilinder DFST FESTO

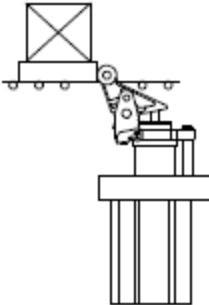
## Stopper cilinders DFST

Key features

FESTO

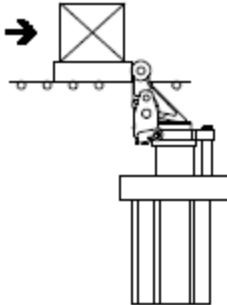
### Functional sequence

Step 1



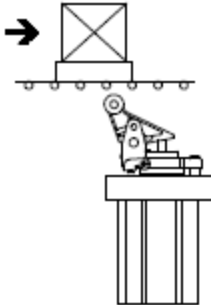
1. Gentle stopping of heavy masses via a hydraulic shock absorber in the piston rod.

Step 2



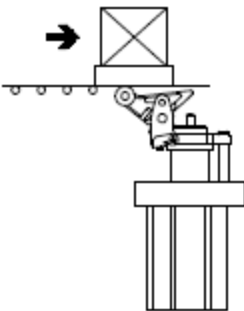
2. The toggle lever (optional) is locked into the retracted end position so that the conveyed good cannot be pushed back by the shock absorber.

Step 3



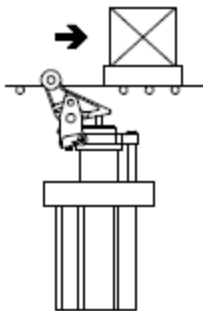
3. The conveyed good is released by means of compressed air, and the toggle lever is released simultaneously.

Step 4



4. The piston is advanced by means of spring force or compressed air. The toggle lever tips back which prevents the conveyed good from being pushed up.

Step 5



5. The toggle lever is raised by means of spring force and stops the next conveyed good.

# Stopper cylinders DFST

Technical data

FESTO



⊘ Diameter  
50 ... 80 mm

┆ Stroke length  
30 ... 40 mm



General technical data			
Piston Ø	50	63	80
Pneumatic connection	G1/8		
Stroke [mm]	30	40	
Constructional design	Piston rod with toggle lever		
Mode of operation	Double-acting Single-acting, pulling		
Protection against torsion/guide	Guide rod		
Type of mounting	Via through-holes		
Cushioning (of piston movement)	Flexible cushioning rings/pads at both ends		
Position sensing	Via proximity sensor		
Mounting position	Vertical		
Product weight [g]	1800	3500	6850

Operating and environmental conditions	
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO 8573-1:2010 [7:--]
Operating pressure <sup>1)</sup> [bar]	2 ... 10
Ambient temperature [°C]	5 ... 60
Corrosion resistance class CRC <sup>2)</sup>	1

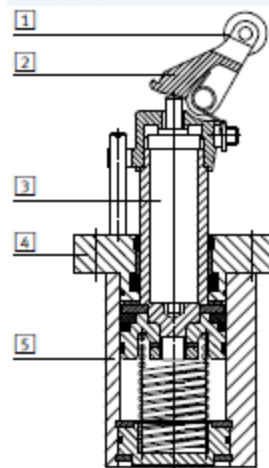
1) Min. operating pressure for piston Ø 50 with toggle lever lock is 3 bar

2) Corrosion resistance class 1 as per Festo standard 940 070

Components requiring low corrosion resistance: Transport and storage protection. Parts that do not have primarily decorative surface requirements, e.g. in internal areas that are not visible or behind covers.

## Materials

Sectional view



Stopper cylinder		
Piston Ø	50	63, 80
1) Rollers	Polyacetate	
2) Attachments	Nickel-plated cast steel	
3) Piston rod	High-alloy stainless steel	
4) End cap	Die-cast aluminium	Wrought aluminium alloy
5) Housing	Wrought aluminium alloy	
- Seals	Nitrile rubber	
Note on materials	RoHS-compliant	

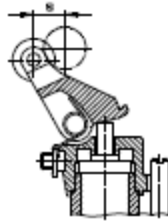
# Stopper cylinders DFST

Technical data

FESTO

## Braking distance

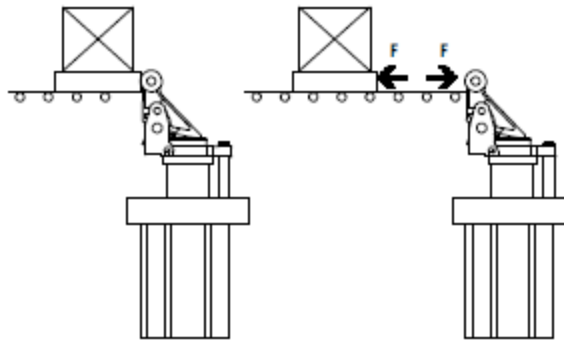
The braking distance refers to the distance from when contact is made with the toggle lever to the end stop.



Piston Ø		50	63	80
Braking distance	[mm]	14.75	14.75	20

## Resetting force $F_R$ of the toggle lever against the delivery direction

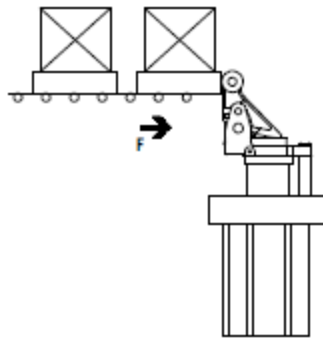
The resetting force refers to the minimum force that must be applied to press the toggle lever into the end position.



Piston Ø		50	63	80
Resetting force at the toggle lever	[N]	11	23	36

## Permissible impact force $F_{\text{impact}}$ on the rollers of the toggle lever when the piston rod is advanced and the toggle lever is pushed into its end position

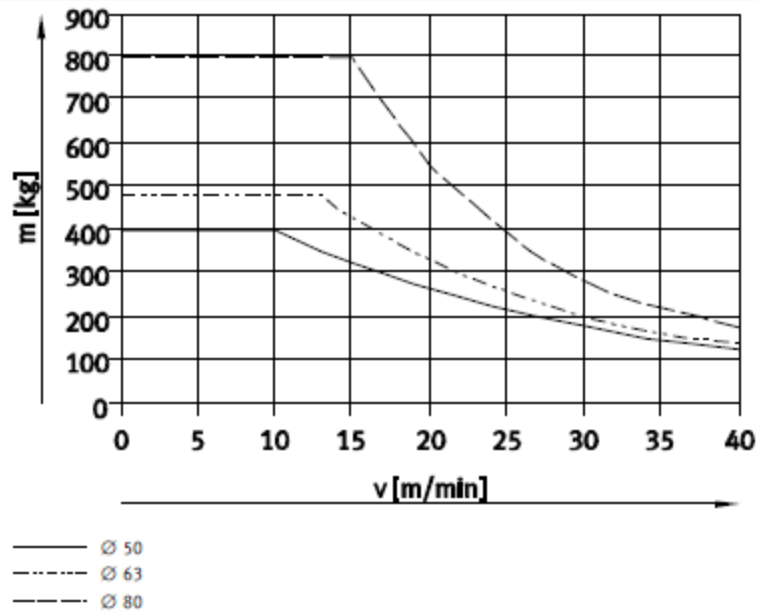
The permissible impact force refers to the momentary force that may act on the toggle lever when it is already pushed into its end position without damaging the rod bearing or the toggle lever mechanism.



Piston Ø		50	63	80
Impact force	[N]	3000	5000	6000

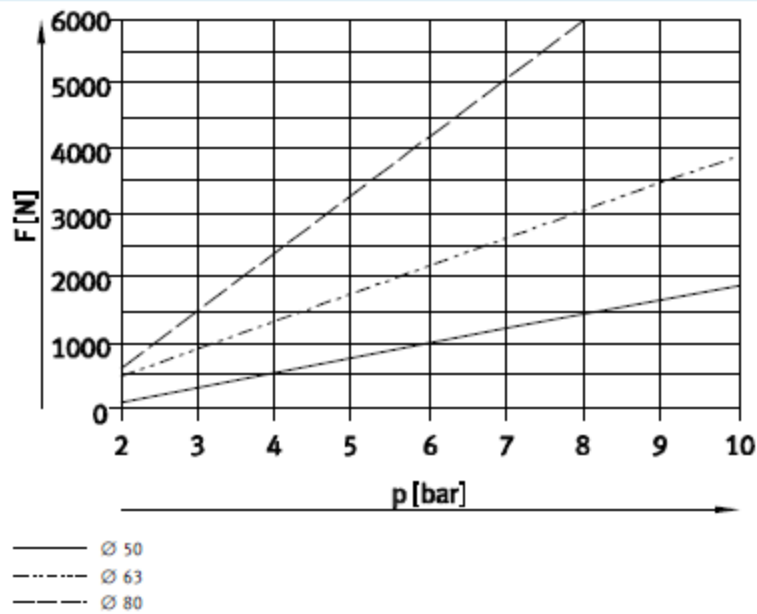
### Permissible mass $m$ as a function of the conveyor speed $v$

The values in the graph opposite take into account a friction value of  $\mu = 0.1$ .



### Permissible transverse force $F_Q$ during the switching operation as a function of the pressure $p$

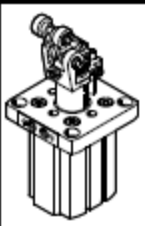
The applied load causes a transverse force to act on the piston rod. To ensure the function of the cylinder, a certain minimum pressure must be applied.



# Stopper cylinders DFST

Technical data

FESTO

Ordering data							
	Piston Ø	with spring	without spring	with toggle lever lock	Part No.	Type	
	50	■			543 729	DFST-50-30-Y4-A	
		■		■	555 572	DFST-50-30-LY4-A	
			■			543 730	DFST-50-30-DY4-A
			■	■		555 573	DFST-50-30-DL-Y4-A
	63	■				543 744	DFST-63-30-Y4-A
		■		■		555 574	DFST-63-30-LY4-A
			■			543 745	DFST-63-30-DY4-A
			■	■		555 575	DFST-63-30-DL-Y4-A
	80	■				543 747	DFST-80-40-Y4-A
		■		■		555 576	DFST-80-40-LY4-A
			■			543 748	DFST-80-40-DY4-A
			■	■		555 577	DFST-80-40-DL-Y4-A

# Stopper cylinders DFST

Accessories

FESTO

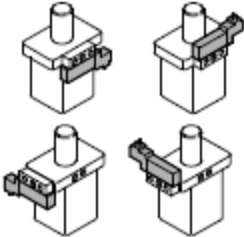
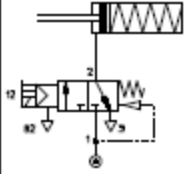
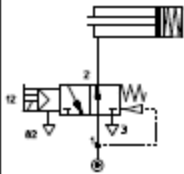
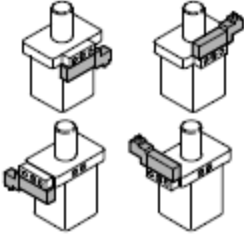
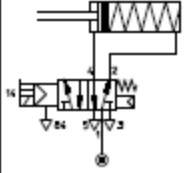
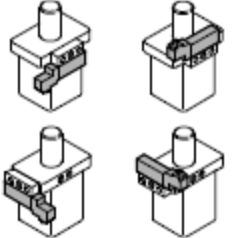
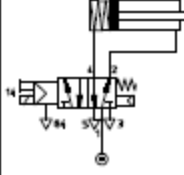

## Mounting options for solenoid valves and valve functions

A solenoid valve MEH, MEBH, MOEH or MOEBH can be mounted on the stopper cylinder for quick, direct

actuation of the cylinder. The valve must be connected to the cylinder via an intermediate plate ZVA. The posi-

tion of the piston rod when the solenoid valve is in the normal position

depends on the valve type and the position of the valve on the cylinder.

Ordering data – Solenoid valve		Technical data → Internet: meh	
Mounting options for the solenoid valve with intermediate plate ZVA	Position of the piston rod in normal position	Part No.	Type
<b>Single-acting</b>			
		173125	MEH-3/2-5,0-B
			172999
		173429	MOEH-3/2-5,0-B
			173002
<b>Double-acting</b>			
		173128	MEH-5/2-5,0-B
			173005
		173128	MEH-5/2-5,0-B
			173005
Ordering data – Plug socket with cable		Technical data → Internet: kmeb	
	For Ø	Part No.	Type
	50, 63, 80	151688	KMEB-1-24-2,5-LED
		151689	KMEB-1-24-5-LED
		193457	KMEB-1-24-10-LED

# Bijlage M: Documentatie (selectie) stoppercilinder DFSP FESTO

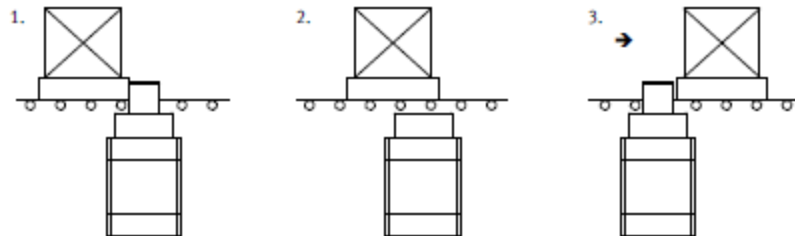
## Stopper cilinders DFSP

FESTO

Key features

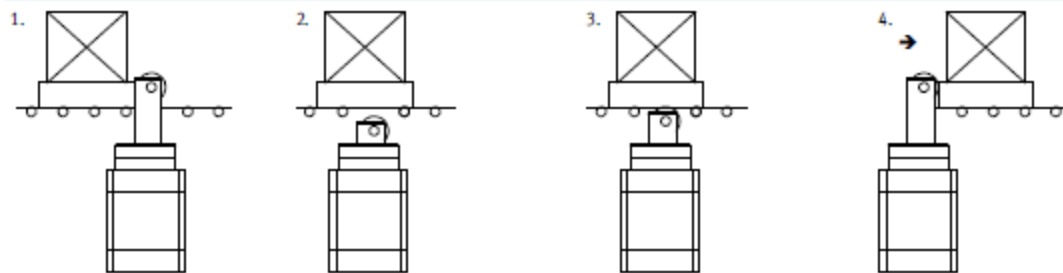
### Functional sequence

#### Trunnion version



1. Sudden braking of the conveyed good via the piston rod.
2. The conveyed good is released by actuating the cylinder. The control system must hold the piston down until the conveyed good has passed the stopper cylinder.
3. The piston rod then advances by means of spring force or compressed air. The next conveyed good can then be stopped.

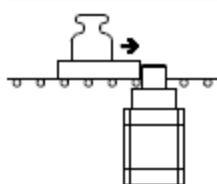
#### Roller version



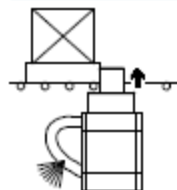
1. Sudden braking of the conveyed good via the piston rod.
2. The conveyed good is released by actuating the cylinder.
3. The piston rod then advances by means of spring force until the roller makes contact with the conveyed good. The conveyed goods continues to move forward.
4. After the conveyed goods has passed, the piston rod advances to its end position. The next conveyed good can then be stopped.

### Application options and versions

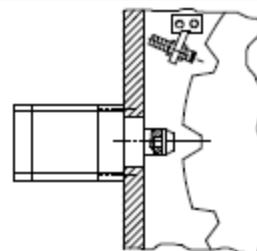
#### Stopping large loads



#### Security



Safe stopping in the event of emergency off or pressure failure is guaranteed as a result of advancing the piston rod using spring force (single-acting/double-acting with spring).









High lateral forces on the piston rod are possible, e.g. as a result of latching or holding loads.

# Stopper cylinders DFSP

Product range overview

FESTO

Function	Version	Type	Piston $\varnothing$ [mm]	Stroke [mm]	Permissible impact force <sup>1)</sup> [N]	Type of mounting		→ Page/ Internet	
						Direct	Via flange		
<b>Stopper cylinders DFSP</b>									
Single-acting, pulling or double-acting	<b>Trunnion</b>								
		DFSP-...S DFSP-...F	16	5 ... 15	880	■	■	5	
			20	5 ... 20	1370	■	■		
			32	5 ... 25	3270	■	■		
			40	5 ... 30	5540	■	■		
			50	5 ... 30	6280	■	■		
	<b>Trunnion with protection against rotation</b>								
		DFSP-Q-...S DFSP-Q-...F	16	5 ... 15	880	■	■	5	
			20	5 ... 20	1100	■	■		
			32	5 ... 25	3270	■	■		
			40	5 ... 30	5540	■	■		
			50	5 ... 30	6280	■	■		
	<b>Roller with protection against rotation</b>								
		DFSP-Q-...R	16	10, 15	710	■	■	5	
			20	10, 15, 20	840	■	■		
32			15, 20, 25	2670	■	■			
40			20, 25, 30	4500	■	■			
50			20, 25, 30	5000	■	■			
<b>Stopper cylinders STAF</b>									
Single-acting, pulling or double-acting	<b>Roller</b>								
		STAF-...P-A-R	80	30, 40	14600	-	■	sta	
<b>Toggle lever</b>									
	STAF-...P-A-K	32	20	480	-	■	sta		
<b>Stopper cylinders DFST</b>									
Single-acting, pulling or double-acting	<b>Toggle lever</b>								
		DFST-...	50	30	3000	-	■	dfst	
			63	30	5000				
			80	40	6000				

1) On the advanced piston rod



# Stopper cylinders DFSP

Technical data

FESTO

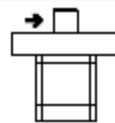
## Permissible impact force on the advanced piston rod

"Impact force" refers to the maximum of a force-time progression (not known in detail) during the impact or cushioning phase of the moving mass. This acts perpendicularly to the axis of motion of the piston rod. If the flexible

components are considered as linear springs, a permissible impact energy can be calculated from the permissible impact force, which helps in the selection of the correct stopper. The stopper must not operate under this

force.

Depending upon the type of load to be stopped, it is advisable to provide a flexible buffer to cushion the impact, reduce noise levels and to optimise the impact energy.



→ = Direction of impact force

Piston Ø		16	20	32	40	50
DFSP-...	[N]	880	1370	3270	5540	6280
DFSP-Q-...	[N]	880	1100	3270	5540	6280
DFSP-Q-...-R	[N]	710	840	2670	4500	5000

## Permissible load m as a function of conveyor speed v

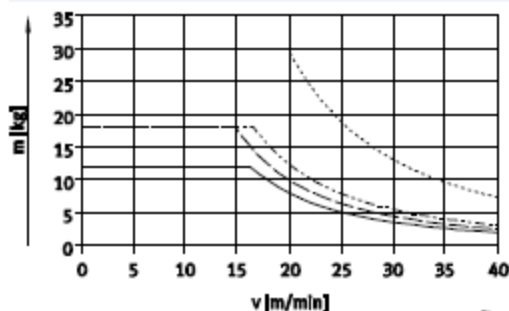
A prerequisite for the values in the graphs is an elastic buffer on the workplace carrier with a deformation path of 1 mm.

For a smaller deformation path, the impact force is reduced.

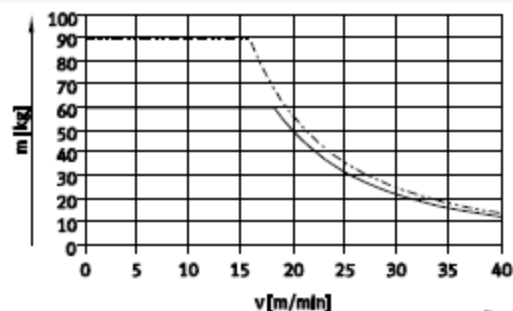
Note

Selection aid → page 22

### DFSP-... / DFSP-Q-... - with trunion

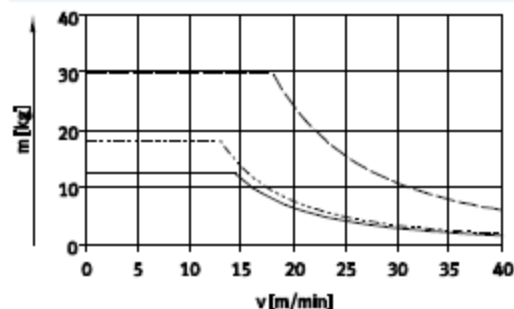


— DFSP-16/DFSP-Q-16  
 - - - DFSP-20  
 - - - DFSP-Q-20  
 - - - DFSP-32/DFSP-Q-32

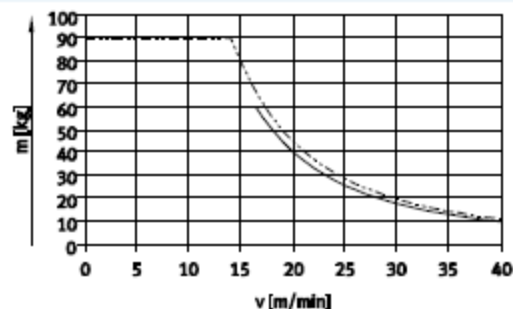


— DFSP-40/DFSP-Q-40  
 - - - DFSP-50/DFSP-Q-50

### DFSP-Q-...-R - with roller



— DFSP-Q-16-R  
 - - - DFSP-Q-20-R  
 - - - DFSP-Q-32-R

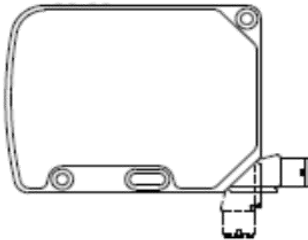


— DFSP-Q-40-R  
 - - - DFSP-Q-50-R

# Bijlage N: Documentatie laserafstandssensor BALLUFF

## Optosensoren

### Laser-Distanzsensor BOD 63M-LI06-S4 mit IO-Link



Produktbezeichnung  
BOD 63M-LI06-S4

#### Sicherheitshinweise

##### Laserschutzbestimmungen



Der Sender entspricht der Laserklasse 2 gemäß IEC 60825-1. Zum Betrieb sind daher keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen erforderlich. Das Gerät ist so zu montieren, dass das Laserwarnschild gut sichtbar ist.

Diese Geräte dürfen nicht in Anwendungen eingesetzt werden, wo die Sicherheit von Personen von der Gerätefunktion abhängt.



Mit dem CE-Zeichen bestätigen wir, dass unsere Produkte den Anforderungen der aktuellen EMV-Richtlinie entsprechen.

In unserem EMV-Labor, das von der DATech für Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit akkreditiert ist, wurde der Nachweis erbracht, dass die Balluff-Produkte die EMV-Anforderungen der Fachgrundnormen erfüllen:

- EN 61 000-6-4 (Emission) und
- EN 61 000-6-2 (Störfestigkeit)

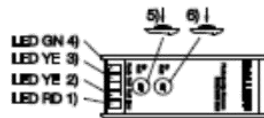
##### Applikation

Nur für Applikationen nach NFPA 79 (Maschinen mit einer Versorgungsspannung von maximal 600 Volt). Für den Anschluss des Gerätes ist ein R/C (CYJV2) Kabel mit geeigneten Eigenschaften zu verwenden.

#### Funktionsprinzip

Mit dem BOD 63M können Distanzen gemessen und über die IO-Link-Schnittstelle ausgegeben werden. Zusätzlich hat der Sensor noch einen einstellbaren Schaltausgang. Der BOD 63M arbeitet nach dem Prinzip der Laser-Lichtlaufzeit. Ein Lichtimpuls wird gesendet, am Objekt reflektiert und wieder empfangen. Die Laufzeit dieses Lichtimpulses wird gemessen und in ein digitales Abstandssignal umgewandelt.

#### Anzeige- und Bedienelemente



- 1) Stabilitätsanzeige (rot)
- 2) Ausgangsfunktionsanzeige OUT 2 (gelb)
- 3) Ausgangsfunktionsanzeige OUT 1 (gelb)
- 4) Betriebsspannungsanzeige (grün)
- 5) SET-Taste für Schaltabstand 1 (OUT 1)
- 6) SET-Taste für Schaltabstand 2 (OUT 2)

Bild 1: Anzeige- und Bedienelemente

Die grüne LED zeigt die Betriebsbereitschaft des Sensors an.

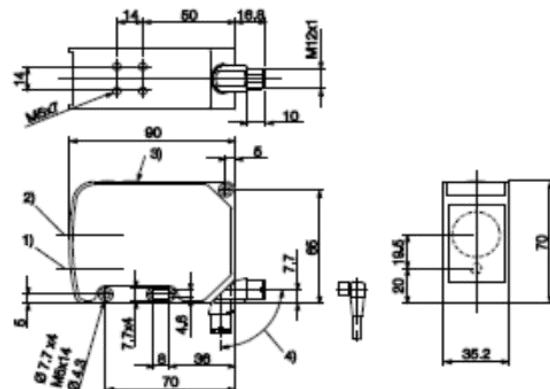
Die gelbe LED "OUT 1" zeigt den Zustand „aktiv“ des Schaltausgangs 1 an.

Die gelbe LED "OUT 2" zeigt den Zustand „aktiv“ des Schaltausgangs 2 an.

Die rote LED zeigt an, dass die Intensität des Signals für einen sicheren Betrieb nicht ausreicht.

Mit den SET-Tasten werden die Schaltabstände des Sensors unabhängig voneinander eingestellt.

#### Montage



- 1) Optische Achse Sender
- 2) Optische Achse Empfänger
- 3) Anzeige- und Bedienfeld
- 4) drehbar 270°

Bild 5: Abmessungen

#### Anschlüsse

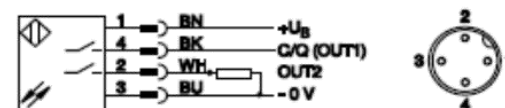


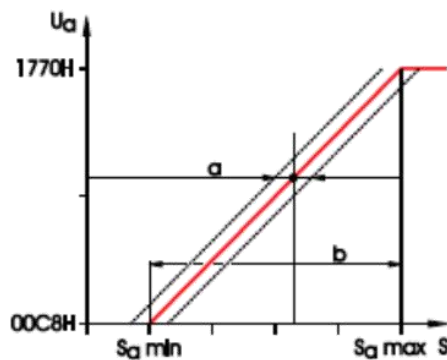
Bild 2: Anschluss-Schaltbild, Steckerbild

### Einstellung der Schaltabstände

1. Den Sensor montieren und ausrichten.
2. Ins Menü wechseln: beide Tasten gleichzeitig 3 s drücken. Die grüne LED blinkt.
3. Das Objekt im Strahlengang positionieren.
4. Aktuelle Objektposition speichern:  
Die Taste SET "Out 1" 2 s drücken. Während dieser Zeit blinkt die Ausgangsfunktionsanzeige OUT1.  
Achtung! Der Schaltausgang wird sofort aktiv!
5. Optional: Um die zweite Objektposition zu speichern, das Objekt neu positionieren.
6. Aktuelle Objektposition speichern:  
Die Taste SET "Out 2" 2 s drücken. Während dieser Zeit blinkt die Ausgangsfunktionsanzeige OUT2.  
Achtung! Der Schaltausgang wird sofort aktiv!
7. Das Menü verlassen: Beide Tasten 3 s gleichzeitig drücken. Der Sensor ist betriebsbereit.  
Auch ohne die Tasten zu betätigen, verlässt der Sensor nach 2 min automatisch den Teach-In-Modus.

### Digitales Signal

In Abhängigkeit von der Position des Objekts wird ein digitales Signal ausgegeben.



a = max. Linearitätsfehler  
b = Messbereich

Bild 3: IO-Link-Daten (hexadezimal)

### Prozessdaten

#### Ausgangsdaten

Der Sensor überträgt 3 Byte an den Master.

Byte 0				Byte 1				Byte 2							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
			Fehler	Schaltpunkt 4	Schaltpunkt 3	Schaltpunkt 2	Schaltpunkt 1	Abstandswert							
								MSB				LSB			

Abstandswert Abstand in mm von der aktiven Fläche des Sensors zum Tastobjekt

Schaltpunkte 1...4  
"1" Schaltabstand unterschritten  
"0" Schaltabstand überschritten

Fehler  
"1" zu geringe Empfangsenergie, der Abstandswert ist nicht sicher.  
Abstandswert FFFF  
"0" Abstandswert ist sicher.

#### Eingangsdaten

Der Sensor empfängt 1 Byte vom Master.

Byte 0							
7	6	5	4	3	2	1	0
						Tastensperre	Laser ON

Laser ON  
"1" Laser eingeschaltet  
"0" Laser abgeschaltet

Tastensperre  
"1" Teach-In-Tasten gesperrt/deaktiviert  
"0" Teach-In-Tasten aktiv, Einstellung der Schaltpunkte möglich.

### Parametrierdaten

Der Sensor wird über den SPDU Datenkanal parametrierbar. Folgende Adressen sind auslesbar:

Index (Hex)	Beschreibung	Datenbreite	Inhalt
0010	Herstellername	7 Byte	Balluff
0011	Herstellertext	15 Byte	<a href="http://www.balluff.de">www.balluff.de</a>
0012	Produktname	15 Byte	BOD 63M-LI06-S4

Folgende Adressen können parametrierbar werden:

Index (Hex)	Beschreibung	Datenbreite	Wertebereich	Defaultwerte
0040	Schaltpunkt 1	2 Byte	200-6000	EEPROM
0041	Schaltpunkt 2	2 Byte	200-6000	EEPROM
0042	Schaltpunkt 3	2 Byte	200-6000	3000
0043	Schaltpunkt 4	2 Byte	200-6000	3000

## Optosensoren Laser-Distanzsensor BOD 63M-LI06-S4 mit IO-Link

### Messbereich

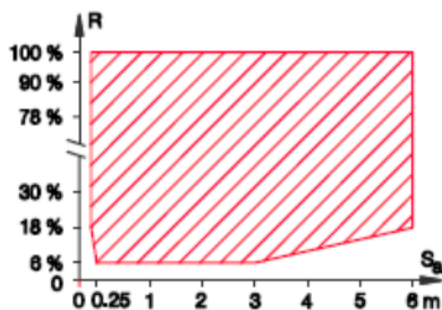


Bild 6: Messbereich in Abhängigkeit der Objektreflexion

### Messgenauigkeit

Der Sensor erreicht seine volle Genauigkeit erst bei Betriebstemperatur, d. h. einige Zeit nach dem Einschalten. Die Dauer dieser Warmlaufphase hängt von den Umgebungsbedingungen ab.

### Zubehör

Anschlusskabel: BKS-B 19-1/GS4-PU-... für Betrieb im IO-Link-Modus  
BKS-B 19-3... für Betrieb im SIO-Modus  
Im Falle von stark gestörten Umgebungen wird ein geschirmtes Kabel empfohlen: BKS-S 19-14-PU-05 mit Stecker RSC 4/7  
Haltewinkel: BOD 63-HW-1

### Technische Daten

Optisch	
Arbeitsabstand	200...6000 mm
Lichtart Sender	Laser-Rotlicht, gepulst, abschaltbar (nur im IO-Link-Modus)
Laserklasse nach IEC 60825-1	2
Impulsleistung $P_a$	< 70 mW
Mittlere Leistung $P$	< 1 mW
Wellenlänge	660 nm
Impulsbreite $t$	7 ns
Impulswiederholfrequenz $f$	2 MHz
Lichtfleckdurchmesser	
bei Tastweite 200 mm	10 mm
bei Tastweite 6000 mm	10 mm
Auflösung	≤ 1 mm
Grauwertverschiebung	≤ 1,5 %
Wiederholgenauigkeit	≤ ±4 mm
Temperaturdrift	≤ 1,5 mm/K
Schalthysterese	≤ 15 mm
Gebrauchskategorie	DC 13

### Elektrisch

Betriebsspannung $U_s$	18...30 V DC
Leerlaufstrom $I_0$ max.	≤ 90 mA
Bemessungsbetriebsstrom	200 mA
Schaltausgänge	2, PNP-Schließer (nur im SIO-Modus verfügbar)
Fehlersignal	Ja (nur im IO-Link-Modus)
Tastaturverriegelung	Ja (nur im IO-Link-Modus)
Spannungsfall $U_s$ bei $I_s$	≤ 2,5 V
Einstellungen Schaltpunkte	Teach-In/IO-Link

### IO-Link Daten

Übertragungsrate	38,4 kbaud
Linearität	≤ ±1%
Wiederholgenauigkeit	≤ ±4 mm
Temperaturdrift	≤ 1,5 mm/K
Messbereich	200...6000 mm entspricht 00C8H – 1770H
Min. Prozessdatenzyklus	≤ 16,5 ms

### Mechanisch

Anschlussart	Steckverbinder, M12x1 4-polig
Gehäusewerkstoff	Al-Legierung
Linienwerkstoff	Glas
Gewicht (inkl. Halterung)	260 g
Verschmutzungsgrad	3

### Zeit (SIO-Modus)

Bereitschaftsverzug	≤ 50 ms
Schaltfrequenz	≥ 150 Hz
Einschaltverzögerung	≤ 3,4 ms
Ausschaltverzögerung	≤ 3,4 ms

### Anzeigen

Betriebsspannung	LED grün
Ausgangsfunktion	2 x LED gelb
Fehler	LED rot

### Umgebung

Schutzart	IP67
Schutzklasse	II
verpolungssicher	Ja
kurzschlussfest	Ja
zulässiges Fremdlicht	≤ 10 kLux
Umgebungstemperatur $T_a$	-10...+60 °C



# Bijlage O: Documentatie laserafstandssensor SICK DT50-2B215252

## DT50-2B215252 | Dx50-2 MID-RANGE-AFSTANDESENSOREN



### Bestelinformatie

Type	Artikelnr.
DT50-2B215252	1065661

Meer apparaatuitvoeringen en accessoires → [www.sick.com/Dx50-2](http://www.sick.com/Dx50-2)



### Gedetailleerde technische specificaties

#### Performance

<b>Meetbereik</b>	200 mm ... 30.000 mm, 90% remissie <sup>1) 2)</sup> 200 mm ... 17.000 mm, 18% remissie 200 mm ... 10.000 mm, 6% remissie
<b>Resolutie</b>	0,1 mm
<b>Reproduceerbaarheid</b>	0,5 mm ... 5 mm <sup>2) 3) 4)</sup>
<b>Meetnauwkeurigheid</b>	± 7 mm <sup>4)</sup>
<b>Responstijd</b>	0,83 ms ... 75 ms, 0,83 ms / 3,33 ms / 8,33 ms / 25 ms / 75 ms <sup>5) 6)</sup>
<b>Schakelfrequentie</b>	1.000 Hz/250 Hz/100 Hz/33 Hz/11 Hz <sup>5) 6)</sup>
<b>Frequentie</b>	0,33 ms/1,33 ms/3,33 ms/10 ms/30 ms <sup>5) 7)</sup>
<b>Lichtbron</b>	Laser, rood <sup>8)</sup>
<b>Lasersklasse</b>	2 (IEC 60825-1:2014, EN 60825-1:2014)
<b>Typ. lichtvlekafmeting (afstand)</b>	10 mm x 10 mm (bij 10 m)
<b>Aanvullende functie</b>	Instelbare snelheid: super fast ... super slow, Teach-, parametreer- en inverteerbare analoge output, Output Q <sub>2</sub> , instelbaar: 4 mA ... 20 mA/0 V ... 10 V/schakeloutput/Q <sub>1</sub> niet/gedeaactiveerd, Schakelmodi: afstand tot (DtO) / schakelvenster / object tussen sensor en achtergrond (ObSB), Teach-, parametreer- en omkeerbare schakeloutput, IO-Link V1.1 (incl. gegevenshouding), Multifunctionele input: laser uit / externe teach / gedeactiveerd, Resetten naar fabrieksinstellingen, Vormvergelijking: op basis van een afstandsverloop, Meetwaarde handhaven, Uitschakelbaar of blokkeren van het display, Easy-teach-optie

<sup>1)</sup> Bij snelheidsinstelling Slow.

<sup>2)</sup> Zie reproduceerbaarheidskenmerken.

<sup>3)</sup> Komt overeen met 1 σ.

<sup>4)</sup> 6% ... 90% remissie.

<sup>5)</sup> Afhankelijk van de ingestelde snelheid: super fast ... super slow.

<sup>6)</sup> Zijdelings invoeren van object in het meetbereik.

<sup>7)</sup> Continue wijziging van afstand tot het object in het meetbereik.

<sup>8)</sup> Golfte: 658 nm; max. vermogen: 250 mW; pulsduur: 3 ns; impulsverhouding: 1/250.



<b>Gemiddelde levensduur van laser (bij 25 °C)</b>	100.000 h
--	-----------

- 1) Bij snelheidsinstelling Slow.  
 2) Zie reproduceerbaarheidskenmerken.  
 3) Komt overeen met 1 σ.  
 4) 6% ... 90% remissie.  
 5) Afhankelijk van de ingestelde snelheid: super fast ... super slow.  
 6) Zijdelijks invoeren van object in het meetbereik.  
 7) Continue wijziging van afstand tot het object in het meetbereik.  
 8) Golfte: 658 nm; max. vermogen: 250 mW; pulsduur: 3 ns; impulsverhouding: 1/250.

### Interfaces

<b>IO-Link</b>	✓, V1.1, COM3 (230,4 kBaud)
Functie	Procesgegevens, Parametring, Diagnose, Gegevensbehoud
<b>Analoge output</b>	1 x 4 mA ... 20 mA ( $\leq 450 \Omega$ ) / 1 x 0 V ... 10 V ( $\geq 50 \text{ k}\Omega$ ) / - <sup>1)</sup>
Resolutie analoge output	16 bit
<b>Schakeloutput</b>	1 x / 2 x antivalent / 2 x tegentakt: PNP/NPN (100 mA), IO-Link <sup>1) 2) 3)</sup>
<b>Multifunctionele Input (MF)</b>	1 x <sup>4)</sup>
<b>Hysteresis</b>	0 mm ... 29.950 mm

- 1) Output Q<sub>2</sub>, instelbaar: 4 mA ... 20 mA/0 V ... 10 V/schakeloutput/Q<sub>1</sub> niet/gedeactiveerd.  
 2) Output Q<sub>1</sub> beveiligd tegen kortsluiting.  
 3) Spanningsval < 3 V.  
 4) Responstijd  $\leq 60$  ms.

### Mechanisch/Elektrisch

<b>Voedingsspanning U<sub>v</sub></b>	DC 10 V ... 30 V <sup>1) 2)</sup>
<b>Rimpel</b>	$\leq 5 V_{\text{rms}}$ <sup>3)</sup>
<b>Opgenomen vermogen</b>	$\leq 1,7 \text{ W}$ <sup>4) 5)</sup>
<b>Initialisatietijd</b>	$\leq 300$ ms
<b>Opstarttijd</b>	$\leq 15$ min
<b>Materiaal behuizing</b>	Spuitgegoten zink Acrylglas (PMMA)
<b>Type aansluiting</b>	Stekker, M12, 5-pins
<b>Weergave</b>	3 x LED, LCD
<b>Gewicht</b>	235 g
<b>Isolatieklasse</b>	IP65, IP67
<b>Beschermingsklasse</b>	III

- 1) Grenswaarden, beveiligd tegen ompolen. Gebruik in netwerk met korstluitbeveiliging max. 8 A.  
 2) Bij gebruik van IO-Link: U<sub>v</sub> > 18 V. Bij gebruik van analoge spanningsooutput: U<sub>v</sub> > 13 V.  
 3) Mag niet onder of boven de U<sub>v</sub>-tolerantiewaarden komen.  
 4) Bij  $\geq 0$  °C.  
 5) Onbelast.

### Omgevingsgegevens

<b>Omgevingstemperatuur</b>	Bedrijf: -40 °C ... +65 °C <sup>1)</sup> Magazijn: -40 °C ... +75 °C
<b>Typ. Vreemdlichtgevoeligheid</b>	40 klx

- 1) U<sub>v</sub>  $\leq 24$  V.

## DT50-2B215252 | Dx50-2

### MID-RANGE-AFSTANSENSOREN

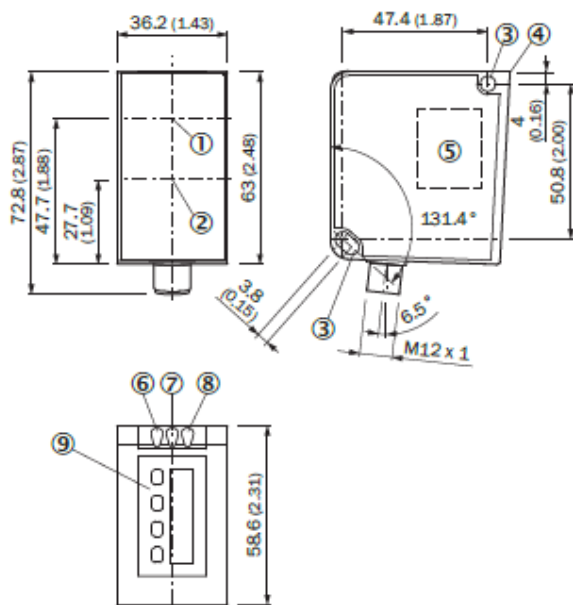
<b>Schokbestendigheid</b>	EN 60068-2-6 / EN 60068-2-64
<b>Schokbestendigheid</b>	EN 60068-2-27

<sup>1)</sup>  $U_v \leq 24$  V.

#### Classificaties

<b>ECI@z 5.0</b>	27270801
<b>ECI@z 5.1.4</b>	27270801
<b>ECI@z 6.0</b>	27270801
<b>ECI@z 6.2</b>	27270801
<b>ECI@z 7.0</b>	27270801
<b>ECI@z 8.0</b>	27270801
<b>ECI@z 8.1</b>	27270801
<b>ECI@z 9.0</b>	27270801
<b>ETIM 5.0</b>	E0001825
<b>ETIM 6.0</b>	E0001825
<b>UNSPSC 16.0901</b>	41111613

#### Maattekening (Afmetingen in mm (inch))

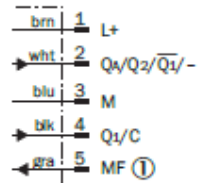


- ① Optische as, zender
- ② Optische as, ontvanger
- ③ Bevestigingsboring, Ø 4,5 mm
- ④ Referentievlak = 0 mm
- ⑤ Laserwaarschuingssticker
- ⑥ Statusindicatie output Qa/Q2
- ⑦ Statusindicatie output Q1
- ⑧ Statusindicatie bedrijfsspanning
- ⑨ Bedieningselementen en display

### Aansluitwijze



### Aansluitschema



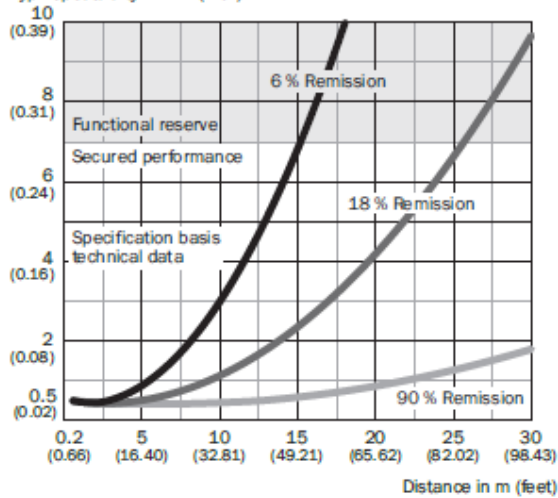
① Multifunctionele input (MF)

### Reproduceerbaarheid

DT50-2 Pro

#### Super Slow

Typ. repeatability in mm (inch)



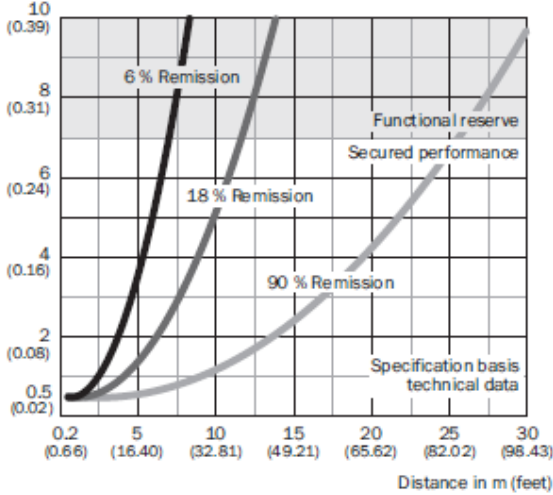


**DT50-2B215252 | Dx50-2**  
MID-RANGE-AFSTANDESENSOREN

DT50-2 Pro

**Fast**

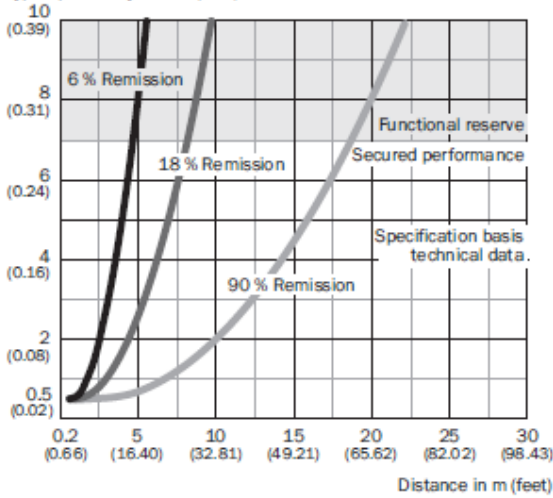
Typ. repeatability in mm (inch)



DT50-2 Pro

**Super Fast**

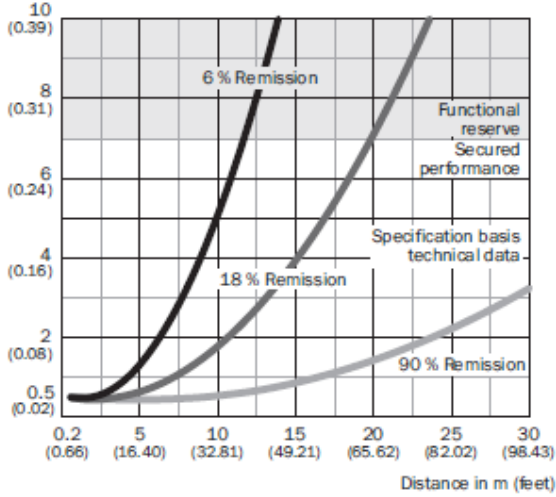
Typ. repeatability in mm (inch)



**DT50-2 Pro**

**Slow**

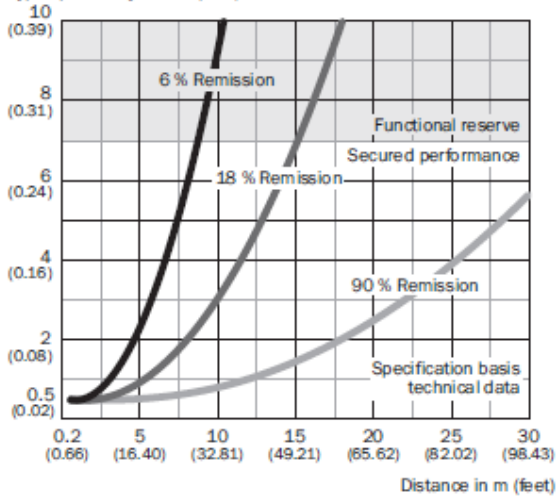
Typ. repeatability in mm (inch)



**DT50-2 Pro**

**Medium**

Typ. repeatability in mm (inch)



## DT50-2B215252 | Dx50-2

### MID-RANGE-AFSTANDSENSOREN

#### Aanbevolen accessoires

Meer apparaatuitvoeringen en accessoires → [www.sick.com/Dx50-2](http://www.sick.com/Dx50-2)

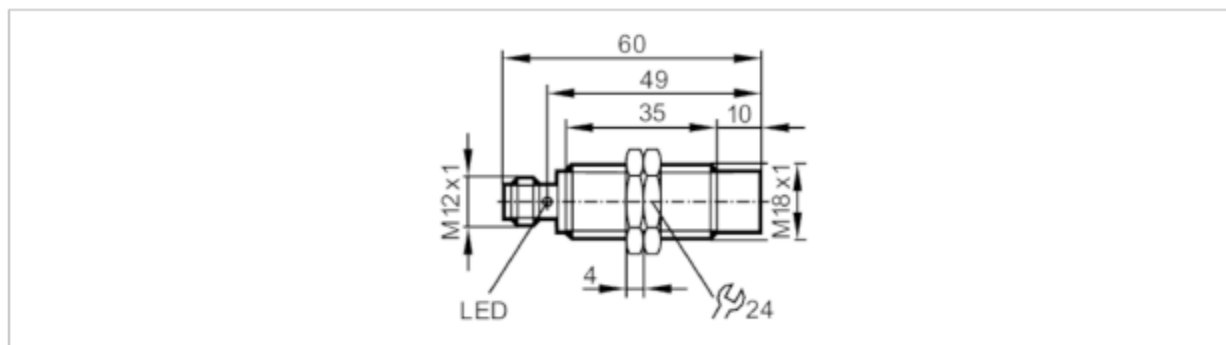
	Korte beschrijving	Type	Artikelnr.
<b>Klem- en afstelhouders</b>			
	Afsteleenheid, Staal, verzinkt, inclusief bevestigingsmateriaal voor de sensor	BEF-AH-DX50	2048397
<b>Montagebeugels en -platen</b>			
	Bevestigingshoek, staal, verzinkt, Staal, verzinkt, inclusief bevestigingsmateriaal voor de sensor	BEF-WN-DX50	2048370
<b>Stekkers en kabels</b>			
	Kop A: Contactdoos, M12, 5-pins, recht Kop B: Kabel Kabel: PVC, Niet geïsoleerd, 2 m	DOL-1205-G02M	6008899
	Kop A: Contactdoos, M12, 5-pins, haaks Kop B: Kabel Kabel: PVC, Niet geïsoleerd, 2 m	DOL-1205-W02M	6008900
	Kop A: Contactdoos, M12, 5-pins, recht, Met A-codering Kop B: Stekker, M12, 5-pins, recht, Met A-codering Kabel: Digitale I/O's, geschikt voor sleepkettingen, PUR, halogeenvrij, Niet geïsoleerd, 2 m	DSL-1205-G02MC	6025931

# Bijlage P: Documentatie inductieve sensor IFM

## IG7101

### Inductieve sensor

IGK3008-BPKG/US-100



Made in Germany

Elektrische eigenschappen		
Voedingsspanning [V]		10...30 DC
Stroomopname [mA]		< 10
Beschermklasse		III
Ompoolbeveiligd		ja
Uitgangen		
Uitgangsfunctie		maakcontact
Max. spanningsval schakeluitgang DC [V]		2,5
Continue stroombelasting van schakeluitgang DC [mA]		100
Schakelfrequentie DC [Hz]		300
Elektrische uitvoering		PNP
Kortsluitbeveiliging		ja
Beschermd tegen overbelasting		ja
Bereik		
Schakelafstand [mm]		8
Reële schakelafstand (Sr) [mm]		8 ± 10 %
Werkafstand [mm]		0...6,48
Nauwkeurigheid / afwijkingen		
Correctiefactor		staal: 1 / roestvast staal: 0,7 / messing: 0,5 / aluminium: 0,4 / koper: 0,3
Hysteresis [% van Sr]		3...15
Schakelpunt drift [% van Sr]		-10...10
Omgevingsvariabelen		
Omgevingstemperatuur [°C]		-25...70
Beschermklasse		IP 67

# IG7101



## Inductieve sensor

IGK3008-BPKGUS-100

Toelatingen / testen		
EMC	EN 61000-4-2 ESD	4 kV CD / 8 kV AD
	EN 61000-4-3 HF bewerkt	10 V/m
	EN 61000-4-4 Burst	2 kV
	EN 61000-4-6 HF kabelgerelateerd	3 V
	EN 55011 emissie	klasse B
MTTF [jaren]	1570	
UL Certificeringsnummer	A001	
Mechanische eigenschappen		
Gewicht [g]	49,4	
Behuizing	cilindrisch schroefdraad	
Inbouwwijze	niet-bondig in te bouwen	
Afmetingen [mm]	M18 x 1 / L = 60	
Schroefdraadtype	M18 x 1	
Materialen	messing wit-brons gecoat; actief vlak: PBT oranje; LED-venster: PEI; bevestigingsmoeren: messing wit-brons gecoat	
Aanwijzen / bedienelementen		
Weergave	schakelstatus	1 x LED, geel
Toebehoren		
Toebehoren (meegeleverd)	bevestigingsmoeren: 2	
Opmerkingen		
Verpakkingseenheid	1 stuk	
Elektrische aansluiting - stekker		
Connector: 1 x M12; Contacten: verguld		

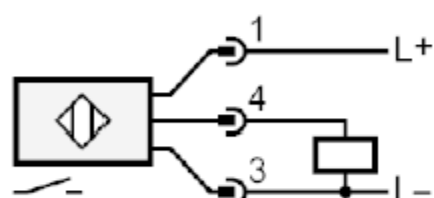
# IG7101

## Inductieve sensor

IGK3008-BPKG/US-100



### Aansluiting



## Bijlage Q: Productinformatie motor

### Product information

---



### Catalog designation

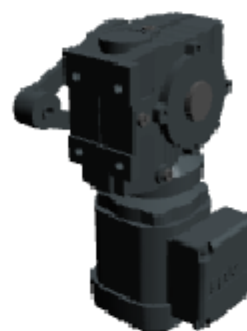
---

SA47/TDRS71S4/TH

### Product data

---

Rated motor speed	[1/min] : 1380
Output speed	[1/min] : 78
Overall gear ratio	: 17,62
Output torque	[Nm] : 40
Service factor SEW-FB	: 2,80
Mounting position	: M2B
Base / top coat	: 7031 Blue Grey (20070310)
Position of connector/terminal box	[°] : 0
Cable entry/connector position	: 3
Hollow shaft	[mm] : 25
Permitted output overhung load with n=1400	[N] : 5490
Lubricant quantity 1st gear unit	[Liter] : 0,8
Motor power	[kW] : 0,37
Duration factor	: S1-100%
Efficiency class	: IE1
Efficiency (50/75/100% Pn)	[%] : 59,1 / 65,3 / 66,6
CE mark	: Yes
Motor voltage	[V] : 230/400
Wiring diagram	: R13
Frequency	[Hz] : 50
Rated current	[A] : 1,98 / 1,14
Cos Phi	: 0,70
Thermal class	: 155(F)
Motor protection type	: IP54
Design requirement	: IEC
Motor mass moment of inertia	[10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup> ] : 5,09
Net weight	[Kg] : 20



### Additional feature

Lubricant: CLP HC-460-NSF-H1 (-10 / +40 °C): 0,8 Liter

Thermal class 155(F)

Motor protection TH- Winding thermostat

Degree of protection IP 54

T- Torque arm for shaft mounted feature

## Bijlage R: Productinformatie inverter

### Product information

---



### Catalog designation

---

MCLTEB0004-2B1-1-00

### Product data

---

Inverter part number	: 18261728
Size	: 1
Rated power	[kW] : 0,37
Voltage	[V] : 1x220-240
Nominal input current	[A] : 6,7
Output voltage	[V] : 3x0-UN
Rated output current	[A] : 2,3
Ambient temperature min.	[°C] : 0
Ambient temperature max.	[°C] : +50
Degree of protection IP	: 20
Integrated line filter	: With EMC filter
Integrated brake chopper	: No brake chopper





# Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:  
**Ontwerp en sturing van buffer en transportlijn voor bakplaten in industriële bakkerij**

Richting: **master in de industriële wetenschappen: energie-automatisering**  
Jaar: **2018**

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,

**Indeherberg, Yannick**

Datum: **12/01/2018**