

Wollaert Lars

Professionele Bachelor Ontwerp- en productietechnologie

Academiejaar 2022/2023

Draaistoel voor DV- en DL-motorblokken

Berekeningen, ontwerp en uitwerking ter
optimalisatie van de krukasmontage

Anglo Belgian Corporation
Wiedauwkaai 43
9000 Gent

Wollaert Lars

Professionele Bachelor Ontwerp- en productietechnologie

Academiejaar 2022/2023

Draaistoel voor DV- en DL-motorblokken
Berekeningen, ontwerp en uitwerking ter
optimalisatie van de krukasmontage

Anglo Belgian Corporation
Wiedauwkaai 43
9000 Gent

Abstract

Load manipulator for DV and DL engine blocks Calculations, design and elaboration to optimize crankshaft assembly

L. Wollaert

The Anglo Belgian Corporation manufactures internal combustion engines that produce 1000 kWm to 10400 kWm of power. To efficiently and safely (dis)mount the crankshaft in the DL and DV type engine blocks, a custom machine has to be designed. Similar machines are already common place in the assembly process, but do not have adequate load capability. Suitable rotary manipulators are commercially available, but proof to be too expensive. The manipulator must have a load capacity of 60 000 kg and be able to turn at least 180° while leaving the underside of the engine blocks exposed. The cost of the machine has to be kept as low as possible with an absolute maximum price of € 400 000. Additionally, the machine has to comply with the applicable EN, CE, NBN and ABC safety standards.

This document, together with its appendices, constitutes the technical file of the load manipulator for DV and DL engine blocks. It describes the possible and chosen solutions for the various aspects of the design and safety precautions, calculations and FEM-simulations, electrical schematics and controls, explanation of technical drawings, risk analysis and an estimated price calculation. Attached are the technical drawings, datasheets of purchased parts, used standards, quotations of suppliers and assembly instructions.

In conclusion, the machine complies with all requirements stated by the Anglo Belgian Corporation and safety requirements of ISO NBN EN 14238+A1 and the machinery directive 2006/42/CE. The design of the manipulator is complete and ready to be commissioned and constructed.

This document does not describe the construction or testing of the machine. It is written in the context of the bachelor thesis in the professional bachelor 'Design and production technology' at Odisee College of Applied Sciences.

Keywords: load manipulator, cradle positioner, crankshaft assembly, engine block, slewing ring, gearmotor,

Voorwoord

Dit project vormt het slotstuk van mijn opleiding tot technisch ontwerper. Het is de documentatie van mijn stage die ik 15 weken lang liep. Hierin worden alle aspecten van de geziene vakgebieden afgetoetst en gecombineerd.

Het bedrijf biedt een uitermate interessante en trotse werkomgeving aan die me enorm aansprak bij mijn keuze van stageplaats. Ik mag mezelf dan ook gelukkig prijzen dat ik stage mocht lopen in de Anglo Belgian Corporation.

De samenwerking met de opdrachtgever verliep uitermate vlot en was erg aangenaam. Ik kwam in contact met verschillende experts die mij telkens extra inzicht konden bieden in de verschillende aspecten van machineontwerp. Het schrijven van deze bachelorproef verliep dan ook natuurlijk en vat beknopt samen wat ik bijgeleerd heb.

Ikzelf ben vrij tevreden met het resultaat en heb vertrouwen in het ontwerp. Het zal maar blijken bij de constructie, montage en gebruik waar de gebreken liggen. De machine is ontworpen om eventuele bijsturing achteraf zo veel mogelijk toe te laten. De esthetische kant van de machine had geen functie en was het dus niet waard om verder uit te werken, wat ik anders wel graag gedaan had.

Het moeilijkste aspect aan het ontwerp is het feit dat de machine eenmalig voor eigen gebruik gemaakt wordt. Hierdoor is het niet waard om heel diep te gaan in de verschillende onderdelen van het ontwerp. Zo blijft alles vrij oppervlakkig, terwijl ik sommige zaken meer had willen optimaliseren en uitwerken. Er is ook geen ruimte voor testen, gezien de schaal en kost van de machine.

Ik wil ook mijn dankbaarheid uiten door mijn mentor Dany vanGoethem hartelijk te bedanken voor de ondersteuning, het begrip en het vertrouwen. Ook bedank ik graag docenten Dirk Pieters en Sabine Martens voor de begeleiding en voorbereiding op het schrijven van dit werk. Verder wil ik Ir. Edward Belderbos, ing. Severijn De Ridder, Ir. Luc Mattheeuws en Ir. Andreas Van Gijzeghem bedanken om mij door de lastigere delen van het project te leiden op een leerrijke en geduldige wijze. Dank aan Nico VandenAbeelee en Johan Van de Velde voor feedback bij het ontwerp.

Ten slotte bedank ik graag alle collega's van de ontwerpafdeling die mij een prettige en verwelkomende werksfeer hebben geschonken en wanneer nodig het project ook vooruit geholpen hebben op verschillende manieren.

My sincerest gratitude to Mr. Dany vanGoethem, Mr. Dirk Pieters, engr. Edward Belderbos, engr. Severijn De Ridder, engr. Luc Mattheeuws, engr. Andreas Van Gijzeghem, Mr. Nico VandenAbeelee, Mr. Johan Van de Velde and Ms. Sabine Martens for guidance and feedback. I would also like to thank all the colleagues of the design department for providing a welcoming and supportive environment to work and learn in.

Inhoudsopgave

1	Verklaring van het ontwerp	19
1.1	Probleemstelling	19
1.2	Vergelijkbare machines	21
1.3	Conceptuele schetsen	23
1.4	Mogelijke en gekozen oplossingen	31
1.4.1	Mechanische overbrenging	31
1.4.2	Lagering van de last	33
1.4.3	Opstelling van de rondsels	39
1.4.4	Motoren	41
1.4.5	Montage van de motoren	44
1.4.6	Lagering en montage van de rondsels	49
1.4.7	Structuur van de stoelen	57
1.4.8	Overige (onderhouds)voorzieningen van de stoel	61
1.4.9	Structuur van de brug	65
1.4.10	Vergrendeling van de brug	66
1.4.11	Veilige zone	72
1.4.12	Bevestiging van de last	73
1.4.13	Bescherming tegen corrosie	76
1.4.14	Installatie van de machine	76
1.5	Berekeningen	77
1.5.1	Gebruikte veiligheidsfactoren	77
1.5.2	Toelaatbare spanningen	77
1.5.3	Indicatieve berekening van de brug	79
1.5.4	EEM-simulatie van de brug	89
1.5.5	EEM-simulatie van de stoel	95
1.5.6	Bepalen van het draaimoment	101
1.5.7	Maximale verdraaiing van de ledige brug	107
1.5.8	Thermische uitzetting van de brug	108
1.5.9	Diameter van de brugassen	109
1.5.10	Vlakke inlegspieën van de brugassen	110
1.5.11	Diameter en astrappen van de brugassen	110
1.5.12	Diameter van de rondsels	111
1.5.13	Vlakke inlegspieën van de rondsels	113
1.5.14	Centraal tandwiel en de rondsels	114
1.5.15	Maximale snelheid van de brug	116
1.5.16	Dimensionering en aanhaalmoment van de lastbouten	117
1.5.17	Aanhaalmoment van de rondselslagerbouten	120
1.5.18	Levensduur van de rondselslagers	121
1.5.19	Diameter van de blokkeerpennen	122
1.5.20	Lasberekeningen	123
2	Verklaring van de tekeningen	127

2.1	Verschillen in tekenconventie	127
2.2	Codering van de tekeningen.....	128
2.3	Samenstellingstekeningen.....	129
	9.V5103 Hoofdsamenstelling	129
	9.S5104 Draaistoel montage motorblok	130
2.4	Deelsamenstellingen	131
	9.T5109 Penblok.....	131
	9.S5113 Deur.....	131
	9.S5115 Bovendeksel.....	131
	9.T5118 Rondselas.....	132
	9.T5122 Signaalzuil	132
2.5	Bespreking van de technische tekeningen	133
	9.V5107 Stoel (lastekening).....	133
	9.W5108 Stoel FP (nabewerking).....	134
	9.T5110 Penhuis.....	134
	9.W5111 Brug (lastekening)	135
	39.S5112 Brug FP (nabewerking)	135
	9.T5114 Deur.....	135
	9.T5116 Deksel.....	136
	9.T5117 Blokkeerpen.....	136
	9.T5119 Rondselas.....	136
	9.T5120 Rondsel	137
	9.T5121 Draadstang	137
	9.T5123 Afsluitplaat	137
	9.T5124 Uitlijnplaat	137
	9.T5125 Torsiearmblok.....	137
	9.S1528 Kabelgoot	138
	9.S5105, 9.S5106, 9.S5126 en 9.S5127	138
3	Verklaring van de sturing	139
	3.1 Overzicht.....	139
	3.2 Stuurschema.....	143
4	Veiligheid.....	145
	4.1 Risicoanalyse.....	145
	4.2 Veiligheidsmaatregelen	160
	4.3 Keuring.....	160
5	Kostprijsberekening	161
	5.1 Kost van de maakonderdelen	161
	5.2 Kost van de standaardonderdelen.....	162
	5.3 Kost van de overige onderdelen en sturing	162
	5.4 Totale kostprijs.....	163
6	Afbeeldingen van de afgewerkte machine	165
7	Conclusie.....	167
8	Opmerkingen	169
9	Literatuurlijst	171

Figurenlijst

Figuur 1: Draaistoel van BODE 30 ton	19
Figuur 2: Draaistoel met centrale brug van de opdrachtgever voor kleinere motoren..	21
Figuur 3: Bode manipulator voor 5 000 kg met centrale brug en draaitafel [6].....	21
Figuur 4: Bode manipulator voor 220 000 kg met centrale brug en draaitafel [7].....	22
Figuur 5: Waldun manipulator voor 150 000 kg met centrale brug en draaitafel [8].....	22
Figuur 6: Principeschets van de algemene opbouw van de draaistoel	23
Figuur 7: Principeschets van de centrale brug	24
Figuur 8: Principeschets van een aangedreven stoel V1.....	25
Figuur 9: Principeschets van een aangedreven stoel V2.....	26
Figuur 10: Principeschets van een passieve stoel.....	26
Figuur 11: Principeschets van de centrale aangedreven as	27
Figuur 12: Verschillende types en configuraties van draaikranslagers [12]	28
Figuur 13: Principeschets van een opstelling met rondselassen	29
Figuur 14: Principeschets van en rondselas.....	29
Figuur 15: Principeschets van de vrijheidsgraden van gecombineerde kussenblokken	30
Figuur 16: Doorsnede van de botsing van de axiale borging van de rondsels	32
Figuur 17: Verval in het rondsel	32
Figuur 18: Afbeelding en kenmerken van de SKF SNL 3056 [19]	33
Figuur 19: Afbeelding en kenmerken van de SKF 22344 CCK/W33 [20].....	34
Figuur 20: Illustratie van de opstelling met een centrale as en opstaande lagerblokken	34
Figuur 21: Illustratie van de opstelling met een centrale as en opstaande lagerblokken in doorsnede.....	35
Figuur 22: Draaikranslager in de toren van een tank [21].....	36
Figuur 23: Voorbeelden van het gebruik van draaikranslagers [22].....	37
Figuur 24: Interne werking van een 'slewing drive' [26]	39
Figuur 25: Uiteindelijke opstelling van de rondsels.....	40
Figuur 26: Mogelijke bouwvormen van reductiekasten [32].....	44
Figuur 27: Uitlijnsysteem Baldor B364T om motoren met een voet uit te lijnen [33]	44
Figuur 28: Illustratie van het TorqLOC®-systeem van SEW-Eurodrive [35]	45
Figuur 29: Overzicht en eigenschappen van het TorqLOC®-systeem van SEW-Eurodrive [34]	46
Figuur 30: Torsiearmblok als lasstuk (links) en freesstuk (rechts)	47
Figuur 31: Borging van de torsiearm met een verlengstuk [37]	48
Figuur 32: Afbeelding en kenmerken van de SKF UCP 217 [38].....	49
Figuur 33: Afbeelding en kenmerken van de SKF PER.UC217-A [39]	49
Figuur 34: Doorsnede van de rondselas met rondsels, lagers en uitlijnplaat.....	50
Figuur 35: Uitlijnplaat op een UPE-profiel met 1 set bevestigingsbouten	51
Figuur 36: Uitlijnplaat op een UPE-profiel met 2 sets bevestigingsbouten.....	52
Figuur 37: Bovenaanzicht van de uitlijning	52
Figuur 38: Uitlijnplaat en bouten in doorsnede	53
Figuur 39: Bevestiging van het UPE-profiel.....	53
Figuur 40: Ondersabelen van de uitlijnplaat.....	54
Figuur 41: Opstelling van de rondselassen met gevlaakte dwarsbalken	55
Figuur 42: Onderkant van de dwarsbalken	55
Figuur 43: Uiteindelijke opstelling van de motoren in positie M3	56
Figuur 44: Eerste ontwerp van de stoel.....	57
Figuur 45: Doorsnede van het eerste ontwerp van de stoel	58
Figuur 46: Isometrisch vooraanzicht van het ontwerp van de stoel	59
Figuur 47: Isometrisch achterzicht van het ontwerp van de stoel	60
Figuur 48: Doorsnede van het ontwerp van de stoel	60
Figuur 49: Positionering van de hijsogen om botsing met kettingen te vermijden.....	60
Figuur 50: Achterzicht van de stoel.....	62

Figuur 51: Montage van de scharnieren van de deuren	62
Figuur 52: Contactloze veiligheidsschakelaars op de deuren.....	63
Figuur 53: Kabelgoten in de stoel.....	64
Figuur 54: Afgewerkte en geverfde centrale brug.....	65
Figuur 55: Mogelijke opstellingen van het penhuis	66
Figuur 56: Hydraulische aandrijving van de blokkeerpennen	68
Figuur 57: Kenmerken van de S+R SR 1 lineaire actuator [61]	68
Figuur 58: Kenmerken van de S+R SR 5 lineaire actuator [61]	69
Figuur 59: Vergelijking tussen de eigenschappen van de SR 1 en SR 1 SP lineaire actuatoren [61].....	69
Figuur 60: Vergrendeling van de brug in de stoel.....	70
Figuur 61: Vergrendeling van de brug in doorsnede.....	70
Figuur 62: Montage van de lineaire actuator	71
Figuur 63: Eventuele veiligheidsschakelaar van de blokkeerpennen.....	71
Figuur 64: Afbakening van de veilige zone.....	72
Figuur 65: Montagegaten van een 16DV-motorblok	73
Figuur 66: Doorsnede van de bevestiging van de last op de brug	74
Figuur 67: Vlakken van de profielen van de brug	74
Figuur 68: Gevlakte montageoppervlak van de brug	75
Figuur 69: Beschermende kunststof op de centrale brug	75
Figuur 70: Vereenvoudigde weergave van een profiel in horizontale stand.....	79
Figuur 71: Definiëring van het gebruikte assenstelsel van de brug.....	80
Figuur 72: Resulterende weerstand tegen buiging	81
Figuur 73: Model met oneindig slappe motorblok.....	82
Figuur 74: Model met oneindig stijve motorblok	83
Figuur 75: 'Vergeet mij nietje nr 11' voor praktische sterkteberekeningen [67]	84
Figuur 76: Von Mises-criterium in drie dimensies	85
Figuur 77: Grafische weergave van de ontbinding van de belasting in functie van de hoek.....	85
Figuur 78: Grafische weergave van het buigmoment i.f.v. de hoek	86
Figuur 79: Grafische weergave van de buigspanningen in functie van de hoek	86
Figuur 80: Grafische weergave van de wringspanning in functie van de hoek.....	87
Figuur 81: Grafische weergave van de afschuifspanning in functie van de hoek.....	87
Figuur 82: Grafische weergave van de Von Mises-spanning in functie van de hoek ...	88
Figuur 83: Opstelling van de EEM-simulatie.....	89
Figuur 84: Resultaat van de EEM-simulatie bij 0° zonder displacement.....	90
Figuur 85: Resultaat van de EEM-simulatie bij 0° met displacement.....	90
Figuur 86: Spanning aan de onderzijde van de brug van de EEM-simulatie bij 0°	91
Figuur 87: Maximale gevonden spanning van de EEM-simulatie bij 0° zonder displacement.....	91
Figuur 88: Vervorming van de EEM-simulatie bij 0° met displacement.....	92
Figuur 89: Resultaten van de EEM-Simulatie van de brug met mesh control	93
Figuur 90: Resultaten van de EEM-Simulatie van de brug met verstevigingen.....	94
Figuur 91: EEM-simulatie van de voorplaat van de stoel achteraanzicht.....	95
Figuur 92: EEM-simulatie van de voorplaat van de stoel vooraanzicht.....	96
Figuur 93: Belastingen bij de EEM-simulatie van de stoel	97
Figuur 94: Globale vermazing bij de EEM-simulatie van de stoel	97
Figuur 95: EEM-simulatie van de stoel met draaikranslager.....	98
Figuur 96: Achteraanzicht van de EEM-simulatie van de stoel met draaikranslager....	98
Figuur 97: Verplaatsing bij de EEM-simulatie van de stoel.....	99
Figuur 98: EEM-simulatie van de stoelen in samenstelling met de brug op 0°	99
Figuur 99: EEM-simulatie van de stoelen in samenstelling met de brug op 90°	100
Figuur 100: EEM-simulatie van de hijsogen van de stoel	100
Figuur 101: Bepaling van de totale massa van het 16DV-motorblok	101
Figuur 102: Bepaling van de hoogte van het resulterend zwaartepunt van het 16DV- motorblok.....	102
Figuur 103: Afmetingen van de motorblokken 1	103

Figuur 104: Afmetingen van de motorblokken 2.....	103
Figuur 105: Grafische weergave van de bepaling van de optimale excentriciteit van de brug.....	104
Figuur 106: Resulterende moment i.f.v. de excentriciteit.....	104
Figuur 107: Bepaling van het gewicht van een bout ISO 4014 10.9 M42*500 [70]	105
Figuur 108: Grafische resultaten van het draaimoment na dubbele correctie van de brug.....	106
Figuur 109: Grafische weergave van de ontbinding van de zwaartekracht op de ledige brug.....	107
Figuur 110: Grafische bepaling van de maximaal toegelaten hoek van de ledige brug.....	108
Figuur 111: Uitsteeklengte van het rondsel.....	111
Figuur 112: Maximale lengte van de brug tot de rotatieas.....	116
Figuur 113: Krachten en spanningen van de lastbouten.....	118
Figuur 114: Parameters van de bouten.....	118
Figuur 115: Taatswrijving van de lastbouten.....	118
Figuur 116: Veerconstanten van de lastbouten.....	119
Figuur 117: Schroefverbingsdiagram van de lastbouten.....	119
Figuur 118: Calculator voor het aanhaalmoment van de rondselaslagerbouten [79] .	121
Figuur 119: Meest gebruikte lasnaadvoorbereidingen in het ontwerp [81].....	123
Figuur 120: Positie van de inductieve sensor.....	140
Figuur 121: Overzicht van de sturing van de motoren.....	141
Figuur 122: Overzicht van de bedieningsorganen.....	141
Figuur 123: Vereenvoudigd stuurschema van de machine.....	143
Figuur 124: Risicoanalyse volgens EN 1050 samengevat [13].....	145
Figuur 125: Render van de afgewerkte stoel.....	165
Figuur 126: Isometrisch aanzicht van de afgewerkte machine.....	166
Figuur 127: Isometrisch aanzicht van de afgewerkte machine met doorzichtige stoel.....	166
Figuur 128: Onderdelen van de aangedreven stoel.....	166
Figuur 129: Paragraaf 4.4.2 van de machinerichtlijn [57].....	169
Figuur 130: Lasberekeningen basisgeval 3 [82].....	105
Figuur 131: Lasberekeningen basisgeval 5 [82].....	105
Figuur 132: Lasberekeningen basisgeval 6 [82].....	106
Figuur 133: Lasberekeningen basisgeval 1 [82].....	106
Figuur 134: Lasberekeningen basisgeval 2 [82].....	107

Tabellenlijst

Tabel 1: Offerteprijzen van alle onderdelen voor klassieke wentellagers	35
Tabel 2: Offerteprijzen voor de tandwielen bij klassieke wentellagers	36
Tabel 3: Overzicht van de fabrikanten van draaikranslagers	37
Tabel 4: Offerteprijzen van rondsels voor een draaikranslager	38
Tabel 5: Vergelijking van draaikranslagers en klassieke wentellagers	38
Tabel 6: Kostenvergelijking van draaikranslagers en klassieke wentellagers	38
Tabel 7: Overzicht van mogelijke motoren met bijhorende offerteprijs en gegevens ...	42
Tabel 8: Offerteprijzen van SKF UCP217 lagerblokken.....	50
Tabel 9: Vergelijking van actuatoren voor de blokkeerpennen [60]	67
Tabel 10: Onderdelen voor mogelijke actuatoren met bijhorende offerteprijs	67
Tabel 11: Verbanden van grensspanningen in een materiaal [11].....	78
Tabel 12: Toelaatbare spanningen i.f.v. vervorming voor S355.....	78
Tabel 13: Toelaatbare spanningen i.f.v. breuk voor S355	78
Tabel 14: Breedte, dikte, oppervlakte en weerstand tegen buiging van vierkante kokerprofielen [66]	84
Tabel 15: Iteratieve bepaling van de hoek met max Von Mises-spanning in de EEM- simulatie	92
Tabel 16: Gegevens van de brug.....	102
Tabel 17: Nuttige afmetingen en massa van de motorblokken	102
Tabel 18: Resulterende moment [kNm] i.f.v. de excentriciteit E [mm].....	105
Tabel 19: Resulterend moment [kNm] i.f.v. de exentriciteit E [mm] met gecorrigeerde brug	105
Tabel 20: Numerieke resultaten van het draaimoment na dubbele correctie van de brug	106
Tabel 21: Minimale diameter van de centrale as op basis van afschuiving	109
Tabel 22: Minimale diameter van de centrale as op basis van wringing en buiging...	109
Tabel 23: Minimale spielengtes voor de borging van het centraal tandwiel	110
Tabel 24: Gevonden belastingen op de rondsels	112
Tabel 25: Minimale diameter van de rondsels voor afschuiving	112
Tabel 26: Minimale diameter van de rondsels voor buiging en wringing.....	112
Tabel 27: Minimale spielengtes voor de borging van het rondsel	113
Tabel 28: Rekenwaarden bij de dimensionering van het centraal tandwiel en de rondsels.....	114
Tabel 29: Spanningen in het centraal tandwiel en de rondsels.....	114
Tabel 30: Rekenwaarden bij de dimensionering van de rondsels voor het draaikranslager	115
Tabel 31: Spanningen in de rondsels voor het draaikranslager.....	115
Tabel 32: Ontbinding van de krachten bij de verschillende motorblokken	117
Tabel 33: Kracht per bout bij de verschillende motorblokken	117
Tabel 34: Minimale diameter van de blokkeerpennen op afschuiving	122
Tabel 35: Indicatieve dimensionering van lasnaden volgens vuistregels.....	124
Tabel 36: Verschillen in tekenconventie.....	127
Tabel 37: Codering van formaten van tekeningen.....	128
Tabel 38: Taglist van de sturing	144
Tabel 39: Risicoanalyse van de machine volgens EN 1050	146
Tabel 40: Geschatte kostprijs van de maakonderdelen.....	161
Tabel 41: Totale kostprijs	163

Afkortingenlijst

Afkorting	Betekenis
i.f.v.	in functie van
EEM	eindige elementen methode
m.b.v.	met behulp van
a.d.h.v.	aan de hand van
t.o.v.	ten opzichte van
i.v.m.	in vergelijking met
i.c.m.	in combinatie met
i.p.v.	in plaats van
resp.	respectievelijk
HMI	human machine interface

Begrippenlijst

Begrip	Betekenis
DV-motor	is een interne verbrandingsmotor in een V-configuratie die kan draaien op diesel, HFO en biobrandstoffen.
DL-motor	is een interne verbrandingsmotor in een lijnconfiguratie die kan draaien op diesel, HFO en biobrandstoffen.
16DV36	is een interne verbrandingsmotor met 16 cilinders met een diameter van 365 mm in een V-configuratie.
12DV36	is een interne verbrandingsmotor met 12 cilinders met een diameter van 365 mm in een V-configuratie.
8DL36	is een interne verbrandingsmotor met 8 cilinders met een diameter van 365 mm in een lijnconfiguratie.
6DL36	is een interne verbrandingsmotor met 6 cilinders met een diameter van 365 mm in een lijnconfiguratie.
EEM-simulatie	is een simulatie van een CAD-model met de eindige elementen methode.
Fixed geometry	is een type van virtuele opspanning binnen de simulatieruimte van SolidWorks. De aangegeven geometry wordt hierdoor star gemaakt en vervormt niet. [1]
CAD-software	is software waarin 2D-tekeningen en/of 3D-modellen kunnen getekend worden. CAD of Computer-aided Design is het ontwerp van voorwerpen of machines met behulp van een computer.
Mesh control	is het bewust aanpassen van de parameters van de vermazing bij een EEM-simulatie. [2]
Probe	is een tool binnen SolidWorks Simulation om lokale resultaten te achterhalen en te plotten. [3]
HMI	is een medium waarmee operators kunnen interageren met een machine. Dit komt vaak voor als beeldscherm (touchscreen).
Render	is het omzetten van het 3D model naar een fotorealistisch beeld. [4]

Inleiding

Deze projectopdracht bestaat erin om een draaistoel te ontwerpen met een capaciteit van 60 000 kg die kan worden gebruikt tijdens de montage van de DV- en DL-motoren. De eisen worden gesteld door de begeleidende stagementor Dany vanGoethem.

Voor de montage van de krukas met het distributietandwiel, de hoofdagers en de lagerkappen in het motorblok moeten meerdere stappen ondernomen worden. Dit kan namelijk alleen langs de onderkant van het motorblok gebeuren, dus moet het hele blok 180° gekanteld worden. Het is de bedoeling dat die tijdrovende stappen worden geëlimineerd uit het montageproces en het motorblok door een toegewijde draaistoel kan gekanteld worden.

De draaistoel moet een maximaal toegelaten gewichtscapaciteit van 60 000 kg hebben en de last minstens 180° kunnen kantelen. Hierbij moet de onderkant van de last steeds vrij toegankelijk zijn. De motorblokken van zowel de 16DV36, 12DV36, 8DL36 en de 6DL36 moeten kunnen worden gemonteerd op de draaistoel. Het motorblok wordt op de draaistoel geladen m.b.v. een rolbrug en wordt op de draaistoel bevestigd a.d.h.v. bouten en moeren. Er wordt geen minimale snelheid gevraagd, maar wel een snelheidsregeling vanop een afstandsbediening. Uiteraard dient de machine te voldoen aan alle desbetreffende Europese veiligheidsnormen en moet het zo eenvoudig mogelijk in gebruik zijn.

Er wordt geen concreet budget opgelegd door de opdrachtgever. Initieel wil het bedrijf een commercieel verkrijgbare draaistoel van € 400 000 aankopen, maar hiervoor wordt echter geen budget goedgekeurd. De draaistoel dient dus zo goedkoop mogelijk gemaakt te worden zonder beperkingen aan veiligheid en functionaliteit.

Binnen de voorstudie worden gelijkaardige machines vergeleken in bouw en aandrijvingsmethode. Daarbij worden ook verschillende commerciële methodes van lagering en aandrijving vergeleken. De keuze voor de specifieke motoren, lageringen en mechanische overbrenging wordt gebaseerd op berekende grootheden, kostprijs, bijhorende informatie en beschikbaarheid. In combinatie met de financiële beperkingen en andere eisen wordt zo de constructie van de draaistoel bepaald. Offertes van leveranciers van de benodigde componenten vormen de basis van de kostprijsberekening.

Dit rapport omvat de voorstudie, de berekeningen en het ontwerp van de draaistoel. Eerst worden mogelijke oplossingen vergeleken met eventuele bijhorende berekeningen, waarna de gekozen oplossing wordt toegelicht. Vervolgens worden alle technische tekeningen besproken en verklaard. Verder wordt de sturing kort uiteengezet. Er wordt ook een risicoanalyse en kostprijsberekening uitgewerkt. Hierna volgt een conclusie waarin de vooropgestelde doelstellingen worden afgetoetst aan het behaalde resultaat. Het rapport wordt afgesloten met de literatuurlijst en alle relevante bijlagen inclusief een montagehandleiding.

1 Verklaring van het ontwerp

1.1 Probleemstelling

De opdrachtgever is een fabrikant van middelsnelopende motoren met vermogens tussen 1000 kWm en 10400 kWm. Die motoren worden gebruikt voor de aandrijving van schepen, treinen, generatoren en andere speciale toepassingen. Er bestaan meerdere modellen, waarbij de DV- en DL-motoren de grootste formaten hebben. [5]

De montage van zulke grote motoren vraagt om speciale gereedschappen en hijswerktuigen. Om de krukas te monteren op het motorblok, moeten nu vele stappen ondernomen worden met een rolbrug en hijsgereedschappen om het motorblok te kantelen. Voor kleinere modellen beschikt de opdrachtgever reeds over een draaistoel van het merk Bode, te zien in Figuur 1. Deze heeft een capaciteit van slechts 30 ton en is daarom niet geschikt om alle motorenblokken met krukas te kantelen. Een van de stoelen staat op rails zodat die motorblokken met verschillende lengtes kan accommoderen.



Figuur 1: Draaistoel van BODE 30 ton

De opdrachtgever wenst een gelijkaardige machine met een capaciteit van 60 ton. De machine dient een gelijkaardige bediening te hebben en een afstandsbediening. De motorblokken moeten minstens 180° kunnen draaien en alle nodige veiligheidsvoorschriften dienen geïntegreerd te worden. Geschilderde lijnen op de vloer bakenen een veilige zone rondom de machine af. Er worden geen rails gebruikt maar wel een brug die de stoelen overspant. Zo wordt een oppervlak gecreëerd waarop alle motorblokken passen en over hun hele lengte worden ondersteund. Dit biedt ook de mogelijkheid om andere lasten of eventueel kleinere type motoren te manipuleren met de draaistoel.

De machine wordt concreet gebruikt als volgt: een motorblok wordt ledig opgespannen op de brug, het wordt 180° gekanteld, de bovenste helften van de hoofdagers worden geïnstalleerd, vervolgens wordt de krukas met tegengewichten en het distributietandwiel in de zittingen geplaatst. Daarna worden de andere helften van de hoofdagers gemonteerd en geborgd door de onderste lagerkappen. Ten slotte wordt het motorblok terug tot 0° gekanteld en van de draaistoel gehaald.

1.2 Vergelijkbare machines

Er bestaan heel wat verschillende soorten lastmanipulators met verschillende vrijheidsgraden en gewichtscapaciteiten. Als oriënterende voorstudie worden dergelijke machines opgezocht en bekeken ter inspiratie. Hiervan worden enkele afgebeeld in Figuur 2, Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5.



Figuur 2: Draaistoel met centrale brug van de opdrachtgever voor kleinere motoren



Figuur 3: Bode manipulator voor 5 000 kg met centrale brug en draaitafel [6]



Figuur 4: Bode manipulator voor 220 000 kg met centrale brug en draaitafel [7]



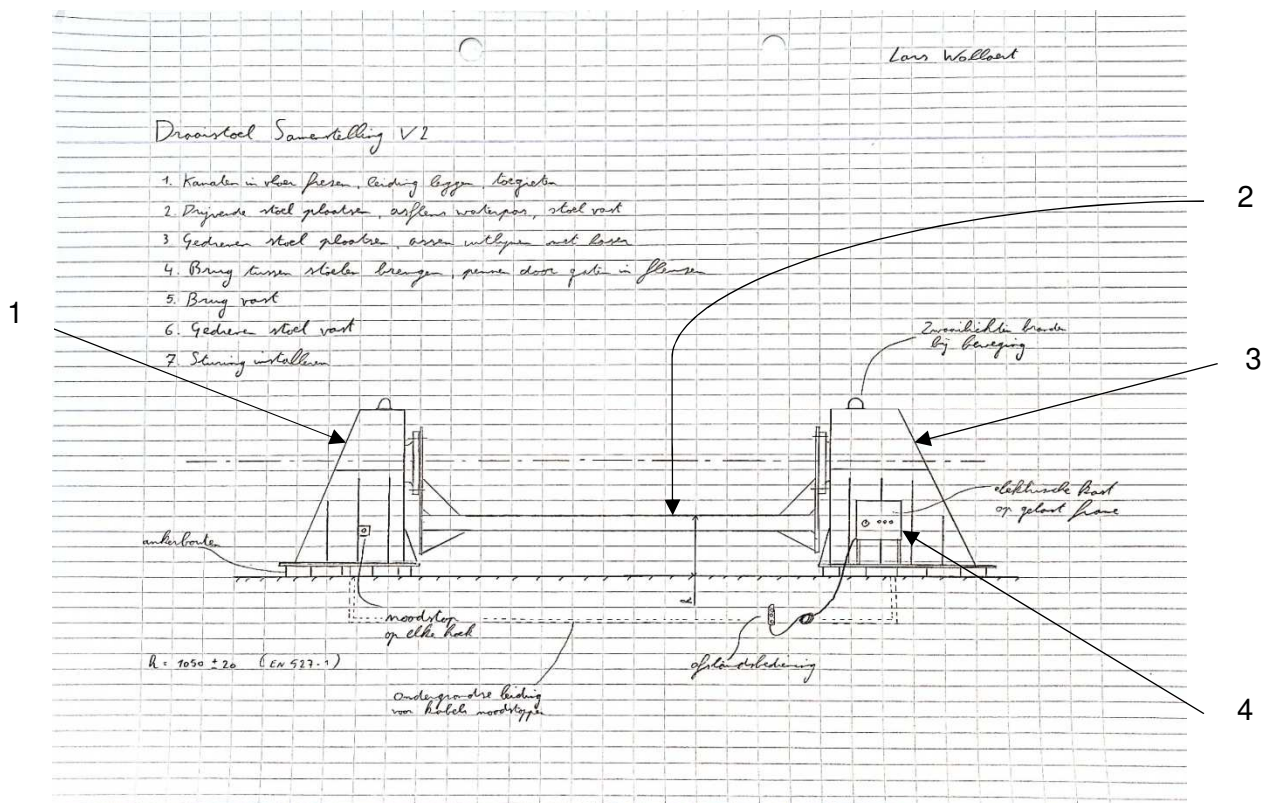
Figuur 5: Waldun manipulator voor 150 000 kg met centrale brug en draaitafel [8]

1.3 Conceptuele schetsen

Het project begint met het uitwerken van algemene principeschetsen. Hierop worden de voornaamste voorziene onderdelen getekend om een beeld te krijgen van welke onderdelen gemaakt moeten worden en welke commerciële onderdelen moeten gedimensioneerd en aangekocht worden. Op deze schetsen worden ook al de eerste functionele ideeën genoteerd. Hierbij kunnen de schetsen afwijken van het uiteindelijk resultaat, die geven enkel een idee van de opstelling.

Figuur 6 geeft de algemene opbouw van de draaistoel weer. De motorblokken worden op een centrale brug (2) geplaatst en vast gebout. De brug wordt aan beide uiteinden ondersteund door de stoelen (1 en 3). In een van de stoelen (3) zitten elektrische motoren die de draaibeweging van de brug aandrijven. Op deze stoel zit tevens de elektrische kast (4) waarin alle benodigde elektrische componenten worden geborgd. Op beide stoelen komen zwaailichten en noodstoppen. De elektrische componenten van de stoelen worden verbonden via een ondergrondse leiding. De stoelen worden ondersteund door verankerde draadstangen zodat de assen van de stoelen kunnen worden uitlijnd.

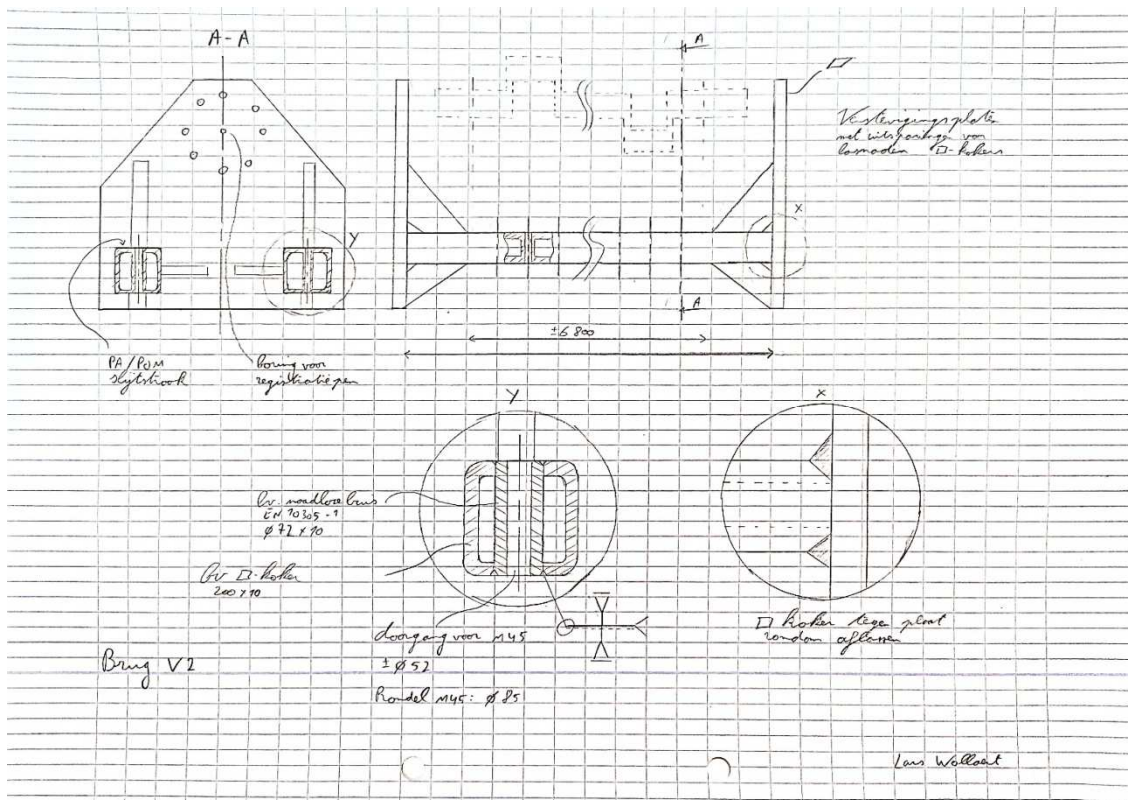
De hoogte van het montageoppervlak op de centrale brug is 1050 ± 20 mm volgens EN 527-1 'Kantoormeubelen – Kantoor tafels en bureaus – Deel 1: Maten' aangezien de operatoren staand de draaistoel bedienen en de motorblokken manipuleren (bijlage 2.1.1 [9]).



Figuur 6: Principeschets van de algemene opbouw van de draaistoel

Figuur 7 geeft de centrale brug weer. De brug vormt het bewegende deel van de machine tussen de stoelen waarop het motorblok wordt gemonteerd. De brug is opgebouwd uit twee vierkante kokerprofielen die aan beide kanten worden gelast aan identieke zijplaten. In de zijplaten worden gaten voorzien voor montage op de stoelen. Hierbij worden verstevigende platen gelast om de profielen verder te ondersteunen. Die platen hebben een uitsparing om niet te botsen met de lasnaad rondom de kokers. In de kokers worden dikwandige buizen gelast waardoor het motorblok met bouten en moeren kan worden gemonteerd. Het motorblok kan ook gemonteerd worden met bouten en getapte gaten in de kokers, maar de getapte gaten kunnen snel verslijten door het frequent (de)monteren van de bouten. De buizen zorgen voor een vlotte doorgang van de bouten en vermijden ook doorbuiging van de kokers waar de bouten worden aangespannen. De buizen zijn dikwandig om knik te voorkomen en i.f.v. lasbaarheid.

Het origineel ontwerp van de brug bestaat uit vier onderdelen, waarbij de kokers met flenzen aan de zijplaten worden gebout. Gezien de aard van interne productie beschikt de opdrachtgever echter over voldoende grote freesmachines om de brug als één stuk na te bewerken. Het geheel kan dus gelast worden en daarna kunnen de zijplaten gevlaakt en geboord worden. Vlakken van het bovenoppervlak van de kokers verwijderd de uitstekende lasnaden van de buizen en komt montage van het motorblok ten goede.



Figuur 7: Principeschets van de centrale brug

Figuur 8 geeft een eerste ontwerp van een stoel weer waarin de aandrijvende componenten zijn verwerkt. De stoel zelf is de algemene structuur. Die wordt opgebouwd uit aan elkaar gelaste platen. In de stoel wordt een interne structuur gelast, hierop kunnen de overige machineonderdelen worden gemonteerd. In de grondplaat komen gaten waarmee de stoel kan worden verankerd in de ondergrond.

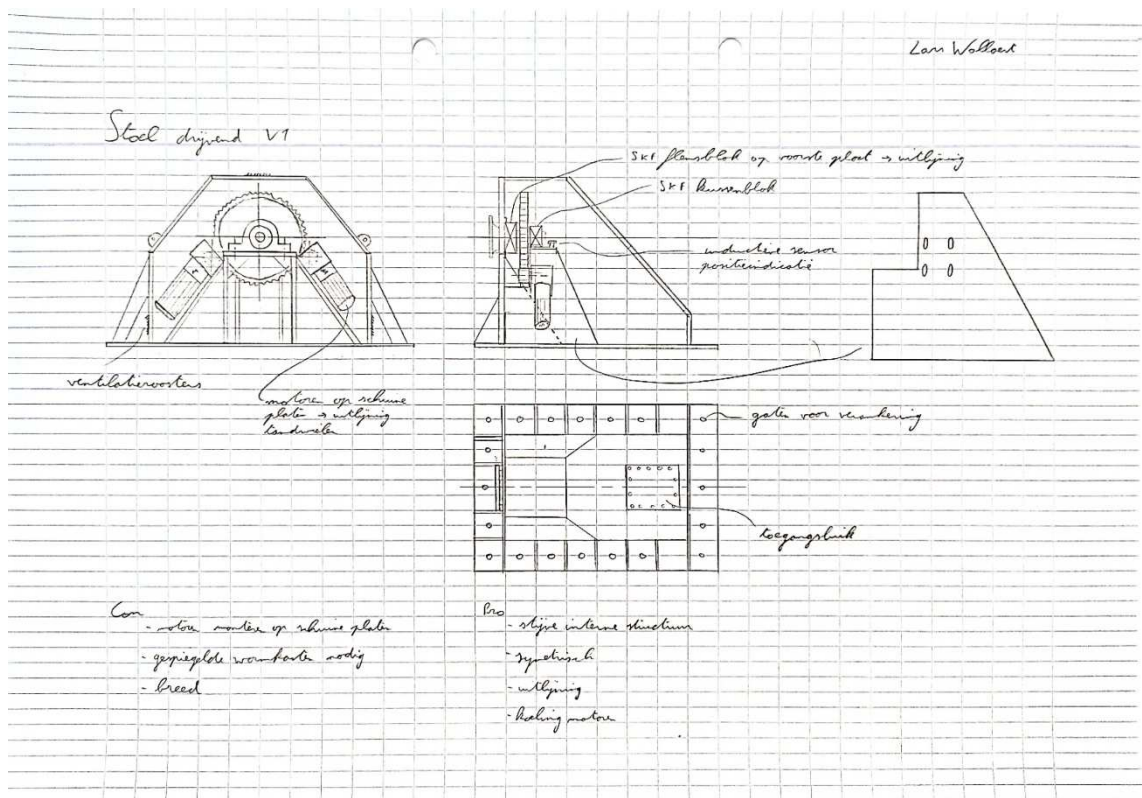
Een centrale bruggas aan elke kant van de brug wordt gelagerd door een lager in een flensblok en een lager in een kussenblok. De lagers kunnen onderling worden uitgelijnd door de speling van de doorgangsgaten waarmee ze op de stoel worden gemonteerd.

Tussen de lagers zit een uitwendig tandwiel. Dit tandwiel wordt aangedreven door twee rondsels. Die rondsels worden op hun beurt aangedreven door twee elektromotoren met elk een reductiekast. De reductiekasten dienen wormkasten te zijn, aangezien dit type tandwielkast niet kan worden teruggedreven [10]. Ongewenst verdraaiing van de last wordt zo geëlimineerd zonder een bijkomende rem.

De motoren en reductiekasten worden op schuine platen gemonteerd. Zo wordt de stoel compact gehouden en wordt luchtkoeling van de motoren bevorderd. Dit geeft ook een stijve interne structuur waarbij het kussenblok radiaal goed wordt ondersteund. De reductiekasten worden gemonteerd met sleufgaten om uitlijning van de rondsels mogelijk te maken.

Er wordt geopteerd om meerdere motoren te gebruiken zodat de last kan gemanipuleerd worden bij het falen van een motor of reductiekast. In de stoel wordt ook een inductiesensor geplaatst zodat een indicatielamp de operator kan signaleren wanneer de centrale brug waterpas (0° of 180°) hangt.

Bij dit ontwerp is de installatie van de reductiekasten en motoren niet gemakkelijk aangezien ze op een schuin oppervlak worden gemonteerd. Er zijn ook gespiegelde reductiekasten nodig.

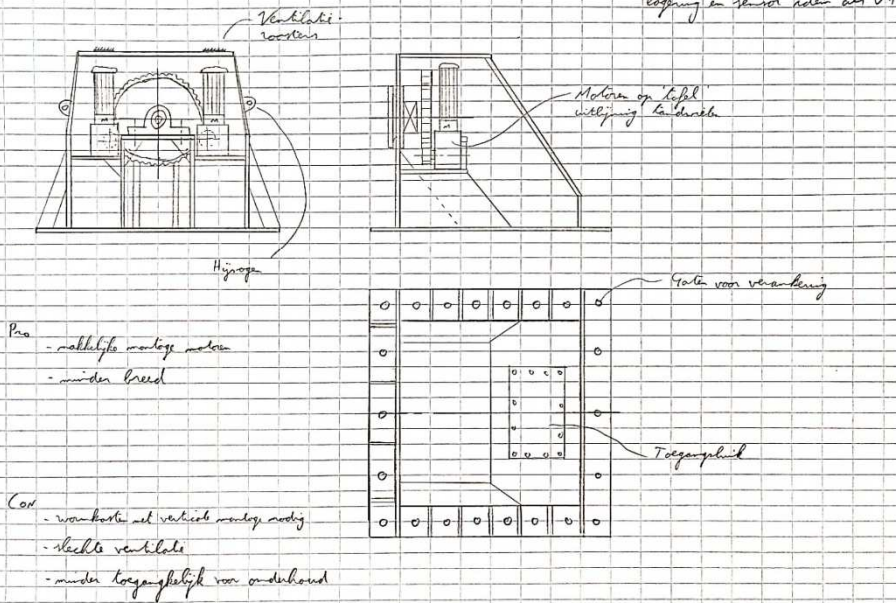


Figuur 8: Principeschets van een aangedreven stoel V1

Figuur 9 geeft een tweede ontwerp van een stoel waarin de aandrijvende componenten zijn verwerkt weer. Het verschil met de eerste versie is dat hier de reductiekasten en motor verticaal worden gemonteerd. Dit bevordert de montage van de reductiekasten en motoren. De luchtkoeling wordt wel benadeeld en het centraal tandwiel is minder toegankelijk voor onderhoud. Aangezien de motoren telkens maar voor korte tijd werken is koeling geen grote zorg en het is de bedoeling dat onderhoud slechts heel sporadisch moet gebeuren.

Lars Wolloert

Stoel drijvend V2

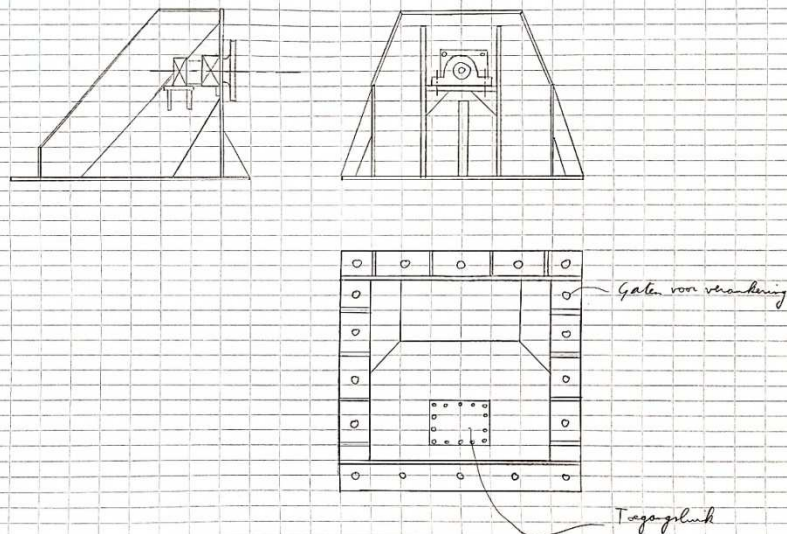


Figuur 9: Principeschets van een aangedreven stoel V2

Figuur 10 geeft een ontwerp van de passieve stoel. Dit is de stoel die louter de brug ondersteunt en geen aandrijvende componenten bevat. De opbouw is analoog aan de aangedreven stoel.

Lars Wolloert

Stoel gedreven V1

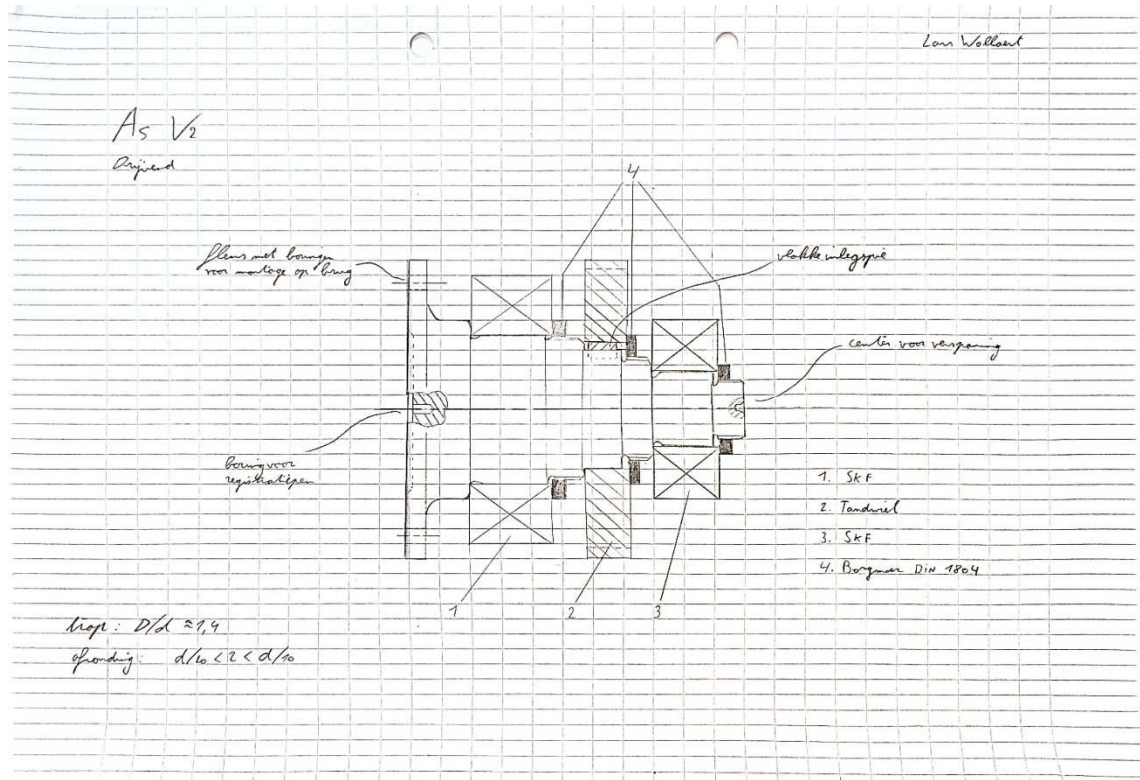


Figuur 10: Principeschets van een passieve stoel

Figuur 11 geeft een eerste ontwerp weer van de centrale as. De as wordt op 2 punten gelagerd (1,3). Tussen de lagers zit het centraal tandwiel met uitwendige vertanding. De lagers en het tandwiel worden axiaal geborgd m.b.v. borgmoeren volgens DIN 981 of DIN 1816. Het tandwiel wordt radiaal geborgd met behulp van een vlakke inlegspie.

De verhoudingen tussen die diameters van de astrappen worden ideaal gehouden rond 1,4. De straal van de afrondingen van schouders ligt tussen een tiende en een twintigste van de asdiameter. [11]

Aan beide uiteinden wordt een centerboring voorzien om de verspaning mogelijk te maken. In het linker zijvlak wordt een axiale uitsparing getekend om het contactoppervlak met de centrale brug te verkleinen, zodat ongelijke vlakken niet zorgen voor spleten. In de flens aan de linkerzijde worden boringen voorzien waardoor de bouten komen die de brug aan de centrale as bevestigen.



Figuur 11: Principeschets van de centrale aangedreven as

In bovenstaande principeschetsen wordt gewerkt met een gelagerde centrale as die wordt aangedreven door een centraal tandwiel. Het is echter ook mogelijk om een draaikranslager met inwendige vertanding te gebruiken. Op deze manier zijn de lagering van de brug en de aandrijving verwerkt in één onderdeel en is er geen nood aan een centrale as. Enkele mogelijke configuraties van draaikranslagers en mogelijke wentellichamen worden gegeven in Figuur 12 [12].



External
Gear



Internal
Gear



Without
Gear



Casting



Single Ball
Row



Double Ball
Row

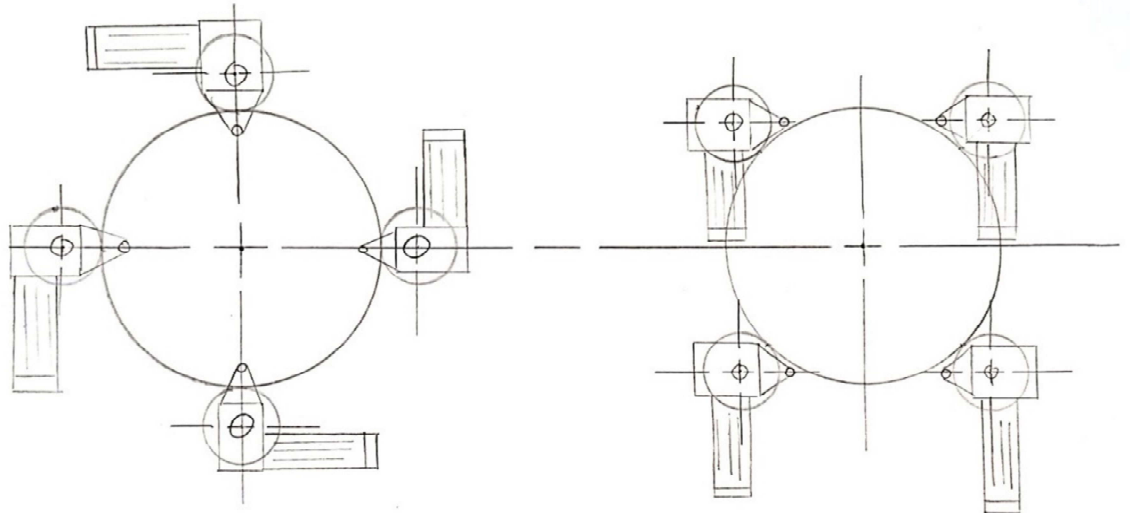


Single Roller
Row

Figuur 12: Verschillende types en configuraties van draaikranslagers [12]

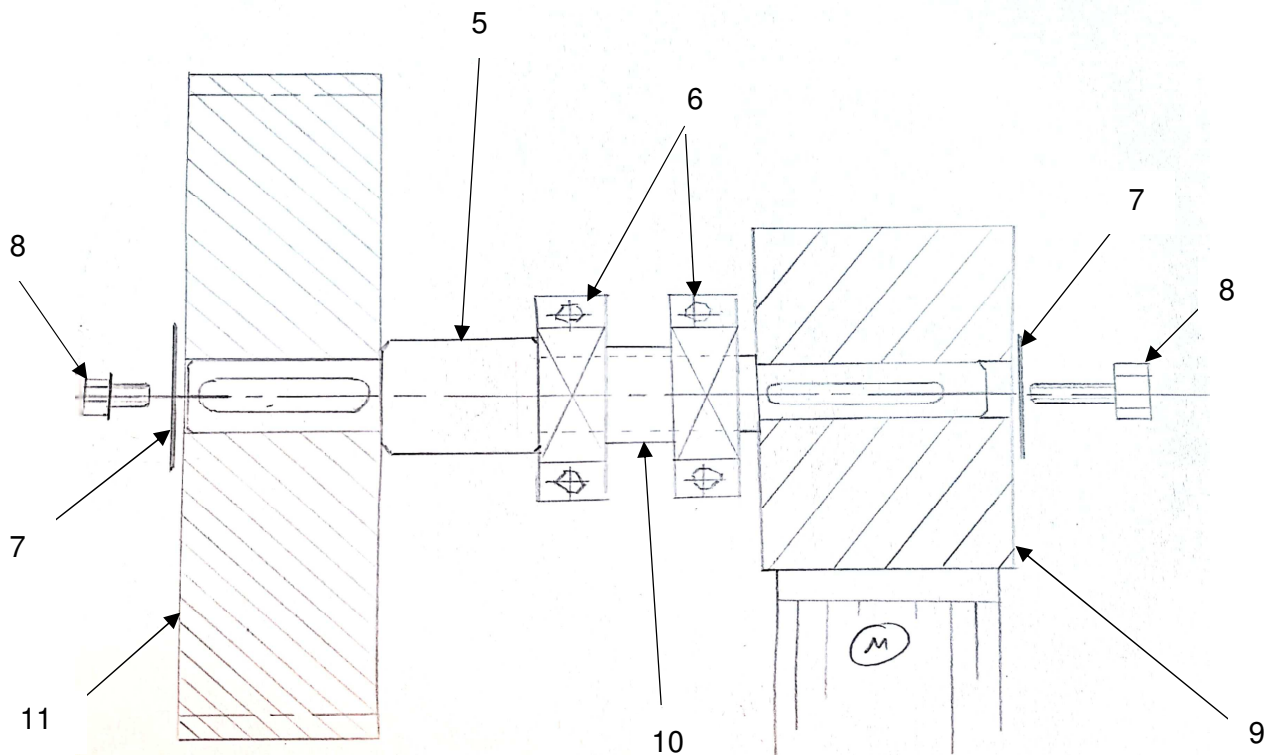
Op de principeschetsen worden de reductiekasten met motoren direct op platen gebout. Indien na dimensionering die componenten te zwaar blijken te zijn om manueel te manipuleren of te groot om zo in te bouwen, kunnen ook aparte rondselassen geïntegreerd worden i.c.m. torsiarmen. Op deze manier worden de rondsels op hun eigen gelagerde as gemonteerd. De rondsels kunnen dan worden uitgelijnd met het centraal tandwiel. Wanneer de rondselassen vast zitten, kunnen de reductiekasten aan de assen gehangen worden en tegen verdraaiing geborgd worden met torsiarmen. Dit zorgt voor een makkelijkere uitlijning van de rondsels en laat toe een reductiekast te vervangen zonder een rondsel te verwijderen. Deze opstelling wordt uitvoerig besproken in 1.4.5.

Figuur 13 geeft twee mogelijkheden weer van een opstelling met aparte rondselassen. Afhankelijk van de hoek van de torsiarmen kunnen de reductiekasten anders georiënteerd worden. Zo wordt een flexibele opstelling gecreëerd die verschillende inbouw mogelijkheden biedt.



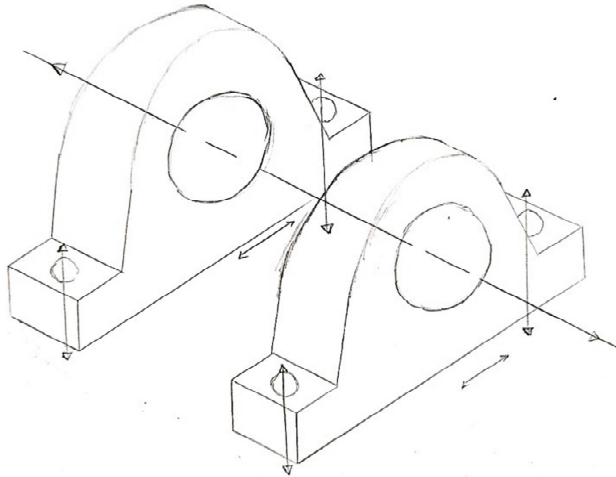
Figuur 13: Principeschets van een opstelling met rondselassen

Figuur 14 geeft een beeld van een mogelijke samenstelling van de rondselassen. De rondselas (5) wordt op 2 punten gelagerd door lagers in kussenblokken (6). Over een uiteinde wordt de naaf van een reductiekast (9) geschoven en radiaal geborgd m.b.v. een vlakke inlegspie en axiaal m.b.v. een vlakke sluiting (7) en zeskant(flens)bout (8). Op het andere uiteinde wordt het rondsel (11) bevestigd en op analoge manier geborgd. De lagers worden gescheiden door een afstandsbuis (10) en kunnen tijdens montage over de as worden verschoven om het rondsel correct uit te lijnen in axiale richting.



Figuur 14: Principeschets van en rondselas

Figuur 15 geeft de vrijheidsgraden van de kussenblokken weer. Door de montagebouten van de kussenblokken te monteren door sleufgaten kunnen beide kussenblokken in radiale richting worden verschoven. Door vulplaatjes onder de kussenblokken te leggen kan op vier punten in hoogte geregeld worden. In combinatie van de axiale vrijheid van de as kunnen de rondsels individueel uitgelijnd worden met het centraal tandwiel.



Figuur 15: Principeschets van de vrijheidsgraden van gecombineerde kussenblokken

1.4 Mogelijke en gekozen oplossingen

1.4.1 Mechanische overbrenging

De brug wordt verdraaid m.b.v. (een) motor(en). Er is een mechanische overbrenging nodig om het draaimoment van de motoren over te brengen naar de brug. Dit kan met behulp van conventionele mechanische overbrengingen zoals een (synchrone) riem-, ketting- of tandwieloverbrenging of door de uitgaande as van één motor direct via een koppeling op de brug te monteren.

Onderhoud moet zoveel mogelijk worden vermeden. Daardoor zijn riem- en kettingoverbrengingen niet wenselijk [13].

Beide vereisen ook een spanmechanisme om de correcte voorspanning te bekomen. Dit maakt de interne structuur van de stoel complexer en verhoogt de kostprijs. Zeker wanneer meerdere motoren worden gebruikt, is dit niet wenselijk. Een hoge voorspanning bij riemoverbrengingen eist ook overbrengingsassen met een grotere diameter. Riemen moeten ook goed afgeschermd zijn van vervuiling. Een kettingoverbrenging vereist geen grote voorspanning zoals riemen. Het kan wel trillingen veroorzaken door het polygooneffect en moeten correct gesmeerd en afgeschermd worden. [11]

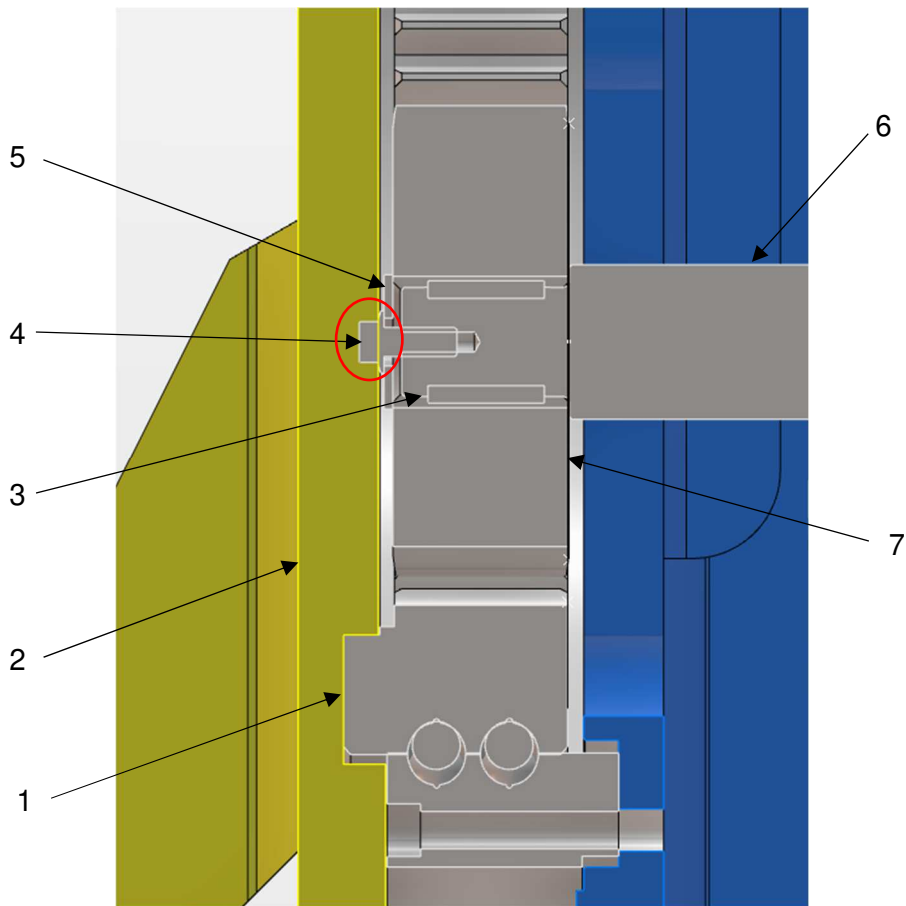
Het gebruik van een enkele motor die direct aan de centrale brug wordt verbonden wordt besproken in 1.4.3.

In deze toepassing wordt gekozen voor een tandwieloverbrenging met rechte tanden. Rechte tanden veroorzaken geen axiale kracht en zijn tevens goedkoper dan schuine tanden. Bij tandwielen met evenwijdige assen kan een overbrengingsverhouding van 6 behaald worden. Tandwielen zijn goed geschikt voor hoge belasting en er kunnen gemakkelijk rondsels worden toegevoegd aan de configuratie. [14]

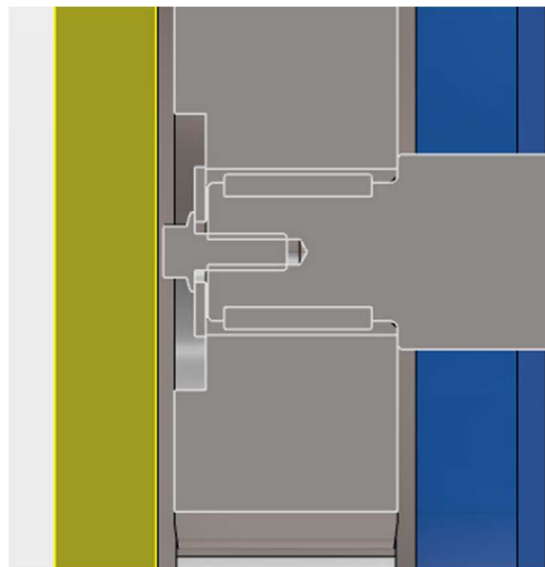
Buiten periodieke smering zijn tandwielen onderhoudsvrij. Tandwielen moeten worden uitgelijnd tot een correct draagbeeld en tandspeling worden bekomen, maar vereisen geen voorspanning of verdere controle. [13]

Om de tandwielen radiaal te borgen op hun as, worden vlakke inlegspieën gebruikt. De spieën worden gedimensioneerd in 1.5.10 en 1.5.13. Dit is een courante en goedkope vormgesloten verbinding en vermijdt de complexere verspanning van een polygoon- of spieasverbinding. Krachtgesloten verbindingen zoals een kegelpers- of Taper lock-verbinding vereisen een precieze conische zitting en overige krachtgesloten verbindingen zoals een trekbus- of drukbusverbinding vereisen ook een extra onderdeel. Dit maakt het geheel duurder en is niet wenselijk.

Om de rondsels (7) axiaal te borgen op hun as (6), wordt een combinatie van een flensbout volgens DIN 6921 (4) en een sluitring volgens DIN 9021 (5) gebruikt (bijlage 2.2.9 [15] en bijlage 2.2.20 [16]). Om een botsing met de centrale brug (2) vanwege de zitting van het lager (1) (1.4.2) te vermijden, wordt een verval in het rondsel verwerkt zoals afgebeeld in Figuur 16 en Figuur 17. Zoals vermeld wordt radiaal geborgd m.b.v. inlegspieën (3).



Figuur 16: Doorsnede van de botsing van de axiale borging van de rondsels



Figuur 17: Verval in het rondsel

De borging kan ook tot stand komen door een flens op de as te voorzien waardoor bouten op het tandwiel kunnen bevestigd worden. Er kan een kraag voorzien worden op het tandwiel waarin stelschroeven kunnen gedraaid worden die overeenkomen met een groef in de as. Een Taper lock-systeem of cilindrische klembus zoals de Tollok TLK 450 kan gebruikt worden [17]. Deze oplossingen brengen wel een verhoogde kostprijs teweeg. Verder kan het rondsel ook op de as gelast worden, de permanente aard van lassen is echter niet wenselijk. Door een overgangspassing tussen het rondsel en de as te kiezen, ontstaat ook enige axiale borging. Het persen van het rondsel op een as met twee spieën is echter niet gemakkelijk.

1.4.2 Lagering van de last

Zoals reeds vermeld in 1.2, kan de last ondersteund en gelagerd worden door een combinatie van centrale assen en wentellagers of door draaikranslagers. Gezien de beperkte omtreksnelheid zijn glijlagers ook een optie, maar door de hoge radiale belasting moet een systeem voorzien worden om voldoende smering te behouden. Op vraag van de opdrachtgever worden daarom geen glijlagers gebruikt. Bijkomend worden wentellagers van SKF verkozen door de opdrachtgever.

De wentellagers worden in staande lagerblokken aangekocht. Dit is een gemakkelijke en courante manier om de lagers in te bouwen. Alternatief moet een lagerzitting voorzien worden in de stoel, wat meer en complexere stappen vereist bij de constructie van de stoelen en ook minder flexibiliteit voor het inbouwen toelaat. Om een geschikte keuze te maken, wordt advies gevraagd bij SKF en erkende SKF-distributeurs ERIKS, Imes Dexis, Partool en Rubix. Hieruit blijkt dat een combinatie van een kussenblok uit de SKF SNL 30-reeks met een tweerijig tonlager goed geschikt is voor deze toepassing. In de principeschetsen wordt ook een lagerhuis met flens gebruikt, maar dit bestaat niet voor asdiameters boven 115 mm [18]. Een opstaand lagerblok van de SKF SNL 30-reeks maakt montage gemakkelijk en is ontworpen om flexibel geconfigureerd te worden met verscheidene SKF-producten. Dit type blok en zijn eigenschappen worden afgebeeld in Figuur 18 [19].



SNL 3056

Split plummer (pillow) block housing, SNL 30, 31 and 32 series

SNL plummer (pillow) block housings in the 30, 31 and 32 series are robust and suitable for tough operating conditions. They enable the incorporated bearings to achieve maximum service life with less need for maintenance. Different housing variants and seal designs are available, making the use of tailored housings virtually unnecessary and enabling cost-effective bearing arrangements to be made

- Easy to install
- Cost-effective bearing arrangement
- Reduce maintenance
- Minimize lubricant leakage

Figuur 18: Afbeelding en kenmerken van de SKF SNL 3056 [19]

De tonlagers zijn zelfinstellend, zo vangen ze eventuele scheefstelling van de assen op. De lagers worden op de as gemonteerd m.b.v. een trekbus, dit maakt montage gemakkelijk en vermijdt de nood aan een conische lagerzitting op de brugassen. De lagers hebben een schuivende passing in het huis. Een van de twee lagers kan als los lager gebruikt worden door het lager zonder afstandsring in het huis te plaatsen, hierdoor kan axiale verplaatsing ten gevolge van foutieve uitlijning bij de installatie van de stoelen of door thermische uitzetting opgevangen worden. De huizen worden afgedicht door labyrintafdichtingen of een eindkap. Het lager en zijn kenmerken worden afgebeeld in Figuur 19 [20].



22344 CCK/W33

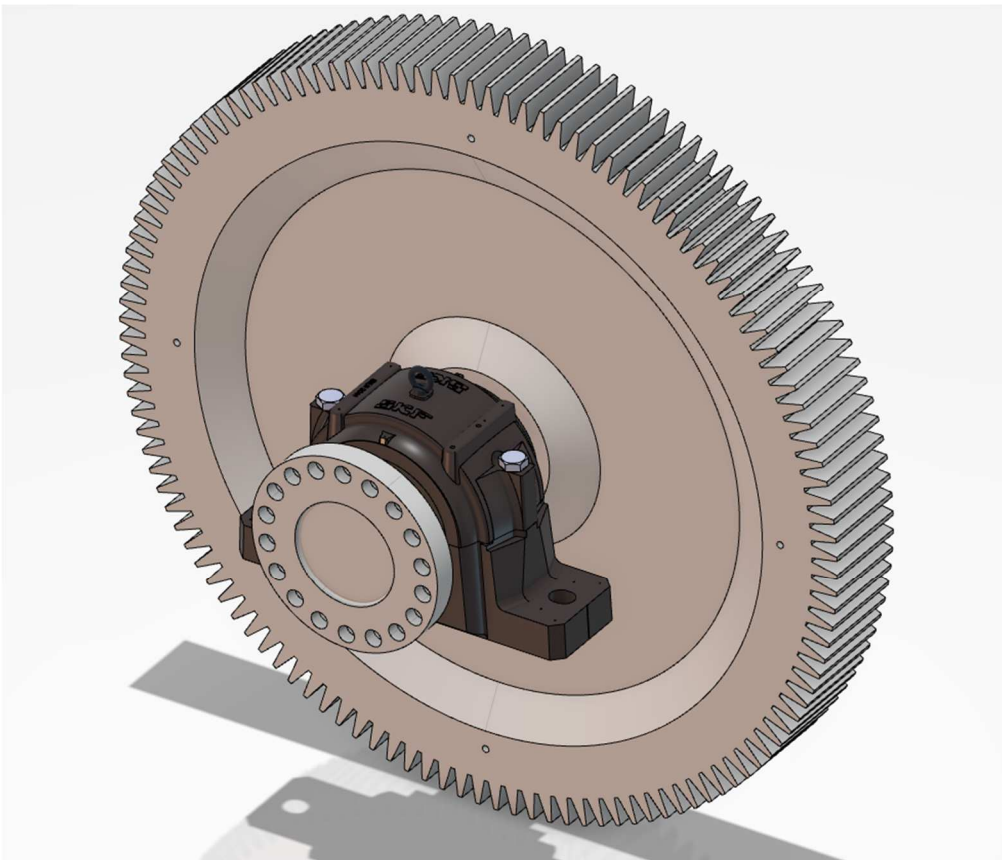
Spherical roller bearing with tapered bore and relubrication features

Spherical roller bearings can accommodate heavy loads in both directions. They are self-aligning and accommodate misalignment and shaft deflections, with virtually no increase in friction or temperature. The design includes features to facilitate relubrication. The bearings can be used in a modular system, including housings, sleeves and nuts.

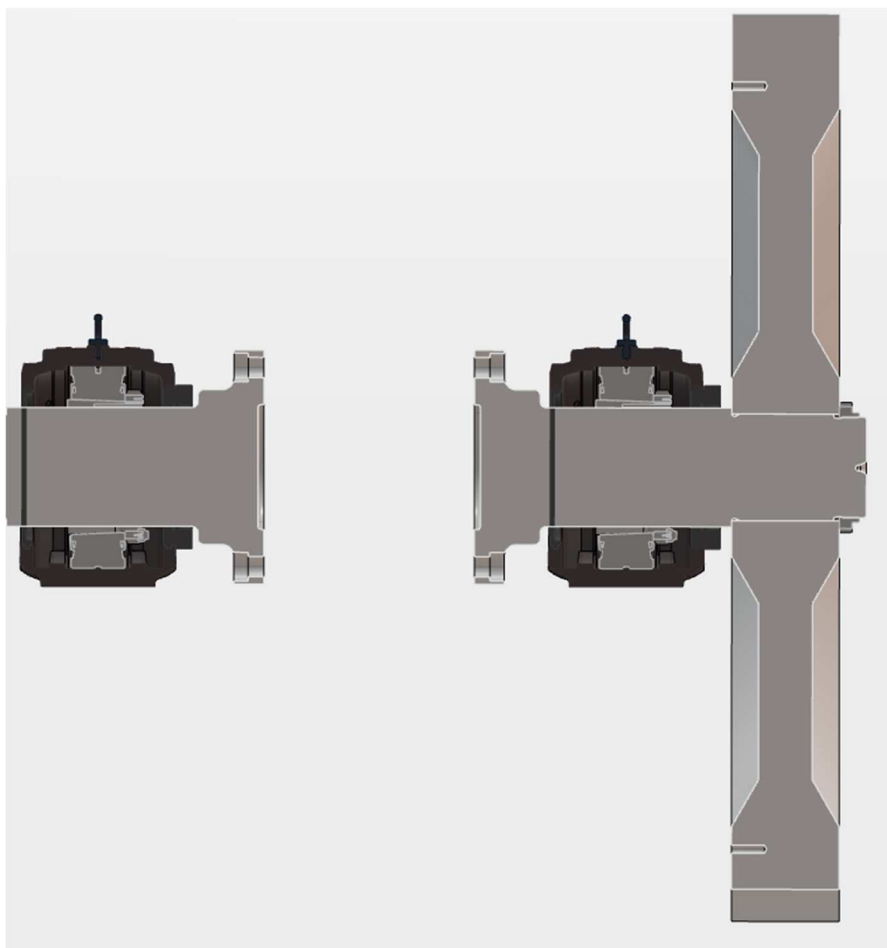
- Accommodate misalignment
- High load carrying capacity
- Relubrication features
- Low friction and long service life
- Increased wear resistance

Figuur 19: Afbeelding en kenmerken van de SKF 22344 CCK/W33 [20]

Het tweerijg tonlager SKF 22344 CCK/W33 is compatibel met een staand blok type SNL 30 en heeft een conische binnenring voor een as van 220 mm. De minimale diameter van de as wordt bepaald in 1.5.9. Het heeft een dynamische belastingscapaciteit C van 2 839 kN en een statische belastingscapaciteit C_0 van 3 450 kN [20]. Gezien het gewicht van de last gelijk is aan (60 000 kg + 8 719 kg + gewicht centrale assen + gewicht montagebouten en eventueel bijkomende bevestigingsartikelen) * 9,81 \approx 680 kN (1.5.6). De geselecteerde wentellagers kunnen de last dus zeker ondersteunen en dit met respect voor de gebruikte veiligheidsfactoren (1.5.1). Een opstelling met een centrale as en staand lagerblok wordt geïllustreerd in Figuur 20 en Figuur 21. Hierbij wordt een gelijkaardig blok gebruikt aangezien SKF geen CAD-bestanden vrijgeeft van SNL 30-blokken en de vertanding van het tandwiel is symbolisch. De berekening van het tandwiel wordt besproken in 1.5.14.



Figuur 20: Illustratie van de opstelling met een centrale as en opstaande lagerblokken



Figuur 21: Illustratie van de opstelling met een centrale as en opstaande lagerblokken in doorsnede

Uit offertes van SKF-distributeurs ERIKS, Fairon en Rubix, gegeven in Tabel 1, kan de goedkoopste prijs voor deze lageropstelling bepaald worden.

Tabel 1: Offerteprijzen van alle onderdelen voor klassieke wentellagers

Type	Merk	Artikel	Aantal	Prijs ERIKS	Prijs Fairon	Prijs Rubix
lagerhuis	SKF	SNL 3056	2	€ 5 726,70	€ 4 090,50	
lager	SKF	22340 CCK/W33	2	€ 6 798,32	€ 4 855,94	
borgring	SKF	FRB 14/420	2		€ 62,68	
Trekbus	SKF	H 2340	2	€ 1 607,40	€ 956,78	
Labyrintafdichting	SKF	TS 56/180	3	€ 1 268,25	€ 2 685,00	
eindkap	SKF	ETS 56	1	€ 325,95	€ 194,02	
lagerhuis	Timken	SNTD 3056	2			€ 4 770,14
lager	Timken	22340KEJW33W4	2			€ 3 366,92
borgring	Timken	SR420X14S	2			€ 81,60
Trekbus	Timken	H2340	2			€ 910,08
Labyrintafdichting	Timken	LO 56	3			€ 579,21
eindkap	Timken	EC 56	1			€ 152,88
totaal excl. Btw				€ 15 726,62	€ 12 844,92	€ 9 860,83

Op vraag van de opdrachtgever worden offertes voor de tandwielen opgevraagd bij fabrikanten Ernst-Schad, Cordm, Van Poucke en Zahnradwerk Pritzwalk. De offerteprijzen worden opgesomd in Tabel 2, Cordm en Van Poucke gaan niet in op de offerteaanvraag. Samen met de fabrikanten wordt het materiaal en de hardheid van de tandwielen aangepast, dit wordt besproken in 1.5.14.

Tabel 2: Offerteprijzen voor de tandwielen bij klassieke wentellagers

Type	Fabrikant	Eenheidsprijs	Aantal	Totaal excl. BTW
centraal tandwiel	Ernst-Schad	€ 23 600,00	1	€ 23 600,00
rondsel	Ernst-Schad	€ 2 190,00	4	€ 8 760,00
centraal tandwiel	Zahnradwerk Pritzwalk	€ 18 000,00	1	€ 18 000,00
rondsel	Zahnradwerk Pritzwalk	€ 1 200,00	4	€ 4 800,00
Totaal excl. BTW	Ernst-Schad			€ 32.360,00
	Zahnradwerk Pritzwalk			€ 26.760,00

Hierbij komt nog de kost van de centrale assen. M.b.v. CAD-software kan het gewicht van een as bepaald worden, dit gewicht kan vermenigvuldigd worden met 6 € / kg. Dit is een prijs per kg opgegeven door de opdrachtgever om schattingen te maken voor de prijs van verspaande onderdelen. Zo wordt de prijs van de assen (181 kg + 150 kg) * 6 €/kg ≈ € 1 986.

Bijkomend moeten de stoelen ook worden afgedicht, hiervoor moeten twee grote afdichtingen aangekocht worden en een geschikte zitting in de stoelen gefreesd worden. Dit maakt de installatie van het geheel ook moeilijker en kostelijker.

Het alternatief voor wentellagers zijn draaikranslagers. Dit zijn lagers met typisch grote diameters en een kleinere verhouding tussen diameter en breedte t.o.v. wantellagers. Draaikranslagers bestaan uit een buiten- en een binnenring en zijn gevuld met wentellichamen, net zoals klassieke wentellagers. Draaikranslagers hebben axiale montagegaten in beide ringen en kunnen een inwendige of uitwendige vertanding hebben. Dit type lagering wordt courant gebruikt voor de lagering van draaiende torens bij kranen, tanks, freesmachines, mijnmachines en dergelijk zoals geïllustreerd in Figuur 22 [21] en Figuur 23 [22]. [12]



Figuur 22: Draaikranslager in de toren van een tank [21]



Figuur 23: Voorbeelden van het gebruik van draaikranslagers [22]

Voor de keuze van een draaikranslager wordt gekeken naar de standaardproducten van INA (Schaeffler), Torriani, Euronorm, QCB, TGB, Rothe Erde (ThyssenKrupp) en IDR. Bij elke fabrikant worden de voorschriften voor de selectie van een geschikt draaikranslager gevolgd om een eerste model te kiezen. Vervolgens wordt de fabrikant of een erkende distributeur gecontacteerd om de keuze te verifiëren of indien nodig een specifiek lager te ontwerpen en een offerte op te stellen. Een overzicht van de mogelijke fabrikanten met bijhorende offerteprijs, modulus, aantal tanden, breedte en maximale tandkracht wordt gegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Overzicht van de fabrikanten van draaikranslagers

Merk	Leverancier	Prijs tanden	Prijs tandloos	Totaal excl. BTW	Opmerking	Fz max [kN]	M	z	b	OD
TGB	TGB	€ 2 300	€ 628	€ 2 928	dubbelrijige kogels	132	12	100	90	1470
Rothe Erde	Vansighen	€ 6 705	€ 5 005	€ 11 710	enkelrijige kogels	65	10	123	71	1455
IDR	Rindus	€ 10 909	€ 3 061	€ 13 970	kruisrollen, tandloze met tijdelijke korting	235,49	12	100	100	1530
QCB	NBC	€ 7 600	€ 6 826	€ 14 426	uit VK=buiten EU, dubbelrijige kogels	229,57 (ongehard)	12	100	119	1530
Torriani	ATB	€ 10 910	€ 10 140	€ 21 050	dubbelrijige kogels	184	12	120	98	1750
INA	ERIKS				Heeft geen geschikte draaikrans					
Euronorm	Euronorm				Heeft geen geschikte draaikrans					

Hierbij heeft NBC veel informatie verleend en geholpen bij het ontwerp van een op maat gemaakt draaikranslager. Gezien zij de details en het krachtenspel van de machine het meest kennen en tevens een hoge maximale tandkracht bieden, worden hun draaikranslagers gekozen. Het enige potentiële nadeel bij deze fabrikant is dat die draaikransen uit het Verenigd Koninkrijk komen, wat de levertermijn en transportkosten niet ten goede komt. De voorstellen van IDR en Rothe Erde zijn ook goede kandidaten, maar tonen minder interesse in de machine en zijn daardoor minder op de hoogte van het krachtenspel. De draaikranslagers van TGB lijken geschikt, maar gezien het relatief grote prijsverschil en dus mogelijke inadequade of inferieure kwaliteit t.o.v. de andere fabrikanten wordt TGB niet als optie aanschouwd.

Ook bij het gebruik van een draaikranslager moeten rondsels ontworpen en gefabriceerd worden. Hiervoor worden opnieuw offertes aangevraagd bij Ernst-Schad, Cordm en Zahnradwerk Pritzwalk. Deze rondsels zijn aangepast naar de breedte van het draaikranslager. De ontvangen offerteprijzen worden gegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Offerteprijzen van rondsels voor een draaikranslager

Type	Fabrikant	Eenheidsprijs	Aantal	Totaal excl. BTW
rondsel	Cordm	€ 1 495,00	4	€ 5 980,00
rondsel	Ernst-Schad	€ 1 790,00	4	€ 7 160,00

In samenwerking met NBC wordt een draaikranslager ontworpen dat rekening houdt met de inbouw mogelijkheden, krachten, veiligheidsfactoren en motorconfiguratie van de machine. De technische tekeningen van de draaikranslagers en bijhorende informatie zijn te vinden in bijlagen 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5 en 2.3.6.

Tabel 5 en Tabel 6 geven een vergelijking weer tussen klassieke wentellagers en draaikranslagers met voor- en nadelen en kostprijs. De prijzen in Tabel 6 zijn offerteprijzen en zijn dus indicatief.

Tabel 5: Vergelijking van draaikranslagers en klassieke wentellagers

Draaikrans		Klassieke lagering	
Pro	Con	Pro	Con
Compakt systeem	Beperkte keuze	Veel keuze	Complexe, grote as nodig
	Precieze zitting in stoel nodig	Veel documentatie	Complexere interne structuur stoelen
	Periodieke smering nodig	Geen bijkomende smering nodig	Centraal tandwiel nodig
	Op maat, niet zo maar vervangbaar	Kan axiale uitzetting compenseren met los lager	Aparte afdichting van de stoelen nodig
	Zit vast op de stoelen, moeilijkere uitlijning		Moeilijke montage in de stoel gezien het gewicht van de onderdelen
	192 bouten, moeren en sluitringen nodig die allemaal op het correcte aanhaalmoment moeten gespannen en gecontroleerd worden		

Tabel 6: Kostenvergelijking van draaikranslagers en klassieke wentellagers

Artikel	Prijs	Artikel	Prijs
draaikrans interne vertanding QCB	€ 7 572,52	lagers SKF	€ 4 855,94
draaikrans zonder tanden QCB	€ 6 801,09	huizen SKF	€ 4 090,50
rondsels Cordm	€ 5 980,00	trekbussen SKF	€ 956,78
bevestigingsartikelen Würth	€ 304,77	eindkap SKF	€ 194,02
		labyrinthafdichting SKF	€ 2 685,00
		borgring SKF	€ 62,68
		lagers Timken	€ 3 366,92
		huizen Timken	€ 4 770,14
		trekbussen Timken	€ 910,08
		eindkap Timken	€ 152,88
		labyrinthafdichting Timken	€ 579,21
		borgring Timken	€ 81,60
		centraal tandwiel Zahnrad Pritzwalk	€ 19 000,00
		rondsels	€ 4 800,00
		assen (materiaal, 181 kg + 150 kg x6 EUR/kg= EUR 1986)	€ 1 986,00
		afdichtingen stoel	
		bevestigingsartikelen Würth	
Totaal	€ 20 658,38	Totaal SKF	€ 38 630,92
		Totaal Timken	€ 35 646,83

De totale prijs van de opstelling met klassieke wentellagers houdt geen rekening met de prijs van de afdichting van de stoel en de bevestigingsartikelen. Er worden ook offerteprijzen gebruikt voor een lageropstelling voor een as met diameter van 200 mm, wat te klein is maar aanvankelijk in het ontwerp is berekend en achteraf gecorrigeerd (1.5.11).

De totale kostprijs van de opstelling met een draaikranslager is ongeveer de helft van de prijs voor klassieke wentellagers. In combinatie met de compacte bouwvorm en minder complexe inbouw wordt gekozen voor het gebruik van een draaikranslager van QCB. In de aanwezige draaistoel van Bode besproken in 1.1 wordt tevens een draaikranslager gebruikt. NBC is zoals vernoemd erg betrokken bij het ontwerp van de draaikranslager en er zijn meerdere versies ontworpen i.f.v. de evolutie van het ontwerp.

De draaikranslagers worden gemonteerd op de brug en stoelen in een gefreesde zitting zodat de belasting goed van de brug naar de stoelen kan overgebracht worden. Ze worden bevestigd met cilinderkopschroeven met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 10.9 M24x190 i.c.m. sluitringen DIN EN ISO 7089 300 HV M24 en zelfborgende zeskantmoeren DIN 980 10.9 M24 (bijlage 2.2.2 [23], bijlage 2.2.19 [24] en bijlage 2.2.16 [25]).

1.4.3 Opstelling van de rondsels

Een of meerdere rondsels die ingrijpen op de interne vertanding van het draaikranslager worden aangedreven door motoren met bijhorende tandwielreductie.

De brug kan ook worden aangedreven door een enkele motor en reductiekast. Hierbij moet het draaikranslager geen vertanding hebben en kan een centrale overbrengingsas gebruikt worden. Het grootste nadeel van deze opstelling is dat het volledige moment van de brug rechtstreeks op de reductiekast komt, zonder van een initiële overbrengingsverhouding tussen de tandwielen te kunnen genieten. Dit heeft verder ook het nadeel dat eens de reductiekast of motor defect is, de last niet meer gemanipuleerd kan worden en het defecte onderdeel niet kan worden vervangen of gerepareerd tot de last is verwijderd en de brug immobiel is gemaakt.

Een enkele motor kan ook met het draaikranslager verbonden worden in de vorm van een ingebouwd wormwiel, in het Engels gekend als een 'slewing drive' zoals afgebeeld in Figuur 24 [26]. Dit zijn compacte eenheden waarop een of twee motoren kunnen verbonden worden. Wanneer het moment van de last op een wormwiel komt i.p.v. meerdere, is hier de tandkracht groot en is een wormwiel met een veel sterkere en dus grotere vertanding nodig. Hetzelfde geldt voor de gebruikte rechte vertanding van het draaikranslager. Om de breedte van de tanden binnen praktische maten te houden, moet de kracht over meerdere tanden en dus meerdere rondsels worden verspreid.

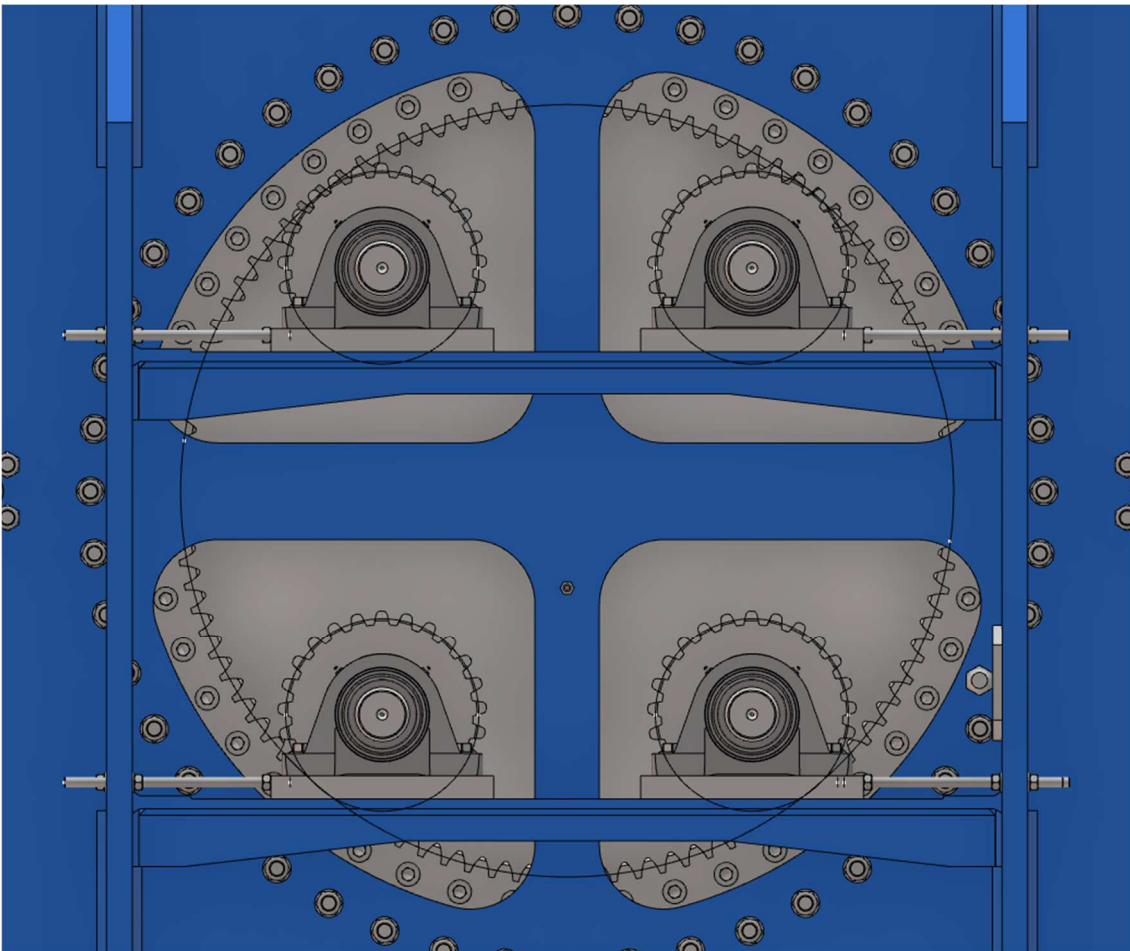


Figuur 24: Interne werking van een 'slewing drive' [26]

Een enkele motor moet hier ook het volledige moment kunnen aandrijven, waardoor een relatief grote motor i.p.v. meerdere kleine moeten gebruikt worden.

Zoals reeds besproken in 1.2 kunnen meerdere rondsels ingrijpen op de interne vertanding van het draaikranslager. Dergelijke opstelling is flexibel en biedt meerdere mogelijkheden. Afhankelijk van de vertanding van de rondsels en de draaikrans kan de overbrengingsverhouding aangepast worden. De positie van de rondsels kan aangepast worden om het inbouwen van de motoren te vergemakkelijken. Bijkomend wordt de belasting over meerdere rondsels en dus motoren verdeeld. Hierdoor kunnen de motoren, reductiekasten en rondsels kleiner gedimensioneerd worden. Voor deze machine worden vier rondsels gebruikt in een 4/3-configuratie. Dit wilt zeggen dat in normaal bedrijf alle rondsels evenveel moment leveren en samen werken maar dat indien een motor of ronsel defect is de overige drie de last kunnen manipuleren. Deze situatie komt hopelijk nooit voor maar als veiligheidsmaatregel wordt de vertanding van het draaikranslager, de rondsels en hun aandrijving gedimensioneerd zodat ze minstens een derde van het maximale draaimoment kunnen manipuleren.

De motoren van de machine worden opgesteld zoals afgebeeld in Figuur 25, hierin zijn ook de steekcirkels van de rondsels en het draaikranslager zichtbaar.



Figuur 25: Uiteindelijke opstelling van de rondsels

1.4.4 Motoren

De rondsels worden elk aangedreven door een motor. Die motor kan elektrisch of hydraulisch zijn. Hydraulische motoren hebben een betere vermogendichtheid i.v.m. elektrische motoren, maar eisen wel een geschikt bijhorend hydraulisch circuit met alle nodige voorzieningen. Om een complexe opstelling te vermijden wordt gekozen om elektrische tandwielmotoren te gebruiken. [27]

Er bestaan verschillende soorten tandwielmotoren die geschikt kunnen zijn voor deze toepassing. Hierbij verschillen de tandwielkasten in opstelling en vorm. Haakse kasten, wormwielkasten, helische kasten, rechte kasten, cycloïde kasten, planetaire kasten en parallelle kasten zijn allemaal mogelijk. Bij deze toepassing wordt de keuze grotendeels beïnvloed door het beschikbaar uitgaand moment, de bouwvorm en het gemak van inbouw en onderhoudsvriendelijkheid. Positioneringsnauwkeurigheid speelt hier slechts een kleine rol.

Op het eerste zicht zijn wormwielkasten een logische keuze gezien deze over het algemeen niet teruggrijpbaar zijn. Hierbij zorgt de wrijvingskracht tussen de twee wielen ervoor dat de last het wormwiel niet kan teruggrijpen, wat wenselijk is in deze situatie. Deze wrijving gaat wel gepaard met lage efficiëntie van de overbrenging, maar gezien het infrequent draaien van de motoren vormt dit geen probleem. Wormkasten bieden ook uitstekende overbrengingsverhoudingen i.v.m. overige soorten tandwielkasten, waardoor kleinere kasten mogelijk zijn voor een zelfde uitgaand moment. [28] [29]

Planetaire kasten kunnen hun belasting verspreiden over relatief meer tandwielen dan andere soorten kasten. In combinatie met meertrapse ontwerpen kunnen deze kasten heel hoge uitgaande momenten bereiken. Planetaire kasten behouden gemakkelijk een correcte smering door hun compacte bouwvorm en bewegende planeetwielen. Door de complexere aard zijn deze kasten wel duur en moeilijker te onderhouden. [30]

Het moment veroorzaakt door de last wordt bepaald in 1.5.6 en bedraagt 41 kNm. De ledige brug zonder last mag maximaal tot 42° verdraaid worden zoals bepaald in 1.5.7.

Klassiekere kasten zoals rechte, parallelle of haakse kasten zijn algemeen minder complex en dus goedkoper. [28] [29] [30]

Zoals bij de keuze van de lagering, worden er meerdere fabrikanten gecontacteerd om advies en voorstellen te verkrijgen. Hierbij worden de volgende richtlijnen gesteld:

- Uitgaand moment leveren van

$$M = \frac{M_{brug}}{i_{draaikranstager-rondsels} * n_{minwerkende motoren}} = \frac{41 \text{ kNm}}{4 * 3} \approx 3,42 \text{ kNm} \text{ (1.4.3 en 1.5.6)}$$
- 400 V AC bekrachtiging
- Uitgaande as moet geremd kunnen worden en de last vergrendelen zonder bekrachtiging
- Twee draairichtingen mogelijk met een verdraaiing van 360°
- Encoder aanwezig (3.1)
- Uitgaand toerental van ca. 10 tr/min (1.5.15)
- Thermische beveiliging of sensor aanwezig
- Sturing met frequentieregelaar mogelijk

Op basis van deze eisen en duiding van de machine worden leveranciers Nord, Euronorm, Van Loock, Nidec, Eriks, Bauer, SEW Eurodrive, WEG, Rindus, Duivivier Dexis, MGH, Kissling, CMD, Leclerc en Siemens gecontacteerd.

Hiervan heeft Leclerc, MGH, CMD, Euronorm, Nidec en Kissling geen geschikte motor of wordt geen voorstel ontvangen. De overige leveranciers werken een voorstel uit en op basis van de bijhorende adviezen en opmerkingen wordt de keuze van de motoren verfijnd. Tabel 7 geeft een beknopt overzicht van de mogelijke motoren met bijhorende offerteprijs.

Tabel 7: Overzicht van mogelijke motoren met bijhorende offerteprijs en gegevens

Leverancier	Merk	Type	Rem	Torsiearm	Encoder	Output	Product	Eenhedsprijs	Aantal	Extra kost	Verzending	Totaal excl btw	Opmerking	Pm [kW]	M [kNm]	i	v [tr/min]	G [kg]
Bauer	Bauer	Haaks	ja	nee		volle as	BK60-11U/DPE11LB4-TF-S	€ 3.134,60	4	€ 626,92	€ 495,27	€ 13.660,59	met rem 32Nm, zonder torsiearm, 3 stage helical gear	4	2,65		14,5	147
Bauer	Bauer	Haaks	ja	ja		naaf met spie	BK60-5AVU/DPE11LB4-TF-S	€ 3.342,50	4	€ 626,92	€ 495,27	€ 14.492,19	met zelfde rem, torsiearm en naaf	4	2,65		14,5	147
Duivivier Dexis	SEW	Worm	ja	ja	ja	naaf met span/krimp adapter	ST97b/TDRN132M4BE11HF/TF/AK8H	€ 6.899,00	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 27.596,00	as Ø75, rem 110 Nm, abs encoder	7,5	4,46	105,71	14	235,7
Duivivier Dexis	SEW	worm	nee	nee		volle as	S97pDRN132S4/TF	€ 3.750,00	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 15.000,00	zonder rem	5,5	3,29	105,71	14	197
Duivivier Dexis	SEW	worm	ja	ja		naaf met spie	SA97b/TDRN132S4BE11H F/TF	€ 4.999,00	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 19.996,00	met rem 80 Nm en torsieas	5,5	3,29	105,71	14	211,5
ERIKS	WEG	Kegel	ja	ja	nee	naaf met spie	KT103-11P-132S-04E-TH-TF-BR100	€ 7.053,07	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 28.212,28	holle naaf met spie Ø90, rem 100 Nm	5,5	4,464	124,5	12	
Euronorm	Euronorm	worm	ja	nee		naaf met spie	JRTKA89B/DN132S4/	€ 2.185,00	4		€ 35,00	€ 8.775,00	met rem 90 Nm en	5,5	2,95	86	17	142
Euronorm	Euronorm	worm	ja	ja		naaf met spie	JRTKA89T/DN132S4/	€ 2.275,00	4		€ 35,00	€ 9.135,00	met rem 90 Nm en	5,5	2,95	86	17	130
Euronorm	Euronorm	worm	nee	nee		naaf met spie	JRTKA89B/DN132S4/	€ 1.968,50	4		€ 35,00	€ 7.909,00		5,5	2,7	86,34	17	142
Euronorm	Euronorm	worm	nee	ja		naaf met spie	JRTKA89T/DN132S4/	€ 2.058,00	4		€ 35,00	€ 8.267,00	met torsiearm	5,5	2,7	86,34	17	130
Nord	Nord	Worm	ja	ja	ja	naaf met span/krimp adapter	SK42125AZDSH-132SP/4 BRE60 TF IG21P	€ 3.454,17	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 13.816,68	Naaf met krimpschijf Ø70, rem 60 Nm, encoder, met	5,5	2,616	100,58	15	
Nord	Nord	Worm	nee	nee		naaf met spie	SK 42125AZ-132SP/4-TF		4	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		5,5	2,6	100,58		
Rindus	SEW	Kegel	ja	ja	ja	naaf met span/krimp adapter	KT97/TDRN112M4BE11H R/TF/EK8C	€ 5.977,36	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 23.909,44	as Ø75, rem 110 Nm	5,5	3,77	105,13	14	235,5
Rindus	SEW	Kegel	ja	ja	ja	naaf met spie	KA97/TDRN112M4BE11H R/TF/EK8C	€ 4.957,31	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 19.829,24	rem 110 Nm	4	2,74	105,13	14	220,5
SEW	SEW	Kegel	ja	ja	ja	naaf met span/krimp spie	KT97/TDRN132M4/BE11H R/TH/EK8C	€ 5.373,86	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 21.495,44	as Ø75, rem 110 Nm met rem en torsieas, parallel assen,	7,5	4,22	86,52	17	235
SEW	SEW	Parallel	ja	ja		naaf met spie	FA97/G DRN132S4/BE11HR/TH	€ 3.860,40	4		€ 407,61	€ 15.849,21		5,5	3,11	86,59	17	
SEW	SEW	Haaks	nee	nee		naaf met spie	KA97/T DRN132S4/BE11HR/TH	€ 4.560,68	4		€ 407,61	€ 18.650,33	Holle naaf met spie Ø70H7, zonder rem	5,5	2,6	100,58	17	
SEW	SEW	Worm	ja	ja	ja	naaf met span/krimp spie	ST97b/TDRN132S4BE11E IBR/PT		4	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	Rem 110 Nm, E18R, PT100	5,5	4,51	145,6	10	
Siemens	Siemens		ja	ja		naaf met spie	ZKJ3408-5GJ23-4DF1-Z B18+C47+D01+K01+K06+L02+L75+M10+M55+P91	€ 2.515,46	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 10.061,84	Rem 40 Nm, naaf Ø70, torsiearm, parallel	4	4,85	113	12,92	199
Siemens	Siemens		ja	nee		naaf met spie	B15+C47+D11+K01+K06+ZKJ3407-5FP23-4DG1-Z	€ 2.793,19	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 11.172,76	Rem 32 Nm, naaf Ø70, voet, haaks	3	4,4	127	11,43	177,2
Siemens	Siemens	parallel	ja	ja		naaf met spie	B15+C47+D01+K01+K06+ZKJ3407-5FP23-4DG1-Z	€ 1.757,96	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 7.031,84	Rem 32 Nm, naaf Ø60, torsiearm,	3	3,1	125,37	11,65	145,6
Van Loock	SEW	haaks	ja	ja	ja	naaf met span/krimp adapter	KT97	€ 6.100,00	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	rem 80 Nm		2,72			
		Kegel	ja	ja	nee	volle as	SK9052.1VZ-132SP4-BRE60	€ 3.739,38	4	€ 0,00	€ 0,00	€ 14.957,52		5,5	3,671	102,4	14	

Op basis van de verkregen voorstellen en bijhorende advies worden motoren van SEW verkozen. SEW Eurodrive heeft een heel uitgebreid gamma aan motoren, tandwielkasten en bijhorende elektronica en accessoires. De Duitse fabrikant is ook bekend bij de opdrachtgever en beschikt over een internationaal netwerk van leveranciers en ondersteuning. Samen met een vertegenwoordiger worden meerdere versies van mogelijke motoren uitgewerkt en verfijnd tot een goed geschikte oplossing. Hierbij komen zowel haakse, parallelle als wormkasten aan bod. I.f.v. inbouw mogelijkheden worden haakse en wormkasten verkozen. De keuze van montage en de ingebouwde elektronica wordt verder besproken in resp. 1.4.5 en 3.1.

De bijhorende datasheets zijn te vinden in bijlage 2.3.8 en bijlage 2.3.9. Deze datasheet zijn afkomstig van de offerte en zijn motorspecifiek. Eventuele verdere informatie is te vinden in de catalogus "Gearmotors DR2S" van de fabrikant [31]. De motoren hebben een uitgaand moment van 4,51 kNm en toerental van 10 tr/min. De bijhorende motoren hebben een vermogen van 5,5 kW en de totale overbrengingsverhouding is 145,6.

Een ingebouwde magnetische rem op de motor remt wanneer die niet bekrachtigd wordt. De brug wordt zo dus vergrendeld wanneer er geen stroom is, bovenop de blokkering door het wormwiel. Indien nodig kunnen de remmen wel manueel gelost worden. De standaard rem kan een moment van 80 Nm remmen, met de overbrengingsverhouding van de tandwielkast en de rondsels en minimaal drie motoren zorgt dit voor een totaal remmoment van $80 Nm * 145,6 * 4 * 3 = 139,8 kNm$ of 186,4 kNm bij normaal bedrijf met vier motoren. De standaard rem kan de last dus met een factor 4,5 remmen en vergrendelen. [31]

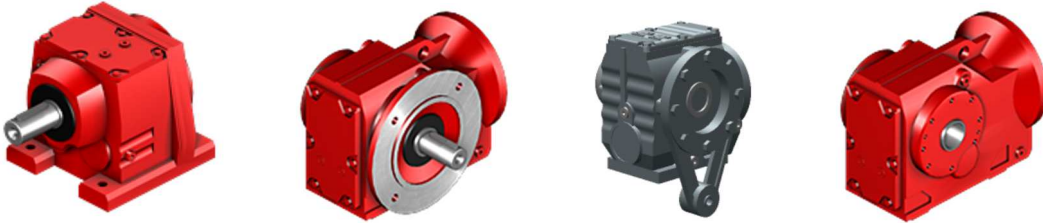
Aangezien de motoren in de stoelen hangen en de machine in een fabriekshal staat, is geen extra bescherming nodig en is de standaard oppervlaktebehandeling en beschermingsgraad IP55 van SEW voldoende. [31]

Uiteindelijk wordt gekozen voor een wormkast met torsiearm, TorqLOC®-montagesysteem, ingebouwde magnetische rem, ingebouwde encoders en PT 100-sensor. Dit twee maal in posities M3A en M3B zodat de motoren symmetrisch kunnen opgesteld worden. In deze posities hangen de tandwielkasten ondersteboven, zoals afgebeeld in Figuur 43 (1.4.6). Hierdoor moeten voorzorgsmaatregelen getroffen worden om voldoende smering te behouden. Na telefonisch contact met de fabrikant blijkt dat het oliepijlglas, de vuldop en de aflaatpoort simpelweg verplaatst kunnen worden en de motor verder zichzelf voldoende smeert in deze posities. De elektrische aansluitingen bevinden zich aan de kant van het TorqLOC®-systeem en dus weg van de draaikrans om gemakkelijk bereikbaar te zijn.

Indien de ledige brug nu toch verdraaid wordt tot voorbij de maximaal toegelaten hoek van 42°, bereikt het moment van de brug 60,19 kNm (1.5.6 en 1.5.7). Wanneer de vier motoren correct werken, kan een maximaal moment op het draaikranslager van $4 * 4,51 kNm * 4 = 72,16 kNm$ gegeneerd worden. De rondsellen en vertanding zijn niet gedimensioneerd voor dit moment, maar kunnen door de ingebouwde veiligheidsfactoren de krachten wel verdragen. Zeker aangezien dit moment maar kortstondig als een piekbelasting voorkomt bij positie 90°, tenzij de ledige brug langdurig naar dit punt gebracht wordt. Zoals hierboven besproken kunnen de remmen dit moment ook zonder problemen vergrendelen.

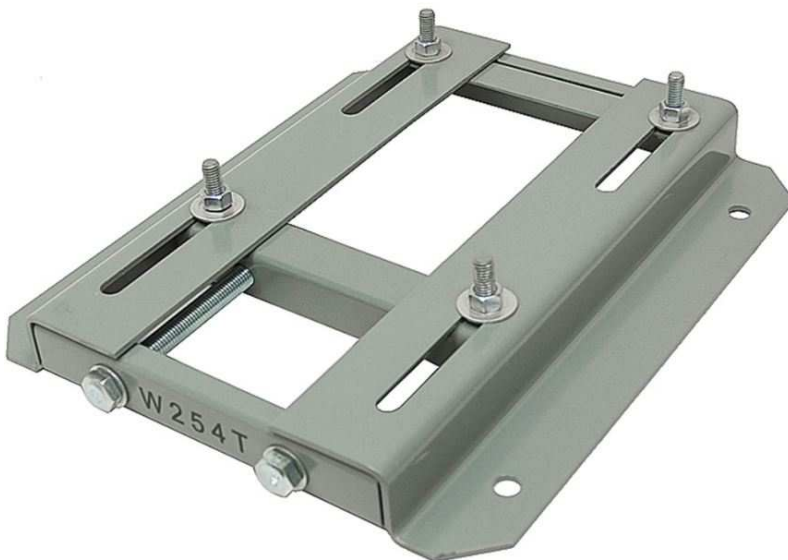
1.4.5 Montage van de motoren

Reductiekasten kunnen over het algemeen worden gemonteerd via (van links naar rechts) een voet, een flens of met een torsiearm. Hierbij kan de reductiekast een volle uitgaande as of een holle naaf hebben. Mogelijke bouwvormen worden weergegeven in Figuur 26 [32].



Figuur 26: Mogelijke bouwvormen van reductiekasten [32]

Bij het gebruik van een reductiekast met een voet kan deze gemonteerd worden op een uitlijningssysteem om de rondsels uit te lijnen. Dit kan zelf ontworpen worden of een standaardoplossing zoals de Baldor B364T kan aangekocht worden. Deze standaard uitlijningssystemen maken gebruik van bouten en draadstangen om de motor uit te lijnen zoals in Figuur 27 [33]. Dergelijke systemen zorgen wel voor een verhoogde kostprijs en hebben een beperkt bereik i.f.v. uitlijning. Bijkomend ontstaat er zo ook een minder stabiele verbinding tussen de tandwielmotor en de stoel, wat in het kader van veiligheid niet wenselijk is. Indien motoren met een voet worden gebruikt, worden de mogelijke posities en configuraties ook sterk beperkt aangezien de motoren slechts 90° kunnen verdraaid worden.



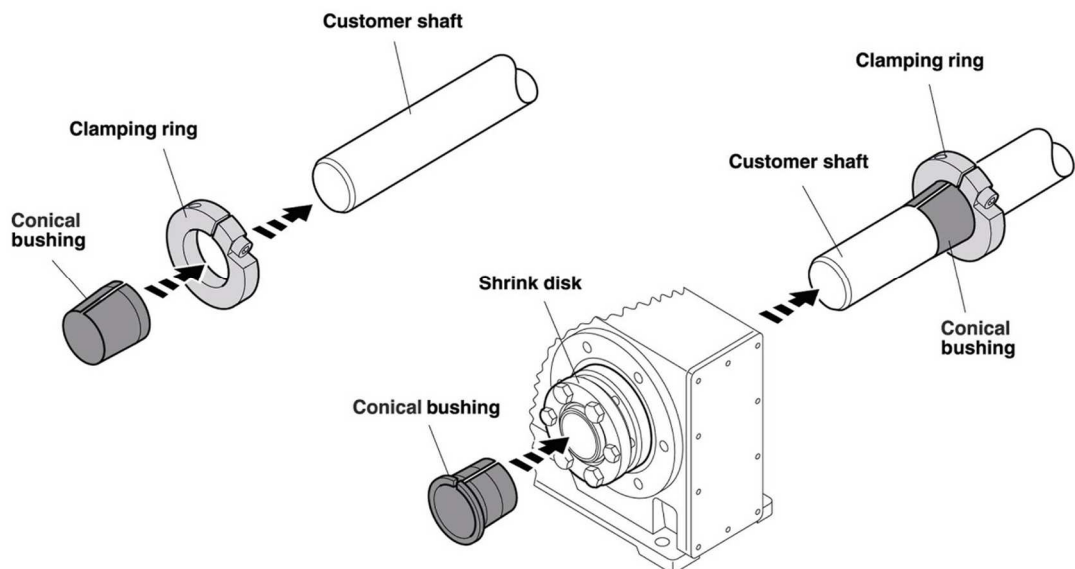
Figuur 27: Uitlijnsysteem Baldor B364T om motoren met een voet uit te lijnen [33]

Gezien een stabiele en flexibele opstelling wenselijk is, worden motoren met een torsiearm gebruikt. Op deze manier wordt de verdraaiing van de motor in de stoel bepaald door de positie van de torsiearm, wat het inbouwen veel makkelijker en compacter kan maken.

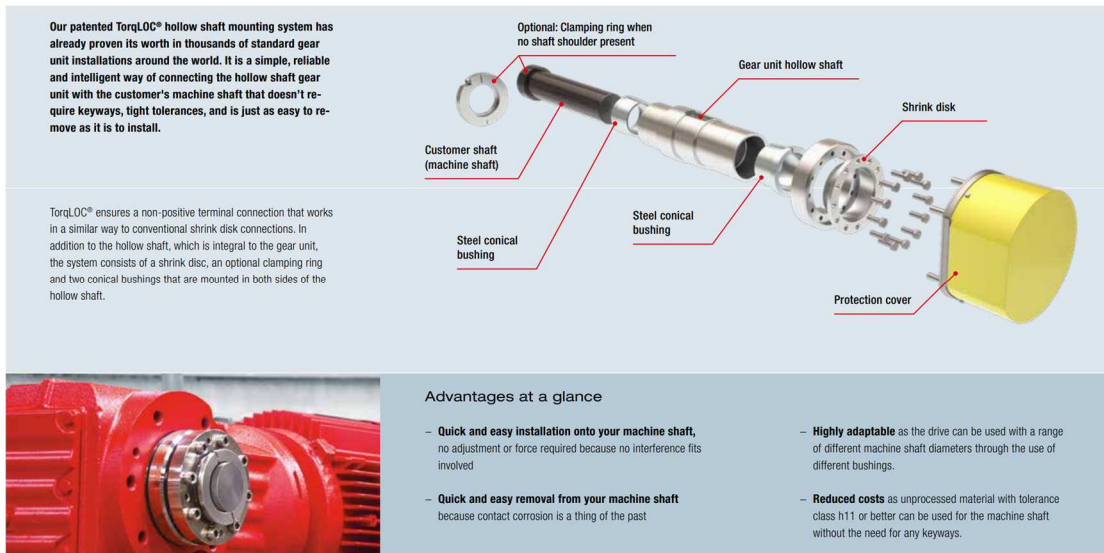
Reductiekasten met een ingebouwde uitgaande as zijn niet geschikt voor deze toepassing. De uitgaande as heeft een beperkte lengte waardoor het rondsel niet dicht genoeg bij het draaikranslager kan worden opgesteld. Bij reductiekasten met een holle naaf kan een eigen as vervaardigd worden met de gewenste afmetingen. Bijkomend worden standaard uitgaande assen ook geleverd met een enkele spie, wat niet voldoet aan de gestelde veiligheidsfactoren tenzij een overgedimensioneerde reductiekast wordt gebruikt (1.5.1 en 1.5.13) [32]. Daarom wordt een reductiekast met holle naaf gekozen.

Om de as in de naaf te borgen wordt vaak gebruik gemaakt van een spiebaan, een vertande naaf of een krimpschijf. Door het gebruik van vier rondsels is een krimpschijf een handige oplossing i.f.v. montage, gezien de positie van de rondsels onafhankelijk is van de positie van de naaf. Bij een naaf met spie of vertanding kan het voorvallen dat bij montage de motoren in een ongewenste hoek staan aangezien de positie van de as uiteindelijk afhangt van de verdraaiing van het draaikranslager. Gezien de overbrengingsverhouding en grootte van de reductiekasten is manuele verdraaiing moeilijk tot onmogelijk (1.4.4).

SEW-Eurodrive biedt een krimpschijfsysteem aan onder de naam TorqLOC®. Dit systeem wordt geïllustreerd in Figuur 28 en kan op elke standaard reductiekast voorzien worden. Een kort overzicht en enkele voordelen worden weergegeven in Figuur 29. De gebruikte cilindrische as mag afgewerkt worden tot een h11-tolerantie en moet verder geen specifieke vorm aannemen. Verder dient de as geen vertanding of spiebaan te krijgen, waardoor de assen goedkoper zijn. Dit systeem zorgt voor een gemakkelijke (de)montage onafhankelijk van de positie van het rondsel. Indien het correct gemonteerd wordt, kan het een groter moment overbrenging i.v.m. alternatieve montagemethoden (bijlage 2.3.7). De uitgaande as heeft voor dezelfde reductiekast ook een grotere diameter i.v.m. een holle naaf met spiebaan of vertanding, wat zorgt voor een as die meer belasting aan kan. In dit geval vergroot de diameter van 70 mm naar 75 mm. Het systeem is wel niet wisselbaar van kant op de reductiekast, waardoor tandwielmotoren met gespiegelde naaf worden gebruikt. [32] [34] [35]



Figuur 28: Illustratie van het TorqLOC®-systeem van SEW-Eurodrive [35]

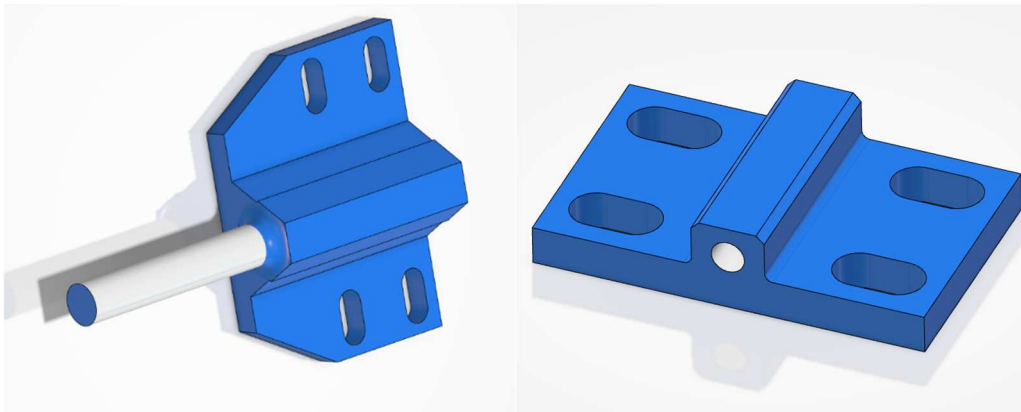


Figuur 29: Overzicht en eigenschappen van het TorqLOC®-systeem van SEW-Eurodrive [34]

Door het gebruik van een holle naaf met TorqLOC® dient een overbrengingsas ontworpen te worden (0). Deze kan direct in verbinding staan met de reductiekast en het rondsel, hierbij wordt beroep gedaan op de interne lagering van de tandwielmotor. Alternatief kan de overbrengingsas apart gelagerd worden. In wat volgt wordt deze overbrengingsas benoemd als de rondselas.

Het gebruik van een gelagerde rondselas heeft het voordeel dat de as een langere afstand kan overbruggen voor eenzelfde diameter aangezien de buigspanning lager is. De belasting kan ook verdeeld worden over externe lagers waardoor de lagers van de tandwielmotor minder belast worden en een hogere levensduur bereiken. Wanneer de externe lagers verslijten, kunnen die vervangen worden zonder dat ook de tandwielmotor moet vervangen worden. Een bijkomend voordeel hierbij is dat de rondsels in de machine kunnen uitgelijnd en gemonteerd worden zonder de tandwielmotor. De eliminatie van het gewicht van de tandwielmotor vergemakkelijkt het montageproces aanzienlijk. Bij defect of onderhoud kunnen de tandwielmotoren ook eenvoudig van de rondselas gehaald worden, zonder dat het rondsel mee verwijderd moet worden. Zo blijft de uitlijning van het rondsel behouden. Indien een tandwielmotor defect is en de last met de overige drie motoren moet gemanipuleerd worden, kan de defecte motor van de as gehaald worden zodat deze de verdraaiing niet tegenwerkt of bijkomende schade veroorzaakt. Deze opstelling is tevens besproken met de montagedienst die de machine installeert en door hen goedgekeurd.

Om de torsiearm van de motor te borgen moet een betrouwbare verbinding met de stoel voorzien worden. Hierbij kan een getapt gat in de stoel of een tussenstuk ontworpen worden. Een getapt gat in de stoel is het simpelst en goedkoopst maar biedt geen flexibiliteit en gaat uit van een perfecte uitlijning zoals voorzien in het 3D-model. Om enige speling te voorzien, wordt een torsiearmblok ontworpen dat op de stoel kan worden gebouwd met een flexibele positie. Dit kan vervaardigd worden door een zeshoekige bar op een plaat te lassen of een blok tot de gewenste vorm te frezen. Beide worden afgebeeld in Figuur 30.



Figuur 30: Torsiearmblok als lasstuk (links) en freesstuk (rechts)

In samenspraak met de opdrachtgever wordt het blok vervaardigd als een gefreesd stuk (9.T5125 Torsiearmblok). Dit vermijdt de complexere aard van een lassamenstelling en het ruw stuk kan verkregen worden uit overschot van het gebruikte plaatmateriaal voor de stoel of de brug (9.V5107 Stoel (lastekening) en 9.W5111 Brug (lastekening)).

Hierbij kan een uitstekende as of een getapt gat voorzien worden. De as biedt veel ruimte voor axiale verschuiving van de motoren maar kan leiden tot hoge buigspanningen. Hierbij is de diameter van de as beperkt tot het doorgangsgat van de torsiearm van 25 mm. De kracht op die as wordt bepaald door het moment op en de lengte van de torsiearm. M.b.v. formule (4) kan deze kracht bepaald worden als $F = \frac{4510 \text{ Nm}}{0,357 \text{ m}} = 12,633 \text{ kN}$. De afschuifspanning bij een diameter van 25 mm wordt berekend als $\tau = \frac{F}{A} = \frac{12\,633 \text{ N}}{\pi \cdot \frac{25^2}{4}} = 26,8 \text{ N/mm}^2$ wat zeker binnen de toelaatbare waarden ligt.

M.b.v. formule (14) kan de maximale uitsteeklengte van de as bepaald worden voor kwaliteit C45 (1.5.9).

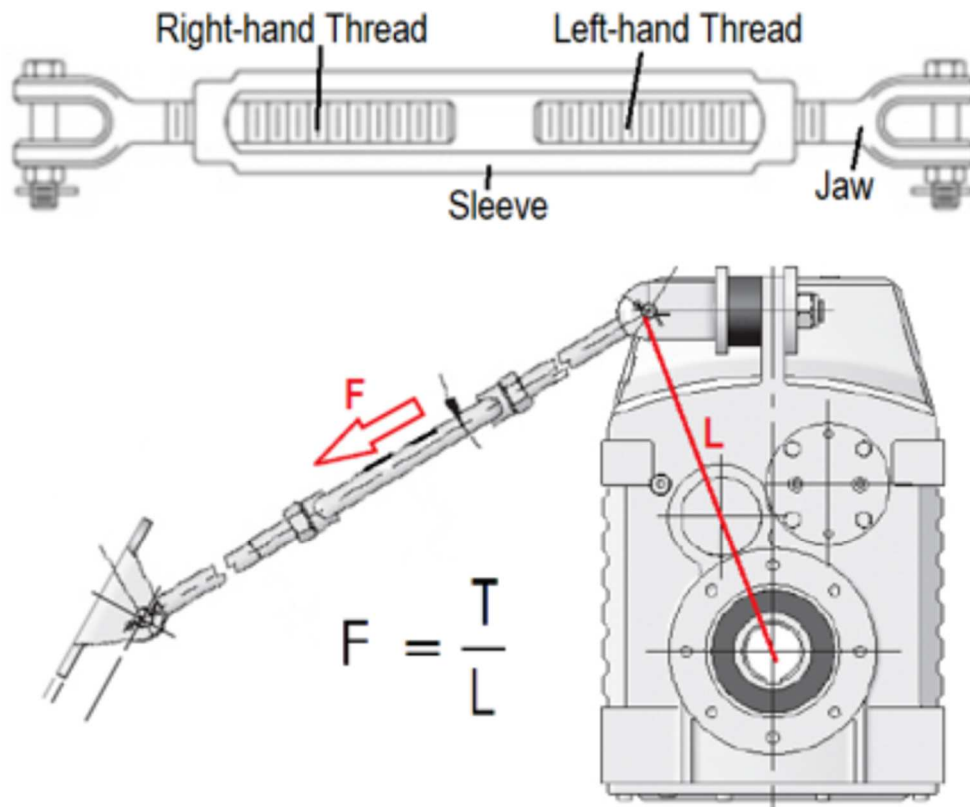
$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * M}{\pi * \bar{\sigma}}} = \sqrt[3]{\frac{32 * (l * F)}{\pi * \bar{\sigma}}} \leftrightarrow l_{max} = \frac{25 \text{ mm}^3 * \pi * \bar{\sigma}}{F * 32}$$

$$= \frac{15\,625 \text{ mm} * 3,14 * 152,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{12\,633 \text{ N} * 32} = 18,5 \text{ mm}$$

Deze opstelling leidt dus vrijwel onmiddellijk tot een onvoldoende sterke as gezien de dikte van de torsiearm en de mogelijke speling.

Een torsiearmblok met getapt gat waartegen de torsiearm gebout wordt vermijdt deze hoge buigspanningen. Het blok kan tegen de arm gezet en op de stoel vastgebout worden. Bijkomend biedt dit ook een stevigere verbinding met axiale borging. Het gebruik van een bout met sterkteklasse 10.9 is aangeraden gezien de toepassing. De gebruikte bout is een zeskantbout DIN EN ISO 4014 10.9 M24x130 (bijlage 2.2.5 [36]).

Alternatief kan ook een verlenging van de torsiearm gebruikt worden om de kracht te verminderen en speling in te bouwen, zoals afgebeeld in Figuur 31. Dergelijke opstelling is wel beperkt tot een enkele draairichting. De opstelling in Figuur 31 mag alleen in wijzerszin (gekeken zoals in de figuur) draaien zodat de verlenging wordt belast op trekkracht. Omdraaien van de draairichting veroorzaakt een duwkracht waardoor het slanke lichaam kan knikken. [37]



Figuur 31: Borging van de torsiearm met een verlengstuk [37]

1.4.6 Lagering en montage van de rondselassen

Zoals beschreven in 1.4.5 worden motoren gebruikt waarbij een apart gelagerde overbrengingsas wordt gehanteerd. Om de rondselas te lagere, worden staande lagerblokken gebruikt met redenen zoals besproken in 1.4.2. De rondselas wordt gedimensioneerd in 1.5.12.

Er worden SKF UCP 217 lagerblokken gebruikt. Dit is een courant onderdeel en wordt geleverd als een eenheid. De eigenschappen van de SKF UCP 217 worden weergegeven in Figuur 32 [38]. De wentellagers kunnen vervangen worden zonder ook het huis te moeten vervangen of demonteren.



Image may differ from product. See the technical specification for details.

UCP 217

Pillow block ball bearing unit with extended inner ring and set screw locking, cast iron, Japanese standards

Pillow (plummer) block ball bearing units consist of an insert bearing mounted in a cast iron housing that can be bolted to a support surface. This variant is strong and stiff, and is suitable for applications with both constant and alternating directions of rotation. It has an inner ring extended on both sides and is locked onto the shaft by tightening a set screw on the inner ring, making it easy to mount.

- Strong
- Designed for a constant and alternating rotation
- Ready to mount
- Lubricated and sealed bearing
- Quick locking onto the shaft
- Cost-effective

Figuur 32: Afbeelding en kenmerken van de SKF UCP 217 [38]

Bij deze opstelling worden SKF PER.UC217-A kogellagers gebruikt. Hiervan worden de kenmerken weergegeven in Figuur 33 [39]. Deze lagers kunnen statische scheefstelling opvangen en hebben een brede binnenring wat een groot stabiel draagvlak oplevert. De as kan axiaal verschoven worden in de binnenring en geborgd worden m.b.v. twee stelschroeven. Dit maakt montage en axiale uitlijning van de rondselas gemakkelijk. De lagers hebben een C0 en C van resp. 83,2 kN en 64 kN met een binnendiameter van 85 mm. Hierdoor zijn deze lagers perfect geschikt om de rondselassen te ondersteunen. Om een stijve opstelling te bekomen, worden per rondselas twee lagers genuttigd.



PER.UC217-A

Insert bearing

Insert bearings are based on sealed deep groove ball bearings. They have a convex outer ring and in most cases an extended inner ring with a specific locking device, enabling quick and easy mounting onto the shaft. SKF supplies insert bearings in many designs and variants and with several sealing arrangements.

- Quick and easy to mount onto the shaft
- Accommodate static initial misalignment
- Long service life
- Reduced noise and vibration levels

Figuur 33: Afbeelding en kenmerken van de SKF PER.UC217-A [39]

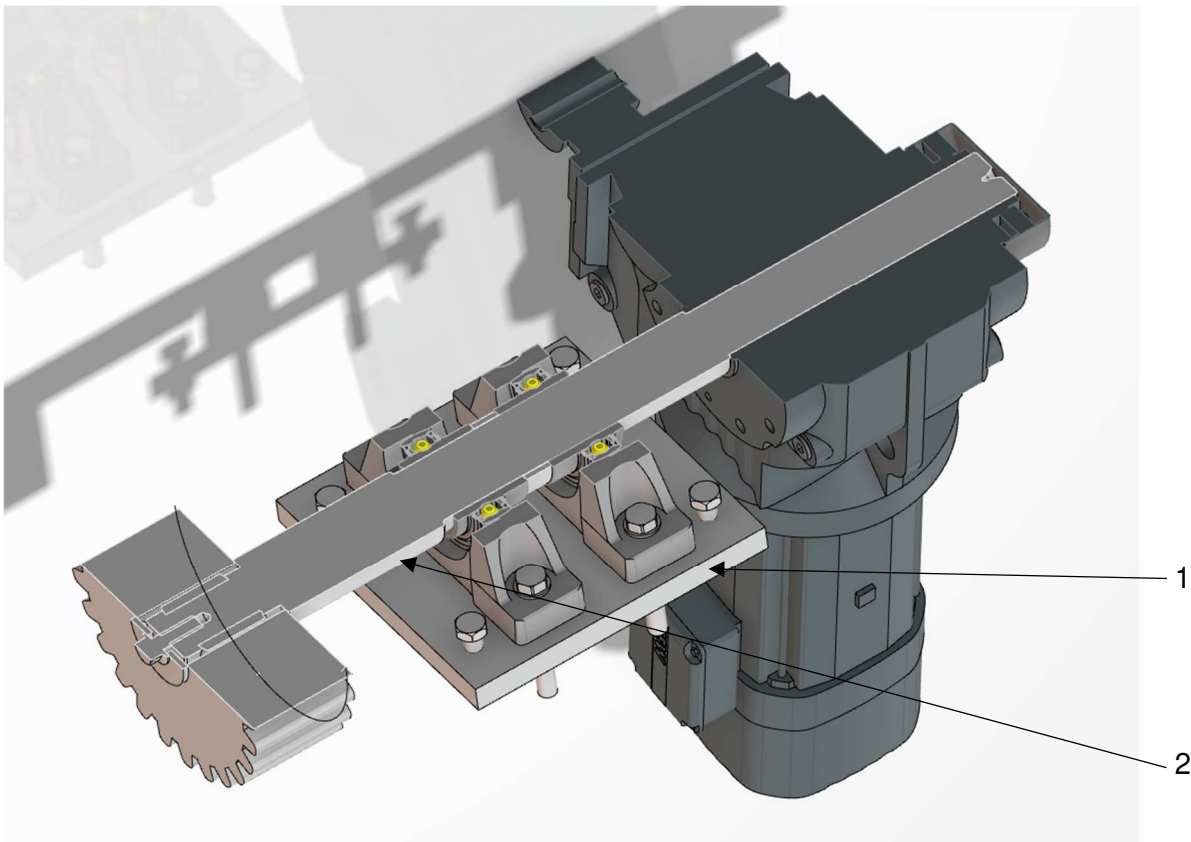
Er worden offertes opgevraagd voor deze lagerblokken bij de vernoemde erkende SKF-distributeurs uit 1.4.2, deze worden opgelijst in Tabel 8. Vanwege actuele beschikbaarheid stellen sommige leveranciers een tijdelijk gelijkaardig alternatief voor van Timken of FAG. Op basis van deze offertes wordt voorlopig Rubix gekozen als leverancier. Het is echter aangeraden dat wanneer het project wordt uitgewerkt een nieuwe offerte wordt aangevraagd voor de SKF-versie indien deze terug beschikbaar zijn. Na telefonisch contact bevestigt SKF zelf dat deze onderdelen nog geproduceerd worden maar alleen na bestelling van erkende distributeurs.

Tabel 8: Offerteprijzen van SKF UCP217 lagerblokken

Leverancier	Artikel	Merk	Eenheidsprijs	Aantal	Totale prijs excl. BTW
Fairon	Alternatief	Timken	€ 143,34	8	€ 1 146,72
ERIKS	Alternatief	Timken	€ 286,69	8	€ 2 293,52
Rubix	Alternatief	Timken	€ 111,99	8	€ 895,92
Imes Dexis	UCP	SKF	€ 158,20	8	€ 1 265,60
Partool	Alternatief	FAG	€ 116,00	8	€ 928,00

De levensduur van deze lagers wordt berekend in 1.5.18.

De twee lagerblokken worden samen op een uitlijnplaat (1) gemonteerd (9.T5124 Uitlijnplaat). Zo kan de deelsamenstelling van de rondselas (2) buiten de stoelen worden samengesteld (9.T5118 Rondselas). Wanneer de stoelen geïnstalleerd zijn, kunnen eerst de uitlijnplaten en dan de samengestelde rondselasen gemonteerd en uitgelijnd worden. Deze deelsamenstelling wordt weergegeven in doorsnede in Figuur 34.



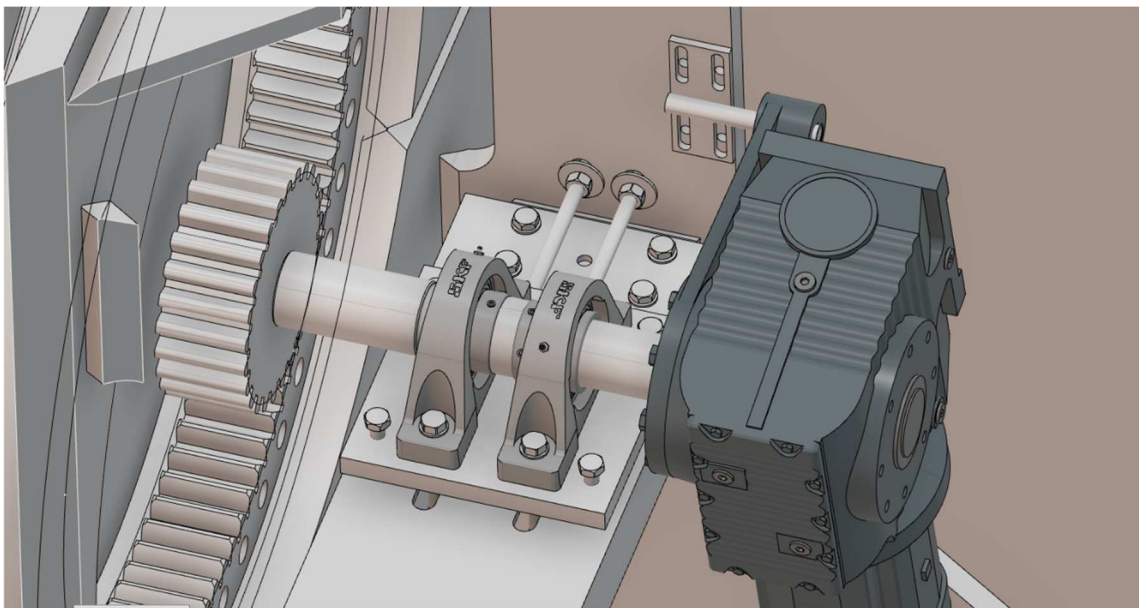
Figuur 34: Doorsnede van de rondselas met rondsels, lagers en uitlijnplaat

Om de rondsels uit te lijnen t.o.v. het draaikranslager, moet in essentie de uitlijnplaat worden uitgelijnd. Dit kan in principe ook met een aangekocht systeem zoals besproken in 1.4.5, maar wordt om dezelfde redenen niet gedaan.

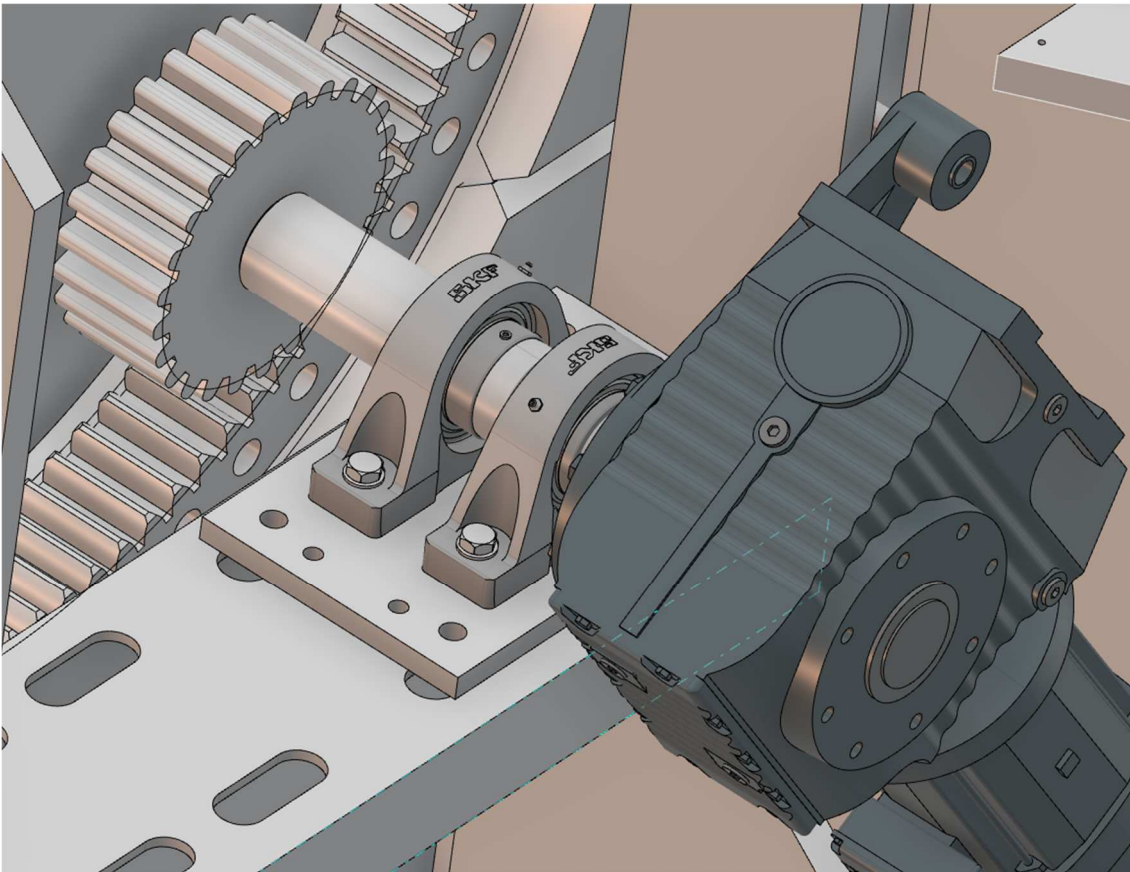
In het kader van veiligheid is het van cruciaal belang dat de rondsels niet kunnen verschuiven waardoor de brug kan doorslaan. Daarom moet de rondselas op een stevige manier kunnen worden bevestigd in de stoel.

Om de plaat uit te lijnen worden zeskantbouten gebruikt die in getapte gaten aan de hoekpunten van de plaat zitten. Zo kan de scheefstelling van het bovenzvlak van de plaat geregeld worden. Draadstangen DIN 976 8.8 M16 in de zijkanten van de plaat kunnen gebruikt worden om de platen radiaal te verschuiven en te regelen (bijlage 2.2.11 [40]). Zo wordt na montage de uitlijnplaat ook extra radiaal geborgd om het verschuiven en uitschieten van de tanden verder te vermijden. Fijne schroefdraad kan hierbij een fijnere manipulatie van de plaat mogelijk maken, maar bij M16 verschilt de spoed dan maar met 0,5 mm. De draadstang kan worden geborgd met zeskantmoeren DIN 934 8.8 M16 (bijlage 2.2.12 [41]). Zoals vermeld kunnen de rondsels axiaal uitgelijnd worden door de rondselas in de lagers te verschuiven. Om dit geheel te ondersteunen worden UPE-profielen gemonteerd in de stoel. Hiervoor worden ondersteuningsplaten in de stoelen gelast waarop deze profielen kunnen gebout worden. In het profiel worden gleuven aangebracht zodat de bevestigingsbouten radiaal kunnen verschoven worden. Na montage van het geheel kan een boring in de profielen verder geboord en vervolgens geruimd worden in de gelaste ondersteuning om een borgpen te ontvangen die beweging van de profielen tegengaat.

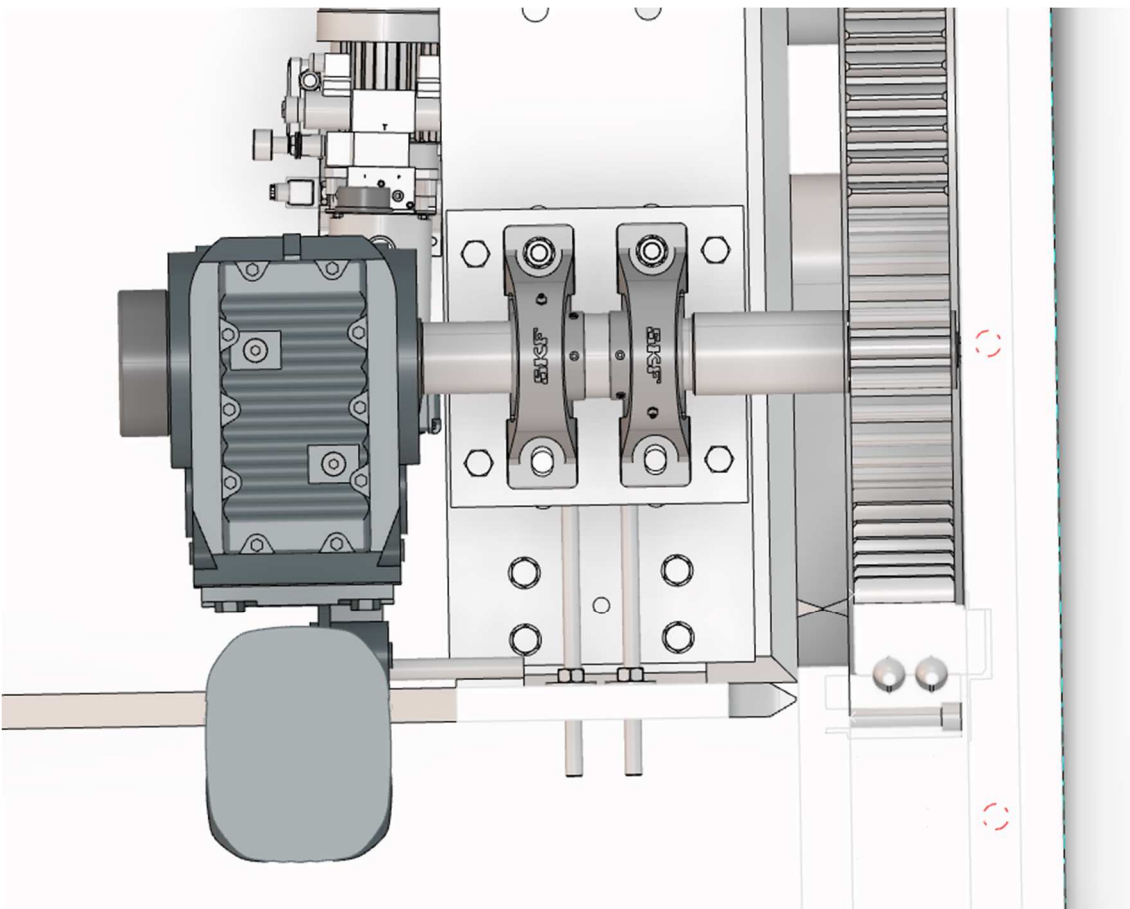
Dit systeem wordt afgebeeld in Figuur 35, Figuur 36, Figuur 37, Figuur 38 en Figuur 39. In Figuur 35 wordt de opstelling afgebeeld waarbij de bouten van de lagerblokken ook de uitlijnplaat bevestigen op de profielen. Figuur 36 toont een alternatief waarbij de bouten voor uitlijning naar binnen worden gebracht en extra bevestigingsbouten aan de hoeken worden aangebracht. Op deze manier kunnen de lagerblokken enkel aan de uitlijnplaat bevestigd worden, waardoor ze gedemonteerd kunnen worden zonder de uitlijnplaat los te maken. Figuur 37 toont een bovenaanzicht van de opstelling, hierop zijn de draadstangen voor radiale uitlijning goed zichtbaar. Figuur 38 geeft in doorsnede de uitlijn en bevestigingsbouten weer om het geheel te verduidelijken. In Figuur 39 wordt de onderkant van het profiel getoond en zijn de gelaste ondersteuning zichtbaar.



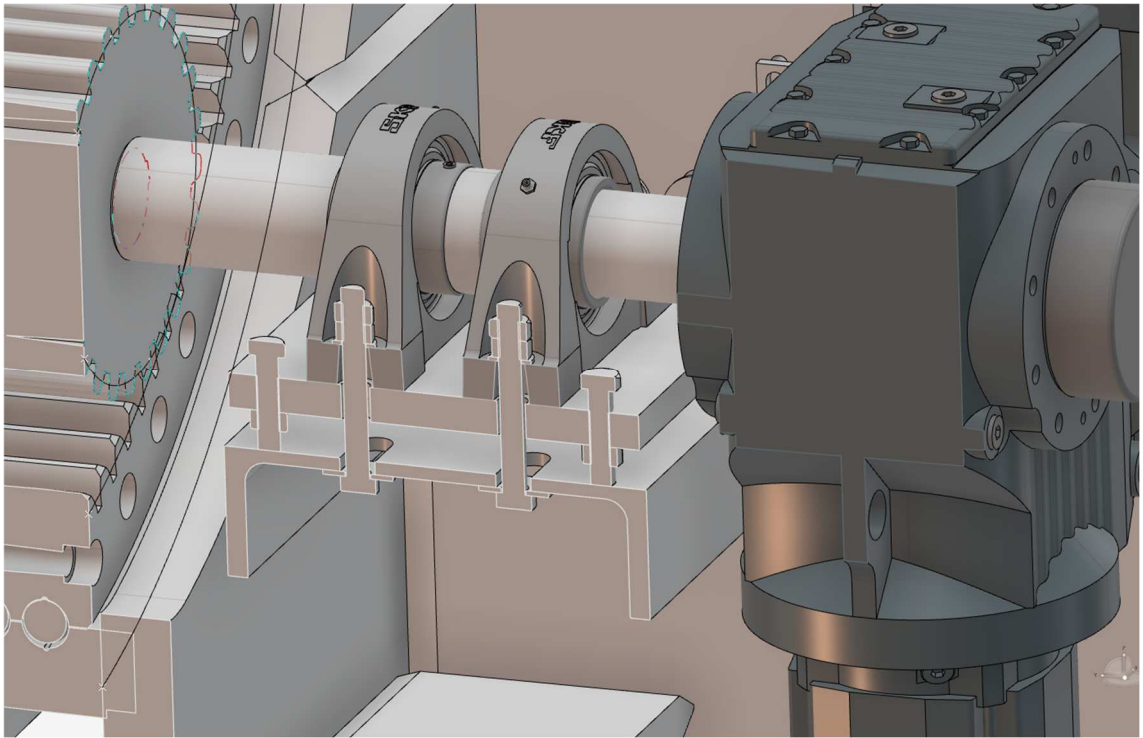
Figuur 35: Uitlijnplaat op een UPE-profiel met 1 set bevestigingsbouten



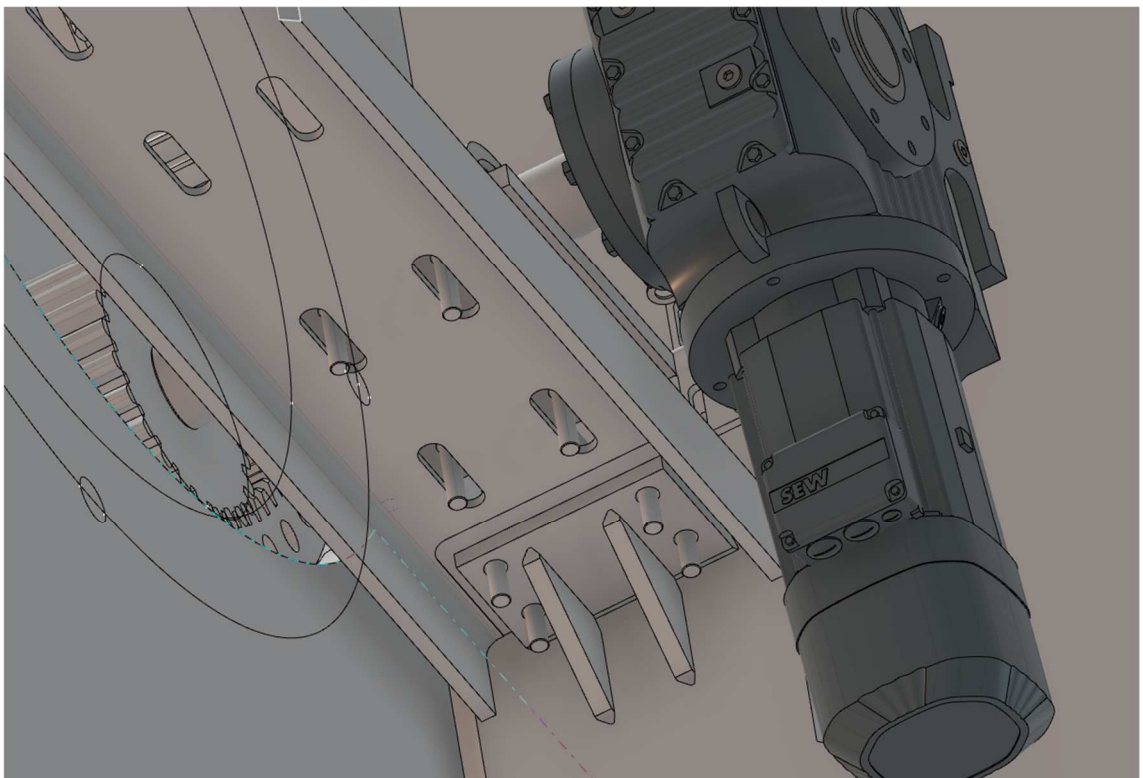
Figuur 36: Uitlijnplaat op een UPE-profiel met 2 sets bevestigingsbouten



Figuur 37: Bovenaanzicht van de uitlijning



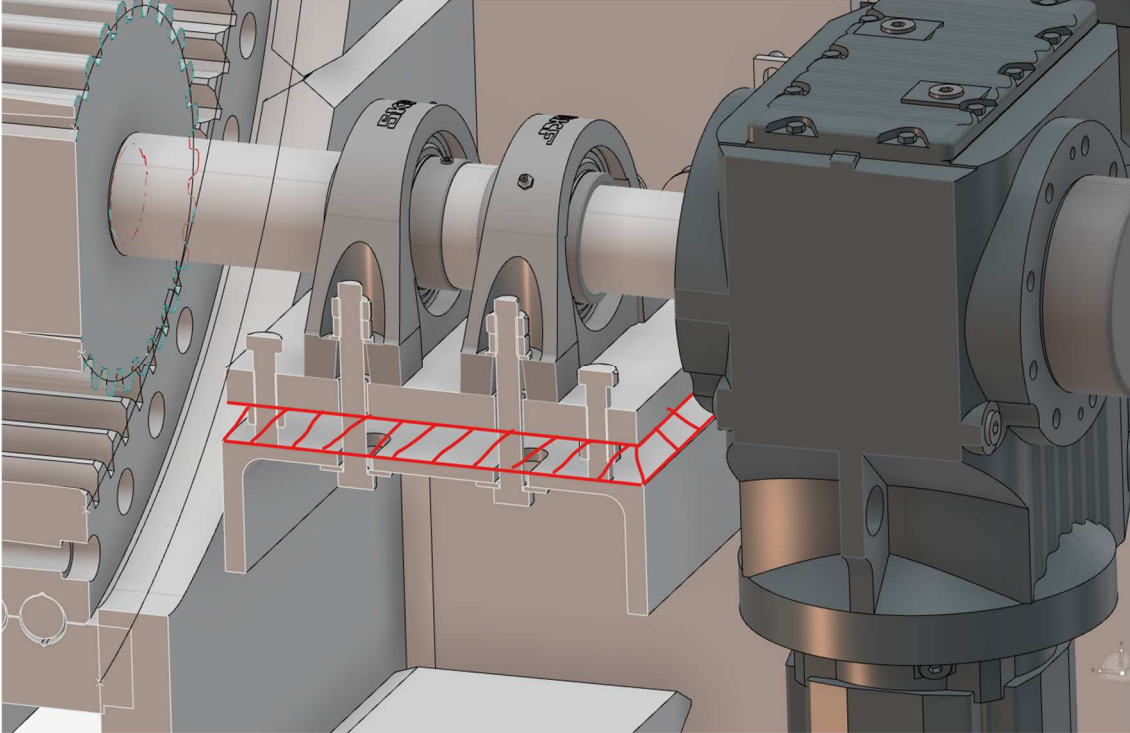
Figuur 38: Uitlijnplaat en bouten in doorsnede



Figuur 39: Bevestiging van het UPE-profiel

Beide opstellingen bieden een heel flexibele uitlijning die afhankelijk van de lengte van de uitlijnbouten een groot bereik kan hebben. Door gebruik te maken van bouten en draadstangen kunnen alle manipulaties traploos mechanisch en dus nauwkeurig en geleidelijk gebeuren.

Om deze opstelling stijf te maken, kan ondersabeld worden. Dit is een techniek waarbij de ruimte tussen het profiel en de uitlijnplaat gevuld wordt met een epoxy of hars zoals afgebeeld in rood in Figuur 40. Ondersabelen of ondervullen wordt vaak toegepast bij het installeren van pilaren en palen in bouwkunde, waarbij het vullen gebeurt met beton of cement. [42]

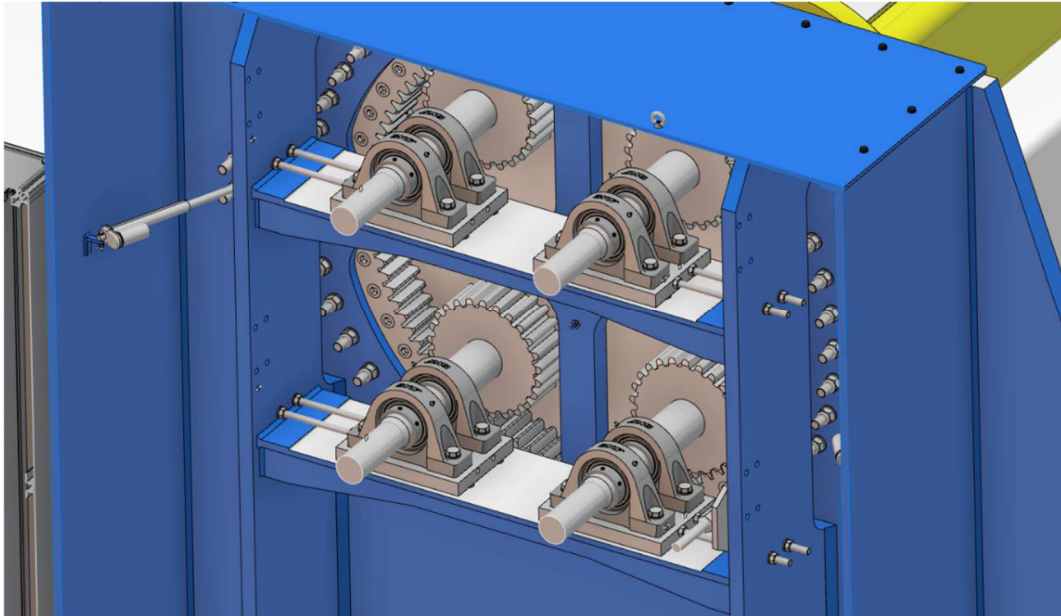


Figuur 40: Ondersabelen van de uitlijnplaat

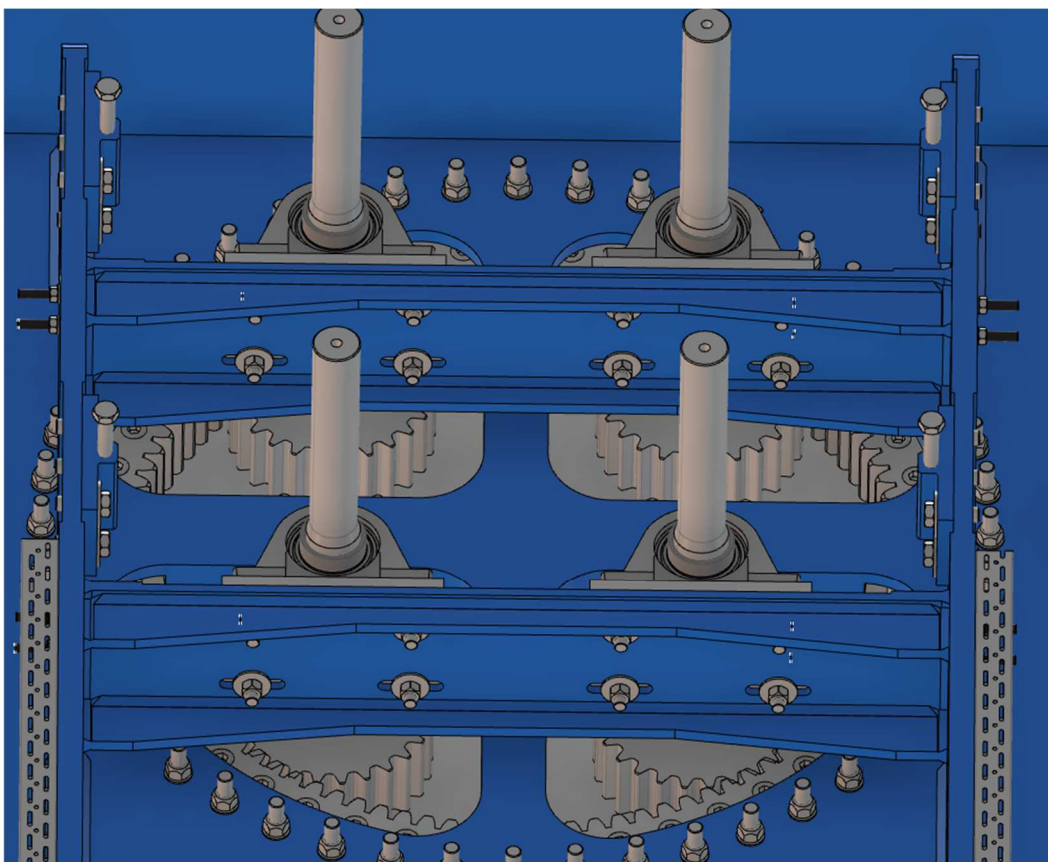
In samenspraak met Viba wordt een geschikt hars geselecteerd om te ondersabelen. De Rencast epoxy CW 2418-1 i.c.m. uitharder Ren HY 5160/1/2-1 is goed geschikt voor deze toepassing. Uit offerteprijzen blijkt dat de benodigde hoeveelheid epoxy een kostprijs van € 1 544,36 heeft. Dit is dus een aanzienlijke kost voor het louter vast zetten van de rondsels na uitlijning. Eens het ondersabelen is uitgevoerd, is de opstelling ook permanent verbonden tenzij de epoxy wordt vernietigd. Daarom wordt een alternatieve uitlijning voorzien.

Het hierboven besproken systeem om de rondsels uit te lijnen is nodig omdat het montagevlak tussen de lagerblokken en de stoel nooit aanvaardbaar haaks staat op de aslijn van het draaikranslager na het monteren (of lassen) van de ondersteuning. Dit is echter wel mogelijk wanneer deze vlakken worden gevlaakfreesd in dezelfde opstelling waarin de lagerzittingen worden gefreesd. Er wordt aanvankelijk aangenomen dat dit niet mogelijk is gezien het formaat van de stoelen en dat de profielen boven elkaar hangen. Na afstemming met de constructeur Vemaro die de stoelen last en afwerkt, blijkt dat dit wel mogelijk is met hun machines. Mits enkele aanpassingen aan de algemene structuur van de stoelen en dat de vlakken waarop de uitlijnplaten worden gemonteerd een voor een worden gelast en gevlaakt. De grootste aanpassing is het verwijderen van het dak van de stoelen en dit te vervangen door een deksel, wat besproken wordt in 1.4.7.

Zo kan gebruik gemaakt worden van dezelfde deelsamenstelling van de rondselas en een uitlijnplaat maar zonder uitlijnbouten. De draadstangen worden behouden voor een analoge functie en de uitlijnplaat kan direct op de ondersteuning worden gebout met zonder te moeten ondersabelen. Indien verdere uitlijning toch nodig blijkt te zijn, kan er nog steeds gebruik gemaakt worden van vulplaatjes. In plaats van de UPE-profielen worden nu dwarsbalken met verstevigingen in de stoel gelast. Deze opstelling wordt weergegeven in Figuur 41 en Figuur 42.



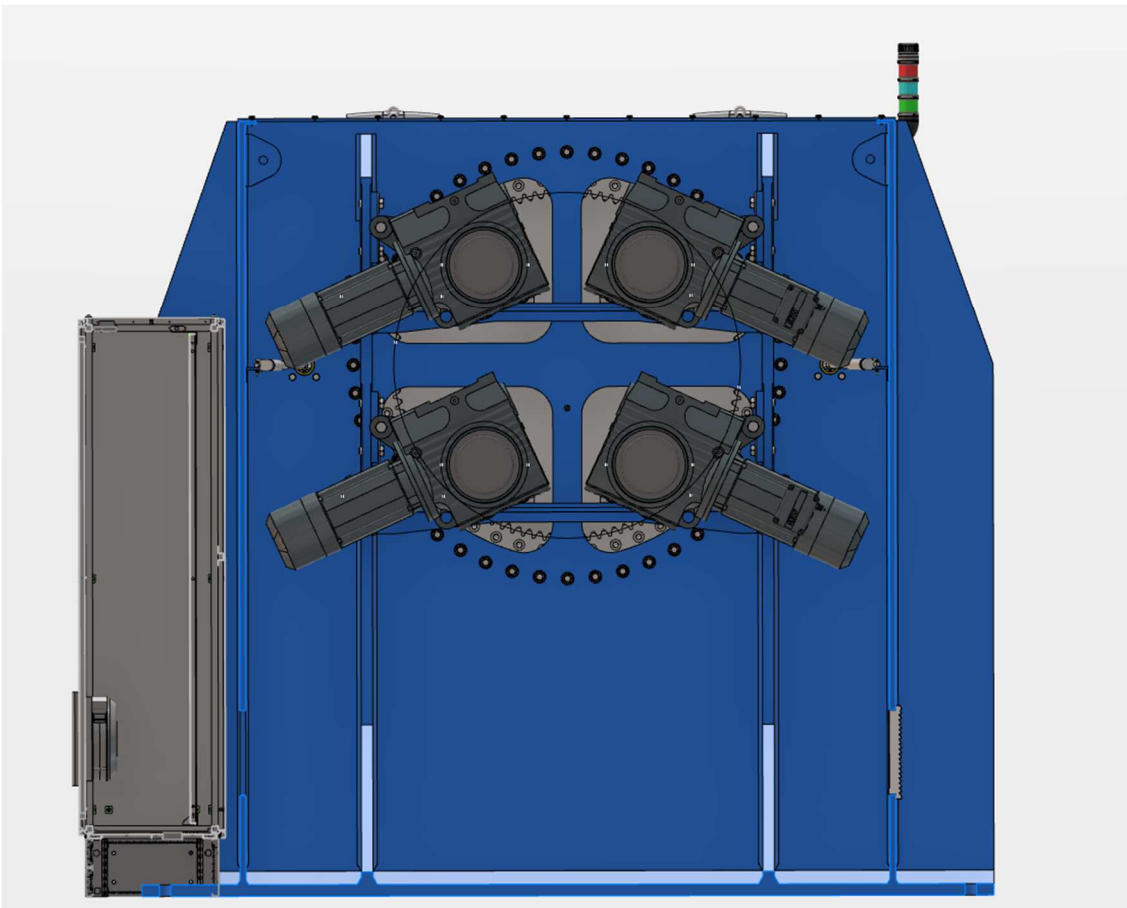
Figuur 41: Opstelling van de rondselassen met gevlake dwarsbalken



Figuur 42: Onderkant van de dwarsbalken

In samenspraak met de opdrachtgever en Vemaro wordt de voorkeur aan deze tweede opstelling gegeven. Vemaro prefereert deze manier van constructie en nabewerken en heeft vertrouwen in de nauwkeurigheid en stevigheid van deze uitlijning. Hierdoor wordt de kost van aankoop en arbeid van het ondersabelen tevens vermeden.

Om een stevige bevestiging van de uitlijnplaat en lagerblokken te verwezenlijken, worden zeskantbouten ISO 4014 10.9 M20*130 i.c.m. zelfborgende zeskantmoeren DIN 6925 10.9 verzinkt, sluitringen DIN EN ISO 7089 300 HV M20 en sluitringen met grote diameter DIN 9021 200 HV M20 gebruikt die worden aangespannen met een moment van $540 \text{ Nm} \pm 10 \text{ Nm}$ (bijlage 2.3.2 [38], bijlage 2.2.5 [36], bijlage 2.2.15 [43], bijlage 2.2.19 [24] en bijlage 2.2.20 [44]). Het formaat van deze bouten wordt beperkt door de doorgangsgaten van de lagerblokken (bijlage 2.3.2 [38]). Het is ook mogelijk om de uitlijnplaten na montage vast te lassen aan de dwarsbalken indien de opdrachtgever dit wenst.



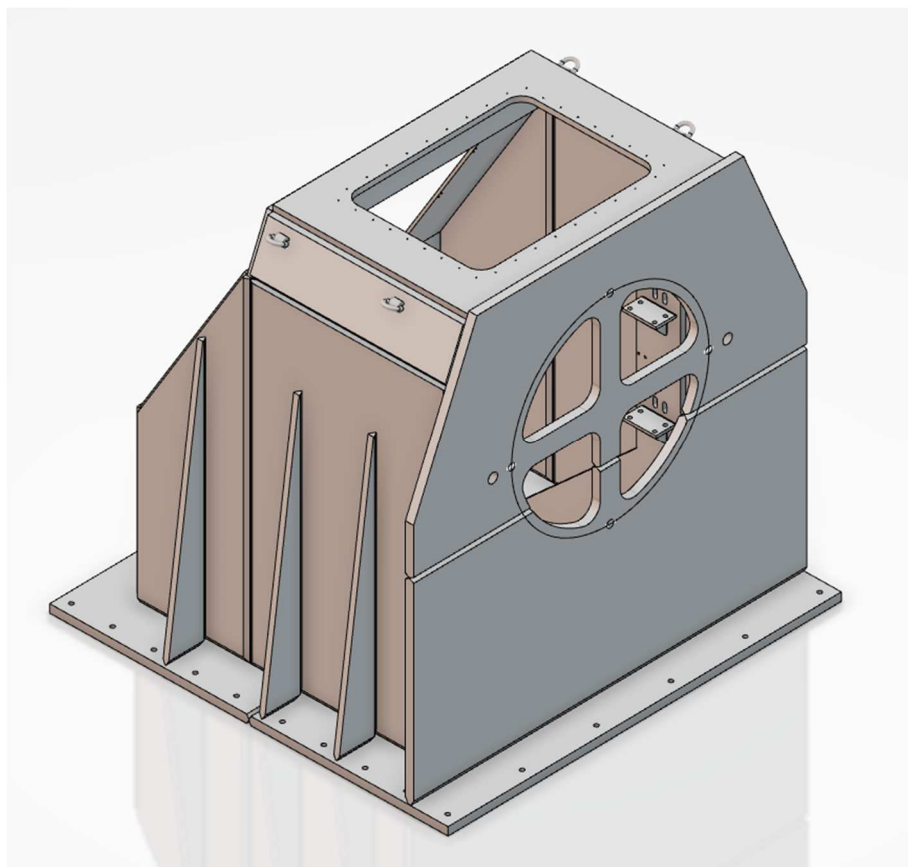
Figuur 43: Uiteindelijke opstelling van de motoren in positie M3

1.4.7 Structuur van de stoelen

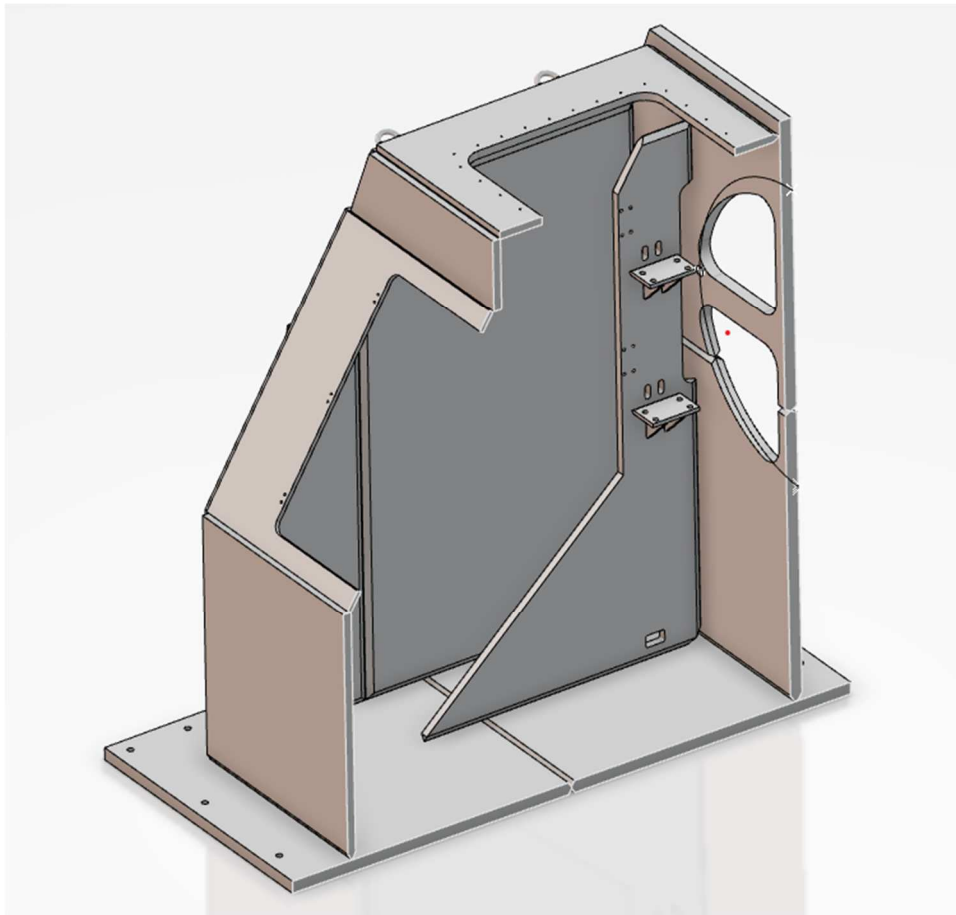
De stoelen worden vervaardigd als lassamenstelling van plaatmateriaal en achteraf waar nodig nabewerkt. Bij het ontwerp van de stoelen zijn stevigheid, stabiliteit en eenvoud prioritair. Bijkomend moeten de stoelen genoeg ruimte bieden voor monteurs en onderhoudstechniekers alsook de lassers die het geheel construeren. De gebruikte platen worden indien mogelijk gedimensioneerd zodat deze uit een standaard plaat van 1,5 m * 3 m of 2,5 m * 6m kunnen gesneden worden.

De algemene vorm wordt gebaseerd op die van de aanwezige draaistoel afgebeeld in Figuur 1 (1.1) en de conceptuele schetsen (1.3). Zo wordt een eerste versie van de stoel bekomen zoals afgebeeld in Figuur 44 en Figuur 45. In dit ontwerp worden de voor- en onderplaat samengesteld uit twee aan elkaar gelaste platen, om kleine standaardplaten te kunnen gebruiken. Die platen worden zo breed mogelijk gedimensioneerd om de stabiliteit te bevorderen.

Doorgangsgaten voor betonankers worden ook voorzien. De voorplaat bevat vier uitsparingen waardoor de rondsels kunnen uitsteken, zo wordt de zitting van het draaikranslager verstevigd door het centrale kruis. Ook worden de gaten voor de blokkeerpennen al voorzien (1.4.10). In het dak wordt een opening voorzien waardoor de motoren en rondselassen kunnen zakken. In de schuine achterplaat wordt een opening voor een deur voorzien als toegang tot de stoel. Aan de schuine zijplaten bovenaan worden lasbare hijsogen voorzien. De verbinding tussen de zijplaten en de onderplaat wordt verstevigd door drie verstevigende driehoeken aan elke kant. Intern worden twee opstaande verstevigingen voorzien waarop ook de montageoppervlakken van de rondselassen kunnen bevestigd worden.



Figuur 44: Eerste ontwerp van de stoel



Figuur 45: Doorsnede van het eerste ontwerp van de stoel

De dikte van de platen wordt aanvankelijk geschat op basis van de aanwezige Bode-draaistoel en de proporties van het geheel. De voor- en onderplaten zijn zo 60 mm dik en de overige platen 40 mm dik. Hierop worden EEM-simulaties toegepast zoals besproken in 1.5.5. De dikte van de voorplaat ligt vast aangezien hierin de zitting van het draaikranslager gefreesd wordt en een minimale plaatdikte van 60 mm nodig is (bijlage 2.3.6).

Op basis van de simulaties en in overleg met de constructeur Vemaro en de opdrachtgever wordt het ontwerp aangepast tot een tweede versie. Hierbij wordt de stoel vereenvoudigd. De voor- en onderplaat worden gesneden als een enkel stuk en het dak wordt weggelaten. Door de grote opening bovenaan is het zo mogelijk om het montageoppervlak van de uitlijnplaten te frezen. In de plaats van het dak worden drie latten voorzien waarin later getapte gaten kunnen aangebracht worden om het bovendeksel op te bouten (9.S5115 Bovendeksel). De verstevigingen aan de zijkanten en de trap tussen de schuine achterplaat en het dak worden weggelaten. De doorgangsgaten voor de blokkeerpennen en signaalzuilen worden nu aangebracht bij het nabewerken zodat in dezelfde opstelling de getapte gaten voor montage ook aangebracht kunnen worden zonder te moeten tasten aan de gaten. Ook de schuine zijplaten met hijsogen worden verwijderd en de hijsogen worden nu aan de binnenkant van de stoel gelast, zodat de kettingen niet met de stoel kunnen botsen. De aanlasbare hijsogen kunnen standaard worden aangekocht en zijn gepositioneerd zodat het zwaartepunt van de afgewerkte stoel tussen de hijsogen ligt. Bij het hijsen van de stoel is het aan te raden een hijsjuk te gebruiken zodat de zijplaten niet overbelast worden. De montagegaten in de onderplaat worden vervangen door sleuven waardoor uitlijning bij installatie in de fabriekshal bevorderd wordt.

Verder worden gaten uitgesneden voor de noodstoppen en ventilatieroosters en wordt een beugel voorzien waaraan de lineaire actuatoren bevestigd kunnen worden (1.4.8 en 1.4.10).

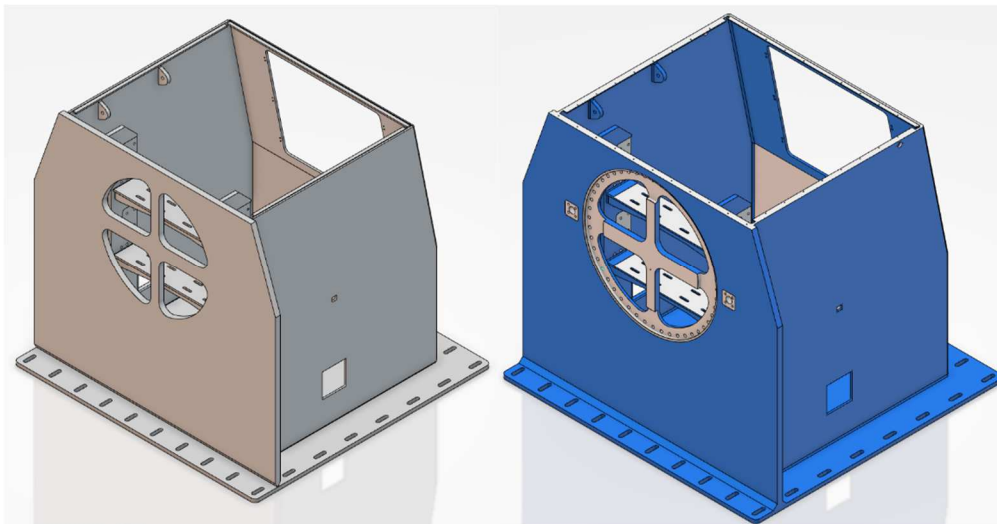
Beide stoelen worden op dezelfde manier geconstrueerd en nabewerkt. Dit geeft de mogelijkheid om in de toekomst aandrijving of vergrendeling in beide stoelen te integreren. Verder geeft dit ook meer flexibiliteit in de keuze van de positie van de elektrische kast of welke stoel de aandrijving krijgt. Dit heeft ook bijkomend voordeel dat er geen twee gelijkaardige ontwerpen zijn, wat voor verwarring en fouten kan zorgen.

Na het lassen van de stoelen kunnen de lassen geïnspecteerd worden en kunnen de stoelen nabewerkt worden. Het nabewerken bestaat uit het vlakken van de bovenste opening en voorplaat, aanbrengen van getapte gaten voor het bovendeksel, frezen van de zitting en boren van de montagegaten van het draaikranslager, doorgangen en montagegaten voor de signaalzuilen, noodstoppen en ventilatieroosters en het vlakken van de montageoppervlakken van de uitlijnplaten.

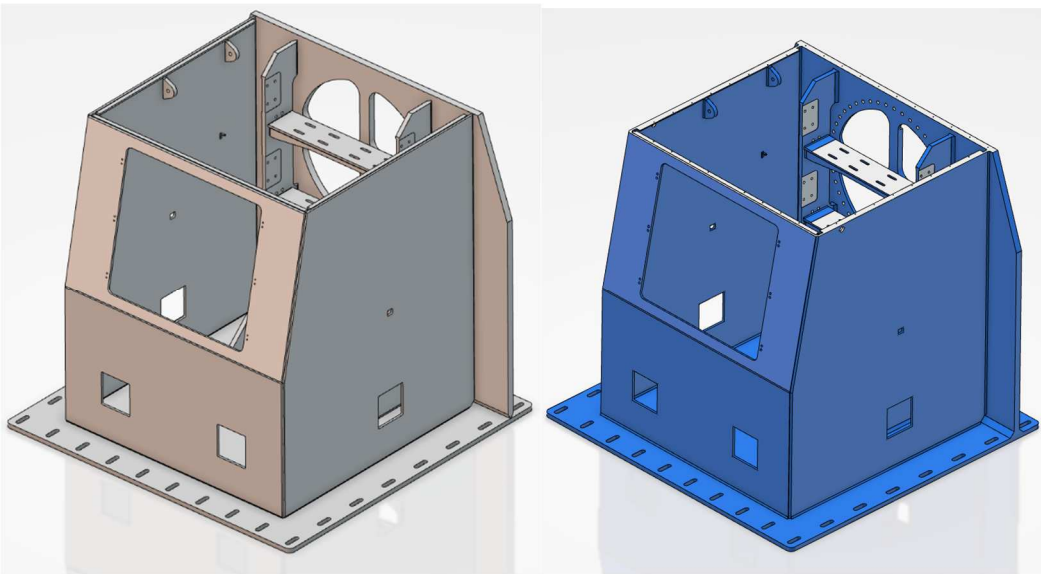
De grootte van de lasnaden wordt bepaald in 1.5.20. Dit ontwerp wordt ook gesimuleerd in 1.5.5.

Dit ontwerp wordt geïllustreerd in Figuur 46, Figuur 47 en Figuur 48 waarbij de ruwe gelaste samenstelling (grijs) wordt vergeleken met de nabewerkte stoel (blauw, gefreesde vlakken wit). De positionering van de hijsoggen en resulterende baan van de hijskettingen (rood) wordt geïllustreerd in Figuur 49.

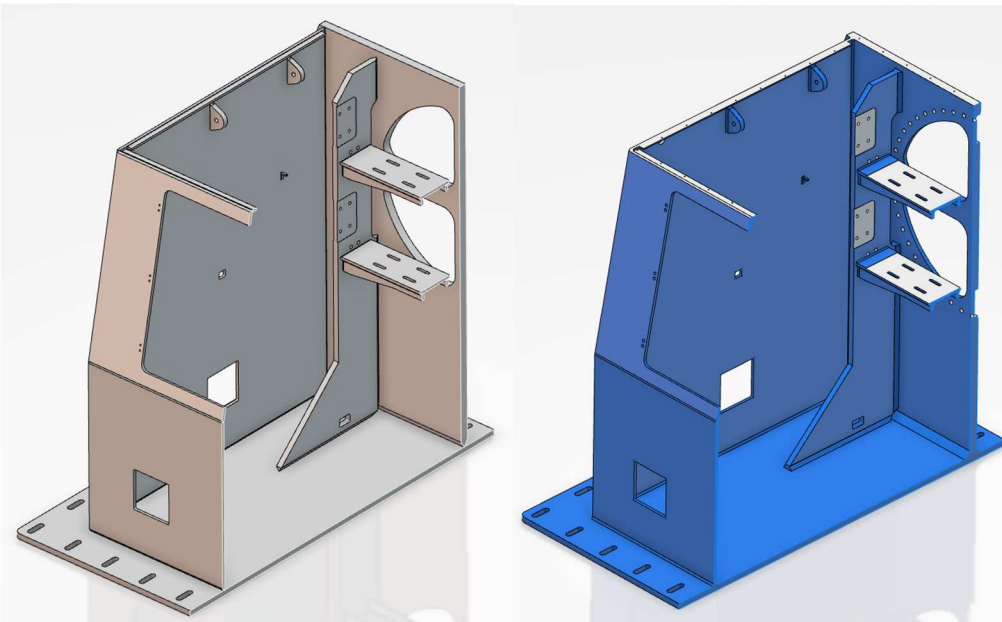
De stoelen moeten ook geverfd worden, dit kan gebeuren door de constructeur Vemaro. De keuze van de kleur is aan de opdrachtgever.



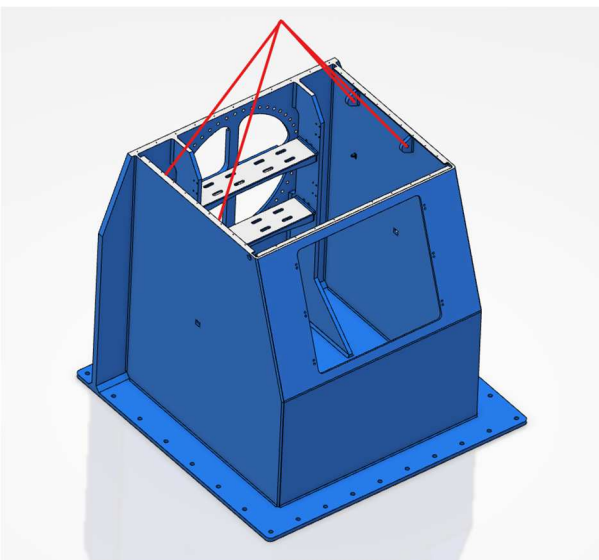
Figuur 46: Isometrisch vooraanzicht van het ontwerp van de stoel



Figuur 47: Isometrisch achterzicht van het ontwerp van de stoel



Figuur 48: Doorsnede van het ontwerp van de stoel



Figuur 49: Positionering van de hijsogen om botsing met kettingen te vermijden

1.4.8 Overige (onderhouds)voorzieningen van de stoel

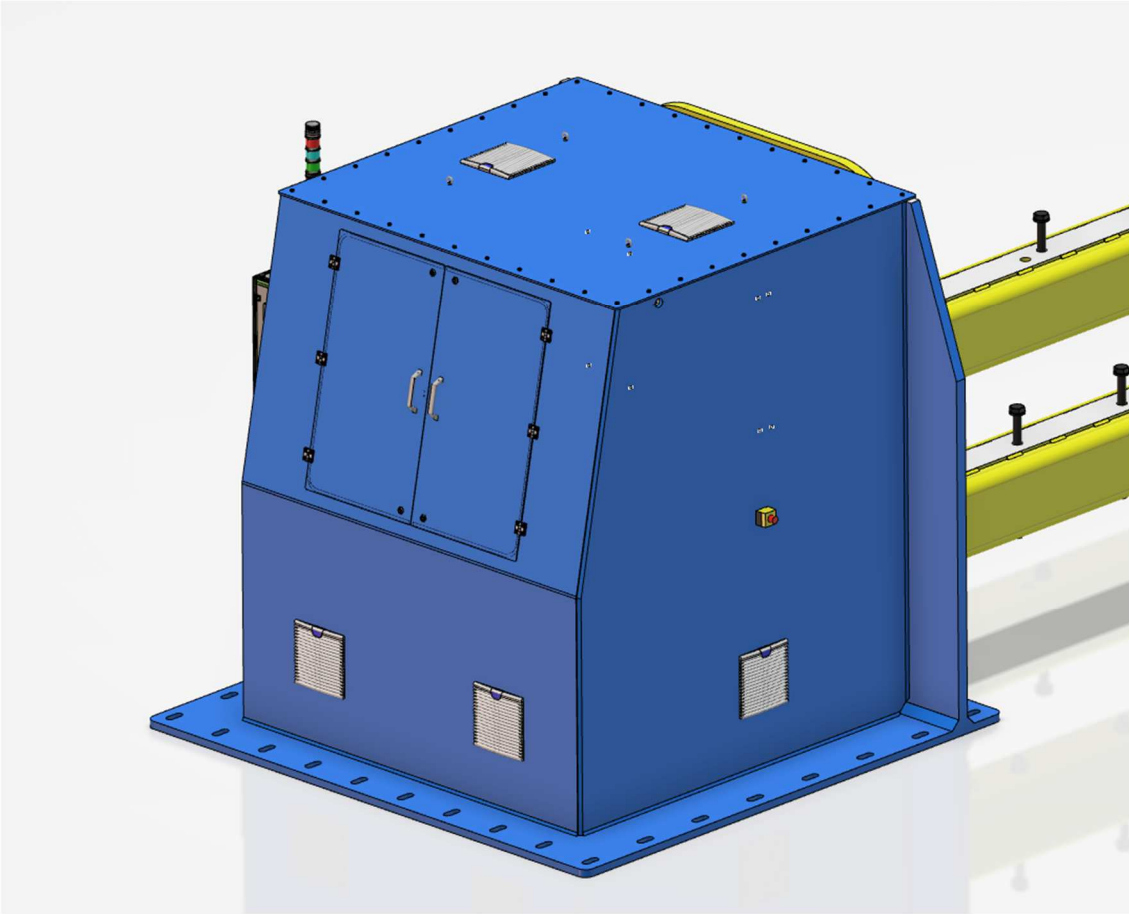
Om de functionaliteit te bevorderen en onderhoud mogelijk te maken, worden enkele extra voorzieningen in de stoelen verwerkt.

Op elke stoel worden twee deuren geplaatst als toegang tot de interne aandrijving en lagering (9.S5113 Deur). Zo wordt montage en onderhoud mogelijk en gemakkelijk. Deze deuren bestaan uit uitgesneden staalplaten en standaardonderdelen van Elessa Ganter (9.T5114 Deur). De deuren hangen aan scharnieren type GN 237-ZD-60-60-A-SW i.c.m. spacers type GN 2370-NI-60-5-MT en worden vergrendeld met sluitingen type GN 516.5-VK8-23 (bijlage 2.3.18 [45], bijlage 2.3.19 [46] en bijlage 2.3.20 [47]. De spacers dienen ook als sluitplaat. Vergrendeling wordt voorzien zodat enkel de onderhoudsdienst met de sleutel toegang heeft tot de stoelen i.f.v. veiligheid van omstaanders en operatoren. De deuren kunnen worden geopend m.b.v. handgrepen type GN 278-180-A (bijlage 2.3.21 [48]). Afdichting en eventuele trillingsdemping wordt verwezenlijkt door een afdichtband van Würth type VKP MAX op de deuren te plakken (bijlage 2.3.22 [49]). Om verwarring te vermijden, worden de deuren symetrisch ontworpen, waardoor elke deur aan elke kant van het doorgangsgat gemonteerd kan worden.

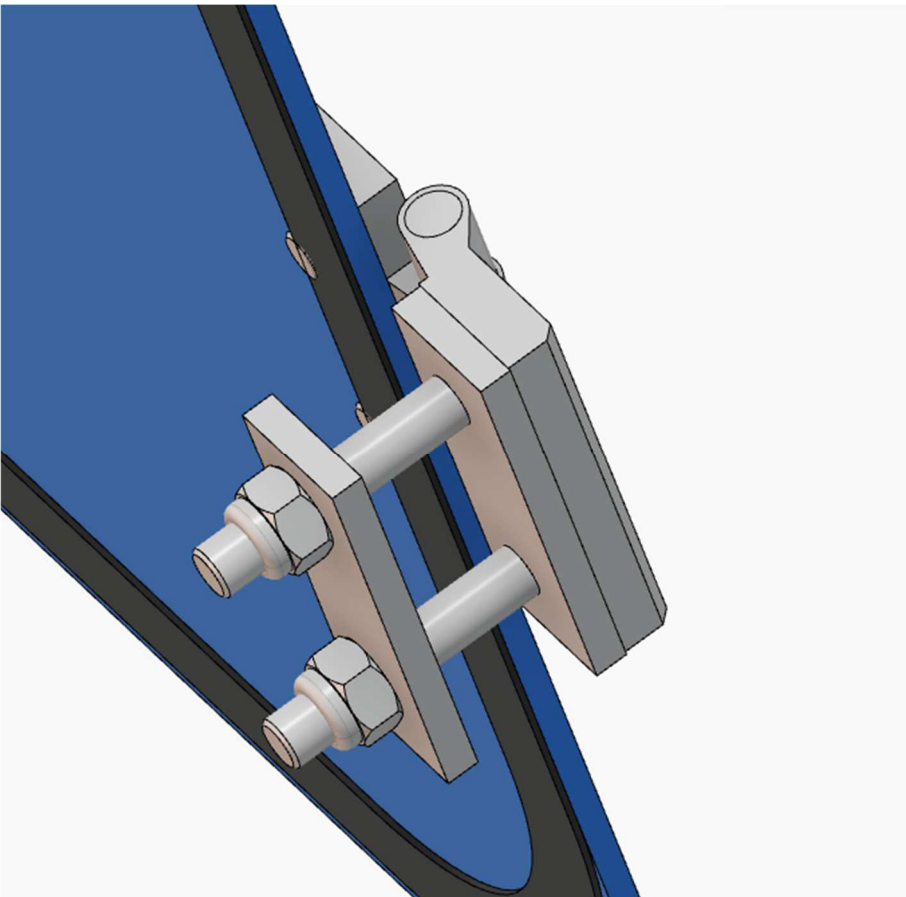
Een contactloze veiligheidsschakelaar van Eaton type RS2-11-C3 wordt op elke deur voorzien, bij het openen van de deuren wordt de aandrijving van de motoren verhinderd. Zo is het onmogelijk om de brug te verdraaien wanneer de deuren geopend zijn. In de sturing kan een onderhoudsmodus voorzien worden dat dit systeem overbrugt.

De scharnieren, spacers, handgrepen en veiligheidsschakelaars worden gemonteerd met resp. verzonken schroeven met binnenzeskant DIN EN ISO 10642 8.8 M8x14 en M8x55 i.c.m. zeskantmoeren met borgring DIN EN ISO 6924 8.8 M8, cilinderkopschroeven met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 8.8 M8x16 en M4x14 (bijlage 2.2.3 [50], bijlage 2.2.14 [43] en bijlage 2.2.1 [51]).

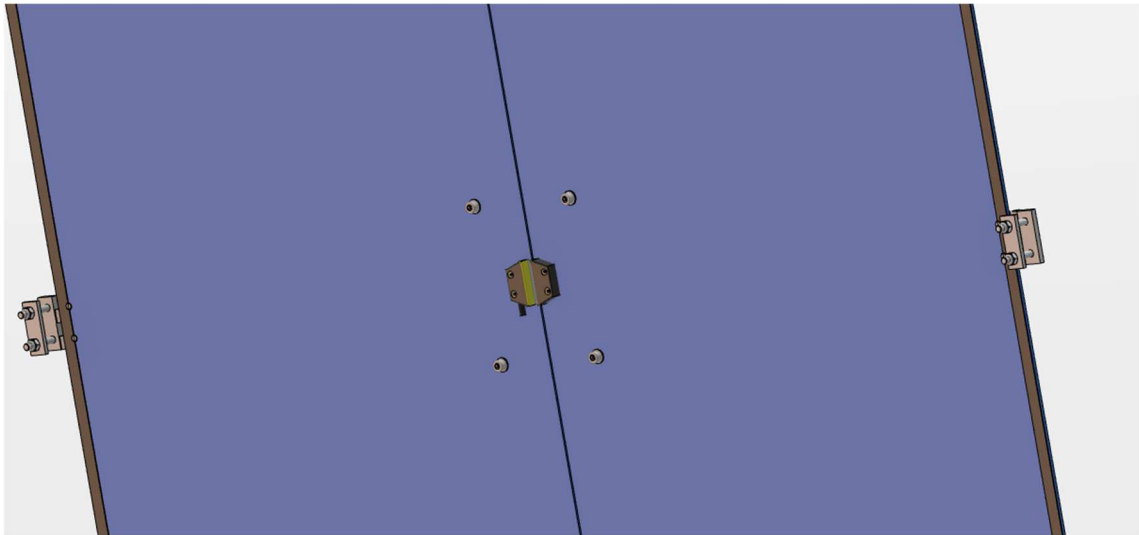
De deuren met onderdelen worden afgebeeld in Figuur 50, Figuur 51 en Figuur 52.



Figuur 50: Achterzicht van de stoel



Figuur 51: Montage van de scharnieren van de deuren

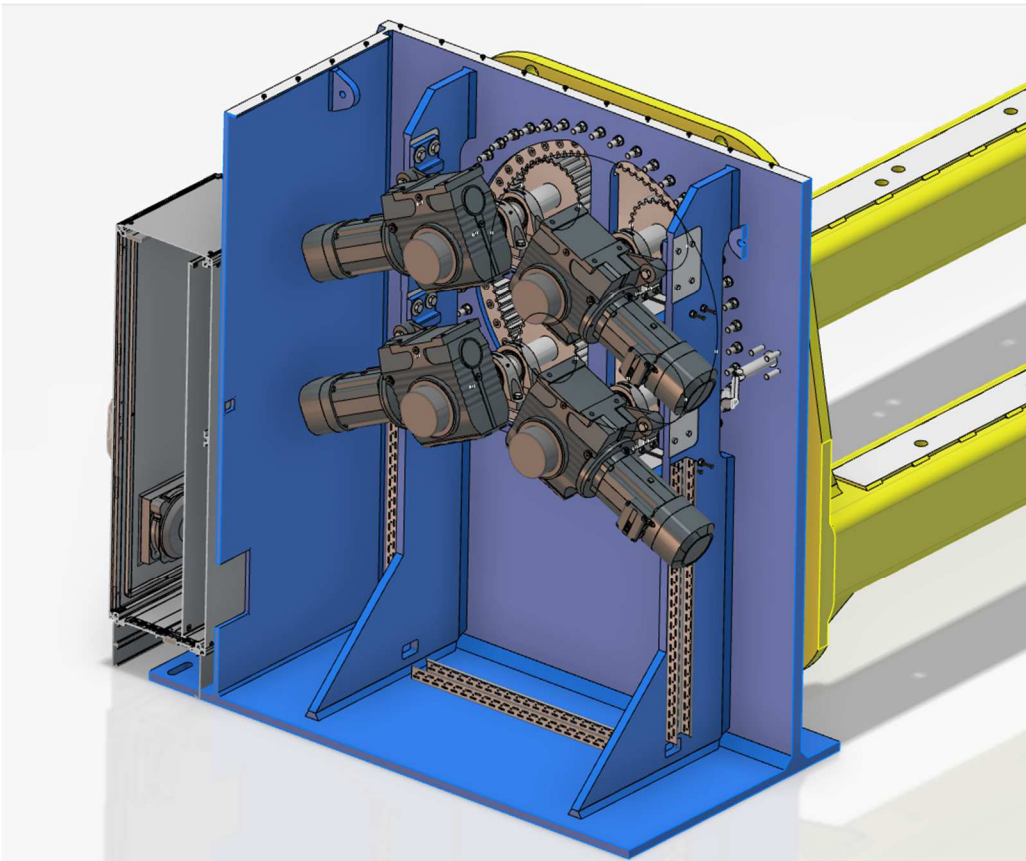


Figuur 52: Contactloze veiligheidsschakelaars op de deuren

Verdere toegang tot de stoel wordt voorzien door een bovendeksel (9.S5115 Bovendeksel). De montage van de rondselassen met rondsels en motoren wordt hierdoor mogelijk met een rolbrug (9.T5118 Rondselas, 9.S5126 en 9.S5127). Om het deksel op te heffen worden oogmoeren DIN 582 M10 voorzien en het deksel gemonteerd met zeskantbouten DIN 933 8.8 M10x25 i.c.m. sluitringen DIN EN ISO 7089 200 HV M10 zoals afgebeeld in Figuur 50 (bijlage 2.2.17 [52], bijlage 2.2.7 [41] en bijlage 2.2.18 [53]).

Om de motoren voldoende koel te houden, wordt de stoel voorzien van passieve ventilatie. Hiervoor worden op de stoel en in het bovendeksel ventilatieroosters van Rittal type SK 3243.22 gemonteerd met cilinderkopschroeven met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 8.8 M4x14 zoals afgebeeld in Figuur 50 (bijlage 2.3.17 [54] en bijlage 2.2.1 [51]). De getapte montagegaten hiervan worden aangebracht tijdens montage. Deze ventilatieroosters laten toe om indien nodig over te schakelen naar actieve ventilatie door een compatibele ventilator te installeren. Een van de voorziene gaten wordt gebruikt als doorgang voor de elektrische kabels naar de elektrische kast zoals afgebeeld in Figuur 53. Op de stoel zonder aandrijving worden deze gaten ook preventief voorzien maar afgedicht met afsluitplaten i.c.m. cilinderkopschroeven met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 8.8 M4x14 (9.T5123 Afsluitplaat, bijlage 2.2.1 [51])

Om alle elektrische kabels in de stoel te borgen, worden kabelgoten en doorgangsgaten voorzien in de stoel zoals afgebeeld in Figuur 53. Standaard kabelgoten van de opdrachtgever worden gebruikt en gemonteerd met schroefdraadrollende schroeven DIN 7500-1 8.8 M6x16 (bijlage 2.2.10 [55]). Hiervan worden de montagegaten voorgeboord (\varnothing 5,5 mm) bij de montage en de schroeven rollen hun eigen schroefdraad.



Figuur 53: Kabelgoten in de stoel

Om de tandwielen te smeren kan Total CERAN ST 2 gebruikt worden. TotalEnergies is de vaste leverancier van smeermiddelen van de opdrachtgever en stelt dit product zelf voor. Het is bestand tegen hoge drukken en hecht zeer goed aan het oppervlak, waardoor de trage snelheid van de machine geen probleem vormt. De exacte eigenschappen zijn te vinden in bijlage 2.3.23 [56].

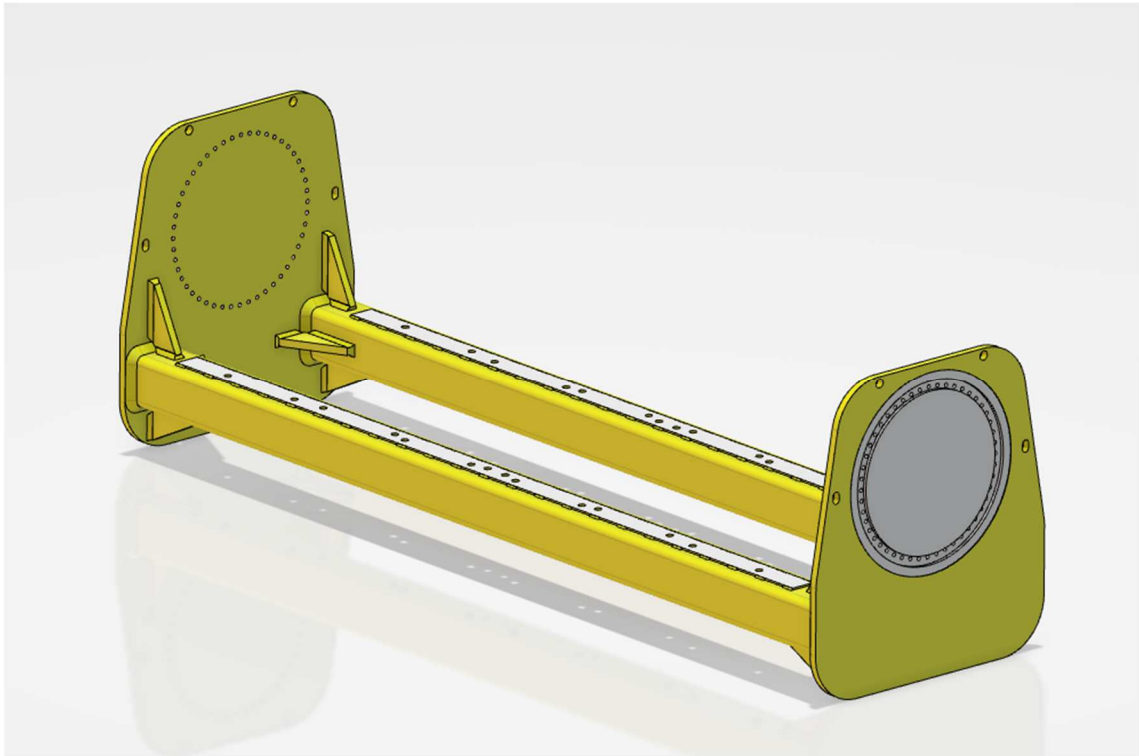
Om de toestand van de machine duidelijk te maken aan de operator en de omstaanders wordt aan elke stoel een signaalzuil bevestigd. Deze zuil wordt samengesteld uit het SL7-gamma van Eaton, een vaste leverancier van de opdrachtgever. De zuil bestaat uit een groen (of wit), blauw licht, een rood zwaailicht en een akoestisch signaal. Hiervan zijn de functies:

- Groen (of wit) vast licht → geeft aan dat de machine elektrisch bekrachtigd is
- Blauw vast licht → geeft aan dat de blokkeerpennen zijn ingeschoven
- Rood knipperlicht → knippert wanneer de brug verdraaid wordt
- Akoestisch signaal → luidt enkele seconden voor de verdraaiing

De datasheets zijn te vinden in bijlage 2.3.14 [57]. De zuilen worden bevestigd op de stoel m.b.v. cilinderkopschroeven met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 8.8 M5x25 (bijlage 2.2.1 [51])

1.4.9 Structuur van de brug

Zoals besproken in 1.2, bestaat de centrale brug uit twee zijplaten, twee vierkante kokerprofielen, dikwandige buizen en verstevigingen. De dimensionering van deze onderdelen wordt uitgewerkt in 1.5.2, 1.5.3 en 1.5.4. De dikte van de zijplaten wordt beperkt door de diepte van de lagerzitting en kan daarom niet dunner dan 60 mm gemaakt worden (bijlage 2.3.6). Op de profielen wordt een extra strip breed staal gelast en in de profielen worden dikwandige buizen met wanddikte 10 mm gelast, dit wordt besproken in 1.4.12. Figuur 54 geeft de constructie van de brug weer, deze wordt geel geschilderd om goed zichtbaar te zijn en op te vallen in het kader van veiligheid. Alle witte vlakken zijn gefreesde vlakken van het nabewerken. In de zijplaten worden bovenaan gesneden gaten voorzien waaraan hijsogen of haken kunnen bevestigd worden. De grootte van de lasnaden wordt besproken in 1.5.20.



Figuur 54: Afgewerkte en geveerde centrale brug

1.4.10 Vergrendeling van de brug

Als secundaire veiligheidsmaatregel op de geïntegreerde motorremmen, moet de centrale brug mechanisch geblokkeerd kunnen worden. In het geval dat de motorremmen of hun sturing falen zodanig dat de last vrij kan verdraaien, is het wenselijk dat de secundaire vergrendeling en rem de last kan stoppen of afremmen.

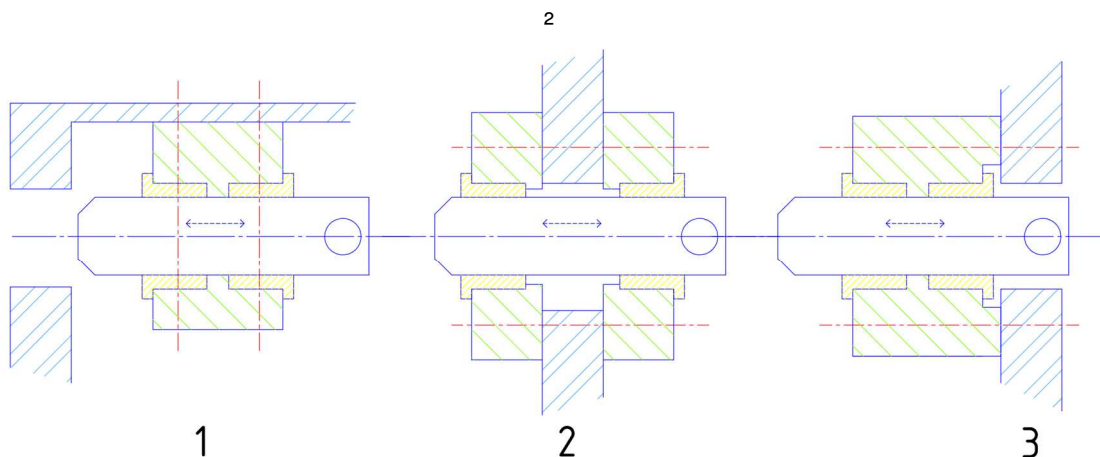
Een traploos mechanisme kan tot stand komen via een centrale as op de centrale brug die wordt afgeremd door een rem in de stoel. Deze rem kan een waterrem of een ander type dynamometer zijn die de snelheid van een draaiende last kan afremmen en op een veilige omtreksnelheid van 15 m/min houden [58]. Dit zijn onnodig dure en complexe oplossingen en zijn niet van toepassing voor de machine. De motoren moeten dan ook de weerstand van deze remmen kunnen verdraaien. Als veiligheidsmaatregel tijdens manipulatie van de stoel wordt een zone afgebakend waar niemand mag in komen tijdens verdraaiing zoals beschreven in 1.4.11.

De last kan ook traploos geremd worden door een rem die in of op de draaikrans gebouwd is. Dit is wordt volgens NBC echter niet courant gedaan en verhoogd de prijs en complexiteit van het lager aanzienlijk. Dergelijke rem moet ook speciaal ontworpen worden.

Om de last tegen verdraaiing te borgen bij stilstand kan een pen en corresponderende gaten in het bewegende deel van de machine gebruikt worden. Dit moet automatisch kunnen gebeuren aangezien een manuele vergrendeling kan vergeten of genegeerd worden. Deze gaten kunnen zich bevinden in een ring van het draaikranslager of in de centrale brug zelf. Gaten verzwakken de lagering en vereisen een grotere ring wat hun kostprijs verhoogd. Gaten in de centrale brug kunnen voor het lassen worden gebrand en ontworpen worden zodat de brug niet verzwakt wordt.

Om de pen te ondersteunen worden glijlagers gebruikt. Hiervoor kunnen ook kogelbussen gebruikt worden zoals de INA KGB-PP-AS [59]. Glijlagers zijn echter goedkoper vanwege hun eenvoudige bouw en zijn bestand tegen grotere drukkrachten bij een zelfde formaat [14]. Glijlagers vervaardigd uit gesinterd brons en geïmpregneerd met smeermiddel zijn onderhoudsvrij en courant te verkrijgen [60]. Per pen worden 2 glijlagers gebruikt zodat elke pen op twee punten wordt ondersteund. Er worden glijlagers van het type SKF PSMF gebruikt (bijlage 2.3.1 [60]). Dit zijn standaard en courant verkrijgbare bussen met kraag. Er worden twee blokkeerpen gebruikt i.f.v. symmetrie van de stoelen en redundantie.

De glijlagers worden in een huis geperst, dit huis wordt vervolgens op de stoel gemonteerd. Het huis kan een- of tweedelig zijn en op de voorplaat of bovenkant van de stoel worden gemonteerd. Mogelijke opstellingen van het penhuis (groen), de glijlagers (geel), de blokeerpen (wit) en de montagebouten (rood) t.o.v. de wanden van de stoel (blauw) worden geschetst in Figuur 55.



Figuur 55: Mogelijke opstellingen van het penhuis

Aangezien de voorplaat de dikste plaat is, worden de blokken best hierop gemonteerd. Dit geeft ook de meeste flexibiliteit in positionering. Voor dezelfde dikte van het huis heeft optie 3 en kortere afstand tot de brug t.o.v. optie 2, wat wenselijk is i.f.v. buigspanning in de blokkeerpen. Optie 3 gebruikt ook een eendelig huis, wat montage en uitlijning van het huis en de glijlagers gemakkelijker maakt. De penblokken worden daarom gemonteerd zoals optie 3.

Om de pennen uit te schuiven moet een mechanische aandrijving worden voorzien. Dit kan m.b.v. pneumatische of hydraulische cilinders of met (elektrische) lineaire actuatoren. Deze opties worden vergeleken in Tabel 9 [61].

Tabel 9: Vergelijking van actuatoren voor de blokkeerpennen [61]

Lineaire actuator (elektrisch)		Pneumatisch		Hydraulisch	
Pro	Con	Pro	Con	Pro	Con
Gemakkelijke sturing	Fragieler en complexer	Niet kapot bij botsing	Perslucht voorzien	Krachtig, ook wanneer pen wordt tegengehouden	Complexer systeem
Onderhoudsvrij		Gering onderhoud	Duur verbruik	Geen persluchtleiding nodig	Schade/gevaar bij botsing
Geen externe leiding		Snel			Meeste onderhoud
Simpele integratie		Simpele integratie			Kans op lek

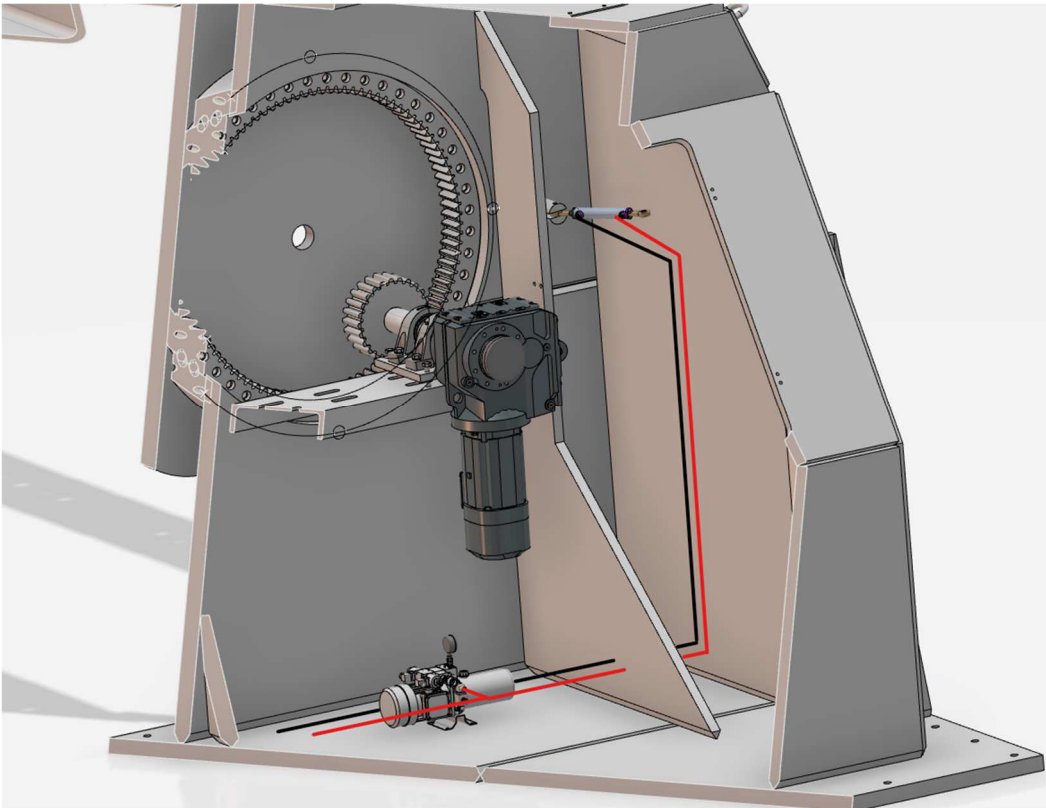
Aanvullend worden voor de drie opties ook offertes aangevraagd bij vaste leveranciers van de opdrachtgever. Deze worden samengevat in Tabel 10.

Tabel 10: Onderdelen voor mogelijke actuatoren met bijhorende offerteprijs

Type	Lineaire actuator	Lineaire actuator	Lineaire actuator	Pneumatisch	Hydraulisch	Hydraulisch
Onderdelen	SR 5	SR 1	EPCC-BS-45-150-10P-A	DSNU-20-150-P-A	Motor 0,37 kW	opgesteld door leverancier
	Eindeloop		LBN-32	LBN-20/25	pompgroep 0,8 cc	
			NEBU-M8W3-K-5-LE3	SGS-M8	dubbelwerkende cilinder met gelenkogen	
			SGS-M10x1,25	VUUG-L10-B52-ZT-M5-	4/3 ventiel	
				QS-G1/8-6	overdrukventiel	
				AMTE-M-LH-M5	Slangen	
				NEBV-H1G2-P-1-N-LE2		
				QSM-M5-6-I		
Merk	S+R	S+R	Festo	Festo	Hydrauliek24	RemB
Leverancier	Vansighen	Vansighen	Festo	Festo	Hydrauliek25	RemB
Totaalprijs exl. BTW	€ 1 720,00	€ 628,58	€ 2 010,92	€ 420,52	€ 1 059,83	€ 1 695,00

De pneumatische oplossing is duidelijk de goedkoopste en tevens ook onderhoudsvriendelijk. In samenspraak met de opdrachtgever wordt beslist een pneumatisch systeem niet te gebruiken vanwege de nood aan perslucht. Het leggen van een persluchtleiding of integratie van een compressor is niet wenselijk.

De hydraulische en elektrische actuatoren liggen in de zelfde prijsklasse afhankelijk van de gekozen beschikbare kracht. Een hydraulisch oplossing vereist leidingen in de stoel die de pomp, het ventiel en het reservoir met de cilinders verbindt zoals afgebeeld in Figuur 56. Hierbij wordt de hydraulische groep centraal in de stoel geplaatst en de leidingen langs de wanden gelegd. Deze leidingen moeten zorgvuldig gelegd worden om lekkage te vermijden.



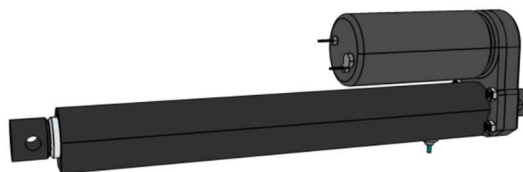
Figuur 56: Hydraulische aandrijving van de blokkeerpennen

Een elektrische lineaire actuator moet slechts via een enkele elektrische kabel verbonden worden met de elektrische kast. Een hydraulische groep vereist ook geregeld onderhoud wat niet het geval is bij een lineaire actuator [61]. De hydraulische cilinders zijn wel robuuster en krachtiger bij hetzelfde formaat [61]. Het is echter niet wenselijk dat de cilinders de pennen kunnen terugtrekken in het geval dat de brug vrij is verdraaid en de pennen de brug blokkeren. Lineaire actuatoren hebben een ingebouwde simpele sturing en eindeloopschakelaars. Gezien deze verschillen en de gelijkaardige of goedkopere prijs worden elektrische actuatoren gekozen.

De lineaire actuatoren worden aangekocht bij Vansighen. De opdrachtgever is goed gekend bij deze leverancier. Vansighen stelt voor deze machine zelf actuatoren van het merk S+R voor, meer bepaald het type SR. Figuur 57 en Figuur 58 geven een overzicht van de eigenschappen van beide types. Het grootste verschil is de mogelijke duwkracht, waarbij de SR 1 slechts een twintigste van de duwkracht van de SR 5 leveren. Gezien de functie en de lagering van de blokkeerpennen is dit echter geen probleem. Het is ook niet wenselijk dat de pen kan teruggetrokken worden indien de brug in contact is met de pen. Verder werkt de SR 1 met een spanning van 24 V en kan het ingebouwde eindeloopschakelaars hebben, wat de sturing eenvoudiger maakt i.v.m. de SR 5. De actuator kan zo gestuurd en gevoed worden door de PLC. [62]

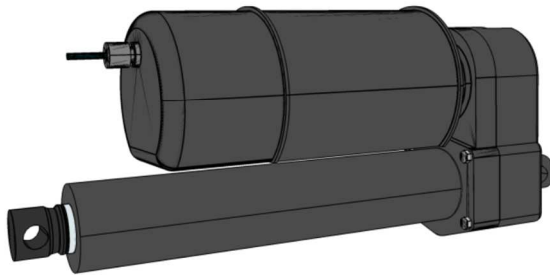
SR 1 / SR 1SP

- Adjustment force: up to 340N
- Adjustment speed: 12 to 75 mm/s
- Voltage: 12, 24, 36 VDC
- Stroke Length: 20, 46, 71, 97, 122, 147mm
- Limit switch (fixed) or with potentiometer



Figuur 57: Kenmerken van de S+R SR 1 lineaire actuator [62]

SR 5



- Adjustment force: up to 6800 N
- Adjustment speed: 15 to 60 mm/s
- Voltage: 230, 400VAC
- Stroke lengths: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600mm
- built-in slip clutch
- optionally with potentiometer

Figuur 58: Kenmerken van de S+R SR 5 lineaire actuator [62]

In Figuur 59 worden de standaard variant en SP-variant van de SR 1 met elkaar vergeleken. De SP-variant heeft een ingebouwde potentiometer en een cilinder met anti-rotatievoorziening. De standaard variant heeft ingebouwde eindloopschakelaars wat in dit geval gewenst is. [62]

Kompaktcilinder SR 1

12, 24 und 36 VDC - Verstärkung bis 340N

Kompaktcilinder SR 1 SP

12, 24 und 36 VDC - Verstärkung bis 340N



Standardmerkmale und Vorteile

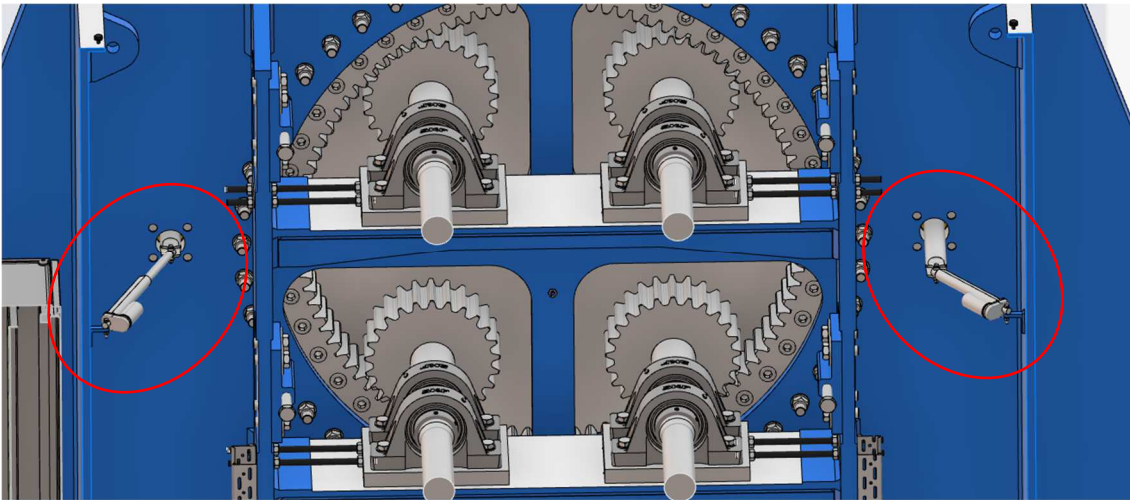
- Sehr kompakt und leicht
- Eingebaute Endlagenschalter
- Korrosionsfestes Gehäuse
- Selbsthemmendes Trapezgewinde
- Wartungsfrei

Standardmerkmale und Vorteile

- Sehr kompakt und leicht
- Eingebautes Potentiometer
- Korrosionsfestes Gehäuse
- Selbsthemmendes Trapezgewinde
- Kolbenrohr mit Verdrehsicherung
- Wartungsfrei

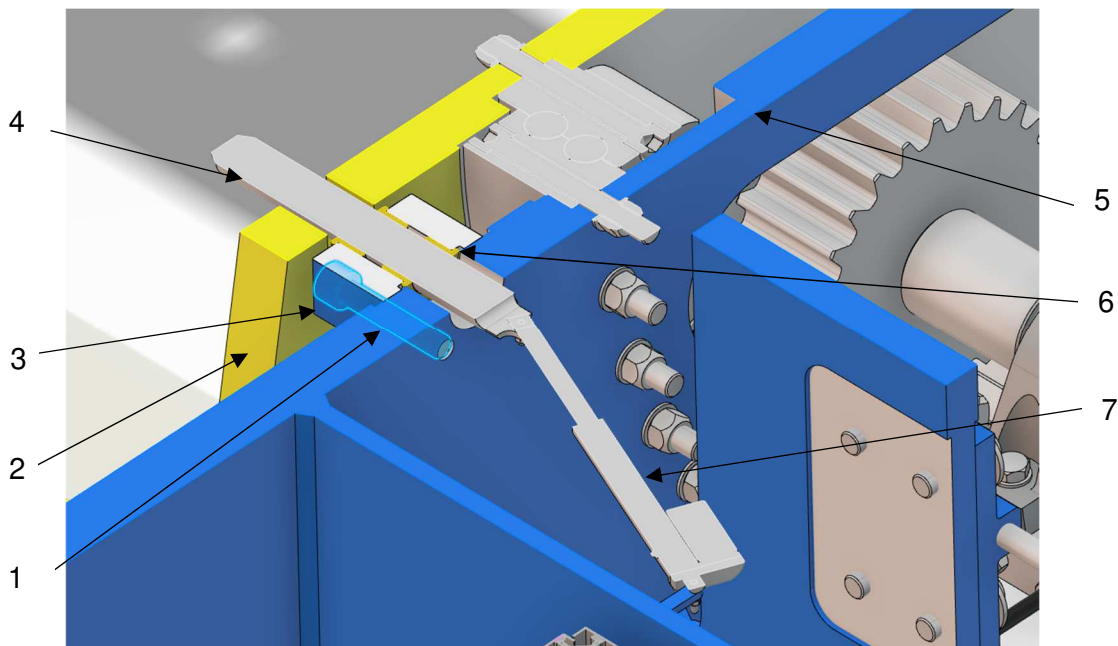
Figuur 59: Vergelijking tussen de eigenschappen van de SR 1 en SR 1 SP lineaire actuatoren [62]

Figuur 60 geeft weer hoe het besproken penhuis, de blokkeerpen en lineaire actuator worden geïntegreerd in het ontwerp. Hierbij staan de linker en rechter actuator resp. uitgeschoven en ingeschoven stand ter illustratie. In werkelijkheid komen ze steeds in dezelfde stand voor.



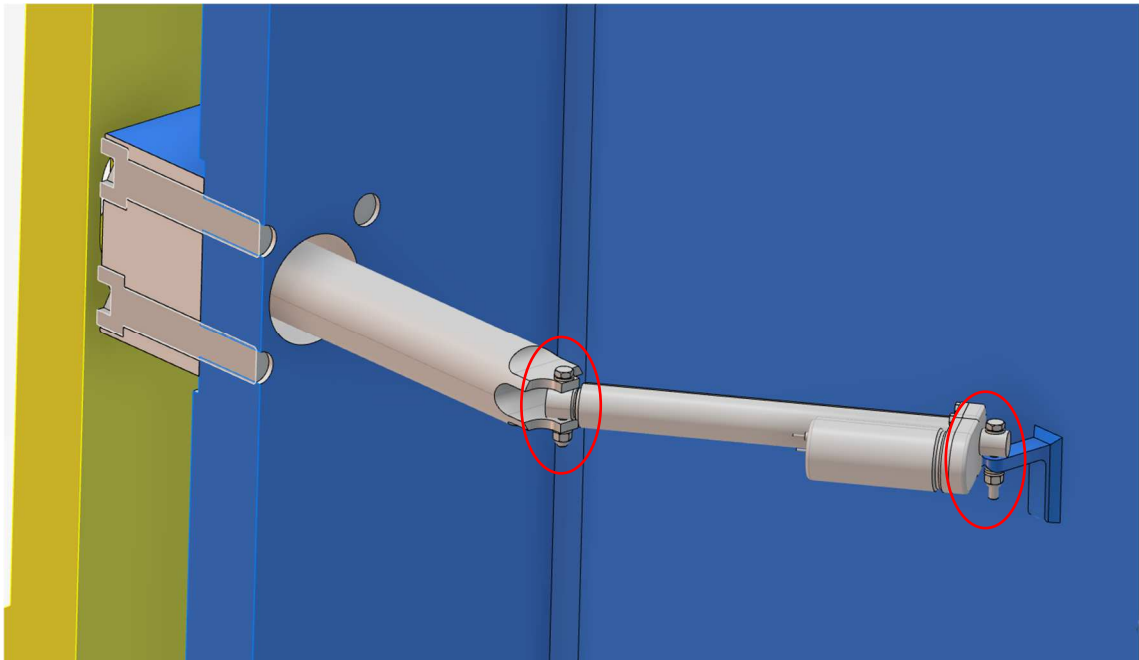
Figuur 60: Vergrendeling van de brug in de stoel

Figuur 61 geeft het vergrendelingsmechanisme weer in doorsnede. Hierin is te zien hoe het penhuis (3) met ingeperste glijlagers (6) wordt gebout op de stoel (5) m.b.v. getapte gaten in de stoel en vier cilinderkopschroeven met binnenzeskant ISO 4762 10.9 M24*120 (1) (bijlage 2.2.2 [23]). De blokkeerpen (4) wordt verschoven door de lineaire actuator (7) en glijdt door de glijlagers (6) om zo door het overeenkomstige gat in de brug (2) te schuiven.



Figuur 61: Vergrendeling van de brug in doorsnede

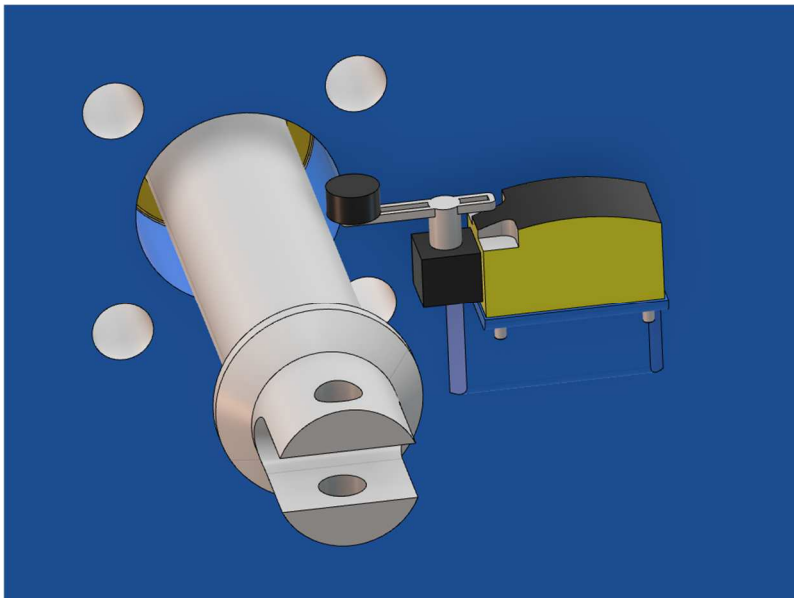
Figuur 62 geeft weer hoe de lineaire actuator wordt verbonden met de stoel en de blokkeerpen. De actuator wordt aan weerszijde bevestigd met een zeskantbout ISO 4014 8.8 M6*50 i.c.m. een zeskantmoer met borgring ISO 6924 8.8 M6 en sluitringen ISO 7089 200 HV M6 (bijlage 2.2.4 [43], bijlage 2.2.14 [43] en bijlage 2.2.18 [53]).



Figuur 62: Montage van de lineaire actuator

De blokkeerpennen worden gedimensioneerd in 1.5.19.

Indien de blokkeerpennen een volwaardige veiligheidsfunctie zijn, moet een extra veiligheidsschakelaar aanwezig zijn die bevestigt dat de blokkeerpennen zijn uitgeschoven. Dit kan analoog aan Figuur 63 in het ontwerp verwerkt worden. Gezien de blokkeerpennen hier geen primaire veiligheidsfunctie hebben en worden geclassificeerd als onderhoudsfunctie volstaan de eindeloopschakelaars ingebouwd in de lineaire actuatoren.



Figuur 63: Eventuele veiligheidsschakelaar van de blokkeerpennen

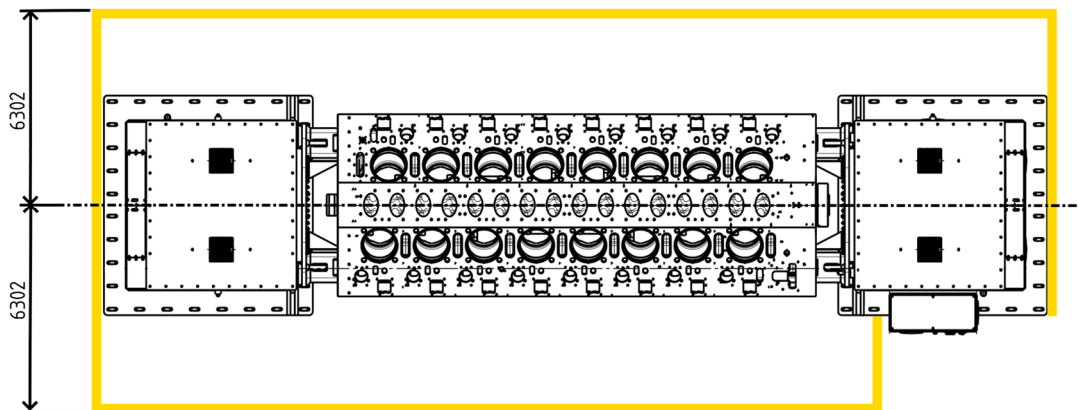
1.4.11 Veilige zone

Rond de machine dient een veilige zone afgebakend te worden. Wanneer de machine in beweging is, mag niemand zich in de zone begeven. De uitzondering hierop is de operator aan de elektrische kast.

Deze zone kan worden afgebakend a.d.h.v. een wel (bv. hekken) of niet scheidende (bv. optisch scherm) afscherming. Een scheidende afscherming belemmert echter de bereikbaarheid van de machine en een niet scheidende afscherming verhoogd de kostprijs van de machine aanzienlijk. In samenspraak met de opdrachtgever wordt hierdoor een afscherming vermeden.

Alternatief wordt de omtreksnelheid van de bewegende onderdelen beperkt tot de algemene afwendbare snelheid van 15 m/min volgens de machinerichtlijn 2006/42/CE [58]. Deze maatregel wordt toegepast op de machine en het toerental van de brug dat deze snelheid respecteert wordt bepaald in 1.5.15.

Bovenop de beperking op de omtreksnelheid wordt een veilige zone afgebakend door markeringen op de vloer aan te brengen. Betreden van deze zone brengt geen reactie van de machine teweeg, maar zorgt wel voor een visuele afbakening. De dimensies van deze zone wordt gebaseerd op NBN EN ISO 13857:2019 "Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs" (bijlage 2.1.4 [63]). Deze norm is per definitie alleen toepasbaar wanneer een afscherming aanwezig is. In deze situatie wordt de visuele afbakening gezien als virtuele muur met een minimale hoogte. Op basis van Table 1 van de norm en het uiterste punt van de brug wordt zo een minimale afstand tot de brug bepaald (bijlage 2.1.4 [63]). De maximale uitsteeklengte is te zien op Figuur 112 in 1.5.15. Zo wordt een veilige afstand tot de rotatieas van $1\ 751\ \text{mm} + 1\ 400\ \text{mm} = 3\ 151\ \text{mm}$ gevonden. De veilige zone is dus $6\ 302\ \text{mm}$ breed en spant over de volledige lengte van de machine zoals afgebeeld in Figuur 64.

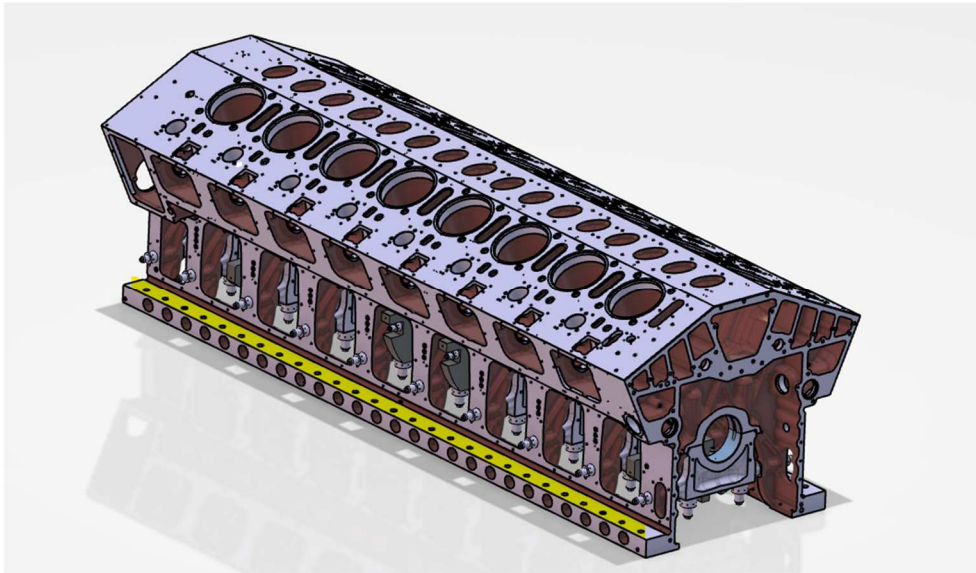


Figuur 64: Afbakening van de veilige zone

1.4.12 Bevestiging van de last

Het motorblok moet op een veilige manier bevestigd worden voor de brug kan worden verdraaid. Dit kan aan de hand van klemmen of een verbinding met schroefdraad.

Hiervoor kunnen de bestaande bevestigingsgaten in de motorblokken gebruikt worden. Deze worden weergegeven in geel in Figuur 65. Hierbij is per type motorblok (DL en DV) het gatenpatroon gelijk. De afmetingen hiervan zijn te vinden in 1.5.6.



Figuur 65: Montagegaten van een 16DV-motorblok

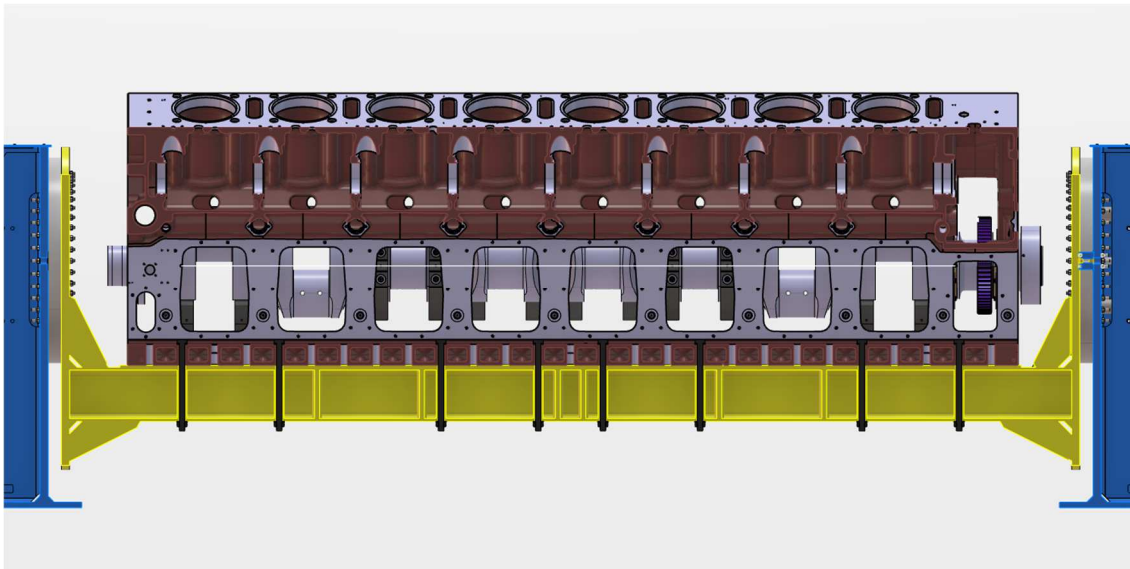
Klemmen kan snel gebeuren en ook een veilige borging teweeg brengen indien de klemmen zelf ook correct vergrendeld kunnen worden. Dit kan handmatig of hydraulisch. Een klemsysteem brengt echter een hogere kostprijs teweeg en een snelle klemming is niet per se noodzakelijk gezien het voorziene gebruik en gering aantal motorblokken per tijdseenheid.

Een verbinding met schroefdraad kan in verschillende vormen verwezenlijkt worden. Er kunnen draadstangen of tapeinden op de brug worden gelast waarover de montagegaten van het motorblok kunnen worden geschoven en vastgezet met een moer. Er kunnen ook losse bouten en moeren gebruikt worden die via de montagegaten de last zekeren. Er kunnen getapte gaten aangebracht worden in de brug waarin bouten kunnen worden geschroefd.

Gelaste tapeinden of getapte gaten in de brug zelf worden vermeden gezien deze kunnen verslijten bij regelmatig gebruik.

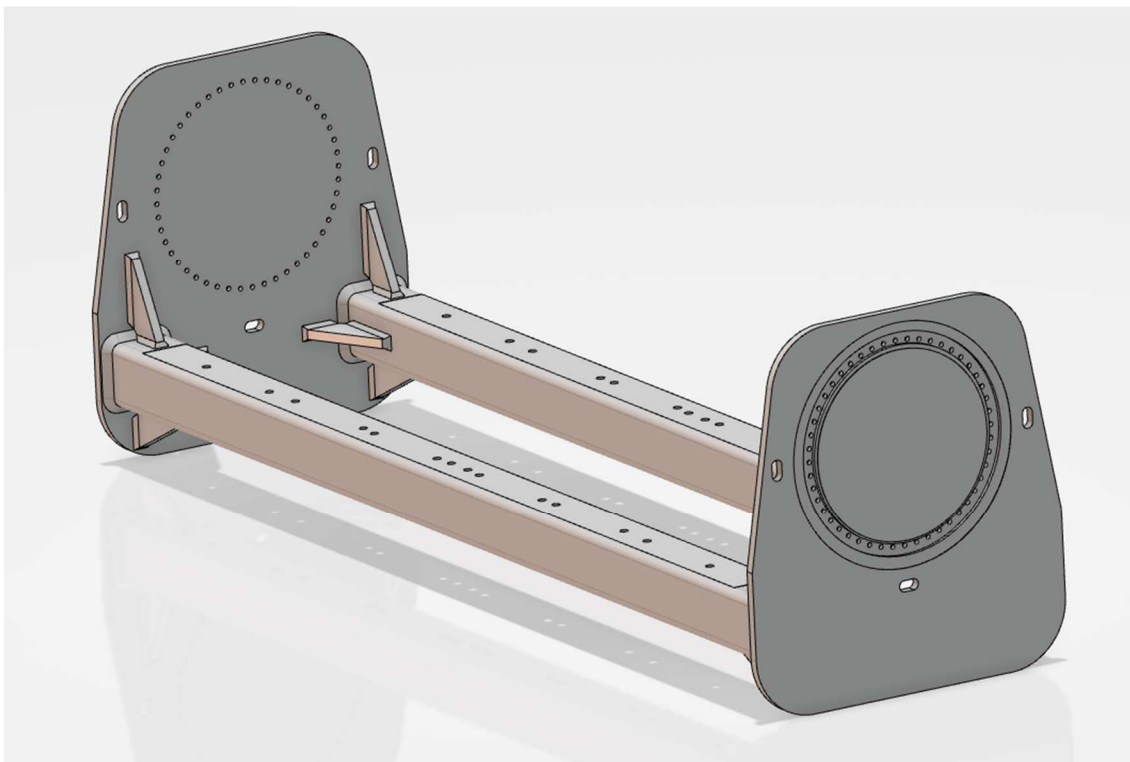
Het motorblok wordt gezekerd door losse bouten en moeren die door de brug en het blok gaan. Om stuik van de profielen tegen te gaan en een stijve structuur te bekomen worden in de profielen van de brug extra dikwandige buizen gelast. Er worden zeskantbouten ISO 4014 10.9 M42*650 i.c.m. zeskantmoeren ISO 4032 10.9 M42 en sluitringen ISO 7089 300 HV M42 gebruikt (bijlage 2.2.6 [64], bijlage 2.2.13 [65] en bijlage 2.2.19 [24]). Hiervan wordt de dimensionering en het aanhaalmoment bepaald in 1.5.16. De buizen hebben een binnendiameter van 55 mm en een wanddikte van 10 mm.

Deze opstelling wordt afgebeeld in Figuur 66. Hierin worden het blok (grijs en bordeaux), de brug (geel) en de bevestigingsartikelen (zwart) doorgesneden om de interne structuur van de brug te tonen.



Figuur 66: Doorsnede van de bevestiging van de last op de brug

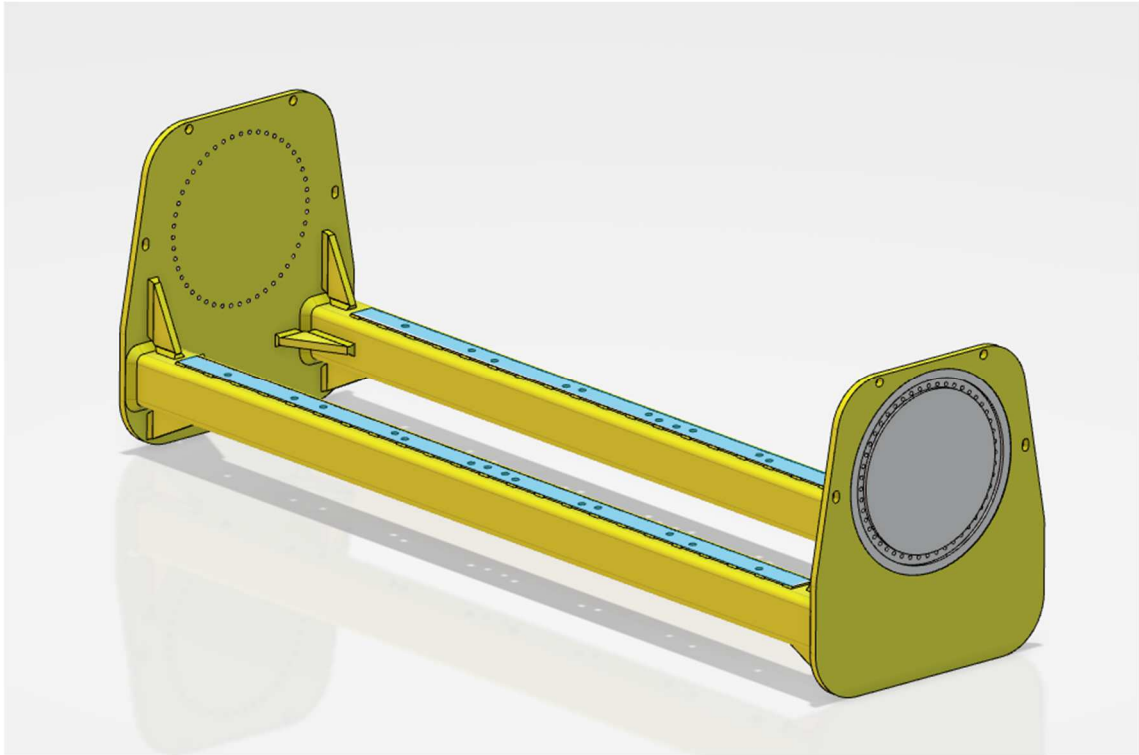
Om een goede bevestiging van het motorblok te verwezenlijken, dient het oppervlak van de brug waarop het blok wordt gemonteerd gevlacht te worden. Dit wordt afgebeeld in Figuur 67.



Figuur 67: Vlakken van de profielen van de brug

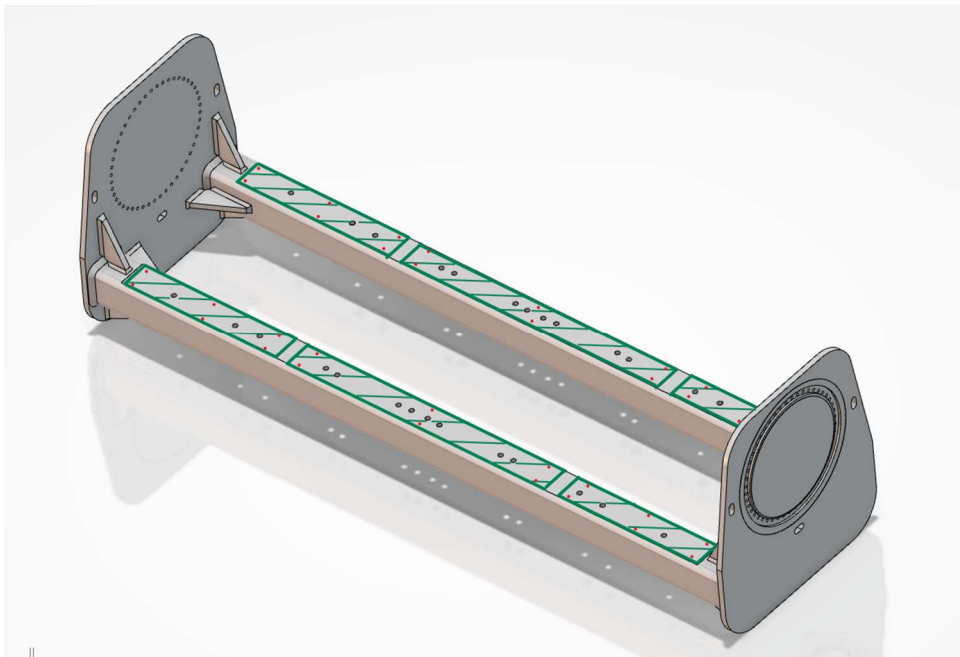
De warmgewalste profielen zijn bij aankoop niet vlak genoeg voor de toepassing. De zeskantbouten moeten eerst het contactoppervlak van het motorblok en de profielen naar elkaar trekken voor het een normaalkracht kan uitoefenen. De normaalkracht is nodig om een zekerende wrijvingskracht te verwezenlijken (1.5.16). Het oppervlak van de profielen zelf kan worden gevlacht. De constructeur van de brug Vemaro stelt dat de diepte van het vlakken doorgaans 5 mm is. Door de profielen aan slechts een zijde te vlakken worden de profielen echter verzwakt en kunnen interne spanningen een verbuiging teweegbrengen.

Om dit te vermijden, wordt een strip breed plat staal van kwaliteit S355 en een dikte van 20 mm op de profielen gelast dat vervolgens gevlakt kan worden tot een dikte van 15 mm. Indien nodig kan dit opgedeeld worden in twee aaneenliggende strips. Het gevlakte profiel wordt in blauw getoond in Figuur 68.



Figuur 68: Gevlakte montageoppervlak van de brug

Om het motorblok en de brug te beschermen kunnen vervangbare latten uit kunststof tussen beide voorzien worden. PA-latten (groen) kunnen op de brug worden gebout (rood) om deze beschermende laag te voorzien, zoals afgebeeld in Figuur 69. De opdrachtgever vindt dit echter onnodig dus wordt dit niet uitgewerkt. De opdrachtgever bezit over vele draaistoelen voor allerlei type motoren en op geen enkele wordt dergelijke bescherming gebruikt.



Figuur 69: Beschermende kunststof op de centrale brug

1.4.13 Bescherming tegen corrosie

Om de machine te beschermen tegen corrosie en esthetisch af te werken kan het merendeel van de oppervlakken geleverd worden. Dit kan gebeuren door de constructeur Vemaro of door de opdrachtgever zelf. Hierbij is reiniging van de oppervlakken, minimum één primer- en één laklaag nodig. De kleur wordt voorlopig op blauw gehouden, maar kan veranderen naar wens van de opdrachtgever. De verf beschermt de machine tegen corrosie. Verspaande montageoppervlakken en bevestigingsartikelen worden blank gelaten en eventueel behandeld met een beschermend middel.

De machine bevindt zich in een propere afgeschermd omgeving, zo wordt het risico op corrosie ook verminderd. Dit onderdeel van het ontwerp wordt verder niet uitgewerkt.

1.4.14 Installatie van de machine

Het installeren van de machine in de fabriekshal vereist voorbereidende werken aan de betonnen vloer. Er moeten onder andere ankers en een doorgang voor elektrische kabels van stoel tot stoel voorzien worden.

Binnen de omvang van dit werk wordt dit niet verder uitgewerkt. De bijhorende kost komt dus ook niet in de kostprijsberekening in 5.

1.5 Berekeningen

Alvorens componenten kunnen worden geselecteerd, dienen de onderdelen die een lading dragen of kracht overbrengen berekend te worden op hun sterkte. Hierbij moeten de correcte veiligheidsfactoren steeds gehanteerd worden. Die berekeningen zijn steeds een vereenvoudiging van de realiteit en zijn slechts indicatieve benaderingen. Door onvoorziene belastingen, omstandigheden of schade door misbruik kunnen de onderdelen onvoorzienvormen of falen. Het is aan de operatoren om de machine regelmatig te inspecteren en te herstellen of uit dienst te nemen indien nodig.

Indien anders vermeld hebben alle R_e -, R_m -, σ - en τ -waarden de eenheid MPa en hebben alle lengtematen en diameters de eenheid mm.

1.5.1 Gebruikte veiligheidsfactoren

Elke machine ontwikkeld in Europa moet voldoen aan de machinerichtlijn 2006/42/CE (bijlage 2.1.2 [58]). Deze stelt dat mechanische componenten van manueel bediende machines en accessoires voor heftuigen moeten gedimensioneerd zodat die bij normaal bedrijf een veiligheidsfactor van 1,5 respecteren op breuk en nooit permanente vervorming ondergaan. [58]

De bijkomende richtlijn EN 14238+A1:2009 'Hijskranen- Met de hand bestuurd lastmanipulators' als aanvulling op 2006/42/CE is ook van toepassing op de machine. Hierin wordt gesteld dat voor machines met minder dan 20000 cycli de constructie een statische lading van tweemaal de gespecificeerde capaciteit moet kunnen verdragen zonder permanente deformatie. Verder moet de constructie driemaal de gespecificeerde capaciteit kunnen verdragen zonder te falen (Bijlage 2.1.3 [66]). [66]

Door de capaciteit van de draaistoel te stellen op 60 ton integreert de opdrachtgever een bijkomende veiligheidsmarge, aangezien bij normaal gebruik de brug wordt belast met maximaal 40 484 kg bovenop het eigengewicht (1.5.6). Zo wordt extra verzekerd dat indien de draaistoel uitzonderlijk wordt gebruikt voor zwaardere motorblokken de gestelde veiligheidsfactoren blijven gelden.

Voor de sterkteberekeningen en de dimensionering van componenten worden steeds minimaal de veiligheidsfactoren van EN 14238+A1:2009 gerespecteerd, maar wordt gestreefd naar een realistische maximale marge waar mogelijk.

1.5.2 Toelaatbare spanningen

Constructiestaal heeft doorgaans kwaliteit S235 of S355. Gezien de hoge belasting van 60 ton, worden standaardprofielen van kwaliteit S355 gebruikt. Dit heeft een hogere sterkte dan de andere kwaliteiten en laat profielen met kleinere afmetingen toe (bijlage 3.1.1 [67]).

De toelaatbare spanningen tot vervorming worden bepaald op basis van de rekgrens R_e , toelaatbare spanningen op basis van treksterkte R_m (bijlage 3.1.2 [11]). Het verband van de overige grensspanningen met de R_e - en R_m -waarde van een materiaal wordt gegeven in Tabel 11 [11].

Tabel 11: Verbanden van grensspanningen in een materiaal [11]

soort belasting	benaming	symbool	vervangingswaarde	Berekening op
trek	rekgrens (vloei-grens)	R_e	–	vervorming
	0,2%-rekgrens	$R_{p0,2}$	–	vervorming
	treksterkte	R_m ¹¹⁾	–	breuk
druk	stuik-grens (druk-vloei-grens)	R_{ed}	$= f_{\sigma} \cdot R_e$ ¹²⁾	vervorming
	0,2%-stuik-grens	$\sigma_{d0,2}$	$= f_{\sigma} \cdot R_{p0,2}$	vervorming
	druksterkte	σ_{dB}	$= f_{\sigma} \cdot R_m$	breuk
buiging	buig-vloei-grens	σ_{bv}	$\approx (1 \dots 1,3) \cdot R_e$ ¹³⁾	vervorming
	0,2%-buig-rekgrens	$\sigma_{b0,2}$	$\approx (1 \dots 1,3) \cdot R_{p0,2}$	vervorming
	buigsterkte	σ_{bB}	$\approx R_m$	breuk
torsie	torsie-vloei-grens	τ_{tv}	$\approx (1 \dots 1,2) \cdot f_{\tau} \cdot R_e$ ^{12) 13)}	vervorming
	0,4%-torsie-rekgrens	$\tau_{t0,4}$	$\approx (1 \dots 1,2) \cdot f_{\tau} \cdot R_{p0,2}$	vervorming
	torsie-sterkte	τ_{tB}	$\approx f_{\tau} \cdot R_m$	breuk
afschuiving	schuif-vloei-grens	τ_{sv}	$= f_{\tau} \cdot R_e$ ¹²⁾	vervorming
	schuifsterkte	τ_{sB}	$= f_{\tau} \cdot R_m$	breuk

Hierbij geldt steeds $f_t=0,58$ [11].

Voor staalkwaliteit S355 is $R_e=355$ MPa en $R_m=510$ MPa (bijlage 3.1.2 [11]).

Op basis van Tabel 11 en de vooraf bepaalde veiligheidsfactoren (1.5.1) worden de toelaatbare spanningen berekend en weergegeven in Tabel 12 voor vervorming en in Tabel 13 voor breuk.

Tabel 12: Toelaatbare spanningen i.f.v. vervorming voor S355

Re			355 Mpa
Max toelaatbare Re (Von Mises)			178 Mpa
Toelaatbare trekspanning	$\sigma_t M$	$= Re/1,2$	296 Mpa
Theoretische oelaatbare wringspanning	$\tau_w M$	$= 0,65 \cdot \sigma_t$	192 MPa
Max toelaatbare wringspanning	$\tau_w M_v$	$= \sigma_w' / V_{fv}$	96 MPa
Theoretisch toelaatbare buigspanning	$\sigma_b M$	$= 1 \cdot Re$	355 MPa
Max toelaatbare buigspanning	$\sigma_b M$	$= \sigma_b' / V_{fv}$	178 MPa
Theoretisch toelaatbare afschuifspanning	$\tau_s M$	$= Re \cdot 0,58$	206 MPa
Max toelaatbare afschuifspanning	$\tau_s M$	$= \tau_s' M / V_{fv}$	103 MPa

Veiligheidsfactor vervorming

Vfv

min 2

Tabel 13: Toelaatbare spanningen i.f.v. breuk voor S355

Rm			510 Mpa
Max toelaatbare (Von Mises)			170 Mpa
Theoretisch toelaatbare wringspanning	$\tau_w M_b$	$= 0,58 \cdot R_m$	296 MPa
Max toelaatbare wringspanning	$\tau_w M_b$	$= \tau_w' M_b / V_{fb}$	99 MPa
Theoretisch toelaatbare buigspanning	$\sigma_b M$	$= R_m$	510 MPa
Max toelaatbare buigspanning	$\sigma_b M$	$= \sigma_b' / V_{fb}$	170 MPa
Theoretisch toelaatbare afschuifspanning	$\tau_s M$	$= R_m \cdot 0,58$	296 MPa
Max toelaatbare afschuifspanning	$\tau_s M$	$= \tau_s' M / V_{fb}$	99 MPa

Veiligheidsfactor breuk

Vfb

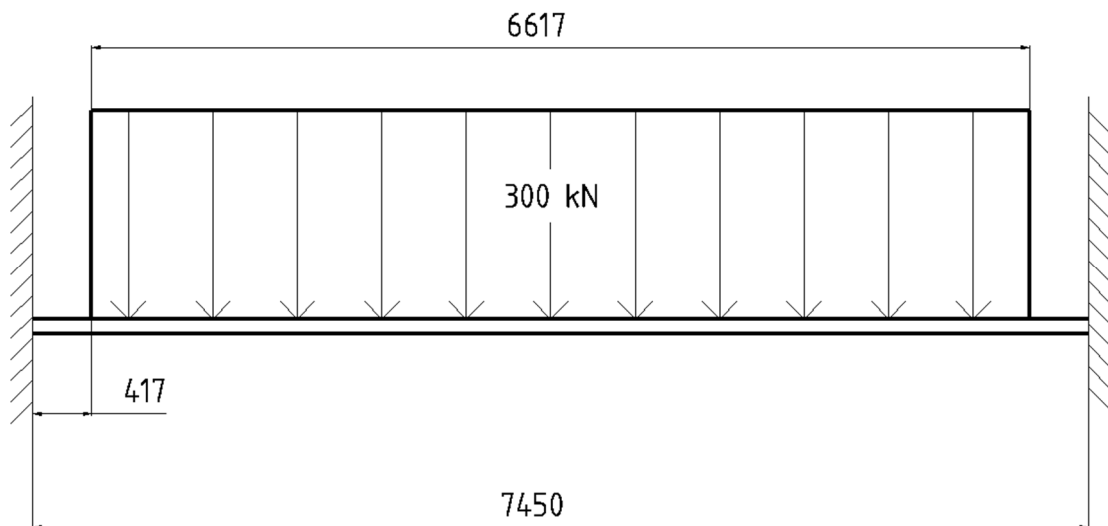
min 3

1.5.3 Indicatieve berekening van de brug

De keuze van de gebruikte profielen waarmee de brug wordt geconstrueerd wordt aanvankelijk bepaald door manuele indicatieve sterkteberekeningen. Vervolgens kan een CAD-model gemaakt worden met de geselecteerde profielen en via een EEM-simulatie het gedrag en de spanningen in de brug worden gecontroleerd.

De gebruikte afmetingen worden bepaald in 1.5.6. Het gewicht van de motorblokken wordt steeds gegeven als F_g . De hoek van de belasting t.o.v. de verticale as wordt steeds gegeven als α .

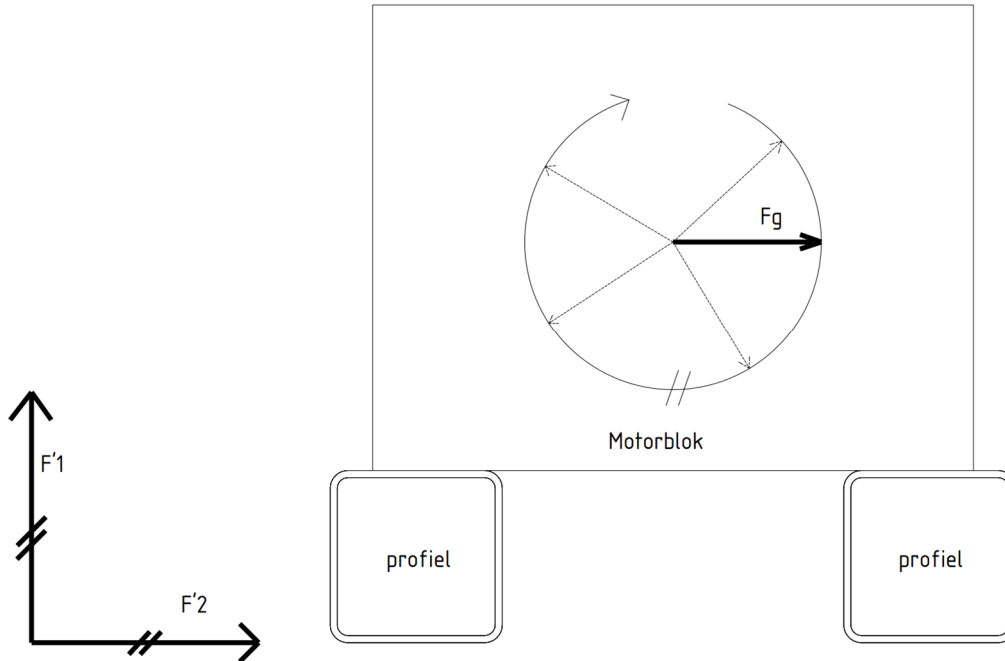
Figuur 70 geeft een vereenvoudigde weergave van de realiteit voor een profiel op 0° weer. De profielen worden aan beide kanten ingeklemd en het motorblok zorgt voor een symmetrische verdeelde belasting. In werkelijkheid verbuigen de zijplaten wel en is een verticale inklemming dus niet helemaal waarheidsgetrouw, maar wel nodig om een model op te bouwen waarmee gerekend kan worden. Opleggingen op de uiteinden laten de profielen toe vrij te vervormen i.f.v. de belasting, dit loopt zeker niet gelijk met de werkelijkheid.



Figuur 70: Vereenvoudigde weergave van een profiel in horizontale stand

Aangezien de brug bestaat uit twee profielen die het motorblok ondersteunen en de brug draait, is het niet eenvoudig om de werkelijkheid te vereenvoudigen tot een model waarmee gerekend kan worden. Daarom worden enkele aannames gesteld alvorens de berekeningen worden uitgevoerd:

1. In de modellen wordt de veranderlijke hoek toegepast op de kracht, niet op de oriëntatie van de profielen. De kracht wordt zo opgedeeld in twee componenten: $F'1$ en $F'2$. Deze opstelling wordt verduidelijkt in Figuur 71. Hier is de brug in werkelijkheid 90° gedraaid.

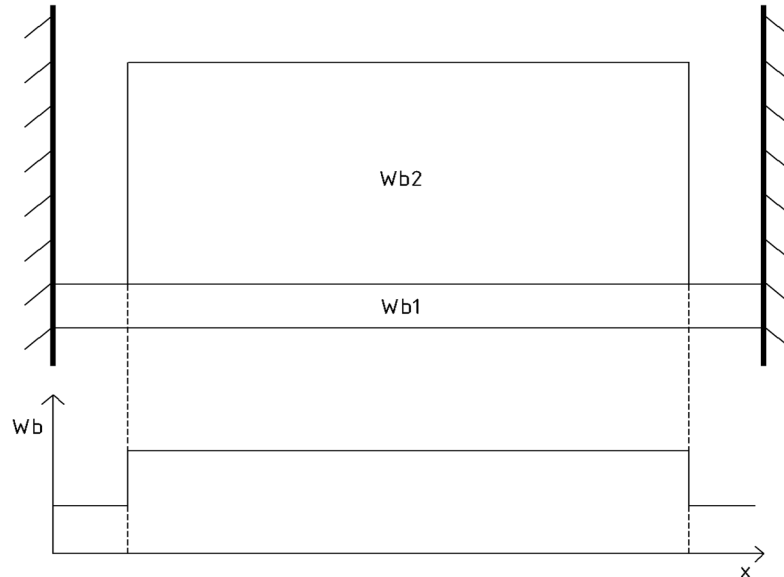


Figuur 71: Definiëring van het gebruikte assenstelsel van de brug

In dit assenstelsel is $F'1$ de kracht loodrecht op de montageoppervlak van de profielen en $F'2$ de kracht evenwijdig met het dragend oppervlak.

2. Het blok kan worden gezien als oneindig stijf of oneindig slap.

Wanneer het blok vast is gebout aan de profielen, kan het worden gezien als een lichaam met veranderlijke weerstand tegen buiging aangezien het blok zelf ook een bepaalde weerstand tegen buiging bezit. Dit principe wordt weergegeven in Figuur 72.



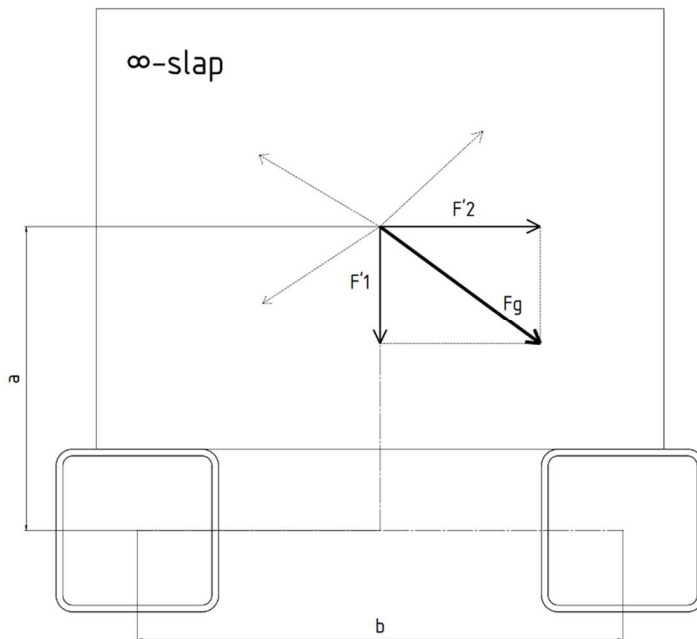
Figuur 72: Resulterende weerstand tegen buiging

De weerstand tegen buiging van het blok zorgt in feite voor een verminderde buigspanning in de profielen. Dit mag echter niet opgenomen worden in de berekeningen, aangezien de brug ook het blok moet kunnen dragen als het niet is vast gebout.

Indien het blok oneindig slap is, veroorzaakt het een wringingspanning in de profielen. De resulterende wringingspanning wordt hier veroorzaakt door de som van de wringing in de twee richtingen. Op beide profielen wordt een wringend moment door beide componenten en hun resp. afstand tot het zwaartepunt van het motorblok veroorzaakt. De wringingspanning wordt gegeven door formule (1). Dit model wordt weergegeven in Figuur 73.

$$\tau_w = \frac{F'1 * \frac{b}{2} + F'2 * \frac{a}{2}}{2t(b-t)^2} \quad (1)$$

Hierbij zijn t en d respectievelijk de dikte en de breedte van het profiel.



Figuur 73: Model met oneindig slappe motorblok

In dit model worden de krachtcomponenten berekend volgens formule (2) en (3).

$$F'1 = \frac{F_g}{2} * \cos(\alpha) \quad (2)$$

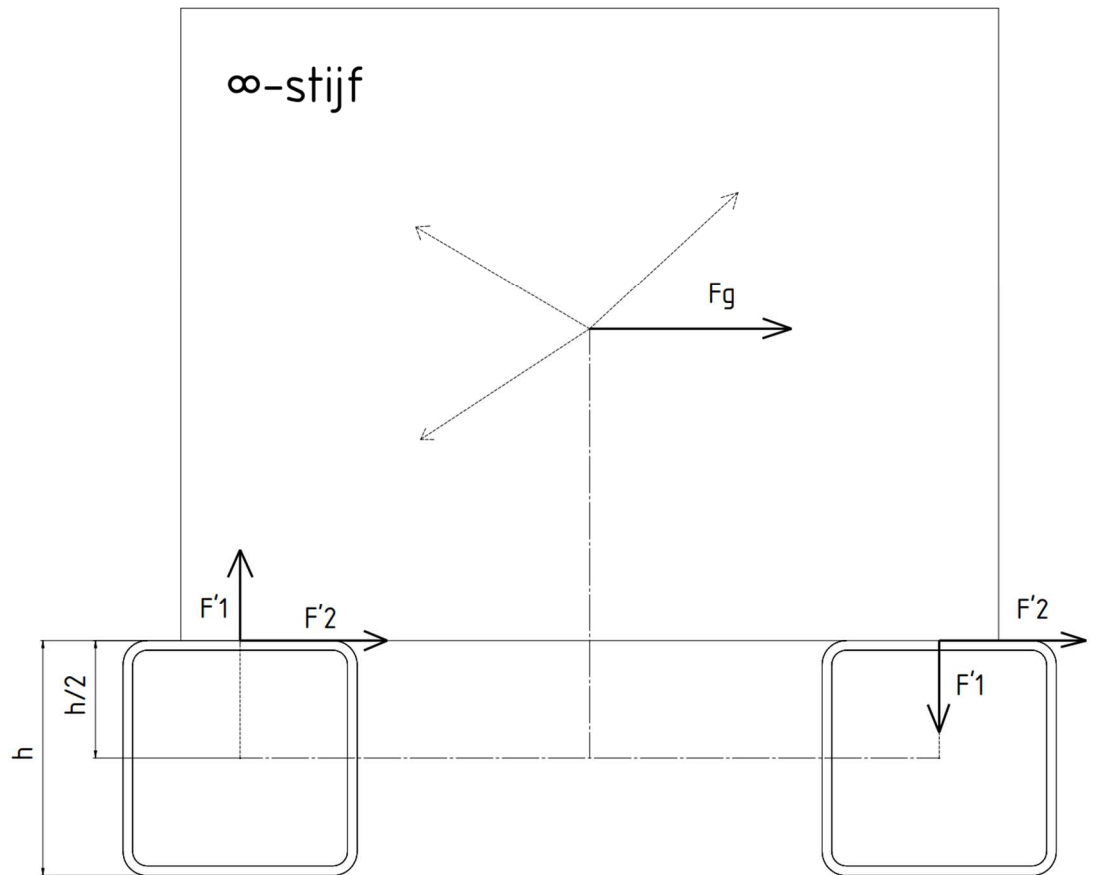
$$F'2 = \frac{F_g}{2} * \sin(\alpha) \quad (3)$$

Hierbij zorgt enkel component F'1 voor buigspanning in de profielen.

Indien het blok wordt gezien als oneindig stijf, ontstaat een buigspanning in twee richtingen op beide profielen door de krachtcomponenten. Door component F'2 ontstaat ook een wringmoment in de profielen, aangezien deze kracht evenwijdig met het oppervlak werkt. De grootte van dat wringmoment wordt gegeven in formule (4). Hierbij is h de hoogte van het gebruikte profiel.

$$M_w = F * x = F'2 * \frac{h}{2} \quad (4)$$

Bij deze aanname grijpen de krachtcomponenten aan het oppervlak van de profielen. Wanneer het blok gekanteld is tot 90°, oefent het ook krachten loodrecht op de profielen uit, ondanks dat de zwaartekracht hier geen F'1 component veroorzaakt. Omdat het zwaartepunt van het motorblok zich boven het montageoppervlak bevindt, oefent het motorblok een moment uit op de profielen. Het bovenste profiel een kracht weg van het oppervlak, het onderste profiel ondervindt een omgekeerde kracht. Zo ontstaat dus een buigspanning in de profielen. Dit model wordt weergegeven in Figuur 74.



Figuur 74: Model met oneindig stijve motorblok

Hierbij wordt $F'1$ gegeven in formule (5)

$$F'1 = \frac{F_g}{2} * \cos(\alpha) + \frac{F_g * a}{2b} * \sin(\alpha) \quad (5)$$

Hierin is de eerste term de pure verticale component op de profielen en de tweede term de kracht die ontstaat door de torsie van het motorblok.

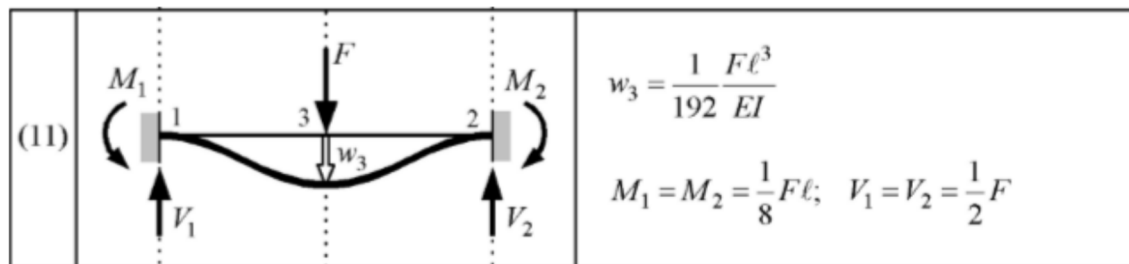
De component $F'2$ wordt gegeven in formule (6).

$$F'2 = \frac{F_g}{2} * \sin(\alpha) \quad (6)$$

De sterkteberekeningen gaan verder met de aanname dat het blok oneindig stijf is. Dit leunt het dichtst tegen de werkelijkheid. Bij een oneindig slap blok zijn de wringingsspanningen groter en de buigspanningen kleiner. Bij een oneindig stijf blok is het omgekeerd.

- De belasting kan worden gezien als verdeelde of als een puntbelasting. Er wordt gerekend met een puntbelasting, zo worden conservatieve waarden bekomen in een poging om extra veiligheidsmarge in de berekeningen te integreren. Bij normaal gebruik is de belasting bijna perfect uniform verdeeld. Indien echter een onverwachte last of een motorblok dwars op de brug wordt geplaatst, moeten de voorgeschreven veiligheidsfactoren nog steeds gelden. De verschillende motorblokken hebben ook een andere lengte waarover de last kan verdeeld worden, door met een puntbelasting te rekenen moet dit niet verwerkt worden.

Op basis van de drie besproken aannames worden de berekeningen gebaseerd op het model en de formules in Figuur 75 [68].



Figuur 75: 'Vergeet mij nietje nr 11' voor praktische sterkteberekeningen [68]

Volgens dit model is het buigend moment maximaal aan de inklemming. De sterkteberekeningen worden dan ook uitgevoerd aan de uiteinden.

De profielen worden onderworpen aan buiging in twee richtingen, afschuiving en wringing. Deze spanningen worden elk berekend en geplot van 0° tot 180°. De resultaten hiervan zijn symmetrisch met 180° tot 360° en gelijk in absolute waarde wanneer de brug in de tegenovergestelde richting draait.

De buigspanning wordt berekend volgens formule (7) waarbij het buigmoment wordt bepaald zoals op Figuur 75. De wringspanning wordt berekend volgens formule (8).

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F' \cdot l}{\frac{8}{W_b}} \quad [11] \quad (7)$$

$$\tau_w = \frac{F' 2 \cdot \frac{b}{2}}{2t(b-t)^2} \quad (8)$$

De afschuifspanning wordt berekend volgens formule (9). Dit geeft de vectoriële som van componenten F'1 en F'2 als afschuivende kracht.

$$\tau_s = \frac{\sqrt{F'1^2 + F'2^2}}{A} \quad (9)$$

De weerstand tegen buigen en oppervlakte van verschillende mogelijke vierkante kokerprofielen wordt gegeven in Tabel 14 [67].

Tabel 14: Breedte, dikte, oppervlakte en weerstand tegen buiging van vierkante kokerprofielen [67]

H=B [mm]	d [mm]	Wb [cm3]	A [cm2]
400	12,5	2392	192
400	16	2967	243
400	20	3577	300
350	16	2225	211
300	16	1590	179

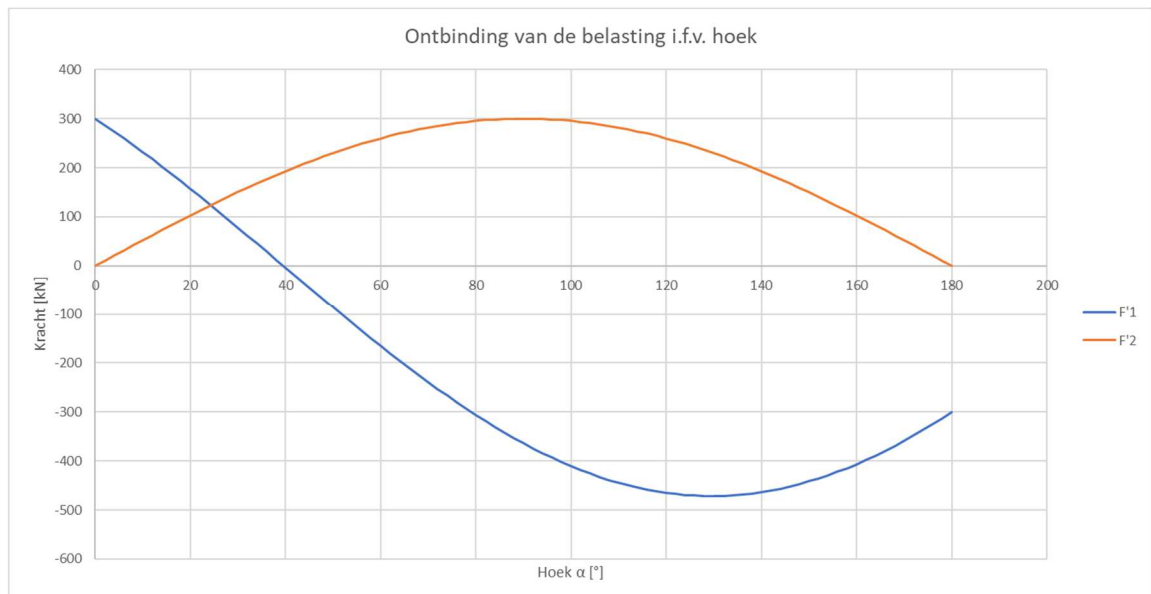
Aangezien meerdere spanningen aanwezig zijn in de profielen op elk moment, dient gecontroleerd te worden of de spanningen samen niet de toelaatbare waarde overschrijden. Dit wordt gecontroleerd a.d.h.v. het Von Mises-criterium. Dit geeft een mathematische manier om de spanningen te combineren in drie dimensies tot een equivalente trekspanning. Als deze trekspanning de toelaatbare trekspanning niet overschrijdt voldoen de profielen aan het criterium. Het criterium wordt gegeven in Figuur 76.

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2] + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

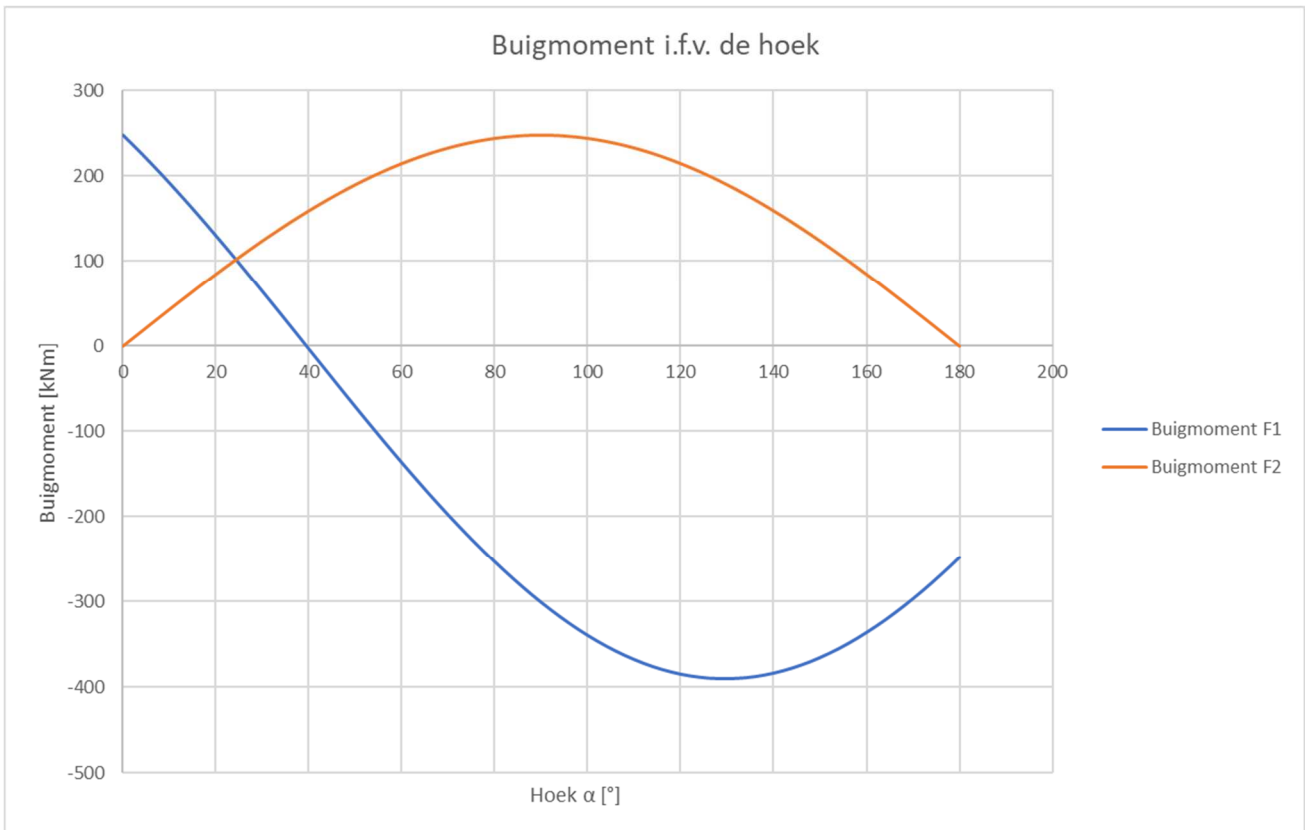
Figuur 76: Von Mises-criterium in drie dimensies

Uit de berekeningen blijkt dat enkel profielen met breedte 400 mm en dikte 20 mm geschikt zijn voor deze toepassing wanneer de toelaatbare spanningen van kwaliteit S355 worden gebruikt.

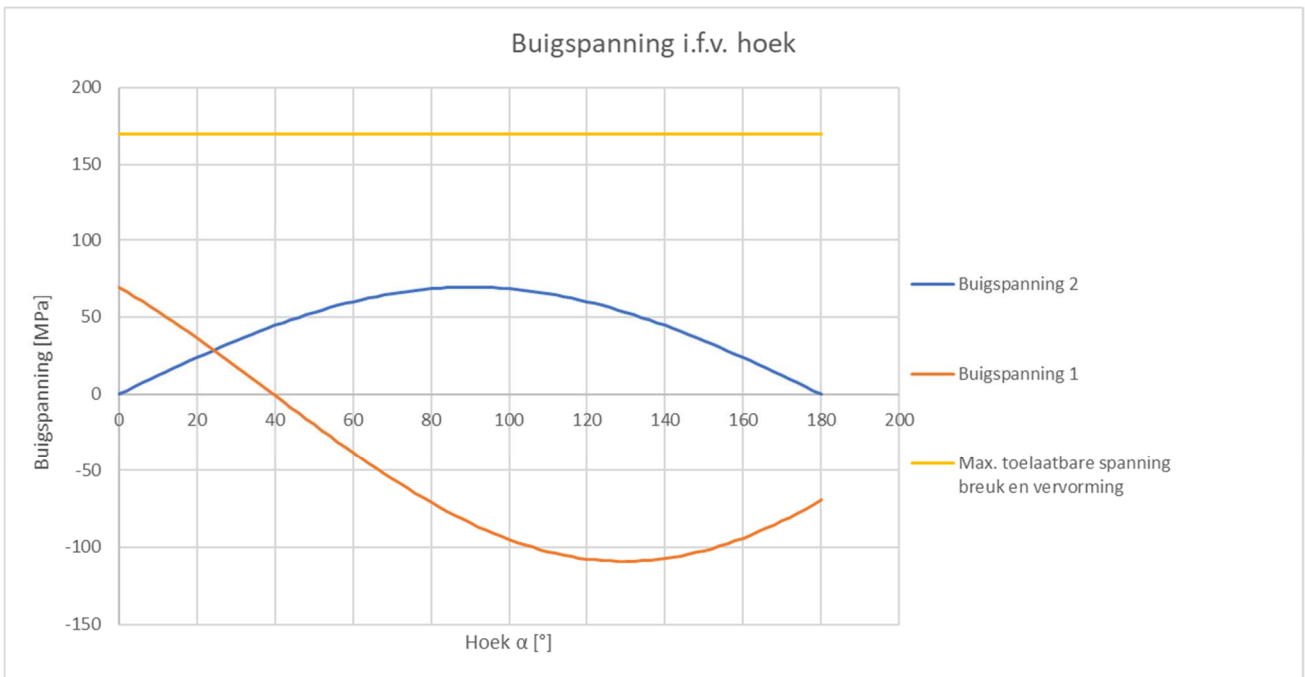
De grootte van de componenten F'1 en F'2 en de resulterende spanningen worden grafisch weergegeven in Figuur 77, Figuur 78 Figuur 79, Figuur 80, Figuur 81 en Figuur 82.



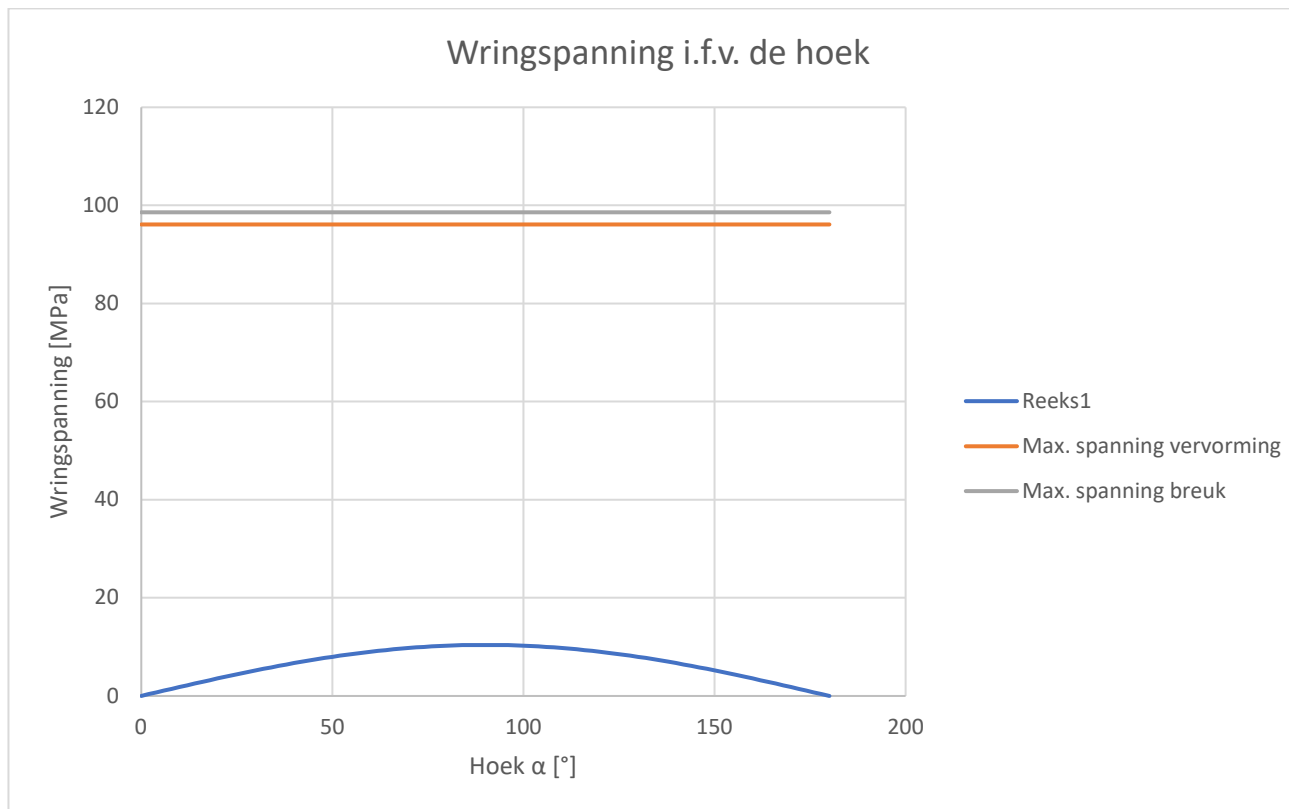
Figuur 77: Grafische weergave van de ontbinding van de belasting in functie van de hoek



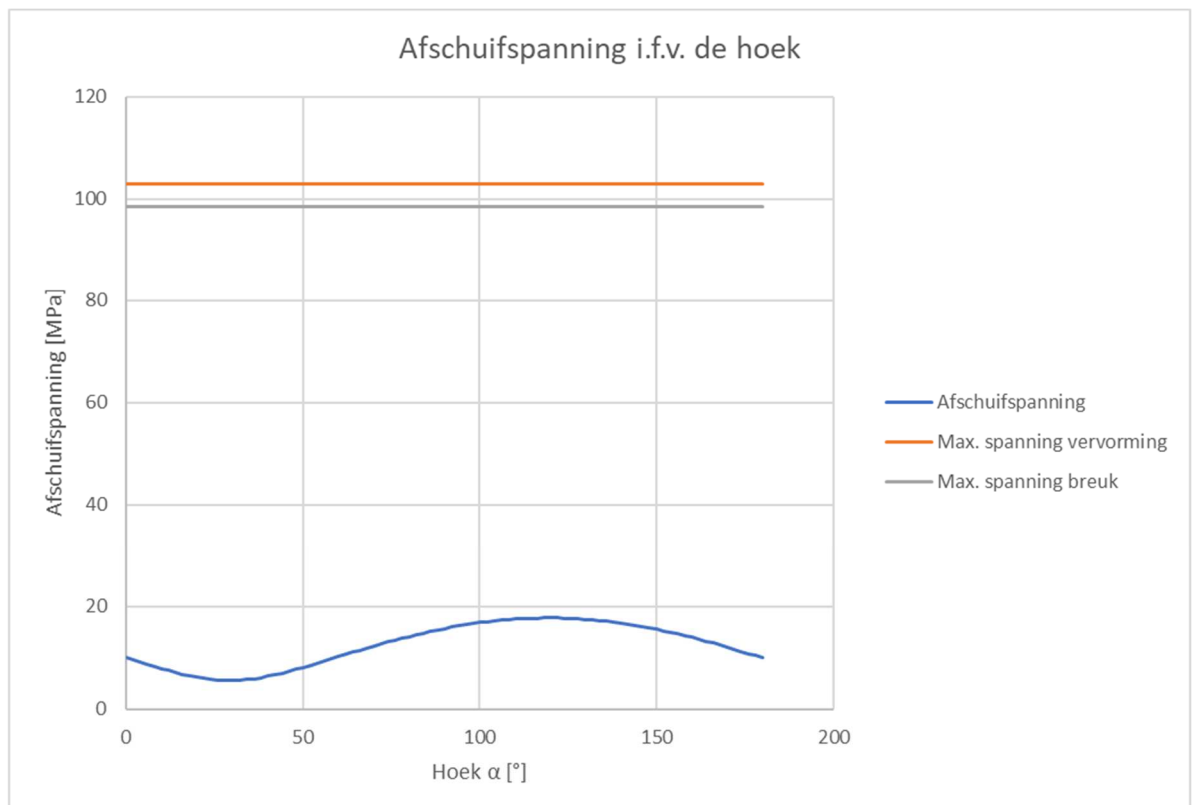
Figuur 78: Grafische weergave van het buigmoment i.f.v. de hoek



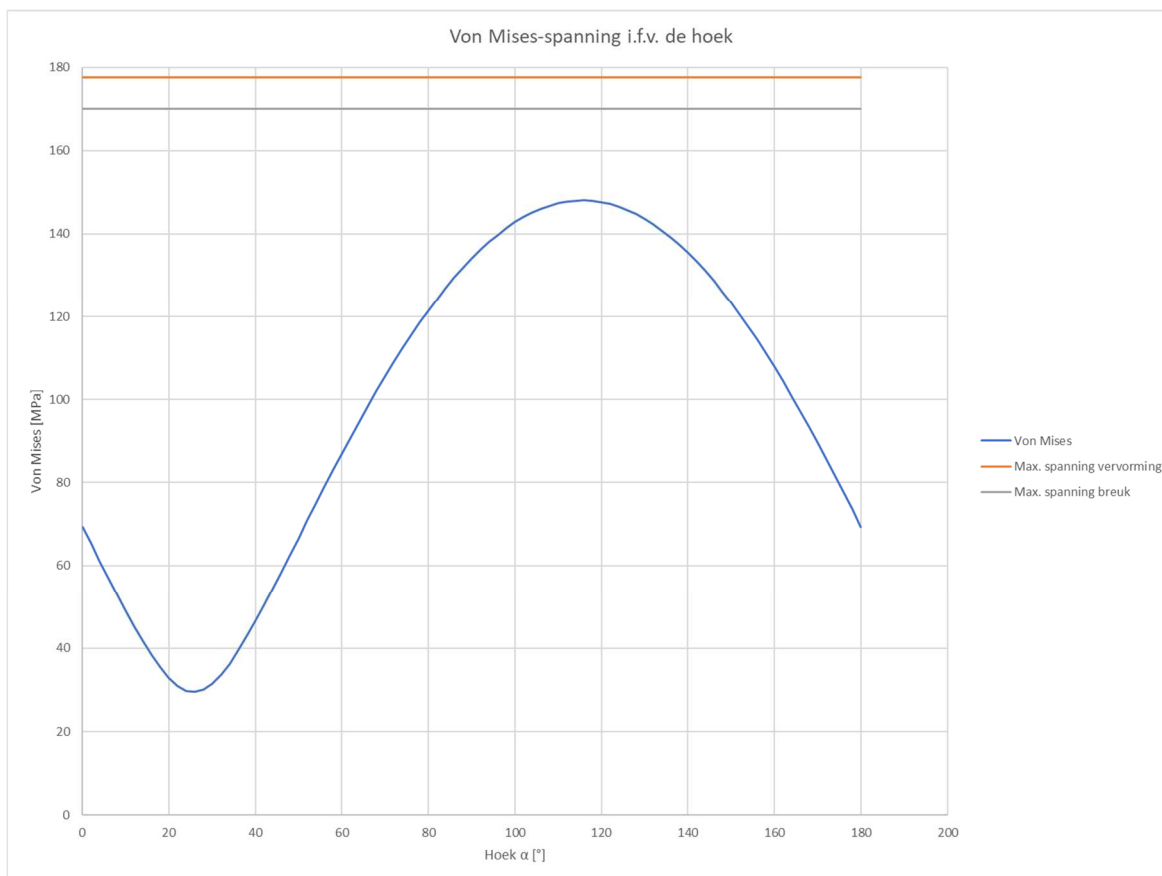
Figuur 79: Grafische weergave van de buigspanningen in functie van de hoek



Figuur 80: Grafische weergave van de wrigspanning in functie van de hoek



Figuur 81: Grafische weergave van de afschuifspanning in functie van de hoek



Figuur 82: Grafische weergave van de Von Mises-spanning in functie van de hoek

Bij deze grafieken worden steeds de toelaatbare spanningen weergegeven volgens de norm. In theorie kunnen veiligheidsfactoren 2,3 op vervorming en 3,45 op breuk worden toegepast. Met bijkomende verstevigingen en buizen in de profielen zijn deze waarden nog hoger. Maar aangezien dit nog steeds een model is, lasfouten aanwezig kunnen zijn en de profielen dikte verliezen door de vlakbewerking, wordt geacht dat de verplichte veiligheidsfactoren gehaald zijn zonder extra marge. Bij normaal gebruik wordt de capaciteit 60 ton echter niet gebruikt, in dat geval zijn veiligheidsfactoren van 3;42 op vervorming en 4,91 op breuk van toepassing.

Het is duidelijk dat de Von Mises-spanning de beperkende factor is.

Samengevat wordt gewerkt met een model waarbij het blok oneindig stijf is, de weerstand tegen buiging van het blok niet helpt en de belasting roteert met de hoek van de brug. De belasting wordt ook gereduceerd tot een puntbelasting en de zijplaten worden gezien als vaste inklemmingen. De extra verstevigingen van de brug worden ook niet meegerekend. Er ontstaan op de kokers twee krachtencomponenten die afhankelijk van de hoek verschillende spanningen veroorzaken in de profielen. De hoogste samengestelde spanning (Von Mises) komt voor aan de verbinding tussen de koker en de zijplaten en is de beperkende factor in het model. Deze spanning bedraagt 148 MPa bij kokers met afmetingen 400 mm * 400 mm * 20 mm, waardoor de veiligheidsfactoren gerespecteerd worden en de Von Mises-spanning maximale buigspanning van 170 MPa niet wordt overschreden. Er kan ook met kokers met een dunnere wandikte van 16 mm gewerkt worden in theorie, maar om veiligheidsredenen worden toch dickere kokers gebruikt.

1.5.4 EEM-simulatie van de brug

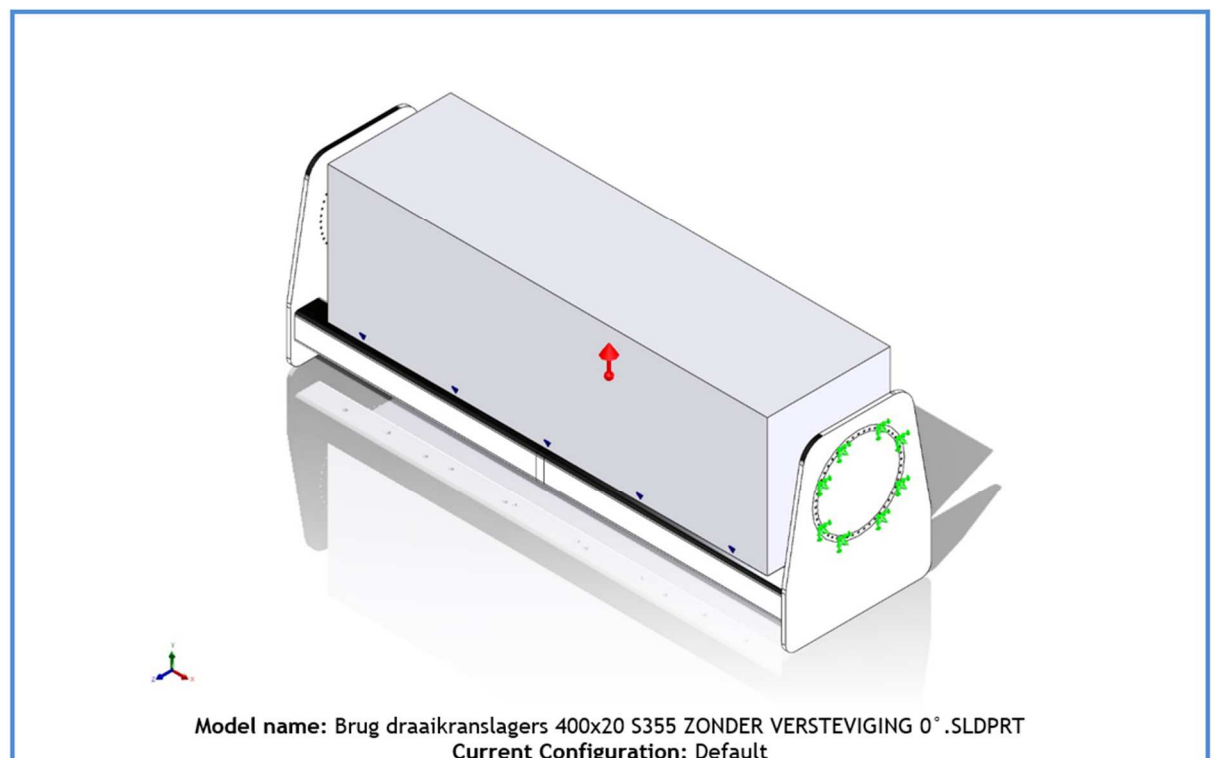
In 1.5.3 wordt manueel berekend welke kokerprofielen voldoen aan de gestelde veiligheidsvoorschriften. Die worden vervolgens onderworpen aan een EEM-simulatie. De resultaten van beide berekeningsmethoden kunnen worden vergeleken en geven samen een beeld van de werkelijkheid.

De centrale brug wordt in SolidWorks gemodelleerd zonder verstevigingen. Zo blijven de resultaten vergelijkbaar. De simulatie wordt uitgevoerd op 0°, 90°, 120° en 180°. Vervolgens wordt de hoek met de grootste Von Mises-spanning iteratief gezocht.

Zoals de manuele berekeningen moet de simulatie de werkelijkheid zo correct mogelijk benaderen. Daarom worden op het model montagegaten voor een draaikrans voorzien en wordt het model ondersteund door een fixed geometry dat aangrijpt op de binnenring van de draaikrans [1]. In 1.4.2 wordt de keuze van de gebruikte draaikrans verduidelijkt. De belasting op de centrale brug wordt nagebootst door een symbolische balk met dezelfde massa en hoogte van het zwaartepunt als bij de manuele berekeningen in 1.5.3. De belasting is nu de zwaartekracht op het model, waardoor ook het gewicht van de brug en de correcte wringing door het motorblok worden gesimuleerd in het model.

Figuur 83 geeft een samenvatting van de opstelling weer.

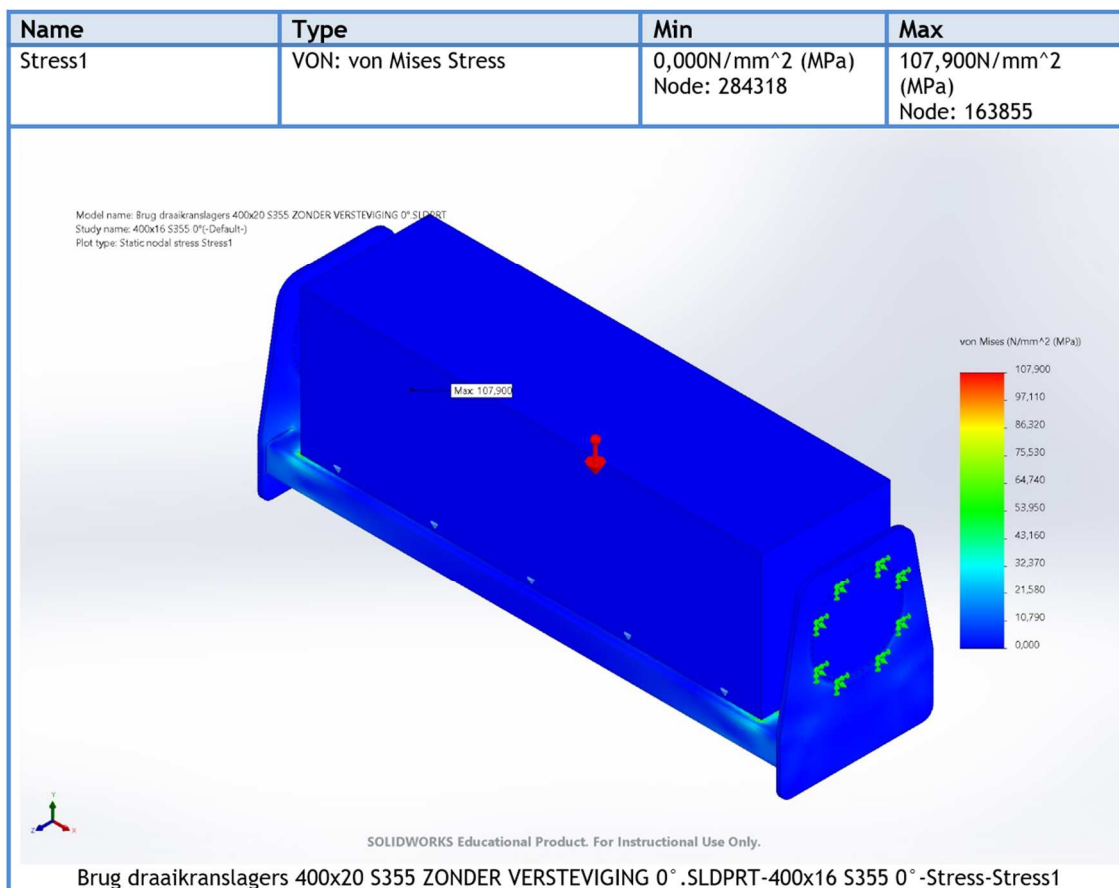
Model Information



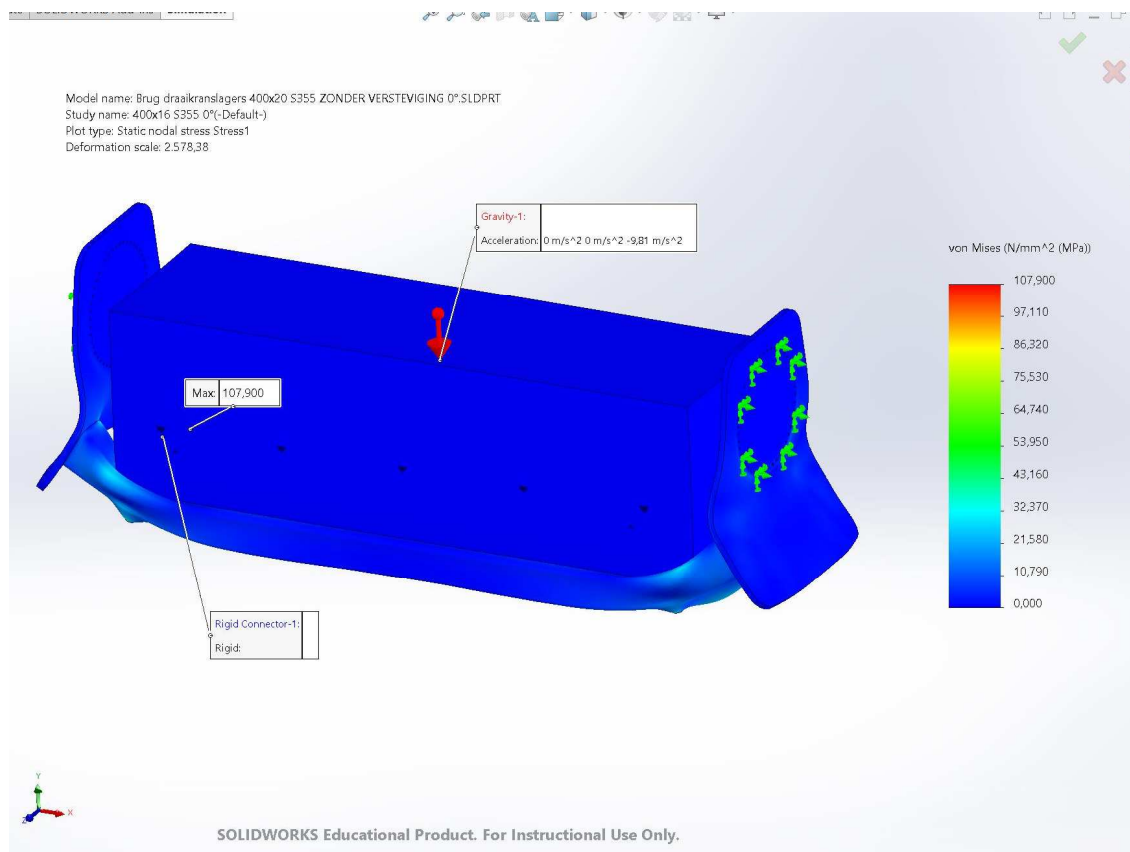
Figuur 83: Opstelling van de EEM-simulatie

Figuur 84, Figuur 85, Figuur 86 en Figuur 87 geven het resultaat van de simulatie bij 0° weer. De maximale spanning wordt gevonden in de binnenste hoekpunten van het contactoppervlak tussen de brug en het symbolische blok. De simulaties op andere hoeken geven een analoog beeld.

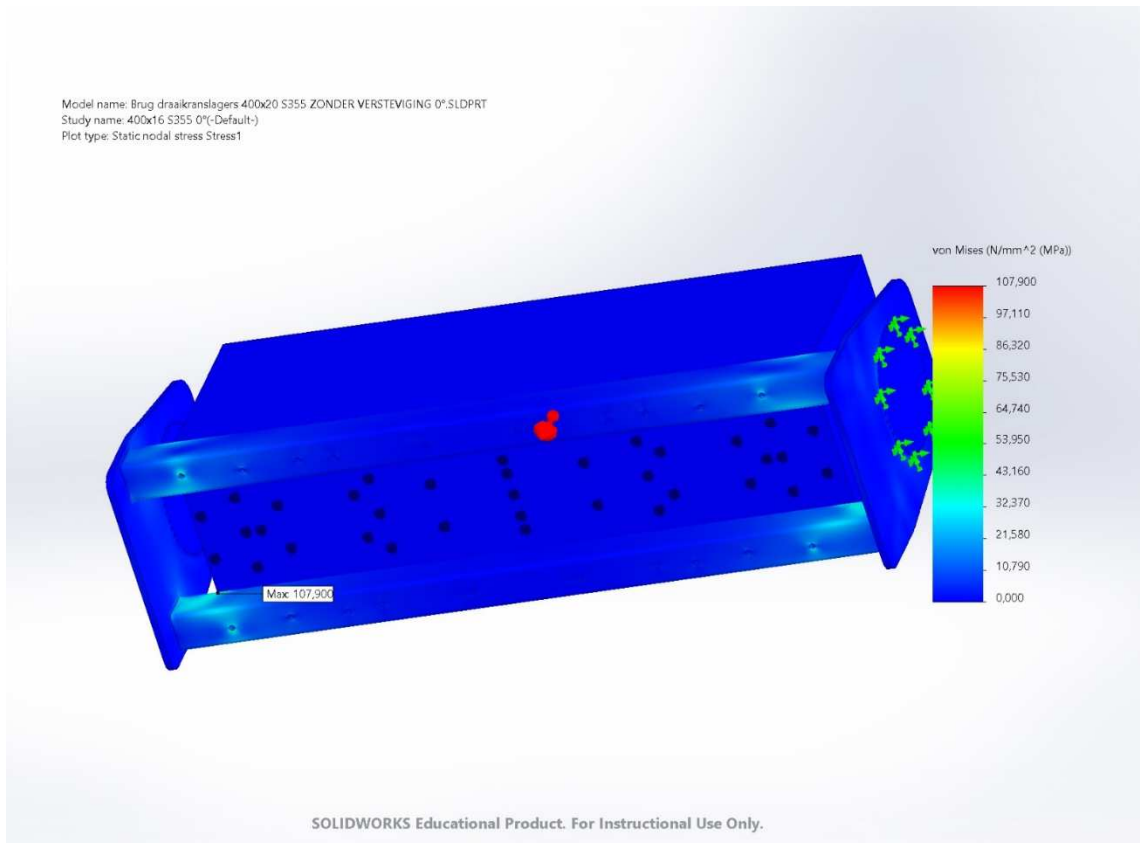
Study Results



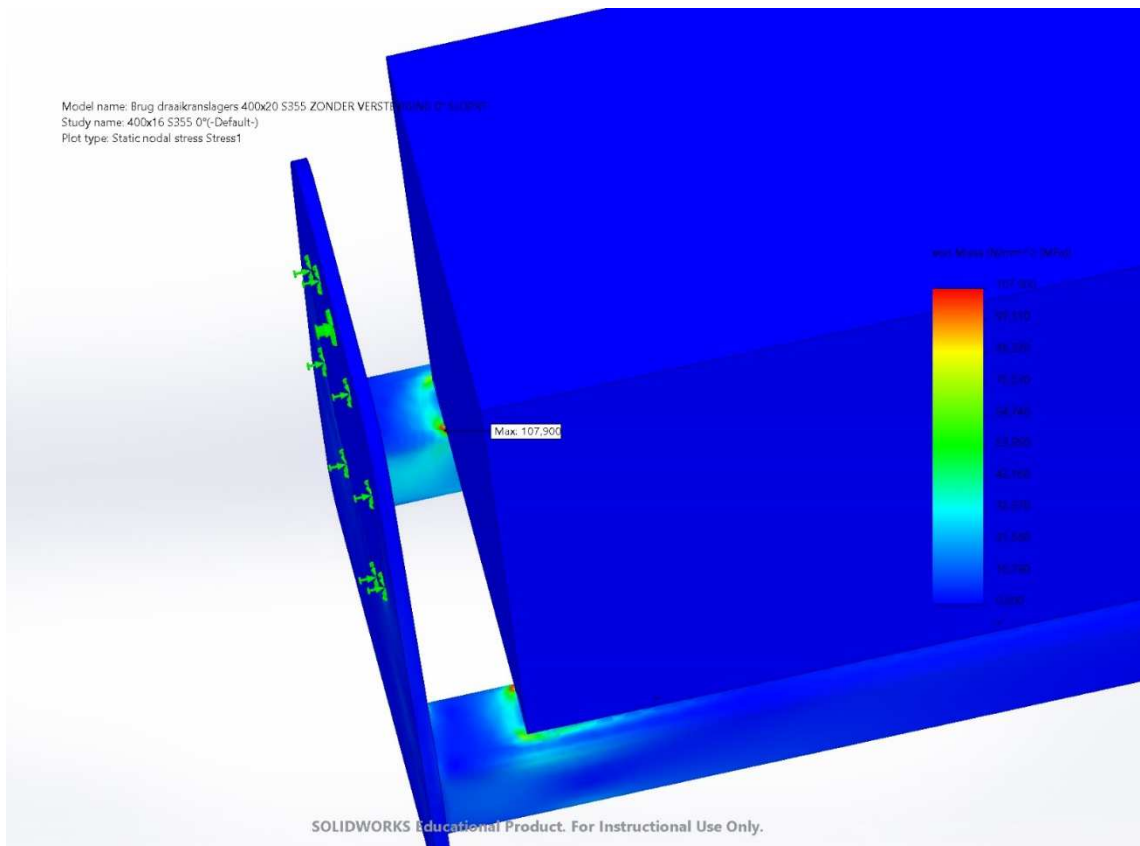
Figuur 84: Resultaat van de EEM-simulatie bij 0° zonder displacement



Figuur 85: Resultaat van de EEM-simulatie bij 0° met displacement

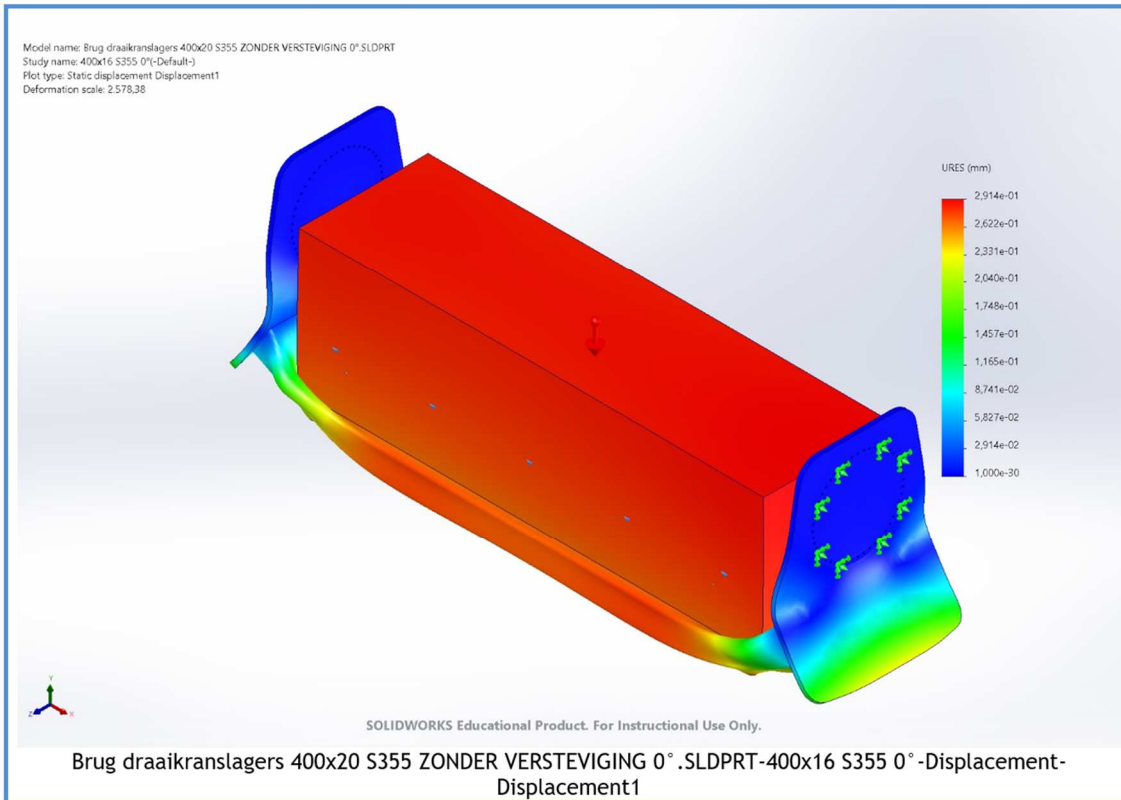


Figuur 86: Spanning aan de onderzijde van de brug van de EEM-simulatie bij 0°



Figuur 87: Maximale gevonden spanning van de EEM-simulatie bij 0° zonder displacement

Figuur 88 geeft de vervorming van de brug weer bij 0°.



Figuur 88: Vervorming van de EEM-simulatie bij 0° met displacement

De hoek met maximale spanning wordt iteratief bepaald, de bijhorende resultaten worden in Tabel 15 gegeven. De hoek van 120° komt overeen met wat grafisch in 1.5.3 wordt gevonden.

Tabel 15: Iteratieve bepaling van de hoek met max Von Mises-spanning in de EEM-simulatie

Hoek [°]	112	114	116	118	120	122	124	126	130
Von Mises-spanning [Mpa]	187,9	188,7	189,3	189,7	189,9	189,6	189,6	189,1	187,5

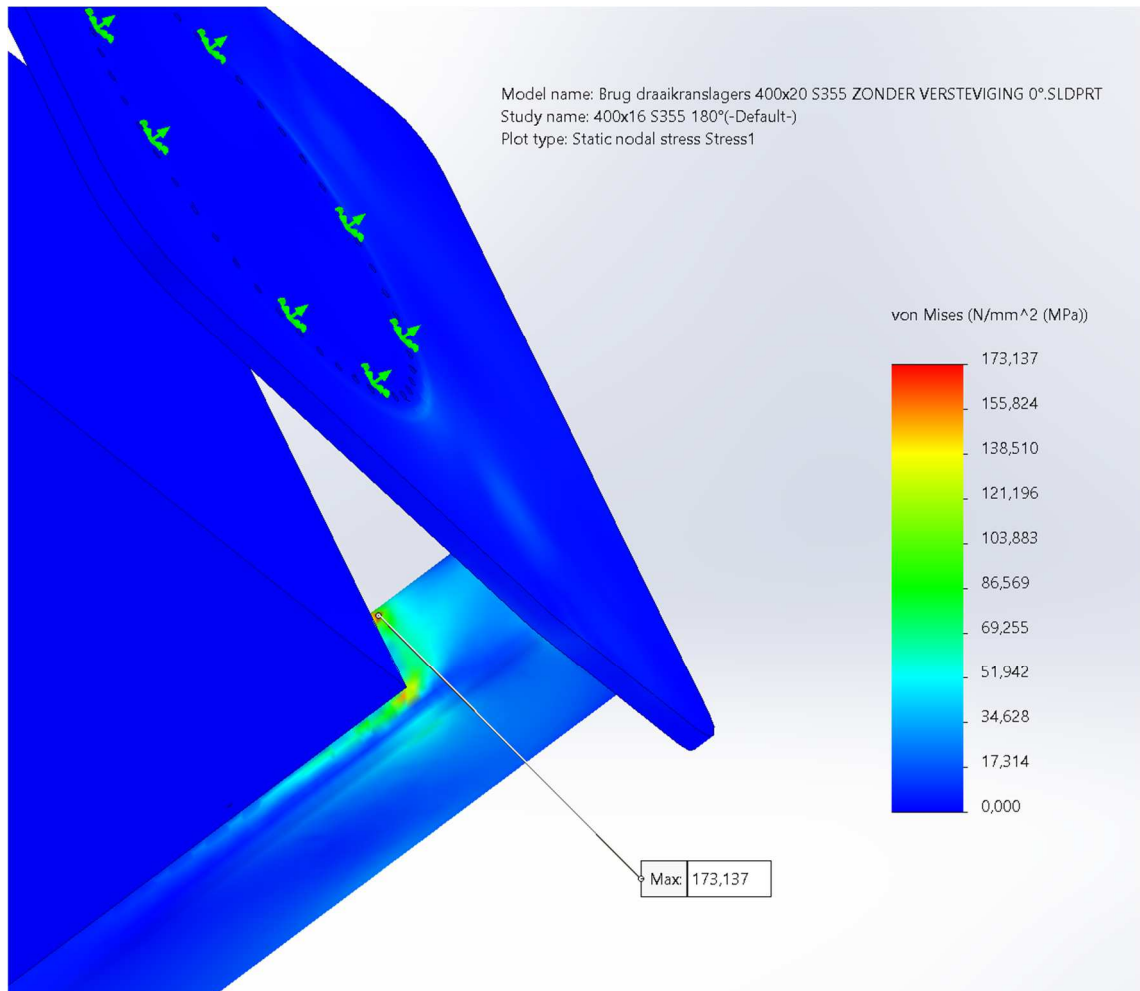
In worden de gevonden resultaten van de simulaties samengevat.

Hoek [°]	max Von Mises-spanning [MPa]	max vervorming [mm]
0	107,9	0,291
90	170,2	1,298
120	189,9	1,178
180	107,9	2,914

De gevonden spanning op 120° wijkt 41,9 MPa af van de manueel berekende spanning. Die is ook 19,9 MPa groter dan de toegestane 170 MPa voor kwaliteit S355. Met deze spanning wordt een veiligheidsfactor van 2,68 gevonden op breuk.

Er moet in acht genomen worden dat deze waarde geconcentreerd voorkomt. In de rest van de brug worden lagere spanningen rond 32 MPa gevonden. Aangezien de resultaten van de simulatie geen absolute waarheid zijn en het symbolisch blok een afwijkend gedrag kan vertonen van het werkelijke motorblok, worden deze vierkante kokerprofielen van 400 mm * 400 mm * 20 mm toch gebruikt. De simulatie bevat tevens geen verstevigingen. Verder wordt in de simulatie ook de weerstand tegen buiging van het blok meegerekend, wat met opzet niet het geval is bij de manuele berekeningen. De concentratie is dus waarschijnlijk te wijten aan de sprong in weerstand tegen buiging en in belasting.

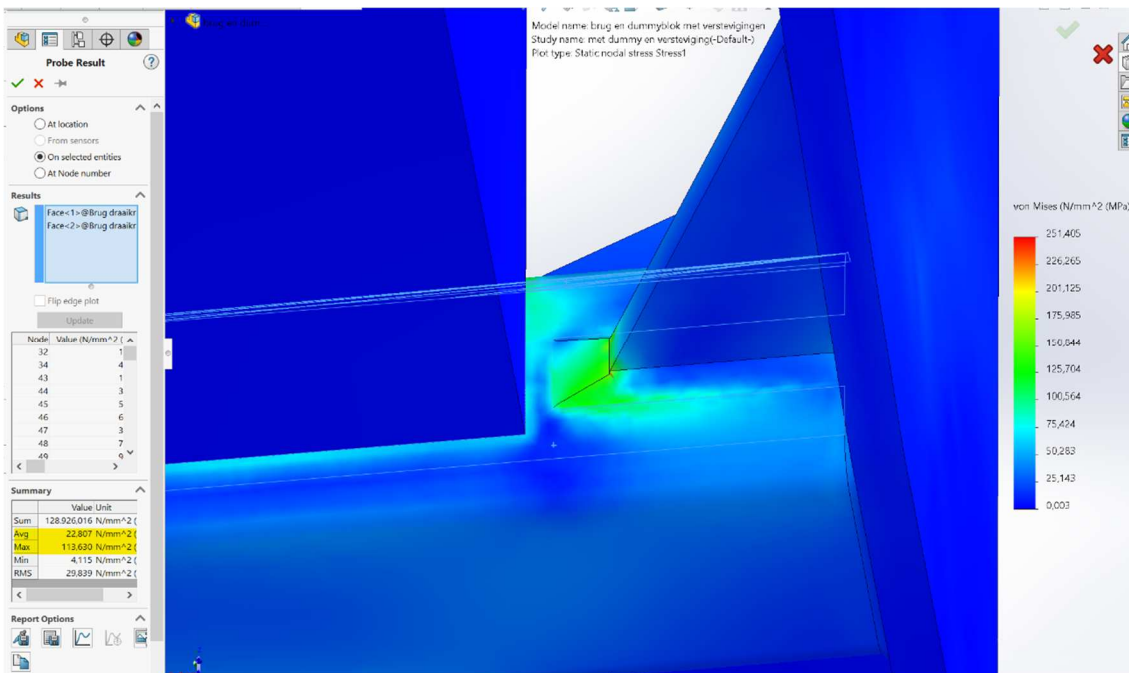
Om de resultaten van de simulatie te controleren, wordt een mesh control toegepast op het montageoppervlak van de brug [69]. De bekomen resultaten worden weergegeven in Figuur 89.



Figuur 89: Resultaten van de EEM-Simulatie van de brug met mesh control

De spanningsconcentratie blijft aanwezig, maar is verlaagd tot 173,14 MPa. Dit ligt nog net buiten de toelaatbare waarden.

Wanneer de simulatie wordt herhaald met de verstevingen erbij, wordt een resultaat bekomen zoals weergegeven in Figuur 90. De maximale spanningen zitten in de hoekpunten van de lasnaden van de versteving, maar dit zijn louter softwarematige fouten te wijten aan de scherpe overgang van de gemodelleerde las. Om de spanning in de balk te achterhalen wordt lokaal de spanning geplot met een probe [3].



Figuur 90: Resultaten van de EEM-Simulatie van de brug met verstevigingen

De maximale spanning in de balk in positie 120° is dan 113,6 MPa. Gezien de aannames bij de manuele berekeningen en de afwezigheid van de verstevigingen kan wel gesteld worden dat de resultaten van beide methoden genoeg overeenkomen om een realistisch beeld te geven en dat nergens op een fundamenteel incorrecte manier wordt gerekend waardoor sterk afwijkende resultaten kunnen bekomen worden.

Wanneer de simulatie op analoge wijze wordt herhaald met een wanddikte van 16 mm wordt een maximale spanning van 157,7 MPa gevonden.

De kostprijs van de profielen kan worden berekend door hun gewicht per 7,45 m te vermenigvuldigen met de prijs per kilo. De prijs wordt genomen op 4,9 €/kg, dit is de gemiddelde prijs in 2022 [70]. Het gewicht per meter van profielen met wanddikte 16 mm en 20 mm is resp. 191 kg/m en 235 kg/m [67]. Dit geeft resp. € 13 944,91 en € 17 157,35. In overleg met de opdrachtgever wordt gekozen voor profielen met een dikte van 20 mm. Gezien de aanwezige risico's en de aard van de machine wordt gekozen voor stijvere en dus veiligere profielen. Bijkomend wordt een platte strip op het montageoppervlak gelast die het profiel verder versterkt, de functie hiervan wordt besproken in 1.4.11.

Er is geen opgelegde maximaal toelaatbare flexibele vervorming, de gevonden waarden zijn gezien de grootte van de constructie relatief klein en veroorzaken geen functionele problemen.

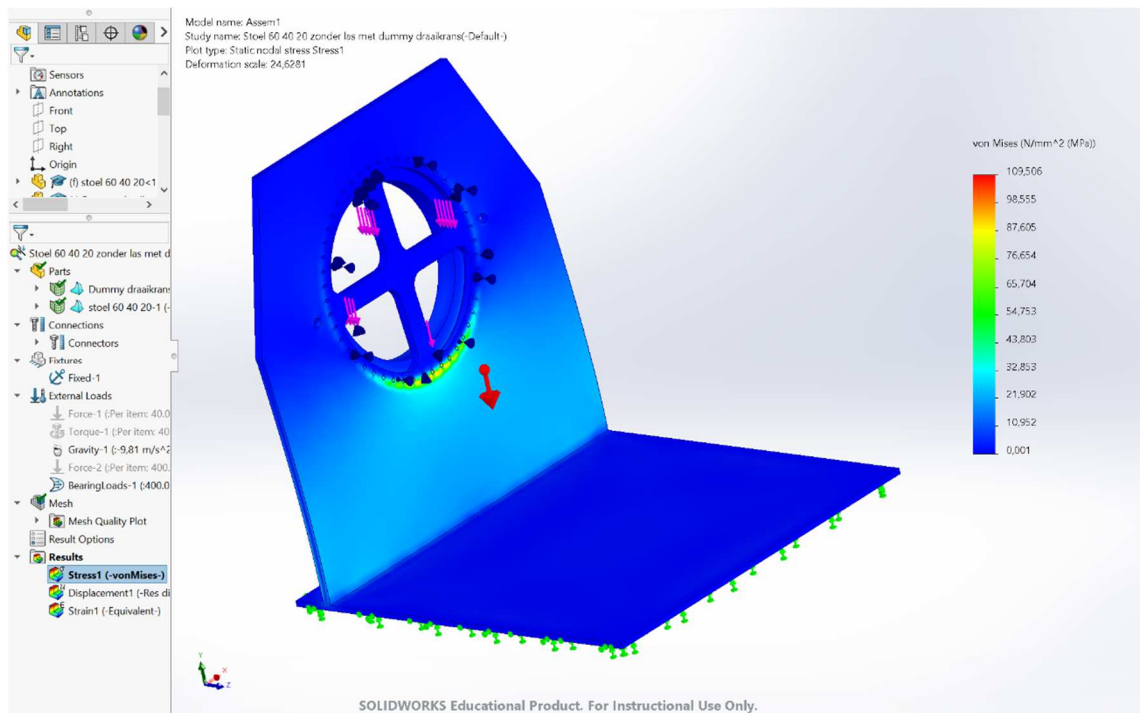
Samengevat blijkt dat de simulatie en de theoretische berekeningen numerieke afwijkingen geven maar een gelijkaardig gedrag vertonen. Beide geven een maximale spanning op 120°. De gevonden maximale spanning is 173,14 MPa zonder en 113,6 MPa met verstevigingen.

1.5.5 EEM-simulatie van de stoel

Om de plaatdikte en de structuur van de stoel te bepalen, wordt beroep gedaan op indicatieve EEM-simulaties om de aanwezige spanningen te controleren. Bij deze simulaties wordt een vals draaikranslager op de voorplaat gemodelleerd om de realiteit beter te benaderen en het resulterend kantelmoment te kunnen integreren. Gezien de complexere geometrie van de stoelen is het moeilijk om de spanningen in de platen te berekenen.

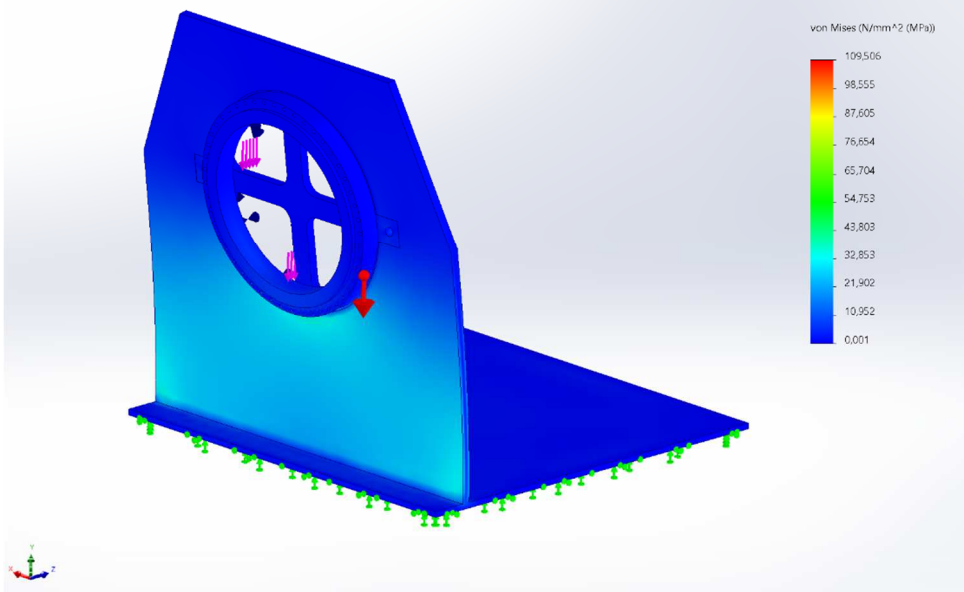
Bij de simulaties moet de gevonden maximale Von Mises-spanning steeds onder de toegelaten buigspanning van 170 MPa liggen (1.5.2).

Een eerste simulatie gebeurt door de belasting enkel op de voorplaat te laten inwerken. Hierbij wordt een kracht van 350 kN i.p.v. 300 kN op de lagerzitting geplaatst. Zo wordt een marge meegerekend in het geval dat de last niet symmetrisch op de brug wordt geplaatst. Het model bestaat enkel uit de voor- en onderplaat. Het model wordt ondersteund over de hele onderplaat. De resultaten worden weergegeven in Figuur 91 en Figuur 92.



Figuur 91: EEM-simulatie van de voorplaat van de stoel achteraanzicht

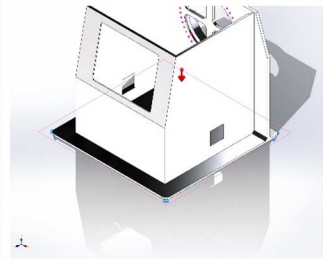
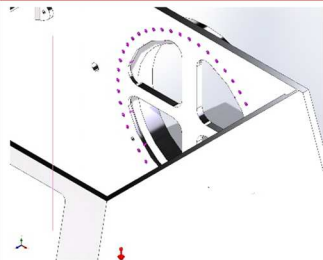
Model name: Assem1
Study name: Steel 60 40 20 zonder las met dummy draaikrans(-Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 24,6281



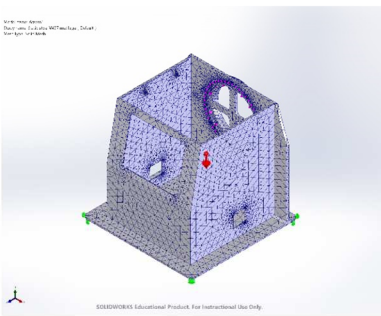
Figuur 92: EEM-simulatie van de voorplaat van de stoel vooraanzicht

Er wordt een maximale spanning van 109,5 MPa gevonden, dit ligt zeker binnen de maximaal toegelaten waarde. De simulatie wordt wel enkel op een pure radiale kracht berekend, er wordt geen moment meegerekend. De simulatie houdt tevens geen rekening met knik, ondersteuning is zeker nodig om knik te vermijden. Er kan alleszins wel al gesteld worden dat de plaatdikte en geometrie van de zitting van het draaikranslager voldoende sterk gedimensioneerd zijn.

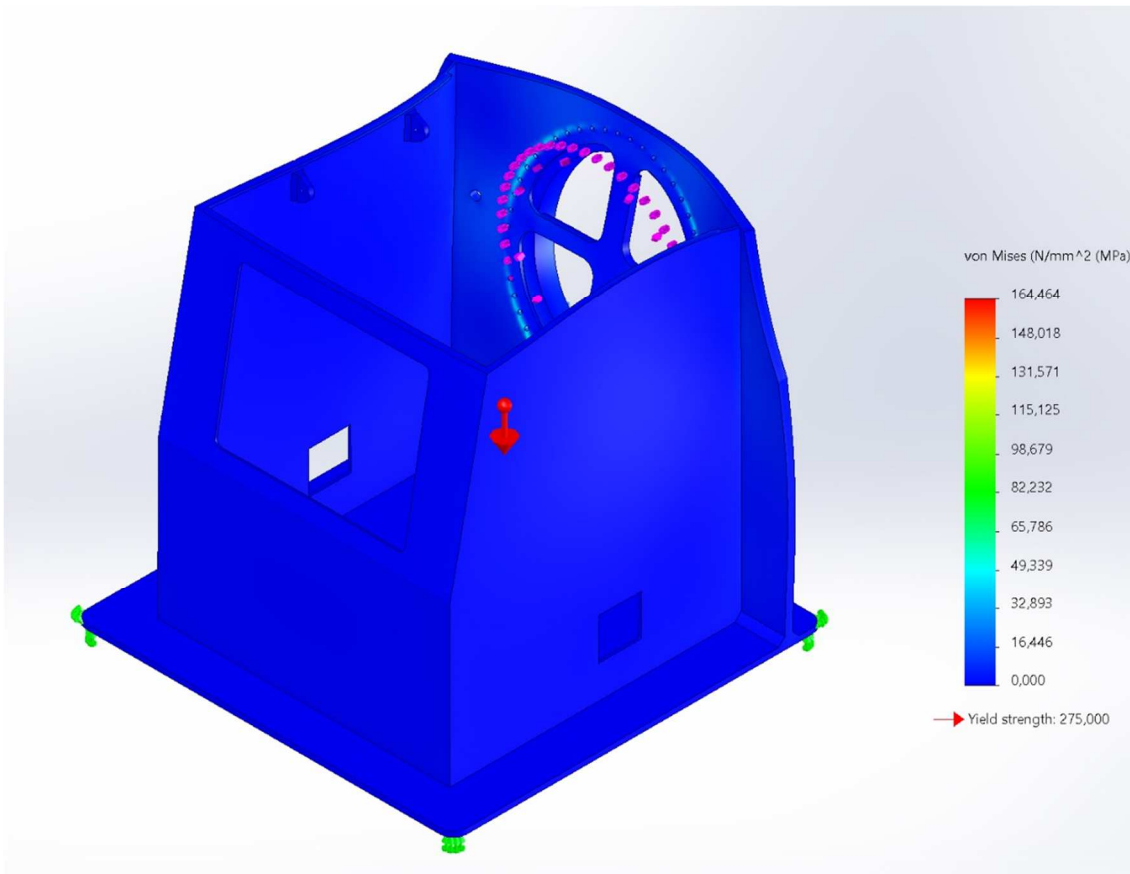
Een tweede simulatie gebeurt met een model van de volledige stoel zonder verstevigingen aan de binnenkant. Hierbij wordt de kracht van 350 kN geplaatst op het draaikranslager. De stoel wordt weer ondersteund over de hele onderplaat. Ook de zwaartekracht wordt in rekening gebracht. Door de simulatie iteratief te herhalen met verschillende plaatdiktes, kan gecontroleerd worden bij welke diktes de gevonden spanningen voldoen. De hogere spanningen worden gevonden aan de zitting en montagegaten van het draaikranslager. Er wordt daarom een mesh control toegepast in die zones met elementgroottes tussen 5 en 4 mm. De parameters en resultaten worden weergegeven in Figuur 93, Figuur 94, Figuur 95, Figuur 96 en Figuur 97.

Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Values: 0 0 -9,81 Units: m/s ²
Force-1		Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---; ---; -.350.000 N

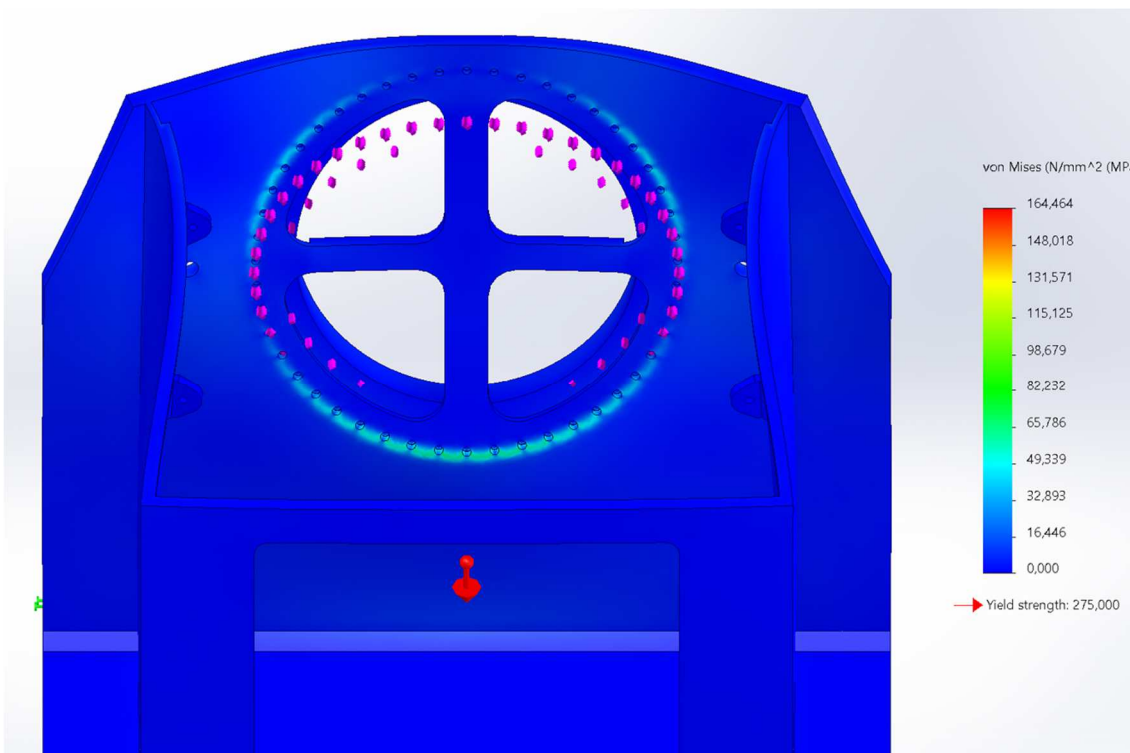
Figuur 93: Belastingen bij de EEM-simulatie van de stoel

Mesh Control Name	Mesh Control Image	Mesh Control Details
Control-1		Entities: 51 face(s) Units: mm Size: 81,6088 Ratio: 81,6088

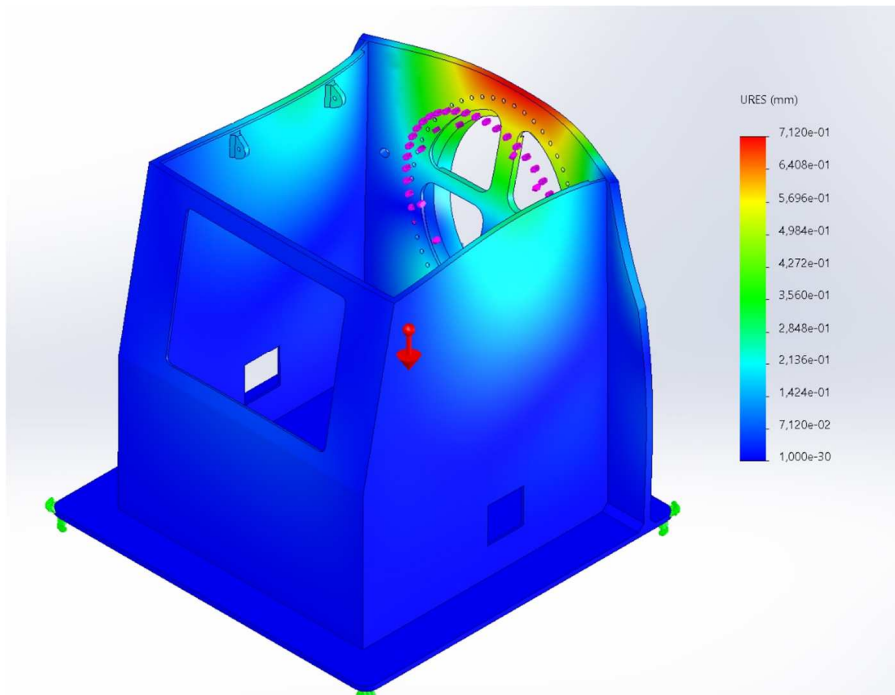
Figuur 94: Globale vermazing bij de EEM-simulatie van de stoel



Figuur 95: EEM-simulatie van de stoel met draaikranslager



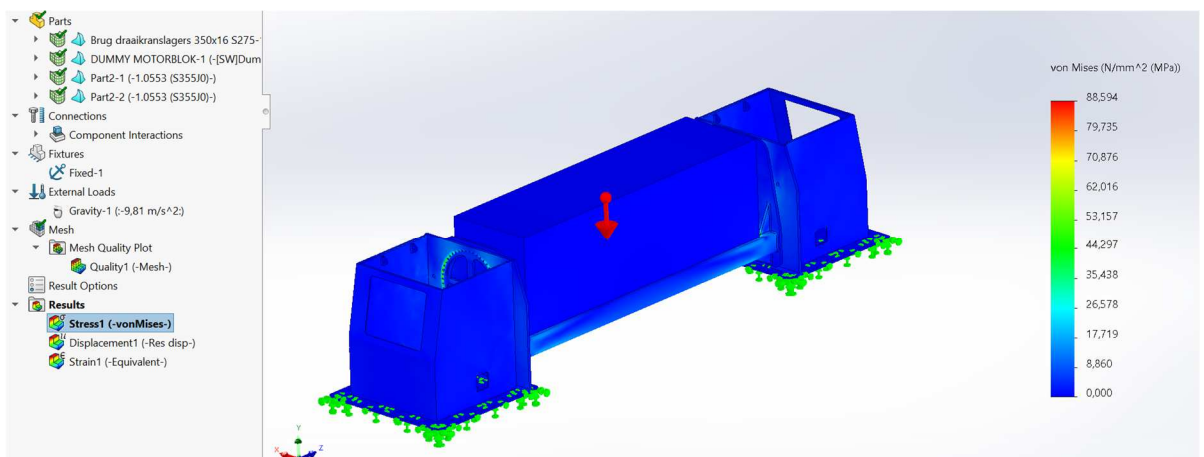
Figuur 96: Achteraanzicht van de EEM-simulatie van de stoel met draaikranslager



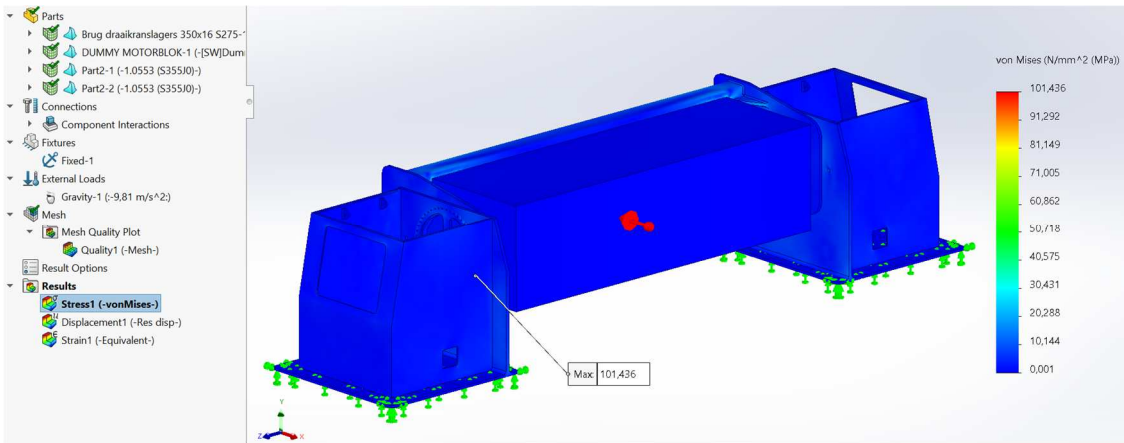
Figuur 97: Verplaatsing bij de EEM-simulatie van de stoel

Er wordt dus een maximale spanning van 164,5 MPa gevonden aan de montagegaten van het draaikranslager. Een spanningsconcentratie op deze plaatsen is realistisch en te verwachten gezien de scherpe overgangen aan de gaten waar een groot deel van de belasting aangrijpt. De maximale verplaatsing is 0,7 mm, wat in realiteit nog minder zal zijn met de stijfheid van de brug en de interne verstevigingen. De verplaatsing veroorzaakt dus geen problemen.

Ten slotte wordt gecontroleerd wat de spanningen in de stoelen zijn wanneer de samenstelling wordt gesimuleerd. Hiervoor worden twee stoelen met draaikranslagers verbonden via de brug. Hierop wordt het symbolische blok van 1.5.4 geplaatst. De belasting is nu louter de zwaartekracht. De resultaten bij 0° en 90° worden weergegeven in resp. Figuur 98 en Figuur 99. De richting van de zwaartekracht bij positie 90° is ook 90°, zo wordt gekeken of de structuur sterk genoeg is om de last te verdragen indien die los komt en vrij kan verdraaien. Hierbij worden een maximale spanning van resp. 88,6 en 101,4 MPa gevonden.



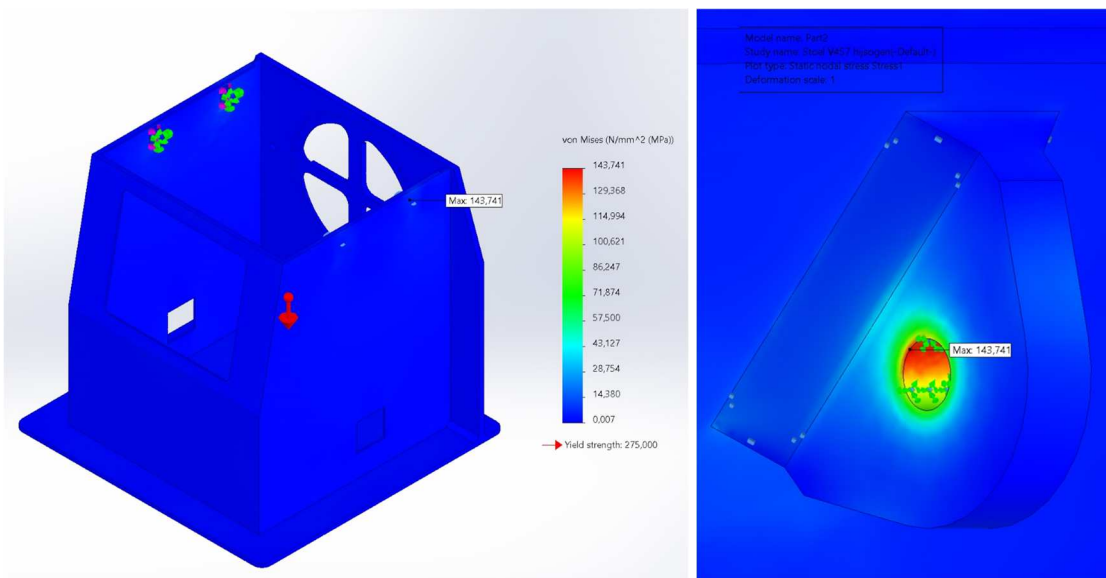
Figuur 98: EEM-simulatie van de stoelen in samenstelling met de brug op 0°



Figuur 99: EEM-simulatie van de stoelen in samenstelling met de brug op 90°

Ook de sterkte van de hijsogen dient gecontroleerd te worden. Hiervoor worden de vier doorgangsgaten van de ogen gedefinieerd als fixed geometry [1]. Dit is echter niet waarheidsgetrouw, in werkelijkheid kunnen de hijsogen zicht verplaatsten in de ruimte door de doorbuiging van de zijplaten. Om de simulatie te kunnen uitvoeren, worden de ogen toch vastgezet.

De belasting is louter de zwaartekracht. Ter compensatie voor de opstelling en voor eventuele extra last tijdens het hijsen wordt de gravitatieversnelling verdubbelt tot 20 m/s². De resultaten worden weergegeven in Figuur 100.



Figuur 100: EEM-simulatie van de hijsogen van de stoel

Een maximale spanning van 147,7 MPa wordt gevonden in de doorgangsgaten van de hijsogen.

Er kan besloten worden dat volgens de simulaties de stoelen en hijsogen voldoende sterk zijn om de belasting te dragen met respect voor de veiligheidsfactoren. De stoelen hebben een voorplaat van 60 mm dik, onderplaat en interne versterking van 40 mm dik en alle overige platen van 20 mm dik.

1.5.6 Bepalen van het draaimoment

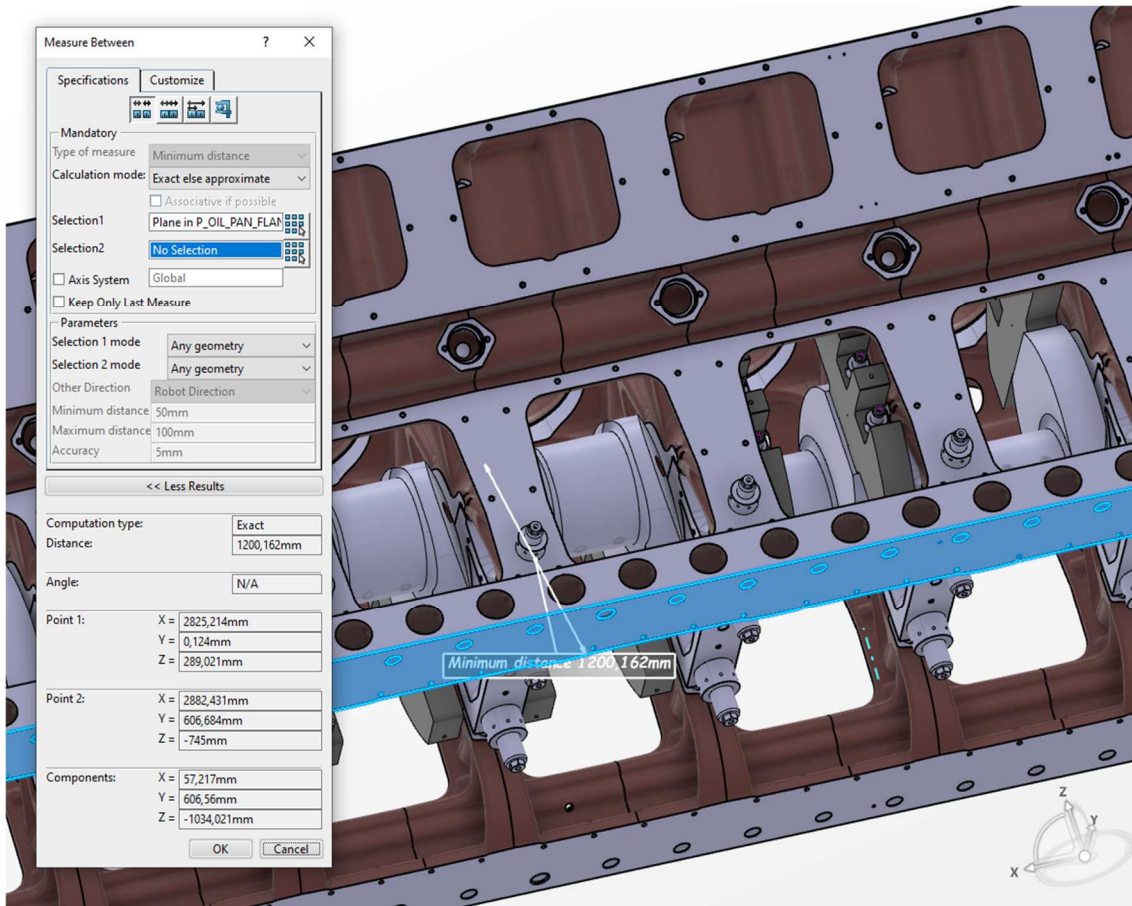
Aangezien de machine meerdere motorblokken moet kunnen manipuleren is het niet mogelijk om de lading te balanceren. Indien de machine specifiek voor een motorblok wordt gebruikt, kan het resulterende zwaartepunt van de brug en het blok op de hoogte van de omwentelingsas gelegd worden. Hierdoor is er benaderend geen resulterend draaimoment.

In dit geval moet een ideale excentriciteit van de brug worden bepaald waarbij het moment in het slechtste geval minimaal is. Hiervoor moeten eerst de massa en de hoogte van het zwaartepunt van alle motorblokken bepaald worden. In Catia worden samenstellingen gemaakt van de motorblokken met bijhorende hoofd- en axiaallagers, lagerkappen, krukas met tegengewichten, bevestigingscomponenten en distributietandwiel. Vervolgens worden softwarematig de gezochte grootheden bepaald samen met aanvullende overmeten en nuttige dimensies van de blokken. In Figuur 101 en Figuur 102 worden de resultaten van de 16DV-motor weergegeven, de dimensies van de overige blokken worden op analoge manier bekomen. Voor de berekening van het maximale moment wordt gewerkt met de gevonden massa van de blokken, niet met de gewichtscapaciteit van 60 ton. De capaciteit van 60 ton is een extra veiligheidsmarge van de fabrikant, maar specificeert geen geometrie of hoogte van het zwaartepunt. Het is dus niet mogelijk om het resulterend moment te bepalen.

Een mogelijke oplossing voor de variërende ligging van het zwaartepunt is een brug met een verstelbare excentriciteit. Hierbij kan de verkeerde combinatie van motorblok en excentriciteit echter voor een resulterend moment zorgen waardoor de machine kan falen. Dit voegt tevens een extra stap toe in het montageproces, wat het doel van de machine tegenaat.



Figuur 101: Bepaling van de totale massa van het 16DV-motorblok



Figuur 102: Bepaling van de hoogte van het resulterend zwaartepunt van het 16DV-motorblok

Op analoge manier wordt de massa en de hoogte van het zwaartepunt van de brug bepaald en gegeven in Tabel 16. Hierbij wordt een eerste model van de brug getekend met een geschatte excentriciteit van 1000 mm.

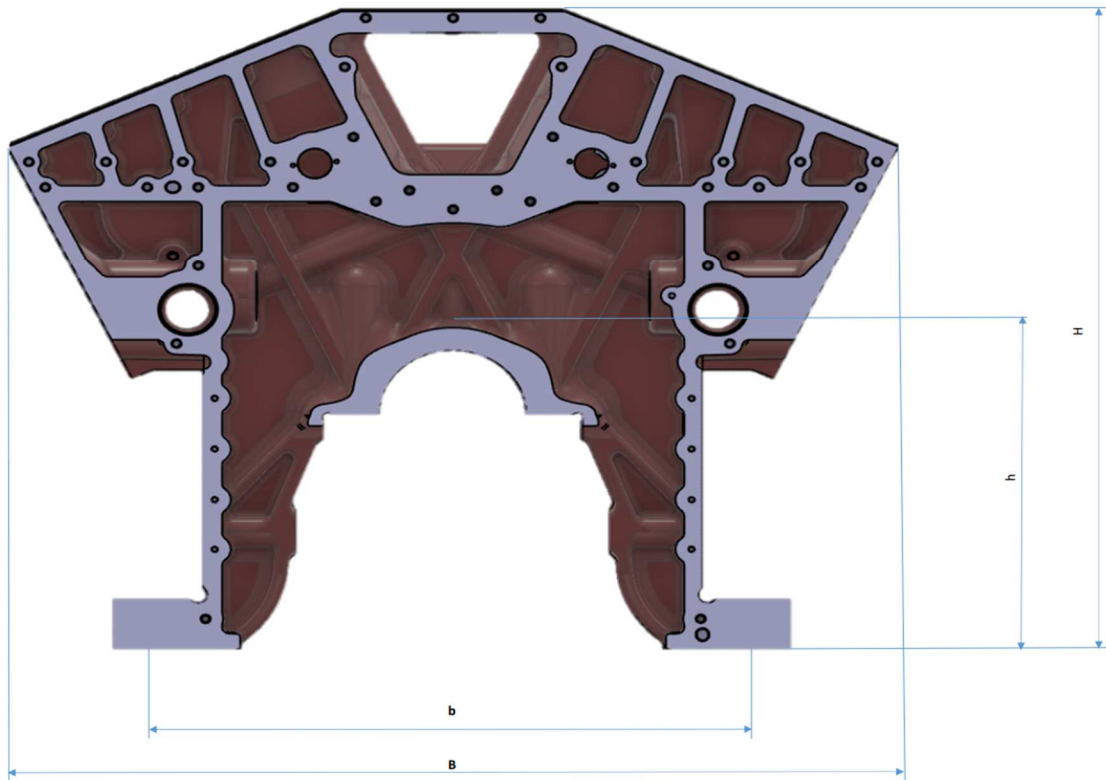
Tabel 16: Gegevens van de brug

Afstand montageopp. tot uiterste brug	(mm)	650
Massa brug	(kg)	7059
Zwaartepunt brug	(mm)	682

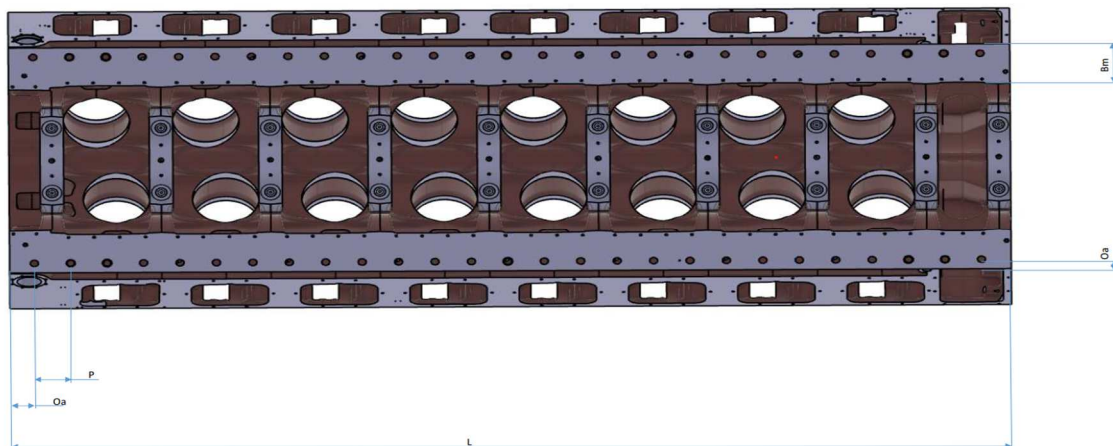
Aansluitend worden ook enkele nuttige afmetingen van de blokken bepaald. Deze worden samengevat in Tabel 17. Figuur 103 en Figuur 104 geven de afmetingen grafisch weer.

Tabel 17: Nuttige afmetingen en massa van de motorblokken

Blok	Totale lengte blok		Totale lengte met krukas	Totale breedte		Totale hoogte	Centrafstand doorgangsgaten radiaal		Centrafstand doorgangsgaten axiaal		Hoogte van zwaartepunt	Ø doorgangsgaten	Offset		Massa met krukas
	L	L'		B	H		b	P	h	d			Oa	Or	
16DV	6617		6950	2450		2025	1705	240,7	1034	52	196,5		77,5	40484	
12DV						2025	1705	240,7	1036					32115	
8DL	5355					1940	1645	190	887		182,5			28749	
6DL						1940	1645	190	876					21635	



Figuur 103: Afmetingen van de motorblokken 1

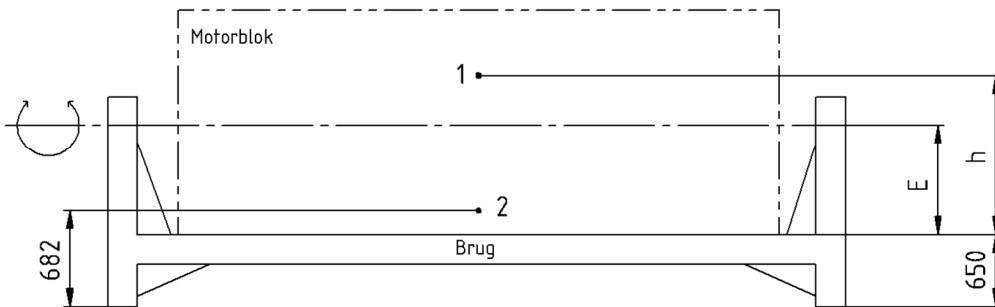


Figuur 104: Afmetingen van de motorblokken 2

Vervolgens wordt het resulterend moment M_r [kNm] van alle motorblokken bepaald in functie van de excentriciteit van de centrale brug. Dit moment wordt bepaald met formule (10) waarbij de brug 90° is gekanteld. Wanneer de brug op 0° en 180° hangt is het moment theoretisch 0 kNm. Hierbij is h de hoogte van het zwaartepunt van het motorblok en E de excentriciteit van het montageoppervlak t.o.v. de omwentelingsas. G geeft de massa van de brug en het motorblok, g is de gravitatieversnelling. Van het gevonden moment wordt de absolute waarde genomen zodat alle resulterende momenten een positieve waarde hebben.

$$M_r = |(h - E) * G_{blok} * g - (E - 0,032) * G_{brug} * g| \quad (10)$$

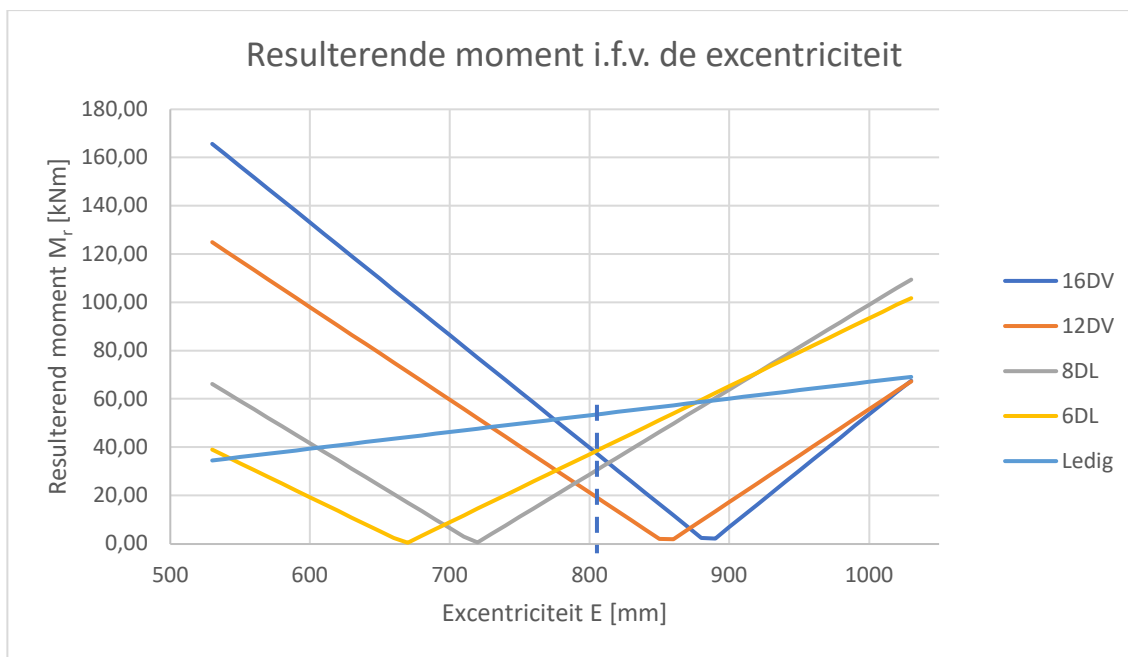
Figuur 105 geeft de factoren grafisch weer. Punten 1 en 2 zijn resp. het zwaartepunt van het motorblok en de brug.



Figuur 105: Grafische weergave van de bepaling van de optimale excentriciteit van de brug

Een brug zonder motorblok veroorzaakt ook een moment wanneer deze wordt verdraaid. Dit moment moet dus ook in acht gehouden worden.

Figuur 106 geeft de gevonden momenten M_r weer voor de vier mogelijke motorblokken en een ledige brug.



Figuur 106: Resulterende moment i.f.v. de excentriciteit

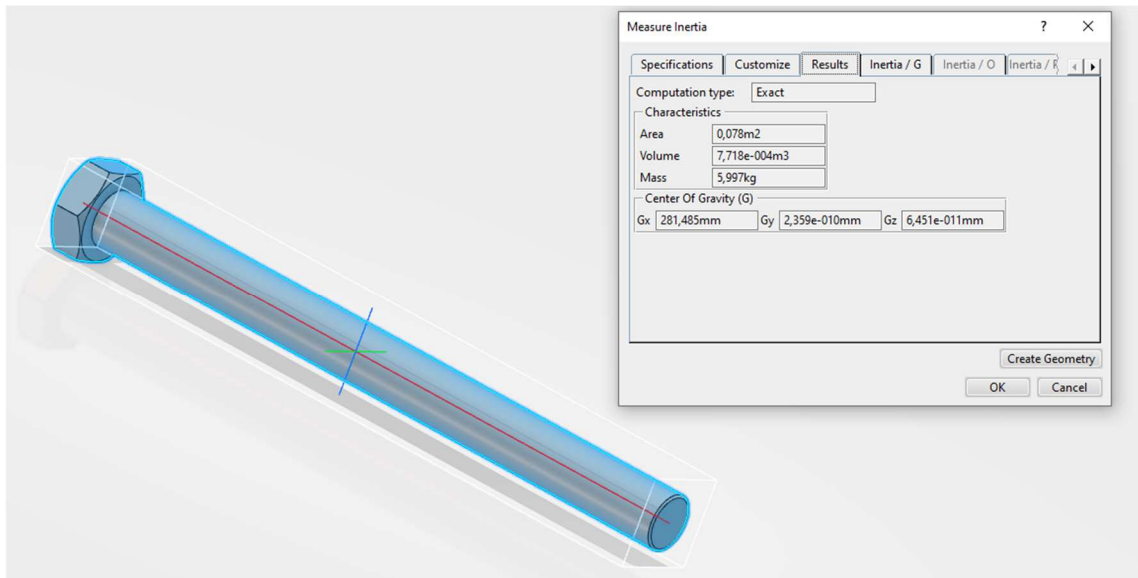
Grafisch kan benaderd worden wat de optimale excentriciteit is wanneer enkel met de motorblokken wordt gerekend. Het snijpunt van de 16DV-lijn en 6DL-lijn geeft de ideale excentriciteit. In Tabel 18 wordt deze excentriciteit numeriek bepaald. Het is niet de bedoeling dat de ledige brug wordt gekanteld tot 90° en dit wordt voorgeschreven in de risicoanalyse (4.1). De toelaatbare maximale hoek van de ledige brug wordt bepaald in 1.5.7. Hierdoor kan verder worden gewerkt met een moment van maximaal 38,18 kNm.

Indien de brug toch verder wordt verdraaid, worden de veiligheidsfactoren niet meer gerespecteerd. In theorie kunnen de motoren en de overbrengingsonderdelen deze belasting wel aan zonder permanente vervorming of breuk (1.4.4, 1.5.12, 1.5.13 en 1.5.14).

Tabel 18: Resulterende moment [kNm] i.f.v. de excentriciteit E [mm]

E	800	802	804	806	808	810
16DV	39,75	38,82	37,88	36,95	36,02	35,09
12DV	21,17	20,40	19,63	18,86	18,09	17,33
8DL	28,65	29,35	30,05	30,75	31,46	32,16
6DL	37,05	37,62	38,18	38,74	39,30	39,87
Ledig	53,18	53,32	53,46	53,60	53,74	53,88
MAX	39,75	38,82	38,18	38,74	39,30	39,87

Na de bepaling van een benaderende optimale excentriciteit wordt de brug in Catia gemodelleerd met de bepaalde excentriciteit en lasnaden. Hierna kan opnieuw het gewicht en de ligging van het zwaartepunt bepaald worden. Ook het gewicht van de bevestigingsartikelen voor de montage van de motorblokken worden nu meegerekend in het gewicht van de brug. De gebruikte bouten zijn ISO 4014 10.9 M42*650 met een gewicht van 6 kg elk, zoals bepaald in Figuur 107 [71] (bijlage 2.2.6 [64]).



Figuur 107: Bepaling van het gewicht van een bout ISO 4014 10.9 M42*500 [71]

Zo kan ter controle het resulterend moment worden berekend met de effectieve grootheden van de brug. De resultaten worden gegeven in Tabel 19. Het minimaal resulterend moment is nu minimaal bij een excentriciteit van 782 mm. Het resulterend moment bij een excentriciteit van 804 mm is vergroot met 8,63 kNm.

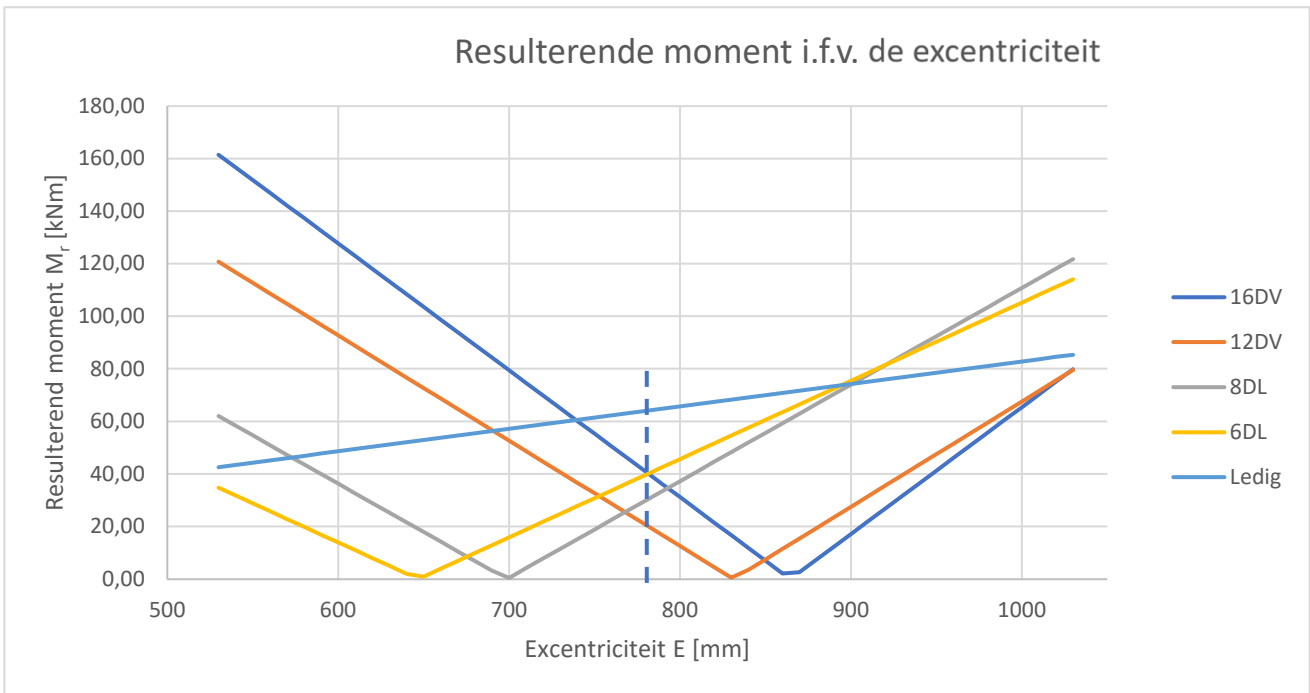
Tabel 19: Resultierend moment [kNm] i.f.v. de excentriciteit E [mm] met gecorrigeerde brug

E	772	774	776	778	780	782	784	786	788		802	804	806
16DV	44,70	43,73	42,76	41,80	40,83	39,87	38,90	37,94	36,97	417,33	30,22	29,25	28,28
12DV	23,82	23,01	22,21	21,41	20,61	19,81	19,01	18,21	17,41	333,06	11,80	11,00	10,20
8DL	26,92	27,66	28,39	29,13	29,86	30,60	31,33	32,07	32,80	256,83	37,95	38,69	39,42
6DL	37,28	37,88	38,48	39,07	39,67	40,26	40,86	41,45	42,05	192,60	46,22	46,81	47,41
Ledig	59,36	59,53	59,70	59,87	60,04	60,21	60,38	60,55	60,73	-6,67	61,92	62,09	62,27
MAX	44,70	43,73	42,76	41,80	40,83	40,26	40,86	41,45	42,05		46,22	46,81	47,41

Het model van de brug wordt nu aangepast zodat de excentriciteit 782 mm bedraagt. Hierdoor wordt het gewicht niet veranderd, maar de hoogte van het zwaartepunt verandert van 78,035 mm naar 78,31 mm. Het resulterend moment wordt opnieuw analoog bepaald. De resultaten worden numeriek weergegeven in Tabel 20 en grafisch weergegeven in Figuur 108.

Tabel 20: Numerieke resultaten van het draaimoment na dubbele correctie van de brug

E	776	778	780	782	784	786	788
16DV	42,79	41,82	40,86	39,89	38,93	37,96	37,00
12DV	22,24	21,44	20,63	19,83	19,03	18,23	17,43
8DL	28,37	29,11	29,84	30,58	31,31	32,05	32,78
6DL	38,45	39,05	39,64	40,24	40,83	41,43	42,03
Ledig	59,68	59,85	60,02	60,19	60,36	60,53	60,70
MAX	42,79	41,82	40,86	40,24	40,83	41,43	42,03



Figuur 108: Grafische resultaten van het draaimoment na dubbele correctie van de brug

Er wordt uiteindelijk een resulterend draaimoment van 40,24 kNm gevonden bij een optimale excentriciteit van 782 mm. De gebruikte grootheden van de brug zijn echter wel theoretisch en de fysieke brug kan positief of negatief afwijken van de gevonden waarden. Het gewicht van de lasnaden en van de last op de brug kan afwijken van de waarden bepaald door de CAD-software. Dit gevonden moment komt kortstondig voor op het moment dat de brug in een positie van 90° hangt bij het draaien en kan dus eerder gezien worden als een korte piekbelasting. Om enige marge in het theoretisch model in te bouwen, wordt het gevonden moment afgerond tot 41 kNm. De onderdelen die het moment moeten kunnen verdragen zoals de tanden en de motoren worden gedimensioneerd op basis van dit gevonden moment. Het gewicht van de brug is nu 8719 kg.

Samengevat is de ideale excentriciteit voor de vier motorblokken ≈ 782 mm en is het maximaal resulterend moment (bij $\pm 90^\circ$) ≈ 41 kNm.

1.5.7 Maximale verdraaiing van de ledige brug

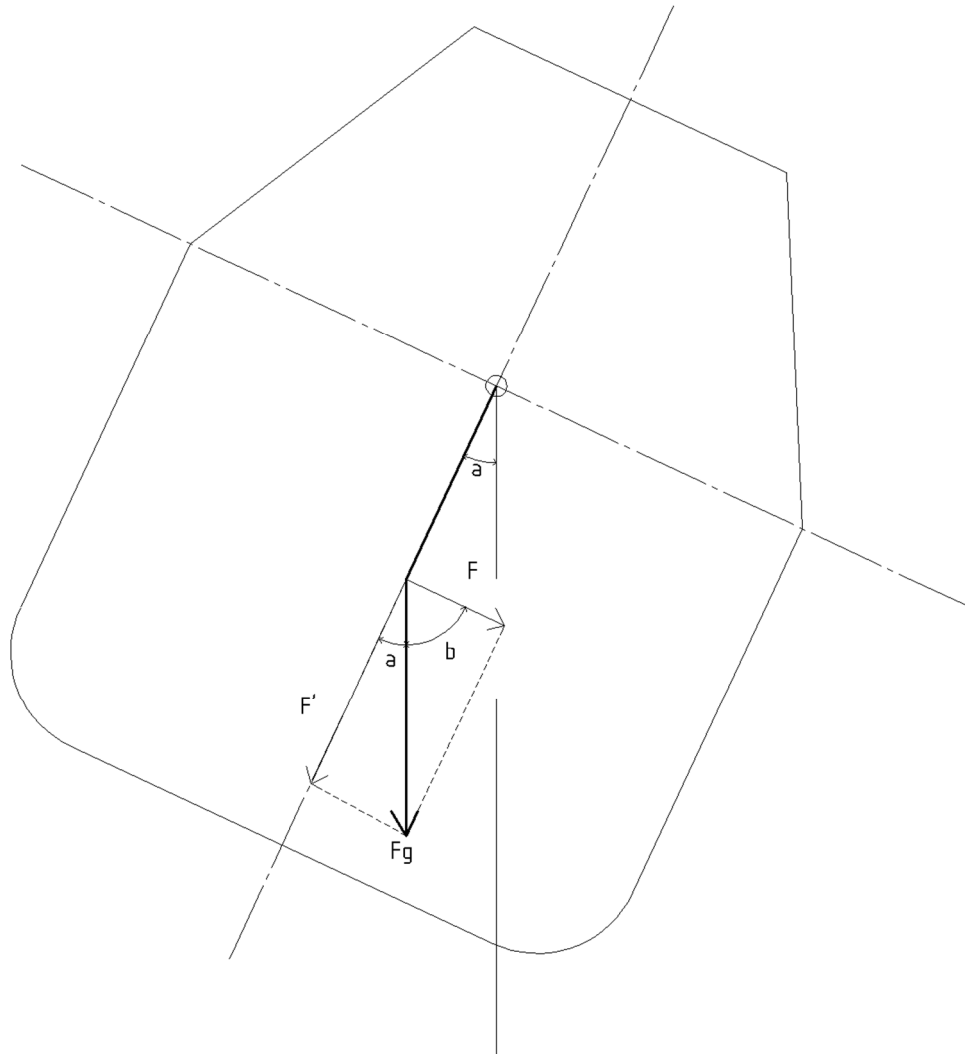
In 1.5.6 wordt de ledige brug genegeerd. Het is in normale omstandigheden nooit de bedoeling dat een ledige brug wordt gemanipuleerd. Indien dit wel gebeurt, moet een maximale hoek worden bepaald tot waar de ledige brug mag verdraait worden.

Formule (10) kan herschreven worden tot formule (11) als volgt:

$$M_r = |(h - E) * G_{blok} * g - (E - 0,032) * G_{brug} * g| \quad (10)$$

$$\leftrightarrow M_r = |\Delta h_2 * Fg_{blok} - \Delta h_2 * Fg_{brug}| \quad (11)$$

Om de maximale hoek te bepalen, wordt $Fg_{blok} = 0$ en Fg_{brug} uitgedrukt in functie van de draaihoek α . Dit wordt grafisch weergegeven in Figuur 109.



Figuur 109: Grafische weergave van de ontbinding van de zwaartekracht op de ledige brug

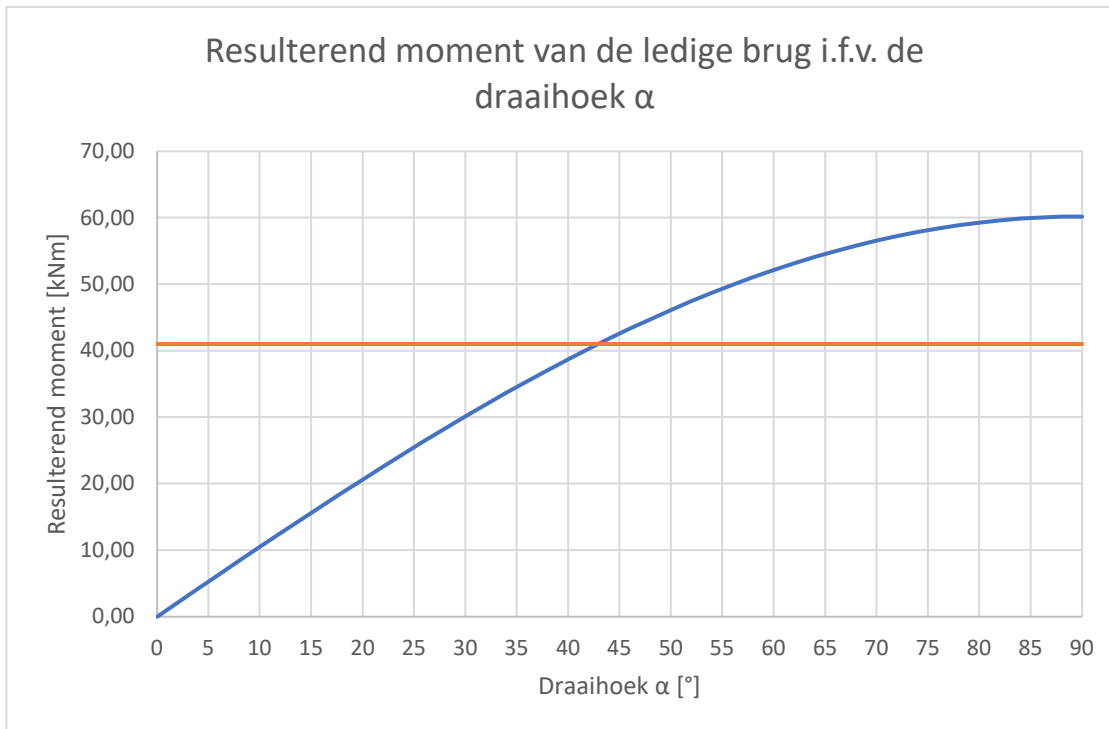
De component F die een draaimoment veroorzaakt op het lichaam kan worden geschreven als formule (12).

$$F = F_g * \cos(\beta) = F_g * \cos(90^\circ - \alpha) = F_g * \sin(\alpha) \quad (12)$$

Door formule (11) te combineren met de gevonden formule (12), wordt formule (13) gevonden.

$$M_r = |\Delta h_2 * 0 - \Delta h_2 * Fg_{brug} * \sin(\alpha)| \quad (13)$$

Figuur 110 geeft grafisch de gevonden maximale hoek van 42° weer waarbij het resulterend moment van de ledige brug minder is dan 41 kNm.



Figuur 110: Grafische bepaling van de maximaal toegelaten hoek van de ledige brug

1.5.8 Thermische uitzetting van de brug

De brug wordt gebruikt in een fabriekshal waarbij de temperatuur varieert tussen 15 °C en 30 °C. De thermische uitzetting van de vierkante kokerprofielen wordt berekend m.b.v. formule (14) [72]. Hierbij is $l_0=7450$ mm en $\alpha=11,5E6$ K⁻¹.

$$\Delta l = l_0 * \alpha * \Delta T \quad (14) \quad [72]$$

Bij 15 °C is het lengteverschil 0,447 mm en bij 30 °C 0,894 mm. De lengte van de profielen varieert dus tussen 7449,553 mm en 7450,894 mm. Dit is een minieme uitrekking van 0,00012 % en kan zonder problemen worden opgevangen door de doorbuiging van de zijplaten.

1.5.9 Diameter van de brugassen

Indien een opstelling wordt gebruikt met een centrale as, dient deze bestand te zijn tegen de aanwezige spanningen bij gebruik. De as wordt belast op een zuiver radiale belasting en op wringing.

De radiale belasting is de combinatie van het gewicht van de centrale brug en de gestelde capaciteit van 60 ton.

Dit geeft een belasting van $(60\,000\text{ kg} + 8\,719\text{ kg}) * g = 674\,133\text{ N} \approx 680\text{ kN}$.

De kant van de as met het centrale tandwiel wordt ook belast door het gewicht van het tandwiel van 2 400 kg (1.5.14) en de radiale krachten veroorzaakt door de tandkrachten. In een symmetrische opstelling met tegenovergestelde rondsels worden deze radiale tandkrachten echter door elkaar geëlimineerd.

De berekeningen worden uitgewerkt voor drie courante kwaliteiten van constructiestaal: S235, S355 en E355.

Aangezien de as draait, wordt de belasting gezien als dynamisch, daarom wordt de veiligheidsfactor van 3 op breuk verhoogd naar 4.

Eerst wordt een minimale diameter bepaald op basis van de afschuiving. Hiervoor wordt de minimale oppervlakte berekend m.b.v. formule (15) [11].

$$A = \frac{F}{\tau} \quad (15) \quad [11]$$

De resultaten worden gegeven in Tabel 21.

Tabel 21: Minimale diameter van de centrale as op basis van afschuiving

Afschuiving brugkant		Mat	ft	Rm [Mpa]	Re [Mpa]	tsb [Mpa]	tsw [Mpa]	Amin breuk [mm2]	A min vervorming [mm2]	Ømin [mm]
Belasting per as: 340 kN		S235	0,58	360	235	208,8	136,3	7031	5385	94
		S355	0,58	510	355	295,8	205,9	4963	3565	79
		E355	0,58	590	355	342,2	205,9	4290	3565	74

Afschuiving tandwielkant		Mat	ft	Rm [Mpa]	Re [Mpa]	tsb [Mpa]	tsw [Mpa]	Amin breuk [mm2]	A min vervorming [mm2]	Ømin [mm]
Belasting per as: 367 kN		S235	0,58	360	235	208,8	136,3	6858	5253	93
		S355	0,58	510	355	295,8	205,9	4841	3477	78
		E355	0,58	590	355	342,2	205,9	4185	3477	73
		C45	0,58	560	275	324,8	159,5	4409	4489	76

Bijkomend wordt de as gezien als overbrengingsas die belast wordt op een combinatie van buiging en wringing. De minimale diameter wordt berekend m.b.v. formule (16) [11].

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * Mv}{\pi * \bar{\sigma}}} \quad (16) \quad [11]$$

Hierbij is Mv een equivalent moment dat het buigend (M) en wringend (M_w) moment combineert tot een equivalent buigend moment. Mv wordt bepaald m.b.v. formule (17)

$$Mv = \sqrt{M^2 + 0,75 * (\alpha_0 * M_w)^2} \text{ met } \alpha_0 = 0,7 \quad (17) \quad [11]$$

Hierbij is M_w = 40 kNm (1.5.6) en M = 0,11 m * 334,5 kN = 36,8 kNm. De gevonden resultaten worden gegeven in Tabel 22. Aangezien de gevonden diameters groter zijn dan 100 mm worden ze vermenigvuldigd met groottefactor Kt [11].

Tabel 22: Minimale diameter van de centrale as op basis van wringing en buiging

Wringing en buiging		Mat	σbv [Mpa]	σbb [Mpa]	Ktv	Ktb	Ø'min vervorming	Ø'min breuk	Ømin vervorming	Ømin breuk	Ømin [mm]
Moment lading = 40 kNm		S235	117,5	90	0,82089	0,94650	156,3	170,9	190,4	180,5	190
Buigend moment = 36,8 kNm		S355	177,5	127,5	0,83642	0,95809	136,2	152,1	162,9	158,8	163
Mv = 44 kNm		E355	177,5	147,5	0,83642	0,96295	136,2	144,9	162,9	150,5	163

Voor kwaliteit S355 wordt een minimale diameter van 163 mm gevonden.

1.5.10 Vlakke inlegspieën van de brugassen

Op de centrale as komt een centraal tandwiel dat het kantelmoment van de brug overbrengt naar de motoren die het geheel aandrijven. Om het tandwiel radiaal te borgen, worden vlakke inlegspieën gebruikt volgens DIN 6885A (bijlage 2.2.21 [73]). De spiegleuven in de as verkleinen de minimale ingeschreven diameter van de as, dus moet een ideale diameter van de tandwielzitting gevonden worden waarbij de diepte van de spiegleu(f)(ven) een minimale ingeschreven diameter van 163 mm behouden.

Een gangbare kwaliteit van inlegspieën is C45. De toelaatbare vlaktedruk wordt berekend m.b.v. formule (18) met $Sv_{min} = 2$ (1.5.2) gezien dit een taai materiaal is [11].

$$\bar{\sigma}_0 = \frac{Re}{Sv_{min}} \quad (18) \quad [11]$$

C45 heeft een Re van 305 MPa bij een dikte kleiner dan 100 mm, dit geeft $\bar{\sigma}_0 = \frac{305 \text{ MPa}}{2} = 152,5 \text{ MPa}$. Ter controle wordt de toelaatbare vlaktedruk ook analoog berekend op breuk, met $Rm = 580 \text{ MPa}$ en $Sv_{min} = 3$. Dit geeft $\bar{\sigma}_0 = 153,3 \text{ MPa}$

De vlaktedruk op de spie wordt berekend m.b.v. formule (19) [11].

$$\sigma_0 = \frac{F}{(h-t_1)*(l-b)} = \frac{\frac{M}{d}}{(h-t_1)*(l-b)} \quad (19) \quad [11]$$

De gevonden spielengte i.f.v. de diameter van de as en het aantal spielengtes wordt gegeven in Tabel 23.

Tabel 23: Minimale spielengtes voor de borging van het centraal tandwiel

Asdiameter d	Aantal spieën	Spiebreedte b	Spiehoogte h	Gleufdiepte as t1	Minimale lengte l	Resterende ingeschreven asdiameter dmin
180	1	45	25	15	336	165
180	2	45	25	15	191	150
200	1	45	25	15	307	185
200	2	45	25	15	176	170
200	3	45	25	15	132	170
200	4	45	25	15	111	170

1.5.11 Diameter en astrappen van de brugassen

Een tandwielzitting met een diameter van 200 mm is wenselijk aangezien dit een minimale ingeschreven diameter van 170 mm laat. Gezien de dikte van het tandwiel (1.5.14) en de asdiameter, worden drie inlegspieën van 140 mm gebruikt (1.5.10). Idealiter wordt een verhouding van 1,4 gerespecteerd tussen de diameters van opeenvolgende astrappen, maar om onnodig dure wentellagers te vermijden wordt de lagerzitting beperkt tot een courante maat van 220 mm in plaats van 280 mm [11]. Voor de diameter van het verlengstuk tussen de flens en de lagerzitting wordt de verhouding wel gerespecteerd. Dit geeft $220 \text{ mm} * 1,4 = 308 \text{ mm}$. Op analoge manier wordt de diameter van de flens berekend, dit geeft 431 mm. Volgens DIN 1013 is de tolerantie op een diameter vanaf 200 mm van warmgewalst constructiestaal $\pm 2,5 \text{ mm}$ [74]. Vanwege eventuele bijkomende beschadigingen en de walslaag van het ruwe materiaal wordt de diameter van de flens afgerond naar 445 voor een ruw stuk met diameter 450 mm.

1.5.12 Diameter van de rondselassen

De minimale diameter van de rondselassen wordt analoog aan 1.5.9 bepaald. Dit maal ook voor kwaliteiten C45 en 34CrNiMo6. De kleinere diameter van de rondselassen t.o.v. de bruggas laat meer keuze in staalkwaliteiten toe zonder een erg verhoogde kostprijs. Hierbij wordt aan een kant van de lagerblokken de as belast op de radiaalkracht en het gewicht van het tandwiel en aan de andere kant op het gewicht van de motor. De as wordt ook over heel de lengte op torsie belast.

Het moment op de as wordt berekend m.b.v. formule (20). Waarbij i de overbrengingsverhouding tussen het draaikranslager en de rondsels is en n_r het aantal rondsels is. In dit geval is $i = 4$ en $n_r = 3$, aangezien drie rondsels de last moeten kunnen verdraaien (1.4.3).

$$M_{\text{rondselas}} = M_r \div i \div n_r \quad (20)$$

Dit geeft $M_{\text{rondselas}} = 41 \text{ kNm} \div 4 \div 3 = 3,42 \text{ kNm}$.

De tangentiële en radiale kracht op de tanden van het rondsel worden gevonden m.b.v. resp. formule (21) en formule (22). Hierbij is de drukhoek $\alpha = 20^\circ$. d_{rondsel} Wordt gevonden m.b.v. formule (23).

$$F_t = M_{\text{rondselas}} \div (d_{\text{rondsel}} \div 2) \quad [\text{N}] \quad (21)$$

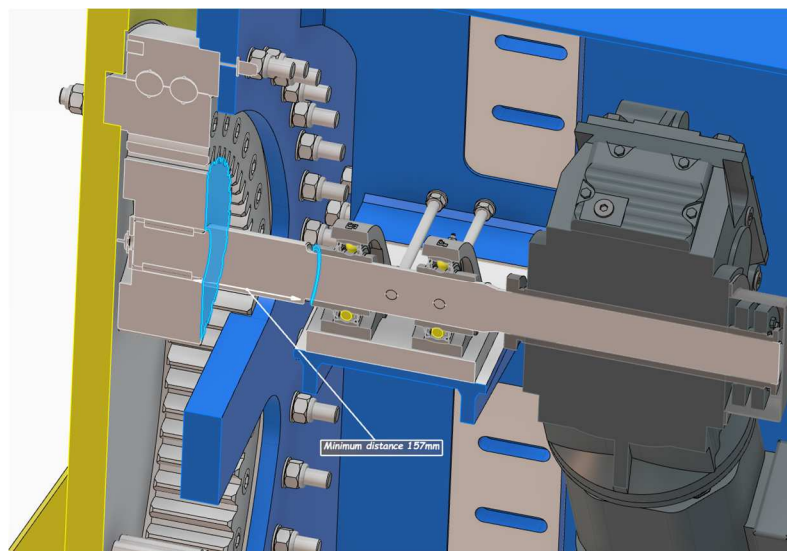
$$F_r = F_t * \tan(\alpha) \quad [\text{N}] \quad (22)$$

$$d_{\text{rondsel}} = m * z \quad [\text{mm}] \quad [14] \quad (23)$$

Dit geeft $d_{\text{rondsel}} = 12 * 25 = 300 \text{ mm}$, $F_t = 3\,420\,000 \text{ Nmm} \div 150 \text{ mm} = 22\,800 \text{ N}$ en $F_r = 22\,800 \text{ N} * \tan(20^\circ) = 8\,298,5 \text{ N}$.

Het gewicht van het rondsel en de tandwielmotor zijn resp. 62 kg en 211,5 kg (9.T5119, bijlage 2.3.8 en bijlage 2.3.9).

Het rondsel hangt op 157 mm van het dichtstbijzijnde lagerblok, zoals te zien in Figuur 111.



Figuur 111: Uitsteeklengte van het rondsel

Analoog aan 1.5.9 wordt zo aan de kant met het rondsel een buigmoment M van 1 398,4 Nm en een equivalent moment Mv van 2 500,8 Nm gevonden. Alle gevonden belastingen worden opgesteld in Tabel 24.

Tabel 24: Gevonden belastingen op de rondselas

Belasting	Grootte	Eenheid
Fr	8298,52	N
Gewicht rondsel	608,22	N
Gewicht motor	2074,82	N
Moment Mrondsel	3420	Nm
Buigmoment M	1398,4	Nm
Equivalent moment Mv	2500,8	Nm

Analoog aan 1.5.9 wordt de minimale diameter van de rondselas bepaald voor kwaliteiten S235, S355, C45 en 34CrNiMo6 [67]. De resultaten worden weergegeven in Tabel 25 voor afschuiving en in Tabel 26 voor buiging en wrijving.

Tabel 25: Minimale diameter van de rondselas voor afschuiving

Materiaal	ft	Rm	Re	tsb	tsv	Amin breuk [mm2]	A min vervorming [mm2]	Ømin [mm]
S235	0,58	360	235	208,8	136,3	128	131	13
S355	0,58	510	355	295,8	205,9	90	87	11
C45	0,58	580	305	336,4	176,9	79	101	11
34CrNiMo6	0,58	720	700	417,6	406	64	44	9

Tabel 26: Minimale diameter van de rondselas voor buiging en wrijving

Materiaal	obv	obb	Ktv	Ktb	Ø'min vervorming	Ø'min breuk	Ømin vervorming	Ømin breuk	Ømin [mm]
S235	117,5	120	1	1	60	60	60	60	60
S355	177,5	170	1	1	52	53	52	53	53
C45	152,5	193,3	1	1	55	51	55	51	55
34CrNiMo6	350	240	1	1	42	47	42	47	47

Een minimale diameter van 55 mm wordt bekomen bij kwaliteit C45. Dit is een gangbare kwaliteit met een groot gamma aan standaard geleverde diameters.

Over een deel van de zitting van het rondsel wordt een centraal gat getapt om axiale borging mogelijk te maken zoals besproken in 1.4.1 wat de as deels verzwakt. Om te controleren of de as nog voldoet aan de veiligheidsfactoren, wordt beroep gedaan op formule (24) die de minimale buitendiameter d_u bepaald voor holle assen belast op buiging en wrijving [11]. Hierbij is k de verhouding tussen binnen- en buitendiameter (= $d_i \div d_u$).

$$d_u = \sqrt[3]{\frac{32 * M_v}{\pi * (1 - k^4) * \sigma_b}} \quad [11] \quad (24)$$

De buitendiameter hangt ook af van de gebruikte vlakke inlegspie, die wordt verder bepaald in 1.5.13.

De kant van de motor wordt minder belast en dient een diameter van 75 mm te hebben voor montage van de motor, waardoor deze diameter vast ligt. Deze diameter volstaat wel aan de minimale diameter bij kwaliteit C45.

1.5.13 Vlakke inlegspieën van de rondselassen

De benodigde grootte van de vlakke inlegspieën volgens DIN 6885A om het rondsel radiaal te borgen op de rondselas, wordt analoog aan 1.5.10 m.b.v. formule (19) bepaald. Hierbij is het moment op een rondsel $M_{\text{rondsel}} = 3\,420 \text{ Nm}$ zoals bepaald in 1.5.12. De resultaten worden gegeven in Tabel 24. Hierbij moet de ingeschreven asdiameter minstens 55 mm zijn zoals gevonden in 1.5.12.

Tabel 27: Minimale spielengtes voor de borging van het rondsel

Asdiameter d	Aantal spieën	Spiebreeds b	Spiehoogte h	Gleufdiepte as t1	Minimale lengte l	Resterende ingeschreven asdiameter dmin
75	1	20	12	7,5	153	67,5
75	2	20	12	7,5	86	60
80	1	22	14	9	134	71
80	2	22	14	9	78	62
86	1	25	14	9	129	77
86	2	25	14	9	77	68

Er wordt gevonden dat een as met buitendiameter 86 mm en het gebruik van 2 spieën een aanvaardbare ingeschreven asdiameter van 68 mm geeft.

Nu kan gecontroleerd worden of deze ingeschreven diameter nog voldoet bij de verzwakking aan het getapte gat. Dit kan m.b.v. formule (24) met de waarden voor M_v en $\bar{\sigma}_b$ zoals hiervoor gevonden.

$$d_u = \sqrt[3]{\frac{32 * M_v}{\pi * (1 - k^4) * \bar{\sigma}_b}} \leftrightarrow 68 \text{ mm} \geq \sqrt[3]{\frac{32 * 2\,500,8 * 10^3 \text{ Nmm}}{\pi * \left(1 - \left(\frac{16 \text{ mm}}{86 \text{ mm}}\right)^4\right) * 152,5 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\leftrightarrow 68 \text{ mm} \geq \sqrt[3]{\frac{80.025.600 \text{ Nmm}}{478,276 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \leftrightarrow 68 \text{ mm} \geq \sqrt[3]{\frac{80.025.600 \text{ Nmm}}{478,276 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

$$\leftrightarrow 68 \text{ mm} \geq 55,104 \text{ mm}$$

Er wordt bekomen dat de resterende ingeschreven cirkel nog steeds sterk genoeg is met het getapte gat. De asdiameter aan het rondsel is dus 86 mm en krijgt twee spiebanen met een lengte van 80 mm.

1.5.14 Centraal tandwiel en de rondsels

De vertanding van het centraal tandwiel en de rondsels moet gedimensioneerd worden zodat het het moment van de lading kan overbrengen van de brug naar de motoren met de vooraf bepaalde veiligheidsfactoren (1.5.1).

Hiervoor wordt de methode uit het handboek "Berekenen van machineonderdelen 1" gebruikt. Gebruikte formules en grafieken van deze methode staan opgelijst in bijlage 5.2. [14]

Het moment van de brug wordt over minimaal drie rondsels verdeeld en wordt zo $41 \text{ kNm} \div 3 = 13,7 \text{ kNm}$. Alle tandwielen hebben een drukhoek α van 20° en rechte tanden.

Eerst wordt het centraal tandwiel en de corresponderende rondsels gedimensioneerd. In samenspraak met mogelijke fabrikanten wordt gevonden dat tandwielen met kwaliteit 18CrNiMo7-6 en oppervlaktegeharde tanden met een hardheid tussen 58 en 62 HRC gebruikelijk zijn. De DIN-kwaliteit is 7. Dit geldt voor alle tandwielen. De gevonden rekenwaarden en resultaten worden gegeven in resp. Tabel 28 en Tabel 29.

Tabel 28: Rekenwaarden bij de dimensionering van het centraal tandwiel en de rondsels

Factor	Symbool	Waarde	Eenheid	Factor	Symbool	Waarde	Eenheid
Drukhoek	α	20	$^\circ$	Moment per tand		13666,6667	Nm
Modulus	m	12		Drukhoek	α	0,34906585	RAD
# Tandem	z	125		Diameter	d	1500	mm
Moment	M	41000	Nm		Ce	0,0863	
Aantal motoren		3			Ci	0,2164885	
Tandbreedte	B	150	mm	Belastingsverdelingsfactor	Km	1,3027885	
Overbrengingsverhouding	i	5		Pmtreksnelheid	v	0,19625	m/s
Overbelastingsfactor	K0	1,25					
Maatfactor	Ks	1,25					
Kransdiktefactor	Kb	1		Toelaatbare contactspanning	sac	1532,6	Mpa
Geometriefactor	J	0,44		Belastingscyclusfactor voor puntvorming	ZN	1,810124438	
Dynamische factor	Kv	1,46		Buigspanning basis	ob	23	Mpa
Toerental	n	2,5	tr/min	Toelaatbare buigspanning	sat	408,05	MPa
Hardheid	HB	600		Contactspanning basis	oc	352,3337928	MPa
Belastingscyclusfactor	YN	4,17464					
Levensduur	L	100	h	Gewicht vol wiel		2066,5125	kg
# Belastingen per omw.	q	1					
Veiligheidsfactor	Vf	3					
Betrouwbaarheidsfactor	Kr	1,5					
Elastische coëfficiënt	Cp	191					
Geometriefactor	I	0,119					
# Belastingscycli	Nc	250					
Hardheidsverhoudingsfactor	CH	1					

Tabel 29: Spanningen in het centraal tandwiel en de rondsels

Factor	Symbool	Waarde	Eenheid	Factor	Symbool	Waarde	Eenheid
tangentialkracht	Ft	18.222	N	Contactspanning gecorrigeerd	sc	607	Mpa
Normaalkracht	Fz	19.392	N	Toelaatbare contactspanning	sac'	616	Mpa
#tanden ronsel	zr	25					
Diameter ronsel	dr	300	mm				
Buigspanning correctie	St	68	Mpa				
toelaatbare buigspanning correctie	sat'	379	Mpa				

Vervolgens kunnen op analoge manier de rondsels voor het draaikranslager gecontroleerd worden. Hierbij is de modulus en de tandbreedte al bepaald door de fabrikant NBC (bijlage 2.3.3). Het moment per ronsel wordt nu ook gedeeld door de overbrengingsverhouding i . Die verhouding wordt bepaald door de berekeningen te herhalen voor verschillende waarden op basis van het aantal tanden en de beschikbare inbouwruimte. In de berekeningen wordt i geïnverteerd aangezien de methode is opgesteld om het groter tandwiel te berekenen, het "ronsel" in de formules is nu dus de draaikrans. De gevonden rekenwaarden en resultaten worden gegeven in resp. Tabel 30 en Tabel 31.

Tabel 30: Rekenwaarden bij de dimensionering van de rondsels voor het draaikranslager

Factor	Symbool	Waarde	Eenheid	Factor	Symbool	Waarde	Eenheid
Drukhoek	α	20	°	Moment per rondsel		3416,666667	Nm
Modulus	m	12		Drukhoek	α	0,34906585	RAD
# Tand	z	25		Diameter	d	300	mm
Moment	M	10250	Nm		Ce	0,030964667	
Aantal motoren		3			Ci	0,198619127	
Tandbreedte	B	119	mm	Belastingsverdelingsfactor	Km	1,229583793	
Overbrengingsverhouding	i	0,25		Omtreksnelheid	v	0,157	m/s
Overbelastingsfactor	K0	1,25					
Maatfactor	Ks	1,25					
Kransdiktefactor	Kb	1		Toelaatbare contactspanning	sac	1532,6	Mpa
Geometriefactor	J	0,37		Belastingscyclusfactor voor puntvorming	ZN	1,674916158	
Dynamische factor	Kv	1,46		Buigspanning basis	ob	43	Mpa
Toerental	n	10	tr/min	Toelaatbare buigspanning	sat	408,05	MPa
Hardheid	HB	600	HB	Contactspanning basis	oc	211,5695991	MPa
Belastingscyclusfactor	YN	3,40028					
Levensduur	L	100	h	Gewicht vol wiel		65,57733	kg
# Belastingen per omw.	q	1					
Veiligheidsfactor	Vf	3					
Betrouwbaarheidsfactor	Kr	1,5					
Elastische coëfficiënt	Cp	191					
Geometriefactor	l	0,13					
# Belastingscycli	Nc	1000					
Hardheidsverhoudingsfactor	CH	1					

Tabel 31: Spanningen in de rondsels voor het draaikranslager

Factor	Symbool	Waarde	Eenheid	Factor	Symbool	Waarde	Eenheid
Tangentiaalkracht	Ft	22.778	N	Contactspanning gecorrigeerd	sc	354	Mpa
Normaalkracht	Fz	24.240	N	Toelaatbare contactspanning	sac'	570	Mpa
# Tand rondsel	zr	100					
Diameter rondsel	dr	1200	mm				
Buigspanning correctie	St	121	Mpa				
toelaatbare buigspanning correctie	sat'	308	Mpa				

Er wordt gevonden dat met $i = 4$ en dus 25 tanden de rondsels voldoende sterk zijn. Het minimaal aantal tanden waarbij geen ondersnijding optreedt wordt berekend m.b.v. formule (25)

$$z_{min} = \frac{2}{\sin^2(\alpha)} * \frac{h_a}{m} \quad [14] \quad (25)$$

Dit geeft een minimaal aantal tanden van 17 tanden. Rondsels met 25 tanden lopen dus geen risico op ondersnijding. De overbrengingsverhouding van 4 laat ook toe om een motor met uitgaand toerental van 10 tr/min te gebruiken (1.5.15).

De eigenschappen van de rondsels zijn samengevat:

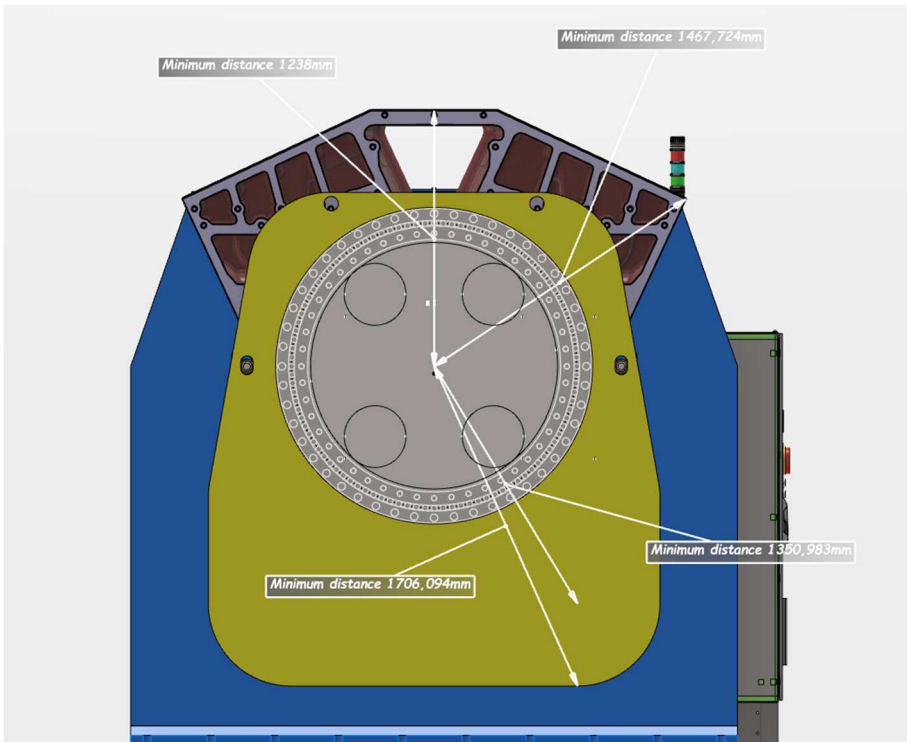
- Modulus 12
- 25 Tand
- Breedte van 119 mm
- DIN-kwaliteit 7
- 18CrNiMo7-6
- Oppervlaktegeharde tanden 58-62 HRC

1.5.15 Maximale snelheid van de brug

De brug en last moeten verdraaien met een snelheid onder 15m/min (= 0,25 m/s) volgens de machinerichtlijn 2006/42/CE [58]. Het toerental van de verdraaiing wordt berekend m.b.v. formule (26).

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} \quad [75] \quad (26)$$

De maximale uitsteeklengte van de brug met een 16DV-motorblok wordt weergegeven in Figuur 112.



Figuur 112: Maximale lengte van de brug tot de rotatieas

De afronding aan de hoekpunten van de brug heeft een straal van 400 mm, het verste punt tot de rotatieas is dus 1350,98 mm + 400 mm \approx 1751 mm.

Dit geeft $n = \frac{15 \frac{m}{min}}{\pi \cdot 1,751 m} \approx 2,7 \text{ tr/min}$

Na de overbrengingsverhouding $i=4$ tussen het draaikranslager en de rondsels betekent dit dat de rondsels niet meer dan 11 tr/min mogen draaien.

Gezien het minimaal uitgaand toerental van het gebruikte type motor 10 tr/min is wordt het toerental bij ijlgang beperkt tot 2,5 tr/min (100% motorsnelheid) en bij trage verdraaiing tot 1,25 tr/min (50%) motorsnelheid. Om voldoende koeling van de motor te verwezenlijken mogen de motoren aan niet minder dan 50% van het nominale toerental draaien.

1.5.16 Dimensionering en aanhaalmoment van de lastbouten

Zoals besproken in 1.4.11 wordt de last op de brug bevestigd met zeskantbouten en -moeren. Die worden verder benoemd als de lastbouten en -moeren. De beperkende factor op het formaat is de diameter van de doorgangsgaten van de motorblokken van 52 mm (1.5.6). Daarom worden M42-bouten gekozen aangezien dit een courante maat is en dit per gat 10 mm speling geeft. Speling helpt bij het op- en afladen van de last. Gezien de toepassing, de hoge krachten en het herhaaldelijk gebruik wordt kwaliteit ISO 898 10.9 gebruikt.

De voorspankracht van de lastbouten hangt af van de grootte en richting van de krachten veroorzaakt door het gewicht van het motorblok. Die krachten worden uitvoerig besproken in 1.5.3 voor de maximale capaciteit van 60 ton.

Het grootste motorblok (16DV) weegt iets minder dan 41 ton (1.5.6). De maximale krachten per kokerprofiel van de brug voor dit gewicht worden gegeven in Tabel 32. Hierbij worden de gewichten steeds naar boven afgerond en is $g = 10 \text{ m/s}^2$. Er wordt gerekend per koker omdat de component F'1 van elke koker een tegengesteld verloop heeft afhankelijk van de draairichting. Aangezien de bouten geen pasbouten zijn, wordt de lading vastgehouden in de richting van F'2 door wrijvingskracht. Om een wrijvingskracht te creëren die de component F'2 kan tegenwerken, wordt ook de normaalkracht bepaald met een wrijvingscoëfficiënt μ van 0,3 m.b.v. formule (27) [76] [77].

Tabel 32: Ontbinding van de krachten bij de verschillende motorblokken

16DV				8DL			
Kracht	Grootte [kN]	Hoek [°]	Normaalkracht	Kracht	Grootte [kN]	Hoek [°]	Normaalkracht
Gewicht	410			Gewicht	290		
F'1 max	322	0 / 180		F'1 max	228	0 / 180	
F'2 max	205	90	683	F'2 max	145	90	483
Combinatie max	497	120		Combinatie max	352	120	
Combi F'1	-310	120		Combi F'1	-219	120	
Combi F'2	187	120	624	Combi F'2	132	120	441
12DV				6DL			
Kracht	Grootte [kN]	Hoek [°]	Normaalkracht	Kracht	Grootte [kN]	Hoek [°]	Normaalkracht
Gewicht	330			Gewicht	220		
F'1 max	259	0 / 180		F'1 max	173	0 / 180	
F'2 max	165	90	550	F'2 max	110	90	367
Combinatie max	-250	120		Combinatie max	267	120	
Combi F'1	-250	120		Combi F'1	-166	120	
Combi F'2	151	120	502	Combi F'2	100	120	335

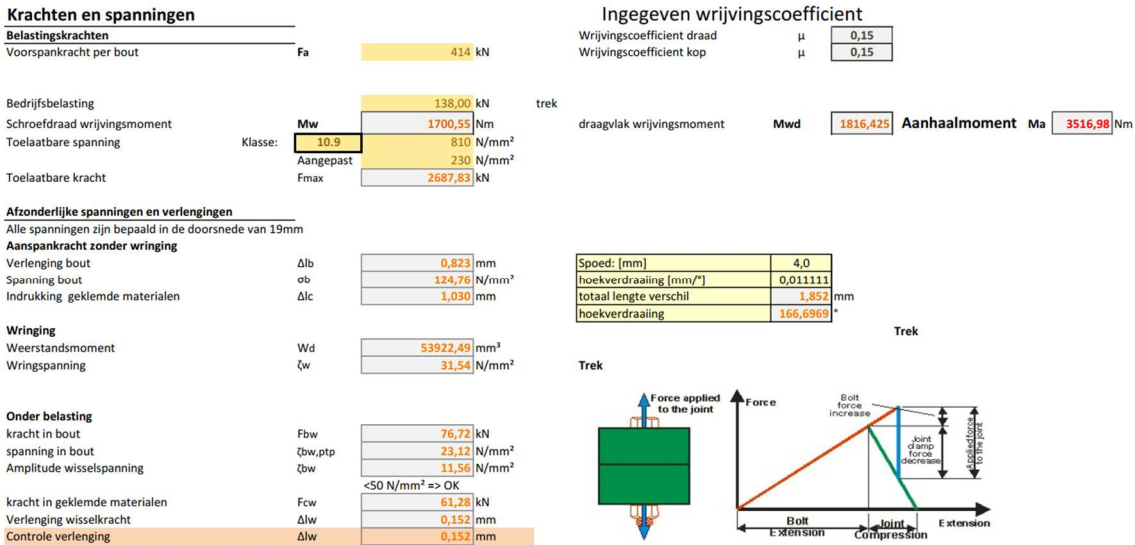
$$F_w = F_N * \mu \quad [77] \quad (27)$$

Aangezien voor de verschillende motorblokken een verschillend aantal lastbouten i.f.v. het gatenpatroon in de brug wordt gebruikt, moet dit ook in acht genomen worden. De resulterende kracht per lastbout wordt gegeven in Tabel 33. Hierbij wordt gerekend dat 3/4^{de} van de bouten de last opvangt om een veiligheidsmarge in te bouwen voor het geval dat enkele bouten niet correct vast zitten door nalatige montage.

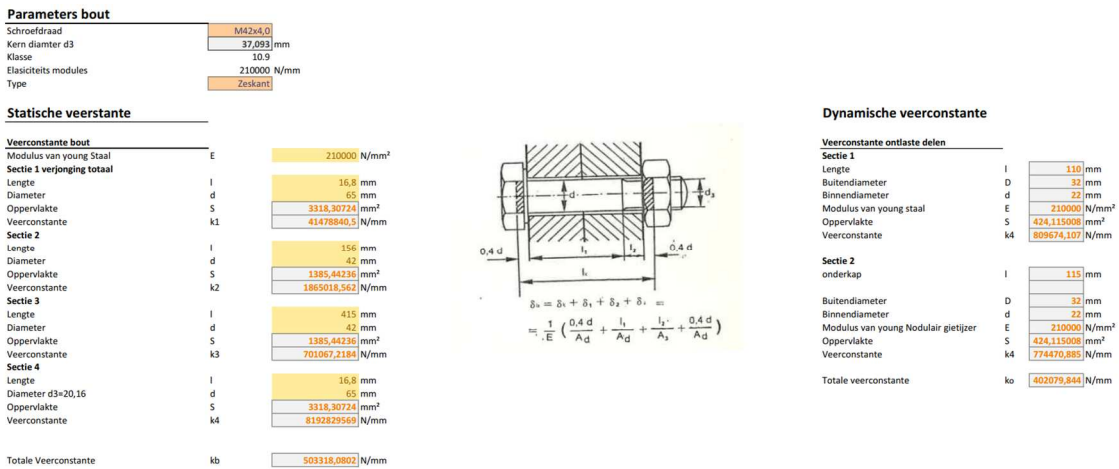
Tabel 33: Kracht per bout bij de verschillende motorblokken

Motor	Antal bouten/balk	Veiligheid	Kracht/bout [kN]
16DV	8	6	114
12DV	6	4	138
8DL	6	4	121
6DL	4	3	122

De voorspankracht wordt bepaald door de bedrijfslast te verdrievoudigen tot 414 kN, analoog aan de eerder gebruikte veiligheidsfactoren. Deze voorspankracht wordt gecontroleerd en het bijhorende aanhaalmoment wordt bepaald. Hiervoor beschikt de opdrachtgever reeds over een calculatietool die gebruikt wordt. De resultaten worden gegeven in Figuur 113, Figuur 114, Figuur 115 en Figuur 116, het resulterende schroefverbindingsdiagram wordt gegeven in Figuur 117.



Figuur 113: Krachten en spanningen van de lastbouten



Figuur 114: Parameters van de bouten

Taatswrijving Draad

Bout	
Flankendiameter	d2 39,402 mm
Spoeid	S 4,0 mm
Hellingshoek	φ 1,85 °
Wrijvingshoek	9,83 °
Wrijvingscoëfficiënt	μ_s 0,15
Wrijvingsfactor	Mw 0,004108 Nm/N

Wrijving vlak:[8.24]

Kop vlak	
Steekcirkeldiameter	Dw 65 mm
Doorvoergat	dh 52 mm
$Dk/2 = dw + dh/4$	dk 0,02925 m
$lmbus = dk/2 = 0,65 * D$	D= 0 mm
	dk 0 m
Wrijvingscoëfficiënt	μ_k 0,15
Wrijvingsfactor	Mw 0,004388 Nm/N

Figuur 115: Taatswrijving van de lastbouten

Veerconstante gedrukte delen

Sectie 1

Lengte	l	156	mm
Buitendiameter	D	64	mm
Binnendiameter	d	52	mm
Modulus van young staal	E	210000	N/mm ²
Oppervlakte	S	1093,274243	mm ²
Veerconstante	k1	1471715,328	N/mm

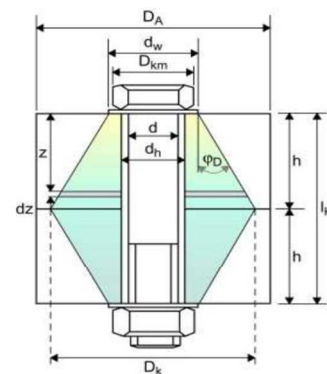
Sectie 2

Lengte	l	415	mm
Buitendiameter	D	64	mm
Binnendiameter	d	55	mm
Modulus van young Nodulair gietijzer	E	210000	N/mm ²
Oppervlakte	S	841,161433	mm ²
Veerconstante	k4	425647,954	N/mm

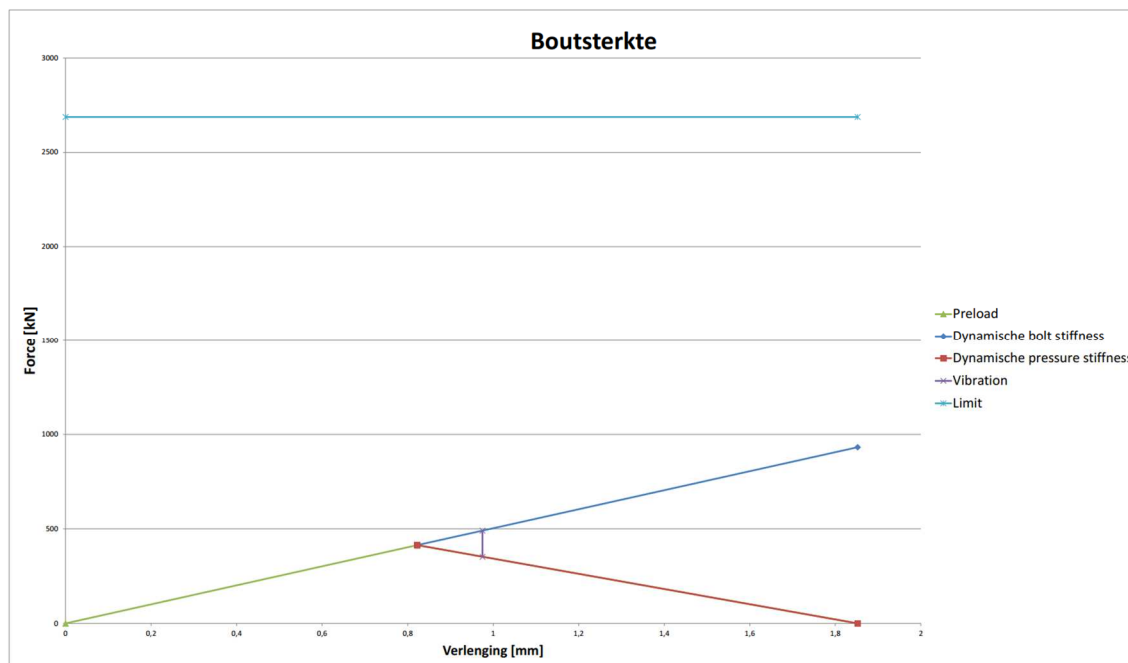
Totale veerconstante	kp	330159,5557	N/mm
----------------------	----	-------------	------

Last verhouding

Spanfactor	$\phi = n \cdot \phi_k$	
$\phi_k = kl / (kp + kl)$	ϕ_k	0,603877127
	n	1
Spanfactor	ϕ	0,603877127



Figuur 116: Veerconstanten van de lastbouten



Figuur 117: Schroefverbindingsdiagram van de lastbouten

De voorspankracht van 414 kN vormt geen probleem voor de gebruikte bevestigingsartikelen en vereist een aanhaalmoment van 3 517 Nm.

Wanneer de lange dikwandige buizen in de kokers van de brug belast worden op dergelijke krachten, moet gecontroleerd worden of er geen kans op knik is. Hiervoor wordt de knikkracht F_k bepaald waarbij de buis kan knikken.

Eerst wordt de slankheid λ bepaald m.b.v. formule (28). Hierbij is l_k de vrije kniklengte ($=l/2$) en i_{min} de giratiestraal. [78]

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{min}} \quad [78] \quad (28)$$

Dit geeft $\lambda = 200 \text{ mm} / 16,5 \text{ mm} \approx 12$, wat minder is dan de grenswaarde van 105 voor zacht staal waarbij de formule van Euler gebruikt mag worden. Hierdoor moet beroep gedaan worden op de formules van Von Tetmayer. Hierbij kan de knikkracht F_k bepaald worden m.b.v. formule (29) waarbij A de oppervlakte van de doorsnede is. [78]

$$F_k = A * (31\,000 - 114,08 * \lambda) \quad [78] \quad (29)$$

Dit geeft $F_k = 4\,042 \text{ mm}^2 * (31\,000 - 1369) = 119,7 \text{ MN}$. Na deling door een veiligheidsfactor van 3 wordt dit 39,7 MN.

Er is dus geen voorzienbaar risico op knik bij een voorspankracht van 414 kN.

De drukspanning bedraagt 102 MPa, wat tevens binnen de toelaatbare spanningen ligt (1.5.2).

1.5.17 Aanhaalmoment van de rondselaslagerbouten

De UCP 217-lagerblokken van de rondselassen worden via de uitlijnplaat op de stoel gebout. Hiervoor worden per blok twee zeskantbouten DIN EN ISO 4014 10.9 M20x130 i.c.m. sluitringen DIN EN ISO 7089 300 HV en zelfborgende zeskantmoeren DIN 6925 10.9 M20 (bijlage 2.2.5 [36], bijlage 2.2.19 [24] en bijlage 2.2.15 [43]). De keuze van de diameter wordt beperkt door de doorgangsgaten van de lagerblokken (bijlage 2.3.2 [38]).

De belasting op de rondselassen wordt bepaald in 1.5.12 en samengevat in Tabel 24, hierbij komt ook het gewicht van de rondselassen van 392,4 N (= 40 kg) (9.T5119 Rondselas). Het gewicht van het rondsel, de motor, de rondselas en de lagerblokken van 11,6 kg dragen bij aan de normaalkracht op de stoel en veroorzaken zo wrijvingskracht (bijlage 2.3.2 [38]). Dat is samen al 3 303 N.

De radiale kracht op het rondsel kan een kracht evenwijdig met het montageoppervlak van de lagerblokken veroorzaken, dit moet tegengewerkt worden door de wrijvingskracht gecreëerd door de normaalkracht op de uitlijnplaat en analoog de stoel.

De wrijvingskracht wordt bepaald m.b.v. formule (27) [77]. Hierbij is de wrijvingscoëfficiënt $\mu = 0,5$ [79]. Voor een wrijvingskracht gelijk aan de radiale kracht op het rondsel wordt een normaalkracht van de bout bekomen van:

$$F_w = F_N * \mu \leftrightarrow 8298,52 \text{ N} = (3\,303 \text{ N} + F_{bout}) * 0,5 \leftrightarrow F_{bout} \geq 13,294 \text{ kN}$$

Op basis van de gebruikte sterkteklasse en de veiligheidsfactor op permanente vervorming kan een geschikt maximaal aanhaalmoment bepaald worden volgens een online calculator van Werktuigbouw.nl. De resultaten worden weergegeven in Figuur 118. [80]

Aanhaalmoment voorspanning

Metrische draad : M20

voorgeschreven trekspanning : $\sigma_t =$ 0.5 $\cdot R_{p0.2}$

draad-wrijvingscoëfficiënt : $\mu_{thread} =$ 0.15

draagvlak-wrijvingscoëfficiënt : $\mu_{head} =$ 0.15

spoed P	2.5	mm
flankdiameter d_2	18.376	mm
kerndiameter d_3	16.933	mm
spanningsdoorsnede $A_t = \pi/4 \cdot d_0^2$; $d_0 = (d_2 + d_3)/2$	244.79	mm ²
treksterkte R_m	1000	MPa
rekgrens $R_{p0.2}$	900	MPa
trekspanning $\sigma_t = \sigma_t \cdot R_{p0.2}$	450	MPa
torsie spanning $\tau = M_G/W_p$; $W_p = \pi/16 \cdot d_3^3$	231.61	MPa
equivalente spanning $\sigma_e = (\sigma_t^2 + 3\tau^2)^{1/2}$	602.85	MPa
draadwrijvingsmoment aanhalen M_G	220.79	Nm
draadwrijvingsmoment lossen M_G	-130.5	Nm
draagvlakwrijvingsmoment M_{WD}	214.81	Nm
Aanhaalmoment $M_A = M_G + M_{WD}$	435.6	Nm
Voorspankracht $F_i = \sigma_t \cdot A_t$	110.16	kN
Belasting bij vloeien $F_{0.2} = R_{p0.2} \cdot A_t$	220.31	kN
Belasting reserve $P_b = F_{0.2} - F_i$	110.16	kN

1) torsiespanning verdwijnt na aanhalen door relaxatie.

www.werktuigbouw.nl

Figuur 118: Calculator voor het aanhaalmoment van de rondselaslagerbouten [80]

Zo wordt een aanhaalmoment van 425 ± 10 Nm bekomen wat een voorspanning van ca. 110 kN levert per bout. Dit is dus voldoende om de lagerblokken te borgen.

1.5.18 Levensduur van de rondselaslagers

De rondselassen worden elk gelagerd met twee lagerblokken type UCP 217 (1.4.6). Hiervan wordt de levensduur benaderend berekend om het onderhoudsinterval in te kunnen schatten en te controleren of de lagerblokken geschikt zijn. De belasting op de rondselassen wordt bepaald in 1.5.12 en samengevat in Tabel 24, hierbij komt ook het gewicht van de rondselassen van 392,4 N (= 40 kg) (9.T5119 Rondselas).

De belasting en snelheid zijn vrijwel constant en er is geen axiale belasting aanwezig. Voor deze berekening wordt gerekend met $2/3^{de}$ van de totale last per rondselas op een enkel lagerblok. Dat komt neer op een radiale belasting van $\frac{2}{3} \cdot (392,4 + 8298,52 + 608,22 + 2074,82)N = 7\ 582,64 \approx 8$ kN.

De levensduur in uren van de lagers wordt bepaald m.b.v. formule (30) en formule (31). Hierbij is P de belasting, C het dynamisch draaggetal van 83,2 kN en $p = 3$ gezien het kogellagers zijn en $n_{max} = 10$ (bijlage 2.3.2 [38], 1.5.15). [81]

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad [81] \quad (30)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot L_{10} \quad [81] \quad (31)$$

Dit geeft $L_{10} = \left(\frac{83,2}{8}\right)^3 = 1\ 124,9$ en $L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 10} \cdot 1\ 124,9 = 1\ 874\ 833$ uur. De lagers zijn dus zeker geschikt voor deze belasting en kunnen mits correcte montage en onderhoud gedurende de hele levensduur van de machine dienst doen.

1.5.19 Diameter van de blokkeerpennen

De brug wordt vergrendeld m.b.v. twee blokkeerpennen, zoals besproken in 1.4.10. Indien de brug doorslaat en botst op de blokkeerpennen, worden die belast op buigspanning en afschuiving. Door de ondersteuning van de pennen zo dicht mogelijk bij de brug te brengen, wordt de buigspanning beperkt. De afschuifspanning is zo de beperkende factor die de minimale diameter van de pennen bepaald.

Analoog aan 1.5.9 wordt de diameter berekend m.b.v. formule (15). De kracht wordt bepaald door het moment van de brug en de afstand tot de rotatieas. Hierbij wordt het maximaal moment van positie 90° (= 270°) gebruikt. Indien later extra gaten aan de brug worden toegevoegd om ook in die posities te vergrendelen, moeten de pennen de brug kunnen tegenhouden. Bijkomend worden de pennen berekend zodat elke pen de last kan stoppen, indien een pen defect is of gedemonteerd wordt bij negatie van de veiligheidsvoorschriften.

Het maximaal moment is 41 kNm en de afstand tot de rotatieas is 910 mm (1.5.6, 9.W5108 Stoel FP (nabewerking)). Analoog aan formule (4) wordt de kracht bepaald als $F = M \div r = 41\ 000\ 000\ \text{Nmm} \div 910\ \text{mm} = 45\ 055\ \text{N}$. De resultaten voor afschuiving worden gegeven in Tabel 34.

Tabel 34: Minimale diameter van de blokkeerpennen op afschuiving

Mat	ft	Rm	Re	tsb	tsv	Amin breuk [mm ²]	A min vervorming [mm ²]	Ømin [mm]
S235	0,58	360	235	208,8	136,3	647	661	29
S355	0,58	510	355	295,8	205,9	457	438	24
C45	0,58	580	305	336,4	176,9	402	509	25

Voor kwaliteit C45 wordt een diameter van 25 mm bekomen. Deze wordt verdubbeld tot 50 mm om een sterkere visuele indruk te geven en om standaard glijlagers met een grotere breedte en dus meer ondersteuning te kunnen gebruiken. De berekeningen houden ook geen rekening met stootbelasting, dit wordt opgevangen door de verdubbeling van de diameter.

1.5.20 Lasberekeningen

De dimensionering van de lasnaden wordt grotendeels bepaald m.b.v. de mogelijke lasnaadvoorbereiding en enkele typische vuistregels. De lassen van de voorplaat van de stoel en de vierkante kokerprofielen van de brug worden wel benaderend berekend.

Alle platen krijgen waar mogelijk een lasnaadvoorbereiding volgens ISO 9692. Hiervan worden de voornaamst gebruikte voorbereiding afgebeeld in Figuur 119. Zo kunnen de lasnaden correct aangebracht worden om doorlassing te bevorderen. Hierdoor wordt scheurinitiatie door kerfwerking in de mate van het mogelijke vermeden. [82]

2.3	> 10	Y-naad			$\alpha = 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$ $2 \leq c \leq 4$	-	111 141 13		In bijzondere gevallen ook voor dünnere werkstukken en lasproces 3. Tegenlas wordt aangeduid
1.9.1	$3 < t \leq 10$	Halve V-naad			$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$2 \leq b \leq 4$ $1 \leq c \leq 2$	-	111 13		-
1.9.2								141		
1.11	> 16	J-naad			$10^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$2 \leq b \leq 4$ $1 \leq c \leq 2$	-	111 13 141		-
2.9.1	> 10	K-naad			$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$ ≤ 2	$\frac{t}{2}$ of $\frac{t}{3}$	111 13		Deze naad kan ook asymmetrisch zijn analoog aan de asymmetrische X-naad.
2.9.2								141		

Figuur 119: Meest gebruikte lasnaadvoorbereidingen in het ontwerp [82]

De dimensionering van de lasnaadvoorbereidingen kan wel afwijken van de aanbevolen waarden. Door de massa van de gebruikte platen worden maat c en b soms aangepast om constructie te vergemakkelijken. Voorbereidingen die overdreven dikke lassen veroorzaken worden ook verkleind.

De lasnaden van de niet kritische lassen worden gedimensioneerd zodat de lasnaadvoorbereidingen helemaal opgevuld kunnen worden. Daarbij wordt ook de vuistregel aangehouden dat de keelhoogte 80% van de plaatdikte of de helft van de plaatdikte + 1 mm bedraagt. Deze vuistregels zijn afkomstig van de constructeur Vemaro en de opdrachtgever. Mogelijke keelhoogtes bij deze vuistregels worden gegeven in Tabel 35.

Tabel 35: Indicatieve dimensionering van lasnaden volgens vuistregels

	Plaatdikte d	Keelhoogte a	Lengte korte been s
0,8*d	20	16	23
	40	32	45
	60	48	68
0,5*d+1	20	11	16
	40	21	30
	60	31	44

De lasnaden die de kokerprofielen en zijplaten van de brug verbinden worden wel uitgerekend gezien hun kritische aard. Hierbij worden de verstevigingen op de brug niet meegerekend. Deze berekening loopt volgens de uitgeschreven methode uit hoofdstuk 13 van het handboek 'Lastechnologie'. Hierbij worden verschillende situaties afhankelijk van het type belasting vereenvoudigd tot formules om een gepaste keeldoorsnede a te berekenen. Bij deze methode wordt verondersteld dat het toevoegmateriaal minstens even sterk is als het basismateriaal en de lengte L van de las minstens 30 mm of zes keer de keelhoogte is. Hierbij moet wel benadrukt worden dat deze berekeningen steeds een vereenvoudiging van de werkelijkheid en dus indicatief zijn. [83]

De gebruikte situaties en formules zijn te vinden in bijlage 5.1 [83].

De maximaal toelaatbare spanningen voor kwaliteit S355 zijn te vinden in Tabel 12 en Tabel 13 (1.5.2). De aanwezige belastingen worden gevonden in 1.5.3.

Bij een vierkant kokerprofiel van 400 mm * 400 mm met een hoekradius van 60 mm is de lengte per lasnaad 280 mm. Er wordt verondersteld dat de lengte van de naden aan de hoeken niet wordt meegerekend als extra veiligheidsmaatregel.

De kokerprofielen van de brug worden belast op drie manieren.

- Radiale kracht door het gewicht van het motorblok → basisgeval 3 (Figuur 130 [83])
- Moment op de inspanpunten → basisgeval 5 (Figuur 131 [83])
- Wringing door F² → basisgeval 6 (Figuur 132 [83])

- Voor basisgeval 3 wordt een belasting van 350 kN gebruikt, indien het blok niet symmetrisch op de brug wordt gezet kan een kant meer belast worden dan de andere.

$$\text{Dit geeft } \bar{\sigma} = \bar{\tau} = \frac{\sqrt{2} * F}{4 * a * L} \leftrightarrow a_{\min} = \frac{\sqrt{2} * F}{4 * L * \bar{\tau}} = \frac{\sqrt{2} * (350 \text{ kN})}{4 * (2 * 280 \text{ mm}) * 99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 2,23 \text{ mm}$$

- Voor basisgeval 5 wordt het maximaal moment van in de inspanpunten gebruikt. Het maximaal buigmoment in een richting is 390 kNm (Figuur 78 1.5.3).

$$\text{Dit geeft } F = \frac{M}{\left(d + \frac{\sqrt{2} * a}{2}\right)} = \frac{390 \text{ kNm}}{400 \text{ mm} + 0,71 * a}$$

Wanneer deze kracht gebruikt wordt in basisgeval 1 (Figuur 134 [83]) geeft dit:

$$\bar{\tau} = 0,354 * \frac{390 \text{ kNm}}{a * L} \leftrightarrow 0,71 * a^2 + 400 \text{ mm} * a - \frac{0,354 * 390 * 10^6 \text{ Nmm}}{99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * (2 * 280 \text{ mm})} = 0$$

$$\leftrightarrow a_{\min} = 6,16 \text{ mm}$$

- Voor basisgeval 6 is het maximaal wringend moment

$$F'1_{max} * \frac{h}{2} = 472 \text{ kN} * 0,2\text{m} = 94,4 \text{ kNm} \quad (1.5.3)$$

$$\text{Dit geeft } F = \frac{M}{\left(d + \frac{\sqrt{2} * a}{2}\right)} = \frac{94,4 \text{ kNm}}{0,4 \text{ m} + 0,71 * a}$$

Wanneer deze kracht gebruikt wordt in basisgeval 2 (Figuur 134 [83]) geeft dit:

$$\bar{\tau} = \frac{\frac{94,4 \text{ kNm}}{0,4 \text{ m} + 0,71 * a}}{2 * a * L} \leftrightarrow 0,71 * a^2 + 400 \text{ mm} * a - \frac{94,4 * 10^6 \text{ Nmm}}{2 * 99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * (2 * 280 \text{ mm})} = 0$$

$$\leftrightarrow a_{min} = 2,1 \text{ mm}$$

Om de berekening te maken met een combinatie van de verschillende spanningen, kan de gevonden maximale Von Mises-spanning van 148 MPa gebruikt worden. Zo kan m.b.v. formule (7) het buigend moment bepaald worden. (Tabel 14 [67])

$$\text{Dit geeft } \sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \leftrightarrow M_b = \sigma_b * W_b = 148 \text{ MPa} * 3577 \text{ cm}^3 = 52,9 \text{ Nm}.$$

Met dit gevonden buigmoment wordt m.b.v. basisgeval 5 een minimale keeldoorsnede van 8,4 mm gevonden.

In deze berekeningen wordt geen rekening gehouden met het eigengewicht van de kokers of de combinatie van de belastingen.

Wanneer de lasnaden worden gedimensioneerd zodat de lasnaadvoorbereiding wordt ingevuld, wordt een keeldoorsnede van ca. 50 mm gevonden. Met deze keeldoorsnede wordt dus zeker voldaan aan de hierboven berekende dimensies.

De lasnaden van de voorplaat van de stoel worden voornamelijk belast door een buigend moment veroorzaakt door het gewicht van de last en de axiale afstand van het draaikranslager tot de last. De radiale kracht van de last belast de lasnaden en de plaat op een drukkracht. Dit leidt tot basisgeval 5.

Het buigend moment is hier $0,1425 \text{ m} * (60\,000 \text{ kg} + 9000 \text{ kg}) * 9,81 = 96,5 \text{ kNm}$ (bijlage 2.3.3 en 1.5.6).

$$\text{Dit geeft } F = \frac{M}{\left(d + \frac{\sqrt{2} * a}{2}\right)} = \frac{96,5 \text{ kNm}}{0,4 \text{ m} + 0,71 * a}$$

Wanneer deze kracht gebruikt wordt in basisgeval 1 (Figuur 134 [83]) geeft dit:

$$\bar{\tau} = 0,354 * \frac{\frac{96,5 \text{ kNm}}{0,4 \text{ m} + 0,71 * a}}{a * L} \leftrightarrow 0,71 * a^2 + 400 \text{ mm} * a - \frac{0,354 * 96,5 * 10^6 \text{ Nmm}}{99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 2950 \text{ mm}} = 0$$

$$\leftrightarrow a_{min} = 0,29 \text{ mm}$$

Wanneer de lasnaden worden gedimensioneerd zodat de lasnaadvoorbereiding wordt ingevuld, wordt een keeldoorsnede van ca. 55 mm gevonden. Met deze keeldoorsnede wordt dus voldaan aan de hierboven berekende dimensie.

Het lasproces wordt niet gespecificeerd en het is aan de constructeur om te bepalen hoe de lassen worden aangebracht. Lasnaden die worden gelast binnen de productie van de opdrachtgever krijgen een standaard WPS-document per naad afhankelijk van het type las, het materiaal en de plaatdikte. Aangezien het project wordt uitbesteed heeft het dus geen zin extra eisen te leggen op de lassen aangezien de constructeur eigen procedures volgt en meer ervaring heeft met deze omvang van lassamenstellingen.

2 Verklaring van de tekeningen

2.1 Verschillen in tekenconventie

De Anglo Belgian Corporation gebruikt tekenconventies afwijkend van ISO 128 die wordt gebruikt in de opleiding Ontwerp en productietechnologie. In samenspraak met de stagebegeleider en stagementor worden alle tekeningen van dit project volgens de conventies binnen ABC getekend met bijhorende sjablonen. In Tabel 36 worden de verschillen beknopt opgelijst. ABC beschikt niet over standaard vorm- of plaatstoleranties, hiervoor wordt ISO 2768-mK gebruikt tenzij anders vermeld.

Tabel 36: Verschillen in tekenconventie

Beschrijving	ABC	OPT
Afbakening detailaanzicht	aslijn	dunne volle lijn
Titel detailaanzicht	Detail X (Schaal - scale -x:x)	Detail X
Nummering detailaanzichten	letter met pijl	vrijstaande letter
Afbakening gebroken aanzicht	rechte aslijn	gebogen dunne volle lijn
Afbakening plaatselijke doorsnede	verzameling rechte volle lijnen	1 spline
Lettertype	Monospac821 BT	Osifont
info stuk (naam, grootte, materiaal, etc)	titelhoek	BOM
Gebruikte ruwheden	bovenaan tekening, algemene ruwheid zonder been of "Ra"	apart kader in titelhoek
Maatlijnen	niet tot tegen countour	tot tegen countour
Kanten breken	vermeld met normen in titelhoek	apart boven BOM vermelden
Standaard maattoleranties	stelsel \neq ISO 2768m in titelhoek	ISO 2768mK in titelhoek
Standaard vormtoleranties	geen	ISO 2768mK in titelhoek
Opmerking/leverancier	niet aanwezig	vak in BOM
Leveringsnorm/kwaliteitsnorm	ruw (maakstuk) of spec. nr. (standaardonderdeel)	vak in BOM
Kwaliteitsnorm	"Materiaal" in titelhoek	vak in BOM
Tangent edges	zichtbaar als dunne lijn	niet zichtbaar
Aslijnen van gebogen vormen/af rondingen	i.f.v. leesbaarheid en duidelijkheid	nee
Vouwen en marge	geen perforatiemarge, in helften vouwen	volgens DIN EN ISO 5457:199-07
Positie doorsnede	EU-projectie of los zolang duidelijk	EU-projectie
Benaming doorsnede	Section A-A	A-A
Schaal	kan veranderen i.f.v. duidelijkheid	zelfde als origineel aanzicht
Nummering samenstelling	omcirkeld nummer, pijl met bol op zijkant	vrij nummer, pijl met bol in lichaam of pijl tegen rand
Kanten breken	norm in titelhoek	"Kanten breken 0,2" boven titelhoek
Volgorde nummering samenstelling	BOM gesorteerd op naam, nummering volgt	numering logisch op tekening, BOM volgt
Nummering doorheen project	alleen codes zijn van belang, elke tekening begint opnieuw met eigen nummering	op hoofdsamenstelling nummers (bv. 1), alle deel- en lassaamenstellingen volgen hierop (bv. 1a)
Grenzen getrapte doorsnede	grens als aslijn	geen grens
Nummering stuktekening	geen, alleen code	nummer (samenstelling) en label
Standaard normen	alles volgens DIN	ISO is wenselijk
Maat op stuktekening	maten van afgewerkt stuk	maten van ruwe stuk
Bemating blinde boringen	tot op lijn van einde cilinder	tot op boorpunt
Rangorde lijnen	i.f.v. leesbaarheid en duidelijkheid	vaste rangorde
Isometrische zicht op tekening	mag	niet gebruikelijk
Lasaanduiding	genummerd, verwijzing naar WPS indien intern gelast. Lasaanduiding met bemating op getekende las voor uitbesteding.	lasaanduiding met info en procesnummer
Bemating lasstukken	op lassaamenstelling maar aparte sheet, alternatief omkaderd op zelfde sheet	of zelfde sheet lassaamenstelling
Toleranties volgens ISO 286	tolerantie naast maat op maatlijn	tolerantieladder boven BOM
Ronde gaten op een zelfde hoogte	verbinden met as-/hartlijnen en gat dicht bij de kant bematen	maatlijn verste gat door alle gaten trekken of dichtste bematen en aangeven hoeveel keer
Kruisende maatlijnen	vermijden waar mogelijk, anders onderbreken	vermijden waar mogelijk
Arcering	veelvoud van 30° of 45°	standaard 45°
Aanhaalmoment/coating bevestigingsartikelen	tabel op tekening met info	geen vermelding
Tekeningen van aangekochte onderdelen ter info	tekening fabrikant op eigen sjabloom plakken	wordt niet gedaan
Info bij perspassingen	maat met tolerantie bij onderdelen, verdere info boven titelhoek	wordt niet gedaan

2.2 Codering van de tekeningen

De codering van de tekeningen wordt opgebouwd m.b.v. de regels van de opdrachtgever voor speciale projecten (hors-série). Deze codes beginnen telkens met "9.". Vervolgens volgt een letter dat het formaat van de tekening aangeeft. Deze conventie wordt weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37: Codering van formaten van tekeningen

Formaat	A4	A3	A2	A1	A0
Code	NVT	T	S	W	V

Na de letter volgt het volgnummer. Dit gaat verder op het vorige speciale project. In dit geval is het eerst volgende nummer 5103. De hoofdsamenstelling van de machine krijgt dus code 9.V5103. Alle tekeningen krijgen op volgorde van de BOM van de hoofdsamenstelling hun eigen analoge code.

Onderdelen die alleen in een samenstelling voorkomen en geen eigen tekening krijgen worden gecodeerd door een extra nummer toe te voegen aan de code van hun ouderlijke samenstelling. De code van de deelsamenstelling van de rondselas is 9.T5118, de lagerblokken krijgen dan code 9.T5118-2 aangezien ze geen eigen tekening krijgen en hun nummer in de BOM 2 is. De rondselas zelf heeft wel een eigen tekening dus die krijgt code 9.T5119, de eerstvolgende beschikbare code na die van de deelsamenstelling.

Standaardonderdelen kunnen een standaardcode van de opdrachtgever krijgen volgens een ander systeem, indien ze daarin passen en standaard beschikbaar worden gesteld op de site. Die standaardcode begint met "100.". Specialere standaardonderdelen die specifiek voor de machine moeten worden aangekocht krijgen ook een eigen code volgens dezelfde regels als hierboven. Zo worden ze traceerbaar binnen de logistiek van de opdrachtgever.

Het "Spec. Nr." kan ofwel het investeringsnummer zijn bij maakonderdelen of samenstellingen of een leveringsnorm bij aangekochte onderdelen. Bij deze machine is het investeringsnummer G2321B (kan ook gezien worden als een groeperend projectnummer).

2.3 Samenstellingstekeningen

9.V5103 Hoofdsamenstelling

De hoofdsamenstelling wordt opgebouwd uit doorsneden die vertrekken vanaf een centraal bovenaanzicht. Hieruit kunnen eventueel nog verdere doorsneden ontstaan. Op deze manier worden alle onderdelen zichtbaar. Getrapte doorsneden laten toe om meerdere zaken weer te geven op een enkel aanzicht, maar het aantal trappen wordt waar mogelijk beperkt tot een minimum.

Verspreid over de resulterende aanzichten worden detailaanzichten aangeduid die te vinden zijn op het tweede blad. Gezien de schaal en de omvang van de machine zijn detailaanzichten steeds noodzakelijk, waardoor het merendeel van de onderdelen ook op deze aanzichten worden aangeduid.

Waar nodig worden lineaire maten gedefinieerd om bv. de positie van de kabelgoten aan te geven. Detailaanzichten die gelijkaardige onderdelen tonen worden liefst gegroepeerd zodat de aanduiding gedeeld kan worden. Aanzichten C-C, E-E en H-H worden gedecentraliseerd om optimaal gebruik te maken van de witruimte van het blad. Op aanzicht D-D wordt ook de ondergrond symbolisch getekend als arcering ter verduidelijking.

Ballonnen met een asterisk verwijzen naar een tabel met specifieke aanhaalmomenten en coating van kritieke boutverbindingen. De overige bouten worden aangespannen met de standaard aanhaalmomenten uit de andere tabel. In sommige ballonnen staan meerdere nummers, zo worden identieke maar gespiegelde detailaanzichten vermeden bij bv. de draaikranslagers en de motoren.

Zaken die meermaals voorkomen worden slechts eenmalig in een detail getoond. De montage van de vier afsluitplaten wordt bv. gereduceerd tot detail U. Op doorsnede D-D wordt een afsluitplaat nog eens aangeduid om verwarring met de ventilatieroosters te vermijden. Er wordt geacht dat op basis van de beschikbare gaten in de stoelen en het aantal onderdelen het steeds duidelijk is voor de monteurs waar de onderdelen moeten komen.

De elektrische kast en de noodstoppen kunnen vrij gepositioneerd worden. Op basis daarvan worden ook de ventilatieroosters en eventueel afsluitplaten anders gepositioneerd.

Speciale instructies voor montage zoals het voorbereiden en/of tappen van montagegaten worden op de tekening als nota gespecificeerd. Het aanbrengen van montagegaten tijdens montage laat een goedkopere nabewerking van de stoel toe en geeft de monteur ook de vrijheid om bv. de ventilatieroosters goed overeen te laten komen met hun uitgesneden doorgangsgaten.

De draaikranslagers worden op de stoelen gemonteerd door ze ingewreven met montagepasta in hun zitting te plaatsen en te borgen met cilinderkopschroeven met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 10.9 M24x190 i.c.m. zelfborgende zeskantmoeren DIN 980 10.9 M24 en sluitringen DIN EN ISO 7089 300HV M24 (bijlage 2.2.2 [23], bijlage 2.2.16 [25] en bijlage 2.2.19 [24]). De schroeven/moeren worden bevestigd met een aanhaalmoment van 950 Nm. De sterkteklasse en het aanhaalmoment worden gespecificeerd door de fabrikant (bijlage 2.3.5 [84])

Verdere instructies voor montage worden gespecificeerd in de montagehandleiding in bijlage 6.

9.S5104 Draaistoel montage motorblok

Deze tekening vormt een vervolg op de hoofdsamenstelling en toont hoe een motorblok om de brug gemonteerd dient te worden. De verschillende mogelijke configuraties van boutenpatronen worden weergegeven in een tabel en op een bovenaanzicht van de brug. Wederom wordt een specifiek aanhaalmoment aangegeven.

2.4 Deelsamenstellingen

Algemeen wordt op elke deelsamenstelling een tabel met aanhaalmomenten voor de gebruikte bouten gegeven, aangeduid door een asterisk.

Instructies voor montage worden gespecificeerd in de montagehandleiding in bijlage 6.

Het doel van de deelsamenstellingen is om de hoofdsamenstelling minder zwaar te maken en om aan te geven welke onderdeel als samengesteld kunnen worden alvorens ze in of op de stoel worden gemonteerd.

9.T5109 Penblok

De twee SKF PSMF 605035 A1 glijlagers worden in het penhuis geperst. Door deze glijlagers schuift de blokkeerpen (1.4.10, bijlage 2.3.1 [85], 9.T5117).

Op de tekening staan de toleranties van de rakende oppervlakken van beide componenten vermeld ter info voor de monteur, dit is gebruikelijk bij de opdrachtgever. Indien de klemming tussen de onderdelen relatief groot is, kan het huis verwarmd of de glijlagers gekoeld worden. Zo wordt beschadiging of vervorming vermeden. Aangezien de glijlagers met olie geïmpregneerd zijn, kunnen deze niet zomaar gekoeld worden in bv. vloeibare stikstof en mag het huis niet te warm worden. SKF geeft hiervoor geen verdere informatie. Na contact met de fabrikant blijkt dat de lagers gekrompen kunnen worden door ze na in te pakken met aluminiumfolie te koelen met droog ijs. Of het penhuis kan opgewarmd worden tot maximaal 100 °C, dit kan met een inductieve opwarmer voor lagers (bijlage 2.3.1). De glijlagers moeten in elk geval zo lang mogelijk in hun originele verpakking blijven en mogen niet in contact komen met absorberende materialen zodat de olie niet kan weg lekken.

9.S5113 Deur

Op elke deur komen 3 scharnieren van Elesa Ganter type GN 237A-ZD-60-60-A-SW die worden gemonteerd met twee verzonken schroeven met binnenzeskant ISO 10642 8.8 M8x14 (bijlage 2.3.18 [45] en bijlage 2.2.3 [50]). De twee sluitingen van Elesa Ganter type GN 516.5 VK8 worden in de deur gemonteerd met de bijgeleverde moeren (bijlage 2.3.20 [47]). De handgrepen van Elesa Ganter type GN 728-180-A worden op de deur gemonteerd met twee cilinderkopschroeven met binnenzeskant ISO 4762 8.8 M8x16 i.c.m. sluitringen ISO 7089 200 HV M8 (bijlage 2.3.21 [48], bijlage 2.2.1 [51] en bijlage 2.2.18 [53]). Op de deur wordt een afdichtband van Elesa Ganter type VKP MAX geplakt met een lengte volgens de maat in de BOM (bijlage 2.3.22 [49]).

De functie van deze onderdelen wordt besproken in 1.4.8.

9.S5115 Bovendeksel

Het bovendeksel sluit een stoel af. Om het deksel te kunnen verplaatsen worden vier oogmoeren DIN 582 C15E gebruikt die op het deksel worden gebout met een zeskantbout ISO 4017 8.8 M10x25 i.c.m. een sluitring ISO 7089 300 HV M10 (9.T5116, bijlage 2.2.17 [52], bijlage 2.2.7 [86] en bijlage 2.2.19 [24]). Alternatief kunnen oogbouten gebruikt worden i.c.m. zeskantmoeren met borging maar hiervan is de lengte van de schroefdraad te kort om volledig door de moer te gaan. Getapte gaten in het deksel kunnen dit oplossen, maar hiervoor moet het deksel minstens 17 mm dik zijn, wat een te dikke en zware plaat veroorzaakt [87]. Een oogmoer i.c.m. met een bout geeft de vrijheid om de lengte van de bout aan te passen naar de dikte van de plaat. Montage van deze bout dient te gebeuren met LOCTITE® 243 [88]. Dezelfde bout kan gebruikt worden om het bovendeksel op de stoel te monteren, waardoor minder verschillende standaardonderdelen nodig zijn. Alternatief kan een grotere oogbout en zeskantmoer met borging gebruikt worden, wat een hogere kostprijs teweegbrengt.

In het deksel worden twee ventilatieroosters van Rittal type SK 3243.22 geplaatst (bijlage 2.3.17 [54] [89]). Deze worden op het deksel gemonteerd met de bijgeleverde schroeven in getapte gaten van het deksel. De functie hiervan wordt besproken in 1.4.7.

9.T5118 Rondselas

De rondselas wordt door de twee SKF UCP 217 lagerblokken geschoven met de aangegeven maten als positionering (9.T5119). De stelschroeven van de lagerblokken kunnen nu met de hand vastgezet worden zodat de onderdelen samenblijven wanneer ze in de stoel worden gemonteerd. Tijdens montage op de uitlijnplaat in de stoel worden de stelschroeven terug los geschroefd om montage en uitlijning mogelijk te maken (9.T5124). Na uitlijning kunnen de stelschroeven vastgezet worden met 28,5 Nm (bijlage 2.3.2 [38]).

De vlakke inlegspieën in de rondselas gelegd en indien nodig met lichte hamerslagen in hun zitting gemonteerd. Vervolgens wordt het rondsel op de as geschoven en geborgd met de zeskantflensbout DIN 6921 8.8 M20x40 i.c.m. een sluitring ISO 7089 300 HV M24 en een sluitring DIN 9021 200 HV M30 zoals besproken in 1.4.1 (9.T5120, bijlage 2.2.9 [15], bijlage 2.2.18 [24] en bijlage 2.2.20 [44]).

Bij montage kunnen de rakende oppervlakken van de rondselas, inlegspieën en het rondsel ingesmeerd worden met montagepasta. Zo wordt montage vereenvoudigd en wordt hopelijk vermeden dat de onderdelen na lange tijd vast komen te zitten.

9.T5122 Signaalzuil

Deze deelsamenstelling geeft louter aan in welke volgorde de verschillende signalisatie-elementen gemonteerd moeten worden op de basis.

2.5 Bespreking van de technische tekeningen

Algemeen wordt de oppervlakteruwheid van de stukken gegeven in de rechter bovenhoek van de tekening. Die is Ra 6,3 voor verspaande stukken, Ra 12,5 voor lasnaadvoorbereidingen en Ra 25 voor uitgesneden plaatmateriaal. Soms wordt een ruwheidsymbool zonder waarde gebruikt, zo wordt enkel duidelijk gemaakt welk vlak bewerkt moet worden.

Tenzij anders vermeld worden functionele ruwheden bepaald als $\frac{1}{15} * T < Ra < \frac{1}{12} * T$ met T = de grootte van de tolerantie op de nominale maat in μm . Vorm- en plaatstoleranties worden analoog bepaald als $\frac{1}{5} * T < VT < \frac{1}{3} * T$. [72]

9.V5107 Stoel (lastekening)

De structuur van de stoelen wordt besproken in 1.4.7.

Het gebruikte plaatmateriaal heeft kwaliteit S355J2 (1.0577). Aanvankelijk wordt kwaliteit S235 gebruikt, maar in samenspraak met de constructeur Vemaro verandert dit naar S355J2. Vemaro gebruikt deze kwaliteit als standaardmateriaal voor alle constructies en koopt het materiaal aan bij Europese leveranciers om een hoog koolstofgehalte te vermijden. Ervaring leert hen dat staal van Aziatische leveranciers meer koolstof bevat wat nefast is voor de lasbaarheid.

Op sheet 1 wordt de samenstelling weergegeven en worden alle lassen aangeduid in een detailaanzicht. Alle lassen worden op de juiste plaats getekend in ingekleurd, dit is gebruikelijk bij de opdrachtgever. Op sheet 2 worden alle onderdelen gedimensioneerd, met uitzondering op onderdelen 1 en 2.

De dimensionering van de lasnaadvoorbereidingen en lassen wordt besproken in 1.5.20.

Waar nodig worden posities van onderdelen gedimensioneerd, de overige positionering kan worden afgeleid uit de geometrie van de onderdelen zelf.

Op onderdeel 6 worden al gefreesde vlakken aangebracht voor het lassen waar later de torsiearmblokken op worden gemonteerd (9.T5125). Dit kan eventueel ook bij het nabewerken maar dan is de bereikbaarheid van deze vlakken beperkter.

In een nota boven de titelhoek wordt vermeld dat de onderste lagersteun met bijhorende verstevigingen (10 en 11) eerst gelast en nabewerkt moet worden. Daarna kan de bovenste lagersteun en verstevigingen gelast en vervolgens nabewerkt worden. Deze constructiemethode wordt bepaald in samenspraak met de constructeur en laat toe de montageoppervlakken haaks te frezen t.o.v. de zitting van het draaikranslager. Tijdens het lassen van de bovenste steun is het aangeraden een beschermend lasdeken op het gefreesde vlak van de onderste steun te leggen om hechting van lasspatten te voorkomen.

9.W5108 Stoel FP (nabewerking)

Na het lassen van de stoelen worden ze nabewerkt. De voornaamste bewerkingen zijn de montageoppervlakken van de rondsellagers en de zittingen van de draaikransen.

De overige nabewerkingen worden samengevat in 1.4.7.

De getapte gaten die bij montage worden aangebracht worden op deze tekening gedimensioneerd.

Aan het doorgangsgat en de montagegaten van het penblok (9.T5109) wordt ook een gevlaakt oppervlak voorzien om een goede montage te bekomen.

De zitting wordt gedimensioneerd op basis van de dimensies van de draaikranslagers en de instructies van de fabrikant NBC (bijlage 2.3.3, bijlage 2.3.4, bijlage 2.3.5 [84] en bijlage 2.3.6). Eerst wordt 5 mm gevlaakt zoals besproken in 1.4.12. De zitting krijgt een tolerantie van H7, wat realistisch en gebruikelijk is voor de machine van de constructeur. Bijkomend wordt een cilindericiteitstolerantie van 0,06 mm op de mantel van de zitting gesteld om de zitting zo goed mogelijk te laten aansluiten op het lager. De mantel vormt ook referentie B.

De montageoppervlakken van de rondsellen op de lagersteunen worden zoals besproken in 9.V5107 om beurt gelast en nabewerkt. De onderste lagersteun vormt referentie A. Beide worden gevlaakt binnen de mogelijkheden van de machine. De oppervlakken krijgen een vlakheidstolerantie, een evenwijdigheidstolerantie t.o.v. elkaar en een haaksheidstolerantie t.o.v. de lagerzitting van 0,05 mm. Deze waarde wordt bepaald in samenspraak met de opdrachtgever om een realistisch haalbare waarde te eisen.

Het gatenpatroon voor de montagebouten M24 van de draaikranslagers worden ook bij het nabewerken aangebracht en krijgen een diameter van 30 mm om speling bij de montage te bieden.

9.T5110 Penhuis

Het penhuis wordt vervaardigd uit kwaliteit S235JR (bijlage 3.1.3). Dit is een courante kwaliteit die goed geschikt is voor verspaning.

De centrale boring voor het glijlager krijgt een tolerantie H7 volgens de voorschriften van SKF (bijlage 2.3.1) [85]. Aansluitend krijgt de mantel een cilindericiteitstolerantie van 0,05 mm zodat wanneer beide lagers in de boring worden geperst, de as nog steeds door de lagers kan bewegen. De as heeft een diameter van 50h9 mm en is dus maximaal $\varnothing 50$ mm, de boring van de lagers (geperst) heeft een diameter van 50E7 mm en is dus minimaal $\varnothing 50,05$ mm (1.4.10) [90]. In het slechtste geval betekend dit dus 0,05 mm speling tussen een lager en de blokkeerpen. Dit betekent dat de lagers een maximale afwijking in concentriciteit van 0,10 mm mogen hebben. Dit wordt gehalveerd tot 0,05 mm om een stroeve werking van de blokkeerpen te vermijden. De boring wordt in één opstelling vervaardigd, deze tolerantie moet dus zeker gehaald worden.

Op de boring wordt een oppervlakteruwheid Ra 1,6 geplaatst i.f.v. de toleranties en het monteren van de lagers. SKF heeft geen specifieke eis voor deze ruwheid. De boring krijgt aan beide kanten een soeverein van 30° om montage van de lagers te vereenvoudigen.

De vier doorgangsgaten voor cilinderkopschroeven M24 worden gedimensioneerd volgens DIN 974-1 (bijlage 2.1.5 [91]).

9.W5111 Brug (lastekening)

De structuur van de brug wordt besproken in 1.4.9.

Alle onderdelen worden vervaardigd uit staal met kwaliteit S355J2 1.0577 zoals besproken in 1.5.3 en 9.V5107.

De tekening wordt opgebouwd analoog aan 9.V5107.

De zijplaten en montagelatten krijgen een evenwijdigheidstolerantie van 4 mm zodat het frezen van de zittingen en het montageoppervlak kan uitgevoerd worden zonder overmatig materiaal te moeten wegnemen.

De dimensionering van de lasnaadvoorbereidingen en lassen wordt besproken in 1.5.20.

39.S5112 Brug FP (nabewerking)

Net zoals de stoelen wordt de brug gelast en vervolgens nabewerkt.

De zitting wordt gedimensioneerd op basis van de dimensies van de draaikranslagers en de instructies van de fabrikant NBC (bijlage 2.3.3, bijlage 2.3.4, bijlage 2.3.5 [84] en bijlage 2.3.6). Eerst wordt 5 mm gevakt zoals besproken in 1.4.12. De zitting krijgt een tolerantie van f9 zoals de tolerantie op de zitting van de buitenste ring. Bijkomend wordt een cilindriciteitstolerantie van 0,05 mm op de mantel van de zitting gesteld om de zitting zo goed mogelijk te laten aansluiten op het lager. Eén van de aslijnen van de zittingen vormt ook referentie B. De andere mantel krijgt bijkomend een concentriciteitstolerantie van 0,5 mm. Wanneer alle toleranties worden verrekend mogen de zittingen in het slechtste geval 1,58 mm van elkaars aslijn afwijken om theoretisch monteerbaar en functioneel te zijn. Dit wordt gereduceerd naar een derde om te vermijden dat effectief de slechts mogelijke situatie kan voorkomen en om montage van de zware draaikranslagers haalbaar te houden. 0,5 mm is nog steeds een aanneembaar haalbare waarde voor een verspanende bewerking, ondanks de mogelijke doorbuiging van de zijplaten. Bijkomend krijgt het vlakke deel van de zitting een evenwijdigheidstolerantie t.o.v. vlak A zodat de aslijnen van de lagers enigszins evenwijdig zijn.

Het gatenpatroon voor de montagebouten M24 van de draaikranslagers worden ook bij het nabewerken aangebracht en krijgen een diameter van 30 mm om speling bij de montage te bieden.

De montagelatten worden zoals besproken in 1.4.12 ook gevakt in één opstelling om een doorlopend montagevlak te bekomen. De positie van de lagerzittingen wordt gedimensioneerd vanaf dit gefreesd vlak volgens de bepaalde excentriciteit gevonden in 1.5.6.

9.T5114 Deur

De deur wordt vervaardigd door de vorm uit plaatmateriaal met kwaliteit S235JR te snijden. De boringen en getapte gaten kunnen eventueel na het snijden aangebracht worden. De plaat heeft een dikte van 4 mm zodat de getapte gaten voldoende diep zijn en de deur zijn vorm goed behoudt maar zodat het niet onnodig zwaar wordt.

Om een onnodig belaste tekening te voorkomen wordt aan de titelhoek als nota gespecificeerd dat alle uitsparingen volledig door de plaat gaan. Dit wordt ook duidelijk gemaakt door doorsnede A-A, maar kan afhankelijk van de printkwaliteit moeilijk zichtbaar zijn.

De functie van de deur wordt besproken in 1.4.8.

De doorgangsgaten van de sluitingen worden gedimensioneerd zoals opgegeven door de fabrikant (bijlage 2.3.20 [47]).

9.T5116 Deksel

Het deksel wordt op analoge manier aan 9.T5114 vervaardigd uit hetzelfde materiaal maar met dikte 10 mm. Een grotere dikte is nodig voor stijfheid van het grote hangende oppervlak.

9.T5117 Blokkeerpen

De blokkeerpenen worden aangekocht als een blank stuk rond geslepen C45+C/SH Ø50h9 mm [67]. Zo wordt langsdraaien over de volledige lengte van het stuk vermeden. Het stuk mag op lengte gezaagd worden en moet niet gevlaakt worden, daarom wordt op dit vlak een ruwheidssymbool voor onbewerkt geplaatst. SKF raadt een asdiameter met tolerantie h8 aan voor de glijlagers SKF PSMF 506050 A51 [85]. De tolerantie h9 voldoet hieraan en geeft iets meer mogelijkheid tot speling.

Deze kwaliteit wordt gekozen op basis van de berekening van de diameter en is goed verspaanbaar (1.5.19, bijlage 3.1.4 [67]).

Om een vlotte werking van de blokkeerpenen te bekomen, wordt een soeverein aangebracht op het uiteinde dat in de centrale brug schuift.

Om ruimte te bieden aan het scharnierpunt, worden uitsparingen aangebracht die kunnen gefreesd worden in twee opstellingen met een vingerfrees van Ø20. Op de tekening wordt de functionele/meettechnische maat geplaatst i.c.m. een productiegerichte maat als hulpmaat voor de constructeur.

9.T5119 Rondselas

De rondselas wordt vervaardigd uit kwaliteit C45 op basis van de berekening van de diameter en is zo goed verspaanbaar (1.5.12, bijlage 3.1.4 [67]).

De zitting van de lagerblokken krijgt een tolerantie van h7 op basis van de aanbevolen passing van de fabrikant (bijlage 2.3.2 [38]). Deze mantel vormt referentie A en krijgt daarom een bijkomstige cilindriciteitstolerantie die ook de zitting in de twee lagerblokken bevordert.

De tolerantie op de zitting van de motor wordt gespecificeerd door de fabrikant (Figuur 29 [35]). Om wankelen van de motor te vermijden wordt een concentriciteitstolerantie van 0,04 mm gesteld.

De zitting van de rondsels krijgt een tolerantie j7 wat samen met de tolerantie op de boring van de rondsels van H8 een passing vormt waar speelruimte waarschijnlijker is dan klemming (9.T5120, bijlage 2.1.6 [91]). I.f.v. de grootte van de onderdelen, de kost en de montage worden deze toleranties met een IT-klasse vergroot van H7/j6 naar H8/j7. De zitting krijgt een tolerantie op de maximale slag van 0,02 mm om een vlotte rotatie van het rondsels t.o.v. de lagering te bekomen zonder schommeling.

De as krijgt aan beide uiteinden een centerboring om verspanen in één opstelling mogelijk te maken.

De spiebanen worden krijgen toleranties voor een klemmende passing met de spie [91]. De gebruikte spieën worden gedimensioneerd in 1.5.13.

9.T5120 Rondsel

De dimensionering en kwaliteit van de rondsels wordt besproken in 1.5.14. Op de tekening worden geen maten van de vertanding weergegeven, aangezien die worden afgeleid uit de vermelde gegevens bovenaan de titelhoek.

De tolerantie op de centrale boring wordt besproken in 9.T5119. Hierbij wordt een cilindriciteit van 0,015 mm geëist.

Om axiaal schommelen te voorkomen, wordt een slagtolerantie van 0,05 mm gesteld op het vlak dat tegen de rondselas komt.

In het rondsel worden twee getapte gaten voorzien waar oogbouten in kunnen gemonteerd worden. Zo wordt manipulatie met hijswerktuigen mogelijk gemaakt voor het harden en het monteren.

De spiebanen krijgen toleranties voor een klemmende passing met de spie [91]. De gebruikte spieën worden gedimensioneerd in 1.5.13.

9.T5121 Draadstang

Aangezien de gebruikte draadstangen DIN 976 8.8 M16 niet de standaard lengte van 1, 2 of 3 m behouden, wordt een tekening gemaakt om de lengte te specificeren. De soevereinen worden niet gedimensioneerd aangezien dit geen afwijkende functionele soevereinen zijn. Het breken van scherpe kanten staat ook in de titelhoek vermeld.

9.T5123 Afsluitplaat

De afsluitplaat wordt op analoge manier aan 9.T5114 vervaardigd maar in kwaliteit DC01 gezien de dikte van de plaat. Buiten het afsluiten van ongebruikte ventilatiegaten heeft deze plaat geen functie en zijn verdere specificaties niet nodig.

9.T5124 Uitlijnplaat

De uitlijnplaat wordt vervaardigd uit kwaliteit S235JR (bijlage 3.1.3). Dit is een courante kwaliteit die goed geschikt is voor verspaning.

Het boven en ondervlak krijgen een vlakheidstolerantie van 0,05 mm, dit is een achtste van de vlakheidstolerantie bij ISO 2768-mK (bijlage 2.1.7 [91]). De vlakken krijgen ook een evenwijdigheidstolerantie van 0,05 mm. Dit zodat de rondsels correct uitgelijnd blijven t.o.v. de interne vertanding van de draaikranslagers. Idealiter worden hier strengere toleranties genomen, maar om de maakbaarheid en kost van het stuk realistisch te houden worden deze toleranties in samenspraak met de opdrachtgever beperkt tot minimum 0,05 mm.

9.T5125 Torsiearmblok

De torsiearmblokken worden vervaardigd als freesstuk uit een massieve blok staal met kwaliteit S235JR zoals besproken in 1.4.5. Dit blok is groter dan standaard geleverde maten maar kan worden uitgesneden uit overschotten van het plaatmateriaal van 9.V5107 of 9.W5111. [67]

Om kerfwerking te vermijden wordt een radius van 5 mm toegevoegd aan de rand tussen het lage en hoge deel. De sleuven laten radiale verschuiving bij montage toe.

9.S1528 Kabelgoot

De kabelgoten worden afgezaagd van standaard gebruikte kabelgoten van de opdrachtgever. Hiervan wordt de code gegeven als "RUW STUKCODE" in de titelhoek. Net zoals bij 9.T5121 dient deze tekening louter om de lengte van de goten aan te geven.

De gezaagde uiteinden krijgen hier wel een ruwheidswaarde om beschadiging of schuren van de elektrische kabels te voorkomen.

9.S5105, 9.S5106, 9.S5126 en 9.S5127

Deze tekeningen bestaan uit technische tekeningen en eventueel bijkomende gegevens van de fabrikant. De tekeningen worden gemaakt als bijkomende informatie voor de monteurs. Dit is gebruikelijk bij de opdrachtgever en laat toe de onderdelen een eigen unieke code te geven om logistieke redenen.

3 Verklaring van de sturing

3.1 Overzicht

Algemeen kan gesteld worden dat binnen de omvang van de stage en de bachelorproef de sturing van de motoren enkel oppervlakkig wordt uitgedacht. In wat volgt wordt dit aspect van het ontwerp slechts beknopt besproken met enkele symbolische schema's ter verduidelijking. De eigenlijke finale sturing en schema's worden uitgewerkt door bevoegd personeel van de opdrachtgever volgens de gebruikelijke normen met gespecialiseerde software. De gebruikte componenten worden gebaseerd op wat voorradig is bij de opdrachtgever of wat vaste leveranciers leveren, waardoor de keuze beperkt blijft.

De sturing van de motoren wordt uitgewerkt in samenspraak met de elektrische afdeling van de opdrachtgever. Zo worden de gebruiken en beschikbare componenten in acht gehouden.

De motoren worden gestuurd m.b.v. frequentieregelaars (= VSD) van Vacon (Danfoss) en een PLC van Siemens (S7-1250-DC/DC/DC). Hierbij is het essentieel dat de vier motoren perfect samenwerken. Aangezien wormkasten gebruikt worden is synchronisatie cruciaal zodat de motoren elkaar niet tegenwerken of overbelasten.

Om dit te bereiken kunnen de motoren aangestuurd worden door een gemeenschappelijke VSD of door meerdere VSD's die worden gesynchroniseerd m.b.v. encoders. I.f.v. redundantie wordt geopteerd om de motoren aan te kopen met ingebouwde incrementele encoders die kunnen communiceren met een centrale PLC die het geheel stuurt.

In dit systeem is de PLC het "brein" dat alles regelt en worden de VSD's zo "dom" mogelijk gehouden. Indien een VSD of bijhorende tandwielmotor defect is, vallen zo de overige motoren niet mee in panne. Indien de PLC defect is, is de machine wel integraal defect. De motoren kunnen worden gestuurd op basis van het uitgaand toerental of de stroom die een motor vraagt. Door te regelen dat elke motor evenveel stroom verbruikt, wordt verzekert dat alle rondsels evenveel moment op het draaikranslager uitoefenen.

Een HMI wordt met de PLC verbonden om foutmeldingen te kunnen uitlezen en bv. te zien welke noodstop geactiveerd is.

De motoren worden aangestuurd door een "winch application", ook gekend als "crane application" bij Vacon [92]. Dit houdt in dat de motoren gestuurd worden zodat ze bekrachtigd worden alvorens de remmen worden gelost. De last wordt verdraaid en de motoren blijven bekrachtigd tot de remmen terug actief zijn. Zo kan de last op geen enkel moment vrij verdraaien. Het grote nadeel aan dit soort sturing is dat de motoren bekrachtigd zijn wanneer er geen rotatie en dus geen koeling is. Dit gebeurt echter kortstondig en gezien de beperkte regelmaat van verdraaiing vormt dit geen probleem.

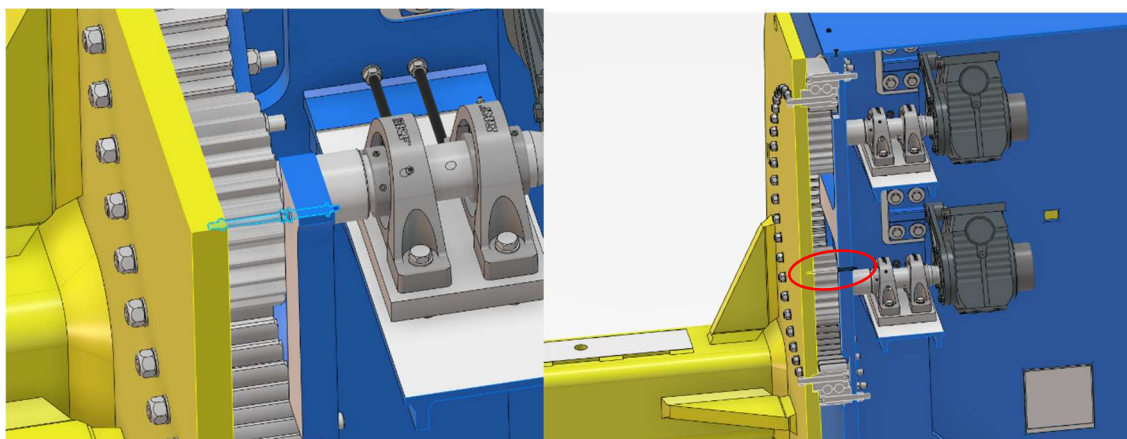
Bij de sturing kunnen twee pistes worden bedacht:

1. De functie van de machine is de last verdraaien van 0° tot 180° en terug. Hierbij zijn er twee vaste posities die voor alle motorblokken gelijk zijn. De machine wordt enkel gebruikt om de krukas te monteren. Andere montageprocedures of reiniging wordt niet uitgevoerd op de machine. De verdraaiing wordt manueel gestuurd vanop de afstandsbediening. Dit is de eerste piste en wordt ook geformuleerd als eis bij het ontwerp. Op de afstandsbediening staan twee knoppen voor verdraaiing wijzerzin en tegenwijzerzin die intern twee standen hebben voor een ijlgang en een tragere verdraaiing.
2. Als uitbereiding is het mogelijk om een automatische modus toe te voegen aan de machine. Hierbij worden acht drukknoppen voorzien op het bedieningspaneel en een keuzeschakelaar om tussen de manuele (afstandsbediening) en automatische modus te schakelen. Elke knop laat de machine verdraaien naar een voorgeprogrammeerde positie afhankelijk van op welk oppervlak zaken gemonteerd moeten worden. De posities kunnen worden ingesteld op de HMI.

Bij beide pistes moet de positie van de lading ook geregistreerd en opgeslagen kunnen worden. Om de blokkeerpennen automatisch te laten uitschuiven moet de machine weten dat de last in positie 0° of 180° staat. Voor de tweede piste is de positie ook essentieel. Dit kan gebeuren via een vijfde absolute (multiturn) encoder die verbonden wordt met een remanent geheugen in de PLC.

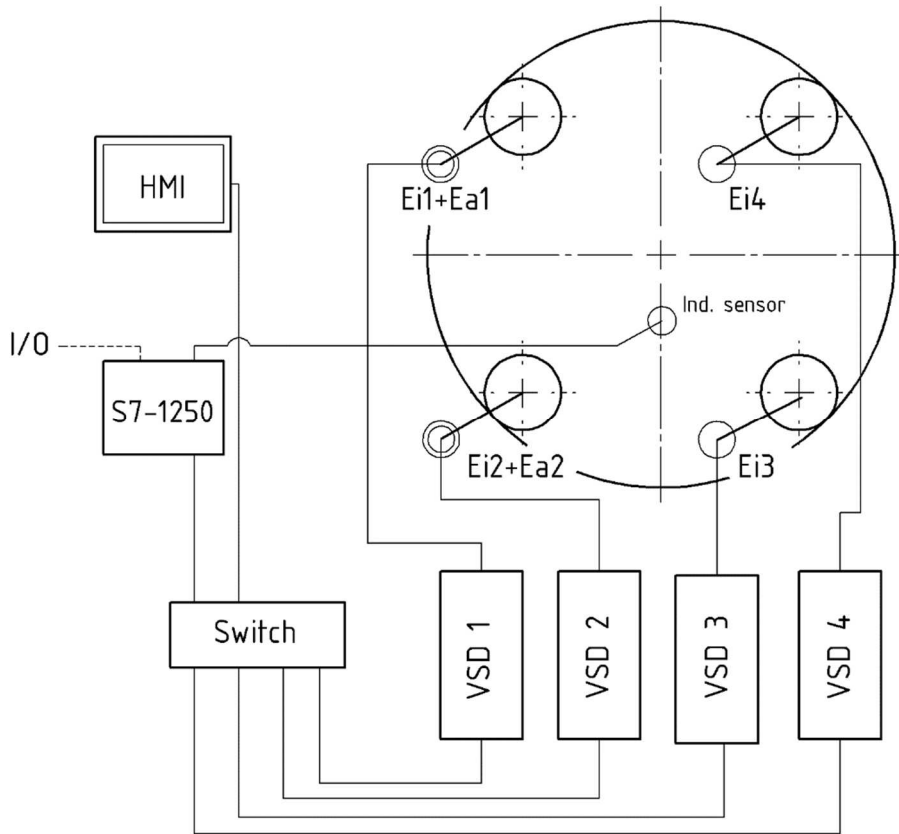
De absolute encoder kan extern worden bevestigd op de machine. Hierbij is een overbrengingsverhouding wel noodzakelijk. Indien de encoder rechtstreeks op de brug gemonteerd wordt kunnen trillingen en buigingen van de brug foutieve uitlezingen of een defecte encoder teweegbrengen gezien de fragiele aard van de apparatuur. Deze overbrenging kan geïntegreerd worden door bv. een synchrone riemoverbrenging tussen de encoder en de brug of door de encoder op een rondsel(as) te bevestigen. Na overleg met de motorfabrikant SEW blijkt dat het mogelijk is om de motoren te bestellen met ingebouwde absolute encoders waarvan het incrementeel en absoluut kanaal apart kunnen worden uitgelezen. Zo is het mogelijk om met één encoder zowel de synchrone sturing van de motoren als de uitlezing van de positie van de last te voorzien. Dit is de goedkoopste en gemakkelijkste optie, waardoor beide motoren in configuratie A een absolute encoder krijgen. Wanneer een motor kapot is, kan worden overgeschakeld op de andere encoder.

Om de sturing een referentiepunt te geven, wordt een inductieve sensor in de brug verwerkt die de kop van een zeskantbout detecteert in positie 0°, zoals afgebeeld in Figuur 120 (bijlage 2.3.11 [93] en bijlage 2.2.4 [94]).



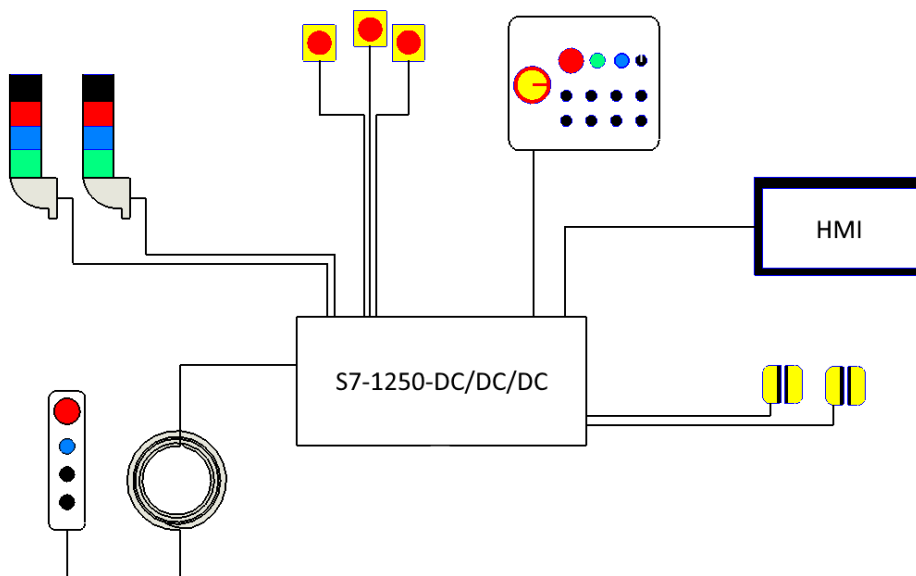
Figuur 120: Positie van de inductieve sensor

De algemene sturing wordt symbolisch weergegeven in Figuur 121. Communicatie tussen de PLC, encoders en VSD's gebeurt via Profinet met een switch.



Figuur 121: Overzicht van de sturing van de motoren

Een symbolisch overzicht van de bedieningsorganen wordt gegeven in Figuur 122. Hierin worden ook de bedieningen voor de tweede piste verwerkt.



Figuur 122: Overzicht van de bedieningsorganen

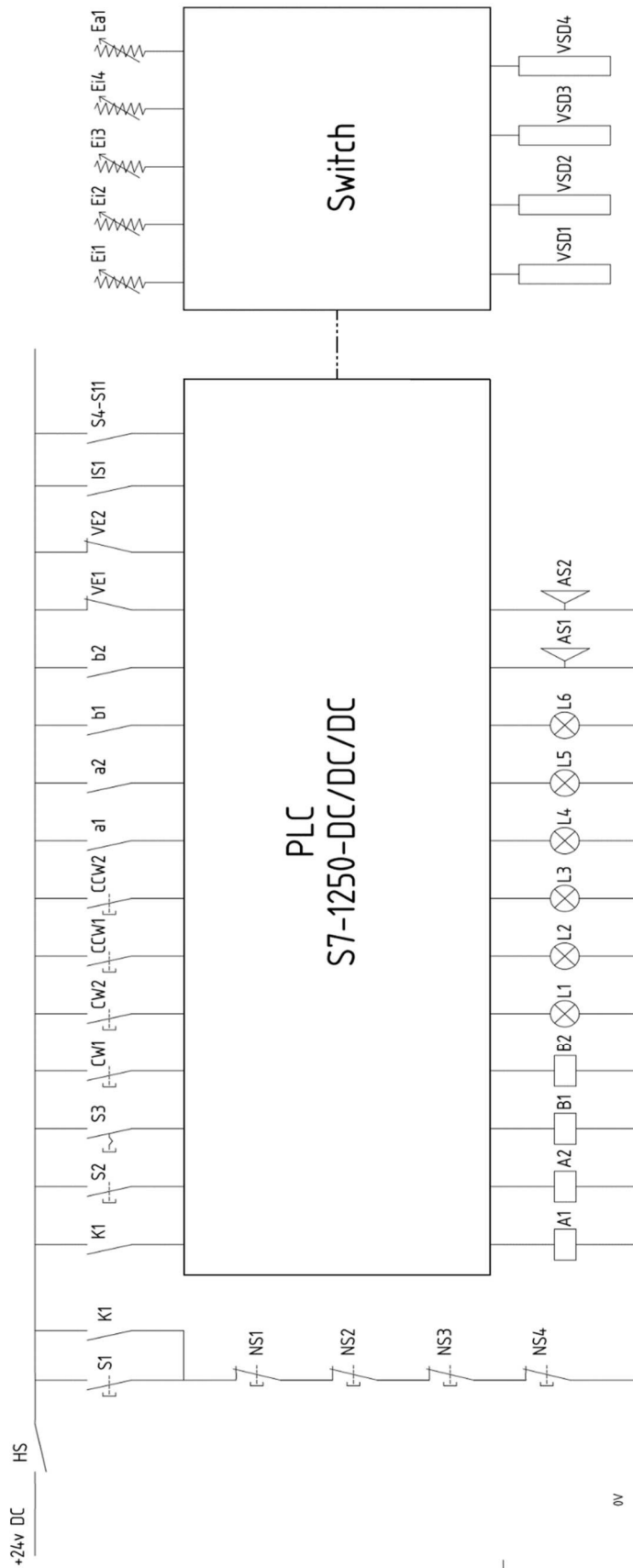
Op Figuur 122 staan volgende onderdelen geïllustreerd:

- Bedieningspaneel op de elektrische kast met hoofdschakelaar, noodstop, groene knop om de machine te bekrachtigen, blauwe knop om de blokkeerpennen te ontgrendelen, keuzeschakelaar en acht drukknoppen voor geprogrammeerde posities.
- Afstandsbediening met tweetraps drukknoppen, stopknop en manuele ontgrendeling.
- Twee signaalzuilen (1.4.8)
- Drie overige noodstoppen (1.4.8)
- HMI
- Contactloze schakelaars van de deuren (1.4.8)

Alle componenten van de sturing worden in een elektrische kast gemonteerd. De vaste leverancier van de opdrachtgever is Rittal en er worden standaard kasten uit de VX25-reeks gebruikt. Door de grootte van de VSD's wordt gekozen voor een kast met afmetingen 1,2 m * 1,8 m * 0,5 m (8285.000) (bijlage 2.3.16 [95]). Deze kast is reeds aanwezig bij de opdrachtgever en de kostprijs wordt verrekend in de geschatte prijs van de sturing (5).

3.2 Stuurschema

Figuur 123 geeft een vereenvoudigde versie van het voorlopige stuurschema weer.



Figuur 123: Vereenvoudigd stuurschema van de machine

De bijhorende taglist wordt gegeven in Tabel 38.

Tabel 38: Taglist van de sturing

Nr.	Naam	Tag	I/O	Fysiek	Beschrijving
1	Hoofdschakelaar	HS	I	Hoofdschakelaar	Scheiding van de voeding van stuur- en vermogenkring
2	Noodstop 1	NS1	I	Noodstopschakelaar	Noodstop op een hoek van een stoel
3	Noodstop 2	NS2	I	Noodstopschakelaar	Noodstop op een hoek van een stoel
4	Noodstop 3	NS3	I	Noodstopschakelaar	Noodstop op een hoek van een stoel
5	Noodstop 4	NS4	I	Noodstopschakelaar	Noodstop op de elektrische kast
6	Noodstop 5	NS5	I	Scheiding	scheiding van de sturing van de afstandsbediening
7	Bekrachtiging	S1	I	Druknop monostabiel	Druknop om bewust de bekrachtiging van de motoren te starten na het schakelen van de hoofdschakelaar
8	Keuzeschakelaar	S3	I	Schakelaar bistabiel	Schakelaar om te kiezen tussen automatische en manuele werking
9	Klok 1	CW 1	I	Druknop monostabiel	Druknop met 2 trappen om in 2 snelheden manueel te bewegen vanop afstandsbediening
10	Klok 2	CW 2	I	Druknop monostabiel	Druknop met 2 trappen om in 2 snelheden manueel te bewegen vanop afstandsbediening
11	Antiklok 1	CCW 1	I	Druknop monostabiel	Druknop met 2 trappen om in 2 snelheden manueel te bewegen vanop afstandsbediening
12	Antiklok 2	CCW 2	I	Druknop monostabiel	Druknop met 2 trappen om in 2 snelheden manueel te bewegen vanop afstandsbediening
13	Eindeloop pen uit 1	a1	I	Ingebouwde schakelaar	Eindeloopschakelaar in lineaire actuator
14	Eindeloop pen uit 2	a2	I	Ingebouwde schakelaar	Eindeloopschakelaar in lineaire actuator
15	Eindeloop pen in 1	b1	I	Ingebouwde schakelaar	Eindeloopschakelaar in lineaire actuator
16	Eindeloop pen in 2	b2	I	Ingebouwde schakelaar	Eindeloopschakelaar in lineaire actuator
17	Manuele ontgrendeling	S2	I	Druknop monostabiel	Druknop om bewust de blokkeerpennen terug te schuiven en de brug te ontgrendelen
18	Motorencoder 1	Ei1	I	Ingebouwde incrementele encoder	Encoder ingebouwd op de motor die de positie/verdraaiing geeft
19	Motorencoder 2	Ei2	I	Ingebouwde incrementele encoder	Encoder ingebouwd op de motor die de positie/verdraaiing geeft
20	Motorencoder 3	Ei3	I	Ingebouwde incrementele encoder	Encoder ingebouwd op de motor die de positie/verdraaiing geeft
21	Motorencoder 4	Ei4	I	Ingebouwde incrementele encoder	Encoder ingebouwd op de motor die de positie/verdraaiing geeft
22	Motorencoder 5	Ea1	I	Ingebouwde absolute encoder	Encoder ingebouwd op de motor die de absolute positie/verdraaiing geeft
23	Inductieve sensor	IS1	I	Inductieve sensor	Inductieve sensor die bout op brug detecteerd voor homing
24	Veiligheidseindeloop deur 1	VE1	I	Contactloze schakelaar	Veiligheidsreedcontact aan de deur die de verdraaiing stopt bij openen van de deur
25	Veiligheidseindeloop deur 2	VE2	I	Contactloze schakelaar	Veiligheidsreedcontact aan de deur die de verdraaiing stopt bij openen van de deur
26	Preset posities	S4-11	I	Druknop monostabiel	Verschillende voorgeprogrammeerde posities
27	Groene lamp 1	L1	O	Lamp	Groene indicatielamp bij bekrachtiging van de motoren op signaalzuil 1
28	Groene lamp 2	L2	O	Lamp	Groene indicatielamp bij bekrachtiging van de motoren op signaalzuil 2
29	Groene lamp 3	L3	O	Lamp	Groene indicatielamp bij bekrachtiging van de motoren op elektrische kast
30	Blauwe lamp 1	L4	O	Lamp	Blauwe flikkerende indicatielamp wanneer de brug ontgrendeld is op signaalzuil 1
31	Blauwe lamp 2	L5	O	Lamp	Blauwe flikkerende indicatielamp wanneer de brug ontgrendeld is op signaalzuil 2
32	Rode lamp 1	L6	O	Lamp	Rode flikkerende indicatielamp wanneer de brug wordt gemanipuleerd op signaalzuil 1
33	Rode lamp 2	L7	O	Lamp	Rode flikkerende indicatielamp wanneer de brug wordt gemanipuleerd op signaalzuil 2
34	Akoestisch signaal 1	AS1	O	Luidspreker	Akoestisch alarm wanneer de brug wordt gemanipuleerd op signaalzuil 1
35	Akoestisch signaal 2	AS2	O	Luidspreker	Akoestisch alarm wanneer de brug wordt gemanipuleerd op signaalzuil 2
36	Motordriver 1	D1	O	motordriver	Variable speed drive van motor 1
37	Motordriver 2	D2	O	motordriver	Variable speed drive van motor 2
38	Motordriver 3	D3	O	motordriver	Variable speed drive van motor 3
39	Motordriver 4	D4	O	motordriver	Variable speed drive van motor 4
40	Actuator pen 1 uit	A1	O	Lineaire actuator	Lineaire actuator van pen 1 schuift uit
41	Actuator pen 2 uit	A2	O	Lineaire actuator	Lineaire actuator van pen 2 schuift uit
42	Actuator pen 1 in	B1	O	Lineaire actuator	Lineaire actuator van pen 1 schuift in
43	Actuator pen 2 in	B2	O	Lineaire actuator	Lineaire actuator van pen 2 schuift in

4 Veiligheid

4.1 Risicoanalyse

De mogelijke gevaren en bijhorende maatregelen worden besproken in een risicoanalyse volgens EN 1050 met de mogelijke gevaren van EN 12100 [13]. Hierbij worden de gevaren die benadrukt worden in de specifieke norm EN 14238+A1:2009 gemarkeerd in geel [66].

De graad van het gevaar wordt volgens EN 1050 bepaald m.b.v. vier factoren die vermenigvuldigd worden. Het verschil met de Kinney-methode is de vierde factor die een score geeft aan de afwendbaarheid van een gevaar. De methode wordt samengevat in Figuur 124. [13]

S = SEVERITY OF POSSIBLE HARM

- 1 = Slight Injury - requiring only first aid or minor medical treatment
- 2 = Serious Injury Severe/Serious injury- could result in restricted/lost time but wil return to work
- 3 = Death

F = FREQUENCY OF EXPOSURE

- 1 = Seldom to Quite Often (less than once a shift to 1-2 times per shift)
- 2 = Frequent to Continuous (more than 2 times per shift)

O = PROBABILITY OF OCCURRENCE OF AN EVENT THAT COULD CAUSE HARM

- 1 = Low (occurrence might not be expected)
- 2 = Medium (likely to occur sometime in the life of an item)
- 3 = High (likely to occur frequently)

P = POSSIBILITY OF AVOIDANCE

- 1 = Possible under Specific Conditions
- 2 = Scarcely Possible

Summary of Ratings

Severity of Harm (S)	Frequency of Exposure (F)	Possibility of Avoidance (P)						R - Risk
		1		2		3		
1	1 or 2	1	2	3	4	5	6	
	1	3	4	5	6	7	8	
2	2	5	6	7	8	9	10	
	1	7	8	9	10	11	12	
3	2	9	10	11	12	13	14	
Severity of Harm (S)	Frequency of Exposure (F)	1		2		3		
		Probability of Occurrence (O)						

Risk Estimation	Risk Level	Priority	Description
1-4	LOW RISK	4	Risk may be acceptable Communicate risk to exposed persons, add signage, include in manuals and training programs
5-7	MEDIUM RISK	3	Correction recommended Reduce risk if possible to lower level or document why not. All exposed persons must be trained on the risk element. Minimize risk through safety devices, elimination/substitution of hazardous chemical, elimination/reduction of energy, reduction in the occurrence, use of PPE, etc.
8-10	HIGH RISK	2	Immediate correction required MUST reduce risk to lower level through safety devices, elimination /substitution of hazardous chemical, equipment modifications, elimination /reduction of energy, reduction in the occurrence and install interlocked, self checking at start up, redundancy controls.
11-14	VERY HIGH RISK	1	Unacceptable risk - Consider stopping of the equipment MUST reduce risk to lower level through safety devices, elimination /substitution of hazardous chemical, equipment modifications, elimination /reduction of energy, reduction in the occurrence and install interlocked, self checking at start up, redundancy controls.

Figuur 124: Risicoanalyse volgens EN 1050 samengevat [13]

De risicoanalyse van de machine wordt gegeven in Tabel 39.

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig	Details van mogelijk risico		Wie is eraan		Risicoschatting		Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico		Aanbevelingen
				MRL	Y	OP	M	O	S			F	O	
5	Gevaren door trillingen													
5.1	Gebruik van handgereedschap, leidend tot een verscheidenheid aan zenuw- en vaatziekten	1.5.9												
5.2	Trillingen van het gehele lichaam, in het bijzonder in combinatie met een slechte houding	1.5.9	NA											
6	Gevaren door straling													
6.1	Laagfrequente straling, radiostraling, microgolven	1.5.10	NA											
6.2	Infrarood, zichtbaar en ultraviolet licht	1.5.10	NA											
6.3	Röntgen- en gammastraling	1.5.10	NA											
6.4	Alfastraling, bètastraling, elektronen- en ionenbundels, neutronenstraling	1.5.10 1.5.11	NA											
6.5	Lasers	1.5.12	NA											
7	Gevaren door materialen en stoffen (en hun bestanddelen) die door de machinel of delen daarvan worden verwerkt of gebruikt													
7.1	Gevaren van contact met of inademing van schadelijke vloeistoffen, gassen, dampen, rook en nevels	1.1.3 1.5.13 1.6.5	NA											
7.2	Vuur- of explosiegevaar	1.5.6 1.5.7	NA											
7.3	Biologische of microbiologische (virale of bacteriële) gevaren	1.1.3 1.6.5	NA											
8	Gevaren door verwaarlozing van ergonomische principes bij het machine-ontwerp , zoals bijvoorbeeld gevaren door:	2.1	NA											
8.1	Ongezonde houdingen of bovenmatige inspanning	1.1.2 1.1.5 1.6.2 1.6.4		Tijdens montage van motoronderdelen kan de operator langdurig een onnatuurlijke houding aannemen, op een niet ergonomische hoogte werken of te zware onderdelen manueel opheffen of verplaatsen.						De centrale brug hangt in positie 0° op een ergonomische hoogte volgens EN 527-1. In overige posities dienen geschikte steelingen of andere platformen gebruikt te worden om toegang tot het motorblok te verkrijgen. De operator dient ten allen tijde volgens ergonomische richtlijnen te werken en eigen lichaam te respecteren.	De operator			
8.2	Onvoldoende aandacht van hand-arm of voet-been anatomie	1.1.2 2.2.Y	Y	Besproken in 8.1			OP							
								2	2	2	1	8		
													1	2
														2
														1
														4
														0

Nr.	Gevaaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig		Details van mogelijk risico	Wie is eraan		Risicoschatting						Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico				Aanbevelingen											
			Y	N		Y	N	OP	M	O	S	F	O			P	R	S	F		O	P	R								
8.3	Nalatig gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen	1.1.2			De operator kan vallen van het motorblok.											Bij gebruik van verhoogde werkplatformen zoals een stelling of hoogwerker moet de operator de richtlijnen rondom PBM's zoals een veiligheidsharnas van de het desbetreffend platform respecteren. De operator mag niet zijn volledige lichaamsgewicht op het motorblok plaatsen en moet steeds binnen grijpstand van een externe railing zijn.	De operator	1	2	2	1	4									
8.4	Onvoldoende plaatselijke verlichting	1.1.4	Y		Onvoldoende verlichting van de omgeving kan visuele detectie van gevaren of andere personen belemmeren.	OP			3	2	2	1	12		De machine wordt gebruikt in een voldoende verlichte fabriekshal. Deze verlichting dient aan te staan bij gebruik van de machine.	De operator															
8.5	Mentale over- of onderbelasting, psychische spanning (stress)	1.1.2		NA																											
8.6	Menselijke fouten, menselijk gedrag	1.1.2 1.2.2 1.2.5 1.2.8 1.5.4 1.7	Y		Willekeurig, ongepast gedrag en/of onvoldoende kennis en besef van mogelijke gevaren kan leiden tot verwonding en/of schade.											Alleen bevoegde personen met kennis over de machine en de last mogen de machine hanteren.	De operator, de onderhoudstechnicus														
8.7	Ongeschikte constructie, plaatsing of aanduiding van handmatige bedieningen	1.2.2		N	De bediening wordt zowel op de kast als op een afstandsbediening beschikbaar gesteld.																										
8.8	Ongeschikte constructie, plaatsing of aanduiding van visuele weergegepanelen	1.7.1		NA																											
9	Combinaties van gevaren				Alle gevaren in deze analyse kunnen tegelijk voorkomen en ernstige verwonding, de dood of schade veroorzaken.	OP	M	O	3	2	1	1	6		Alle aanwezige veiligheidsvoorschriften en maatregelen dienen ten allen tijden gerespecteerd te worden.																
10	Onverwacht opstarten, onverwacht doordraaien of te snel draaien (of een vergelijkbaar slecht functioneren) door:		Y																												

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig			Details van mogelijk risico	Wie is eraan			Risicoschatting			Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico			Aanbevelingen	
			Y	N	NA		OP	M	O	S	F	O		P	R	S		F
10.1	Uitval/storing van het besturingssysteem	1.2.7 1.6.3				Bij uitval van het besturingssysteem valt de machine stil en wordt het geheel in positie gehouden door de motorremmen. De besturing kan steeds veilig heropgestart worden. De motorremmen ontkoppelen enkel wanneer de sturing wordt bediend en de brug verdraaid wordt.												
10.2	Herstel van de energietoevoer na een onderbreking	1.2.6		N		Wanneer er plots een herstel is van energietoevoer zal de machine pas bewegen wanneer de sturing bewust wordt bediend.												
10.3	Invloeden van buitenaf op de elektrische uitrusting	1.2.1 1.5.11 4.1.2.8			N	Bij aanwezigheid van abnormaal sterke EM-velden of -pulsen, weersverschijnselen of een natuurramp kan de sturing onvoorzienbaar reageren. In normale omstandigheden zijn er geen invloeden van buitenaf die de sturing kunnen manipuleren.												

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig		Details van mogelijk risico	Wie is eraan	Risicoschatting						Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico			Aanbevelingen											
			Y	N			OP	M	O	S	F	O			P	R	S		F	O	P	R							
10.4	Andere invloeden van buitenaf (zwaartekracht, wind, enz.)	1.2.1			Bij motorfalen kan de last vrij doordraaien.																								
10.5	Fouten in de programmatuur	1.1.2	Y	N		OP	M	O	3	1	1	2	6		De constructeur	3	1	1	1	3									
10.6	Fouten gemaakt door de bediener (zie 8.6 voor onvoldoende aanpassing van de machine aan menselijke eigenschappen en mogelijkheden)	1.1.2 1.2.2 1.2.5 1.2.8 1.5.4 1.7			Wanneer de last wordt gemanipuleerd als er personen of voorwerpen zich nog in de gevaarzone bevinden, kan verwonding of schade veroorzaakt worden.										De operator														
			Y			OP	M	O	3	1	3	1	9		De operator die de machine bedient moet ten allen tijde verzekeren dat niets of niemand zich in de gevaarzone bevindt wanneer de last wordt gemanipuleerd. Ook moet gecontroleerd worden dat alle componenten die werden toegevoegd aan het motorblok correct geborgd zijn en geen los zittende componenten in het blok aanwezig zijn. Onbevoegde personen mogen de machine niet manipuleren.	3	1	1	1	3									

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig Y N NA	Details van mogelijk risico	Wie is eraan			Risicoschatting			Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Hervaluatie van het risico			Aanbevelingen			
					OP	M	O	S	F	O			P	R	S		F	O	P
11	De onmogelijkheid om de machine in de best mogelijke omstandigheden stil te zetten	1.2.4 1.2.6 1.2.7		De last wordt geremd door magnetische motorremmen die remmen wanneer ze niet worden bekrachtigd onafhankelijk van de positie. Verlies van vermogen stopt de rotatie van de motoren en worden de remmen ingeschakeld															
12	Variaties in de rotatiesnelheid van gereedschappen	1.3.6	N	De last kan verdraaid worden met twee vooraf ingestelde snelheden. De hoogste wordt beperkt tot een maximale snelheid onder 15 m/min.															
13	Uitvallen van de energietoevoer	1.2.6	N	Besproken in 11															
14	Uitvallen van het besturingscircuit	1.2.1 1.2.3 1.2.4 1.2.5 1.2.7 1.6.3	N	Besproken in 10.1															
15	Montagefouten	1.5.4		Indien de machine niet volgens de montagehandleiding en met gezond verstand wordt gemonteerd, kunnen onderdelen loskomen of falen.							De operator, de hnicus, de monteur								
16	Breken tijdens het in bedrijf zijn	1.3.2	Y	In geval van schade, corrosie, incorrect gebruik, incorrect onderhoud, overschrijding van de maximale capaciteit van 60 000 kg, manipulatie van lasten met geometrie afwijkend van de motorblokken of andere omstandigheden die de structuur kunnen verzwakken, kan breuk van de centrale brug, stoel of andere mechanische onderdelen optreden.	OP	M	O	3	2	2	1	12			De operator, de hnicus	3	1	1	3

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig			Details van mogelijk risico	Wie is eraan			Risicoschatting			Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico			Aanbevelingen	
			Y	N	I		NA	OP	M	O	S	F			O	P	R		S
17	Vallende of uitgestoten objecten of vloeistoffen	1.3.3	Y			Besproken in 1.9													
18	Verlies van stabiliteit / omvallen van de machine	1.3.1	Y			Besproken in 1c													
19	Uitglijden, struikelen en vallen van personen (in samenhang met de machine)	1.5.15	Y			Personen kunnen over de onderplaat van de stoelen struikelen. Aanwezigheid van smeermiddelen op de vloer veroorzaakt ook struikelgevaar. Bij het intreden van de stoel via de toegangsdeuren kunnen personen in of uit de stoel vallen. Valgevaar van verhoogde platformen wordt besproken in 8.3.							Alle betreedbare oppervlakken rondom de machine moeten vetvrij en proper zijn. Onderdelen, voorwerpen of gereedschappen mogen niet los rondslingeren op de vloer. Bij het intreden van de stoel via de toegangsdeuren dient een klapladder gebruikt te worden.	De operator					
Aanvullende gevaren, gevaarlijke situaties en gevaarlijke gebeurtenissen ten gevolge van mobiliteit																			
20	In samenhang met de voorbeweging van de machine:																		
20.1	Voorbeweging bij het starten van de machine	3.3.2				NA													
20.2	Voorbeweging zonder dat de chauffeur op de bestuursplaats zit	3.3.4				NA													
20.3	Voorbeweging zonder dat alle delen zich in een veilige positie bevinden	3.3.2				NA													
20.4	Te grote snelheid van machines die door de bediener te voet worden geleid	3.3.4				NA													
20.5	Sterke trillingen bij de voorbeweging	3.4.1				NA													
20.6	Onvoldoende mogelijkheden om de machine te vertragen, te stoppen en vast te zetten	3.3.3				NA													
21	Verbonden met de werkplek (inclusief bestuursplaats) op de machine:																		
21.1	Vallen van personen tijdens de toegang tot (of van) de werkplek	3.2.1																	
		3.2.3																	
		3.4.5																	
		3.4.7				NA													
21.2	Lijfaatgassen / zuurstofgebrek op de werkplek	3.2.1				NA													
21.3	Brand (brandbaarheid van de cabine, gebrek aan brandblusmiddelen)	3.2.1				NA													
		3.5.2				NA													
21.4	Mechanische gevaren op de werkplek:	3.2.1				NA													
	a) contact met de wielen	3.2.1				NA													
	b) kantelen	3.4.3				NA													
	c) vallen van objecten, doordringen door objecten	3.2.1				NA													
	d) breken van snel roterende delen	3.4.4				NA													
		3.3.4				NA													

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig	Details van mogelijk risico			Wie is eraan			Risicoschatting			Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico			Aanbevelingen	
				Y	N	NA	OP	M	O	S	F	O			P	R	S		F
	e) contact van personen met machinedelen of gereedschappen (bij te voet geleide machines)																		
21.5	Onvoldoende uitzicht vanuit de werkplek	3.2.1	NA																
21.6	Ongeschikte verlichting	3.1.2	NA																
21.7	Ongeschikte zitplaats	3.2.2	NA																
21.8	Lawaai op de werkplek	3.2.1	NA																
21.9	Trillingen op de werkplek	3.2.1 3.2.2 3.6.3	NA																
21.10	Onvoldoende ontsnappingsmogelijkheden / nooduitgangen	3.2.1	NA																
22	Gevaren door het besturingssysteem:																		
22.1	Ongeschikte plaatsing van bedieningsorganen	3.2.1 3.3.1 3.4.5	N																
22.2	Ongeschikte constructie van de bedieningsorganen en hun werkwijze	3.2.1 3.3.1 3.3.3	N																
23	Gevaren door het werken aan de machine (gebrek aan stabiliteit)	3.1.3																	
24	Door de energiebron en de energie-overdracht																		
24.1	Gevaren van de motor en de accu's	3.4.8 3.5.1	Y																
24.2	Gevaren van de energie-overdracht tussen machines	3.4.7																	
24.3	Gevaren van koppelen en slepen	3.4.6	NA																
25	Gevaren door en voor derden:																		
25.1	Ongevoerd starten / gebruiken	3.3.2	Y																
25.2	Bewegen van een deel voorbij zijn stoppositie	3.4.1	N																
25.3	Gebrekkigheid van visuele of akoestische waarschuwingmiddelen	1.7.4 3.6.1																	
26	Onvoldoende instructies voor de bestuurder / bediener	3.6	Y																
Aanvullende gevaren, gevaarlijke situaties en gevaarlijke gebeurtenissen door heffen en/of hijsen																			

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig	Details van mogelijk risico			Wie is eraan			Risicoschatting			Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Hervaluatie van het risico			Aanbevelingen	
				Y/N/NA	Y/N/NA	Y/N/NA	OP	M	O	S	F	O			P	R	S		F
27	Mechanische gevaren en gevaarlijke gebeurtenissen:																		
27.1	Door vallende lasten, botsingen, kantelen van de machine door:																		
27.1.1	Gebrek aan stabiliteit	4.1.2.1	Y		Besproken in 1c.														0
27.1.2	Verkeerde belading; overbelasting; overschrijding van kantomomenten	4.2.1.4 4.3.3 4.4.2			Wanneer de last de voorgeschreven gewichtscapaciteit overschrijdt, een geometrie heeft die afwijkt van de bedoelde motorblokken, niet symmetrisch op de centrale as wordt gemonteerd of incorrect wordt geborgd, kan ernstige verwonding en schade veroorzaakt worden.									De operator					
27.1.3	Ongecontroleerde amplitude van de beweging	4.1.2.6 4.2.1.3	Y		Wanneer de bewegingssnelheid wordt verhoogd door sabotage van de sturing, kan de machine falen en wordt de maximale snelheid van 15 m/min overschreden.					OP	M	O	3	2	1	1	6		De operator of onderhoudstechnicus mag de stuurring van de machine niet manipuleren en de snelheid van de machine niet aanpassen.
27.1.4	Onverwachte / onbedoelde beweging van de last	4.1.2.6	Y		Besproken in 1c, 10.4.														0
27.1.5	Ongeschikte bevestigingsmiddelen / toebehoren	4.1.2.6 4.4.1			Wanneer de last incorrect of met verkeerde of beschadigde bevestigingscomponenten wordt geborgd op de centrale brug, kan ernstige verwonding en schade veroorzaakt worden.									De operator					0
27.1.6	Botsing van meer dan een machine	4.1.2.6	Y	NA						OP	M	O	3	1	2	1	6		De last moet ten allen tijde op de brug worden geborgd met de voorziene bouten en moeren via de correcte doorgangsgaten met de voorgeschreven aanspanmomenten. Wanneer bevestigingsmaterialen permanent vervormd, beschadigd of gecorrodeerd zijn, moeten die vervangen worden. Na het aanspannen van de bouten moeten alle bouten gecontroleerd en eventueel aangespannen worden.

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezig			Details van mogelijk risico	Wie is eraan			Risicoschatting			Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico			Aanbevelingen				
			Y	N	NA		OP	M	O	S	F	O			P	R	S		F	O	P	R
27.2	Toegang van personen tot de laadvloeren	4.3.3				Personen die zich in de gevarenszone begeven tijdens manipulatie van de last kunnen verwondingen oplopen door botsing, knelling of verplettering.							Alle personen moeten zich buiten de afgebakende veiligheidszone begeven wanneer de centrale brug gemanipuleerd wordt. Manipulatie van de last wordt gesignaliseerd door een visueel en akoestisch signaal. Wanneer de last van of op de centrale brug geladen wordt is het verboden zich onder de last te begeven.	De operator	3	1	1	1	3			
27.3	Ontsporing	4.1.2.2	Y		NA		OP	M	O	3	2	2	1									
27.4	Onvoldoende mechanische sterkte van delen	4.1.2.3	Y		NA	Besproken in 16.							0								0	
27.5	Ongeschikt ontwerp van haken en rollen	4.1.2.4			NA																	
27.6	Ongeschikte keuze van kettingen, kabels, hijs- en hefvoerboren en hun inbouw in de machine	4.1.2.4 4.1.2.5 4.3.1 4.3.2				Bij het incorrect verplaatsen van de stoelen voor installatie van de machine kunnen hijswerktuigen of de hijsogen falen wat ernstige schade en verwondingen kan veroorzaken.							Bij het verplaatsen van de stoelen voor installatie van de machine waarbij de stoel wordt opgehoofd aan de vier voorziene hijsogen, moeten de correcte hijswerktuigen gehanteerd worden en mogen alleen bevoegde personen de stoelen manipuleren.	De onderhoudstec hnicus, de monteur								
27.7	Het zakken van de last met een wrijvingsrem	4.1.2.6	Y		NA		M	O	3	1	1	1	3								0	
27.8	Abnormale omstandigheden bij montage, beproeving, gebruik en onderhoud	4.4.1 4.4.2				Wanneer de machine in abnormale omstandigheden wordt gebruikt, kan ernstige verwonding en schade veroorzaakt worden.							De machine mag enkel in normale productieomstandigheden worden gebruikt. Onderhoud mag enkel door bevoegd personeel uitgevoerd worden wanneer de centrale brug ledig is en in zijn neutrale positie van 0° of vergrendeld met last in positie 180° staat. Bij onderhoud dient ook het LOTO-systeem te worden hanteerd.	De operator, de onderhoudstec hnicus								
27.9	Inwerking van de last op personen (stoot door last of contragewicht)	4.1.2.6 4.1.2.7 4.2.3	Y			Besproken in 1	OP	M	O	2	1	1	1								0	
28	Elektrische gevaren door:																					
28.1	Blikseminslag	4.1.2.8			NA																	
29	Gevaren door de verwaarlozing van ergonomische principes																					

Nr.	Gevaren	ref. EVG (MRL)	Gevaar aanwezi		Details van mogelijk risico	Wie is eraan		Risicoschatting		Maatregelen voor risicoreductie	Verantwoordelijke	Herevaluatie van het risico			Aanbevelingen		
			Y	N		Y	N	O	P			S	F	O		P	R
29.1	Onvoldoende zicht vanuit de bestuurdersplaats	4.1.2.7 4.4.2			De stoelen en de last blokkeren gedeelteilijk het gezichtsveld van de operator. Hierdoor kan de operator niet te allen tijde verzekeren dat er geen gevaren opduiken.					Het visueel en akoestisch signaal alarmeert omstaanders wanneer de lading wordt gemanipuleerd. De gevaarzone moet zoals eerder vermeld vrij zijn van voorwerpen en personen. De operator kan de machine bedienen met de afstandsbediening, hiermee kan de operator rond de gevaarzone lopen tijdens manipulatie van de last.	De operator						
		Y				O	2	2	2	1	8		2	1	1	2	
Aanvullende gevaren, gevaarlijke situaties en gevaarlijke gebeurtenissen bij ondergrondse werkzaamheden																	
30	Mechanische gevaren en gevaarlijke gebeurtenissen door:																
30.1	Gebrek aan stabiliteit van wandondersteuning	5.1		NA													
30.2	Falende aandrijving- of rembediening van hefwerktuigen op rails	5.4		NA													
30.3	Falen van of afwezigheid van dodemansinrichtingen op machine op rails	5.4 5.5		NA													
31	Beperkte bewegingsvrijheid van personen	5.2		NA													
32	Brand en explosie	5.6		NA													
33	Emissie van stof, gassen, enz.	5.7		NA													
Aanvullende gevaren, gevaarlijke situaties en gevaarlijke gebeurtenissen door het heffen of verplaatsen van personen																	
34	Mechanische gevaren en gevaarlijke gebeurtenissen door:																
34.1	Onvoldoende mechanische sterkte, ongeschikte gebruikcoëfficiënten	6.1.2		NA													
34.2	Falen van de lastbesturing	6.1.3		NA													
34.3	Falen van de besturing in een personenverplaatsmiddel (functie, prioriteit)	6.2.1		NA													
34.4	Te grote snelheid van het personenverplaatsmiddel	6.2.3		NA													
35	Vallen van personen uit het personenverplaatsmiddel	1.5.15 6.3.1 6.3.2 6.3.3		NA													
36	Vallen of kantelen van het personenverplaatsmiddel	6.4.1 6.4.2		NA													
37	Menselijke fouten, menselijk gedrag	6.5		NA	Onvoldoende respect voor de machine en de last, gebrek aan kennis en roekeloosheid kunnen ernstige schade en verwonding veroorzaken.					De machine mag enkel bediend worden door bevoegd personeel die voldoende kennis bezitten van de last, de machine en de gebruikshandleiding.	De operator						
		Y				3	1	2	1	6			3	1	1	3	

4.2 Veiligheidsmaatregelen

Alle veiligheidsmaatregelen worden besproken in 1.4 en/of 4.1.

Deze worden hier beknopt samengevat

- Veilige zone rond de machine (1.4.11)
- Gebruikte veiligheidsfactoren (1.5.1)
- 4/3-motorconfiguratie (1.4.3)
- Noodstop aan elke hoek (1.4.8 en 4.1)
- Blokkeerpennen (1.4.10)
- Elektrische zekeringen (3.1 en 4.1)
- Capaciteitsbeveiliging (3.1)
- Gele brug (1.4.9 en 4.1)
- Contactloze schakelaar aan deuren (1.4.8 en 3.1)
- Vergrendeling van de deuren (1.4.8)
- Signaalzuil met visuele en akoestische signalen (1.4.8, 3.1 en 4.1)

4.3 Keuring

Voor de constructie van de machine moet het ontwerp gekeurd worden. Tijdens en na de constructie van de montage moet de machine fysiek gekeurd worden. Aangezien deze machine niet behoort tot de lijst van gevaarlijke machines van annex 4 van de machinerichtlijn 2006/42/CE, moet de machine niet gekeurd worden door een aangemelde instantie [58]. Dit wordt telefonisch bevestigd door een vertegenwoordiger van Vinçotte.

Voor deze machine volstaat het dus dat er een technisch dossier en een CE-conformiteitsverklaring wordt opgesteld. Het is aan de opdrachtgever om de machine goed te keuren voor gebruik en de verantwoordelijkheid te dragen. Hierdoor komen dus geen keuringskosten bij de totale kostprijs, behalve de loonkost van het keurend personeel.

5 Kostprijsberekening

Om de kost van de machine op voorhand te schatten, wordt een indicatieve kostprijsberekening opgesteld. Offertes van leveranciers vormen hiervan de basis. Er moet in acht genomen worden dat de offerteprijzen kunnen veranderen en steeds onvoorziene kosten kunnen opduiken. De kost van het verven, monteren, installeren en het voorbereiden van de fabriekshal wordt nog niet meegerekend. Ook de personeelskosten voor het intern keuren van de machine zit nog niet vervat in de totaalprijs. Waar mogelijk worden wel leveringskosten meegeteld.

De offertes worden verzameld in bijlage 4. Alle prijzen zijn exclusief BTW.

5.1 Kost van de maakonderdelen

Hieronder worden alle onderdelen verstaan die speciaal voor de machine gemaakt moeten worden. Er zijn offertes opgevraagd bij Vemaro voor alle maakonderdelen, maar door onvoorziene omstandigheden en aangezien dit project niet prioritair is worden de offertes spijtig genoeg niet ontvangen binnen de stageperiode. Hierdoor wordt een kostprijs geschat van alle maakonderdelen.

De kost wordt geschat door de massa te vermenigvuldigen met een prijs per kg. Hierbij wordt 2,5 €/kg voor gelaste en nabewerkte stukken, 3 €/kg voor uitgesneden en nabewerkte stukken en 6 €/kg voor volledige verspaande stukken gerekend. Deze waarden zijn afkomstig uit telefonisch en mondeling contact met vertegenwoordigers van Vemaro. Bij de lasstukken wordt ook extra gewicht meegerekend voor plaatmateriaal dat verloren gaat bij het uitsnijden. De geschatte prijzen worden gegeven in Tabel 40.

Tabel 40: Geschatte kostprijs van de maakonderdelen

Categorie	Naam	Code	Prijs/kg [€]	Leverancier	Massa [kg]	Eenheidsprijs exl BTW	Aantal	Totale kost
Lasstuk	Stoel	9.W5108	2,5	Vemaro	10000	€ 25.000,00	2	€ 50.000,00
Verspaand stuk	Penhuis	9.T5110	6	Vemaro	9,2	€ 55,20	2	€ 110,40
Lasstuk	Brug	9.S5112	2,5	Vemaro	10000	€ 25.000,00	1	€ 25.000,00
Uitgesneden stuk	Deurplaat	9.T5114	3	Vemaro	28,5	€ 85,50	4	€ 342,00
Uitgesneden stuk	Deksel	9.T5116	3	Vemaro	367,9	€ 1.103,70	2	€ 2.207,40
Verspaand stuk	Blokkeerpen	9.T5117	6	Vemaro	5,3	€ 31,80	2	€ 63,60
Verspaand stuk	Rondselas	9.T5119	6	Vemaro	40	€ 240,00	4	€ 960,00
Uitgesneden stuk	Afsluitplaat	9.T5123	4	Vemaro	2,7	€ 10,80	4	€ 43,20
Verspaand stuk	Uitlijnplaat	9.T5124	6	Vemaro	23,4	€ 140,40	4	€ 561,60
Verspaand stuk	Torsiearmblok	9.T5125	6	Vemaro	4,8	€ 28,80	4	€ 115,20
Totaal								€ 79.403,40

Er moet benadrukt worden dat dit slechts schattingen zijn. Deze prijzen geven een benaderend beeld, maar kunnen nog drastisch veranderen. Indien de opdrachtgever toch beslist de stukken niet uit te besteden kan de prijs ook verschillen.

5.2 Kost van de standaardonderdelen

Hieronder worden alle standaard machineonderdelen en bevestigingsartikelen verstaan. Het merendeel zijn onderdelen van de vaste leverancier Würth met enkele uitzonderingen.

Categorie	Beschrijving	Product	Merk	Leverancier	eenheidsprijs exl BTW	Aantal	bijkomende kost	Totale kost	Nota
Standaardonderdelen	Scharnier	GN 237-ZD-60-60-A-SW	Elesa Ganter	Shake Hand	€ 6,14	12		€ 73,68	25% korting
Standaardonderdelen	Scharnierspacer	GN 2370-NI-60-5-MT	Elesa Ganter	Shake Hand	€ 2,38	24		€ 57,12	25% korting
Standaardonderdelen	Sluiting met sleutel	GN 516.5-VK8-23	Elesa Ganter	Shake Hand	€ 63,53	8		€ 508,24	25% korting
Standaardonderdelen	Handgreep	GN 728-180-A	Elesa Ganter	Shake Hand	€ 8,98	4		€ 35,92	25% korting
Standaardonderdelen	Afdichtband	VKP MAX	Würth	Würth	€ 6,82	2		€ 13,64	
Standaardonderdelen	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	100.130.004.014	Würth	Würth	€ 0,02	8		€ 0,16	
Standaardonderdelen	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	100.131.024.200	Würth	Würth	€ 2,27	200		€ 454,84	
Standaardonderdelen	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	100.130.005.025	Würth	Würth	€ 0,03	4		€ 0,10	
Standaardonderdelen	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	100.130.008.016	Würth	Würth	€ 0,04	8		€ 0,30	
Standaardonderdelen	Draadstang	9.T5121	Würth	Würth	€ 3,77	8		€ 30,18	
Standaardonderdelen	Draadvormende zeskantflensschroef	9.V5103-47	Würth	Würth		12		€ 0,00	in afwachting
Standaardonderdelen	Oogmoer	9.55115-3	Würth	Würth	€ 1,06	8		€ 8,45	
Standaardonderdelen	Sluitring	100.232.016	Würth	Würth	€ 0,15	24		€ 3,51	
Standaardonderdelen	Sluitring	100.230.008	Würth	Würth	€ 0,02	8		€ 0,12	
Standaardonderdelen	Sluitring	100.230.010	Würth	Würth	€ 0,03	88		€ 2,92	
Standaardonderdelen	Sluitring	100.232.024	Würth	Würth	€ 0,39	220		€ 86,66	
Standaardonderdelen	Sluitring	100.232.042	Würth	Würth	€ 13,85	28		€ 387,78	
Standaardonderdelen	Sluitring	100.232.020	Würth	Würth	€ 0,19	16		€ 3,11	
Standaardonderdelen	Sluitring	100.232.006	Würth	Würth	€ 0,01	4		€ 0,06	
Standaardonderdelen	Sluitring met grote diameter	100.235.030	Würth	Würth	€ 1,52	4		€ 6,07	
Standaardonderdelen	Sluitring met grote diameter	100.235.020	Würth	Würth	€ 0,33	16		€ 5,25	
Standaardonderdelen	Sluitring met grote diameter	100.235.024	Würth	Würth		16		€ 0,00	in afwachting
Standaardonderdelen	Verzonken schroef met binnenzeskant	100.140.008.055	Würth	Würth	€ 0,12	24		€ 2,84	
Standaardonderdelen	Verzonken schroef met binnenzeskant	100.140.008.014	Würth	Würth	€ 0,05	24		€ 1,18	
Standaardonderdelen	Vlakke inlegspie	100.290.025.080	Würth	Würth	€ 1,68	8		€ 13,41	
Standaardonderdelen	Zelfborgende zeskantmoer	9.V5103-32	Würth	Würth	€ 0,23	16		€ 3,65	
Standaardonderdelen	Zelfborgende zeskantmoer	9.V5103-25	Würth	Würth	€ 0,77	192		€ 147,24	
Standaardonderdelen	Zeskantbout	100.103.042.650	Max Mothes	Max Mothes	€ 69,00	16	€ 101,65	€ 1.205,65	
Standaardonderdelen	Zeskantbout	100.102.010.025	Würth	Würth	€ 0,09	88		€ 7,91	
Standaardonderdelen	Zeskantbout	100.101.010.140	Würth	Würth	€ 0,26	1		€ 0,26	
Standaardonderdelen	Zeskantbout	100.103.020.130	Würth	Würth	€ 1,45	16		€ 23,20	
Standaardonderdelen	Zeskantbout	100.101.006.050	Würth	Würth	€ 0,05	4		€ 0,20	
Standaardonderdelen	Zeskantbout	100.104.024.080	Würth	Würth	€ 1,76	16		€ 28,20	
Standaardonderdelen	Zeskantbout	100.103.024.130	Würth	Würth	€ 1,45	4		€ 5,80	
Standaardonderdelen	Zeskantflensbout	9.T5118-7	Würth	Würth	€ 1,41	4		€ 5,64	
Standaardonderdelen	Zeskantmoer	100.201.016.020	Würth	Würth	€ 0,16	24		€ 3,92	
Standaardonderdelen	Zeskantmoer	100.201.010.015	Würth	Würth	€ 0,04	1		€ 0,04	
Standaardonderdelen	Zeskantmoer	100.203.042.045	Würth	Würth	€ 1,95	28		€ 54,49	
Standaardonderdelen	Zeskantmoer met borgring	100.212.008.125	Würth	Würth	€ 0,05	24		€ 1,23	
Standaardonderdelen	Zeskantmoer met borgring	100.212.006.001	Würth	Würth	€ 0,01	4		€ 0,05	
Totaal								€ 3.183,04	

5.3 Kost van de overige onderdelen en sturing

Hieronder worden alle overige aangekochte onderdelen verstaan, inclusief een geschatte kost voor de sturing. Aangezien de sturing door de opdrachtgever zelf later wordt uitgewerkt en een aantal onderdelen reeds aanwezig zijn, wordt een geschatte prijs van € 20 000 gebruikt in samenspraak met de opdrachtgever. Ook de kost van de elektrische kast wordt hierin meegerekend.

Categorie	beschrijving	product	Merk	Leverancier	eenheidsprijs exl BTW	Aantal	bijkomende de kost	Totale kost	Nota
Lagering	Draaikranslager met interne vertanding	SIGH 1530 2 40 51 AA LM	QCB	NBC	€ 7.539,03	1		€ 7.539,03	
Lagering	Draaikranslager	SUN 1530 2 40 51 AA LM	QCB	NBC	€ 6.771,01	1		€ 6.771,01	
Lagering	Kogellager in kussenblok	UCP217	Timken	Rubix	€ 111,99	8		€ 895,92	
Aandrijving	Rondsel	m12 z25 b199 18CrNiMo7-6	Ernst-Schad	Ernst-Schad	€ 1.790,00	5		€ 8.950,00	Zie eigen tekening
Aandrijving	Motor met reductiekast	ST97p/TDRN132S4/BE11/AK8Y/PT	SEW	SEW	€ 5.799,71	2		€ 11.599,42	Kant A, abs encoder
Aandrijving	Motor met reductiekast	ST97p/TDRN132S4/BE11/EK8C/PT	SEW	SEW	€ 5.541,69	2		€ 11.083,38	Kant B, inc encoder
Elektronica	Contactloze eindeloopschakelaar	RS2-11-C3	EATON	Cebeo	€ 75,47	2		€ 150,94	
Elektronica	Inductieve sensor	BI4U-M12-VP6X-H1141 L80	Turck	Multiprox	€ 76,82	1		€ 76,82	met 20% korting
Elektronica	Noodstop in behuizing	M22-PV/KC11/IY	EATON	Cebeo	€ 38,93	3		€ 116,79	
Elektronica	Sturing, kast, drivers		ABC		€ 20.000,00	1		€ 20.000,00	Schatting van SDR
Overige	Ventilatie-roosters	SK 3243.200	Rittal	Rittal	€ 28,94	7		€ 202,58	37% korting
									wel loonkost keurend
Overige	Keuring				€ 0,00	1		€ 0,00	personeel
Overige	Smeervet	CERAN ST 2	TotalEnergies	TotalEnergies	€ 5,75	24	€ 30,00	€ 168,00	
Totaal								€ 67.553,89	

5.4 Totale kostprijs

De totale kostprijs van de besproken onderdelen wordt weergegeven in Tabel 41

Tabel 41: Totale kostprijs

Totale kostprijs	
Maakonderdelen	€ 79 403,40
Standaardonderdelen	€ 3 183,04
aangekochte onderdelen	€ 67 553,89
Totaal	€ 150 140,33

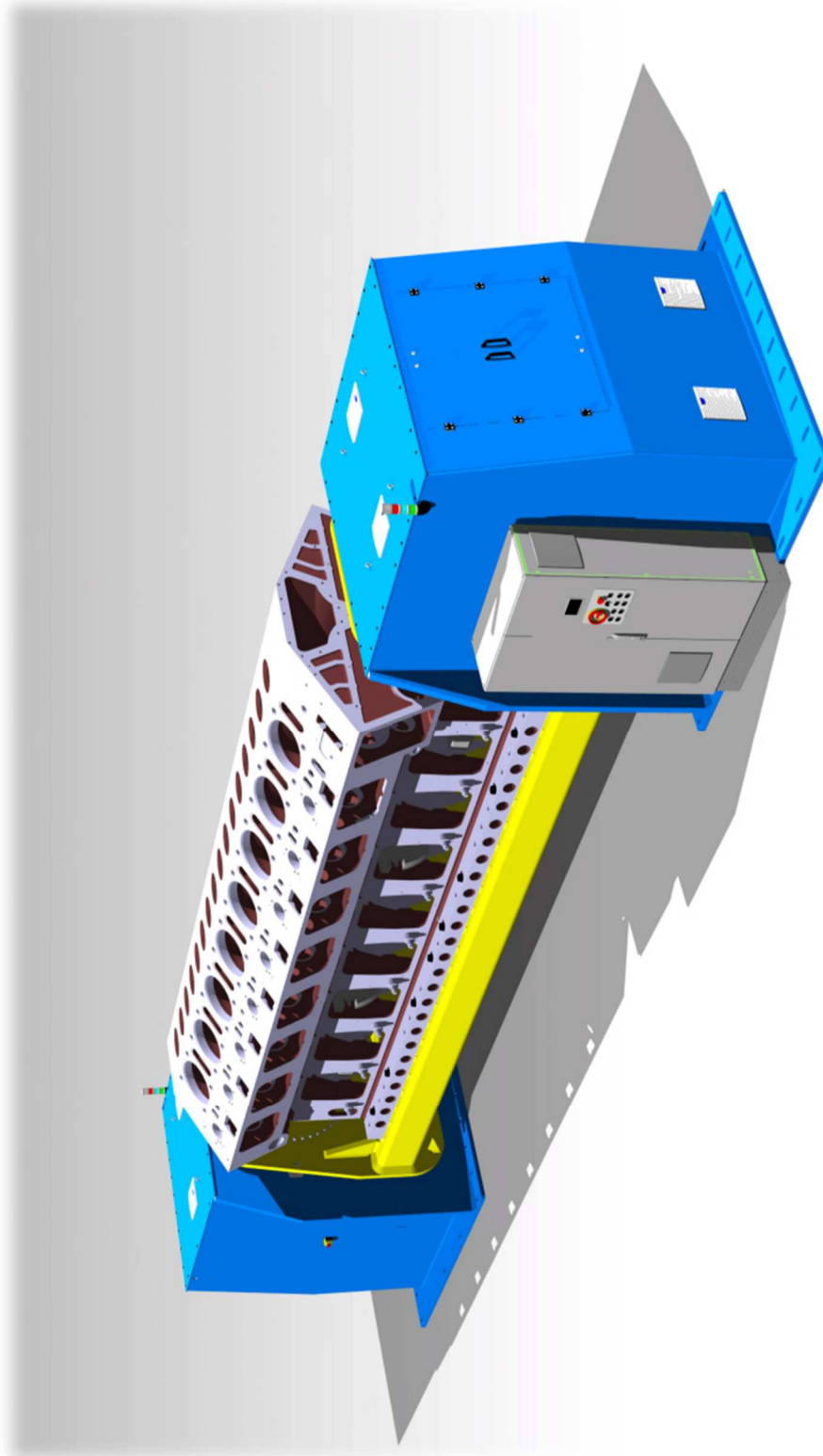
Afhankelijk van de veranderlijke en bijkomende kosten, kan een totale kost van ruwweg €200 000 worden geschat. Dit gevonden bedrag voldoet aan de voorop gestelde eis van maximaal €400 000.

Doorheen het project wordt steeds gezocht naar de goedkoopste oplossing. Het is dus moeilijk om aspecten te zoeken die nog goedkoper kunnen. De grootste kost zijn de maakonderdelen, daar kunnen verdere offertes en een vergelijking met productie in huis uitwijzen of de prijs verder noemenswaardig kan dalen.

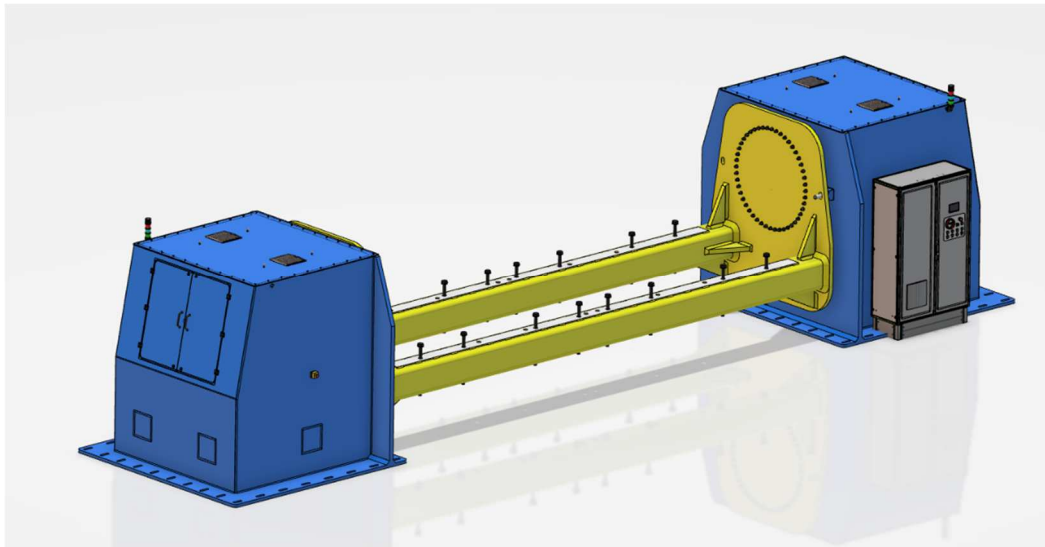
Ook de uiteindelijke kost van de sturing heeft een aanzienlijke impact. Welke piste gebruikt wordt, heeft echter een minieme invloed gezien de gedeelde onderdelen de grootste kosten teweegbrengen. (3.1)

6 Afbeeldingen van de afgewerkte machine

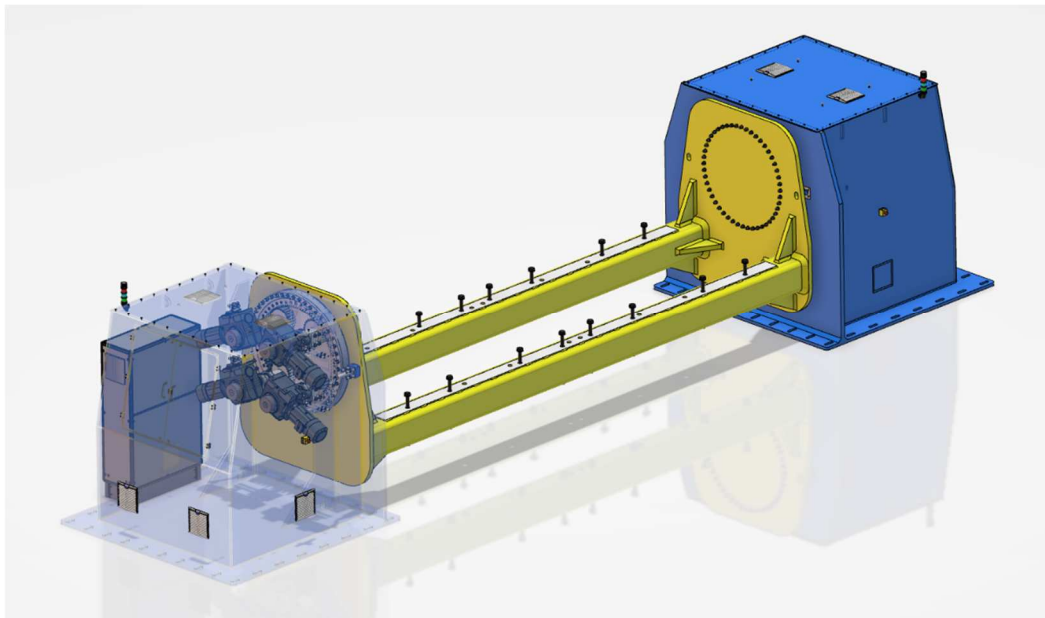
Het finale ontwerp wordt afgebeeld in Figuur 125, Figuur 126, Figuur 127, en Figuur 128.



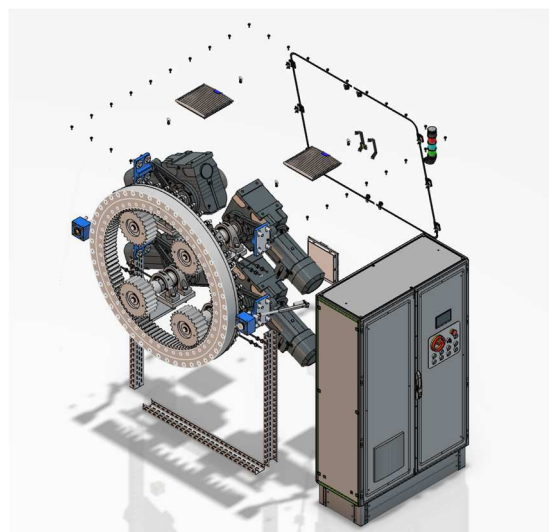
Figuur 125: Render van de afgewerkte stoel



Figuur 126: Isometrisch aanzicht van de afgewerkte machine



Figuur 127: Isometrisch aanzicht van de afgewerkte machine met doorzichtige stoel



Figuur 128: Onderdelen van de aangedreven stoel

7 Conclusie

Het behaalde ontwerp kan in theorie de gevraagde last van 60 000 kg dragen en de verschillende motorblokken kantelen. Hierbij worden alle nodige veiligheidsfactoren gerespecteerd waar nodig.

Op maat gemaakte draaikranslagers met interne vertanding dragen de last en brengen het moment over naar de motoren via vier rondsels. De tandwielmotoren met wormwielen zijn gedimensioneerd zodat de lading op een veilige manier verdraaid kan worden.

De sturing omvat de gevraagde functionaliteit en kan gemakkelijk omgebouwd worden tot een uitgebreidere bediening indien gewenst. De aandrijving kan verdeeld of verdubbeld worden zonder drastische modificaties. Het ontwerp houdt zo rekening met de mogelijke toekomst van de machine.

Alle mogelijke blokken kun zonder problemen op de brug gemonteerd worden zoals gevraagd door de opdrachtgever. Waar mogelijk wordt in het ontwerp rekening gehouden met het comfort van de monteurs die de machine opbouwen en het bevestigen van de motorblokken gebeurd op een ergonomische hoogte.

De sturing, keuring en het verven en het installeren van de machine worden niet finaal uitgewerkt tot het project wordt goedgekeurd voor constructie. Wel zijn alle nodige offertes voor de constructie reeds opgevraagd en is ook de keuringsprocedure bekend om de kostprijs zo correct mogelijk te kunnen inschatten.

Het installeren van de machine zelf en de bijkomende grondwerken worden niet besproken. Alweer wordt dit alleen uitgewerkt door een bevoegde ingenieur indien het project wordt uitgevoerd.

Uit de voorstudie zijn de goedkoopste oplossingen gebruikt om de kostprijs zo laag mogelijk te houden. De uiteindelijke geschatte kostprijzen van €150 000 voor de constructie en €200 000 voor het totale project liggen zeker binnen het maximum van €400 000. Dergelijk prijsverschil is wenselijk om het project relevant te maken voor de opdrachtgever.

Algemeen kan gesteld worden dat de machine op alle vlakken voldoet aan de eisen van de opdrachtgever en het kan gebruikt worden om het montageproces op een veilige manier verder te optimaliseren.

8 Opmerkingen

Hieronder worden enkele opmerkingen opgelijst die het vermelden waard zijn, maar niet meer in het ontwerp verwerkt kunnen worden. Deze zaken komen aan het licht bij het einde van het project, waardoor implementatie niet meer mogelijk is.

- Bij het monteren van de motorblokken is er geen concrete manier om de montagegaten van de blokken met die van de brug uit te lijnen. Er is wel enige speling tussen de gaten en bouten, maar de blokken moeten nog steeds vrij nauwkeurig gepositioneerd kunnen worden. Het is mogelijk om de bouten al door de gaten van de blokken te steken en te laten hangen, die vormen dan visuele mikpunten om het blok mee te positioneren. (1.4.12)

Een betere oplossing kan een conische paspen met schroefdraad zijn die in de brug kan geschroefd worden. Het blijkt dat er tussen de montagegaten van de blokken ook geruimde boringen zijn. Die kunnen gebruikt worden om met de pennen de blokken uit te lijnen.

- Volgens paragraaf 4.4.2 van de machinerichtlijn 2006/42/CE moet er ook een capaciteitsbewaking aanwezig zijn. Aangezien de last meer weegt dan 1 000 kg en het moment net meer is dan 40 kNm. De paragraaf wordt afgebeeld in Figuur 129. [58]

4.2.2. *Belastingsbegrenzing*

Machines waarvan de maximale werklast ten minste 1 000 kg of het kantelmoment ten minste 40 000 Nm bedraagt, moeten zijn uitgerust met inrichtingen die de bestuurder waarschuwen en gevaarlijke bewegingen voorkomen in geval van:

- overbelasting door overschrijding van de maximale werklast of van het maximale kantelmoment door een te zware werklast, of
- overschrijding van het kantelmoment.

Figuur 129: Paragraaf 4.4.2 van de machinerichtlijn [58]

Het kantelmoment kan bewaakt worden door de belasting op de motoren te monitoren. Dit is gemakkelijk in te bouwen in de sturing. Als waarschuwing kunnen de aanwezige signaalzuil en HMI gebruikt worden.

Een bewaking voor de belasting van maximaal 60 000 kg is echter niet aanwezig op de machine. Om te voldoen aan de machinerichtlijn moet de opdrachtgever dit dus nog toevoegen.

- De motoren worden bevestigd met het TorqLOC®-montagesysteem van SEW. Hierbij bestaan twee vormen, afhankelijk van de geometrie van de as waarop geklemd wordt. Indien de as een schouder en uitloop volgens DIN 509 F1x0,3 heeft, kan een montagesysteem met alleen de klembus achteraan de motor gebruikt worden. Indien er geen schouder aanwezig is, moet er ook vooraan een cilindrisch klemelement aanwezig zijn.

De gebruikte motoren hebben dit tweede element niet, ondanks dat de rondselassen geen schouder hebben. Dit is niet aan het licht gekomen tijdens de motorkeuze in samenspraak met SEW, maar dient in rekening gebracht te worden bij de aankoop van de motoren. In principe is er geen modificatie nodig aan het ontwerp, maar de afstand van de torsiearm tot de torsiearmblokken moet wel gecontroleerd worden. Vermoedelijk wordt door het gebruik van torsiearmen het tweede element niet toegevoegd aan de downloadbare modellen van de motoren.

9 Literatuurlijst

- [1] SolidWorks, „Fixed,” [Online]. Available: https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/cworks/c_Fixed.htm. [Geopend 13 maart 2023].
- [2] SolidWorks, „Mesh Control Parameters,” Dassault, [Online]. Available: https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/cworks/c_Mesh_Control_Parameters.htm. [Geopend 22 april 2023].
- [3] SolidWorks, „Probe Result PropertyManager,” Dassault, [Online]. Available: https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/cworks/HIDD_HELP_PM_PROBE.htm?id=21dd223dd4e4585b294f793b0f56cd8#Pg0. [Geopend 22 april 2023].
- [4] SolidWorks, „Rendering with PhotoView 360,” Dassault Systemes, [Online]. Available: https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/sldworks/c_photoview_360.htm?id=a994aa8fd49d4000bc415efd1c9efbfa#Pg0. [Geopend 23 mei 2023].
- [5] Anglo Belgian Corporation, „Hoofdmotoren,” [Online]. Available: <https://www.abc-engines.com/nl/markets/marine-propulsion/product-solutions/hoofdmotoren--52>. [Geopend 4 maart 2023].
- [6] Mach4Metal, „Bode VCP 5 Welding Manipulator , Schweißdrehtisch,” Blechzulieferer, [Online]. Available: <https://www.blechzulieferer.com/welding-manipulator-schweissdrehtisch-bode-vcp-5-used+10624/offer>. [Geopend 11 mei 2023].
- [7] Bode, „Cradle Positioners VP/C Series,” [Online]. Available: <https://bode.co.uk/product-details/?positioner-cradle>. [Geopend 12 mei 2023].
- [8] Waldun, „Cradle welding positioner,” [Online]. Available: <https://www.hardfacingfty.com/products/cradle-welding-positioner/>. [Geopend 12 mei 2023].
- [9] Europese normalisatie-organisatie, „Standards: NBN EN 527-1,” 29 juli 2011. [Online]. Available: <https://edu.mynbn.be/pdfMeta/RO/402407?l=E>. [Geopend februari 2023].
- [10] Premium transmission, „Everything to Know About Worm Gears and the Benefits of Collaborating With A Manufacturer,” 22 september 2020. [Online]. Available: <https://premium-transmission.com/blog/everything-to-know-about-worm-gears-and-the-benefits-of-collaborating-with-a-manufacturer/>. [Geopend 9 februari 2023].
- [11] D. Pieters, „Berekenen van machineonderdelen 2 [E-book],” 2019. [Online]. Available: <https://studiemateriaal.odisee.be/publiek/cc.aspx?ISBN=2220139939110>. [Geopend 2023].
- [12] TGB, „Slewing Rings,” [Online]. Available: <https://www.tgb-group.com/slewing-rings/>. [Geopend 28 maart 2023].

- [13] T. Lenoir, *Onderhoudstechnieken*, Gent: Odisee, 2017.
- [14] D. Pieters, *Berekenen van machineonderdelen 1* [E-book], Odisee.
- [15] fabory, „Zeskantflensbout DIN 6921 Staal Elektrolytisch verzinkt,” [Online]. Available: https://www.fabory.com/nl_BE/zeskantflensbout-din-6921-staal-elektrolytisch-verzinkt-geel-gepassiveerd-8-8/p/01256. [Geopend 12 april 2023].
- [16] Fabory, „Vlakke sluitring met buitendiameter ≈ 3 x nominale diameter DIN 9021 Staal Thermisch verzinkt,” [Online]. Available: https://www.fabory.com/nl_BE/vlakke-sluitring-met-buitendiameter-%e2%89%88-3-x-nominale-diameter-din-9021-staal-thermisch-verzinkt-140-hv-%28%3cgt-%3em16-100hv%29-m24/p/38212240001. [Geopend 12 april 2023].
- [17] Rexnord, „Tollok T450075X115 Very-High Torque Locking Devices,” [Online]. Available: <https://www.rexnord.com/products/pt-drive-components/locking-devices/very-high-torque/tlk450/t450075x115>. [Geopend 12 april 2023].
- [18] SKF, „Square and triangular flanged roller bearing units,” [Online]. Available: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/roller-bearing-units/flanged-units>. [Geopend 22 april 2023].
- [19] SKF, „SNL 3056,” [Online]. Available: <https://www.skf.com/be/nl/productinfo/productid-SNL%203056>. [Geopend 29 maart 2023].
- [20] SKF, „22344 CCK/W33,” [Online]. Available: <https://www.skf.com/be/nl/productinfo/productid-22344%20CCK%2FW33>. [Geopend 29 maart 2023].
- [21] Carter Manufacturing, „SLEWING RINGS OFFER CRITICAL DESIGN & MANUFACTURING ADVANTAGES,” *The Engineer*, 13 maart 2023. [Online]. Available: <https://www.theengineer.co.uk/content/product/slewing-rings-offer-critical-design-manufacturing-advantages/>. [Geopend 28 maart 2023].
- [22] MPI, „External Gear Slewing Bearing Ring,” 23 september 2022. [Online]. Available: <https://www.mechanicalpower.net/blog/bearings/external-gear-slewing-bearing-ring/>. [Geopend 28 03 2023].
- [23] Würth, „CILINDERKOPSCHROEVEN MET BINNENZESKANT. ISO 4762/DIN 912, 10.9, VERZINKT, BLAUW GEPASSIVEERD (A2K),” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Cilinderkopschroeven-met-binnenzeskant-ISO-4762-DIN-912-109-verzinkt-blauw-gepassiveerd-A2K-SHR-CLK-ISO4762-109-BZK15-A2K-M2X6/01082%20%206.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 22 april 2023].
- [24] Würth, „PLATTE RING ZONDER FACET DIN EN ISO 7089, staal vuurverzinkt (TZN), hardheidsklasse 300 HV,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/ISO-7089-staal-300-HV-thermisch-verzinkt/31033514080427.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/>. [Geopend 20 april 2023].
- [25] Würth, „ZESKANTMOER MET KLEMDEEL (VOLLEDIG METAAL) DIN 980 staal galvanisch verzinkt 10, dikke-laag gepassiveerd (VZD),” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/DIN-980-V-staal-10-verzinkt-dikkelaag->

- gepassiveerd/31033512121061.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribut=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_ThreadTypeXNominalDiameter%2522%252C%2522value%2522%253A%255.
[Geopend 4 mei 2023].
- [26] IMO, „The Slew Drive Advantage Guide (2019),” [Online]. Available: <https://www.imousacorp.com/2019/08/22/benefits-features-slew-drives/>.
[Geopend 15 april 2023].
- [27] D. Merckx, *Hydraulica* [E-Book], Odisee, 2023.
- [28] Premium transmission, „Differences Between Worm and Helical Gear,” 15 december 2021. [Online]. Available: <https://premium-transmission.com/blog/differences-between-worm-and-helical-gear/>.
[Geopend 23 februari 2023].
- [29] Motion dynamics, „Which Gearbox?,” [Online]. Available: <https://www.motiondynamics.com.au/gearboxes-which-type.html>.
[Geopend 23 februari 2023].
- [30] Premium transmission, „The Differences Between Spur And Planetary Gear Motors,” 17 juni 2021. [Online]. Available: <https://premium-transmission.com/blog/the-differences-between-spur-and-planetary-gear-motors/>. [Geopend 23 februari 2023].
- [31] SEW Eurodrive, *Catalog Gearmotors DR2S*, SEW Eurodrive, 2022.
- [32] SEW Eurodrive, „Driveconfigurator,” [Online]. Available: https://www.sew-eurodrive.be/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=en_US&country=BE. [Geopend 12 april 2023].
- [33] Electric motor wholesale Inc, „BALDOR 364T Frame Adjustable Motor Base B364T,” [Online]. Available: <https://www.electricmotorwholesale.com/BALDOR-B364T.html>. [Geopend 22 april 2023].
- [34] SEW-Eurodrive, „TorqLOC,” 2023. [Online]. Available: https://www.sew-eurodrive.nl/os/dud/?tab=documents&country=NL&language=en_us&doc_lang=de-DE,en-DE,nl-NL&doc_type=G,F,DD,CD,PL,V,D,H,E,A&gid=PAAFC. [Geopend 22 april 2023].
- [35] SEW-Eurodrive, „TorqLOC® hollow shaft mounting system,” [Online]. Available: https://www.sew-eurodrive.nl/products/gear_units/standard_gear_units/accessories_and_options/torqloc_hollow-shaft_mounting_system/torqloc_hollow-shaft_mounting_system.html#:~:text=Optional%20for%20parallel%2Dshaft%20helical,shaft%20in%20the%20gear%20unit.. [Geopend 23 april 2022].
- [36] Würth, „ZESKANTBOUT MET SCHACHT ISO 4014 STAAL 10.9, GALVANISCH VERZINKT, BLAUW GEPASSIVEERD (A2K),” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Zeskantbout-met-schacht-ISO-4014-staal-109-galvanisch-verzinkt-blauw-gepassiveerd-A2K-BOUT-6K-ISO4014-109-SW36-A2K-M24X130/0105024130.sku/nl/NL/EUR/>.
[Geopend 3 mei 2023].
- [37] W. F. Navarro, „TORQ ARM THEORY,” LinkedIn, 25 juli 2018. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/torq-arm-theory-walmir-fernandes-navarro/>. [Geopend 11 mei 2023].

- [38] SKF, „UCP 217,” [Online]. Available: <https://www.skf.com/ph/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP%20217>. [Geopend 22 april 2023].
- [39] SKF, „PER.UC217-A,” [Online]. Available: <https://www.skf.com/be/nl/productinfo/productid-PER.UC217-A>. [Geopend 22 april 2023].
- [40] Würth, „DRAADEIND DIN 976-1, verzinkt staal 8.8, vorm A,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Draadeind-DIN-976-1-vorm-A-met-standaard-metrische-ISO-schroefdraad-verzinkt-staal-48-blauw-gepassiveerd-A2K-DRAADEIND-DIN976A-48-A2K-M16X3000/09580016.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 20 april 2023].
- [41] Würth, „ZESKANTMOER DIN 934 staal I6I / I8I verzinkt,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Zeskantmoer-MOER-6K-DIN934-I8I-SW17-A2K-M10/031710.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 20 april 2023].
- [42] J. Devree, „ondersabelen,” [Online]. Available: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/ondersabelen.shtml>. [Geopend 22 april 2022].
- [43] Würth, „ZESKANTMOER MET KLEMDEEL (NIET-METALEN INZETSTUK) DIN 6924, staal 8, verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K),” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/DIN-6924-staal-8-verzinkt/31033512121014.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribute=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_ThreadTypeXNominalDiameter%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522M24%2522%255D%252C%2522. [Geopend 20 april 2023].
- [44] Würth, „RING DIN 9021 (met grote buitendiameter) staal galvanisch verzinkt blauw gepassiveerd (A2K),” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/DIN-9021-staal-verzinkt/31033514080601.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribute=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_Norms%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522DIN%25209021%2522%255D%252C%2522title%2522. [Geopend 20 april 2023].
- [45] Shake hand, „GN 237-ZD SCHARNIER,” Elesa Ganter , [Online]. Available: https://elesaganter.be/nl/product/EG_GN_237_COMBI/GN%20237-ZD/Scharnieren--Scharnieren/GN_237-ZD/Scharnieren_%28Zamac%29?3. [Geopend 10 mei 2023].
- [46] Shake hand, „GN 2370 SPACERS VOOR SCHARNIEREN GN 237, GN 337, CFMY AND CFM.,” Elesa Ganter, [Online]. Available: https://elesaganter.be/nl/product/EG_GN_2370/EG_GN_2370/Scharnieren--Scharnieren/GN_2370/Spacers_voor_scharnieren_GN_237,_GN_337,_CFMY_and_CFM.?2. [Geopend 10 mei 2023].
- [47] Shake hand, „GN 516.5 AANTREKSLOTEN,” Elesa Ganter, [Online]. Available: https://elesaganter.be/nl/product/EG_GN_516_5/EG_GN_516_5/Sluitingen_en_sloten-Sluiting_met_sleutel/GN_516.5/Aantreksloten?1. [Geopend 10 MEI 2023].
- [48] Shake Hand, „GN 728 BEUGELGREEP,” Elesa Ganter, [Online]. Available: https://elesaganter.be/nl/product/EG_GN_728/EG_GN_728/Beugelgrepen--

Beugelgrepen/GN_728/Beugelgreep;jsessionid=node0ea8kf5h90hwatd2e moz65bqq6026.node0?0. [Geopend 10 mei 2023].

- [49] Würth, „AFDICHTBAND VKP@ MAX,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Afdichtband-VKP-MAX-AFDICHTB-VKP-MAX-15-1-4-ZWART-20M/0875191502.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 10 mei 2023].
- [50] Würth, „VERZONKENKOPSCHROEF MET BINNENZESKANT DIN 7991/ISO 10642 staal 08.8 verzinkt,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Verzonkenkopschroef-met-binnenzeskant-SCHROEF-PLVZK-ISO10642-088-A2K-M8X14/00878%20%2014.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 20 april 2023].
- [51] Würth, „CILINDERKOPSCHROEF MET BINNENZESKANT ISO 4762/DIN 912, staal 8.8, galvanisch verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K),” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/ISO-4762-DIN-912-staal-8.8-verzinkt/31033511140108.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribute=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_Norms%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522ISO%25204762%2522%255D%252C%25. [Geopend 20 april 2023].
- [52] Würth, „OOGMOER DIN 582 staal C15E verzinkt,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Oogmoer-OOGMOER-DIN582-C15E-A2K-GESMEED-M10/0395910.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 20 april 2023].
- [53] Würth, „PLATTE RING DIN EN ISO 7089, staal thermisch verzinkt, hardheidsklasse 200 HV,” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/ISO-7089-staal-200-HV-thermisch-verzinkt/31033514080422.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribute=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_Norms%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522ISO%25207089%2522%255D%252C%25. [Geopend 20 april 2023].
- [54] Rittal, „Ventilatierooster Standaard,” [Online]. Available: <https://www.rittal.com/be-nl/products/PG0168KLIMA1/PGR1953KLIMA1/PGR2010KLIMA1/PRO0301?variantId=3243200>. [Geopend 25 april 2023].
- [55] Würth, „SCHROEFDRAADROLLENDE SCHROEF,” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/DIN-7500-1-staal-verzinkt-zeskantkop-vorm-DE/31033502060105.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribute=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_ThreadTypeXNominalDiameter%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522. [Geopend 10 mei 2023].
- [56] TotalEnergies, „TotalEnergies CERAN ST 2,” [Online]. Available: https://lubricants.catalog.totalenergies.com/catalogue-be-fr/en_UK/n8j-ceran-st-2. [Geopend 16 mei 2023].
- [57] Eaton, „SL7-SL4 catalog,” september 2016. [Online]. Available: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/industrialcontrols-drives-automation-sensors/sl-signal-towers/sl7-sl4-catalog-ca08100008e.pdf>. [Geopend 22 mei 2023].

- [58] Official Journal of the European Union, *DIRECTIVE 2006/42/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL*, NBN, 2006.
- [59] Eriks, „INA Kogelbusunit Gesloten Met afdichting Serie: KGB-PP-AS,” [Online]. Available: <https://shop.eriks.be/nl/lineairtechniek-kogelbussen/kogelbusunit-gesloten-met-afdichting-serie-kgb-pp-as-prc0173-0035-js/>. [Geopend 15 april 2023].
- [60] SKF, „SKF Glijlagerbus met kraag Onderhoudsvrij Sinterbrons /Sinterbrons PSMF 405040 A51,” [Online]. Available: <https://shop.eriks.be/nl/lagers-glijlagerbussen/glijlagerbus-met-kraag-onderhoudsvrij-sinterbrons-sinterbrons-psmf-405040-a51-23769157/>. [Geopend 15 april 2023].
- [61] M. Baker, „Hydraulic vs. Pneumatic vs. Electric Actuators,” 23 september 2019. [Online]. Available: <https://yorkpmh.com/resources/hydraulic-vs-pneumatic-vs-electric-actuators/>. [Geopend 15 april 2023].
- [62] S+R, „Compact Series,” [Online]. Available: <https://sr-as.de/elektrozylander-kompaktbaureihe/>. [Geopend 22 april 2023].
- [63] NBN, „Standards: NBN EN ISO 13857,” 28 november 2019. [Online]. Available: <https://edu.mynbn.be/pdfMeta/RO/577885?l=E>. [Geopend 7 mei 2023].
- [64] Max Mothes, „Sechskantschrauben DIN 931 - 10.9 - Rohling42x650,” [Online]. Available: <https://www.maxmothes.com/de/sechskantschrauben-p36934/>. [Geopend 20 april 2023].
- [65] Würth, „ZESKANTMOER ISO 4032 blank staal 10,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Zeskantmoer-MOER-6K-ISO4032-10-SW65-M42/0320942.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 20 april 2023].
- [66] Europese normalisatie-organisatie, „Standards: NBN EN 14238+A1,” december 2009. [Online]. Available: <https://edu.mynbn.be/pdfMeta/RO/334659?l=E>. [Geopend 8 Februari 2023].
- [67] MCB, Het MCB Boek, Valkenswaard: MCB, 2016.
- [68] TU Delft, „CTB3330 : VERGEET-MIJ-NIETJES,” [Online]. Available: https://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/CT3109/collegestof/invloedslijnen/files/VGN.pdf. [Geopend februari 2023].
- [69] SolidWorks, „Mesh Control Parameters,” Dassault, 2023. [Online]. Available: https://help.solidworks.com/2023/english/solidworks/cworks/c_mesh_control_parameters.htm. [Geopend 22 maart 2023].
- [70] Agoria, „Marktprijzen van materialen: overzichtstabellen,” [Online]. Available: https://tools.agoria.be/nl/marktprijzen-van-materialen-overzichtstabellen?_ga=2.37255968.1819030984.1672674871-1355693266.1672674867. [Geopend 24 april 2023].
- [71] Würth, „ZESKANTBOUT MET SCHACHT,” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/ISO-4014-staal-10.9-blank/31033511110634.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribut=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_ThreadTypeXNominalDiameter%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522M42%2522%255D%252C%2522. [Geopend 29 maart 2023].

- [72] M. Vanhoorne, Geometrische Meettechniek 1, Gent: Odisee, 2008.
- [73] Würth, „INLEGSPIE DIN 6885 staal, vorm A,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Inlegspie-INLEGSPIE-DIN6885-C45C-A-22X14X90/0410221490.sku/nl/NL/EUR/?CampaignName=SR007>. [Geopend 20 april 2023].
- [74] Deutsches Institut für Normung, DIN 1013, 1967.
- [75] The practical engineer, „Zo kies je het goede toerental voor boren of draaien,” [Online]. Available: <https://thepracticalengineer.com/blog/zo-kies-je-het-goede-toerental-voor-boren-of-draaien#:~:text=Het%20toerental%20is%20het%20aantal,een%20snelheid%2Fdiameter%20diagram%20aflezen..> [Geopend 6 mei 2023].
- [76] Werktuigbouw, „Wrijvingscoëfficiënt, Rolweerstand en Luchtweerstand,” [Online]. Available: <https://www.werktuigbouw.nl/abc/cof.htm>. [Geopend 22 mei 2023].
- [77] R. Bosh, „Wrijvingskracht berekenen,” [Online]. Available: <https://roybosch.nl/wrijvingskracht-berekenen/>. [Geopend 5 mei 2023].
- [78] G. P. F. D. B. G. D'haese, Sterkteleer [E-book], Odisee, 2013.
- [79] werktuigbouw.nl, „Wrijvingscoëfficiënt, Rolweerstand en Luchtweerstand,” [Online]. Available: <https://www.werktuigbouw.nl/abc/cof.htm>. [Geopend 5 mei 2023].
- [80] Werktuigbouw.nl, „Aanhaalmoment voorspanning,” [Online]. Available: https://www.werktuigbouw.nl/calculators/e3_6a.htm. [Geopend 5 mei 2023].
- [81] SKF, Rolling bearings, SKF, 2018.
- [82] International Organisation for Standardization, „Standards: NBN EN ISO 9692-1,” NBN, 25 oktober 2013. [Online]. Available: <https://edu.mynbn.be/pdfMeta/RO/493326?l=E>. [Geopend 15 april 2023].
- [83] T. Lenoir, Lastechnologie [E-book], Odisee, 2021.
- [84] QCB, TRAILER RINGS SLEWING RINGS SLEWING DRIVES PRECISION BEARINGS, QCB, 2023.
- [85] SKF, „PSMF 506050 A51,” [Online]. Available: <https://www.skf.com/be/nl/productinfo/productid-PSMF%20506050%20A51>. [Geopend 19 april 2023].
- [86] Würth, „ZESKANTBOUT MET VOLDRAAD ISO 4017 staal 8.8, blank,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Zeskantbout-met-voldraad-DIN-933-staal-88-blank-BOUT-6K-DIN933-88-SW17-M10X25/005510%2025.sku/nl/NL/EUR/?CampaignName=SR007>. [Geopend 20 april 2023].
- [87] Würth, „OOGBOUT DIN 580 staal C15E verzinkt,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Oogbout-OOGBOUT-DIN580-C15E-A2K-GESMEED-M10/0295910.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 25 april 2023].
- [88] Henkel, „LOCTITE® 243,” [Online]. Available: https://www.henkel-adhesives.com/be/nl/product/threadlockers/loctite_2430.html. [Geopend 3 mei 2023].

- [89] Rittal, Ventilator Montage-, installatie- en bedieningshandleiding, Herborn: Friedhelm Loh group, 2023.
- [90] SKF, „Bushing data,” [Online]. Available: <https://www.skf.com/group/products/plain-bearings/bushings-thrust-washers-strips/bushings/bushing-data>. [Geopend 19 april 2023].
- [91] B. W. W. D. K. G. W. H. H. I. G. K. W. De Clippeleer, Tabellenboek voor metaaltechniek, Hamburg: Plantyn, 2014.
- [92] Vacon, apfiff20 Crane control Application manual, Vaasa: Vacon, 2022.
- [93] TURCK, „Inductieve sensor met verhoogde schakelafstand,” [Online]. Available: <https://www.turck.nl/nl/product/0000004300012be30002003a>. [Geopend 20 april 2023].
- [94] Würth, „ZESKANTBOUT MET SCHACHT ISO 4014, staal 8.8, verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K),” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/ISO-4014-staal-8.8-verzinkt/31033511110648.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribut=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_Norms%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522ISO%25204014%2522%255D%252C%2522title%2522. [Geopend 20 april 2023].
- [95] Rittal, „Aanbouwkasten VX25 Basiskast,” [Online]. Available: <https://www.rittal.com/be-nl/products/PG0002SCHRANK1/PG0026SCHRANK1/PGRP21063SCHRANK1/PRO70035?variantId=8285000>. [Geopend 11 mei 2023].
- [96] Fabory, „CILINDERKOP SCHROEFEN MET BINNENZESKANT. ISO 4762/DIN 912, 10.9, VERZINKT, BLAUW GEPASSIVEERD (A2K),” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/ISO-4762-DIN-912-staal-10.9-verzinkt/31033511140105.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribut=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_ThreadTypeXNominalDiameter%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522M24%2522. [Geopend 16 mei 2023].
- [97] Würth, „ZESKANTBOUT MET VOLDRAAD ISO 4017 STAAL 10.9, GALVANISCH VERZINKT, BLAUW GEPASSIVEERD (A2K),” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Zeskantbout-met-voldraad-ISO-4017-staal-109-galvanisch-verzinkt-blauw-gepassiveerd-A2K-6K-BOUT-ISO4017-109-SW36-A2K-M24X90/010702490.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 3 mei 2023].
- [98] Würth, „ZESKANTBOUT MET FLENS DIN 6921 blank staal 8.8,” [Online]. Available: https://eshop.wurth.be/Product-categorieen/DIN-6921-blank-staal-8.8/31033511110506.cyid/3103.cgid/nl/NL/EUR/?SelectedFilterAttribut=%255B%257B%2522name%2522%253A%2522AT_ThreadTypeXNominalDiameter%2522%252C%2522value%2522%253A%255B%2522M16%2522%255D%252C%2522. [Geopend 20 april 2023].
- [99] Würth, „ZESKANTMOER MET KLEMDEEL,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Zeskantmoer-met-klemdeel-MR-6K-DIN6925-10-SW30-A2K-M20/036971120.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 6 mei 2023].
- [100] Eaton, „RS2-11-C3,” [Online]. Available: <https://www.eaton.com/us/en-us/skuPage.RS2-11-C3.html>. [Geopend 10 mei 2023].

- [101] Eaton, „M22-PV/KC11/IY,” [Online]. Available: https://datasheet.eaton.com/datasheet.php?model=216525&locale=nl_NL. [Geopend 11 mei 2023].
- [102] Würth, „ZESKANTMOER MET FIJNE DRAAD DIN 934 staal I8I verzinkt fijne draad,” [Online]. Available: <https://eshop.wurth.be/Zeskantmoer-met-fijne-draad-MOER-6K-DIN934-I8I-SW24-A2K-M16X15/031716%2015.sku/nl/NL/EUR/>. [Geopend 20 april 2023].
- [103] Verhoestraete, Catalogus, Roeselare: Verhoestraete, 2023.
- [104] International Organization for Standardization, „NBN EN ISO 9692-3,” NBN, 26 augustus 2016. [Online]. Available: <https://edu.mynbn.be/pdfMeta/RO/559271?l=E>. [Geopend 26 april 2023].

Wollaert Lars

Professionele Bachelor Ontwerp- en productietechnologie

Academiejaar 2022/2023

Draaistoel voor DV- en DL-motorblokken

Berekeningen, ontwerp en uitwerking ter optimalisatie van de krukasmontage

Bijlagen

Anglo Belgian Corporation

Wiedauwkaai 43.

9000 Gent

Wollaert Lars

Professionele Bachelor Ontwerp- en productietechnologie

Academiejaar 2022/2023

Draaistoel voor DV- en DL-motorblokken

Berekeningen, ontwerp en uitwerking ter
optimalisatie van de krukasmontage

Bijlagen

Anglo Belgian Corporation

Wiedauwkaai 43

9000 Gent

Bijlagenoverzicht

Bijlage 1: Stagegegevens	3
Bijlage 2: Kopieën van datasheets, normen en gebruikte materialen	5
2.1 Normen	5
2.1.1 Ergonomische werkhoogte volgens EN 527-1 [9].....	5
2.1.2 Mechanische sterkte volgens machinerichtlijn 2006/42/EC [58]	5
2.1.3 Mechanische sterkte volgens EN 14238+A1:2009 [66].....	6
2.1.4 Veilige zone volgens NBN EN ISO 13857:2019 Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs [63].....	6
2.1.5 Soevereinen en doorgangsgaten volgens ISO 15065, DIN 74, DIN 974-1 en DIN 974-2 [91].....	8
2.1.6 Voorkeurspassingen volgens DIN 7157 [91]	9
2.1.7 Basistoleranties ISO 2768 [91]	10
2.1.8 Doorgangsgaten DIN 20273 [91]	11
2.1.9 ISO toleranties [91].....	12
2.2 Datasheets van standaardcomponenten	13
2.2.1 Cilinderkopschroef met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 8.8 [51]	13
2.2.2 Cilinderkopschroef met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 10.9 [23] [96]	14
2.2.3 Verzonken schroef met binnenzeskant DIN EN ISO 10642 8.8 [50].....	16
2.2.4 Zeskantbout DIN EN ISO 4014 8.8 [94]	17
2.2.5 Zeskantbout DIN EN ISO 4014 10.9 [36]	18
2.2.6 Zeskantbout DIN EN ISO 4014 10.9 M42*650 [64]	19
2.2.7 Zeskantbout DIN 933 8.8 M10*25 [86].....	20
2.2.8 Zeskantbout DIN EN ISO 4017 10.9 M24x70 [97].....	20
2.2.9 Zeskantflensbout DIN 6921 8.8 M16*40 [98].....	21
2.2.10 Schroefdraadrollende schroef DIN 7500-1 M6x16 [55].....	22
2.2.11 Draadstang DIN 976 8.8 M16 [40]	23
2.2.12 Zeskantmoer DIN 934 8.8 [41].....	24
2.2.13 Zeskantmoer DIN EN ISO 4032 10.9 M42 [65]	25
2.2.14 Zeskantmoer met PA-borgring DIN ISO 6924 8.8 [43]	26
2.2.15 Zelfborgende zeskantmoer DIN 6925 10.9 M20 [99].....	27
2.2.16 Zelfborgende zeskantmoer DIN 980 10.9 M24 [25].....	28
2.2.17 Oogmoer DIN 582 M10 [52].....	29
2.2.18 Sluitring DIN EN ISO 7089 200 HV [53]	30
2.2.19 Sluitring DIN EN ISO 7089 300 HV [24].....	31
2.2.20 Sluitring met grote diameter DIN 9021 200 HV [44]	31
2.2.21 Vlakke inlegspie DIN 6885A C45 25*14-80 [73].....	32
2.3 Datasheets van aangekochte onderdelen.....	35
2.3.1 Glijlager SKF PSMF 506050 A51 [85].....	35
2.3.2 Lagerblok SKF UCP 217	37
2.3.3 Technische tekening draaikranslager met interne vertanding QCB SIGH 1530 2 40 51 AA LM.....	41
2.3.4 Technische tekening draaikranslager zonder vertanding QCB SUN 1530 2 40 51 AA LM.....	42
2.3.5 Algemene technische informatie QCB draaikranslagers [84].....	43
2.3.6 Technische informatie QCB SIGH 1530 2 40 51 AA LM	47
2.3.7 Algemene informatie SEW-Eurodrive TorqLOC® Van Loock.....	49
2.3.8 Tandwielmotor SEW ST97p/TDRN132S4/BE11/AK8Y/PT M3A.....	51
2.3.9 Tandwielmotor SEW ST97p/TDRN132S4/BE11/EK8C/PT M3B	53
2.3.10 Technische informatie SEW-Eurodrive TorqLOC® as [34].....	55
2.3.11 Inductieve sensor TURCK BI4U-M12-VP6X-H1141 L80 [93]	56
2.3.12 Contactloze schakelaar Eaton type RS2-11-C3 [100]	58

2.3.13	Noodstop Eaton M22-PV/KC11/IY [101]	60
2.3.14	Signaalzuil Eaton SL7 [57].....	64
2.3.15	Lineaire actuator S+R SR1 S24-17A08-06 [62]	67
2.3.16	Elektrische kast Rittal VX25 8285.000 [95]	70
2.3.17	Ventilatioerooster Rittal SK 3243.22 [54] [89]	73
2.3.18	Scharnier Elesa Ganter GN 237-ZD-60-60-A-SW [45]	76
2.3.19	Spacer Elesa Ganter GN 2370-NI-60-5-MT [46]	78
2.3.20	Sluiting Elesa Ganter GN 516.5-VK8-23 [47]	79
2.3.21	Handgreep Elesa Ganter GN728-180-A [48]	81
2.3.22	Afdichtband Würth VKP MAX [49]	82
2.3.23	Smeervet TotalEnergies CERAN ST 2 [56].....	83
Bijlage 3: Gebruikte materialen		87
3.1	Materiaaleigenschappen en kwaliteiten	87
3.1.1	Constructiestaalkwaliteit S355 t.o.v. S275 [67]	87
3.1.2	Fysische eigenschappen van constructiestaalsoorten [11].....	87
3.1.3	Constructiestaalkwaliteit S235JR [67].....	88
3.1.4	Veredelstaalkwaliteit C45+C/SH [67]	88
Bijlage 4: Offertes.....		89
4.1	Rondsels Cordm	89
4.2	Draaikranslagers QCB	90
4.3	Lagerblokken UCP 217 Timken (Fairon)	91
4.4	Motoren SEW.....	92
4.5	Standaardonderdelen Elesa Ganter (Shake Hand).....	94
4.6	Standaardonderdelen Würth	95
4.7	Zeskantbouten Max Mothes	98
4.8	Lineaire actuator S+R (Vansighen)	99
4.9	Elektrische componenten Eaton (Cebeo)	100
4.10	Inductieve sensor Turck (Multiprox).....	101
4.11	Ventilatioeroosters Rittal	102
4.12	Smeervet Total.....	103
Bijlage 5: Berekeningen		105
5.1	Lasberekeningen	105
5.2	Tandwielberekeningen [14]	107
5.2.1	Basisformule buigspanning σ_b met geometriefactor [14].....	107
5.2.2	Gecorrigeerde buigspanning s_t [14]	108
5.2.3	Bepalen van K_m [14].....	108
5.2.4	Bepalen van K_b [14]	109
5.2.5	Bepalen van K_v [14]	109
5.2.6	Bepalen van de gecorrigeerde buigspanning S_{at} [14]	110
5.2.7	Toelaatbare spanningen [14].....	111
5.2.8	Aanbevolen levensduur en bedrijfszekerheid K_r [14]	112
5.2.9	Basisformule contactspanning σ_c [14]	112
5.2.10	Elastische coëfficiënt C_p [14].....	113
5.2.11	Gecorrigeerde contactspanning s_c [14]	113
5.2.12	Toelaatbare contactspanning s_{ac} [14].....	114
5.2.13	Toelaatbare contactspanning voor doorgeharde tandwielen [14]	115
5.2.14	Bepalen van de belastingscyclusfactor voor putvorming Z_N [14].....	115
Bijlage 6: Montagehandleiding		117

Bijlage 1: Stagegegevens

Stagegegevens

Stagiair

Lars Wollaert

Opleiding

Ontwerp- en productietechnologie

Academiejaar

2022/2023

Stageperiode

06/02/2023 - 26/05/2023

Stagebegeleider

Dirk Pieters

Stageplaats

Anglo Belgian Corporation
Wiedauwkaai 43
9000 Gent

Mentor(en)

Dany vanGoethem
dvg@abc-engines.com

Bijlage 2: Kopieën van datasheets, normen en gebruikte materialen

2.1 Normen

2.1.1 Ergonomische werkhoogte volgens EN 527-1 [9]

NBN EN 527-1 (2011)

EN 527-1:2011 (E)

Table 1 — Table/desk dimensions in millimetres

Dimensions			Work table/desk type						
			Type A	Type B	Type C	Type D			
			Fully adjustable	Fully selectable	Fixed height	Limited adjustable or limited selectable ^a			
h ₁	Height of the work surface	Sitting only	Minimum range	Minimum range	740 ± 20	-allow	Min	Max	+allow
			650 - 850	650 - 850 ^a		yes	680	760	yes
		Standing only	Minimum range	Minimum range	1050 ± 20	-allow	Min	Max	+allow
			950 - 1250	950 - 1250 ^a		yes	1000	1180	yes
		Sit/stand	Minimum range	N/a	N/a	Minimum range			
			650 - 1250			680 - 1180			

2.1.2 Mechanische sterkte volgens machinerichtlijn 2006/42/EC [58]

4.1.2.3. Mechanical strength

Machinery, lifting accessories and their components must be capable of withstanding the stresses to which they are subjected, both in and, where applicable, out of use, under the installation and operating conditions provided for and in all relevant configurations, with due regard, where appropriate, to the effects of atmospheric factors and forces exerted by persons. This requirement must also be satisfied during transport, assembly and dismantling.

Machinery and lifting accessories must be designed and constructed in such a way as to prevent failure from fatigue and wear, taking due account of their intended use.

The materials used must be chosen on the basis of the intended working environments, with particular regard to corrosion, abrasion, impacts, extreme temperatures, fatigue, brittleness and ageing.

Machinery and lifting accessories must be designed and constructed in such a way as to withstand the overload in the static tests without permanent deformation or patent defect. Strength calculations must take account of the value of the static test coefficient chosen to guarantee an adequate level of safety. That coefficient has, as a general rule, the following values:

- (a) manually-operated machinery and lifting accessories: 1,5;
- (b) other machinery: 1,25.

Machinery must be designed and constructed in such a way as to undergo, without failure, the dynamic tests carried out using the maximum working load multiplied by the dynamic test coefficient. This dynamic test coefficient is chosen so as to guarantee an adequate level of safety: the coefficient is, as a general rule, equal to 1,1. As a general rule, the tests will be performed at the nominal speeds provided for. Should the control circuit of the machinery allow for a number of simultaneous movements, the tests must be carried out under the least favourable conditions, as a general rule by combining the movements concerned.

2.1.3 Mechanische sterkte volgens EN 14238+A1:2009 [66]

5.2 Supporting structure of the manipulator

5.2.1 Mechanical strength

The fatigue requirements in EN 13001 parts 1 and 2 shall apply.

When the intended cycle use is less than 20 000 cycles, the structure can be designed in such a way that:

- with a static load of at least two times the working load limit, no permanent deformation shall occur;
- with a static load of at least three times the working load limit, even if there is permanent deformation, there shall be no breaking of the structure.

2.1.4 Veilige zone volgens NBN EN ISO 13857:2019 Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs [63]

Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs

1 Scope

This document establishes values for safety distances in both industrial and non-industrial environments to prevent machinery hazard zones being reached. The safety distances are appropriate for protective structures. It also gives information about distances to impede free access by the lower limbs (see [Annex B](#)).

This document covers people of 14 years and older (the 5th percentile stature of 14-year-olds is approximately 1 400 mm). In addition, for upper limbs only, it provides information for children older than 3 years (5th percentile stature of 3-year-olds is approximately 900 mm) where reaching through openings needs to be addressed.

NOTE 1 It is not practical to specify safety distances for all persons. Therefore, the values presented are intended to cover the 95th percentile of the population.

Data for preventing lower limb access for children is not considered.

The distances apply when sufficient risk reduction can be achieved by distance alone. Because safety distances depend on size, some people of extreme dimensions will still be able to reach hazard zones even when the requirements of this document are met.

Compliance with the requirements in this document will prevent access to the hazard zone. Nevertheless the user of this document is advised that it does not provide the required risk reduction for every hazard (e.g. hazards related to machine emissions such as ionizing radiation, heat sources, noise, dust).

The clauses covering lower limbs apply on their own only when access by the upper limbs to the same hazard zone is not foreseeable according to the risk assessment.

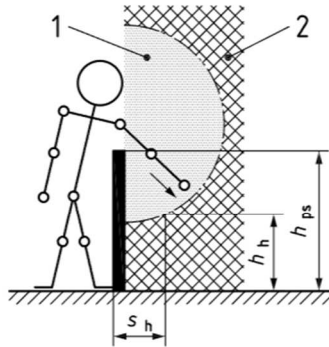
The safety distances are intended to protect those persons trying to reach hazard zones under the conditions specified (see [4.1.1](#)).

NOTE 2 This document is not intended to provide measures against reaching a hazard zone by climbing over (see ISO 14120:2015, 5.18).

4.2.2 Reaching over protective structures

4.2.2.1 General

Figure 2 shows reaching over a protective structure.



Key

- 1 area of upper limb reach
- 2 area outside of upper limb reach (hazard zone)
- h_h height of the point of the hazard zone which is nearest to the area of upper limb reach
- h_{ps} height of protective structure
- s_h horizontal safety distance of the point of the hazard zone which is nearest to the area of upper limb reach

Table 1 — Reaching over protective structures — Only minor injuries along with a low probability of occurrence

Dimensions in millimetres

h_h , height of the point of the hazard zone which is nearest to the area of upper limb reach	h_{ps} , height of protective structure ^a								
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500
	s_h , horizontal safety distance of the point of the hazard zone which is nearest to the area of upper limb reach								
2 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100	100	100	0
2 200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2 000	1 100	900	700	600	500	350	0	0	0
1 800	1 100	1 000	900	900	600	0	0	0	0
1 600	1 300	1 000	900	900	500	0	0	0	0
1 400	1 300	1 000	900	800	100	0	0	0	0
1 200	1 400	1 000	900	500	0	0	0	0	0
1 000	1 400	1 000	900	300	0	0	0	0	0
800	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 200	500	0	0	0	0	0	0	0
400	1 200	300	0	0	0	0	0	0	0
200	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0

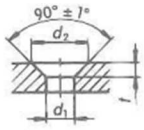
^a Protective structures less than 1 000 mm in height are not included because they do not sufficiently restrict movement of the body.

2.1.5 Soevereinen en doorgangsgaten volgens ISO 15065, DIN 74, DIN 974-1 en DIN 974-2 [91]

Souvereinen

Voor schroeven met verzonken kop

DIN EN ISO 15065: 2005-06



Maten in mm

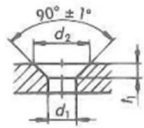
Schroefdraad Ø	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
d_1 H13	3,4	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	15,5	17,5	22
d_2	6,3	9,4	10,4	12,6	17,3	20	24	28	32	40
$t \approx$	1,5	2,5	2,6	3,1	4,3	4,6	5,4	6,4	7,4	9,2

voor schroeven
DIN EN ISO 2009, 2010,
7046, 7047

Voorbeeld van aanduiding voor schroef met sleutelwijdte 10 voor schroef met eenheidskop volgens DIN EN 27 721 en schroefdraad M10:
Soeverein DIN 66 – 10

Voor schroeven met verzonken kop

DIN 74: 2003-04



Maten in mm

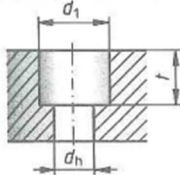
Schroefdraad Ø	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
d_1 H13	3,4	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	15,5	17,5	22
d_2 H13	6,9	9,1	11,4	13,7	18,2	22,7	27,2	31,1	34	40,7
$t_1 \approx$	1,8	2,3	3,0	3,6	4,6	5,9	6,9	7,8	8,2	9,4

voor schroeven
DIN EN ISO 10 642
DIN 95, 97, 7969, 7995

Voorbeeld van aanduiding voor schroef met schroefdraaddoorsnede M8 uitvoering F:
Soeverein DIN 74 – F8

Kamer voor cilinderkopschroeven

DIN 974-1: 1991-05



Maten in mm

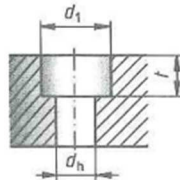
Schroefdraad Ø	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
Doorgangsopening d_h	3,4	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	17,5	22	26	33
d_1 H13	Rij 1	6,5	8	10	11	15	18	20	26	33	40
	Rij 4	7	9	11	13	16	20	24	30	36	43
	Rij 5	9	10	13	15	18	24	26	33	40	48
	Rij 6	8	10	13	15	20	24	33	43	48	58

De verzinkingsdiepte t , voor een beperkte speling, is gelijk aan de som van de kophoogte van de schroef en de hoogte van een onderlegde deel samen met een toeslag.

Rij 1 Voor schroeven volgens DIN EN ISO 1207, 4762, DIN 6912, 7984 zonder onderlegde deel
Rij 4 Voor cilinderkopschroeven met sluitring DIN EN ISO 7092, 10673
Rij 5 Voor cilinderkopschroeven met sluitring DIN EN ISO 7089, 7090
Rij 6 Voor cilinderkopschroeven met sluitring voor schroeven DIN 6796 en DIN 6908

Kamer voor steek- en ringsleutels bij zeskante bouten en moeren

DIN 974-2: 1991-05



Maten in mm

Schroefdraad Ø	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
Sleutelwijdte sw	5,5	7	8	10	13	16	18	24	30	36	48
Doorgangsopening d_h	3,4	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	17,5	22	26	33
d_1 H13	Rij 1	11	13	13	18	24	28	33	40	46	58
	Rij 2	11	15	18	20	26	33	36	46	54	73
	Rij 3	9	10	11	13	18	22	26	33	40	48

Rij 1 voor steeksleutels volgens DIN 659, 896, 3112, 3124
Rij 2 voor ringsleutels volgens DIN 838, 897, 3129
Rij 3 bij beperkte plaats

Vereenvoudigde aanduidigen (zonder maataanduiding) DIN 974-2: 1991-05























Schroefdraad-Ø	Toeslag	Kamer getekend		Kamer niet getekend
		DIN 974 – BF8	DIN 974 – Km 12	DIN 974 – BF8
3 tot 6	0,4			
6 tot 20	0,6			
20 tot 27	0,8			
27 tot 80	1,0			

2.1.6 Voorkeurspassingen volgens DIN 7157 [91]

Passingen

DIN 7157: 1966-01

Keuze van een passing (vet en groter gedrukte passingen verdienen de voorkeur)

	Eenheidsboring				Voorstelling en beschrijving		Eenheidsas			
	H6	H7	H8	(H11)	 Boring	 As	0-nullijn	h6	h9	h11
Vaste passingen		H7 u8	H8 u8			Grote klemming Kan alleen door krimpen of uitzetten verbonden worden. Voor wielen op assen, tappen in krukken, krimpringen.				
		H7 s6				Ruime klemming Kan met grote druk of door krimpen of uitzetten verbonden worden. Voor wielkransen op loopwielen, loopwielen op assen.				
		H7 r6				Geringe klemming Kan d.m.v. perskracht verbonden worden. Voor lagerbussen in huizen, tandkransen op wiellichamen.				
Overgangspassingen		H7 n6				Klemming waarschijnlijker dan speelruimte. Kan met beperkte druk verbonden worden. Voor koppelingen, lagerbussen in huizen, kleine drijfwielen op asuiteinden, cilindrische pen.				
	H6 k6	H7 k6				Klemming en speelruimte even waarschijnlijk. Kan met hamerslagen verbonden worden. Machineonderdelen borgen tegen verdraaien. Koppelingen, tandwielen, riemschijven, handwielen.				
	H6 j6	H7 j6				Speelruimte waarschijnlijker dan klemming. Kan met lichte hamerslagen verbonden worden. Machineonderdelen borgen tegen verdraaien. Riemschijven, tandwielen, handwielen.				
Losse passingen	H7 h6	H8 h9	H11 h11			Nog glijdend. Wanneer ze nauwkeurig bediend worden, kunnen de delen verschoven worden. Centreerinrichtingen, as in huis, afstandsringen.		H7 h6	H8 h9	H11 h11
	H7 g6					Goed glijdend Glijlagers voor hoofdspillen van gereedschapsmachines, verschuifbare koppelingen, wisselwielen.		G7 h6		
	H7 f7	H8 f7				Geringe speelruimte Voor glijlagers algemeen, stuurschouwen in cilinders, wisselwielen, verschuifbare tandwielen.		F8 h6	F8 h9	
		H8 e8				Duidelijke speelruimte Voor glijlagers van lange assen of met verschillende lagerplaatsen, krukas- en wormslagers, hefboomlageringen.			E9 h9	
		H8 d9	H11 d9			Ruime speelruimte Voor lageringen in bouw- en landbouwmachines, lagers voor kraanaandrijvingen en kraanchassis, losse schijven.			D10 h9	D10 h11
			H11 c11			Grote speelruimte Voor lagers met sterke verwarming, bouw van zware machines.			C11 h9	C11 h11
			H11 a11			Zeer grote speelruimte Voor lageringen met gevaar voor vervuiling en gebrekkige smering, graafmachines, scharnierverbindingen.				A11 h11

2.1.7 Basistoleranties ISO 2768 [91]

Basistoleranties voor nieuwe constructies

DIN ISO 2768 1, 2: 1991-06

Basistoleranties voor lineaire maten en hoekmaten, vrijemaattoleranties.
voor onderdelen die vervaardigd worden door verspanen en vervormen

Nauwkeurighedsgraad	Nominale maten in mm							
	vanaf 0,5 L.e.m. 3	meer dan 3 L.e.m. 6	meer dan 6 L.e.m. 30	meer dan 30 L.e.m. 120	meer dan 120 L.e.m. 400	meer dan 400 L.e.m. 1000	meer dan 1000 L.e.m. 2000	meer dan 2000 L.e.m. 4000
maximale afwijkingen voor lineaire maten in mm								
f fijn (IT 12)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m middelmatig (IT 14)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c grof (IT 16)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v zeer grof (IT 18)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

Technisch tekenen

Nauwkeurighedsgraad	Nominale maten in mm			Nominale maten voor hoeken: de lengte van het kortste been in mm				
	vanaf 0,5 L.e.m. 3	meer dan 3 L.e.m. 6	meer dan 6	tot 10	meer dan 10 L.e.m. 50	meer dan 50 L.e.m. 120	meer dan 120 L.e.m. 400	meer dan 400
Afwijkingen voor afrondingsstralen en hoogten van afschuiningen in mm				Hoekmaatafwijkingen in graden				
f (fijn)	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
m (middelmatig)								
c (grof)	± 0,2	± 1	± 2	± 1°30'	± 1°	± 30'	± 15'	± 10'
v (zeer grof)				± 3°	± 2°	± 1°	± 30'	± 20'

Aanduiding op de tekening bv. voor nauwkeurighedsgraad "middelmatig": ISO 2768-m

Basistoleranties voor vorm en plaats

voor onderdelen die vervaardigd worden door verspanen en vervormen

Nauwkeurighedsgraad	Nominale maten in mm						Basistolerantie voor de loop
	L.e.m. 10	meer dan 10 L.e.m. 30	meer dan 30 L.e.m. 100	meer dan 100 L.e.m. 300	meer dan 300 L.e.m. 1 000	meer dan 1 000 L.e.m. 3 000	
Basistolerantie voor rechtheid en vlakheid in mm							
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,2
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	0,5

Nauwkeurighedsgraad	Nominale maten voor het kortste been in mm				Nominale maten in mm			
	L.e.m. 100	meer dan 100 L.e.m. 300	meer dan 300 L.e.m. 1 000	meer dan 1000 L.e.m. 3 000	L.e.m. 100	meer dan 100 L.e.m. 300	meer dan 300 L.e.m. 1 000	meer dan 1000 L.e.m. 3 000
Basistolerantie voor rechthoekigheid				Basistolerantie voor symmetrie				
H	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
K	0,4	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2	0,6	1	1,5	2

Aanduiding op de tekening (voorbeelden)

Nauwkeurighedsgraad m voor lineaire maten en K voor vorm en plaats: ISO 2768-mK
 Wanneer bijkomend de voorwaarde voor het omhullend gedeelte geldt: ISO 2768-mK-E
 Wanneer alleen de nauwkeurighedsgraad voor vorm en plaats geldt: ISO 2768-K
 De basistolerantie voor **parallelisme** is gelijk aan de getalwaarde van rechtheid en vlakheid.
 De basistolerantie voor **coaxialiteit** werd niet vastgelegd.
 Als de rondheidsafwijking = 0, moet de coaxialiteitsafwijking gelijk zijn aan de slagafwijking.

T25

78

2.1.8 Doorgangsgaten DIN 20273 [91]

Schroeven

Mechanische eigenschappen van stalen schroeven DIN EN ISO 898-1: 1999-11

Sterktecategorie	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9	12.9
Minimale treksterkte R_m in N/mm ²	330	400	420	500	520	600	800	1040	1220
Minimale vloeigrens R_e in N/mm ²	190	240	340	300	420	480	640	940	1100
Rek bij breuk A in %	25	22	16	20	12	8	12	9	8

Productklassen (maat- en vormvastheid) DIN ISO 4759-1: 2001-04

Symbol	A (middelmattig)	B (middelgrof)	C (grof)
--------	------------------	----------------	----------

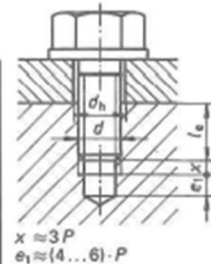
Doorgangsgaten voor bouten en schroeven DIN EN 20273: 1992-02

Schroefdraaddiameter	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30	
Doorgangsgaten fijn	H12	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13	15	17	21	25	31
d_h middelmattig	H13	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	15,5	17,5	22	26	33
grof	H14	4,8	5,8	7	10	12	14,5	16,5	18,5	24	28	35

Minimale inschroefdiepten ℓ_e , aanbevolen richtwaarden

Bij fijne schroefdraad moeten de waarden met 25% verhoogd worden.

Sterktecategorie		3.6; 4.6	4.8...6.8	8.8	10.9
Materiaal van de moer	Staal R_m tot 400 N/mm ²	$0,8 \cdot d$	$1,2 \cdot d$	-	-
	Staal R_m tot 600 N/mm ²	$0,8 \cdot d$	$1,0 \cdot d$	$1,2 \cdot d$	$1,4 \cdot d$
	Staal R_m tot 800 N/mm ²	$0,8 \cdot d$	$1,0 \cdot d$	$1,2 \cdot d$	$1,2 \cdot d$
	Staal R_m vanaf 800 N/mm ²	$0,8 \cdot d$	$1,0 \cdot d$	$1,0 \cdot d$	$1,0 \cdot d$
	Grijs gietijzer	$1,3 \cdot d$	$1,5 \cdot d$	$1,5 \cdot d$	-
Koperlegeringen	$1,3 \cdot d$	$1,3 \cdot d$	-	-	
Aluminiumlegeringen	$1,2 \cdot d$	$1,4 \cdot d$	$1,6 \cdot d$	-	
Kunststoffen	$2,5 \cdot d$	-	-	-	



Aantrekmomenten voor bouten van DIN EN ISO 4762, DIN EN 24014, aanbevolen richtwaarden

Schroefdraad	Maximale voorspankracht in kN						Maximaal aantrekmoment in Nm					
	Sterkteklasse ¹⁾ 8.8		10.9		12.9		Sterkteklasse ¹⁾ 8.8		10.9		12.9	
	Wrijvingsfactor gesmeerd $\mu_{gesm.}$						Wrijvingsfactor gesmeerd $\mu_{gesm.}$					
	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,14
M5	6,9	6,4	10,2	9,4	11,9	11	4,8	5,9	7,1	8,7	8,3	10
M6	9,75	9	14,3	13,2	16,8	15,5	8,3	10	12	15	14	18
M8	17,9	16,5	26,3	24,3	30,7	28,4	20	25	30	36	35	43
M8 x 1	19,6	18,1	28,7	26,6	33,6	31,2	22	27	32	39	37	46
M10	28,5	26,3	41,8	38,7	48,9	45,2	40	49	59	72	69	84
M10 x 1,25	30,6	28,3	44,9	41,6	52,5	48,7	42	52	62	76	72	90
M12	41,5	38,4	61	56,5	71,5	66	69	85	100	125	120	145
M12 x 1,5	46,6	43,3	68,5	63,5	80	74,5	75	93	110	135	130	160
M14	57	52,5	83,5	77,5	98	90,5	110	135	160	200	190	235
M14 x 1,5	63	58,5	92,5	86	108	100	120	145	175	215	200	255
M16	78,5	72,5	115	107	135	125	170	210	250	310	290	365
M16 x 1,5	85,5	79,5	125	116	147	136	180	225	265	330	310	390
M18	98	91	140	129	164	152	245	300	345	430	405	500
M20	126	117	180	166	210	195	340	425	490	610	570	710
M20 x 1,5	144	134	206	191	241	224	375	475	530	680	620	790
M22	158	146	224	208	263	244	460	580	660	820	770	960
M24	182	168	259	240	303	281	590	730	840	1050	980	1220
M24 x 2	203	189	290	270	339	315	630	800	900	1150	1050	1350
M27	239	222	340	316	398	369	870	1100	1250	1550	1450	1800
M27 x 2	264	246	375	350	439	409	920	1150	1300	1650	1550	1950
M30	291	269	414	384	484	449	1200	1450	1700	2100	1950	2450
M30 x 2	332	309	472	440	553	515	1300	1650	1850	2350	2150	2750

¹⁾ De sterktecategorie van stalen bouten en tapeinden wordt met twee getallen aangeduid. Als men het eerste getal vermenigvuldigt met 100 geeft dit de nominale treksterkte min N/mm². Het tweede getal is 1/10 van de verhouding tussen de minimale vloeigrens en de minimale treksterkte in % uitgedrukt.

Opmerking: betreffende de vloeigrens van het materiaal voor bouten, van de aangegeven waarden mag slechts 90 % gebruikt worden.

Machine-elementen

2.1.9 ISO toleranties [91]

Passingen

DIN ISO 286-1: 1990-11

Begrippen voor toleranties, afmetingen en passingen

Maximaatafwijking voor boringen $ES^{1)}$
voor assen es

Minimaatafwijking voor boringen $ES^{2)}$
voor assen ei

ES = Maximaat - nominale maat (boring)
 es = Maximaat - nominale maat (as)
 EI = Minimaat - nominale maat (boring)
 ei = Minimaat - nominale maat (as)
Tolerantie = Maximaat-minimaat

Bij passingen volgens DIN ISO 286:

Kleinste speling = kleinste maat_a - grootste maat_s = $E_s - e_s$
Grootste speling = grootste maat_a - kleinste maat_s = $E_a - e_i$
Kleinste overmaat = kleinste maat_a - grootste maat_s = $e_s - E_s$
Grootste overmaat = grootste maat_a - kleinste maat_s = $e_a - E_i$

¹⁾ s = superieur B = boring
²⁾ i = inferieur a = as

Passingstelsels

DIN ISO 286-1: 1990-11

Eenhedsboring

In dit stelsel krijgen alle boringen, ongeacht het soort van passing, de H-ligging.
Merk op: Bij de ligging is de minimaat altijd gelijk aan de nominale maat.

Eenhedsas

In dit systeem krijgen alle assen, ongeacht het soort van passing, de h-ligging.
Merk op: Bij de ligging is de maximaat altijd gelijk aan de nominale maat.

ISO-basistoleranties in μm

EN 20286-1: 1993 DIN ISO 286-1,-2:1990-11

Nominale maten in mm	Tolerantiewaarden																			
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
meer dan 3 t.o.m. 6	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1 000	1 400
meer dan 6 t.o.m. 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1 200	1 800
meer dan 10 t.o.m. 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1 100	1 800	2 700
meer dan 18 t.o.m. 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1 300	2 100	3 300
meer dan 30 t.o.m. 50	0,8	1,2	2	3	5	8	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1 000	1 600	2 500	3 900
meer dan 50 t.o.m. 80	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1 000	1 600	2 500	3 900	6 200
meer dan 80 t.o.m. 120	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1 000	1 600	2 500	4 000	6 300
meer dan 120 t.o.m. 180	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1 000	1 600	2 500	4 000	6 300	10 000
meer dan 180 t.o.m. 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1 150	1 850	2 900	4 600	7 200
meer dan 250 t.o.m. 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1 300	2 100	3 200	5 200	8 100
meer dan 315 t.o.m. 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1 400	2 300	3 600	5 700	8 900
meer dan 400 t.o.m. 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1 550	2 500	4 000	6 300	9 700
kwantiteit	zeer fijn			fijn					middel					zeer grof						

Aanduiding, bv. ISO-tolerantiereeks van tolerantiewaarde 9: ISO-tolerantiereeks 9 of afgekort IT9
IT 14 tot IT 18 gelden niet tot 1 mm.

Technisch tekenen

2.2 Datasheets van standaardcomponenten

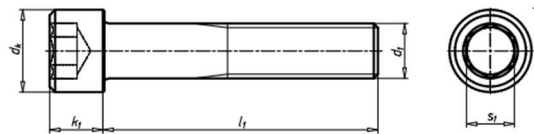
Algemene opmerkingen:

- Op vraag van de opdrachtgever wordt waar mogelijk DIN-normering gebruikt bij alle standaardonderdelen.
- De vaste leverancier is Würth.
- Waar mogelijk worden standaardcomponenten gebruikt om te beschermen tegen corrosie. Een mogelijk nadeel hiervan is echter dat verzinkte onderdelen sneller met de tijd vast kunnen komen te zitten. Afhankelijk van voorraden en gemak kunnen ook blanke onderdelen gebruikt worden aangezien de machine binnen in een fabriekshal staat en er zo minder sprake is van corrosie. Blanke onderdelen kunnen eventueel ook de kostprijs verlagen.

2.2.1 Cilinderkopschroef met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 8.8 [51]

Cilinderkopschroeven met binnenzeskant. ISO 4762/DIN 912, 8.8, verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Oppervlakte	Verzinkt
Sterkteklasse	8,8
Voldoet aan RoHS	Ja

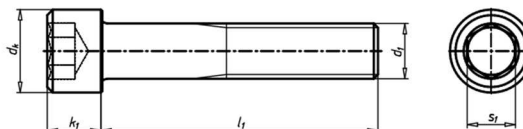


Schroef-draadsoort x nominale diameter (d1)	Lengte (l1)	Kopdia-meter (dk)	Kophoogte (k1)	Interne aandrijving (s1)	Werkings-principe van de borging	Borgfunctie	Art.nr.	VE
M3	65 mm	5,5 mm	3 mm	BZK2,5			0084 3 65	200
M3	70 mm	5,5 mm	3 mm	BZK2,5			0084 3 70	200
M3	80 mm	5,5 mm	3 mm	BZK2,5			0084 3 80	100
M4	5 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 5	500
M4	6 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 6	100/500/1000
M4	8 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 8	100/1000
M4	10 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 10	100
M4	12 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 12	100
M4	14 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 14	100/500
M4	15 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 15	500
M4	16 mm	7 mm	4 mm	BZK3			0084 4 16	100/1000
M5	16 mm	8,5 mm	5 mm	BZK4			0084 5 16	100
M5	18 mm	8,5 mm	5 mm	BZK4			0084 5 18	500
M5	20 mm	8,5 mm	5 mm	BZK4			0084 5 20	100
M5	22 mm	8,5 mm	5 mm	BZK4			0084 5 22	100
M5	25 mm	8,5 mm	5 mm	BZK4			0084 5 25	100/500
M5	30 mm	8,5 mm	5 mm	BZK4			0084 5 30	100
M5	35 mm	8,5 mm	5 mm	BZK4			0084 5 35	100/500
M8	12 mm	13 mm	8 mm	BZK6			0084 8 12	200
M8	14 mm	13 mm	8 mm	BZK6			0084 8 14	100
M8	16 mm	13 mm	8 mm	BZK6			0084 8 16	200
M8	18 mm	13 mm	8 mm	BZK6			0084 8 18	200/600
M8	20 mm	13 mm	8 mm	BZK6			0084 8 20	200

2.2.2 Cilinderkopschroef met binnenzeskant DIN EN ISO 4762 10.9 [23] [96]

Cilinderkopschroeven met binnenzeskant. ISO 4762/DIN 912, 10.9, verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Oppervlakte	Verzinkt
Sterkteklasse	10,9
Voldoet aan RoHS	Ja



Schroef- draadsoort x nominale diameter (d _f)	Lengte (l _f)	Kopdiameter (d _k)	Kophoogte (k _f)	Interne aandrijving (s _f)	Art.nr.	VE
M24	110 mm	36 mm	24 mm	BZK19	0108 24 110	10
M24	120 mm	36 mm	24 mm	BZK19	0108 24 120	10
M24	130 mm	36 mm	24 mm	BZK19	0108 24 130	10

FABORY

Cilinderschroef met binnenzeskant DIN 912 Staal Elektrolytisch verzinkt 10.9 M24X190



Artikelnummer	07023.240.190
Merk	-
UBB	500647962744
UNSPSC	31161605
EAN	8717077284296
PKG. van 10	Alleen volledige verpakkingen

Technische parameters

Diameter (d-D)	M24
Lengte (L) (mm)	190
Klasse	10.9
Materiaal	Staal
Oppervlaktebedekking	Elektrolytisch verzinkt
Kopsoort	Cilinderkop
Aandraaivoorziening	Binnenzeskant
Draadrichting	Rechts
Draadsoort	Metrische schroefdraad

Info
 Waarschuwing: bij het elektrolytisch behandelen van deze producten bestaat er gevaar voor het optreden van waterstofbrosheid.

Standaarden

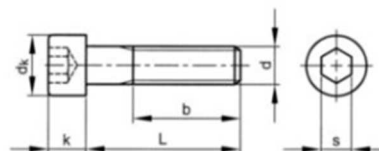
ASME	B18.3.1M
BS	4168-1
NF	E25-125
ISO	4762
DIN	912

Technische specificatie

b	60
d _k (max.)	36
Voldraad als L ≤	85

Technische tekening

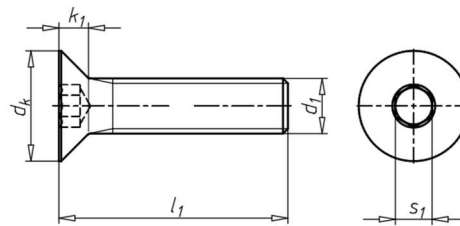
k (max.)	24
P	3
s	19



2.2.3 Verzonken schroef met binnenzeskant DIN EN ISO 10642 8.8 [50]

Verzonkenkopschroef met binnenzeskant ISO 10642 staal 8.8, galvanisch verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Sterkteklasse	08,8
Oppervlakte	Verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja
Soort aandrijving	Binnenzeskant
Draadtype	Metrisch draad
Draadvorm	Standaard metrische draad
Productklasse	A

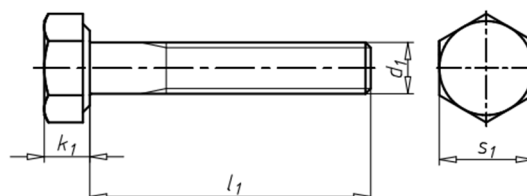


Schroef-draadsoort x nominale diameter (d_1)	Lengte (l_1)	Kopdiameter (d_k)	Kophoogte (k_1)	Interne aandrijving (s_1)	Koptype	Art.nr.	VE
M6	95 mm	12,16 mm	3,72 mm	BZK4	Verzonken kop 90 graden	0087 6 95	200
M6	100 mm	12,16 mm	3,72 mm	BZK4	Verzonken kop 90 graden	0087 6 100	100
M6	110 mm	12,16 mm	3,72 mm	BZK4	Verzonken kop 90 graden	0087 6 110	100
M6	120 mm	12,16 mm	3,72 mm	BZK4	Verzonken kop 90 graden	0087 6 120	100
M6	130 mm	12,16 mm	3,72 mm	BZK4	Verzonken kop 90 graden	0087 6 130	100
M8	8 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 8	200
M8	10 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 10	500
M8	12 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 12	500
M8	14 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 14	200
M8	16 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 16	200
M8	45 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 45	200
M8	50 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 50	200
M8	55 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 55	100
M8	60 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 60	200
M8	65 mm	16,43 mm	4,96 mm	BZK5	Verzonken kop 90 graden	0087 8 65	200

2.2.4 Zeskantbout DIN EN ISO 4014 8.8 [94]

Zeskantbout met schacht ISO 4014 staal 8.8, galvanisch verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Sterkteklasse	8,8
Oppervlakte	Verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja

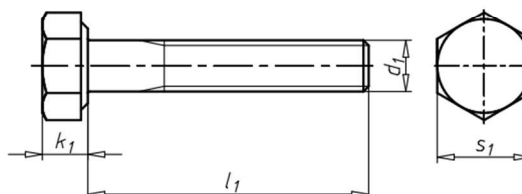


Schroefdraadsoort x nominale diameter (d ₁)	Lengte (l ₁)	Kophoogte (k ₁)	Schroefdraadlengte (metrische draad) (b)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M6	30 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 30	200/500
M6	32 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 32	500
M6	35 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 35	200
M6	38 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 38	200
M6	40 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 40	200/500
M6	42 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 42	200
M6	45 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 45	200
M6	50 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 50	200/400
M6	55 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 55	100/200
M6	60 mm	4 mm	18 mm	SW10	0053 6 60	100/200
M10	100 mm	6,4 mm	26 mm	SW16	0053 910 100	50/100
M10	110 mm	6,4 mm	26 mm	SW16	0053 910 110	50
M10	120 mm	6,4 mm	26 mm	SW16	0053 910 120	50
M10	130 mm	6,4 mm	32 mm	SW16	0053 910 130	50
M10	140 mm	6,4 mm	32 mm	SW16	0053 910 140	50

2.2.5 Zeskantbout DIN EN ISO 4014 10.9 [36]

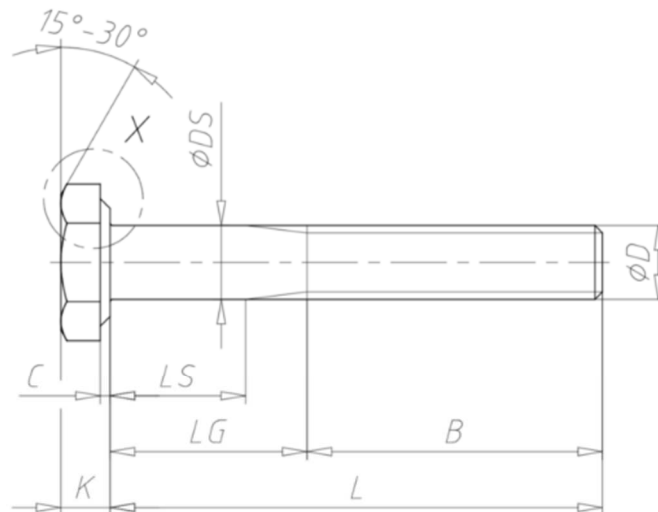
Zeskantbout met schacht ISO 4014 staal 10.9, galvanisch verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Sterkteklasse	10,9
Oppervlakte	Verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja



Schroefdraadsoort x nominale diameter (d ₁)	Lengte (l ₁)	Kophoogte (k ₁)	Schroefdraadlengte (metrische draad) (b)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M20	100 mm	12,5 mm	46 mm	SW30	0105 020 100	25
M20	110 mm	12,5 mm	46 mm	SW30	0105 020 110	25
M20	120 mm	12,5 mm	46 mm	SW30	0105 020 120	25
M20	130 mm	12,5 mm	52 mm	SW30	0105 020 130	25
M20	140 mm	12,5 mm	52 mm	SW30	0105 020 140	25
M20	150 mm	12,5 mm	52 mm	SW30	0105 020 150	25
M24	110 mm	15 mm	54 mm	SW36	0105 024 110	10
M24	120 mm	15 mm	54 mm	SW36	0105 024 120	10
M24	130 mm	15 mm	60 mm	SW36	0105 024 130	10
M24	140 mm	15 mm	60 mm	SW36	0105 024 140	10
M24	150 mm	15 mm	60 mm	SW36	0105 024 150	10

2.2.6 Zeskantbout DIN EN ISO 4014 10.9 M42*650 [64]



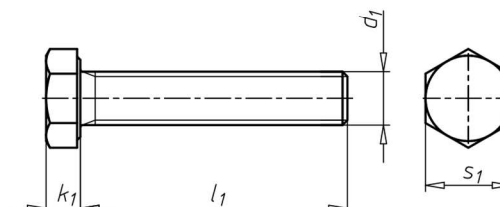
Characteristics

standard type	DIN
main group of standards	931
strength class	10.9
thread type	blank
diameter	42
length	650

2.2.7 Zeskantbout DIN 933 8.8 M10*25 [86]

Zeskantbout met voldraad DIN 933, staal 8.8, blank

Materiaal	Staal
Sterkteklasse	8,8
Oppervlakte	Blank
Voldoet aan RoHS	Ja

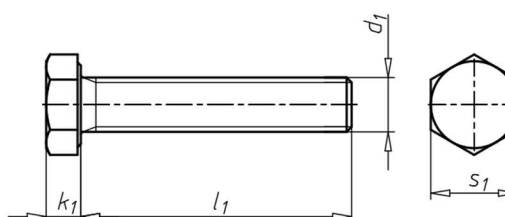


Schroefdraadsoort x nominale diameter (d ₁)	Lengte (l ₁)	Kophoogte (k ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M10	20 mm	6,4 mm	SW17	0055 10 20	200
M10	22 mm	6,4 mm	SW17	0055 10 22	200
M10	25 mm	6,4 mm	SW17	0055 10 25	200
M10	30 mm	6,4 mm	SW17	0055 10 30	200

2.2.8 Zeskantbout DIN EN ISO 4017 10.9 M24x70 [97]

Zeskantbout met voldraad ISO 4017 staal 10.9, galvanisch verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Sterkteklasse	10,9
Oppervlakte	Verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja



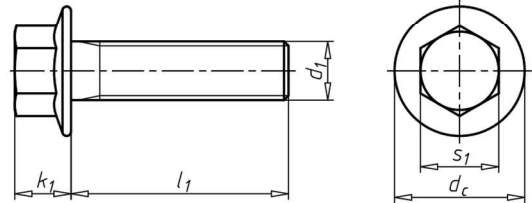
Schroefdraadsoort x nominale diameter (d ₁)	Lengte (l ₁)	Kophoogte (k ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M24	60 mm	15 mm	SW36	0107 024 60	25
M24	65 mm	15 mm	SW36	0107 024 65	25
M24	70 mm	15 mm	SW36	0107 024 70	25
M24	75 mm	15 mm	SW36	0107 024 75	25
M24	80 mm	15 mm	SW36	0107 024 80	25

2.2.9 Zeskantflensbout DIN 6921 8.8 M16*40 [98]

Zeskantbout met flens

DIN 6921 staal 8.8, blank

Materiaal	Staal
Sterkteklasse	8,8
Oppervlakte	Blank
Voldoet aan RoHS	Ja



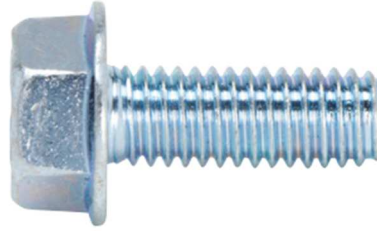
Schroef- draadsoort x nominale diameter (d ₁)	Lengte (l ₁)	Kopdiameter (d _c)	Kophoogte (k ₁)	Externe aandrij- ving (s ₁)	Art.nr.	VE
M12	70 mm	26,6 mm	11,5 mm	SW16	4125 812 70	50
M12	110 mm	26,6 mm	11,5 mm	SW16	4125 812 110	25
M16	40 mm	35 mm	14,4 mm	SW21	4125 816 40	25
M16	50 mm	35 mm	14,4 mm	SW21	4125 816 50	50
M16	90 mm	35 mm	14,4 mm	SW21	4125 816 90	25

2.2.10 Schroefdraadrollende schroef DIN 7500-1 M6x16 [55]

Schroefdraadrollende schroef

DIN 7500-1, zeskantkop met kraag, inzetgehard (-O-), staal galvanisch verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Draadvormende schroeven vormen zelf binnendraad in gegoten blinde gaten, overgangspunten, geboorde, gelaasde en gestante plaatwerkdelen. In tegenstelling tot draadsnijden wordt de structuur van het materiaal in de binnendraad bij het draad rollen niet onderbroken maar koudvervormd en verplaatst.



Draadsnijden is niet nodig

Bespaart kosten

Vorming van de schroefdraad zonder snijden

TRILOBULAIRE vorm van de schroef in combinatie met het radiusprofiel van de draadflanken

- Lager tapmoment met grotere flankoverlapping door de draad
Hoge klemkracht

Grote flankoverlapping van de draad

Hoge belastbaarheid

Koud gerolde, geharde binnendraad (moerdraad)

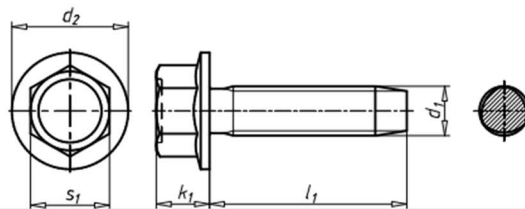
Hogere belastbaarheid

Spelingsvrije en zelfborgende passing van de draad

- Minder kans op losdraaien
Bescherming tegen verlies

De gevormde draad komt overeen met een metrische standaardschroefdraad

Materiaal	Staal
Oppervlakte	Verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja

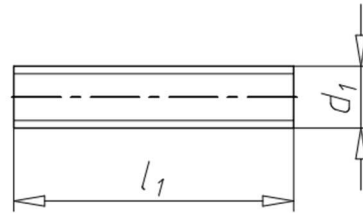


Schroefdraadsoort x nominale diameter (d ₁)	Lengte (l ₁)	Kopdiameter (d _k)	Kraagdiameter (d ₂)	Kophoogte (k ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M4	12 mm	7 mm	8,4 mm	2,92 mm	SW7	4019 14 12	3000
M4	16 mm	7 mm	8,4 mm	2,92 mm	SW7	4019 14 16	1000
M4	20 mm	7 mm	8,4 mm	2,92 mm	SW7	4019 14 20	1000
M5	8 mm	8 mm	10,4 mm	3,65 mm	SW8	4019 15 8	2000
M5	10 mm	8 mm	10,4 mm	3,65 mm	SW8	4019 15 10	1000
M5	12 mm	8 mm	10,4 mm	3,65 mm	SW8	4019 15 12	1000
M5	16 mm	8 mm	10,4 mm	3,65 mm	SW8	4019 15 16	1000
M5	20 mm	8 mm	10,4 mm	3,65 mm	SW8	4019 15 20	1000
M6	10 mm	10 mm	13 mm	4,15 mm	SW10	4019 16 10	1000
M6	12 mm	10 mm	13 mm	4,15 mm	SW10	4019 16 12	1000
M6	16 mm	10 mm	13 mm	4,15 mm	SW10	4019 16 16	500
M6	20 mm	10 mm	13 mm	4,15 mm	SW10	4019 16 20	500

2.2.11 Draadstang DIN 976 8.8 M16 [40]

Draadeind DIN 976-1 (vorm A) met standaard metrische ISO-schroefdraad, verzinkt staal 4.8, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Sterteklasse	4,8
Oppervlakte	Verzinkt
Draadtype	Metrisch draad
Voldoet aan RoHS	Ja



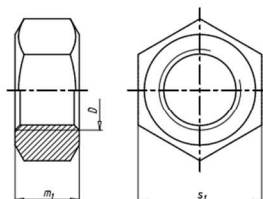
Schroefdraadsoort x nominale diameter (d ₁)	Lengte (l ₁)	Vorm	Art.nr.	VE
M14	2000 mm	A	0958 014	1
M16	1000 mm	A	0958 16	1/10
M16	2000 mm	A	0958 016	5
M16	3000 mm	A	0958 001 6	1
M18	1000 mm	A	0958 18	1/10

2.2.12 Zeskantmoer DIN 934 8.8 [41]

Zeskantmoer

DIN 934, staal I6I/I8I, blauw verzinkt, gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Oppervlakte	Verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja



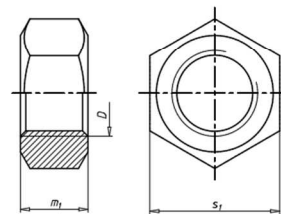
Schroefdraadsoort x nominale diameter (D)	Hoogte (m ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Sterkteklasse	Art.nr.	VE
M2	1,6 mm	SW4	I6I	0317 2	500/10000
M2,5	2 mm	SW5	I6I	0317 25	1000/10000
M3	2,4 mm	WS5.5	I6I	0317 3	500/1000/5000
M3,5	2,8 mm	SW6	I6I	0317 35	500/5000
M4	3,2 mm	SW7	I6I	0317 4	500/5000
M5	4 mm	SW8	I6I	0317 5	250/1000/5000
M6	5 mm	SW10	I8I	0317 6	100/250/2000
M7	5,5 mm	SW11	I8I	0317 7	100/1000
M8	6,5 mm	SW13	I8I	0317 8	100/250
M10	8 mm	SW17	I8I	0317 10	100/500
M12	10 mm	SW19	I8I	0317 12	100/300
M14	11 mm	SW22	I8I	0317 14	50/100/250
M16	13 mm	SW24	I8I	0317 16	50/100/200
M18	15 mm	SW27	I8I	0317 18	100
M16	13 mm	SW24	I8I	0317 16	50/100/200
M18	15 mm	SW27	I8I	0317 18	100
M20	16 mm	SW30	I8I	0317 20	25/100
M22	18 mm	SW32	I8I	0317 22	25/50
M24	19 mm	SW36	I8I	0317 24	25/50

2.2.13 Zeskantmoer DIN EN ISO 4032 10.9 M42 [65]

Zeskantmoer

ISO 4032 staal 10, blank

Materiaal	Staal
Sterteklasse	10
Oppervlakte	Blank
Voldoet aan RoHS	Ja

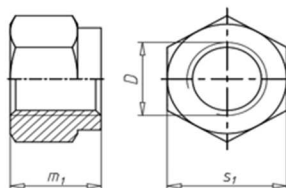


Schroefdraadsoort x nominale diameter (D)	Hoogte (m ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M30	25,6 mm	SW46	0320 930	5
M36	31 mm	SW55	0320 936	15
M42	34 mm	SW65	0320 942	10/20
M48	36,4 mm	SW75	0320 948	5

2.2.14 Zeskantmoer met PA-borgring DIN ISO 6924 8.8 [43]

Zeskantmoer met klemdeel (niet-metalen inzetstuk) ISO 6924 staal 8, verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Sterteklasse	8
Oppervlakte	Verzinkt
Werkingsprincipe van de borging	Klemdeel polyamide ring
Voldoet aan RoHS	Ja
Borgfunctie	Schroefborging, klemmen



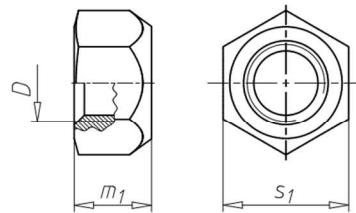
Schroefdraadsoort x nominale diameter (D)	Hoogte (m ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M3	4,5 mm	WSS.5	0371 984 3	1000
M4	6 mm	SW7	0371 984 4	1000
M5	6,8 mm	SW8	0371 984 5	1000
M6	8 mm	SW10	0371 984 6	1000
M8	9,5 mm	SW13	0371 984 8	100/1000
M10	11,9 mm	SW16	0371 984 10	100
M12	14,9 mm	SW18	0371 984 12	100/200
M14	17 mm	SW21	0371 984 14	100

2.2.15 Zelfborgende zeskantmoer DIN 6925 10.9 M20 [99]

Zeskantmoer met klemdeel

DIN 6925, staal 10, verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	Staal
Sterkteklasse	10
Oppervlakte	Verzinkt
Werkingsprincipe van de borging	Eendelige klemmoer metaal
Voldoet aan RoHS	Ja
Borgfunctie	Schroefborging, klemmen



Schroefdraadsoort x nominale diameter (D)	Hoogte (m ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M8	8 mm	SW13	0369 711 8	250/1000
M12	12 mm	SW18	0369 711 12	200
M16	16,4 mm	SW24	0369 711 16	150
M20	20 mm	SW30	0369 711 20	100

2.2.16 Zelfborgende zeskantmoer DIN 980 10.9 M24 [25]

Zeskantmoer met klemdeel (volledig metaal)

DIN 980 staal galvanisch verzinkt 10, dikke-laag gepassiveerd (VZD)

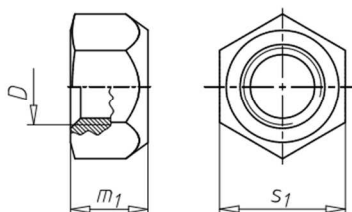
Verbindingselementen met galvanisch verzinkte chroom(VI)-vrije dikke-laag passivering (VZD) bieden een toekomstbestendig alternatief voor oppervlakken die een gehalte chroom(VI) bevatten. De coating bestaat uit een zinklaag met passivering op chroom(III)-basis.

Overzicht van voordelen:

- Chroom(VI)-vrij alternatief voor A2C of A3C
- Thermisch vermogen tot 120 °C
- Gelijmatige laagverdeling



Materiaal	Staal
Sterkteklasse	10
Oppervlakte	Gegalvaniseerd
Werkingsprincipe van de borging	Eendelige klemmoer metaal
Voldoet aan RoHS	Ja
Borgfunctie	Schroefborging, klemmen



Schroefdraadsoort x nominale diameter (D)	Hoogte (m ₁)	Externe aandrijving (s ₁)	Art.nr.	VE
M14	14 mm	SW22	0369 414	200
M22	22 mm	SW32	0369 422	50
M24	24 mm	SW36	0369 424	50

2.2.17 Oogmoer DIN 582 M10 [52]

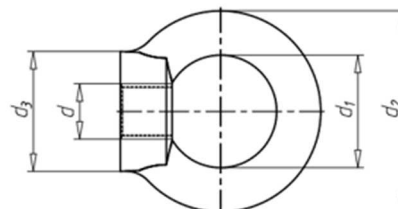
Oogmoer

DIN 582 staal C15E verzinkt, blauw gepassiveerd (A2K)

Materiaal	C15E
Oppervlakte	Verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja



45.1



Schroef- draadsoort x nominale diameter (d)	Binnendiameter (d ₁)	Buitendiameter (d ₂)	Diameter contac- toppervlak (d ₃)	Draagvermogen (F max)	Art.nr.	VE
M6	20 mm	36 mm	20 mm	80 kg	0395 96	25/50
M8	20 mm	36 mm	20 mm	140 kg	0395 98	25/100
M10	25 mm	45 mm	25 mm	230 kg	0395 910	5/50
M12	30 mm	54 mm	30 mm	340 kg	0395 912	5/30
M14	35 mm	63 mm	35 mm	490 kg	0395 914	5

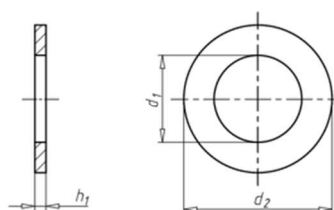
2.2.18 Slutring DIN EN ISO 7089 200 HV [53]

Platte ring

DIN EN ISO 7089, staal thermisch verzinkt, hardheidsklasse 200 HV

- Vervangt DIN 125
- Onderlegingen met hardheidsklasse 200 HV kunnen worden gebruikt in combinatie met bouten van sterkteklasse ≤ 8.8 en moeren van sterkteklasse ≤ 8

Materiaal	Staal
Hardheid volgens Vickers, HV	200 HV
Oppervlakte	Thermisch verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja



Geschikt voor draad	Binnendiameter (d_1)	Buitendiameter (d_2)	Dikte (h_1)	Art.nr.	VE
M5	5,3 mm	10 mm	1 mm	0407 009 105	1000
M6	6,4 mm	12 mm	1,6 mm	0407 009 106	1000
M8	8,4 mm	16 mm	1,6 mm	0407 009 108	500
M10	10,5 mm	20 mm	2 mm	0407 009 110	200/500

2.2.19 Slutring DIN EN ISO 7089 300 HV [24]

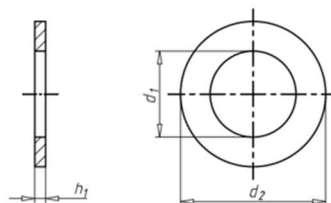
Platte ring zonder facet

DIN EN ISO 7089, staal vuurverzinkt (TZN), hardheidsklasse 300 HV

- Vervangt de DIN 125
- Ringen met hardheidsklasse 200 HV kunnen worden gebruikt in combinatie met schroeven in sterkteklasse 8.8 en moeren in sterkteklasse 8



Materiaal	Staal
Hardheid volgens Vickers, HV	300 HV
Oppervlakte	Thermisch verzinkt
Voldoet aan RoHS	Ja



Geschikt voor draad	Binnendiameter (d_1)	Buitendiameter (d_2)	Dikte (h_1)	Art.nr.	VE
M10	10,5 mm	20 mm	2 mm	0407 009 410	200
M12	13 mm	24 mm	2,5 mm	0407 009 412	1/200 /500
M16	17 mm	30 mm	3 mm	0407 009 416	1/100 /250
M20	21 mm	37 mm	3 mm	0407 009 420	1/100
M24	25 mm	44 mm	4 mm	0407 009 424	1/100
M27	28 mm	50 mm	4 mm	0407 009 427	1/50
M30	31 mm	56 mm	4 mm	0407 009 430	1/50
M30	31 mm	56 mm	4 mm	0407 009 130	1/50
M42	45 mm	78 mm	8 mm	0407 009 142	1/25
M56	62 mm	105 mm	10 mm	0407 009 156	25

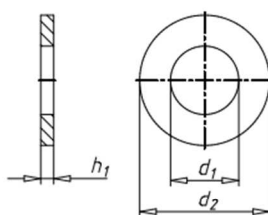
2.2.20 Slutring met grote diameter DIN 9021 200 HV [44]

Platte borgringen met grote buitendiameter

Thermisch verzinkt staal ISO 7093-1, 200 HV

- Productniveau A
- Hardheidsklasse 200 HV
- Vervangt DIN 9021

Materiaal	Staal
Oppervlakte	Thermisch verzinkt
Hardheid volgens Vickers, HV	200 HV
Voldoet aan RoHS	Ja



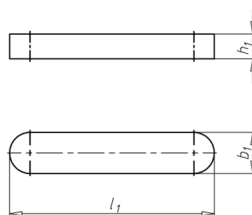
Geschikt voor draad	Binnendiameter (d_1)	Buitendiameter (d_2)	Dikte (h_1)	Art.nr.	VE
M6	6,4 mm	18 mm	1,6 mm	0416 916	200
M8	8,4 mm	24 mm	2 mm	0416 918	100
M10	10,5 mm	30 mm	2,5 mm	0416 911 0	100
M12	13 mm	37 mm	3 mm	0416 911 2	1/100
M16	17 mm	50 mm	3 mm	0416 911 6	1/50
M20	21 mm	60 mm	4 mm	0416 912 0	1/50/100
M24	25 mm	72 mm	5 mm	0416 912 4	1/50
M30	33 mm	92 mm	6 mm	0416 913 0	1/25
M36	39 mm	110 mm	8 mm	0416 913 6	1/25

2.2.21 Vlakke inlegspie DIN 6885A C45 25*14-80 [73]

Inlegspie

DIN 6885 staal blank, C 45 K, vorm A

Oppervlakte	Blank
Voldoet aan RoHS	Ja
Vorm	A



Breedte (b_1)	Hoogte (h_1)	Lengte (l_1)	Materiaal	Art.nr.	VE
25 mm	14 mm	70 mm	Staal	0410 251 470	50
25 mm	14 mm	80 mm	Staal	0410 251 480	10
25 mm	14 mm	90 mm	Staal	0410 251 490	40
25 mm	14 mm	100 mm	Staal	0410 25 100	30

2.3 Datasheets van aangekochte onderdelen

2.3.1 Glijlager SKF PSMF 506050 A51 [85]



PSMF 506050 A51



Sintered bronze flanged bushing

SKF sintered bronze flanged bushings are suitable for rotating, oscillating and linear movements, and can accommodate radial loads as well as axial loads in one direction. SKF sintered bronze bushings are self-lubricating and maintenance-free. They consist of a porous bronze matrix that is impregnated with mineral oil. The oil impregnation enables very high sliding velocities and makes these bushings suitable for rotating applications.

- Maintenance-free operation
- Low coefficient of friction
- Very high sliding velocity

Overview

Dimensions

Bore diameter	50 mm
Flange diameter	70 mm
Flange thickness	5 mm
Outside diameter	60 mm
Width	50 mm

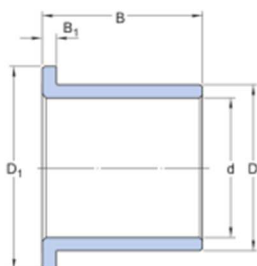
Properties

Design	Flanged
Material	Sintered bronze
Relubrication feature	Without

Technical Specification

Material	Sintered bronze
Operating temperature	min. -10 °C
Operating temperature	max. 90 °C

Dimensions



d	50 mm	Bore diameter
D	60 mm	Outside diameter
B	50 mm	Width
D ₁	70 mm	Outside diameter flange
B ₁	5 mm	Width flange

Recommended fits

Tolerance shaft	h8
Tolerance housing	H7

Calculation data

Specific dynamic load factor	K	10 N/mm
Specific static load factor	K ₀	20 N/mm
Permissible sliding velocity	v	min. 0.25 m/s
Permissible sliding velocity	v	max. 5 m/s
Coefficient of friction	μ	min. 0.05
Coefficient of friction	μ	max. 0.1

MT Mathieu Tahon <Mathieu.Tahon@skf.com>
Aan **Lars Wollaert**
CC **Engineering Belux**; **Bruno Defoor**
Deze afzender Mathieu.Tahon@skf.com is afkomstig van buiten uw organisatie.

Beantwoorden **Allen beantwoorden** Doorsturen **...**

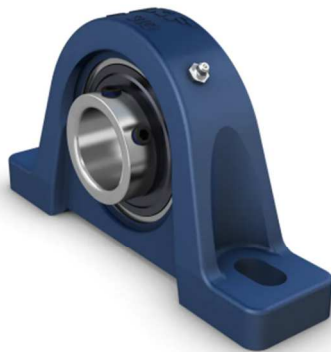
di 23/05/2023 10:42

Beste Lars,

De mensen bij de fabriek stellen voor om het lager zeker niet af te koelen met vloeibaar stikstof, maar beter af te koelen met droogijs, en de busen moeten wel in een aluminium zak verpakt worden tijdens het koelen. Zodat de koelingsmedium geen invloed heeft op de olie (compatibiliteit). Het lagerhuis verwarmen mag, maar tot max 100°C.

Mathieu Tahon
Application engineer
Industrial Sales Belgium

2.3.2 Lagerblok SKF UCP 217



UCP 217



Pillow block ball bearing unit with extended inner ring and set screw locking, cast iron, Japanese standards

Pillow (plummer) block ball bearing units consist of an insert bearing mounted in a cast iron housing that can be bolted to a support surface. This variant is strong and stiff, and is suitable for applications with both constant and alternating directions of rotation. It has an inner ring extended on both sides and is locked onto the shaft by tightening a set screw on the inner ring, making it easy to mount.

- Strong
- Designed for a constant and alternating rotation
- Ready to mount
- Lubricated and sealed bearing
- Quick locking onto the shaft
- Cost-effective

Overview

Dimensions

Bearing width, total	85.7 mm
Centre distance between bolt holes	247 mm
Centre height (pillow block)	95.2 mm
Housing overall width	83 mm
Shaft diameter	85 mm

Performance

Basic dynamic load rating	83.2 kN
Basic static load rating	64 kN
Limiting speed	1 800 r/min
Note	Limiting speed with shaft tolerance h6

Properties

Bore type	Cylindrical
Coating	Without
Fastening bolt hole type	Plain
Grease fitting	With
Housing type	Pillow block
Lubricant	Grease
Material, bearing	Bearing steel
Material, housing	Cast iron
Number of bolt holes for fasteners	2

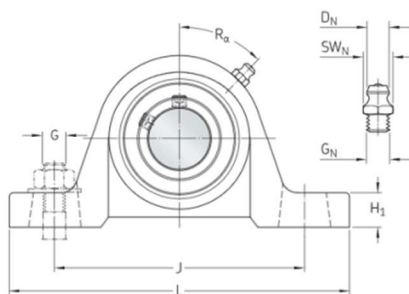
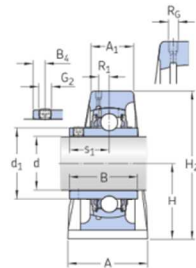


Relubrication hole	With
Retaining feature, inner ring	Set screws
Rubber seating ring	Without
Sealing type	Contact, standard
Sealing, bearing	Seal and flinger on both sides
Sealing, unit	Without

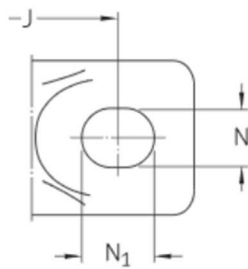
Technical Specification

Compliance with standard	JIS
Purpose specific	For material handling applications
Material, housing	Cast iron
Sealing, bearing	Seal and flinger on both sides
Sealing type, bearing	Contact, standard
Sealing, unit	Without
Coating	Without

Dimensions



d	85 mm	Bore diameter
d ₁	≈ 105 mm	Shoulder diameter of inner ring
A	83 mm	Base width
A ₁	48 mm	Top width
B	85.7 mm	Width of inner ring
B ₄	12 mm	Distance from locking device side face to thread centre
H	95.2 mm	Height of spherical seat centre
H ₁	34.5 mm	Foot height
H ₂	189 mm	Overall height
J	247 mm	Distance between attachment bolts
J	max. 257 mm	Distance between attachment bolts
J	min. 237 mm	Distance between attachment bolts
L	310.5 mm	Overall length
N	25 mm	Diameter of attachment bolt hole
N ₁	35 mm	Length of attachment bolt hole
s ₁	51.6 mm	Distance from locking device side face to raceway centre



Threaded hole

R_c 1/8-27 NPT	Housing thread for the grease fitting
R_1 5 mm	Axial position of the housing thread
R_o 45 °	Angular position of the housing thread

Grease fitting

D_f 6.589 mm	Diameter of head sphere of grease fitting
S_k 11.11 mm	Hexagonal key size for the grease fitting
G_f 1/8-27 NPT	Thread of grease fitting

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	83.2 kN
Basic static load rating	C_0	64 kN
Fatigue load limit	P_u	2.5 kN
Limiting speed		1 800 r/min
		Limiting speed with shaft tolerance h6

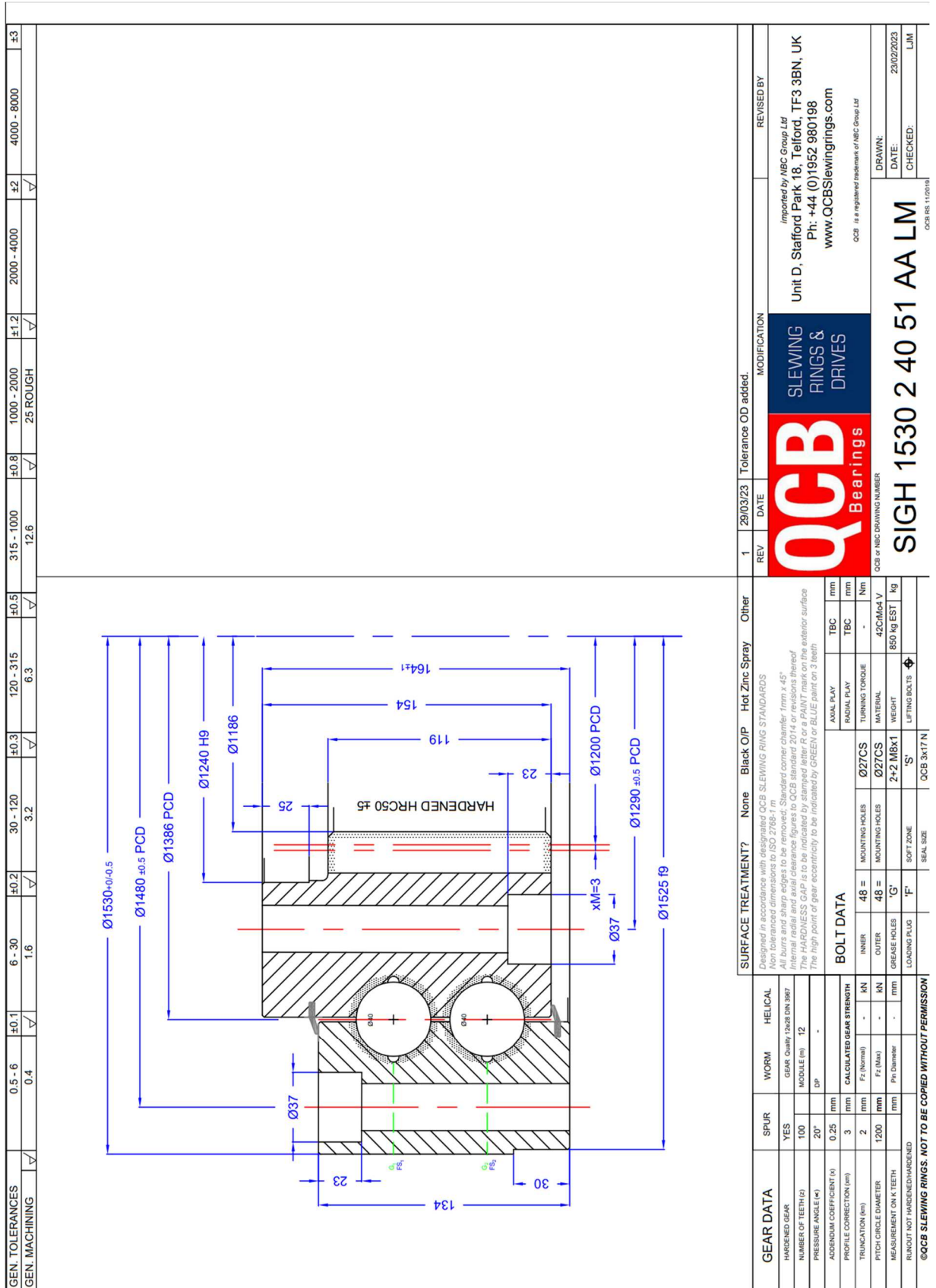
Mass

Mass bearing unit	11.6 kg
-------------------	---------

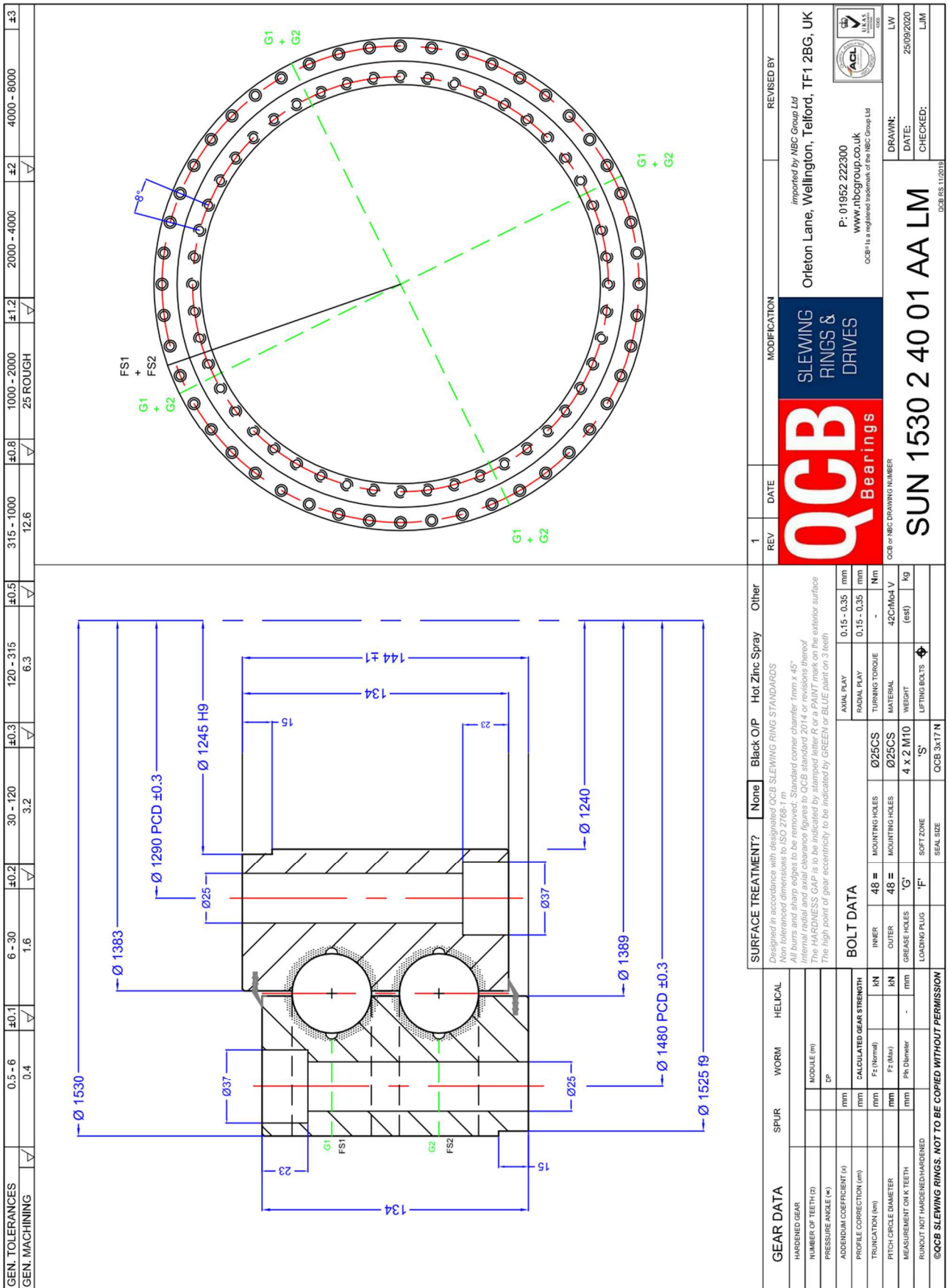
Mounting information

Set screw	G_2	M12x1.5
Hexagonal key size for set screw		6.08 mm
Recommended tightening torque for set screw		28.5 N·m
Recommended diameter for attachment bolts, mm	G	20 mm
Recommended diameter for attachment bolts, inch	G	0.75 in

2.3.3 Technische tekening draaikranslager met interne vertanding QCB SIGH 1530 2 40 51 AA LM



2.3.4 Technische tekening draaikranslager zonder vertanding QCB SUN 1530 2 40 51 AA LM



2.3.5 Algemene technische informatie QCB draaikranslagers [84]



Raceway Ø (mm)	500	750	1000	1250	1500	2000	2500	3000
Single row ball	0.12	0.18	0.21	0.25	0.28	0.33	0.38	0.42
Single row x-roller	0.10	0.12	0.15	0.18	0.20	0.25	0.29	0.32

Table 3: Surface flatness requirements

Bolt torque



Light series flanged bearings can be used with Grade 8.8 bolts. Most other QCB slewing rings are designed to use Grade 10.9 bolts (or in UK Grade 12.9 Cap screws). Bolt limit curves are calculated using VDI 2230 standards.

DIN ISO 898 Class			Grade 8.8		Grade 10.9		Grade 12.9	
Yield point Rp 0.2			<=M16 640 Mpa		940 Mpa		1100 MPa	
			>M16 660 MPa					
ISO Din 13	Stress X- section	Core X- section	Tension force	Torque	Tension force	Torque	Tension force	Torque
	mm ²	mm ²	KN	Nm	KN	Nm	KN	Nm

M12	84.3	76.2	38.5	78	56	117	66	135
M14	115	105	53	126	77	184	90	216
M16	157	144	72	193	106	279	124	333
M18	193	175	92	270	129	384	151	459
M20	245	225	117	387	166	558	194	648
M22	303	282	146	522	208	747	243	873
M24	353	324	168	666	239	954	280	1116
M27	459	427	221	990	315	1395	370	1665
M30	561	519	270	1350	385	1890	450	2250
M33	694	547	335		450		560	
M36	817	759	395	Use bolt elongation methods	560	Use bolt elongation methods	660	Use bolt elongation methods
M39	976	913	475		670		790	
M42	1120	1045	542		772		904	
M45	1300	1224	632		905		1059	
M48	1470	1377	714		1018		1191	
M52	1760	1652	857		1221		1429	
M56	2030	1905	989		1408		1648	
M60	2360	2227	1156		1647		1927	

Table 4: Recommended bolt torque (metric bolts)

Gearing

Metric slewing rings usually have a 20 deg involute spur gear, but variations can exist. Helical gears, worm gears, transmission chain profiles and cable handling profiles are made to special order. Imperial slewing rings generally use either a Fellowes stub, an American stub or American full depth gear.

All QCB geared bearings are manufactured in 42CrMo4 steel which offers superior gear strength over some other slewing rings.

Gear profiles may have an addendum correction to further improve strength or improve the meshing characteristics. QCB can advise on all aspects of gear design to ensure optimum performance using modern calculation software, especially important for high torque or multi-drive systems.

Gear backlash

Pinion gear backlash must be set at the point of maximum eccentricity on the slewing ring, usually indicated by 3 painted teeth. For multiple drive systems rotate the bearing so each is set at this point.

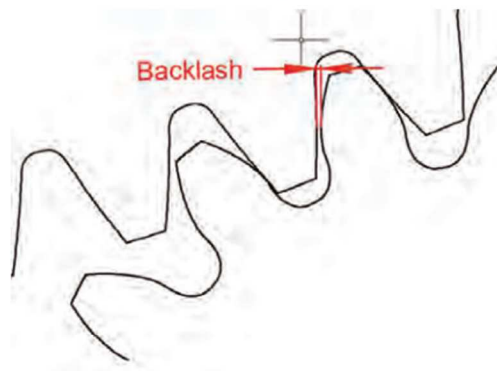


Figure 4: Gear backlash

Pinions should be properly supported and aligned to maintain full width contact even under high torque conditions.

The backlash should be set to between 0.03-0.05 x gear module (Table 6)
This is altered by moving the pinion radially - something which most motor mounts will accommodate. A lower backlash figure may result in higher rates of wear on the gearing.

Module	Backlash (mm)	Module	Backlash (mm)
4	0.12-0.16	14	0.42-0.56
5	0.15-0.20	16	0.48-0.64
6	0.18-0.24	18	0.54-0.72
8	0.24-0.32	20	0.60-0.80
10	0.30-0.40	22	0.66-0.88
12	0.36-0.48	24	0.72-0.96

Table 6: Recommended backlash figures for normal applications

Lubrication - Raceway

QCB slewing rings are factory lubricated with a generic NLGI Class 2 mineral oil based EP grease. Other greases can be supplied to order.

However, the onus is on the customer to check that the slewing ring is adequately lubricated upon installation.

In general, slewing rings operate at slow speeds and under heavy loads. The raceways can be 100% filled with grease to prevent the entry of contaminants into the raceway.

The regreasing interval is defined by the environment. The recommended relubrication intervals are shown in Table 8.

Conditions	Recommended lubrication interval
Dry, clean workshop	~300 hours use or 6 months
Outside & exposed	~150 hours use or 4 months
Aggressive outdoors	~50 hours use or 2 months
Extreme conditions	Continuous lubrication ideal

Table 8: Recommended lubrication intervals for slewing ring raceways

QCB approved lubricants include:-

Brand	Grease	Operating temp range
BP	Energrease LS EP2	-20 - +120 C
ESSO	Beacon EP2	-20 - +120 C
TOTAL	Multis EP2	-30 - +120 C
TOTAL	Ceran XM460	-30 - +180 C
EXXONMOBIL	Mobilith SHC 460	-30 - +120 C
SHELL	Alvania EP2	-25 - +120 C
FUCHS	Stabyl LT50	-50 - +120 C
COUGAR	CG 7950	-20 - +140 C
COUGAR	CG 8520	-30 - +180 C

Table 9: QCB recommended raceway lubricants

Lubrication - Open gearing

The gear teeth should be lubricated on assembly once the backlash has been set. A recommended grease should be brushed or sprayed on to cover the teeth completely.

QCB approved gear lubricants include:-

Brand	Grease	Operating temp range
BP	Energol WRL	-20 - +120 C
TOTAL	CARTER Open Gear	-20 - +125 C
SHELL	Aeroshell 14	-54 - +93 C
EXXONMOBIL	Mobiltac 81	-20 - +120 C
COUGAR	CG 8350	-40 - +160 C

Table 10: QCB recommended gear lubricants

2.3.6 Technische informatie QCB SIGH 1530 2 40 51 AA LM

TL Technical - Lester Milton <lmlton@nbcgroup.co.uk>
Aan Lars Wollaert

Beantwoorden Allen beantwoorden Doorsturen

wo 29/03/2023 16:28

U hebt dit bericht beantwoord op 30/03/2023 9:03.

SIGH 1530 2 40 51 AA LM_CONCEPT Rev 1.pdf
381 KB

Hi Lars

See attached. If we move the toleranced diameter to the outside, then we can lighten the bearing up a little. Diameter 1525 f9 added

That may change you setup slightly, but 60mm plate should be enough on this diameter.

Use Grade 10 or 12 capscrews with Nyloc nuts, and tighten to the correct torque. The main thing is that you must check the bot tightness in a service

Hope this helps

Rgds

NBC
NBC GROUP LTD Lester Milton
Technical

TL Technical - Lester Milton <lmlton@nbcgroup.co.uk>
Aan Lars Wollaert

Beantwoorden Allen beantwoorden Doorsturen

di 21/03/2023 9:48

U hebt dit bericht beantwoord op 21/03/2023 10:00.

Hello Lars

On this bearing we have a mod 12 gear, corrected x+ with a face width of mm. We therefore calculate an Fz(normal) of 114.78 KN and and Fz(max) of 229.57 KN (unhardened) and 298.43 KN (Hardened)

Hope that helps!

Rgds

NBC
NBC GROUP LTD Lester Milton
Technical

TL Technical - Lester Milton <lmlton@nbcgroup.co.uk>
Aan Lars Wollaert

Beantwoorden Allen beantwoorden Doorsturen

ma 27/02/2023 11:01

U hebt dit bericht beantwoord op 27/02/2023 12:18.

Good morning lars, apologies for the delay – I took Friday afternoon off for a long weekend camping!

We are pleased to offer

2 SIGH 1530 2 40 51 AA LM £ 6 675.00 ea nett

Delivery 5 months

If you chose to have one unit ungeared it would become part ref SUN 1530 2 40 51 AA LM at £ 5 995.00 nett

I trust the above is of interest for your discussions.

We can send a more formal quote once we have settled the drawing, bolts styles etc etc.

Regards

Lester

TL Technical - Lester Milton <lmlton@nbcgroup.co.uk>
Aan: Lars Wollaert
CC: Technical - Lee Williams

U hebt dit bericht beantwoord op 21/02/2023 11:29.

Xerox Scan_21022023104319.pdf
36 KB

Good morning

I have been looking in more details at this. I would prefer that we make you a new bearing for this application, and for the following reasons:-

- 1) As a worst case, let us assume that 2/3 of the 2700 KN mass is to be supported by either bearing (i.e. your load is not 100% central)
- 2) We would suggest that you allow for 10% bending moment load – we learnt this from our dealings with large umbilical hose reel manufacturers and it covers and bending moment due to deflection.
- 3) On the SIG 1470 2 x 25mm raceways, this works out to a safety factor of 1.43, and at 2 rpm (surely too fast?) that offers only 180 hours life.

If we use the SIG 1470 2 “chassis” as a basis of a new design, even a 2 x 40mm ball raceway offers only 915 hours of life (at 2 rpm). This may be enough.. I understand this may be an assembly jig only so hours of actual rotation might be quite limited.

If we are to make a new design, then we now know that a mod 10 gear with a 90mm face width will allow you to use a 3/2 motor combination. But if we made a mod 12 gear with hardened 110mm face width this would offer greater gear life/ reliability.

Lastly, with that much radial force, you need to locate the slewing ring, both inner and outer rings, on toleranced diameters to reduce the shear stress on the bolts. I calculate that you will need at least 20mm of engagement to handle that force. The SIG 1470 2 25 as it is does NOT have these location diameters.

So, my advice is that we design up a new bearing, it may end up a few mm large (but < 1500mm diameter), taller, to accommodate larger balls and engagement diameters `to ensure your machine works safely. (This is my main concern).

At the non-drive end I would add the same bearing without the gear, so your machine frames will be symmetrical. But we could also offer a large diameter spherical roller bearing and housing if that is easier...

I can design a bearing up in a day or so, and have a price to you by Friday. Delivery will be about 6 months but I believe this is a better solution for you.

Attached an sketch... to help you understand what I mean.

Your thoughts please...

Regards

Lester

NBC Lester Milton
NBC GROUP LTD Technical

TL Technical - Lester Milton <lmlton@nbcgroup.co.uk>
Aan: Lars Wollaert
CC: Technical - Lee Williams

U hebt dit bericht beantwoord op 21/02/2023 11:29.

Xerox Scan_21022023104319.pdf
36 KB

Good morning

I have been looking in more details at this. I would prefer that we make you a new bearing for this application, and for the following reasons:-

- 1) As a worst case, let us assume that 2/3 of the 2700 KN mass is to be supported by either bearing (i.e. your load is not 100% central)
- 2) We would suggest that you allow for 10% bending moment load – we learnt this from our dealings with large umbilical hose reel manufacturers and it covers and bending moment due to deflection.
- 3) On the SIG 1470 2 x 25mm raceways, this works out to a safety factor of 1.43, and at 2 rpm (surely too fast?) that offers only 180 hours life.

If we use the SIG 1470 2 “chassis” as a basis of a new design, even a 2 x 40mm ball raceway offers only 915 hours of life (at 2 rpm). This may be enough.. I understand this may be an assembly jig only so hours of actual rotation might be quite limited.

If we are to make a new design, then we now know that a mod 10 gear with a 90mm face width will allow you to use a 3/2 motor combination. But if we made a mod 12 gear with hardened 110mm face width this would offer greater gear life/ reliability.

Lastly, with that much radial force, you need to locate the slewing ring, both inner and outer rings, on toleranced diameters to reduce the shear stress on the bolts. I calculate that you will need at least 20mm of engagement to handle that force. The SIG 1470 2 25 as it is does NOT have these location diameters.

So, my advice is that we design up a new bearing, it may end up a few mm large (but < 1500mm diameter), taller, to accommodate larger balls and engagement diameters `to ensure your machine works safely. (This is my main concern).

At the non-drive end I would add the same bearing without the gear, so your machine frames will be symmetrical. But we could also offer a large diameter spherical roller bearing and housing if that is easier...

I can design a bearing up in a day or so, and have a price to you by Friday. Delivery will be about 6 months but I believe this is a better solution for you.

Attached an sketch... to help you understand what I mean.

Your thoughts please...

Regards

Lester

NBC Lester Milton
NBC GROUP LTD Technical

2.3.7 Algemene informatie SEW-Eurodrive TorqLOC® Van Look



Verkoop Van Loock Motoren <verkoop@vanloockmotoren.com>
Aan Lars Wollaert

😊 Beantwoorden ↶ Allen beantwoorden → Doorsturen 📧 ⋮

wo 22/03/2023 8:28

U hebt dit bericht beantwoord op 22/03/2023 8:54.

Beste Lars,

Sew heeft krimpbus verbindingen in het gamma.
Type KH of KT

Als deze reductiekasten correct gemonteerd worden, is deze verbinding feitelijk sterker dan met een spie, gezien de ganse asoppervlakte gebruikt wordt als koppeloverdracht.

Als de montage echter niet volgens de regels van de kunst gedaan wordt, dan zal de krimpbus doorslippen/falen op termijn.

Montage zal ook makkelijker gaan omdat je via konische bussen die over de machine as gemonteerd worden, de krimpschijf kunt klemmen en kan de as makkelijk op/af geschoven worden.

Handig voor montage maar ook bij demontage (meestal vergeet men vet op de machine as te doen bij montage met spiebaan en dan krijg je die er nooit mee af, heb je nooit voor met krimp of torqloc

Bij vragen horen wij die graag.
Met vriendelijke groet, kind regards,

Nils Costermans

Sales department

Van Loock motoren

Sluizenstraat 105 (nieuw adres)

BE-2900 Schoten

tel: + 32 (0)3 644 19 61

2.3.8 Tandwielmotor SEW ST97p/TDRN132S4/BE11/AK8Y/PT M3A

Pos.	Aantal	Artikelnummer	Prijs/stuk EUR	Totaalprijs EUR
01	2 ST	SEW Wormwielmotorreductor ST97p/T DRN132S4/BE11/AK8Y/PT	5.799,71	11.599,41



Opmerking:

Kleur en technische specificaties kunnen afwijken van deze afbeelding. Voor de technische specificaties raadpleeg de volgende gegevens.

Links naar de documenten:



Toerental 1 [r/min]	: 1461 / 10
Totale overbrengingsverhouding	: 145,60 / eindig
Aantal tanden teller/noemer	: 728/5
Max. toelaatbaar koppel	: 4300
Uitgaand koppel [Nm]	: 4510
Bedrijfsfactor SEW-FB	: 0,95
Bouwvorm IM	: M3A
Klemmenkast[°]/Kabelinvoerpos.	: 180 (L) / X (normaal)
Smeermiddel / hoeveelheid [l]	: CLP PG 460 synthetische olie / 11,40
Olieproducent aanduiding	: SEW GearOil Poly 460 E1
Kleurcodering	: Eindlaag RAL7031 (blauwgrijs)
Tandwielkast	: ST97p/T
Holle as	: 75mm
Uitvoering	: Holle as met Torqloc
Afdekkap (vast)	: Vaste roestvast stalen kap met pakking
Opties algemeen	: T met reactiearm
Documentatie A	: 27801357
Onderdeellijst	: 282591996
Motor	: DRN132S4/BE11/AK8Y/PT

Motorvermogen [kW]	: 5.5
Motorfrequentie [Hz]	: 50
Inschakelduur S1-S10	: S1
Motorspanning [V]	: 400/690 driehoek/ster
Nominale stroom [A]	: 10,50 / 6,10
Cosinus-phi	: 0,84
Schakelschema	: R13T / 63064359.07
Isol.kl.[°C]/Besch.graad[IP]	: 155(F) / 55
Motor efficiencyklasse	: IE3
Efficiency	
bij 50/75/100% Pn [%]	: 90,6 / 90,6 / 89,6
CE-kenmerk	: Ja
Rem	: BE11A
Remspanning [V] / -koppel [Nm]	: 400 AC / 80
Remgelijkrichter	: BGE1.5
Aansluitschema rem	: B100 / 690010106
Temperatuur meting	: PT = 1x PT100 glas meetweerstand
Encoder	: AK8Y / As gecentreerd, niet vormgesloten montage via conusas
Elektrische interface	: SSI
Incrementale waarde	: 2048
Absolute waarde	: Single-turn 12 Bit + Multiturn 12 Bit
Aansluiting encoder	: geïntegreerde encoderaansluiting op de ventilatorkap, levering met aansluitdeksel
Encoder Klemmenkast/Kabelinv.	: 180(L) / normaal
Voedingsspanning	: DC 7-30 V
Schakelschema encoder	: 681820208
Configuratie	: 06AA21AN60AC
Technische gegevens encoder	: 63297795
Klemmenkast	: Onder gedeelte van de klemmenkast is van aluminium en voorzien van taggat 2xM32, 1xM16
Documentatie A	: 25957074 26861313 26864282 27785742
Typeplaatje	: Engels
Positie typeplaatje	: 270°
Gebruiksaanwijz. voertaal/aant	: Engels / 0
Onderdeellijst voertaal/aant.	: Engels / 0
Statistiek nummer	: 85015220
Nettogewicht [KG]	: ca. 230/ST 460/Pos.

2.3.9 Tandwielmotor SEW ST97p/TDRN132S4/BE11/EK8C/PT M3B

Pos.	Aantal	Artikelnummer	Prijs/stuk EUR	Totaalprijs EUR
------	--------	---------------	----------------	-----------------

04 Alternatief voor positie. 02

De prijs van deze positie is niet in het totaalbedrag van de offerte begrepen.

1 ST			5.541,69	5.541,69
SEW Wormwielmotorreductor ST97p/T DRN132S4/BE11/EK8C/PT				



Opmerking:

Kleur en technische specificaties kunnen afwijken van deze afbeelding. Voor de technische specificaties raadpleeg de volgende gegevens.

Links naar de documenten:



Toerental 1 [r/min]	: 1461 / 10
Totale overbrengingsverhouding	: 145,60 / eindig
Aantal tanden teller/noemer	: 728/5
Max. toelaatbaar koppel	: 4300
Uitgaand koppel [Nm]	: 4510
Bedrijfsfactor SEW-FB	: 0,95
Bouwvorm IM	: M3B
Klemmenkast[°]/Kabelinvoerpos.	: 0 (R) / X (normaal)
Smeermiddel / hoeveelheid [l]	: CLP PG 460 synthetische olie / 11,40
Olieproducent aanduiding	: SEW GearOil Poly 460 E1
Kleurcodering	: Eindlaag RAL7031 (blauwgrijs)

Tandwielkast	: ST97p/T
Holle as	: 75mm
Uitvoering	: Holle as met Torqloc
Afdekkap (vast)	: Vaste roestvast stalen kap met pakking
Opties algemeen	: T met reactiearm

Motor	: DRN132S4/BE11/EK8C/PT
Motorvermogen [kW]	: 5.5
Motorfrequentie [Hz]	: 50
Inschakelduur S1-S10	: S1
Motorspanning [V]	: 400/690 driehoek/ster
Nominale stroom [A]	: 10,50 / 6,10
Cosinus-phi	: 0,84
Schakelschema	: R13T / 63064359.07
Isol.kl.[°C]/Besch.graad[IP]	: 155(F) / 55
Motor efficiencyklasse	: IE3
Efficiency	
bij 50/75/100% Pn [%]	: 90,6 / 90,6 / 89,6
CE-kenmerk	: Ja
Rem	: BE11A
Remspanning [V] / -koppel [Nm]	: 400 AC / 80
Remgelijkrichter	: BGE1.5
Aansluitschema rem	: B100 / 690010106
Temperatuur meting	: PT = 1x PT100 glas meetweerstand
Encoder	: EK8C / As gecentreerd, niet vormgesloten montage via conusas
Elektrische interface	: HTL/TTL
Incrementale waarde	: 1024
Absolute waarde	: zonder
Aansluiting encoder	: geïntegreerde encoderaansluiting op de ventilatorkap, levering met aansluitdeksel
Encoder Klemmenkast/Kabelinv.	: 0 (R)/ normaal
Voedingsspanning	: Voedingsspanning 4.5..30 V
Schakelschema encoder	: 681790208
Configuratie	: 09AB00AN60AG
Technische gegevens encoder	: 63297973
Klemmenkast	: Onder gedeelte van de klemmenkast is van aluminium en voorzien van tapgat 2xM32, 1xM16
Documentatie A	: 25957074 26861313 26864282 27785742
Typeplaatje	: Engels
Positie typeplaatje	: 270°
Gebruiksaanwijz. voertaal/aant	: Engels / 0
Onderdeellijst voertaal/aant.	: Engels / 0
Statistiek nummer	: 85015220

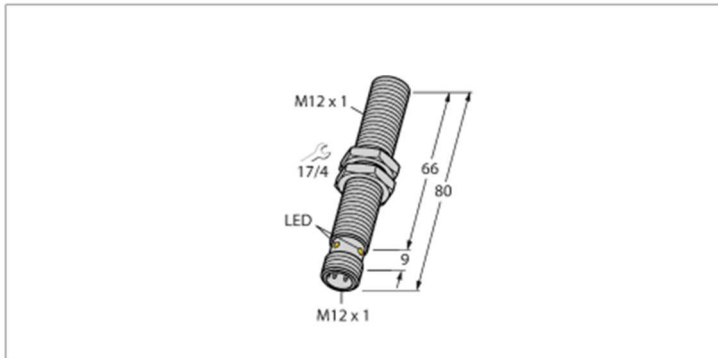
2.3.10 Technische informatie SEW-Eurodrive TorqLOC® as [34]

Technical Data		
Helical and bevel-helical gear units with torques from 6.8 to 90 kNm and gear ratios from 6.3 to 450.		
Size	Machine shaft diameter mm	Nominal torque M_{N2} kNm
X100	75	6.8
X110	80 to 85	8.5
X120	90 to 95	12.8
X130	100 to 105	16
X140	110 to 115	22
X150	115 to 125	27.5
X160	125 to 135	36
X170	130 to 145	45
X180	140 to 160	58
X190	150 to 160	65
X200	155 to 175	79
X210	165 to 185	90

2.3.11 Inductive sensor TURCK BI4U-M12-VP6X-H1141 L80 [93]

TURCK

BI4U-M12-VP6X-H1141 L80 Inductive Sensor – With Extended Switching Distance



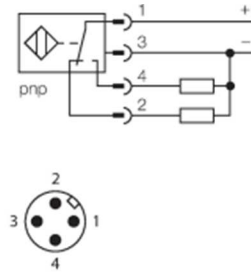
Features

- M12 × 1 threaded barrel
- Chrome-plated brass
- Factor 1 for all metals
- Protection class IP68
- Resistant to magnetic fields
- Large switching distance
- Recessed mountable
- DC 4-wire, 10...30 VDC
- Changeover contact, PNP output
- M12 × 1 male connector

Technical data

Type	BI4U-M12-VP6X-H1141 L80
ID	100000637
General data	
Rated switching distance	4 mm
Mounting conditions	Flush
Secured operating distance	$\leq (0.81 \times S_n)$ mm
Repeat accuracy	$\leq 2\%$ of full scale
Temperature drift	$\leq \pm 10\%$
	$\leq \pm 15\%$, $\leq -25\text{ °C}$ v $\geq +70\text{ °C}$
Hysteresis	3...15 %
Electrical data	
Operating voltage	10...30 VDC
Residual ripple	$\leq 10\% U_n$
DC rated operational current	≤ 200 mA
No-load current	15 mA
Residual current	≤ 0.1 mA
Isolation test voltage	≤ 0.5 kV
Short-circuit protection	yes / Cyclic
Voltage drop at I_n	≤ 1.8 V
Wire breakage/Reverse polarity protection	yes / Complete
Output function	4-wire, Complementary contact, PNP
DC field stability	300 mT
AC field stability	300 mT ₅₀
Switching frequency	3 kHz
Mechanical data	
Design	Threaded barrel, M12 × 1

Wiring diagram



Functional principle

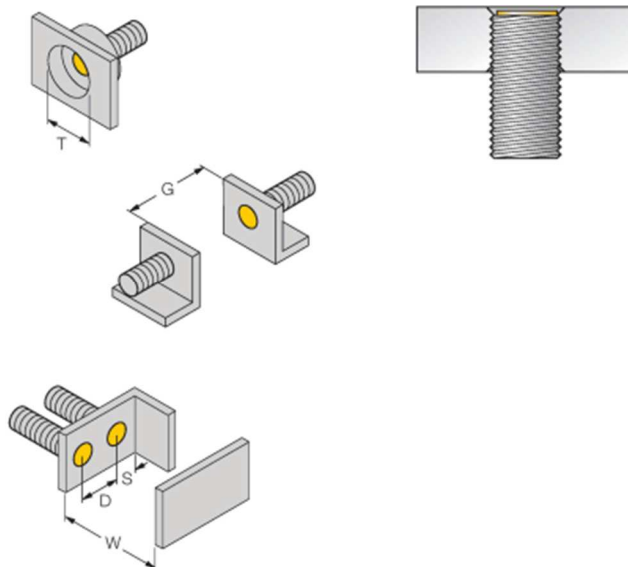
Inductive sensors are designed for wear-free and contactless detection of metal objects. uprox+ sensors have significant advantages due to their patented multi-coil system. They excel thanks to their optimum switching distances, maximum flexibility and operational reliability as well as efficient standardization.

Technical data

Dimensions	80 mm
Housing material	Metal, CuZn, Chrome-plated
Active area material	Plastic, LCP
Max. tightening torque of housing nut	10 Nm
Electrical connection	Connector, M12 × 1
Environmental conditions	
Ambient temperature	-30...+85 °C
Vibration resistance	55 Hz (1 mm)
Shock resistance	30 g (11 ms)
Protection class	IP68
MTTF	874 years acc. to SN 29500 (Ed. 99) 40 °C
Switching state	LED, Yellow

Mounting instructions

Mounting instructions/Description



Distance D	24 mm
Distance W	12 mm
Distance T	36 mm
Distance S	18 mm
Distance G	24 mm
Diameter active area B	Ø 12 mm

All flush mountable uprox+ threaded barrel types are also recessed mountable. Safe operation is ensured if the sensor is screwed in by half a turn.

2.3.12 Contactloze schakelaar Eaton type RS2-11-C3 [100]

DATASHEET - RS2-11-C3



Safety switch, RS, 1 N/O, 1 NC, Reed contacts, U_e 24 V DC, -10 - +55 °C, Plastic, 3 m connection cable, S_n 8 - 19 mm



Part no. **RS2-11-C3**
Catalog No. **177287**
Alternate Catalog No. **RS2-11-C3**

Delivery program

Basic function			Position switches Safety position switches
Part group reference			RS
Product range			Non-contacting safety switch
Degree of Protection			IP67, IP69
Ambient temperature		°C	-10 - +55
Description			Reed contacts
Contacts			
N/O = Normally open			1 N/O
N/C = Normally closed			1 NC
Rated voltage	U _e	V DC	24
Material			Plastic
Connection type			3 m connection cable
Rated switching distance	S _n	mm	8 - 19

Technical data

General

Standards			ISO 13849, ISO 14119, EN 62061
Ambient temperature		°C	-10 - +55
Mechanical shock resistance		g	Semisinusoidal 30 g/11 ms
Vibration			1 mm, 0 - 2000 Hz
relative humidity		%	90 (at 55 °C)
Mounting position			As required
Degree of Protection			IP67, IP69
Terminal capacity			AWG 22
Repetition accuracy (deviation)		%	± 10

Power supply

Rated voltage	U _e	V DC	24
---------------	----------------	------	----

Contacts/switching capacity

Rated operational current	I _e	A	
DC-13			
24 V	I _e	A	0.3

Technical safety parameters:

Values according to EN ISO 13849-1			
Performance level	PL		e
B10 _d			20000000
Values according to IEC 62061			
			SIL: 3

Electric engineering, automation, process control engineering / Binary sensor technology, safety-related sensor technology / Position switch / Position switch with separate actuator (ecl@ss10.0.1-27-27-06-10 [ACN835011])

With status indication		No
Suitable for safety functions		Yes
Width sensor	mm	26
Height of sensor	mm	13
Length of sensor	mm	52
Forced opening		No
Number of safety auxiliary contacts		1
Number of contacts as normally closed contact		1
Number of contacts as normally open contact		1
Number of contacts as change-over contact		0
Type of switching contact		Other
Rated operation current Ie at AC-15, 24 V	A	0
Rated operation current Ie at AC-15, 125 V	A	0
Rated operation current Ie at AC-15, 230 V	A	0
Rated operation current Ie at DC-13, 24 V	A	0.03
Rated operation current Ie at DC-13, 125 V	A	0
Rated operation current Ie at DC-13, 230 V	A	0
Construction type housing		Cuboid
Material housing		Plastic
Coating housing		Plastic-coated
Type of interface		Other
Type of interface for safety communication		Other
Type of electric connection		With cable preassembled
Explosion safety category for gas		None
Explosion safety category for dust		None
Ambient temperature during operating	°C	10 - 55
Degree of protection (IP)		IP67
Degree of protection (NEMA)		6

Approvals

Product Standards		CE marking
UL File No.		E166051
UL Category Control No.		NRKH, NRKH7
CSA File No.		UL report applies to both Canada und US
North America Certification		UL listed, certified by UL for use in Canada
Degree of Protection		IEC: IP67, IP69K; UL/CSA Type: -

2.3.13 Noodstop Eaton M22-PV/KC11/IY [101]

SPECIFICATIEBLAD - M22-PV/KC11/IY








Behuizing, NOOD-STOP-/NOOD-UIT-drukknoppen, Paddenstoelvorm, 38 mm, Onverlicht, Trekcontgrendeling, 1 V, 1 M, Schroefaansluiting, rood, geel

EATON

Powering Business Worldwide

Type M22-PV/KC11/IY
Catalog No. 216525
Alternate Catalog No. M22-PV-KC11-IYQ

Leveringsprogramma

Assortiment			RMQ-Titan
Basisfunctie			Kast NOOD-STOP-/NOOD-UIT-drukknoppen
Inbouwdiameter	∅	mm	22.5
Los apparaat/complete apparatuur			Complete apparatuur
Bouwworm			Paddenstoelvorm
diameter	∅	mm	38
Verlichting			Onverlicht
codering			 
Aansluittype			Trekcontgrendeling Schroefaansluiting
Beschrijving			Niet manipuleerbaar conform ISO 13850, EN 418
bedieningsplaatsen		aantal	1
kleur			
Paddestoelknop			rood 
Kastdeksel			geel
beschermingsgraad			IP66, IP69
Aansluiting op SmartWire-DT			nee
Contacten			
V = verbreekcontact			1 V 
M = maakcontact			1 M
Aanwijzingen			 = Veiligheidsfunctie, via dwangmatig openen conform IEC/EN 60947-5-1
Weg van de bediening en bedieningskracht conform DIN EN 60947-5-1, K.5.4.1			
Dwangmatige openingsafstand	mm		4.8
Maximale weg	mm		5.7
Minimale kracht voor dwangmatig openend	N E T		20

Schakelsymbool		
Kast		Kunststof

Technische gegevens

Algemeen

normen en bepalingen			IEC/EN 60947 VDE 0660
levensduur, mechanisch	schakelingen	$\times 10^6$	> 0.1
bedieningsfrequentie	schakelingen/h		≤ 600
Bedieningskracht	N		≤ 50
Klimaatbestendigheid			Vochtige warmte, constant, conform IEC 60068-2-78 Vochtige warmte, cyclisch, conform IEC 60068-2-30
beschermingsgraad			IP66, IP69
omgevingstemperatuur open	°C		-25 - +70
inbouwpositie			willekeurig
Schokbestendigheid	g		50 Schokduur 11 ms Halfsinus conform IEC 60068-2-27
Scheepvaarttoelating			DNV GL LR
			  

Stroombanen

Voorwaardelijke kortsluitstroom	I_k	kA	1
---------------------------------	-------	----	---

Ontwerpverificatie conform IEC/EN 61439

Technische gegevens ontwerpverificatie			
Nominale bedrijfsstroom voor specificatie verliesvermogen	I_n	A	6
Verliesvermogen per pool, stroomafhankelijk	P_{vid}	W	0.11
Verliesvermogen van het bedrijfsmiddel, stroomafhankelijk	P_{vid}	W	0
Verliesvermogen statisch, stroomafhankelijk	P_{vs}	W	0
Vermogensverliesafgiftecapaciteit	P_{ve}	W	0
Bedrijfsomgevingstemperatuur min.	°C		-25
Bedrijfsomgevingstemperatuur max.	°C		70
Typebeproeving IEC/EN 61439			
10.2 sterkte van materialen en delen			
10.2.2 Corrosiebestendigheid			Aan de eisen van de productnorm is voldaan.
10.2.3.1 Warmtebestendigheid van omhulling			Aan de eisen van de productnorm is voldaan.
10.2.3.2 Bestendigheid van kunststoffen tegen normale warmte			Aan de eisen van de productnorm is voldaan.
10.2.3.3 Bestendigheid van kunststoffen tegen buitengewone warmte			Aan de eisen van de productnorm is voldaan.
10.2.4 Bestendigheid tegen UV-straling			Op aanvraag
10.2.5 Optillen			Niet van toepassing omdat de volledige schakelinstallatie moet worden beoordeeld.

10.2.6 Slagtest		Niet van toepassing omdat de volledige schakelinstallatie moet worden beoordeeld.
10.2.7 Opschriften		Aan de eisen van de productnorm is voldaan.
10.3 Beschermingsgraad van omhullingen		Niet van toepassing omdat de volledige schakelinstallatie moet worden beoordeeld.
10.4 Lucht- en kruipwegen		Aan de eisen van de productnorm is voldaan.
10.5 Beveiliging tegen elektrische schokken		Niet van toepassing omdat de volledige schakelinstallatie moet worden beoordeeld.
10.6 Inbouw van bedrijfsmiddelen		Niet van toepassing omdat de volledige schakelinstallatie moet worden beoordeeld.
10.7 Interne stroomcircuits en verbindingen		Is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie.
10.8 Aansluitingen van extern ingevoerde aders		Is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie.
10.9 Isolatie-eigenschappen		
10.9.2 Bedrijfsfrequente stootspanningsvastheid		Is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie.
10.9.3 Stootspanningsvastheid		Is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie.
10.9.4 Beproeving van omhullingen van kunststof		Is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie.
10.10 Opwarming		Verwarmingsberekening is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie. Eaton levert de gegevens over vermogensverlies van de apparaten.
10.11 Kortsluitvastheid		Is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie. De specificaties van de schakelapparaten moeten worden aangehouden.
10.12 EMC		Is de verantwoording van de bouwer van de schakelinstallatie. De specificaties van de schakelapparaten moeten worden aangehouden.
10.13 Mechanische functie		Voor het apparaat is aan de eisen voldaan, voor zover informatie van de montagehandleiding (IL) in acht worden genomen.

Technische gegevens ETIM 7.0

Laagspanning schakelapparaten (EG000017) / Druknopkast compleet (EC000225)

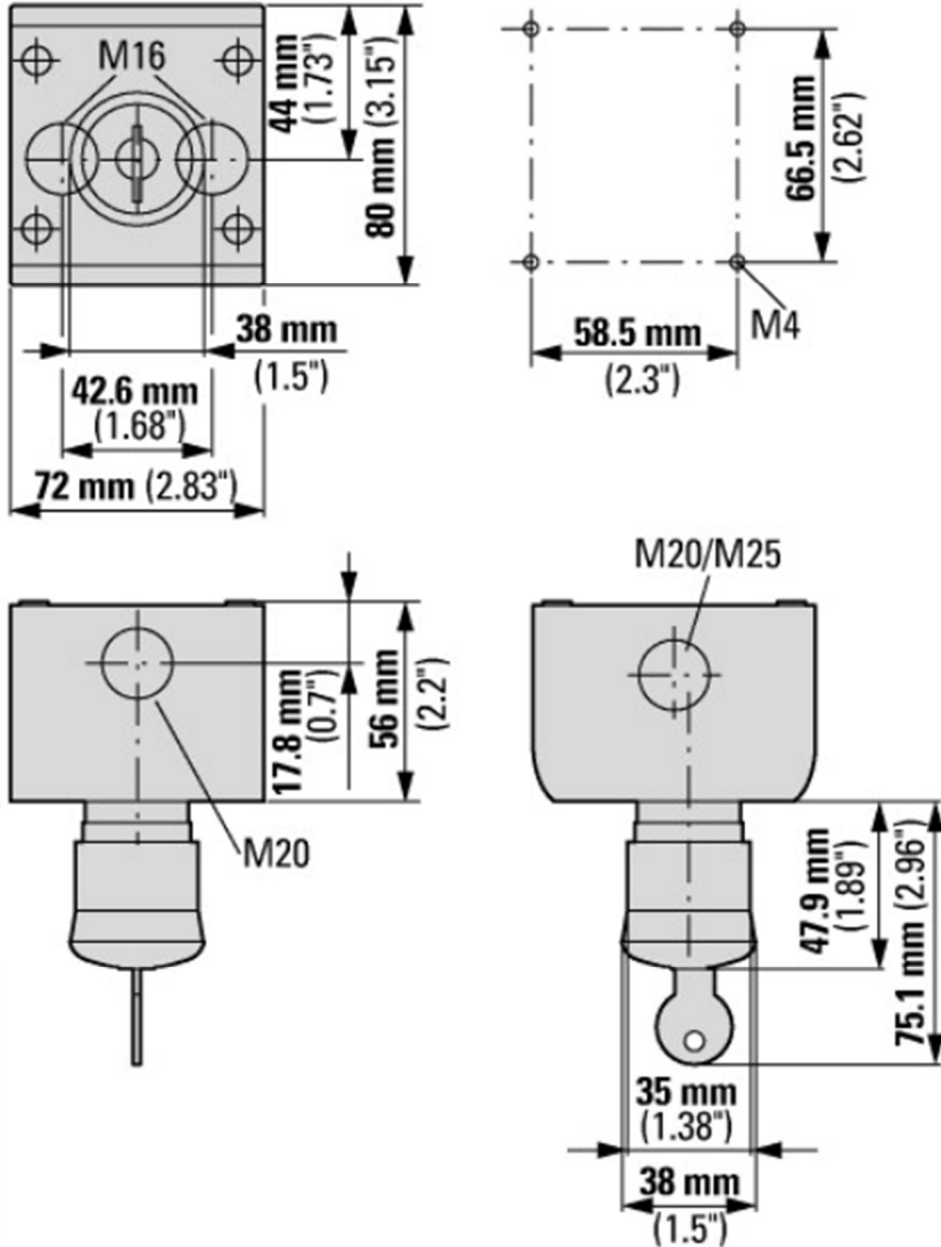
Elektro-, automatiserings- en procesbesturingstechniek / Laagspanning-schakeltechniek / Schakelaar, signaalgever / Commando- en meldapparaat-combinatie in behuizing (ecl@cs:10.0.1-27-37-12-16 (AKF034014))

Aantal commandoposities		1
Aantal drukknoppen		1
Aantal signaallampen		0
Aantal sleutelschakelaars		0
Aantal keuzeschakelaars		0
Aantal paddenstoel drukknoppen		0
Geschikt voor noodstop		Ja
Nom. stuurspanning Us bij AC 50HZ	Volt	115 - 500
Nom. stuurspanning Us bij AC 60HZ	Volt	115 - 500
Nom. stuurspanning Us bij DC	Volt	24 - 220
Kleur bovendeeel behuizing		Geel
Materiaal behuizing		Kunststof
Aantal contacten als maakcontact		1
Aantal contacten als verbreekcontact		1
Aantal contacten als wisselcontact		0
Beschermingsgraad (IP)		IP66
Beschermingsgraad (NEMA)		4X

Goedkeuringen

Product Standards		IEC/EN 60947-5; UL 508; CSA-C22.2 No. 14-05; CSA-C22.2 No. 94-91; CE marking
UL File No.		E29184
UL Category Control No.		NKCR
CSA File No.		012528
CSA Class No.		3211-03
North America Certification		UL listed, CSA certified
Degree of Protection		UL/CSA Type 3R, 4X, 12, 13

Afmetingen



2.3.14 Signaalzuil Eaton SL7 [57]

Stacklights—SL Series



Contents

Description	Page
SL Series	
Product Overview	V7-T2-3
Component Identification—SL7	V7-T2-4
Product Selection—SL7	V7-T2-6
Component Identification—SL4	V7-T2-12
Product Selection—SL4	V7-T2-14
Accessories	V7-T2-19
Technical Data and Specifications	V7-T2-20
Dimensions	V7-T2-25

Product Description

The new Eaton SL7 and SL4 stacklights provide reliable control over all key processes and machine availability. Now available in two sizes, 70 mm (SL7) and 40 mm (SL4), the new stacklights are engineered to keep you informed about potential material requirements, downtime and hazards. Modules are available in a wide selection of audible, illuminating and mounting options that are well suited to adapt to any industrial application.

Highly Modular and Versatile Line

- Easily configurable components
- Simple bayonet mounting mechanism for quick assembly
- Flexible mounting and lighting options
- Volume-adjustable alarms

Optimal Performance in Rugged Applications

- All elements have IP66 and UL Type 4/4X/13 ratings for protection against strong jets of water
- Bright and efficient LEDs with a lifespan of up to 100,000 hours
- High-performance LEDs for maximum illumination in direct sunlight
- Acoustic modules with up to 100 dB sound levels
- Operating temperatures: -22° to +140°F (-30° to +60°C)

Features

- Six lens colors: red, amber, yellow, green, blue, white
- Continuous, flashing, strobe and multi-strobe lighting functions
- Mono-tone, dual-tone and multi-tone audible alarms
- LED or incandescent lighting options
- Control up to five modules on a single stack, 10 with dual-arm base
- 24V, 120 Vac and 230 Vac operating voltages

Benefits

- Simplified twist-and-lock assembly, no tools required
- Compact components reduce inventory requirements and increase flexibility
- Versatile hardware for quick installation and minimized downtime
- New slim 40 mm size is ideal for applications with constrained space
- Lean automation with SmartWire-DT connectivity
- Ideal for indoor and outdoor usage

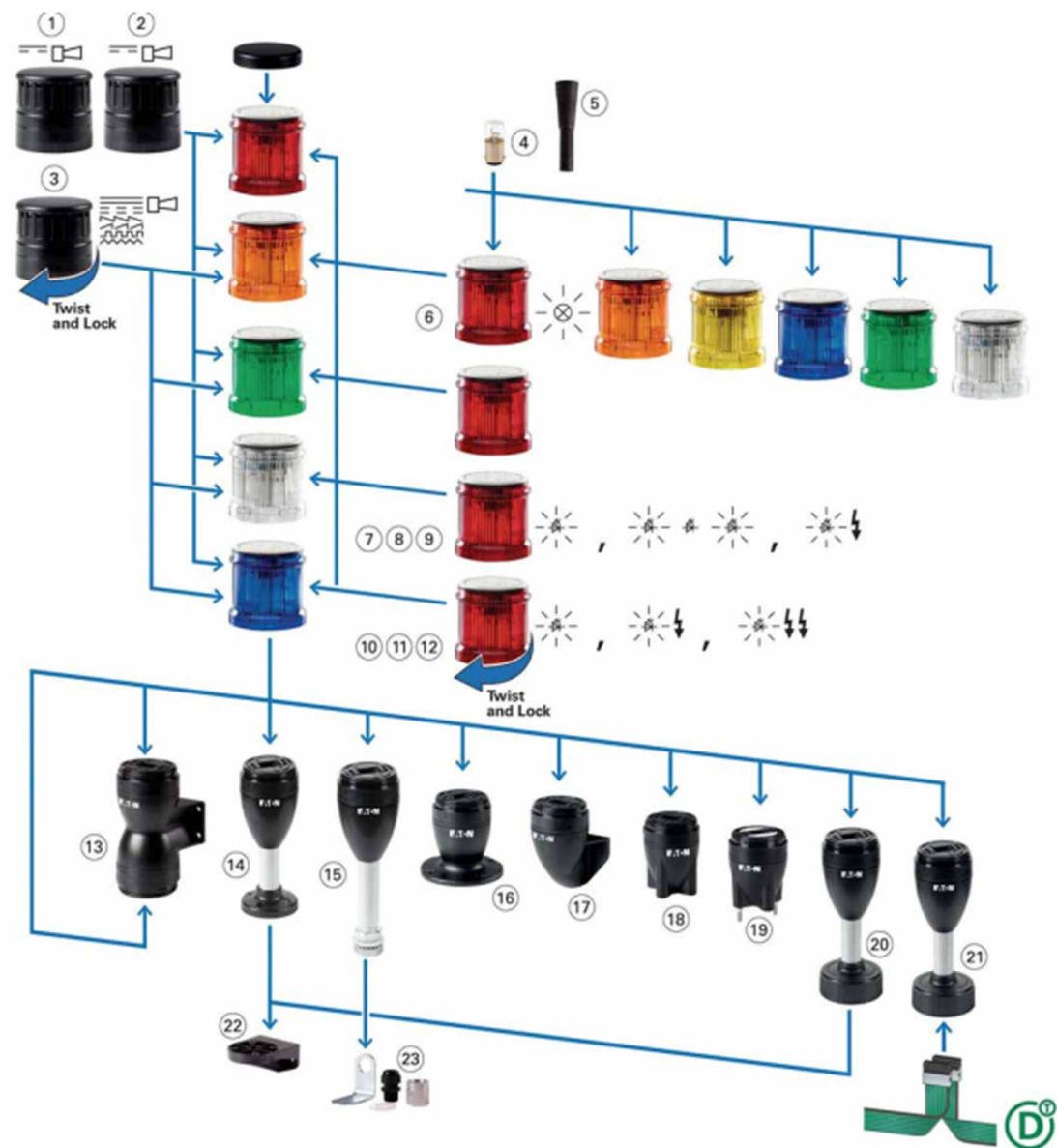
Standards and Certifications

- UL 508—File No. E29184
- IEC/EN 60947-5-1
- CSA C22.2 No. 14-10
- CSA C22.2 No. 94-91
- CSA Class No. NKCR7



Component Identification—SL7

Component Identification



Light Modes

	Continuous	Flashing	Strobe	Multi-Strobe
Incandescent		—	—	—
LED				

SL7-FL24_-HP



Strobe Light, UL Type 4/4X/13, IP66

Rated Operational Voltage (U _o V)	Color	Function	Standard Pack	Catalog Number
High-Performance LED for Maximum Signaling Effect, 1.4 Hz				
24 Vac/Vdc	Blue		1	SL7-FL24-B-HP
	Green			SL7-FL24-G-HP
	Red			SL7-FL24-R-HP
	White			SL7-FL24-W-HP
	Yellow			SL7-FL24-Y-HP
	Amber			SL7-FL24-A-HP

SL7-FL_

Strobe Light, UL Type 4/4X/13, IP66, 1.4 Hz



Rated Operational Voltage (U_o V)	Color	Function	Standard Pack	Catalog Number
24 Vac/Vdc	Blue		1	SL7-FL24-B
	Green			SL7-FL24-G
	Red			SL7-FL24-R
	White			SL7-FL24-W
	Yellow			SL7-FL24-Y
	Amber			SL7-FL24-A

Light Module with LED

SL7-L_

Continuous Light, UL Type 4/4X/13, IP66



Rated Operational Voltage (U_o V)	Color	Function	Standard Pack	Catalog Number
24 Vac/Vdc	Blue		1	SL7-L24-B
	Green			SL7-L24-G
	Red			SL7-L24-R
	White			SL7-L24-W
	Yellow			SL7-L24-Y
	Amber			SL7-L24-A

SL7-AP_

Continuous Tone or Pulsed Tone, UL Type 4/4X/13, IP66 Ⓞ

Adjustable with internal DIP switches.
Sound pressure 100 dB, adjustable with internal potentiometer.
 $f = 2800$ Hz.



Rated Operational Voltage (U_o V)	Rated Operational Current (I_o mA)	Color	Function	Sound Type	Standard Pack	Catalog Number
24 Vac/Vdc	Maximum 92	Black			1	SL7-AP24
110/120 Vac	Maximum 41	Black				SL7-AP120
230/240 Vac	Maximum 43	Black				SL7-AP230

SL7-CB-FW

For Vertical Mounting—Includes Cover, Maximum 5 Modules



Description	Color	Standard Pack	For use with ...	Catalog Number
Vertical base with bracket Spring-loaded terminals	Black	1	SL7-L-... SL7-BL-... SL7-FL-... SL7-AP-...	SL7-CB-FW

2.3.15 Lineaire actuator S+R SR1 S24-17A08-06 [62]



S+R automation systems GmbH

Kompaktylinder SR 1

12, 24 und 36 VDC - Verstellkraft bis 340N

Elisabethenstraße 2
D-35315 Homberg / Ohm
Telefon: 06633-9600-0
Telefax: 06633-9600-93
E-Mail: vertrieb@sr-gmbh.de
www.sr-as.de



Standardmerkmale und Vorteile

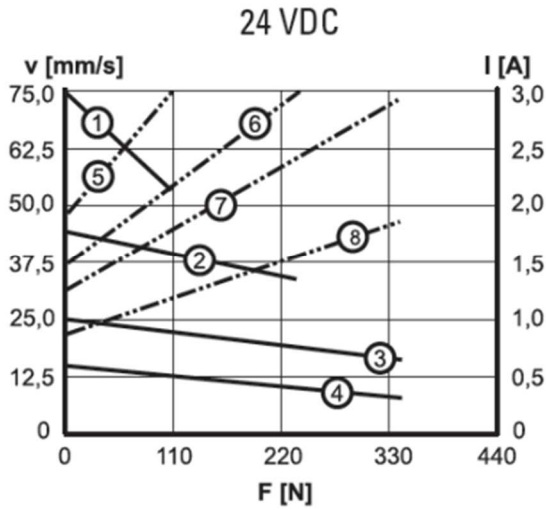
- Sehr kompakt und leicht
- Eingebaute Endlagenschalter
- Korrosionsfestes Gehäuse
- Selbsthemmendes Trapezgewinde
- Wartungsfrei

Allgemeine Daten	
Gewindetyp	Trapezgewinde
Verdrehsicherung	nein
Handbetätigung	nein
Haltebremse	nein, selbsthemmend
Endschalter	Ja, fest eingestellt
Motorschutz	Thermoschalter, selbst rückstellend
Motoranschluss	Pack-Con Stecker 8911773 mit Klemme 6294511
Zertifikate	CE
Optionen	keine

Leistungsdaten	
Maximale Last	dynamisch / statisch [N]
S xx09A04	110 / 1300
S xx09A08	225 / 1300
S xx17A08	340 / 1300
S xx17A16	340 / 1300
Geschwindigkeit	Ohne / bei max. Last [mm/s]
S xx09A04	75 / 52
S xx09A08	45 / 33
S xx17A08	26 / 17
S xx17A16	14 / 7
Eingangsspannung	12, 24, 36 VDC
Standardhublängen	1, 2, 3, 4, 5, 6 Zoll
Betriebstemperatur	-25 bis +65 °C
Einschaltdauer bei voller Last und 25°C	25 %
Nominelle Lebensdauer	20.000 Hübe
Längsspiel max.	0,9 mm
Einspannmoment	2,3 Nm
Leiterquerschnitt	1 mm ²
Kabellänge	110 mm
Schutzart	IP 65

Kompatible Steuerungen	
Typ	Eingangsspannung
AC-247 ELS	12, 24 VDC
DCG-150	230 VAC

Zubehör	
Gegenstecker für Motorkabel	Teile-Nr.: 9300-448-001



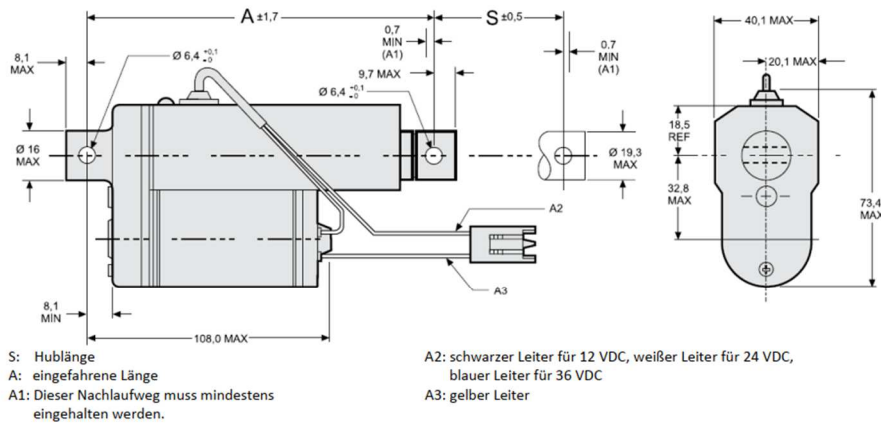
- 1: Geschwindigkeit S24-09A04
- 2: Geschwindigkeit S24-09A08
- 3: Geschwindigkeit S24-17A08
- 4: Geschwindigkeit S24-17A16
- 5: Strom S24-09A04
- 6: Strom S24-09A08
- 7: Strom S24-17A08
- 8: Strom S24-17A16



S+R automation systems GmbH

Maßblatt SR 1

Elisabethenstraße 2
D-35315 Homberg / Ohm
Telefon: 06633-9600-0
Telefax: 06633-9600-93
E-Mail: vertrieb@sr-gmbh.de
www.sr-as.de

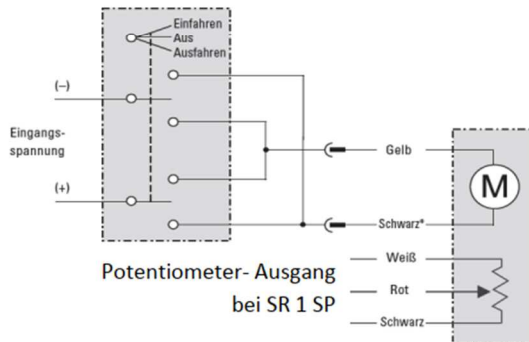


Bestellter Hub (S)	[Zoll]	1	2	3	4	5	6
Tatsächlicher Hub (S)	[mm]	20,8	46,2	71,6	97	122,4	147,8
Eingefahrene Länge (A)	[mm]	134,5	159,9	185,3	210,7	236,1	261,5
Gewicht	[kg]	0,52	0,54	0,6	0,63	0,66	0,68



S+R automation systems GmbH

Schaltplan SR 1 (SP)



Elisabethenstraße 2
D-35315 Homberg / Ohm
Telefon: 06633-9600-0
Telefax: 06633-9600-93
E-Mail: vertrieb@sr-gmbh.de
www.sr-as.de

Kabelfarben:

* Schwarz für 12 VDC Versorgungsspannung, Weiß für 24 VDC Versorgungsspannung und Blau für 36 VDC Versorgungsspannung

Zum Ausfahren des Kompaktzylinders den schwarzen, weißen oder blauen Leiter an den positiven Pol und den gelben Leiter an den negativen Pol anschließen. Zum Einfahren des Kompaktzylinders die Polarität ändern. Am Potentiometer-Ausgang liegen 0 Ohm zwischen dem weißen und roten Leiter an, wenn der Kompaktzylinder vollständig eingefahren ist. Der Kompaktzylinder muss durch eine vom Kunden bereitgestellte Sicherung (6 A für 12 VDC, 3 A für 24 VDC und 2 A für 36 VDC) vor Überlast geschützt werden.

Bestellschlüssel SR 1 (SP)

SR 1	S24 - Eingangsspannung	09A04 - Modell	06 Hublänge
	S12 = 12 VDC S24 = 24 VDC S36 = 36 VDC	09A04 = 110 N, 75 mm/s 09A08 = 225 N, 45 mm/s 17A08 = 340 N, 26 mm/s 17A16 = 340 N, 14 mm/s	01 = 1 Zoll (20,8 mm) 02 = 2 Zoll (46,2 mm) 03 = 3 Zoll (71,6 mm) 04 = 4 Zoll (97,0 mm) 05 = 5 Zoll (122,4 mm) 06 = 6 Zoll (147,8 mm)

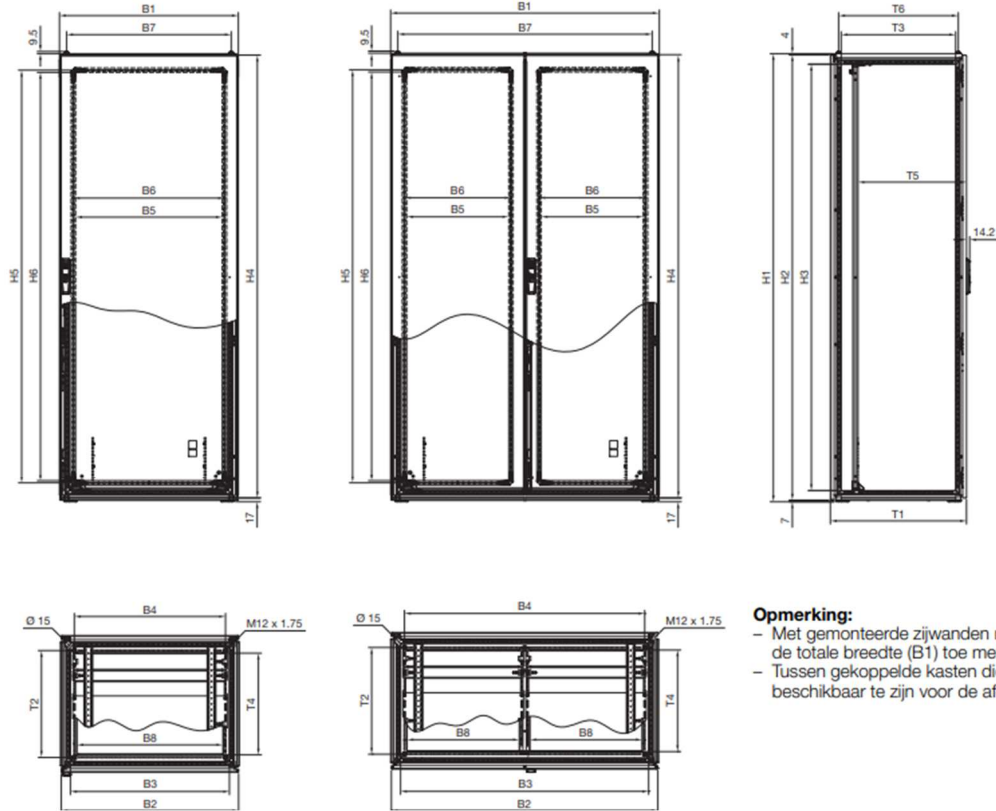
SR 1 SP	S24 - Eingangsspannung	09A04 - Modell	06 Hublänge
	S12 = 12 VDC S24 = 24 VDC S36 = 36 VDC	09A04 = 110 N, 75 mm/s 09A08 = 225 N, 45 mm/s 17A08 = 340 N, 26 mm/s 17A16 = 340 N, 14 mm/s *	02 = 2,31 Zoll (58,7 mm) 04 = 4,53 Zoll (115,1 mm) 06 = 6,75 Zoll (147,8 mm)

2.3.16 Elektrische kast Rittal VX25 8285.000 [95]

Kastsystemen

Aanbouwkasten VX25

Basiskast



Opmerking:
 - Met gemonteerde zijwanden neemt de totale breedte (B1) toe met 9 + 4 mm
 - Tussen gekoppelde kasten dient 1 mm beschikbaar te zijn voor de afdichting

Met twee deuren

Bestelnr.		Breedtematen mm								Hoogtematen mm						Dieptematen mm						Montageplaat	
Gelakt	Roestvaststaal	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	H1	H2	H3	H4	H5	H6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	F	G
	-	999	992	911	875	355	375	935	402	2008	1997	1911	1985	1850	1830	408	275	311	252	132 - 357	335	899	1896
	-	999	992	911	875	355	375	935	402	2008	1997	1911	1985	1850	1830	508	375	411	352	132 - 457	435	899	1896
	-	999	992	911	875	355	375	935	402	2008	1997	1911	1985	1850	1830	608	475	511	452	132 - 557	535	899	1896
	-	999	992	911	875	355	375	935	402	1808	1797	1711	1785	1650	1630	408	275	311	252	132 - 357	335	899	1696
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	2008	1997	1911	1985	1850	1830	408	275	311	252	132 - 357	335	1099	1896
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	2008	1997	1911	1985	1850	1830	508	375	411	352	132 - 457	435	1099	1896
	8451.000	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	2008	1997	1911	1985	1850	1830	608	475	511	452	132 - 557	535	1099	1896
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	2008	1997	1911	1985	1850	1830	808	675	711	652	132 - 757	735	1099	1896
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	1208	1197	1111	1185	1050	1030	508	375	411	352	132 - 457	435	1099	1096
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	2208	2197	2111	2185	2050	2030	608	475	511	452	132 - 557	535	1099	2096
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	1408	1397	1311	1385	1250	1230	508	375	411	352	132 - 457	435	1099	1296
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	1608	1597	1511	1585	1450	1430	508	375	411	352	132 - 457	435	1099	1496
	8456.000	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	1808	1797	1711	1785	1650	1630	408	275	311	252	132 - 357	335	1099	1696
	8453.000	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	1808	1797	1711	1785	1650	1630	508	375	411	352	132 - 457	435	1099	1696
	-	1199	1192	1111	1075	455	475	1135	502	1808	1797	1711	1785	1650	1630	608	475	511	452	132 - 557	535	1099	1696
	-	799	792	711	675	255	275	735	652	1808	1797	1711	1785	1650	1630	508	375	411	352	132 - 457	435	699	1696
	-	799	792	711	675	255	275	735	652	1808	1797	1711	1785	1650	1630	608	475	511	452	132 - 557	535	699	1696

VX 8285.000 - Aanbouwkasten VX25 Basiskast

De standaard in de kastenbouw: kastframe met twee frontdeuren, achterwand, montageplaat, dakplaat, gedeelde bodemplaten. Perfect geschikt voor een efficiënte kastopbouw.

Functies

Bestelnr.	VX 8285.000
Materiaal	Kastframe: plaatstaal, 1,5 mm Dak: plaatstaal, 1,5 mm Deur: plaatstaal, 2,0 mm Achterwand: plaatstaal, 1,5 mm Bodemplaat: plaatstaal, 1,5 mm Montageplaat: plaatstaal, 3,0 mm
Oppervlak	Behuizingsframe: dompelgrondlak Dak en deur achterwand: dompelgrondlak, aan de buitenzijde poedercoating, structuurlak Montageplaat en bodemplaat: verzinkt
Kleur	RAL 7035
Levering	Kastframe Deur(en) Draairichting deur rechts, naar links om te wisselen Dakplaat Achterwand Bodemplaten Montageplaat 2 montagerails 18 x 39 mm Sluiting: 3 mm dubbelbaard
Afmetingen	Breedte: 1.200 mm Hoogte: 1.800 mm Diepte: 500 mm
Afmetingen montageplaat (B x H)	1.099 mm x 1.696 mm
Beschermklasse IP volgens EN 60529	IP 55
Protection category NEMA	NEMA 1, 12

Functies

Typekeuring volgens UL 50E	Type 1, 12
IK-code	IK10
Aantal deuren	2
Basismateriaal	Plaatstaal
Leveringseenheid	1 st.
Gewicht/VE	170 kg
Koperaandeel (kg / stuk)	0
EAN	4028177813632
ETIM 7.0	EC000261
ECLASS 8.0	27180101

Goedkeuringen

Goedkeuringen	Bureau Veritas DNV-GL GOST Lloyds Register of Shipping UL + C-UL (listed)
Certificaten	Oppervlak
Verklaringen	Fabrikantverklaring Verklaring van conformiteit Verklaring van conformiteit UK

18-04-2023 15:52

RIPanel

Overzicht van uw Rittal configuratie

Beelgrootte van de geselecteerde configuratie. Bestel meer, bespaar meer!

1

Kast				
Positie	Item no.	Beschrijving	Kleur	
1	8285.000	Aanbouwkasten VX25 Basiskast	RAL 7035	
Systeemopbouw				
Positie	Item no.	Beschrijving	Hoeveelheid	Leveringsopties ⓘ
2.1	2500.300	SZ LED 1200 lm m sensor z wcd 100-240VAC	1 LE (LE = 1 St.)	Standaard
2.2	2500.500	SZ Voedingsk. UL 100-240V L=3000 oranje	1 LE (LE = 1 St.)	Standaard
3.1	2412.216	SZ Vlakke aardlitzen EMC 16mm 200L VE=10	2 LE (LE = 10 St.)	Standaard
3.2	2559.000	SZ Bevestigingsset aardlitz M8 VE=10set	2 LE (LE = 10 St.)	Standaard
3.3	2412.316	SZ Vlakke aardlitzen EMC 16mm 300L VE=10	1 LE (LE = 10 St.)	Standaard
4.1	8640.025	VX Sokkelhoek&plint BxH=1200x200 Set=2	1 LE (LE = 2 St.)	Standaard
4.2	8640.042	VX Sokkelplinten zijk. DxH=500x200 Set=2	1 LE (LE = 2 St.)	Standaard
5	8185.245	VX-zijwand, schroefbaar, voor HD: 1800 x 500 mm	1 LE (LE = 2 St.)	Standaard
6	8618.803	VX Kabelinv.prof.symmetr. v B=1200 Set=4	1 LE (LE = 4 St.)	Standaard
7	8618.200	VX Comfortgreep voor binnenwerk RAL 7035	1 LE (LE = 1 St.)	Standaard
8	3244.140	SK Ventilator 700/770 m³/h 3x400/460 50/60	1 LE (LE = 1 St.)	Standaard
9	3243.200	SK Ventilatiooster 323x323	1 LE (LE = 1 St.)	Standaard

Geplande wijzigingen die niet machinaal worden verwerkt
 Linkerdeur voorzijde Uitsparing: 10
 Rechter zijwand Uitsparing: 5
 Uitsparing: 5

Let op!!! Indien uw configuratie uitsparingen en geassembleerde artikelen bevat, let dan op de volgende voorwaarden: Indien u de bewerking door Rittal wilt laten uitvoeren, dient u deze configuratie via "Gegevens en offerte aanvragen" naar onze verkoopafdeling te sturen. U ontvangt dan een offerte voor de fabricage- en montagekosten van uw configuratie. Als u de serieartikelen ongemonteerd en ongewijzigd wilt bestellen, kunt u verdergaan via "Toevoegen aan winkelmandje".

Certificering		
UL	IP beschermklasse van de standaardbehuizing	NEMA
Nee	IP55	12

2.3.17 Ventilatioerooster Rittal SK 3243.22 [54] [89] SK 3243.200 - Ventilatioerooster Standaard

Voor ventilatie en convectie kunnen onder en boven in de behuizing ventilatioeroosters worden geplaatst.



Funcities

Bestelnr.	SK 3243.200
Product omschrijving	Voor ventilatie en convectie kunnen onder- en bovenin de behuizing ventilatioeroosters worden geplaatst.
Materiaal	ABS
Kleur	RAL 7035
Levering	Ventilatioerooster Vliesfiltermat
Montage-uitsparing	Uitsparingsbreedte: 292 mm Uitsparingshoogte: 292 mm
Afmetingen	Breedte: 323 mm Hoogte: 323 mm Diepte: 25 mm
Beschermklasse NEMA	Type 12 met vliesfilter/vouwfilter
Beschermklasse IP volgens IEC 60529	IP54 met vliesfilter/vouwfilter IP55 met vouwfilter en absorberende mat IP56 met vliesfilter/vouwfilter en ventilatorafdekkap
Leveringseenheid	1 st.
Gewicht/VE	0,84 kg
Koperaandeel (kg / stuk)	0

Funcities

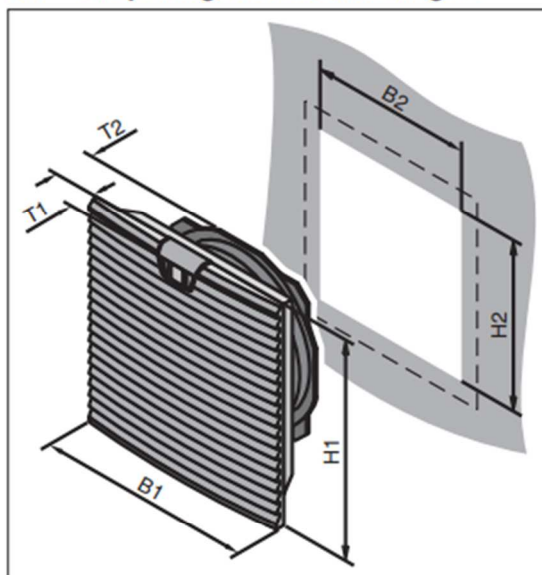
Douanetariefnummer	39269097
EAN	4028177652149
ETIM 7.0	EC002513
ECLASS 8.0	27180706

Goedkeuringen

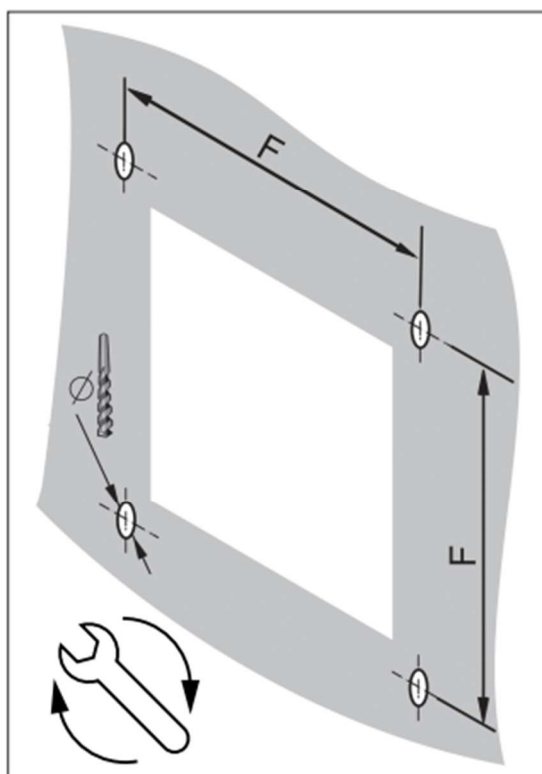
Goedkeuringen	CSA GOST UL + C-UL - FTFA UR + C-UR (recognized)
Certificaten	EAC

Uitsparings-/boorafmetingen

11 Uitsparings-/boorafmetingen



Afb. 10: Uitsparingsafmetingen



Afb. 11: Boorpatroon



Opmerking:
Vanaf een wanddikte 2,5 mm moet de uitsparing per zijde 1 mm worden vergroot (zie meegeleverd boorsjabloon).

Bestelnr.	B2 x H2 mm	T2 mm
3237.xxx	92 x 92	43
3238.xxx	124 x 124	58,5
3239.xxx	177 x 177	90
3240.xxx	224 x 224	107
3241.xxx	224 x 224	107
3243.xxx	292 x 292	118,5
3244.xxx	292 x 292	130,5
3245.xxx	292 x 292	130,5

Tab. 7: Uitsparingsafmetingen

Bestelnr.	Ø mm	F mm	Nm
3237.xxx	3,5	100,5	1
3238.xxx	3,5	132,5	1
3239.xxx	4,5	185	1
3240.xxx	4,5	234	2
3241.xxx	4,5	234	2
3243.xxx	4,5	302	3
3244.xxx	4,5	302	3
3245.xxx	4,5	302	3

Tab. 8: Boorafmetingen

12 EMC-ventilator/-ventilatiooster

Om de EMC-bescherming te verkrijgen de EMC-ventilator/-ventilatiooster in de uitsparing klikken en met de bijgevoegde schroeven vastzetten. Vervolgens de overgang van de ventilator aan de binnenzijde van behuizing rondom voorzien van de 4 EMC-contactfolie volgens onderstaande afbeelding.

2.3.18 Scharnier Elesa Ganter GN 237-ZD-60-60-A-SW [45]

GN 237



Hinges 12

Hinges

Zinc die casting / Stainless Steel / Aluminium

SPECIFICATION

Types

- Type **A**: 2x2 bores for countersunk screws
- Type **C**: 2x2 threaded studs

Version in Zinc die casting

Zinc die casting **ZD**
plastic coated

- black, RAL 9005, textured finish **SW**

- silver, RAL 9006, textured finish **SR**
- chrome-plated **CR**

Pin, Stainless Steel AISI 303

Threaded stud (Type C), Stainless Steel AISI 316

Version in Stainless Steel

- AISI CF-8 **NI**
- German Material No. 1.4408 **A4**
- matt shot-blasted **GS**

Pin, Stainless Steel AISI 316Ti

Threaded stud (Type C), Stainless Steel AISI 316 for ZD and AL
Stainless Steel AISI CF-8, casted "in one piece"

Version in Aluminium

Aluminium **AL**

anodized, natural colour **EL**

Pin, Stainless Steel AISI 316Ti

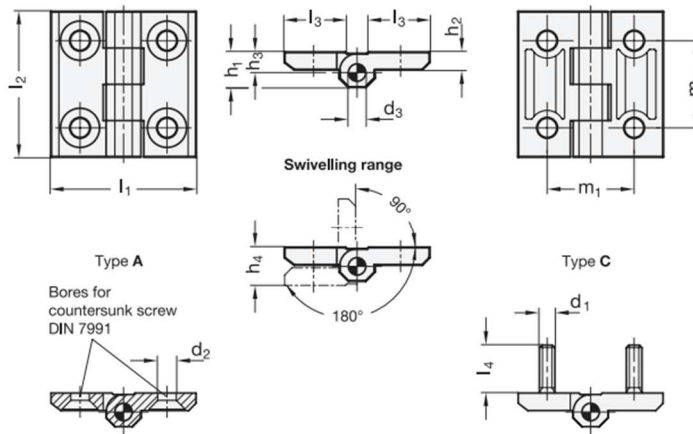
Threaded stud (Type C), Stainless Steel AISI 316

INFORMATION

GN 237 hinges are characterized by their compact and stable design. The various material and surface choices in combination with two mounting types enable very specific applications.

TECHNICAL INFORMATION

- Stainless Steel characteristics (see page A26)
- Load rating information of hinges (see page A40)
- List of hinges types (see page 1362)



1386

6/2021



ELESA and GANTER models all rights reserved in accordance with the law. Always mention the source when reproducing our drawings.

GN 237-ZD

Description	l1	l2	d1	d2	d3	h1	h2	h3	h4 +0.5	l3	l4	m1	m2	Δ
GN 237-ZD-30-30-A-SW	30	30	-	4.3	3	7.5	4	4.5	8.5	10.7	-	18	18	19
GN 237-ZD-30-30-A-SR	30	30	-	4.3	3	7.5	4	4.5	8.5	10.7	-	18	18	19
GN 237-ZD-30-30-A-CR	30	30	-	4.3	3	7.5	4	4.5	8.5	10.7	-	18	18	19
GN 237-ZD-40-40-A-SW	40	40	-	5.3	4	9	5	5.5	11	14	-	25	25	42
GN 237-ZD-40-40-A-SR	40	40	-	5.3	4	9	5	5.5	11	14	-	25	25	45
GN 237-ZD-40-40-A-CR	40	40	-	5.3	4	9	5	5.5	11	14	-	25	25	50
GN 237-ZD-40-40-C-SW	40	40	M5	-	4	9	5	5.5	11	14	12	25	25	59
GN 237-ZD-40-40-C-SR	40	40	M5	-	4	9	5	5.5	11	14	12	25	25	59
GN 237-ZD-40-40-C-CR	40	40	M5	-	4	9	5	5.5	11	14	12	25	25	69
GN 237-ZD-50-50-A-SW	50	50	-	6.4	6	11.5	6	6.5	13	18.5	-	30	30	87
GN 237-ZD-50-50-A-SR	50	50	-	6.4	6	11.5	6	6.5	13	18.5	-	30	30	89
GN 237-ZD-50-50-A-CR	50	50	-	6.4	6	11.5	6	6.5	13	18.5	-	30	30	87
GN 237-ZD-50-50-C-SW	50	50	M6	-	6	11.5	6	6.5	13	18.5	12	30	30	102
GN 237-ZD-50-50-C-SR	50	50	M6	-	6	11.5	6	6.5	13	18.5	12	30	30	103
GN 237-ZD-50-50-C-CR	50	50	M6	-	6	11.5	6	6.5	13	18.5	12	30	30	102
GN 237-ZD-60-60-A-SW	60	60	-	8.3	8	15	8	8.5	17	21.5	-	36	36	160
GN 237-ZD-60-60-A-SR	60	60	-	8.3	8	15	8	8.5	17	21.5	-	36	36	160
GN 237-ZD-60-60-A-CR	60	60	-	8.3	8	15	8	8.5	17	21.5	-	36	36	164
GN 237-ZD-60-60-C-SW	60	60	M8	-	8	15	8	8.5	17	21.5	14	36	36	200
GN 237-ZD-60-60-C-SR	60	60	M8	-	8	15	8	8.5	17	21.5	14	36	36	190
GN 237-ZD-60-60-C-CR	60	60	M8	-	8	15	8	8.5	17	21.5	14	36	36	194

2.3.19 Spacer Elesa Ganter GN 2370-NI-60-5-MT [46]

GN 2370



Stainless Steel-Spacer plates

for hinges

SPECIFICATION

Stainless Steel AISI 304 NI
matte, ground **MT**

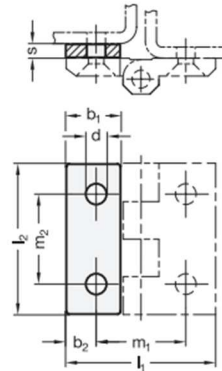
INFORMATION

Tolerances of chamfers, different sheet metal thicknesses or the use of seals could mean that the mounting surfaces of the hinges on the frame and door do not have the desired separating distance. Stainless Steel-Spacer plates GN 2370 are designed as accessories for multiple families of hinges, and their dimensions allow them to be used as shims either individually or in combination to achieve the desired position or height compensation.

TECHNICAL INFORMATION

- Stainless Steel characteristics (see page A26)

The table includes a number of potential compensation heights which can be accomplished by shimming with one or two spacer plates.



Height compensation	Plate thickness s
1	1
1.5	1.5
2	1+1
2.5	1+1.5
3	3
4	3+1
4.5	3+1.5
5	3+1.5
6	3+3
6.5	5+1.5
8	5+3
10	5+5

GN 2370

STAINLESS STEEL

Description	l2	s	b1	b2	d	l1	m1	m2	Suitable for hinges with hole spacing m2	Δ
GN 2370-NI-30-1-MT	30	1	10.8	6	4	30	18	18	GN 237 GN 237.1	2
GN 2370-NI-30-1.5-MT	30	1.5	10.8	6	4	30	18	18	GN 237 GN 237.1	3
GN 2370-NI-30-3-MT	30	3	10.8	6	4	30	18	18	GN 237 GN 237.1	6
GN 2370-NI-30-5-MT	30	5	10.8	6	4	30	18	18	GN 237 GN 237.1	10
GN 2370-NI-40-1-MT	40	1	14.5	7.5	5	40	25	25	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1	4
GN 2370-NI-40-1.5-MT	40	1.5	14.5	7.5	5	40	25	25	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1	6
GN 2370-NI-40-3-MT	40	3	14.5	7.5	5	40	25	25	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1	12
GN 2370-NI-40-5-MT	40	5	14.5	7.5	5	40	25	25	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1	20
GN 2370-NI-50-1-MT	50	1	18	10	6	50	30	30	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A)	6
GN 2370-NI-50-1.5-MT	50	1.5	18	10	6	50	30	30	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A)	10
GN 2370-NI-50-3-MT	50	3	18	10	6	50	30	30	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A)	20
GN 2370-NI-50-5-MT	50	5	18	10	6	50	30	30	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A)	31
GN 2370-NI-60-1-MT	60	1	21.5	12.5	8	60	36	36	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A) GN 437.1 GN 437.2 GN 437.3 GN 437.4	9
GN 2370-NI-60-1.5-MT	60	1.5	21.5	12.5	8	60	36	36	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A) GN 437.1 GN 437.2 GN 437.3 GN 437.4	14
GN 2370-NI-60-3-MT	60	3	21.5	12.5	8	60	36	36	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A) GN 437.1 GN 437.2 GN 437.3 GN 437.4	27
GN 2370-NI-60-5-MT	60	5	21.5	12.5	8	60	36	36	GN 235 GN 337 CFMY. GN 437 GN 7231 GN 7233 GN 7237 GN 237 GN 237.1 GN 237.3 (A) GN 437.1 GN 437.2 GN 437.3 GN 437.4	44

2.3.20 Sluiting Elesa Ganter GN 516.5-VK8-23 [47]

GN 516.5



Stainless Steel- Rotary clamping latches

Operation with socket key or operating element

SPECIFICATION

Types

- Type **VK8**: Operation with square spindle A/F8
- Type **SCH**: Operation with slot
- Type **VDE**: Operation with double bit
- Type **RG**: Operation with knurled knob GN 7336 (see page 280)
- Type **KG**: Operation with wing knob
- Type **HG**: Operation with lever

Stainless Steel

- Housing AISI 316
- Locking mechanism AISI 316
- Bolt AISI 316
- Latch AISI 304

all handles (Type RG / KG / HG)

- Plastic (Polyamide PA)
- black, matt
- Cover cap light grey matt

Protection class: IP 65



INFORMATION

The Stainless Steel-Rotary clamping latches GN 516.5 have a closing mechanism which transfers the rotary movement of the operating element / key into a 90° turn and then into a 6 mm linear stroke.

This mechanism is designed for common applications such as making a tight and vibration-proof interlock in the end position (retaining position) in connection with an elastic element (door / casing seal).

9 latches with different cranks will cover latch distances (retaining zones) of between 19 and 41 mm. If the measured retaining position lies between two latch distances A, the next smaller value must be selected.

The rotary clamping latches GN 516.5 are supplied with loosely enclosed latch.

TECHNICAL AND ASSEMBLY INSTRUCTIONS

1. Latch in starting position.
2. The first 90° turn of the actuator / key moves the latch into the usual locking position.
3. Turning the actuator further by another 90° will lift the latch in linear direction by 6 mm, pulling the door leaf against the frame or the seal and generating a vibration-proof lock.

max. torque: 4.5 Nm
max. axial force: 340 N
max. static load: 340 N

For **installation**, set a bore diameter in the door as shown in the outline drawing. Once assembled, the rotary clamping latch is pushed through the bore diameter from the front. The hexagonal nut can then be pushed over the latch from the back and bolted in place.

The **installation bore diameter** in the door leaf is usually generated by punching or laser application in series production.

For small series and steel sheets below 2 mm thickness, the sheet metal punches GN 123 (see page 1493) are the tool of choice.

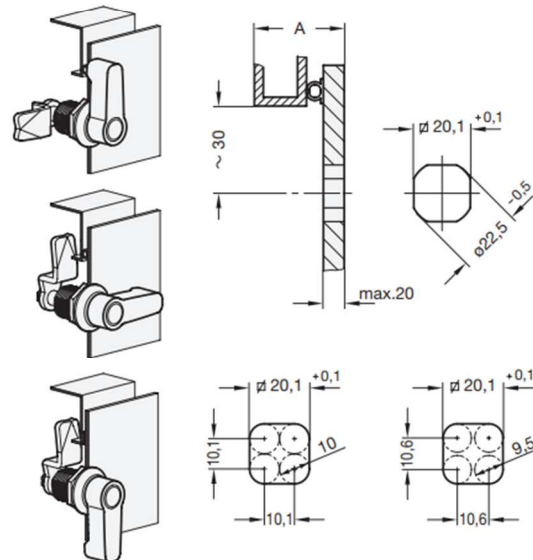
The installation bore diameter can also be set by drilling / milling as shown in the outline drawings.

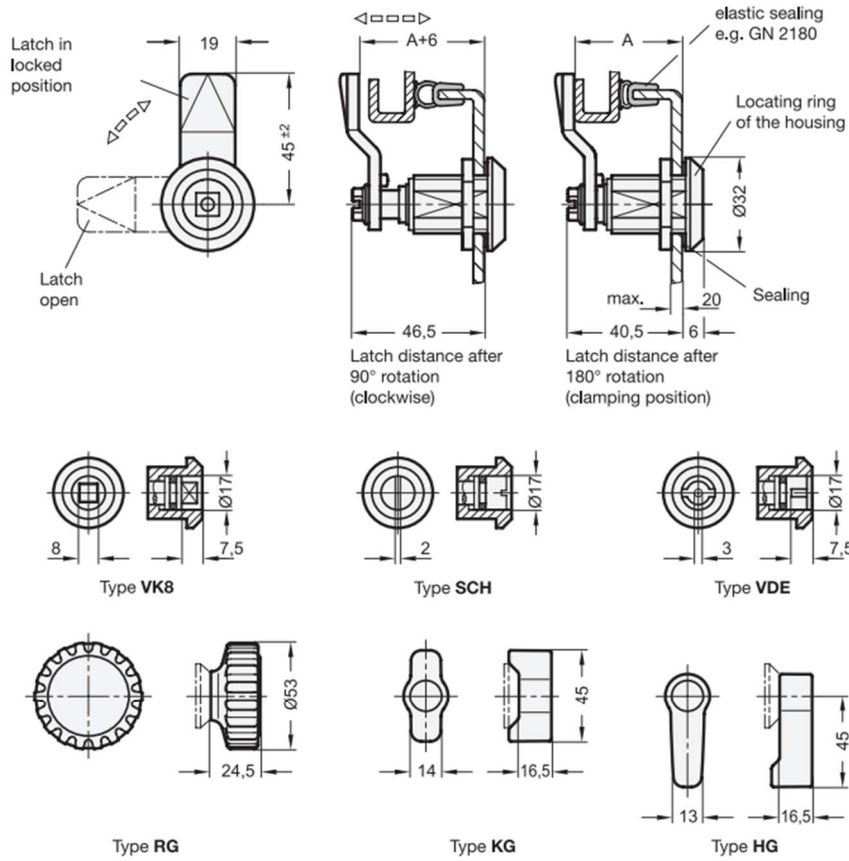
TECHNICAL INFORMATION

- List of latch types (see page 1456)
- IP Protection classes (see page A23)
- Stainless Steel characteristics (see page A26)
- Plastic characteristics (see page A2)

ACCESSORY

- Socket keys GN 119.2 (see page 1530)
- Protective caps GN 120 (see page 1486)
- Opening handles GN 120.1 (see page 1487)





* Complete with type index of the rotary clamping latch
VK8 SCH VDE RG KG HG

GN 516.5

STAINLESS STEEL

Description	Latch distance A	⌀
GN 516.5-*-19	19	100
GN 516.5-*-23	23	120
GN 516.5-*-27	27	120
GN 516.5-*-31	31	120
GN 516.5-*-33	33	120
GN 516.5-*-35	35	120
GN 516.5-*-37	37	120
GN 516.5-*-39	39	100
GN 516.5-*-41	41	120

Weight type VK8

ELESA and GANTER models all rights reserved in accordance with the law.
Always mention the source when reproducing our drawings.



6/2018

1547

2.3.21 Handgreep Elesa Ganter GN728-180-A [48]

GN 728



GN 728.5



Cabinet "U" handles

Aluminium

SPECIFICATION

Types

- Type **A**: Mounting from the back (threaded blind bore)
- Type **B**: Mounting from the operator's side

Aluminium pressure die casting

plastic coated

black, RAL 9005, textured finish **SW**

silver, RAL 9006, textured finish **SR**

blank, ground **BL**

INFORMATION

The installation of cabinet "U" handles GN 728 can be carried out from the back (Type A) as well as from the operator's side (Type B). The hole centers dimension is identical on all variants. As a result they can be mounted in pairs opposite each other.

TECHNICAL INFORMATION

- Load rating information (see page A35)

Stainless Steel-Cabinet "U" handles

SPECIFICATION

Types

- Type **A**: Mounting from the back (threaded blind bore)
- Type **B**: Mounting from the operator's side

Stainless Steel AISI CF-8

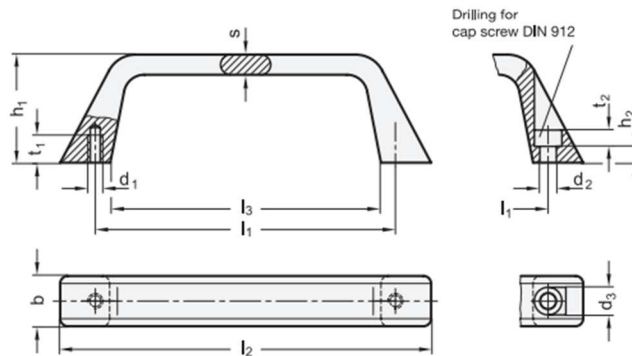
- Precision casting
- matt shot-blasted

INFORMATION

The installation of cabinet "U" handles GN 728.5 can be carried out from the back (Type A) as well as from the operator's side (Type B). The hole centers dimension is identical on all variants. As a result they can be mounted in pairs opposite each other.

TECHNICAL INFORMATION

- Stainless Steel characteristics (see page A26)
- Load rating information (see page A35)



* Complete with colour index of the Cabinet "U" handles (SW, SR or BL)

SW **SR** **BL**
RAL9005 RAL9006 blank

GN 728

Description	l ₁ ±0.25	b	d ₁	d ₂	d ₃	h ₁	h ₂	l ₂	l ₃	s	t ₁ min.	t ₂	⚙️
GN 728-120-A-*	120	22.5	M 6	-	11	42.5	-	147	108	8	10	-	90
GN 728-180-A-*	180	27	M 8	-	13.5	47.5	-	214	165	10	12	-	180
GN 728-120-B-*	120	22.5	-	6.4	11	42.5	6.5	147	108	8	-	6.5	80
GN 728-180-B-*	180	27	-	8.4	13.5	47.5	7.5	214	165	10	-	8.5	172

GN 728.5

STAINLESS STEEL

Description	l ₁ ±0.25	b	d ₁	d ₂	d ₃	h ₁	h ₂	l ₂	l ₃	s	t ₁ min.	t ₂	⚙️
GN 728.5-120-A	120	22.5	M 6	-	11	42.5	-	147	108	8	10	-	300
GN 728.5-120-B	120	22.5	-	6.4	11	42.5	6.5	147	108	8	-	8.5	252

ELESA and GANTER models all rights reserved in accordance with the law.
Always mention the source when reproducing our drawings.



12/2020

441

2.3.22 Afdichtband Würth VKP MAX [49]



Afdichtband VKP® MAX

Geïmpregneerd en voorgecomprimeerd afdichtband volgens BG1 voor compensatie van hogere voegtoleranties.

De band past zich uitstekend aan omgevingsgebied aan

- Betrouwbare afdichting van voegen met hogere toleranties
- Overbrugging van oneffenheid van ondergrond
- Vanwege een groot aantal toepassingsmogelijkheden minder bandafmetingen nodig

Geteste afdichtingseigenschappen van meer dan 600 Pa

Voldoet aan BG1 volgens DIN 18542

Waterafstotend, maar waterdampdoorlaatbaar

Dankzij impregnatie is de band bestand tegen slagregens, maar kan vocht in de voeg vanwege de dampdoorlaatbaarheid van de band toch goed uitdrogen.

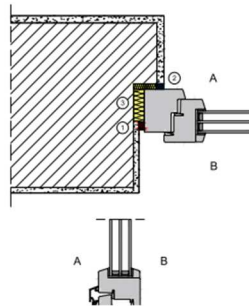
Uitstekend bestand tegen weersinvloeden

Ook buiten toepasbaar



61,2

Kleur	Zwart
Chemische basis	Waterdicht polyurethaanschuim
Min. weerstand tegen slagregen (druk)/voorwaarden	600 Pa/conform DIN 18542-BG1
Min./max. verwerkingstemperatuur	5 tot 25 °C
Min./max. temperatuurbestendigheid	-30 tot 80 °C
Brandklasse/voorwaarden	B1/conform DIN 4102
UV-bestendig	Ja, bij slagregenbestendige montage
Houdbaarheid vanaf productie/voorwaarden	18 maanden/bij 20 °C



2.3.23 Smeervet TotalEnergies CERAN ST 2 [56]

CERAN ST 2



Vet



Hechtend, waterbestendig calciumsulfaatcomplex vet met extreme druk eigenschappen

TOEPASSINGEN

Multifunctioneel, waterbestendig vet voor zware belastingen

Industriële toepassingen

Aanbeveling

- CERAN ST 2 is een sterk hechtend calciumsulfaatcomplex vet met een uitzonderlijke weerstand tegen uitwassen door water en extreme druk eigenschappen. Het is ontwikkeld voor de smering in de meest uiteenlopende toepassingen in de industrie (spoelmachines, walsen, ...), in de zeevaart (kabels, open tandwieloverbrengingen, scharnieren, ...) en offshore, die bij zeer zware bedrijfsomstandigheden werken (aanwezigheid van water, hoge temperaturen, stof en andere vervuiling).
- CERAN ST 2 is eveneens een multifunctioneel extreme druk-vet voor "off road" toepassingen in de landbouw en openbare werken waar het vet frequent in contact komt met water.
- Vermijd contaminatie van het vet door stof en/of vuil tijdens het aanbrengen. Gebruik bij voorkeur een systeem met pneumatische pomp of een vetpatroon.

SPECIFICATIES

- ISO 6743-9: L-XBFB 2
- DIN 51502: KP2R-25

VOORDELEN

Multifunctioneel vet

Zware belastingen

Weerstand tegen water

Hoge temperaturen

Vrij van schadelijke bestanddelen (zware metalen)

- Zeer sterk hechtend vermogen op metaaloppervlakken waardoor het smeerinterval verlengd kan worden.
- Uitstekende thermische stabiliteit. Het vet herwint de originele consistentie na afkoeling tot omgevingstemperatuur.
- Opmerkelijke weerstand tegen belastingen dankzij de zeer hoge natuurlijke extreme druk- en antislijtage-eigenschappen.
- Uitzonderlijke weerstand tegen wegspoelen wanneer water onder hoge druk op het vet gespoten wordt (zelfs voor zeeewater). Geen significant consistentieverlies wordt waargenomen, zelfs wanneer grote hoeveelheden water het vet binnendringt.
- Uitstekende antioxidatie- en anticorrosie-eigenschappen, zelfs in aanwezigheid van zeeewater, dankzij de chemische aard van de calciumsulfaat indikker en de specifieke additatie.
- CERAN ST 2 bevat lood noch enige andere zware metalen die als schadelijk beschouwd worden voor mens of milieu.

TYPISCHE KENMERKEN	METHODES	EENHEDEN	CERAN ST 2
Zeep/verdikker	-	-	Calciumsulfaatcomplex
NLGI graad	ASTM D 217/DIN 51 818	-	2
Kleur	Visueel	-	Kastanjebruin
Uitzicht	Visueel	-	Glad, kleverig
Gebruikstemperatuur	-	°C	-25 tot +180
Penetratie bij 25 °C	ASTM D 217/DIN 51 818	0,1 mm	265 – 295
4-kogellasttest	ASTM D 2596	kgf	500
Antiroestvermogen SKF-EMCOR zout water	DIN 51802/IP 220/NFT 60-135/ISO 11007	quotering	max. 1
Druppelpunt	IP 396/NFT 60 102 C	°C	> 300
Kinematische viscositeit van de basisolie bij 40 °C	ASTM D445/DIN 51 562-1/ISO 3104/IP 71	mm ² /s	180

De waarden van de karakteristieken in deze tabel zijn gemiddelden, gegeven ter informatie.

p. 1/1

CERAN ST 2
december 2014

Indien dit smeermiddel wordt gebruikt volgens onze aanbevelingen en voor de toepassing waarvoor het voorzien is, houdt het geen speciaal gevaar in. Een veiligheidsfiche conform de vigerende wetgeving binnen de EU is beschikbaar op <http://sdstotalms.total.com> en bij uw plaatselijke commerciële raadgever.

TOTAL BELGIUM

Handelsstraat 93

B-1040 Brussel

☎ 02 288 98 13

✉ techniclubricants.belgium@totalenergies.com

Bijlage 3: Gebruikte materialen

3.1 Materiaaleigenschappen en kwaliteiten

3.1.1 Constructiestaalkwaliteit S355 t.o.v. S275 [67]

Kwaliteit: S355J0/S355J2 (St 52-3)

De kwaliteiten S355 bieden ten opzichte van het in staalconstructies nog veel gebruikte S235JR het voordeel van de betere weerstand tegen brose breuk (betere kerfslagwaarde) en de hogere rekgrens, waardoor lichter geconstrueerd kan worden.

Bij het lassen kan het onder ongunstige omstandigheden zoals grote materiaaldikte (> ca. 20 mm), starre constructies en dergelijke, noodzakelijk zijn om maatregelen te nemen om koudscheuren te voorkomen.

Lasbaarheid: lasbaar met alle gangbare lasmethoden

Lastoevoegmaterialen: een overzicht van de lastoevoegmaterialen voor deze kwaliteit staat in tabel 14 op pagina 211.

Warmtebehandelingen

spanningsarm gloeien: 580 - 620 °C

normaal gloeien: 900 - 920 °C

3.1.2 Fysische eigenschappen van constructiestaalsoorten [11]

Sterktewaarden in N/mm² voor de genormaliseerde afmeting d_N
Vermoeingssterktewaarden in N/mm² volgens DIN 743-2^{1) 2)} (richtwaarden)
Elasticiteitsmodulus $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$, glijdingsmodulus $G = 81\,000\text{ N/mm}^2$

staalsoort	A %	R_{mN}	$R_{2,5N}$	$\sigma_{1,2N}$	$\sigma_{1,2N}$	$\tau_{2,5N}$	relatieve materiaal-kosten ¹⁾	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden	
afkorting	materiaal-nummer	min.	min.	min.	($\sigma_{1,2N}$)	($\sigma_{1,2N}$)			
a) Ongelegeerd constructiestaal, warmgewalst, volgens NEN EN 10025									
genormaliseerde afmeting $d_N = 16\text{ mm}$									
S185	L.0035	18	310	185				minder belangrijke constructiedelen bij geringe belasting; trappen en bordessen en dergelijke; lasbaarheid niet gewaarborgd	
S235JR	L.0037	26	360	235	140 (225)	180 (270)	105 (160)	1	
S235JRG1	L.0036								
S235JRG2	L.0038								
S235J0	L.0114								
S235J2G3	L.0116								
S235J2G4	L.0117							gebruikelijk staal in de machine- en staalbouw bij gelijkmatige belasting; plaat-, staaf- en profielmateriaal; goed te bewerken, lasbaarheid en taaiheid verbeteren gestaag vanaf kwaliteitsgroep JR tot aan kwaliteitsgroep J2G4	
S275JR	L.0044	22	430	275	170 (270)	215 (320)	125 (190)	1,05	
S275J0	L.0143								
S275J2G3	L.0144								
S275J2G4	L.0145								
S355JR	L.0045	22	510	355	205 (325)	255 (380)	150 (245)		
S355J0	L.0553								
S355J2G3	L.0570								
S355J2G4	L.0577								
S355K2G3	L.0595								
S355K2G4	L.0596							zwaar belaste draagconstructies in de staal-, kraan- en bruggenbouw; hoge rekgrens door legering met Si en Mn; lasbaarheid en breuktaaiheid verbeteren gestaag vanaf kwaliteitsgroep JR tot aan kwaliteitsgroep K2G4	
E295	L.0050	20	490	295	195 (295)	245 (355)	145 (205)	1,1	goed bewerkbaar; meest toegepast staal bij gemiddelde belasting; draag- en aandrijfassen, pennen
E335	L.0060	16	590	335	235 (335)	290 (400)	180 (230)	1,7	voor zwaarder belaste slijtvaste delen; aandrijfassen, roodsels, spindels
E360	L.0070	11	690	360	275 (360)	345 (430)	205 (250)		zeer zwaar belaste, slijtvaste delen in natuurharde toestand; nokken, walsrollen, matrijzen, besturingsonderdelen

3.1.3 Constructiestaalkwaliteit S235JR [67]

Kwaliteit S235JR (St 37-2)

S235JR is de meest toegepaste kwaliteit binnen de groep ongelegeerde constructiestalen. Deze kwaliteit is redelijk verspaanbaar, redelijk goed vervormbaar en goed lasbaar. Indien bij de bestelling overeengekomen is dit materiaal goed thermisch te verzinken, waarbij het oppervlak van de zinklaag glad en glanzend is. Worden er extra eisen gesteld aan de vervormbaarheid (bijvoorbeeld aan de buigeigenschappen), dan dient dit bij de bestelling opgegeven te worden.

Lasbaarheid: lasbaar met alle gangbare lasmethoden
 Lastoevoegmaterialen: een overzicht van de lastoevoegmaterialen voor deze kwaliteit staat in tabel 13 op pagina 211.
 Warmtebehandelingen
 spanningsarm gloeien: 580 - 620 °C

3.1.4 Veredelstaalkwaliteit C45+C/SH [67]

Kwaliteit: C45+C/SH (C 45 K)

Van de ongelegeerde veredelstalen is C45 de meest toegepaste kwaliteit. Het materiaal vindt toepassing in zowel de machinebouw (vaak in oppervlakte geharde toestand) als in constructies waar het al dan niet veredeld wordt ingezet. Door het hogere percentage koolstof ten opzichte van C22 en C35 kan door veredelen een redelijk sterkteniveau bereikt worden. Door het ontbreken van legeringselementen is de doorharding echter gering. Naast veredelen wordt deze kwaliteit ter verbetering van de weerstand tegen slijtage ook vaak oppervlaktegehard door vlam- of inductiehardten. In het algemeen is de te bereiken oppervlaktehardheid > 45 HRC. In blanke uitvoering heeft ook deze kwaliteit uiteraard een betere oppervlaktegesteldheid en de getrokken uitvoering bovendien een hogere sterkte dan de warmgewalste. De vervormbaarheid is echter minder, waardoor met name de koudgetrokken uitvoering (+C) minder geschikt is voor buigbewerkingen. Gezien het hoge koolstofequivalent moet lassen zoveel mogelijk voorkomen worden. Is lassen onontkomelijk dan moeten er voorzorgsmaatregelen getroffen worden om koudscheuren te voorkomen.

Lasbaarheid: lassen onder voorbehoud
 Lastoevoegmaterialen: een overzicht van de lastoevoegmaterialen voor deze kwaliteit staat in tabel 18 op pagina 212.
 Warmtebehandelingen
 warmvervormen: 1100 - 850 °C
 normaal gloeien: 840 - 870 °C
 zachtgloeien: 650 - 700 °C
 harden: 820 - 850 °C
 ontlaten (richtwaarde): 540 - 680 °C

Bijlage 4: Offertes

4.1 Rondsels Cordm



" La Qualité en mouvement "

SCOP ANONYME A CAPITAL VARIABLE
N° de T.V.A. FR 92325589968
FABRICATION D'ENGRENAGES

Verdun, 08/03/2023

Your enquiry N°	ENGRENAGE POUR UN MAN
dated	03/03/2023

PRICE QUOTATION

031745



ANGLO BELGIAN CORPORATION N.V.

For the attention of **LARS WOLLAERT**

WIEDAUWKAAL 43

BE-9000 GENT

BELGIQUE

Page 1/1

Thankyou for your enquiry. We hope this offer meets with your requirements.
For any further information, please do not hesitate to contact :

Lydia WENDERS

Acceptance of the quotation or the placing of an order implies the full and unreserved acceptance by the Client of the attached terms and conditions of sale, as well as the technical terms and conditions set out in the offer, and renunciation on its part of its own general terms and conditions of purchase.

Delivery conditions	DAP GENT - BELGIQUE
Packing	Compris
Payment terms	wire transfer 30 days end of month Invoice date
Price validity	15 days
Other conditions	

Pos	Qty	Designation	Delivery lead time	Unit price
01	5	Pinion Z=25 M=12 according to drawing number : croquis Laminated round 18 CrNiMo7-6 - Case hardened for 58 to 60 HRC. Case depth 2.2 to 2.4 mm Complete manufacturing. Gear grinding : Quality DIN 7 Delivery of a certificate NF EN 10204 3.1 containing : Chemical analyses + hardness control. Heat treatment certificate. Hardness filiation. Dimensional report. Teeth diagram 20% of the batch. Hardness control 100% of the batch.	16 weeks	1 495 €

4.2 Draaikranslagers QCB

Quotation for special slewing rings



Technical - Lester Milton <lmlton@nbcgroup.co.uk>

Aan Lars Wollaert

U hebt dit bericht beantwoord op 27/02/2023 12:18.

Good morning lars, apologies for the delay – I took Friday afternoon off for a long weekend camping!

We are pleased to offer

2 **SIGH 1530 2 40 51 AA LM** £ 6 675.00 ea nett

Delivery 5 months

If you chose to have one unit ungeared it would become part ref **SUN 1530 2 40 51 AA LM** at £ 5 995.00 nett

I trust the above is of interest for your discussions.

We can send a more formal quote once we have settled the drawing, bolts styles etc etc.

Regards

Lester



Lester Milton - Technical

t: +44 (0) 1952 980198 | m: 07584990940

e: lmlton@nbcgroup.co.uk |

w: www.nbcgroup.co.uk | www.QCBslewingrings.com

a: Unit D, Stafford Park 18, Telford, TF3 3BN, ENGLAND

[Click this link to download the new QCB Slewing Rings & Drives catalogue today!](#)



4.3 Lagerblokken UCP 217 Timken (Fairon)



CHÉE, DE VILVORDE 80 UNIT 6 VILVOORDSESTWG.
B-1120 BRUSSELS - BELGIUM
TEL: +32 (0)2 240 95 80 - FAX: +32 (0)2 240 95 88
INFO@F-BE-I.COM - WWW.F-BE-I.COM
VAT BE 0402.909.987

OFFERTE

Nr.29172 van 02/03/2023

ANGLO BELGIAN CORPORATION
Lars Wollaert
WIEDAUWKAAL.43
BE 9000 GENT

Leveradres

ANGLO BELGIAN CORPORATION
WIEDAUWKAAL.43
BE 9000 GENT

Uw referentie MAIL 02/03
Geldigheidsduur 1 maand
Levertermijn 5 dagen
Leveringsvoorwaarde Ex Works
Betalingsvoorwaarde 30 dagen einde maand

Klantnummer 3010
Ond.nummer BTW - (BE) - 0420.246.659
Tel +
Fax 09/224.03.01

Artikel	Omschrijving	Aantal	Prijs	Totaal	Levertermijn
UCP217 Timken	Lagereenheden In gltjzer 85X309,88X92,989	8 PCE	143,3440	1.146,75	5 dagen

Netto Goederen	Kosten	Belastbaar	BTW %	BTW		
1.146,75		1.146,75	21%	240,82	Totaal excl BTW	1.146,75
					Totaal BTW	240,82
					Totaal (EUR)	1.387,57

4.4 Motoren SEW

Offerte

New E.U. regulation on CE
applies from 1 January 2015
→ www.ie-guido.de

SEW
EURODRIVE

Offertenummer: **420487421B**

Van: 11.05.2023

Pagina 3 / 12

Pos.	Aantal	Artikelnummer	Prijs/stuk EUR	Totaalprijs EUR
01	2 ST	SEW Wormwielmotorreductor ST97p/T DRN132S4/BE11/AK8Y/PT	5.799,71	11.599,41



Opmerking:

Kleur en technische specificaties kunnen afwijken van deze afbeelding. Voor de technische specificaties raadpleeg de volgende gegevens.

Links naar de documenten:



Toerental 1 [r/min]	: 1461 / 10
Totale overbrengingsverhouding	: 145,60 / eindig
Aantal tanden teller/noemer	: 728/5
Max. toelaatbaar koppel	: 4300
Uitgaand koppel [Nm]	: 4510
Bedrijfsfactor SEW-FB	: 0,95
Bouwvorm IM	: M3A
Klemmenkast[°]/Kabelinvoerpos.	: 180 (L) / X (normaal)
Smeermiddel / hoeveelheid [l]	: CLP PG 460 synthetische olie / 11,40
Olieproducent aanduiding	: SEW GearOil Poly 460 E1
Kleurcodering	: Eindlaag RAL7031 (blauwgrijs)
Tandwielkast	: ST97p/T
Holle as	: 75mm
Uitvoering	: Holle as met Torqloc
Afdekkap (vast)	: Vaste roestvast stalen kap met pakking
Opties algemeen	: T met reactiearm
Documentatie A	: 27801357
Onderdeellijst	: 282591996
Motor	: DRN132S4/BE11/AK8Y/PT

Offerte

Offertenummer: **420487421B**

Van: 11.05.2023

Pagina 10 / 12

Pos.	Aantal	Artikelnummer	Prijs/stuk EUR	Totaalprijs EUR
------	--------	---------------	----------------	-----------------

04 Alternatief voor positie. 02

De prijs van deze positie is niet in het totaalbedrag van de offerte begrepen.

1 ST			5.541,69	5.541,69
SEW Wormwielmotorreductor				
ST97p/T DRN132S4/BE11/EK8C/PT				



Opmerking:

Kleur en technische specificaties kunnen afwijken van deze afbeelding. Voor de technische specificaties raadpleeg de volgende gegevens.

Links naar de documenten:



Toerental 1 [r/min]	: 1461 / 10
Totale overbrengingsverhouding	: 145,60 / eindig
Aantal tanden teller/noemer	: 728/5
Max. toelaatbaar koppel	: 4300
Uitgaand koppel [Nm]	: 4510
Bedrijfsfactor SEW-FB	: 0,95
Bouwworm IM	: M3B
Klemmenkast[*]/Kabelinvoerpos.	: 0 (R) / X (normaal)
Smeermiddel / hoeveelheid [l]	: CLP PG 460 synthetische olie / 11,40
Olieproducent aanduiding	: SEW GearOil Poly 460 E1
Kleurcodering	: Eindlaag RAL7031 (blauwgrijs)
Tandwielkast	: ST97p/T
Holle as	: 75mm
Uitvoering	: Holle as met Torqloc
Afdekkap (vast)	: Vaste roestvast stalen kap met pakking
Opties algemeen	: T met reactiearm

4.5 Standaardonderdelen Elesa Ganter (Shake Hand)

SHAKE-HAND BV

Havennummer 8721A
Durmakker 17
9940 Evergem

Tel. +32 9 2532288
E-mail sales@elesa-ganter.be
Web www.elesa-ganter.be



AUTHORIZED DISTRIBUTOR



ANGLO BELGIAN CORPORATION
Wiedauwkaai 43

9000 GENT
BELGIUM

Offerte

Document Nummer	Datum	Partner Code	BTW Nummer	Uw Referentie	Pagina
23012050	04/05/2023	K02087	BE0420246659	PV mail 04/05	1 / 2

Uw contactpersoon
onze contactpersoon

Lars Wollaert | E-mail lawo@abc-engines.com
Debby Bekaert | Tel. +32 9 253 22 88 | E-mail debby@elesa-ganter.be

Bedankt voor uw interesse in onze producten en diensten. Hierbij vindt u onze offerte:

Artikelcode	Omschrijving	Aantal	Prijs	Kort.	Totaal EUR	
1 A005797	GN 237-ZD-60-60-A-SW	12,00	8,180	25%	73,62	Data Sheet
2 A075445	GN 2370-NI-60-5-MT	24,00	3,170	25%	57,06	Data Sheet
3 A021519	GN 728-180-A-SW	4,00	11,970	25%	35,91	Data Sheet
4 A054316	GN 516.5-VK8-23	8,00	84,700	25%	508,20	Data Sheet
5 DFRANCO	Franco transport GLS	1,00	0,000		0,00	

Levertermijn: +/- 2 weken

Volgende kortingen zijn van toepassing

Order > 250 € :- 10 %
> 375 € :- 15 %
> 500 € :- 20 %
> 750 € :- 25 %

Franco levering voor orders > 200 €
Behalve lengtes >=2m (40€ port)

Subtotaal	674,79
Netto Bedrag	674,79
BTW 21.00% van 674.79	141,71

Totaal EUR	816,50
Betaaltermijn	60 Dagen EM
Geldig tot	04/06/2023

4.6 Standaardonderdelen Würth



OFFERTE

Würth Industry Belgium N.V. B-9160 Lokeren
Firma
Anglo Belgian Corporation NV
Dhr Lars Wollaert
Wiedauwkaai 43
9000 Gent

Offertenummer **128655065**
Klantnummer **235010562**
Geldig van **03.04.2023**
Geldig tot **17.04.2023**
Pagina **1**

Uw buitendienstmedewerker
Hendrik Reyniers
F 0032 093467466
GSM 0032 499756406

Uw binnendienstmedewerker in Lokeren
Stephan VanHoute
T 0933773 02
F 09 34 674 66
E stephan.vanhoute@wurth-industry.be
Intern: IU06/0000/00006752/000/STVa

Uw aanvraag Mail van 03.04.2023.

Geachte heer/ mevrouw,

Bedankt voor uw interesse in ons leveringsprogramma.
Hierbij willen wij u graag geheel vrijblijvend de volgende producten aanbieden.

De Lt en prijs voor artikel 005242 500
- Zeskantbout met schacht blank ISO 4014 10.9 M42x500 x16 - zijn opgevraagd.

Pos.	Omschrijving Uw materiaalnummer	Artikelnummer	VE	Aantal	PE	Nettoprijs in EUR
10	Schroef, cilinderkop SCHROEF-CIL-ISO4762-10.9-BZK19-M24X200	008024 200	092 10	200	100	227,42
20	Zelfborgende zeskantmoer ZELFB-MOER-DIN6924-8-SW36-(A2K)-M24	037198424	090 50	200	100	59,38
30	Ring SLUITRING-ISO7089-200HV-(A2K)-24	514924	092 100	200	100	17,97
50	Zeskantmoer MOER-6K-ISO4032-10-SW65-M42	0320942	092 20	20	100	194,59
60	Ring WSH-ISO7089-200HV-(A2K)-42	514942	092 25	25	100	139,16

Pos.	Omschrijving Uw materiaalnummer	Artikelnummer	VE	Aantal	PE	Nettoprijs in EUR
10	Schroef, cilinderkop SCHROEF-CIL-ISO4762-8.8-BZK3-A2K-M4X14 ***** VE is per 100 *****	00844 14	005 100	100	1.000	20,51
20	Schroef, cilinderkop SCHROEF-CIL-ISO4762-8.8-BZK4-A2K-M5X25 ***** VE is per 100. *****	00845 25	005 100	100	1.000	25,79
30	Schroef, cilinderkop SCHROEF-CIL-ISO4762-8.8-BZK6-A2K-M8X16 ***** VE is per 200 *****	00848 16	005 200	200	1.000	37,73
40	Oogmoer OOGMOER-DIN582-C15E-(A2K)-GESMEED-M10 ***** VE is per 5. *****	0395910	005 5	10	1.000	1.056,70
50	Ring SLUITRING-ISO7089-300HV-(A2K)-16 ***** VE is per 100 *****	51499816	005 100	100	1.000	146,44
60	Ring SLUITRING-ISO7089-200HV-(A2K)-8 ***** VE is per 100 *****	51498	005 100	100	1.000	15,30
70	Ring SLUITRING-ISO7089-200HV-(A2K)-10 ***** VE is per 100. *****	514910	005 100	100	1.000	33,17
80	Ring SLUITRING-ISO7089-300HV-(A2K)-24 ***** VE is per 100 *****	51499824	005 100	300	1.000	393,92
100	Ring SLUITRING-ISO7089-300HV-(A2K)-20 ***** VE is per 100. *****	51499820	005 100	100	1.000	194,18
110	Ring SLUITRING-ISO7089-300HV-(A2K)-6 ***** VE is per 1000. *****	5149986	990 1000	1.000	100	1,49
120	Grote ring SLUITRING-DIN9021-140HV-(A2K)-D33,0 ***** VE is per 25. *****	041633	092 25	25	100	151,79
130	Grote ring SLUITRING-DIN9021-140HV-(A2K)-D22,0 ***** VE is per 50. *****	041620	005 50	50	1.000	328,43
140	Schroef, verzonken kop SCHROEF-PLVZK-ISO10642-08.8-A2K-M8X55 ***** VE is per 100 *****	00878 55	092 100	100	100	11,84
150	Schroef, verzonken kop SCHROEF-ISO10642-010.9-BZK5-(A2K)-M8X14 *****	008908 14	092 200	200	100	4,91
180	Zeskantbout voldraad BOUT-6K-ISO4017-8.8-SW16-M10X25 ***** VE is per 200 *****	005591025	092 200	200	100	8,99
190	Zeskantbout met borst BOUT-6K-DIN931-8.8-SW17-(A2K)-M10X140 ***** VE is per 50. *****	005310 140	092 50	50	100	26,23

Pos.	Omschrijving Uw materiaalnummer	Artikelnummer	VE	Aantal	PE	Nettoprijs in EUR
200	Zeskantbout met borst BOUT-6K-ISO4014-10.9-SW30-(A2K)-M20X130 ***** VE is per 25. *****	0105020130	092 25	25	100	144,97
210	Zeskantbout met borst BOUT-6K-ISO4014-8.8-SW10-(A2K)-M6X50 ***** VE is per 200. *****	00536 50	005 200	200	1.000	50,16
220	Zeskantbout voldraad 6K-BOUT-ISO4017-10.9-SW36-(A2K)-M24X90 ***** VE is per 10 *****	010702490	092 10	20	100	176,27
230	Zeskantbout met borst BOUT-6K-ISO4014-10.9-SW36-(A2K)-M24X130 ***** VE is per 10 *****	0105024130	092 10	10	100	193,67
250	Zeskantmoer MOER-6K-ISO4032-8-SW24-(TZN)-M16 ***** VE is per 50 *****	03179916	005 50	50	1.000	163,48
260	Zeskantmoer MOER-6K-ISO4032-8-SW16-(TZN)-M10 ***** VE is per 100 *****	03179910	005 100	100	1.000	37,15
270	Zeskantmoer MOER-6K-ISO4032-8-SW30-(TZN)-M20 ***** VE is per 100 *****	03179920	092 100	100	1.000	227,94
280	Zelfborgende zeskantmoer ZELFB-MOER-DIN980-V-10-SW36-(VZD)-M24	0369424	990 50	200	100	76,69
290	Zeskantmoer, zelfborgend, hoge vorm ZELFB-MOER-ISO7040-8-SW13-(A2K)-M8 ***** VE is per 100 *****	5162000208	092 100	100	1.000	50,11
300	Zeskantmoer, zelfborgend, hoge vorm ZELFB-MOER-ISO7040-8-SW10-(A2K)-M6 ***** VE is per 500 *****	5162000206	005 500	500	1.000	11,87
310	Afdichtband, RAL AFDICHTB-VKP-MAX-(15/1-4)-ZWART-20M VKP	0875191502	961 26	26	1	6,82

Pos.	Omschrijving Uw materiaalnummer	Artikelnummer	VE	Aantal	PE	Nettoprijs in EUR
320	Draadeind DR-EIND-STK-DIN976-A-8.8-(A2K)-M16X350 ***** VE is per 10. *****	0959016350	090 10	10	100	150,92

Pos.	Omschrijving Uw materiaalnummer	Artikelnummer	VE	Aantal	PE	Nettoprijs in EUR
10	Ring WSH-ISO7089-300HV-(A2K)-42 Levertijd ca. 101 dagen na ontvangst order.	51499842	990 25	50	100	1.384,94
20	Inlegspie, hoge vorm INLEGSPIE-DIN6885-C45C-A-22X14X90	0410221490	090 50	50	100	167,68
30	Zeskantbout met borst BOUT-6K-ISO4014-10.9-SW65-M42X550 Levertijd ca. 82 dagen na ontvangst order.	005242 550	092 3	15	1	92,99
40	Zeskantbout met flens 6K-BOUT-FL-DIN6921-8.8-M16X40 Levertijd ca. 19 dagen na ontvangst order.	412581640	092 25	25	100	141,39

Van: sales <sales@wurth-industry.be>
Verzonden: donderdag 11 mei 2023 15:05
Aan: Lars Wollaert <lawo@abc-engines.com>
Onderwerp: RE: Offerte Firma Anglo Belgian Corporation NV (023501)

Beste Lars,

Hartelijk dank voor de bijkomende informatie.

De afdichtband die je vermeldt, bieden we aan in verpakkingen van 26 aan 177,32 € (6,82 € per stuk).

De verzinkte draadstang kost 15,09 € en is per 10 eenheden.

Voor de artikelen die ik in aanvraag had, heb ik u gisteren aan aparte offerte uit het systeem gestuurd. Heb je deze goed mogen ontvangen?

Met vriendelijke groeten,
Meilleures salutations,
With kind Regards,

Stephan Van Houte



4.7 Zeskantbouten Max Mothes



MAX MOTHES GmbH Fuggerstraße 9 41468 Neuss

Anglo Belgian Corporation nv
Wiedauwkaai 43
9000 Gent
Belgien

sales contact: Rebecca Stürmer
telephone-no.: +49-2131-7515-237
fax-No.: +49-2131-7515-4237
mail: R.Stuermer@maxmothes.com

Quotation

delivery address:
Anglo Belgian Corporation nv
Wiedauwkaai 43
9000 Gent
Belgien

customer-no.:
quotation-no.: VKA0367595
date: 17.05.23

your reference: Mr. Lars Wollaert
your request: MAIL FROM 12.05.2023
your VAT-IdNo.:

delivery service: DB Schenker LKW Standard
delivery terms: FCA - frei Frachtführer - free carrier

The offer is non-binding. Due to the raw material market situation price adjustments and delivery delays even after your order are not excluded.

pos.	amount	unit	item number description	reference	price PU	PU discount surcharge %	amount
1		16 piece	ANGEBOTSPPOSITION Sechskantschraube DIN 931 10.9 M42x650 Delivery Date: 11 weeks		6.900,00	100	1.104,00
		1	41255 freight cost		101,65	1	101,65
Total EUR							1.205,65

4.8 Lineaire actuator S+R (Vansighen)

Vansighen Lineairtechniek bv
Herkenrodesingel 4 bus 3
3500 Hasselt
+32 (0)11 37 79 63
+32 (0)11 37 54 34
vansighen@vansighen.be
www.vansighen.be
BE 0872.221.921



Offerte
VOF 2023022866

ABC N.V. (Anglo Belgian Corporation)

Wiedauwkaai 43
BE-9000 GENT
BELGIUM

Contactpersoon: Wollaert Lars

Tel.: +32-92670000

Buitendienst verantw. : Francis Lannoy

BTW : BE0420246659 | Klantnummer : 1020 | Offerte datum : 18/04/2023 | Uw referentie : EMAIL 17/04/2023

Pos.	Productreferenties	Aantal	Eenheidsprijs	Totaal
1	013.00.00.00.000199	1,00 st	€ 314,29	€ 314,29

S+R Compact Actuator
Type: **SR 1**
(S24-17A08-06)
Load: max. 340N dynamic
Load static: max. 1300 N in retracted position
Stroke: 147 mm
Speed: 17 - 26 mm/s (with load - without load)
Voltage: 24 V DC
Nominal current: 4A
Protection: IP 65
Ambient temperature range: -25°C to +65°C
Capacity utilization (RT 25°C): 25%
Limit switch (fix position-not adjustable): yes
max. end-play spindle: 1 mm
Cable length: 100 mm

Intrastat : 84798997

Levertermijn 7 tot 8 weken

Met vriendelijke groeten,

Tom Van Eijgen
tomve@vansighen.be | Tel. +32 (0)11 26 97 08

Opmerking levertermijn : tussenverkoop voorbehouden

Bij order < 125€, 15€ administratiekosten

Betalingsvoorwaarden : Over een te komen

Leveringsvoorwaarden : Ex.Works, excl BTW, transport & verpakking netto op factuur.

NETTOPRIJS		€ 314,29
BTW	21%	€ 66,00
Totaal		€ 380,29

4.9 Elektrische componenten Eaton (Cebeo)



CEBEO Gent
New Orleansstraat 10
9000 Gent
Tel : +3292557676 Fax : +3292557626



NV ANGLO BELGIAN CORP. 90534
Dhr Lars Wollaert
Wiedauwkaai 43
9000 Gent
Tel : +3292670000 Fax : +3292670067

Vertegenwoordiger: Eddy Vervaeck

Uw contactpersoon

Marc De Schuyter
+3250457873
marc.deschuyter@cebeo.be

Betreft: EATON
Uw ref.: EATON

OFFERTE NR 5360036									
DATUM : 4/5/2023 - VERVALDAG : 31/5/2023									
Lijn	Gam	Artikel Ref artikel/omschr	Artid Stock	Prom Variant	Einheitsprijs	Hoev	Eh	Netto Prijs	
1		47 M22PVKC111Y EATON Drukknop compleet nood-uit met kast	3344494 A		38,9340	3	ST	116,80	
2		47 RS211C3 EATON RS2, 1NO, 1NC Safety Reed, 3m	5283210 C		75,4722	2	ST	150,94	
<p>De vermelde prijzen zijn uw aankooprijzen, excl. BTW, geldig tot de vermelde datum en voor de opgegeven hoeveelheden. Stock producten (code A en B): op voorraad onder voorbehoud, worden niet kosteloos teruggenomen. Non-stock producten (code C), leveringstermijn op aanvraag, kunnen niet teruggenomen, noch afbesteld worden. Betalingsvoorwaarden: volgens overeenkomst, akkoord. De levering wordt uitgevoerd volgens onze algemene verkoopsvoorwaarden die u op eenvoudig verzoek kan bekomen. Gelieve bij bestelling steeds het offertenummer te vermelden aub.</p>									
<p>Voorwaarden transportkosten : Franco indien levering in België op standaard leverdag of vanaf 350.0 euro.</p>									
<p>Algemeen totaal</p> <p>TOTAAL : 267,74 BTW 21,00% : 56,23 TOTAAL INCL BTW EUR : 323,97</p> <p>Deze prijzen zijn geldig t.e.m. 31/5/2023</p>									

4.10 Inductieve sensor Turck (Multiprox)

TURCK

MULTIPROX

Turck Multiprox nv | Lion d'Orweg 12 | 9300 Aalst

ANGLO BELGIAN CORPORATION nv
t.a.v. Lars Wollaert
Wiedauwkaai 43
9000 GENT
BELGIUM

Offerte

Documentnummer / Datum	1374802 / 20.04.2023
Klantnummer	10017899
Contactpersoon	Van der Hoeven, Dirk
Telefoon	+32 537665 54
E-mail	D.Vanderhoeven@multiprox.be
Contactpersoon Verkoop	Van Saen, Johan
Aanvraagnummer	Aanvraag inductieve sensor 19.04.23
Aanvraagdatum	19.04.2023
Pagina	1 van 3

Conditie

Betalingscondities:	60 dagen netto einde lev.mnd
Leveringsvoorwaarden:	DDP GENT Incoterms® 2020
Bezorgservice:	GLS Standaard zending
Totaal nettogewicht:	0,042 KG
Deze offerte is geldig tot:	18.05.2023

Geachte heer/mevrouw,

Vriendelijk bedankt voor uw aanvraag.
Wij hebben het genoegen u het volgende materiaal aan te bieden.

Pos.	Omschrijving	Aantal	HE	Stuksprijs EUR	PE	Totaalprijs EUR
10	10000637 BI4U-M12-VP6X-H1141 L80 Inductieve sensor Met verhoogde schakelafstand Nominale schakelafstand 4 mm Bondig Schroefdraad, M12 x 1 Messing, verchroomd Factor 1 voor alle metalen Beschermingsklasse IP68 Magneetveldvast Hoge schakelafstand Overbondige inbouw mogelijk DC 4-draads, 10...30 VDC wisselcontact, PNP-uitgang connector, M12 x 1	1	ST	96,03 Korting 20	per % 1 ST ST	76,82
	Goederencode: 85365019		Land van oorspron	DE		
	EAN: 4047101441116		Artikelgroep:	E2		
	Gewicht: 0,042 KG					

4.11 Ventilatioeroosters Rittal



Rittal nv/sa, Stokkelaar 8, 9180 Lokeren

A.B.C. nv
Anglo Belgian Corporation
Wiedauwkaai 43
9000 Gent

Offerte	
Pagina 1 / 3	
Onze referentie	: 1040100263
Datum	: 20.04.2023
Klantnummer	: 41003010
<small>Getieve bij eventuele vragen steeds bovenstaande gegevens door te geven</small>	
Geldig tot	: 19.07.2023
Uw BTW-Nr.	: BE0420246659
Uw referentienummer	: Offerte Rittal

Uw aanvraag hebben wij ontvangen van
Lars Wollaert
Tel : (09)267 00 00
Fax : (09)267 00 67
E-mail : lawo@abc-engines.com

Contactpersoon Binnendienst
Ariane Coppenholle
Tel : 093539145
E-mail : coppenholle.a@rittal.be

Geachte Wollaert,
Wij danken u voor uw prijsvraag en hebben het genoegen u het volgende aan te bieden,
overeenkomstig onze algemene verkoopsvoorwaarden op de laatste pagina:

Voor een vlotte afhandeling van uw bestelling, gelieve steeds
onze referentie 1040100263 te vermelden.

Pos	Art.Nr. Omschrijving	Aantal	Eenheidsprijs	Totaal EUR
10	3243200 SK Ventilatioerooster 323x323 https://www.rittal.com/be-nl/products/show/3243200	1 ST	44,46 EUR	44,46
	HB35 Pg. 457 --- HB36 Pg. 537	Korting	-30,00 %	-13,34
		Projectkorting	-7,00 %	-2,18
		Nettowaarde	28,94 EUR	28,94
	Huidige voorraad, behoudens verkoop:	101 ST		
	Gem. leveringstermijn indien niet op voorraad:	9 Weken		
Totale nettowaarde EUR				28,94
BTW maatstaf				28,94 21,00 % 6,08
Totale waarde in EUR				35,02

BTW code: 21% BTW

4.12 Smeervet Total



Magali VAN SEVEREN <magali.van-severen@totalenergies.com>
Aan Lars Wollaert

Beantwoorden | Allen beantwoorden | Doorsturen | ma 15/05/2023 17:17

Deze afzender magali.van-severen@totalenergies.com is afkomstig van buiten uw organisatie.



Goedemiddag Lars,

We stellen hier de CERAN ST 2 voor (technische fiche in bijlage).

Deze is mechanisch resistentier dan de COPAL EP 2 en hecht zeer goed aan het oppervlak, waardoor ze zeer geschikt is voor traag draaiende of toepassingen die frequent stil staan.

Hieronder stuur ik je ook onze huidige prijzen

Code	Productnaam	Eenheden	Prijs	UVC
161709	CERAN ST 2	24 x 400g	5.75	UVC
156540	CERAN ST 2	18 Kg	6.70	Kg

De CERAN ST 2 in cartouchen (code : 161709) zijn enkel verkrijgbaar per doos van 24 stuks – prijs is uitgedrukt per stuk!

De cartouchen hebben we op dit moment op stock, de 18Kg vaatjes zijn in stockbreuk.

Producten die in stock zijn mogen verwacht worden 3 à 5 werkdagen na de bevestiging van de bestelling.

Bij vragen, aarzel zeker niet me te contacteren.

Met vriendelijke groeten / Cordialement / Kind regards,



Magali Van Severen
Sales Engineer Industrial Lubricants
Business Development -M&S

TotalEnergies Marketing Belgium
Aspachlaan 1, Bus 2
1000 Brussel
M. : +32 (0)471 61 18 36
Magali.van-severen@totalenergies.com

Technical Assistance : techniclubricants.belgium@totalenergies.com or +32 (0)2 288 9813
Ordering or stock information : lubricants.belgium@totalenergies.com or by phone on +32 (0)2 288 98 31

Leveringsvoorwaarden:

- prijzen excl. BTW, incl Valarub bijdrage
- goederen franco geleverd bij min. afname van > 150 kg/L. Bij kleinere totale leverhoeveelheid wordt een forfaitaire transportkost van 30€ aangerekend.
- leveringstermijn : 2 à 3 werkdagen voor verpakte goederen (indien voorradig). Bulk -> tot 5 werkdagen.
- betalingstermijn : 30 dagen factuurdatum
- geldigheid offerte : 1 maand

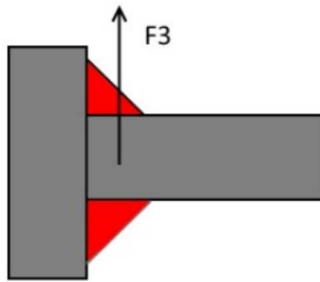
Bijlage 5: Berekeningen

5.1 Lasberekeningen

13.2.3 Basisgeval 3: een dwarskracht F_3

De spanning die ontstaat is de zelfde als in situatie 1

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}F}{4a_{eff}L_{eff}}$$



Figuur 130: Lasberekeningen basisgeval 3 [83]

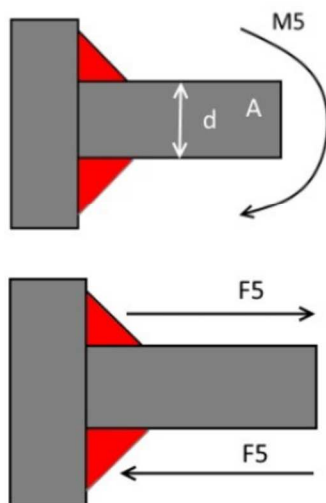
13.2.5 Basisgeval 5: een buigmoment M_5 uit het vlak van plaat A

Deze situatie kunnen we herleiden tot situatie 1 indien F gelijk wordt genomen aan:

$$F = \frac{M}{\left(d + \frac{a_{eff}\sqrt{2}}{2}\right)} \quad (13.6)$$

F is nu een fictieve kracht die kan ingevuld worden in de formule onder situatie 1. Deze kracht genereert even veel spanning in de

las als het werkelijke moment M. Het moment M dient ingevuld te worden in Nmm.

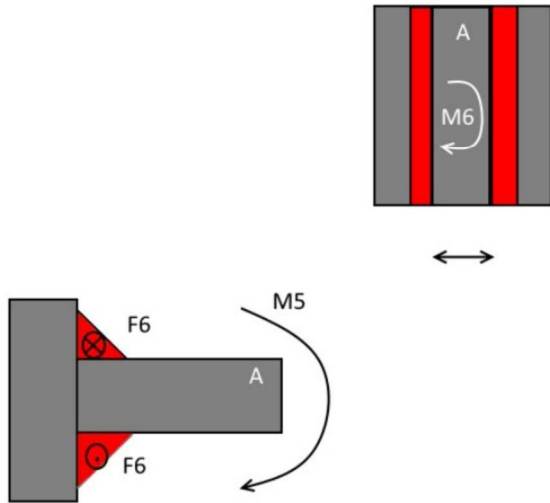


Figuur 131: Lasberekeningen basisgeval 5 [83]

13.2.6 Basisgeval 6: een wringmoment M_6

Deze situatie kunnen we herleiden tot situatie 2 indien F gelijk is aan:

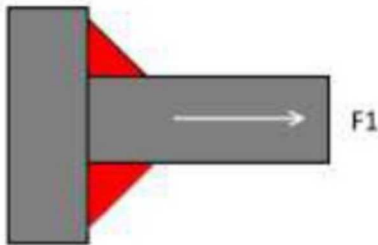
$$F = \frac{M}{\left(d + \frac{a_{eff}\sqrt{2}}{2}\right)} \quad (13.7)$$



Figuur 132: Lasberekeningen basisgeval 6 [83]

13.2.1 Basisgeval 1: een axiale kracht F_1

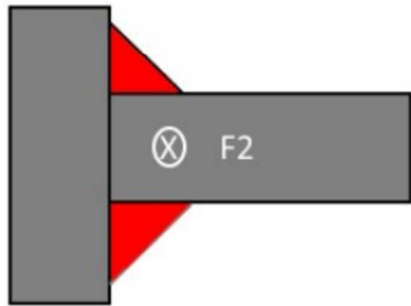
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}F}{4a_{eff}L_{eff}} \simeq 0,354 \frac{F}{a_{eff}L_{eff}} \quad (13.2)$$



Figuur 133: Lasberekeningen basisgeval 1 [83]

13.2.2 Basisgeval 2: een langskracht F2

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{2a_{eff}L_{eff}}$$



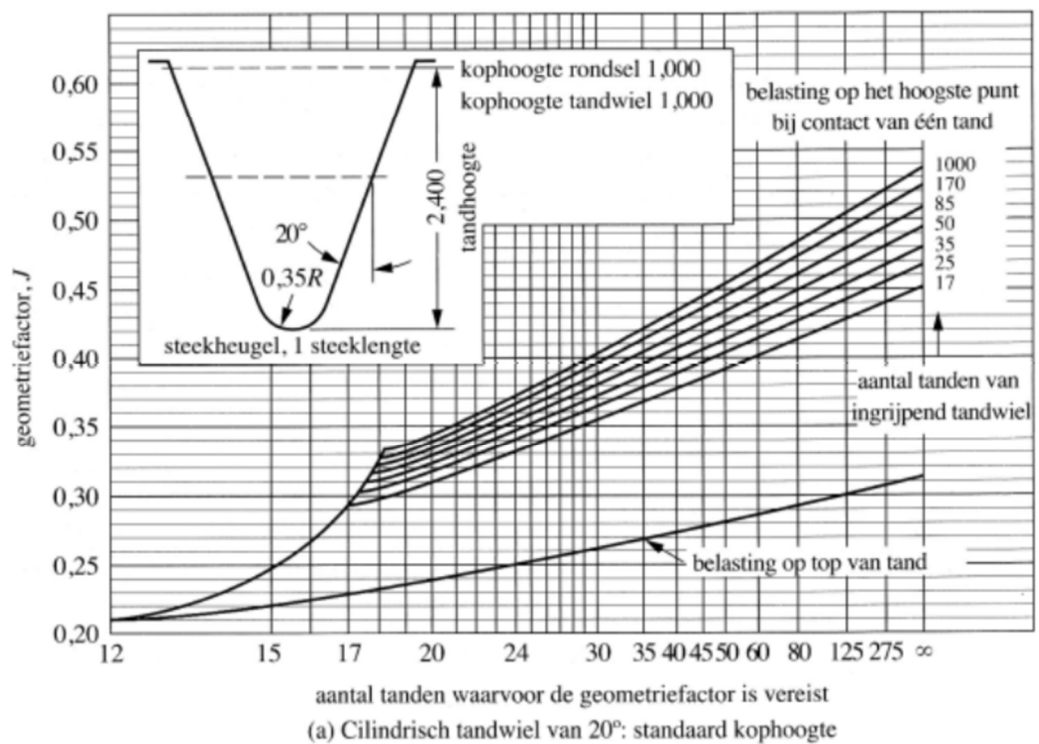
Figuur 134: Lasberekeningen basisgeval 2 [83]

5.2 Tandwielberekeningen [14]

5.2.1 Basisformule buigspanning σ_b met geometriefactor [14]

$$\sigma_b = \frac{F_T \cdot z}{B \cdot J \cdot d} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

z = aantal tanden
d = steekcirkeldiameter (mm)
J = geometriefactor
B = tandbreedte (mm)



5.2.2 Gecorrigeerde buigspanning s_t [14]

$$s_t = \sigma_b \cdot K_0 \cdot K_s \cdot K_m \cdot K_B \cdot K_v$$

K_0 = overbelastingsfactor

K_s = maatfactor

K_m = belastingsverdelingsfactor

K_B = kransdiktefactor

K_v = dynamische factor

K_0 is een factor die rekening houdt met het soort belasting waar het tandwiel aan onderhevig is. (zie tabel 3.5)

Tabel 3.5 Aanbevolen overbelastingsfactoren, K_0

Krachtbron	Aangedreven machine			
	Gelijkmatig	Lichte schokken	Matige schokken	Zware schokken
Gelijkmatig	1,00	1,25	1,50	1,75
Lichte schokken	1,20	1,40	1,75	2,25
Matige schokken	1,30	1,70	2,00	2,75

Tabel 3.6 Aanbevolen maatfactoren, K_s

Diametrale steek, P_d	Metrische modulus, m	Maatfactor, K_s
≥ 5	≤ 5	1,00
4	6	1,05
3	8	1,15
2	12	1,25
1,25	20	1,40

5.2.3 Bepalen van K_m [14]

$$K_m = 1 + C_e + C_i$$

C_e is afhankelijk van de tandbreedte en de steekcirkeldiameter van het rondsel en kan men berekenen met onderstaande formules.

Indien de tandbreedte (B) < 25,4 mm:

$$C_e = \frac{B}{10 \cdot d_R} - 0,025$$

Indien de tandbreedte (B) gelegen is tussen 25,4 mm en 381 mm:

$$C_e = \frac{B}{10 \cdot d_R} - 0,0375 + 0,000492 \cdot B$$

C_i is afhankelijk van de soort overbrenging en de tandbreedte.

Open overbrenging

$$C_i = 0,247 + 0,0167 B - 0,765 \times 10^{-4} B^2 \quad (B \text{ in inches})$$

$$C_i = 0,247 + 6,575 \times 10^{-4} B - 1,186 \times 10^{-7} B^2 \quad (B \text{ in mm})$$

Commerciële gesloten overbrenging

$$C_i = 0,127 + 0,0158 B - 1,093 \times 10^{-4} B^2 \quad (B \text{ in inches})$$

$$C_i = 0,127 + 6,220 \times 10^{-4} B - 1,694 \times 10^{-7} B^2 \quad (B \text{ in mm})$$

Nauwkeurige gesloten overbrenging

$$C_i = 0,0675 + 0,0128 B - 0,926 \times 10^{-4} B^2 \quad (B \text{ in inches})$$

$$C_i = 0,0675 + 5,039 \times 10^{-4} B - 1,435 \times 10^{-7} B^2 \quad (B \text{ in mm})$$

Zeer nauwkeurige gesloten overbrenging

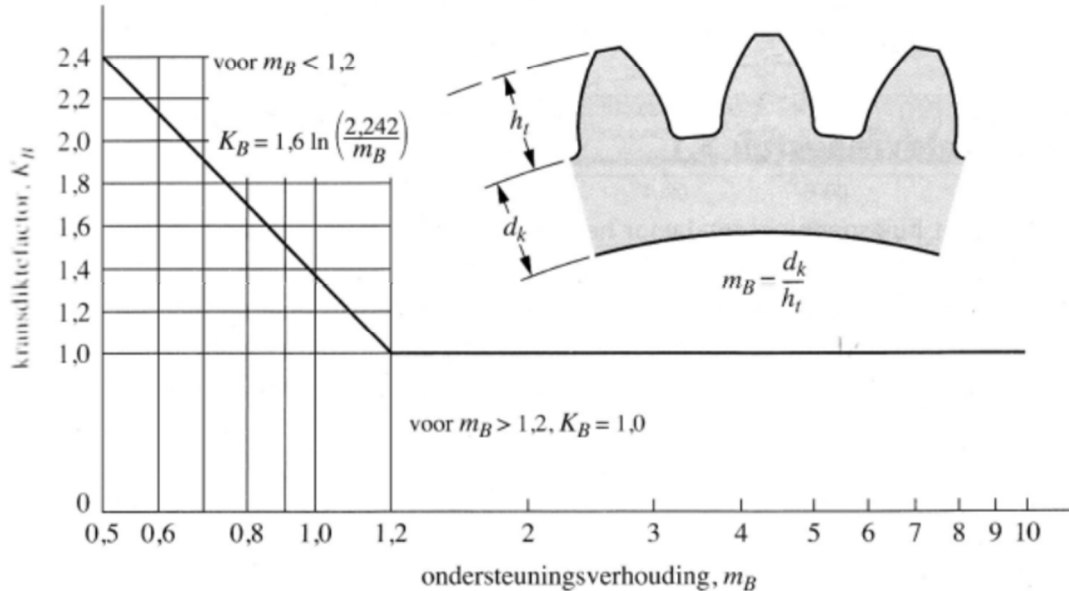
$$C_i = 0,0380 + 0,0102 B - 0,822 \times 10^{-4} B^2 \quad (B \text{ in inches})$$

$$C_i = 0,0380 + 4,016 \times 10^{-4} B - 1,274 \times 10^{-7} B^2 \quad (B \text{ in mm})$$

Met de formules hiernaast kan men de waarde berekenen. Let op dat je de formules gebruikt waar als éénheid mm vermeld staat!

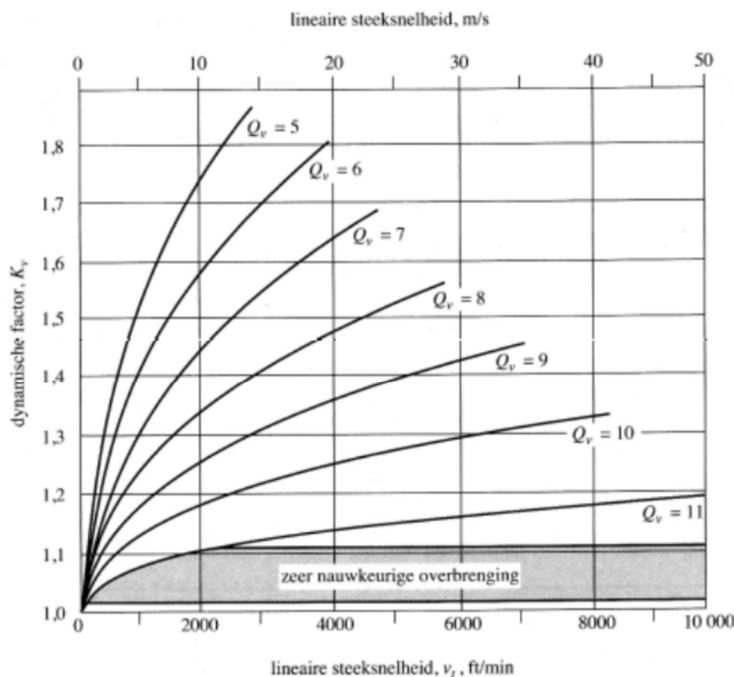
5.2.4 Bepalen van K_B [14]

K_B is de factor die rekening houdt met de dikte van de tandkrans. Indien de kransdikte /tandhoogte groter is dan 1,2 dan is de waarde van $K_B = 1$. (zie volgende figuur)



5.2.5 Bepalen van K_v [14]

K_v is een factor die rekening houdt met de omtreksnelheid waarmee het tandwiel ronddraait. De verschillende krommen Q_v stellen kwaliteitsgetallen voor. Voor normale toepassingen werkt men met kwaliteitsgetallen 5,6 of 7 (tandwielen vervaardigd door afwikkelfrezen). Indien het geslepen of gestoken tandwielen betreft werkt men met kwaliteitsgetallen 8,9,10 of 11.



5.2.6 Bepalen van de gecorrigeerde buigspanning S_{at}' [14]

$$S_{at}' = S_{at} \cdot \frac{Y_N}{V_F \cdot K_R}$$

Waarbij: Y_N = belastingscyclusfactor

Met $N_C = L \cdot n \cdot q$

L = levensduur (h)

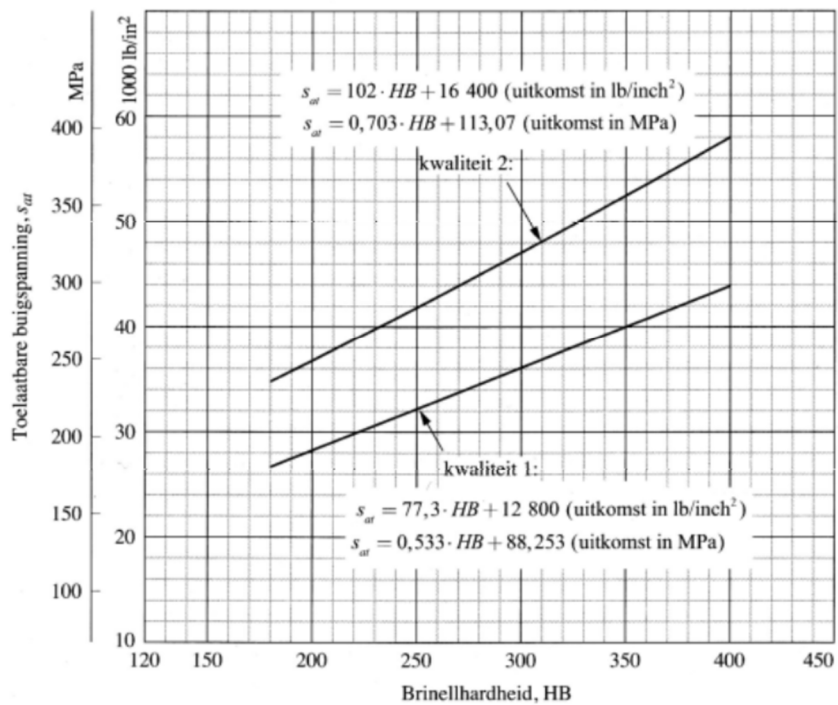
n = toerental (tr/h)

q = aantal belastingen per omw.

V_F = veiligheidsfactor (1 à 1,5)

K_R = betrouwbaarheidsfactor

Toelaatbare buigspanning S_{at} .

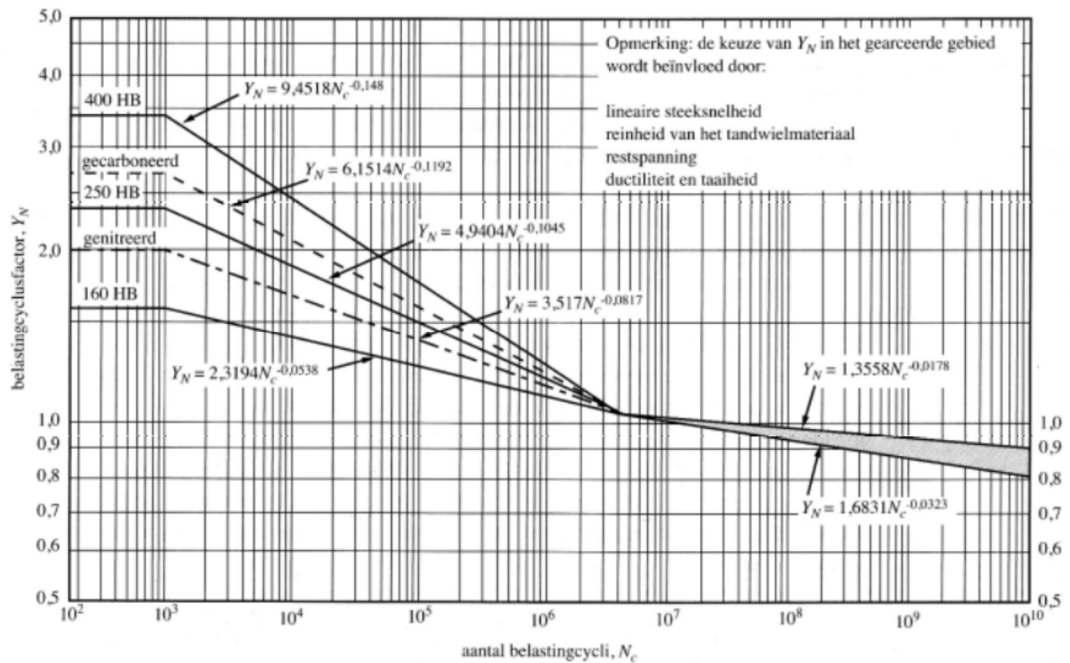


5.2.7 Toelaatbare spanningen [14]

Tabel 3.3 Toelaatbare spanningen voor oppervlaktegehard tandwielstaal

Hardheid aan het oppervlak	Toelaatbare buigspanning, s_{bt} , in ksi met tussen haakjes de overeenkomende waarde in MPa			Toelaatbare contactspanning, s_{bc} , in ksi met tussen haakjes de overeenkomende waarde in MPa		
	Kwaliteit 1	Kwaliteit 2	Kwaliteit 3	Kwaliteit 1	Kwaliteit 2	Kwaliteit 3
Vlam- of inductiegehard:						
50 HRC	45 (310,3)	55 (379,2)		1172	190 (1310)	
54 HRC	45 (310,355)	55 (379,2)		1206	195 (1345)	
Gecarboneerd en oppervlaktegehard:						
55-64 HRC	55 (379,2)			180 (1277)		
58-64 HRC	55 (379,2)	65 (448,1)	75 (611,2)	180 (1277)	225 (1551)	275 (1896)
Genitreerde, doorgeharde staalsoorten:						
83,5 HR15N		Zie figuur 3.14.		150 (1064)	163 (1124)	175 (1206)
84,5 HR15N		Zie figuur 3.14.		155 (1100)	168 (1158)	180 (1277)
Genitreerd, Nitralloy 135M:^a						
87,5 HR15N		Zie figuur 3.15.				
90,0 HR15N		Zie figuur 3.15.		170 (1172)	183 (1262)	195 (1345)
Genitreerd, Nitralloy N:^a						
87,5 HR15N		Zie figuur 3.15.				
90,0 HR15N		Zie figuur 3.15.		172 (1186)	188 (1296)	205 (1413)
Genitreerd, 2,5% chroom (zonder aluminium):						
87,5 HR15N		Zie figuur 3.15.		155 (1100)	172 (1186)	189 (1303)
90,0 HR15N		Zie figuur 3.15.		176 (1214)	196 (1351)	216 (1489)

Bepalen van belastingscyclusfactor Y_N



5.2.8 Aanbevolen levensduur en bedrijfszekerheid K_r [14]

Tabel 3.7 Aanbevolen ontwerplevensduur

Toepassing	Ontwerplevensduur (h)
huishoudelijke apparaten	1000–2000
luchtvaartmotoren	1000–4000
automobieltoepassingen	1500–5000
landbouwapparatuur	3000–6000
liften, industriële ventilatoren, universele overbrengingen	8000–15000
elektromotoren, industriële blazers, algemene industriële machines	20 000–30 000
pompen en compressoren	40 000–60 000
kritische apparatuur in continubedrijf	100 000–200 000

Tabel 3.8 Bedrijfszekerheidsfactor, K_r

Betrouwbaarheid	K_r
0,90; 1 faalgebeurtenis per 10	0,85
0,99; 1 faalgebeurtenis per 100	1,00
0,999; 1 faalgebeurtenis per 1000	1,25
0,9999; 1 faalgebeurtenis per 10 000	1,50

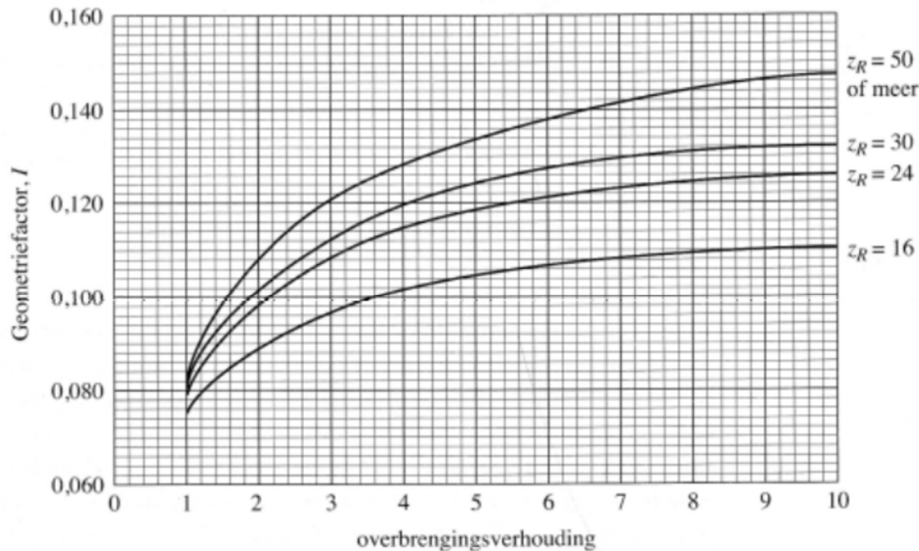
5.2.9 Basisformule contactspanning σ_c [14]

3.9.2.2.1 Basisformule contactspanning

$$\sigma_c = C_p \cdot \sqrt{\frac{F_T}{B \cdot D_R \cdot I}} \quad (N / mm^2)$$

waarbij: F_T = tangenciaalkracht (N)
 B = tandbreedte (mm)
 D_R = steekcirkel rondsel (mm)
 C_p = elastische coëfficiënt
 I = geometriefactor

geometriefactor I



(a) Normaalvertanding met drukhoek van 20° (standaard kophoogte = $1/P_d$)

5.2.10 Elastische coëfficiënt C_p [14]

elastische coëfficiënt tussen haakjes in $(N/mm^2)^{1/2}$

Rondselmateriaal	Elasticiteits- modulus, E_r , lb/in ² (MPa)	Tandwielmateriaal en elasticiteitsmodulus, E_r , lb/in ² (MPa)					
		Staal 30×10^6 (2×10^5)	Smeed- ijzer 25×10^6 ($1,7 \times 10^5$)	Nodulair gietijzer 24×10^6 ($1,7 \times 10^5$)	Grijs gietijzer 22×10^6 ($1,5 \times 10^5$)	Aluminium- brons $17,5 \times 10^6$ ($1,2 \times 10^5$)	Tin- brons 16×10^6 ($1,1 \times 10^5$)
Staal	30×10^6 (2×10^5)	2300 (191)	2180 (181)	2160 (179)	2100 (174)	1950 (162)	1900 (158)
Smeedijzer	25×10^6 ($1,7 \times 10^5$)	2180 (181)	2090 (174)	2070 (172)	2020 (168)	1900 (158)	1850 (154)
Nod. ijzer	24×10^6 ($1,7 \times 10^5$)	2160 (179)	2070 (172)	2050 (170)	2000 (166)	1880 (156)	1830 (152)
Grijs gietijzer	22×10^6 ($1,5 \times 10^5$)	2100 (174)	2020 (168)	2000 (166)	1960 (163)	1850 (154)	1800 (149)
Al.bron	$17,5 \times 10^6$ ($1,2 \times 10^5$)	1950 (162)	1900 (158)	1880 (156)	1850 (154)	1750 (145)	1700 (141)
Tinbrons	16×10^6 ($1,1 \times 10^5$)	1900 (158)	1850 (154)	1830 (152)	1800 (149)	1700 (141)	1650 (137)

5.2.11 Gecorrigeerde contactspanning s_c [14]

3.9.2.2.2 Gecorrigeerde formule (contactspanningsgetal)

Om nog juister de contactspanning te bepalen brengt men terug een aantal correctiefactoren in. (zie punt 3.9.2.1.2. buigspanningsgetal)

$$s_c = C_p \cdot \sqrt{\frac{F_T \cdot K_\theta \cdot K_s \cdot K_m \cdot K_v}{B \cdot D_R \cdot I}} \quad (N/mm^2)$$

K_θ = overbelastingsfactor

K_s = maatfactor

K_m = belastingsverdelingsfactor

K_v = dynamische factor

5.2.12 Toelaatbare contactspanning s_{ac}' [14]

3.9.2.2.3 Toelaatbare contactspanning

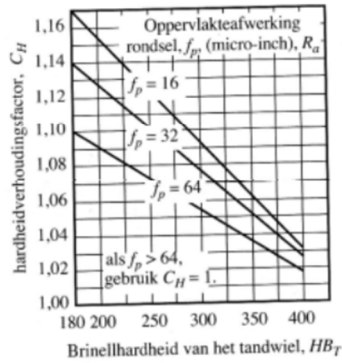
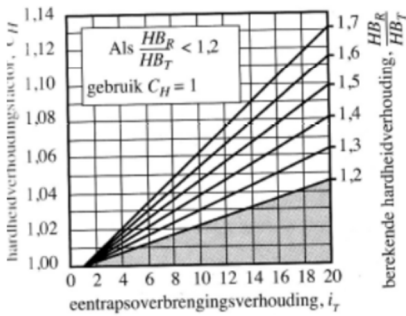
Het contactspanningsgetal, dat men uit voorgaande formule heeft bepaald, moet kleiner zijn dan de toelaatbare contactspanning s_{ac}' .

$$s_{ac}' = s_{ac} \cdot \frac{Z_N \cdot C_H}{V_F \cdot K_R} \quad (N/mm^2)$$

K_R = bedrijfszekerheidsfactor
 Z_N = belastingcyclusfactor putvorming
 V_F = veiligheidsfactor (1 à 1,5)
 C_H = hardheidsverhoudingsfactor
 (enkel voor tandwielen en niet voor rondsel)

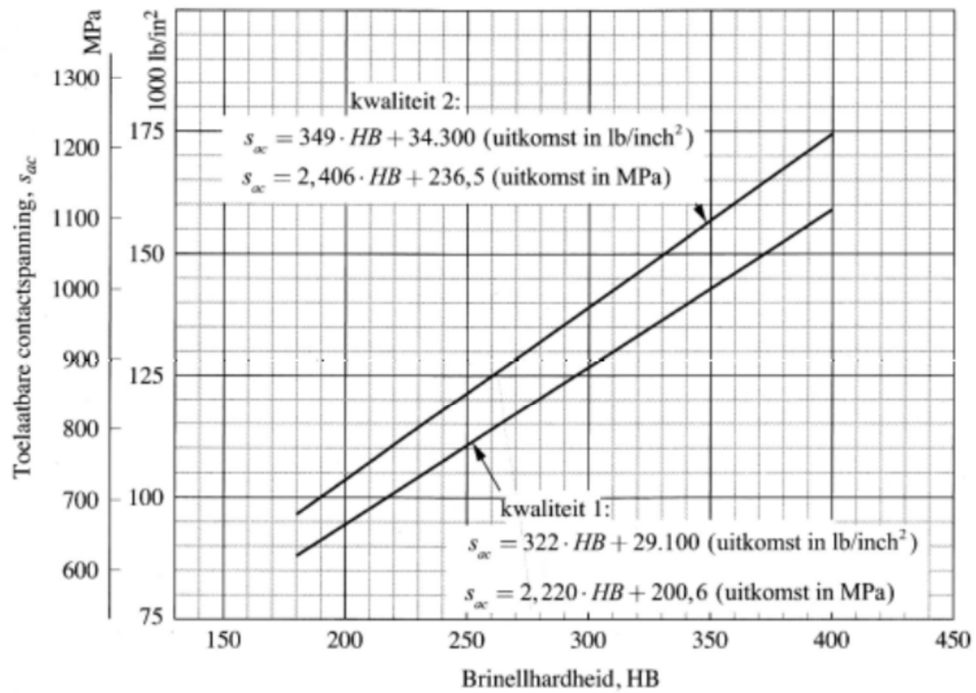
Hardheidsverhoudingsfactor voor doorgeharde tandwielen (C_H)

Hardheidsverhouding voor oppervlaktegeharde rondsels (C_H)



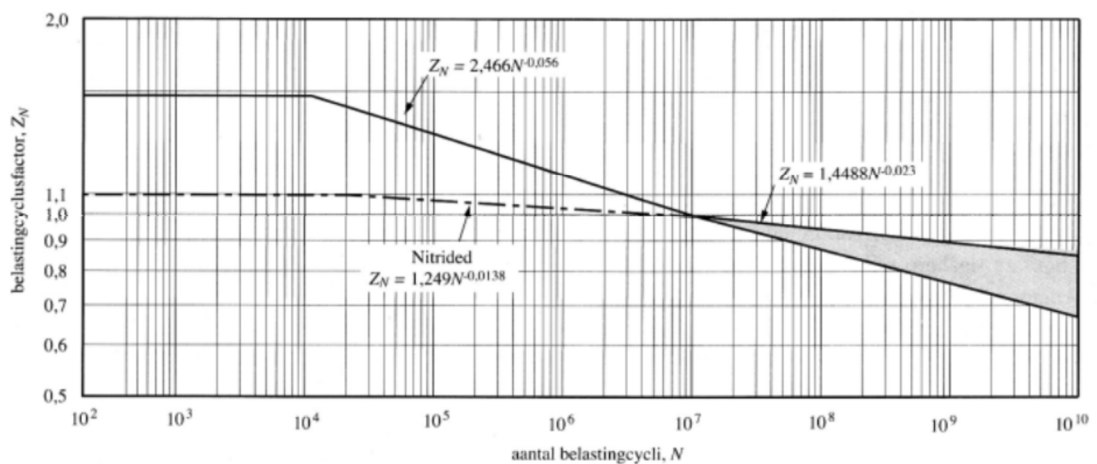
5.2.13 Toelaatbare contactspanning voor doorgeharde tandwielen [14]

Toelaatbare contactspanning voor doorgeharde tandwielen (s_{ac})



5.2.14 Bepalen van de belastingscyclusfactor voor putvorming Z_N [14]

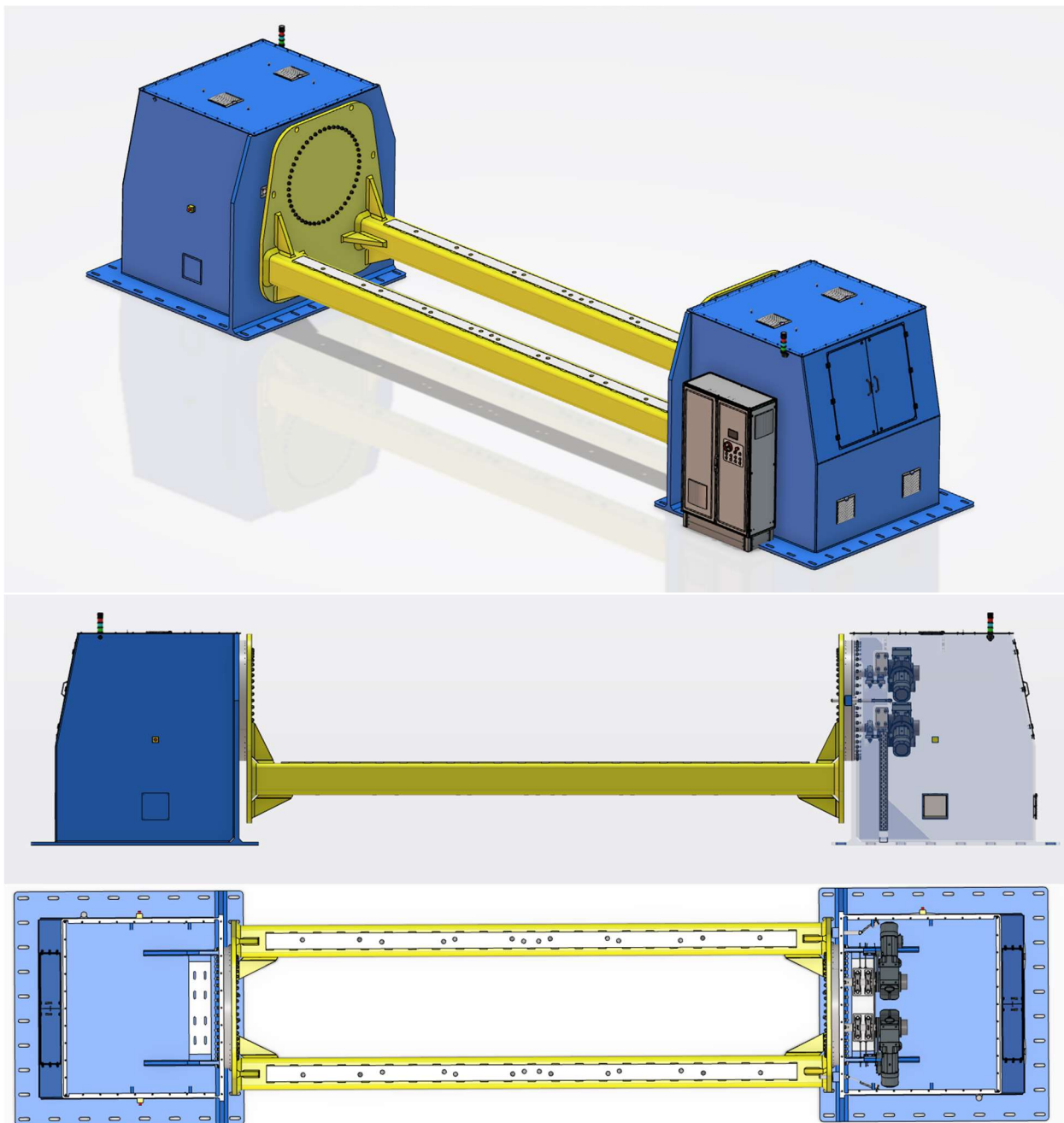
Belastingscyclusfactor voor putvorming (Z_N)



Bijlage 6: Montagehandleiding



*Montagehandleiding
Samenbouwen/monteren van Draaistoel DL/DV (9.V5103)*



Index	Wijzigingen	Auteur	Akkoord	Datum
00	Eerste uitgave	LAWO		23/05/2023



INHOUD

1	OVERZICHT VAN DE ONDERDELEN VAN DE HOOFDSAMENSTELLING (9.V5103)	3
2	OVERZICHT VAN DE ONDERDELEN VAN DE DEELSAMENSTELLINGEN	4
2.1	ONDERDELEN VAN HET PENBLOK (9.T5109).....	4
2.2	ONDERDELEN VAN DE DEUR (9.S5113)	4
2.3	ONDERDELEN VAN HET BOVENDEKSEL (9.S5115)	4
2.4	ONDERDELEN VAN DE RONDSELAS (9.T5118).....	4
2.5	ONDERDELEN VAN DE SIGNAALZUIL (9.T5112)	4
2.6	ONDERDELEN VAN DE BLOKMONTAGE (9.S5104).....	4
3	TECHNISCHE INFORMATIE VAN DE SAMENBOUW	5
3.1	BELANGRIJKSTE SPELINGEN EN AANDACHTSPUNTEN	5
3.2	TE GEBRUIKEN PRODUCTEN.....	7
3.3	AANHAALMOMENTEN.....	11
4	OVERZICHT VAN HET GEREEDSCHAP EN DE MONTAGEPRODUCTEN	13
4.1	GEREEDSCHAP.....	13
4.2	MONTAGEPRODUCTEN	14
4.3	MEETGEREEDSCHAP	14
5	SAMENBOUWPROCEDURE	15
5.1	PENBLOK (9.T5109)	15
5.2	DEUR (9.S5113)	16
5.3	BOVENDEKSEL (9.S5115).....	17
5.4	RONDSELAS (9.T5118)	18
5.5	SIGNAALZUIL (9.T5122)	19
5.6	BLOKMONTAGE (9.S5104).....	19
5.7	HOOFDSAMENSTELLING (9.V5103).....	20
6	LEGENDE.....	43
7	GECITEERDE WERKEN	43

NOTA: DIT DOCUMENT BEHANDELT LOUTER DE MECHANISCHE OPBOUW VAN DE MACHINE.
HET VOORBEREIDEND WERK AAN DE FABRIEKSHAL, DE AANSLUITING VAN ELEKTRISCHE COMPONENTEN, HET
AFSTELLEN EN HET TESTEN VAN DE MACHINE WORDEN NIET BESPROKEN.



1 Overzicht van de onderdelen van de hoofdsamenstelling (9.V5103)

49	100.131.024.120	8	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	Hexagon socket head cap screw	ISO 898 10.9	M24x120	DIN EN ISO 4762
48	100.235.024	16	Sluitring met grote diameter	Washer with large diameter	200 HV verzinkt	M24	DIN 9021
47	9.V5103-47	12	Threadrolling screw	Draadrollende schroef	Verzinkt	M16x16	DIN 7500-1
46	9.T5128	3	Kabelgoot	Cable tray	S235JR 1.0038	60x100-1250	G2321B
45	9.S5127	2	Tandwielmotor SEW	Gearmotor SEW	-	-	G2321B
44	100.103.024.130	4	Zeskantbout	Hexbolt	ISO 898 10.9 verzinkt	M24x130	DIN EN ISO 4014
43	100.104.024.080	16	Zeskantbout	Hexbolt	ISO 898 10.9 verzinkt	M24x80	DIN EN ISO 4014
42	9.S5126	2	Tandwielmotor SEW	Gearmotor SEW	-	-	G2321B
41	9.T5125	4	Torsiearmblok	Torsionarm block	S235JR 1.0038	196x150x56	G2321B
40	9.T5124	4	Uitlijnplaat	Alignment plate	S235JR 1.0038	350x250x40	G2321B
39	100.212.006.001	4	Zeskantmoer met borgring	Locknut	ISO 898 8.8 verzinkt	M6	DIN ISO 6924
38	100.101.006.050	4	Zeskantbout	Hexbolt	ISO 898 8.8 verzinkt	M6x50	DIN EN ISO 4014
37	100.232.006	10	Sluitring	Washer	200 HV	M6	DIN EN ISO 7089
36	9.V5103-36	2	Lineaire actuator S+R	Linear actuator S+R	-	-	SR1 S24-17A08-06
35	9.T5123	4	Afsluitplaat	Closure plate	DC01 1.0330	340x340x3	G2321B
34	9.V5103-34	3	Ventilatioerooster RITTAL	Ventilation grill RITTAL	-	323x323	SK 3243.22
33	9.V5103-33	1	Elektrische kast Rittal	Electrical cabinet Rittal	-	1800x1200x500	VX 8285.000
32	9.V5103-32	16	Zelfborgender zeskantmoer	Selflocking hexnut	ISO 898 10.9 verzinkt	M20	DIN 6925
31	100.103.020.130	16	Zeskantbout	Hexbolt	ISO 898 10.9	M20x130	DIN EN ISO 4014
30	100.235.020	16	Sluitring met grote diameter	Washer with large diameter	200 HV verzinkt	M20	DIN 9021
29	100.232.020	16	Sluitring	Washer	300 HV verzinkt	M20	DIN EN ISO 7089
28	100.130.005.025	4	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	Hexagon socket head cap screw	ISO 898 8.8 verzinkt	M5x25	DIN EN ISO 4762
27	100.212.008.125	24	Zeskantmoer met borgring	Locknut	ISO 898 8.8 verzinkt	M8	DIN ISO 6924
26	100.140.008.055	24	Verzonken schroef met binnenzeskant	Countersunk hexscrew	ISO 898 8.8	M8x55	DIN EN ISO 10642
25	9.5103-25	192	Zelfborgende zeskantmoer	Selflocking hexnut	ISO 898 10.9 verzinkt	M24	DIN 980
24	100.232.024	192	Vlakke sluitring	Washer	300 HV verzinkt	M24	DIN EN ISO 7089
23	100.131.024.190	192	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	Hexagon socket head cap screw	ISO 898 10.9 verzinkt	M24x190	DIN EN ISO 4762
22	100.102.010.025	76	Zeskantbout	Bolt	ISO 898 8.8 blank	M10x25	DIN EN ISO 4017
21	100.230.010	77	Sluitring	Washer	200 HV verzinkt	M10	DIN EN ISO 7089
20	100.201.010.015	1	Zeskantmoer	Hexnut	ISO 898 8.8 verzinkt	M10	DIN 934
19	100.101.010.140	1	Zeskantbout	Hexbolt	ISO 898 8.8 Verzinkt	M10x120	DIN EN ISO 4014
18	9.V5103-18	1	Inductieve sensor Turck	Inductive proximity sensor Turck	-	M12x80	BI4U-M12-VP6X-H1
17	9.T5122	2	Signaalzuil EATON	Signal column EATON	-	-	G2321B
16	100.130.004.014	24	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	Hexagon socket head cap screw	ISO 898 8.8 verzinkt	M4x14	DIN EN ISO 4762
15	9.V5103-15	2	Contactloze schakelaar EATON	Magnetic switch	-	-	RS2-11-C3
14	100.232.016	16	Sluitring	Washer	300 HV	M16	DIN EN ISO 7089
13	100.201.016.002	24	Zeskantmoer	Hexnut	ISO 898 8.8	M16	DIN 934
12	9.T5121	8	Draadstang	Threaded rod	ISO 898 8.8 blank	M16-350	G2321B
11	9.V5103.11	4	Rondselas	Pinion axel	C45 1.0503	958x324x324	G2321B
10	9.T5117	2	Blokkeerpen	Blocking pin	C45 1.0503	Ø50x380	G2321B
9	9.S5115	2	Bovendeksel	Upper cover	-	2280x2080x35	G2321B
8	9.V5103-8	24	Scharnier spacer Elesa Ganter	Hinge spacer Elesa Ganter	-	60x21,5x5	GN 2370-NI-60-5
7	9.S5113	4	Deur	Door	S235JR 1.0038	1300x739x74,5	G2321B
6	9.V5103-6	3	Noodstop EATON	Emergency stop EATON	-	-	M22-PV/KC11/IY
5	9.S5112	1	Brug FP	Bridge FP	S355J2 1.0577	2195x2400x7570	G2321B
4	9.T5109	2	Penblok	Pin block	-	130x130x112	G2321B
3	9.W5108	2	Stoel FP	Base FP	S355J2 1.0577	2950x2890x2640	G2321B
2	9.S5106	1	Draaikranslager QCB	Slewing ring QCB	-	Ø1530xØ1186x164	G2321B
1	9.S5105	1	Draaikranslager interne vertanding QCB	Slewing Ring internal gearing QCB	-	Ø1530xØ1186x164	G2331B
Item No.	Code	#	Benaming	Description	Material Materiaal	Dimensions Afmetingen	Spec. nr.



2 Overzicht van de onderdelen van de deelsamenstellingen

2.1 Onderdelen van het penblok (9.T5109)

2	9.T5109-2	2	Glijlager SKF	Plain bearing SKF	Gesinterd brons	Ø60xØ50x35	PSMF 506050 A51
1	9.T5110	1	Penhuis	Pin housing	S235JR 1.0038	128x128x90	G2321B
Item No.	Code	#	Benaming	Description	Material Materiaal	Dimensions Afmetingen	Spec. nr.

2.2 Onderdelen van de deur (9.S5113)

8	9.S5113-8	1	Afdichtband Würth	Sealing tape Würth	PU	15x4-2592	VKP MAX
7	100.140.008.014	7	Verzonken schroef met binnenzeskant	Countersunk hexscrew	ISO 898 8.8 verzinkt	M8x14	ISO 10642
6	9.S5113-6	3	Scharnier Elesa Ganter	Hinge Elesa Ganter	Zink	60x60	GN 237A-ZD-60-60
5	100.130.008.016	2	Cilinderkopschroef met binnenzeskant	Hexagon socket head cap screw	ISO 898 8.8 verzinkt	M8x16	DIN ISO 4762
4	100.230.008	2	Sluitring	Washer	200 HV verzinkt	M8	DIN EN ISO 7089
3	9.S5113-3	1	Handvat Elesa Gartner	Handle Elesa Gartner GN 728-180-A	Al	180	GN 728-180-A
2	9.S5113-2	2	Sluiting Elesa Gartner	Lock Elesa Gartner GN 516.5 VK8	AISI 316	-	GN 516.5 VK8
1	9.T5114	1	Deurplaat	Door plate	S235JR 1.0038	1320x720x4	G2321B
Item No.	Code	#	Benaming	Description	Material Materiaal	Dimensions Afmetingen	Spec. nr.

2.3 Onderdelen van het bovendeksel (9.S5115)

5	100.102.010.025	4	Zeskantbout	Bolt	ISO 898 8.8 blank	M10x25	DIN EN ISO 4017
4	100.230.010	4	Sluitring	Washer	200 HV verzinkt	M10	DIN EN ISO 7089
3	9.S5115-3	4	Oogmoer	Eyenuit	C15E verzinkt	M10	DIN 582
2	9.V5103-34	2	Ventilatie-rooster RITTAL	Ventilation grill RITTAL	-	323x323	SK 3243.22
1	9.T5116	1	Deksel	Lid	S235JR 1.0038	2300x1900x10	G2321B
Item No.	Code	#	Benaming	Description	Material Materiaal	Dimensions Afmetingen	Spec. nr.

2.4 Onderdelen van de rondselas (9.T5118)

7	9.T5118-7	1	Zeskantflensbout	Flangebolt	ISO 898 8.8 blank	M20x40	DIN 6921
6	100.232.024	1	Vlakke sluitring	Washer	300 HV verzinkt	M24	DIN EN ISO 7089
5	100.235.030	1	Vlakke sluitring	Washer	200 HV verzinkt	M30	DIN 9021
4	100.290.025.080	2	Vlakke inlegspie	Key	C45 blank	25x14-80	DIN 6885A
3	9.T5120	1	Rondsel	Pinion axle	18CrNiMo7-6	Ø326xØ85x121	G2321B
2	9.T5118-2	2	Lagerblok SKF	Bearing block SKF	-	-	UCP 217
1	9.T5119	1	Rondselas	Pinion axle	C45 1.0503	Ø110x940	G2321B
Item No.	Code	#	Benaming	Description	Material Materiaal	Dimensions Afmetingen	Spec. nr.

2.5 Onderdelen van de signaalzuil (9.T5112)

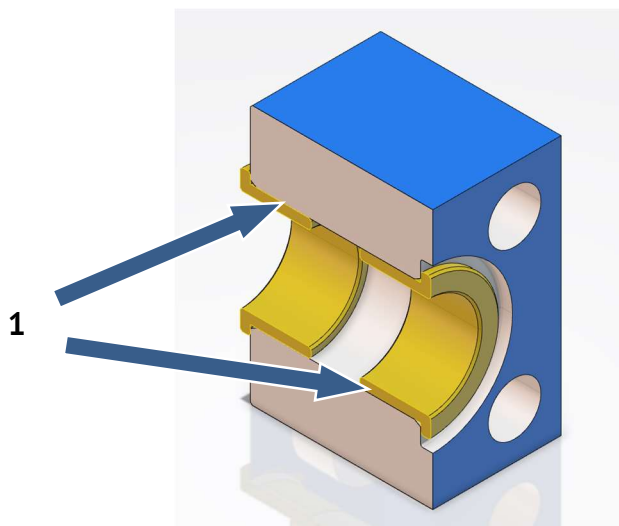
5	9.T5122-5	1	Zuilbasis Eaton	Towerbase Eaton	Ø66x90°	SL7-CB-T-100
4	9.T5122-4	1	Akoestisch signaal Eaton	Acoustic signal Eaton	Ø66x71	SL7-AP24-E
3	9.T5122-3	1	Rood licht Eaton	Red light Eaton	Ø66x61	SL7-L24-R
2	9.T5122-2	1	Blauw licht Eaton	Blue light Eaton	Ø66x61	SL7L24-B
1	9.T5122-1	1	Groen licht Eaton	Green light Eaton	Ø66x61	SL7-L24-G
Item No.	Code	#	Benaming	Description	Dimensions Afmetingen	Spec. nr.

2.6 Onderdelen van de blokmontage (9.S5104)

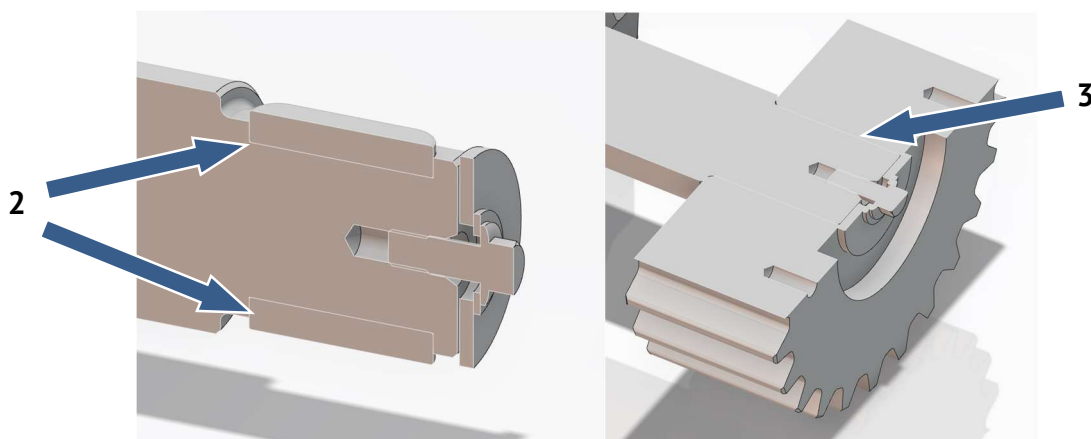
5	100.103.042.650	16	Zeskantbout	Hexbolt	ISO 898 10.9 blank	M42x650	DIN EN ISO 4014
4	100.203.042.045	16	Zeskantmoer	Hexnut	ISO 898 10.9 blank	M42	DIN EN ISO 4032
3	100.232.042	32	Sluitring	Washer	300 HV blank	M42	DIN EN ISO 7089
2		1	Motorblok DV/DL	Engine block DV/DL	-	-	-
1	9.V1503	1	Draaistoel DV/DL	Load manipulator DV/DL	-	13048x3349x2951	G2321B
Item No.	Code	#	Benaming	Description	Material Materiaal	Dimensions Afmetingen	Spec. nr.

3 Technische informatie van de samenbouw

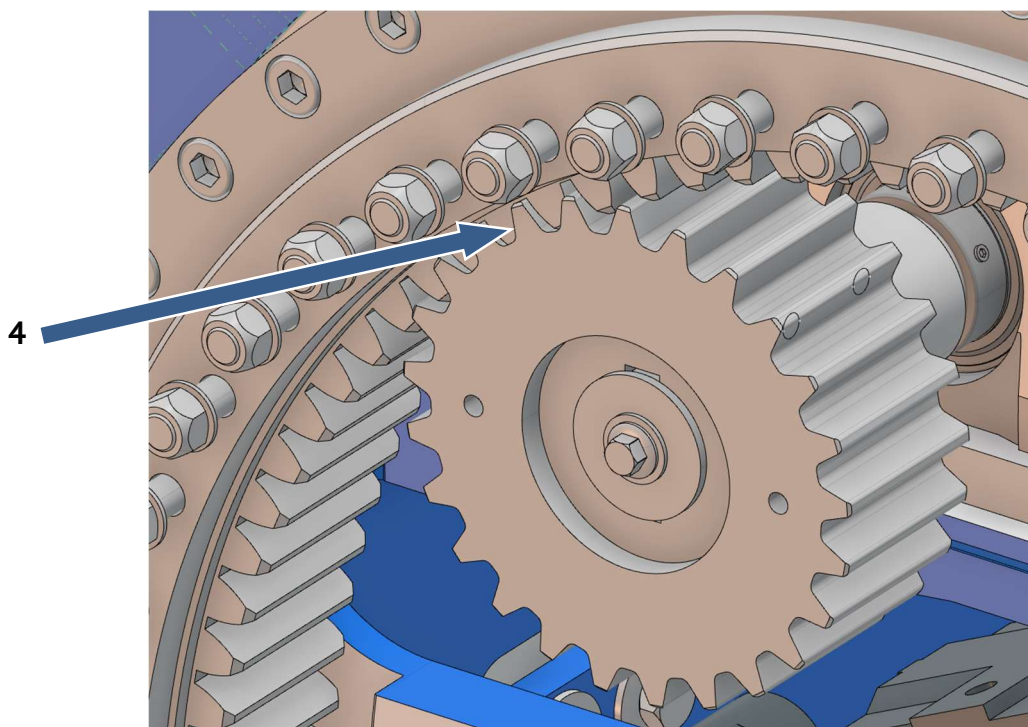
3.1 Belangrijkste spelingen en aandachtspunten



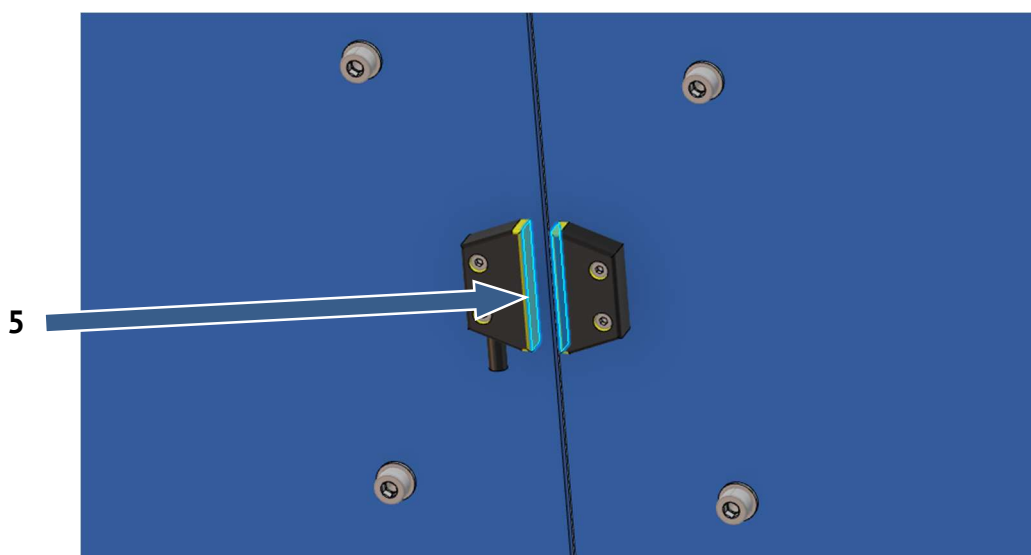
Ref.	Code.	Samenst. code	Spelingen en aandachtspunten
1	9.T5109-2	9.T5109	Perspassing. Eventueel koelen of verwarmen, zie 5.1.



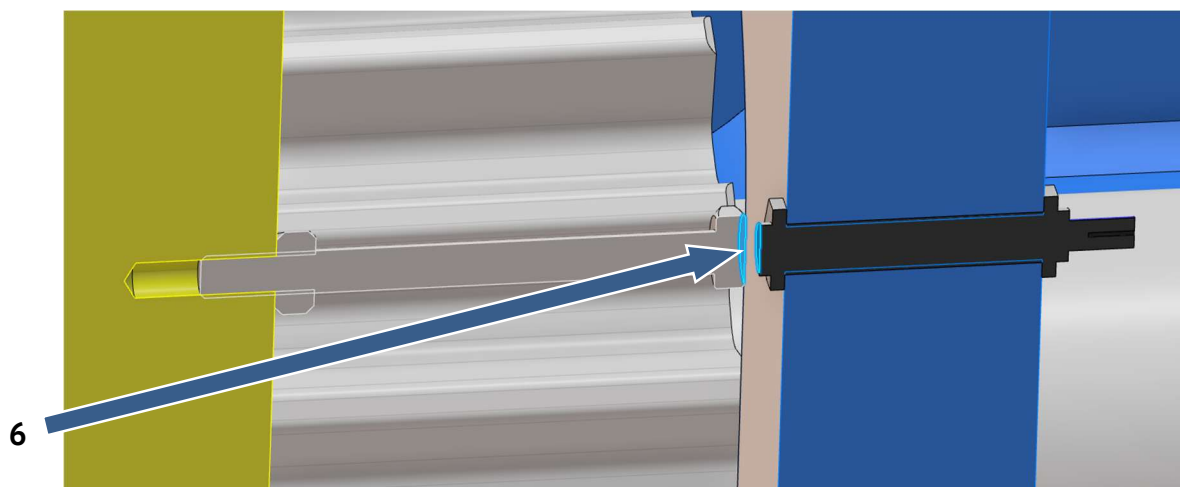
Ref.	Code.	Samenst. code	Spelingen en aandachtspunten
2	100.290.025.080	9.T5118	Klempassing
3	9.T5119	9.T5118	Overgangspassing



Ref.	Code.	Samenst. code	Spelingen en aandachtspunten
4	9.T5120	9.V5103	Tandspeling 0,36-0,48 mm



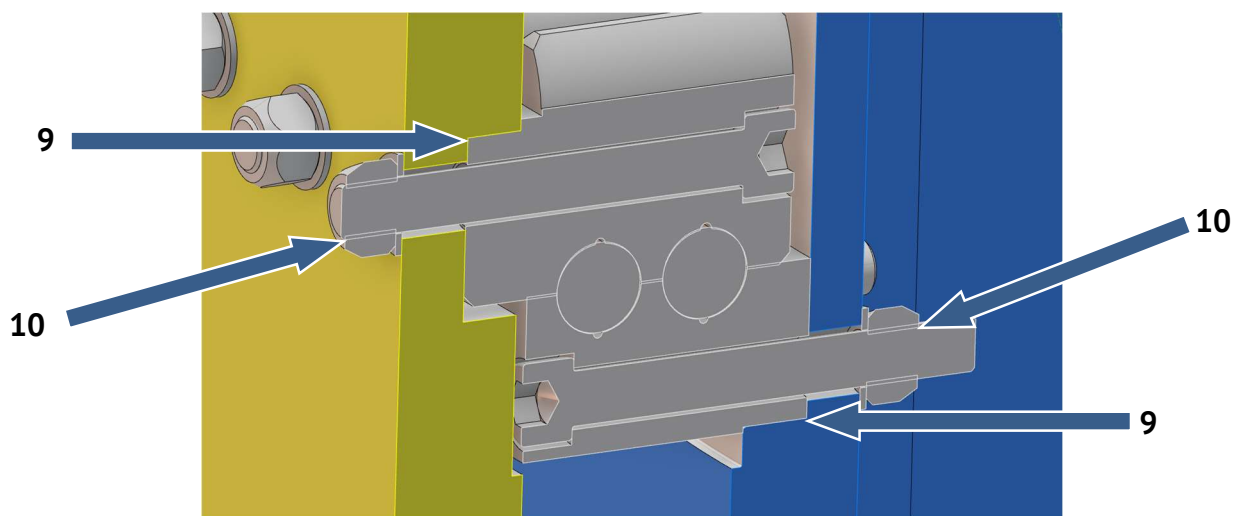
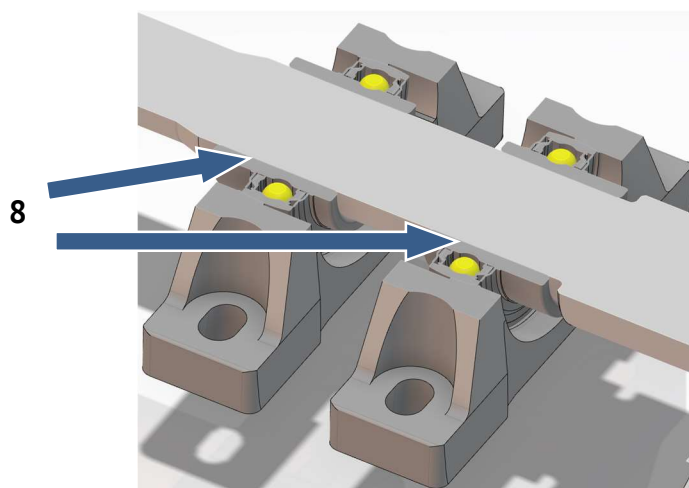
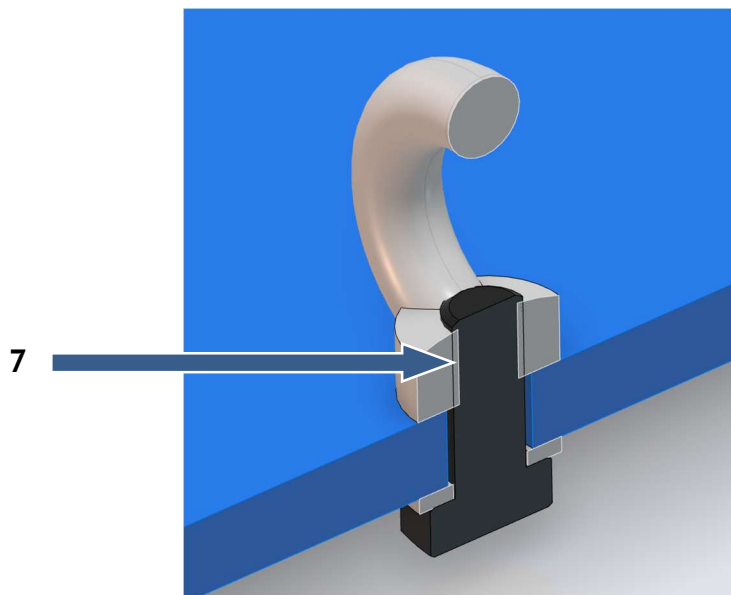
Ref.	Code.	Samenst. code	Spelingen en aandachtspunten
5	9.V5103-15	9.V5103	Onderlinge afstand 8-19 mm

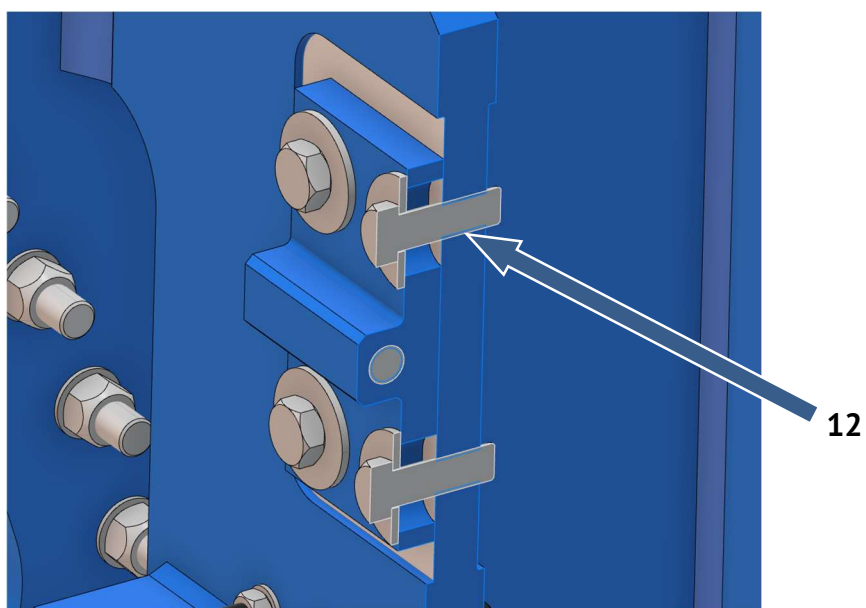
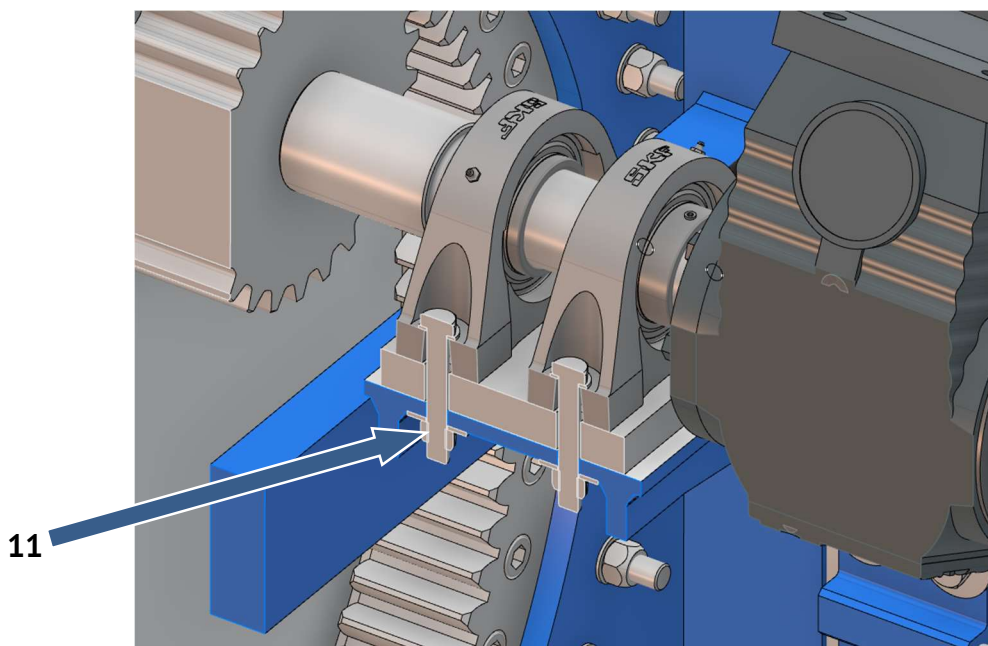


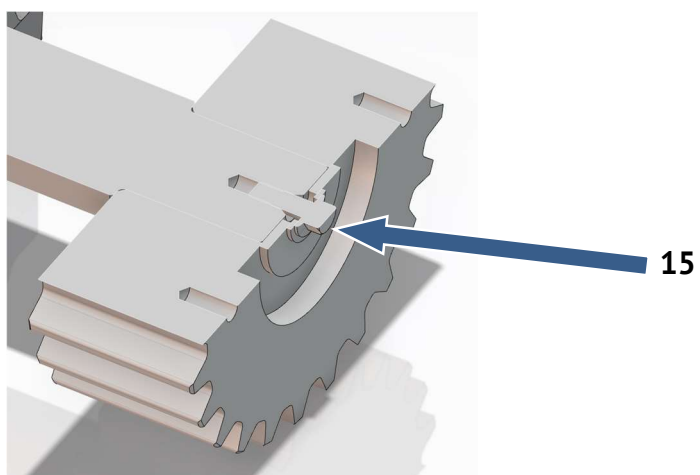
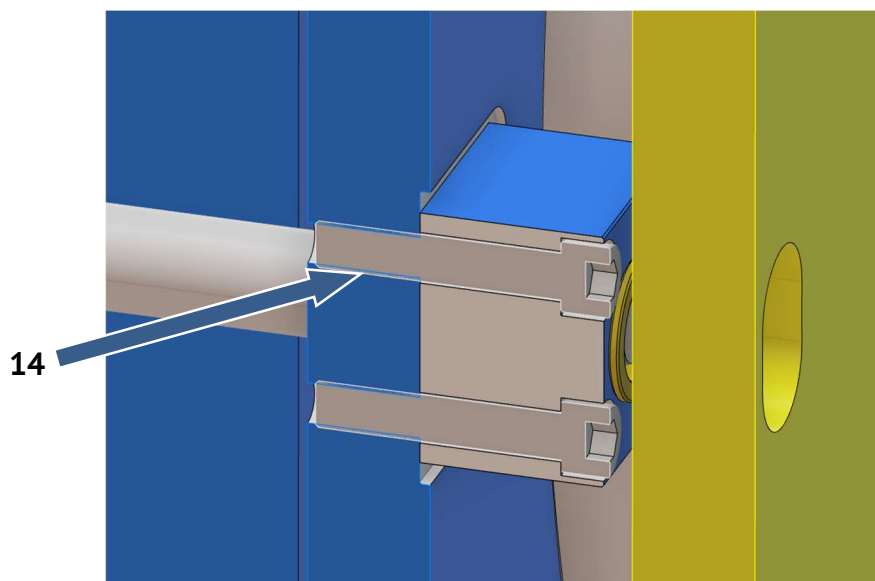
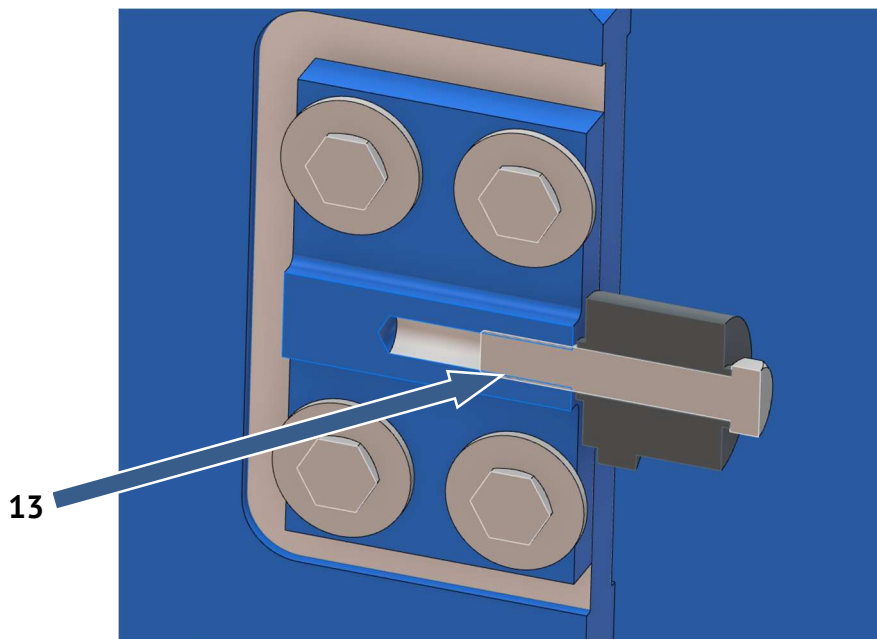
Ref.	Code.	Samenst. code	Spelingen en aandachtspunten
6	100.101.010.140	9.V5103	Onderlinge afstand 4 ±0,4 mm

3.2 Te gebruiken producten

Ref.	Code.	Te gebruiken producten
2	9.T5118	Molykote G-n Plus
3	9.T5118	Molykote G-n Plus
4	9.T5120	Total CERAN ST 2
7	100.102.010.025	Loctite 243
8	9.T5118-2	Molykote G-n Plus
9	9.S5105 9.S5106	Molykote G-n Plus
10	9.V5103-25	Molykote HSC
11	9.V5103-32	Molykote HSC
12	100.104.024.080	Molykote HSC
13	100.103.024.130	Molykote HSC
14	100.131.024.120	Molykote HSC
15	9.T5118-7	Molykote HSC





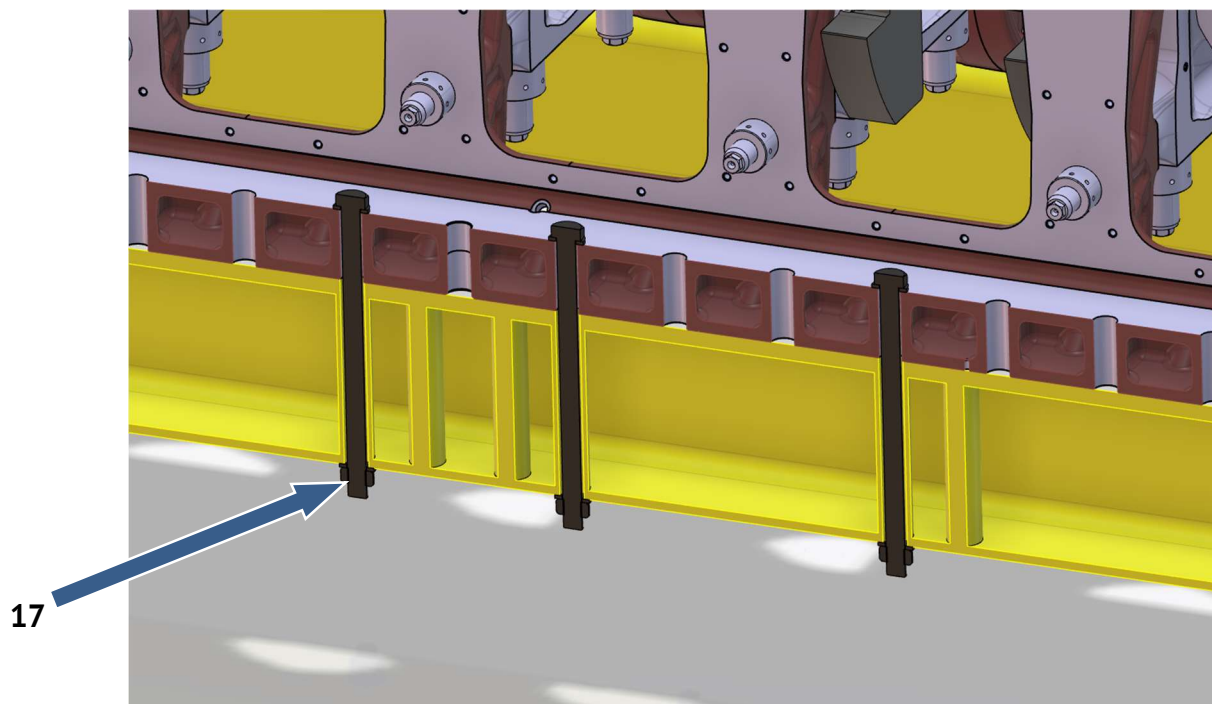
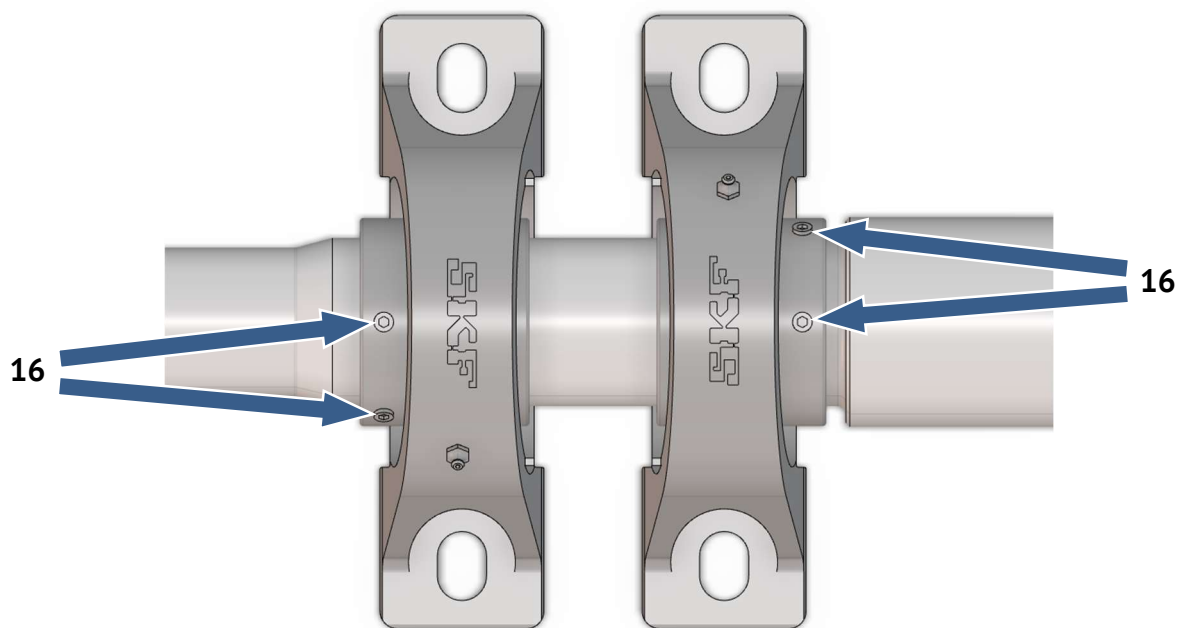




3.3 Aanhaalmomenten

Algemene aanhaalmomenten		
Schroefdraad	Sterkteklasse	Aanhaalmoment [Nm]
M24	10.9	750 ±10
M20	10.9	425 ±10
M16	8.8	170 ±10
M10	8.8	40 ±3
M8	8.8	20 ±3
M6	8.8	8,5 ±1
M5	8.8	5 ±1
M4	8.8	3 ±0,5

Specifieke aanhaalmomenten			
Ref.	Code	Samenst. code	Aanhaalmoment [Nm]
7	100.102.010.025	9.S5115	50 ±3
15	9.T5118-2	9.T5118	90 ±5
16	9.T5118-2	9.T5118	28,5 ±0,5
17	100.203.042.045	9.S5104	3 520 ±20





4 Overzicht van het gereedschap en de montageproducten

4.1 Gereedschap


Omschrijving	RDOnr	ABC code	Andere
Inbussleutel 3			
Inbusdop 3			
Inbussleutel 4			
Inbusdop 4			
Inbussleutel 6			
Inbusdop 6			
Inbusdop 19			
Steeksleutel 10			
Dop 10			
Steeksleutel 17			
Dop 17			
Steeksleutel 24			
Dop 24			
Steeksleutel 30			
Dop 30			
Steeksleutel 36			
Dop 36			
Steeksleutel 65			
Ratel klein			
Ratel groot			
Lang verlengstuk ratel			
Elektrische slagmoersleutel			
Verlengstuk momentsleutel			
Handpers (prieelpers)			
Handboormachine			
Metaalboor Ø3,3 mm (M4)			
Metaalboor Ø4,2 mm (M5)			
Metaalboor Ø5,5 mm (M6)			
Wringijzer klein			
Tap M4			
Tap M5			
Schroevendraaier Philips			
Kunststofhamer			

Omschrijving	RDOnr	ABC code	Andere
Schaar			
Markeerstift			
Doek			
Strop			
Takel			
Zijkniptang			
(Aluminiumfolie)			
(Inductief lagerverwarmingsapparaat)			
Slijpschijf met doorslijpschijf			

4.2 Montageproducten

Omschrijving	RDOnr	ABC code	Andere
Snij-olie (CRC Supercut II)			
Loctite ontvettingsmiddel 7063			
Loctite 243			
Molykote HSC (schroefdraadpasta)			
Molykote G-n Plus (montagepasta)			
Total CERAN ST 2			
Pruisisch blauw			
(Droogijs)			

4.3 Meetgereedschap



Verzekeer jezelf er steeds van dat:

- Je steeds meetgereedschap gebruikt dat voor de desbetreffende meting bestemd is.
- Je het meetgereedschap correct gebruikt.
- Het meetgereedschap gekalibreerd en gekeurd is door de kwaliteitsdienst.

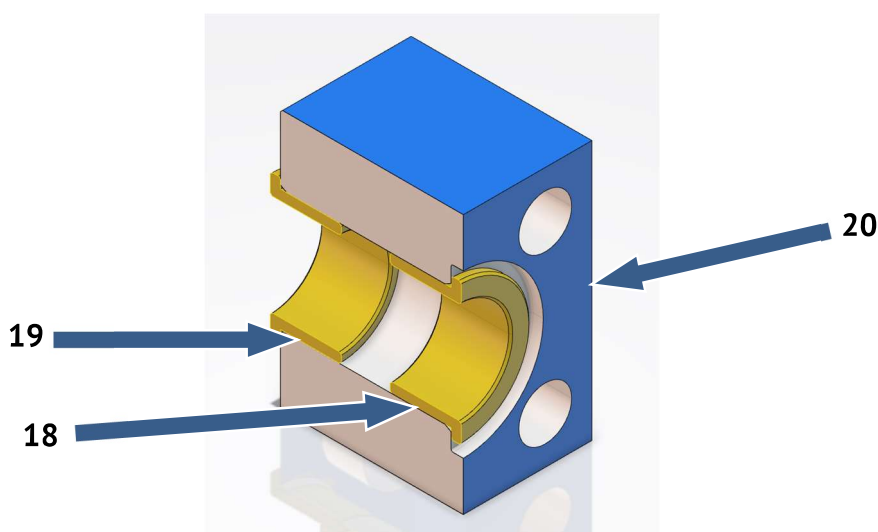
Omschrijving	RDOnr	ABC code	Andere
Waterpas			
Schuifmaat			
Lintmeter			
Voelermaatset			
Momentsleutel Stahlwille 5-50 Nm			
Momentsleutel Stahlwille 40-200 Nm			
Momentsleutel Stahlwille 160-800 Nm			
Momentsleutel Lösomat (min 3 600 Nm)			

5 Samenbouwprocedure


Lees steeds eerst de hele instructie alvorens aan een montageschap te beginnen.

5.1 Penblok (9.T5109)

Onderdeel	Ref. No.	Code	Vorbereiding
Penhuis	20	9.T5110	<ul style="list-style-type: none"> Reinigen, eventuele bramen verwijderen



1. Pers glijlager (Ref. 18, T5109-2) in het penhuis (Ref. 20, 9.T5110) met handpers.
2. Pers glijlager (Ref. 19, T5109-2) in het penhuis (Ref. 20, 9.T5110) met handpers.

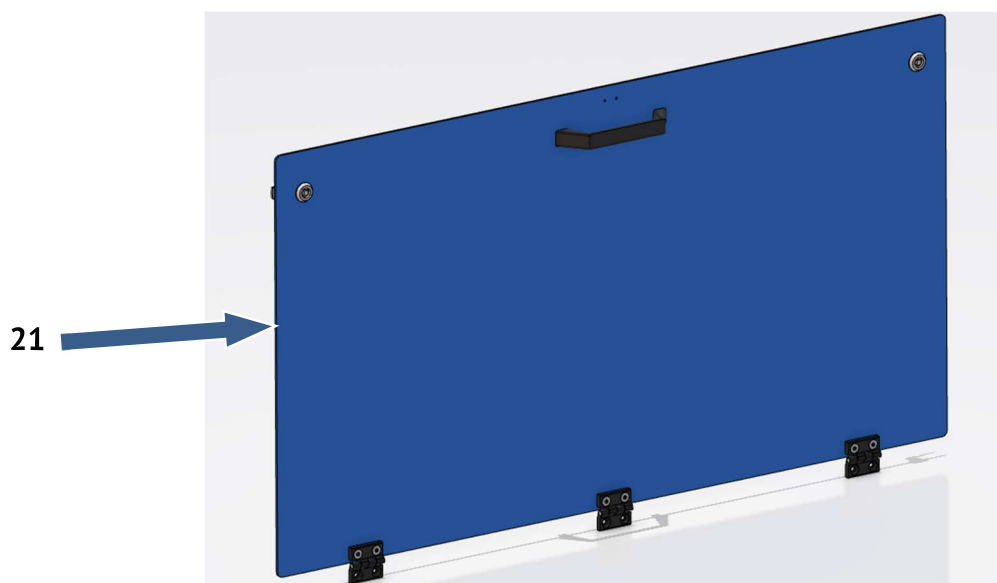
 De glijlagers moeten zo lang mogelijk in hun originele verpakking blijven en mogen niet in contact komen met ontvettende of absorberende middelen. Monteer de deelsamenstelling enkel als ze direct daarna op de stoel gemonteerd kunnen worden. Scherm de glijlagers af indien ze toch langdurig uit hun verpakking blijven.



Indien nodig, glijlagers inpakken in aluminiumfolie en koelen met droogijs.
Aluminiumfolie verwijderen bij montage.
Alternatief penhuis opwarmen tot max 100°C met een inductief lagerverwarmingsapparaat.

5.2 Deur (9.S5113)

Onderdeel	Ref. No.	Code	Vorbereiding
Deurplaat	21	9.T5114	<ul style="list-style-type: none"> Reinigen, eventuele bramen verwijderen. Indien nodig verf in schroefdraad verwijderen met handtap.



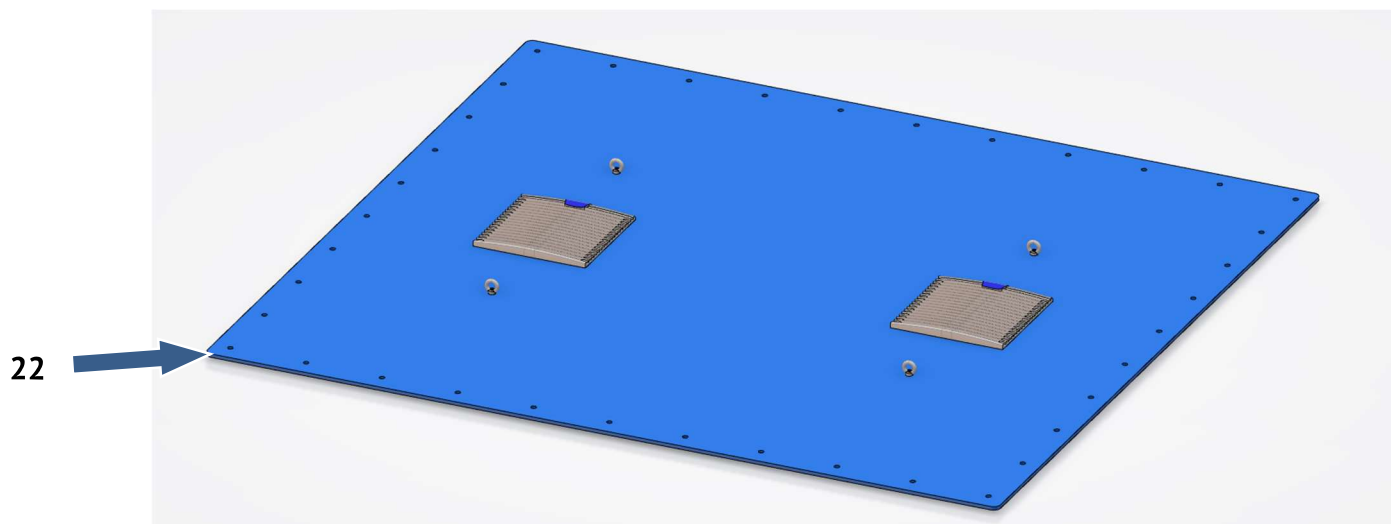
1. Monteer de standaardonderdelen zoals aangegeven op de deelsamenstellingstekening. Hier is de volgorde niet van belang. Span schroefdraadverbindingen aan tot het aangegeven of algemeen aanhaalmoment.
2. Knip de afdichtband Würth VKP MAX af op lengte en plakken op de deurplaat zoals aangegeven op de deelsamenstellingstekening.



Raadpleeg de meegeleverde instructies van de standaardonderdelen (9.S5113-2, 9.S5113-3, 9.S5113-6 en 9.S5113-8)

5.3 Bovendeksel (9.S5115)

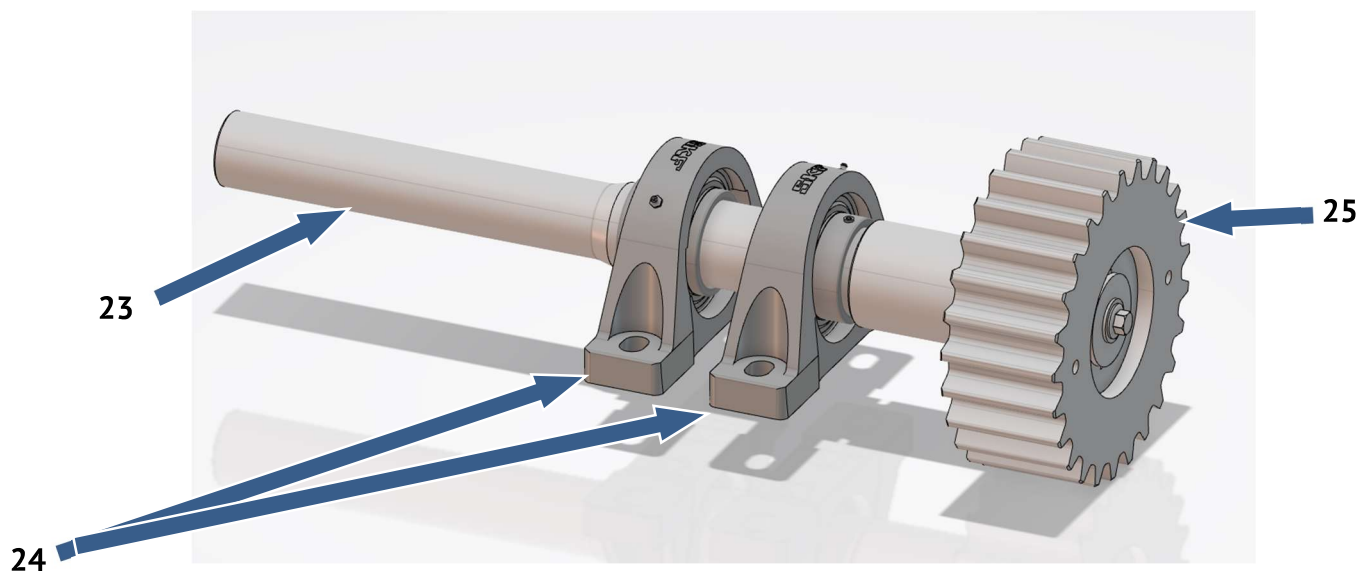
Onderdeel	Ref. No.	Code	Vorbereiding
Deksel	22	9.T5116	<ul style="list-style-type: none"> Reinigen, eventuele bramen verwijderen. Indien nodig verf in schroefdraad verwijderen met handtap.



1. Monteer de ventilatieroosters (9.V5103-34) met bijgeleverde schroeven. Handvast aandraaien.
2. Monteer de hijsogen zoals aangegeven op de deelsamenstellingstekening. Zet de zeskantbout (Ref. 7, 100.102.010.025) vast met opgegeven aanhaalmoment, schroefdraad borgen met Loctite 243.


5.4 Rondselas (9.T5118)

Onderdeel	Ref. No.	Code	Vorbereiding
Rondselas	23	9.T5119	<ul style="list-style-type: none"> Reinigen, eventuele bramen verwijderen.
Rondsel	25	9.T5120	<ul style="list-style-type: none"> Reinigen, eventuele bramen verwijderen.



1. Smeer de inlegspieën (100.290.025.080) in met montagepasta Molykote G-n Plus. Leg ze in de spiegleuven van rondselas (Ref. 23, 9.T5119), eventueel inslaan met kunststofhamer.
2. Smeer contactvlakken van rondselas en rondsel (Ref. 25, 9.T5120) in met montagepasta Molykote G-n Plus. Rondselas in rondsel schuiven, indien nodig met lichte slagen van kunststofhamer.
3. Borg het rondsel axiaal met standaardonderdelen zoals aangegeven op de deelsamenstellingstekening. Zeskantflensbout (Ref. 15, 9.T5118-2) vastzetten met opgegeven aanhaalmoment en schroefdraad insmeren met schroefdraadpasta Molykote HSC. Zorg dat de sluitringen (100.235.030 en 100.232.024) concentrisch zijn met de zeskantflensbout.
4. Smeer contactvlakken van rondselas en lagerblokken (Ref. 24, 9.T5118-2) in met montagepasta Molykote G-n Plus. Schuif lagerblokken op de rondselas volgens de dimensies op de deelsamenstelling.
5. Zet de stelschroeven van de lagerblokken handvast zodat er geen verschuiving meer mogelijk is.
6. Controleer visueel of geen vervuiling tussen het rondsel en de rondselas zit en of er geen merkbare slag aanwezig is.



In het rondsel en de rondselas zijn getapte gaten voorzien waarin oogbouten M16 kunnen geschroefd worden. Hiermee kunnen hijswerktuigen gebruikt worden op de onderdelen te manipuleren.

5.5 Signaalzuil (9.T5122)

1. Monteer de modules op elkaar in de volgorden aangegeven op de deelsamenstellingstekening.

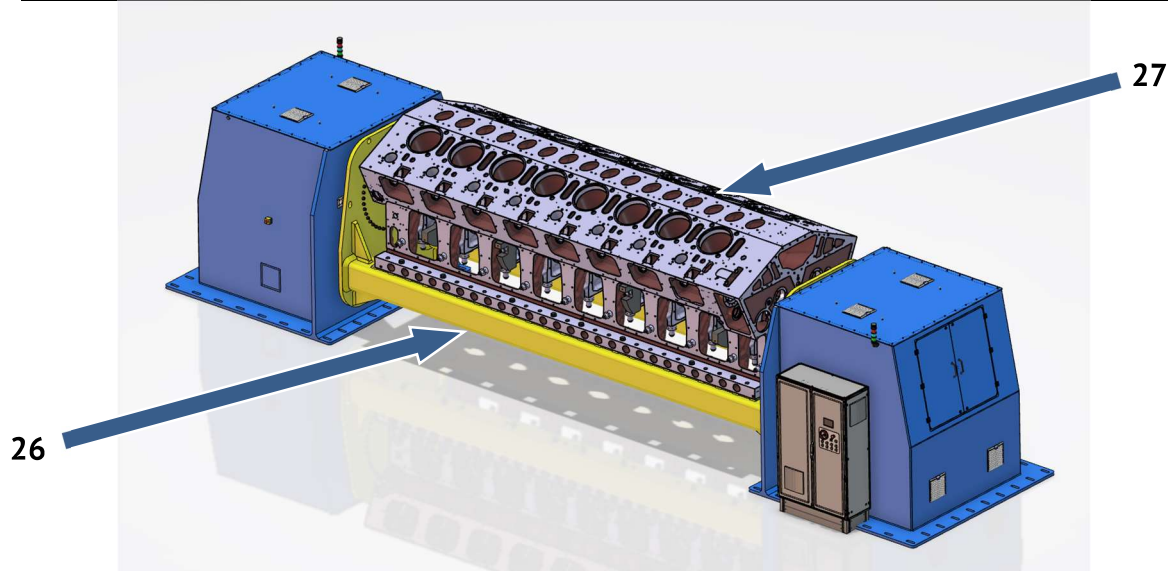


Raadpleeg de meegeleverde instructies van de onderdelen.



5.6 Blokmontage (9.S5104)

Onderdeel	Ref. No.	Code	Vorbereiding
Brug FP	26	9.S5112	<ul style="list-style-type: none"> • Montageoppervlak vrij maken en reinigen .
Motorblok	27	/	<ul style="list-style-type: none"> • Montageoppervlak vrij maken en reinigen.



1. Plaats het motorblok (Ref. 26) op de brug (Ref. 26, 9.S5112) zodat de montagegaten overeenkomen.

2. Borg het motorblok met de standaardonderdelen zoals weergegeven op de deelsamenstelling. Zet de zeskantmoeren (Ref. 17, 100.203.042.045) vast met het aangegeven moment. Doe dit in stappen van 1 000 Nm waarbij telkens alle moeren na elkaar worden aangespannen, zodat vier keer rondom de brug gegaan wordt.



Raadpleeg de deelsamenstelling om te achterhalen welke montagegaten dienen gebruikt te worden voor de verschillende motorblokken.

Respecteer bij het beladen van de machine steeds de gewichtscapaciteit van 60 000 kg en momentcapaciteit van 41 kNm. De machine is alleen bestemd om de krukas met tegengewichten en distributietandwiel in de motorblokken te monteren met bijhorende lagers en lagerkappen.

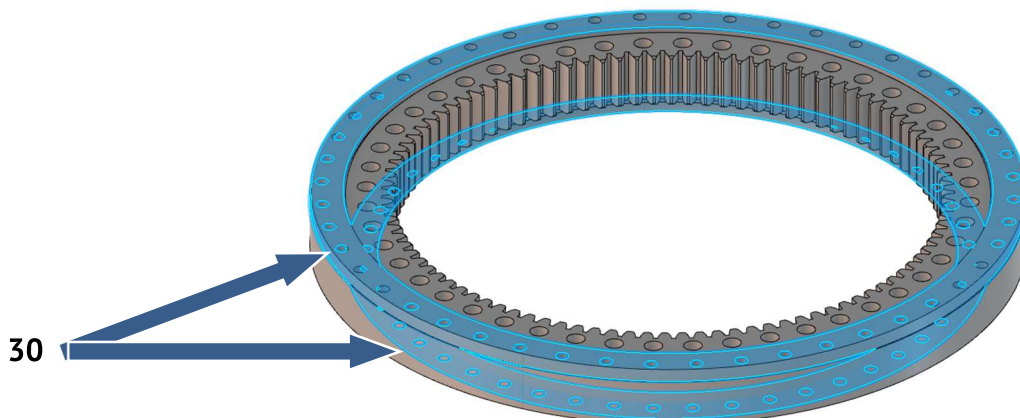
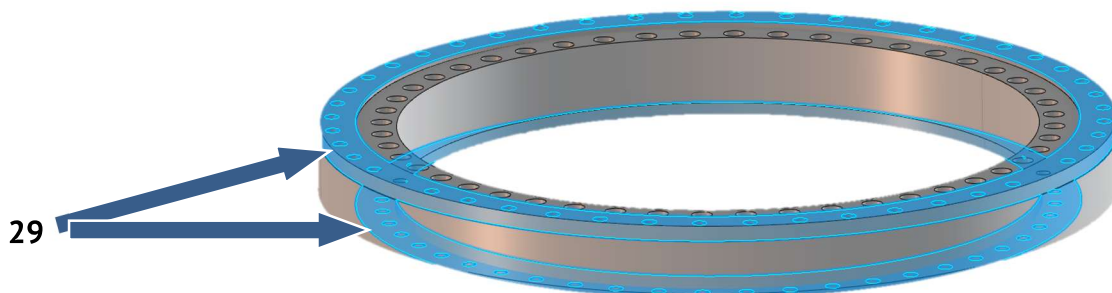
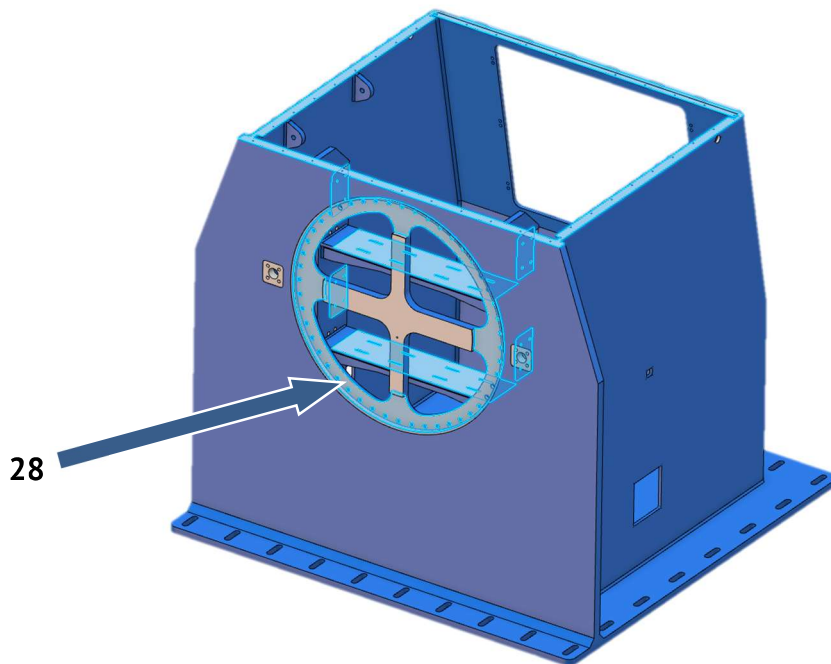


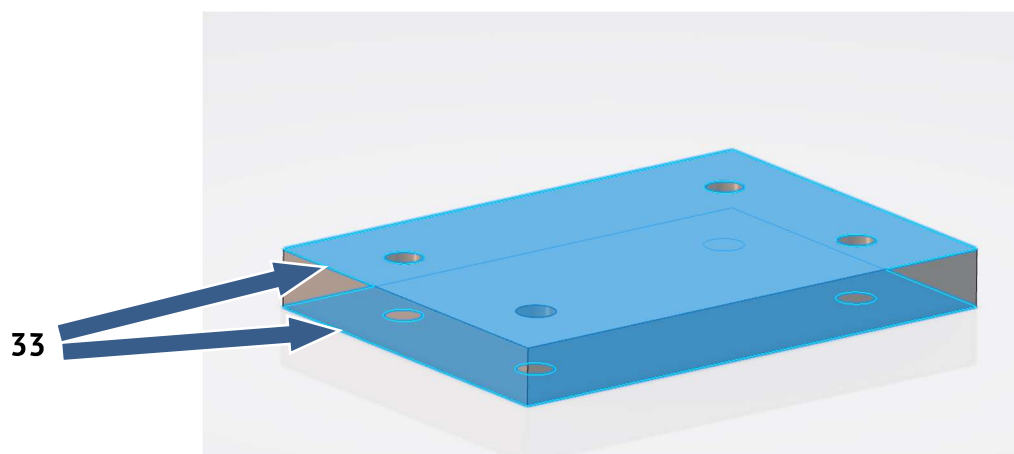
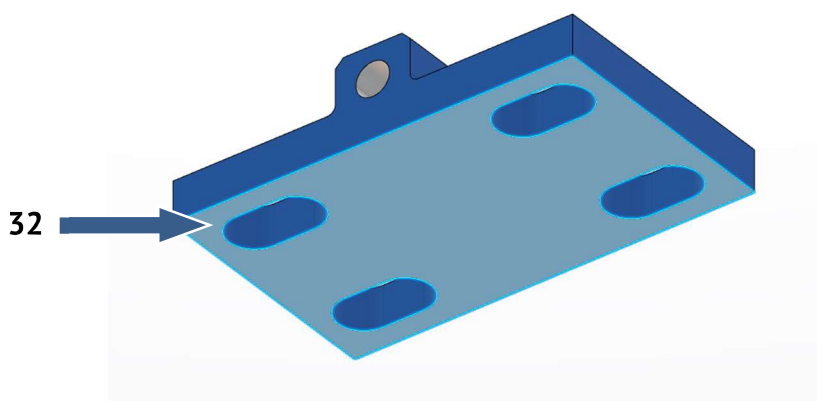
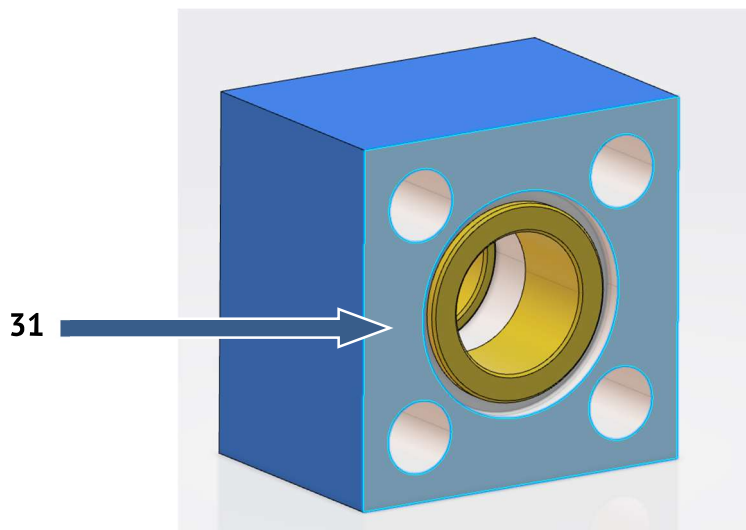
Respecteer bij het manipuleren van de motorblokken steeds de gewichtscapaciteiten en het correct gebruik van de hijswerktuigen.



**5.7 Hoofdsamenstelling (9.V5103)**

Onderdeel	Ref. No.	Code	Vorbereiding
Rondselas	23	9.T5120	<ul style="list-style-type: none">Montageoppervlak voor motoren reinigen Loctite 7063.
Lagerblokken	24	9.T5118-2	<ul style="list-style-type: none">Montageoppervlak reinigen Loctite 7063.
Stoel FP	28	9.S5112	<ul style="list-style-type: none">Reinigen, eventuele bramen verwijderen. Indien nodig verf in schroefdraad verwijderen met handtap.Montageoppervlakken reinigen Loctite 7063..
Draaikranslager QCB met interne veranding	29	9.S5105	<ul style="list-style-type: none">Montageoppervlakken reinigen Loctite 7063..
Draaikranslager QCB	30	9.S5106	<ul style="list-style-type: none">Montageoppervlakken reinigen met Loctite 7063.
Penblokken	31	9.T5109	<ul style="list-style-type: none">Montageoppervlak reinigen met Loctite 7063.
Torsiearmblokken	32	9.T5125	<ul style="list-style-type: none">Montageoppervlak reinigen met Loctite 7063.
Uitlijnplaten	33	9.T5124	<ul style="list-style-type: none">Montageoppervlakken reinigen met Loctite 7063.
Motoren	35	9.S5126	<ul style="list-style-type: none">Monteer de torsiearm zoals afgebeeld op de stuktekening.
Motoren	36	9.S5127	<ul style="list-style-type: none">Monteer de torsiearm zoals afgebeeld op de stuktekening.







1. Plaats de stoelen op hun plaats zodat de doorgangssleuven van de basisplaten overeenkomen met de aanwezige ankerbouten in de ondergrond. Zorg dat de omgeving rond de ankerbouten proper en vrij van steengruis is.

Manipuleer de stoel m.b.v. harpsluitingen (werklast min 4 ton) in de vier doorgangsgaten van de hijsogen aan de zijplaten van de stoel. Gebruik een hijsjuk of -spreader om de last te verdelen en de zijplaten zo min mogelijk te verbuigen.

Lijn de zittingen van de draaikranslagers (Ref. 28 9.S5112) voorlopig uit met een laseruitlijningsapparaat.

2. Smeer de contactoppervlakken van het draaikranslager (Ref. 9 9.S5105 of 9.S5106) en de zitting van de stoel (Ref. 28 9.S5112) in met Molykote G-n Plus. Plaats het draaikranslager in de zitting van de stoel zodat de montagegaten overeen komen.

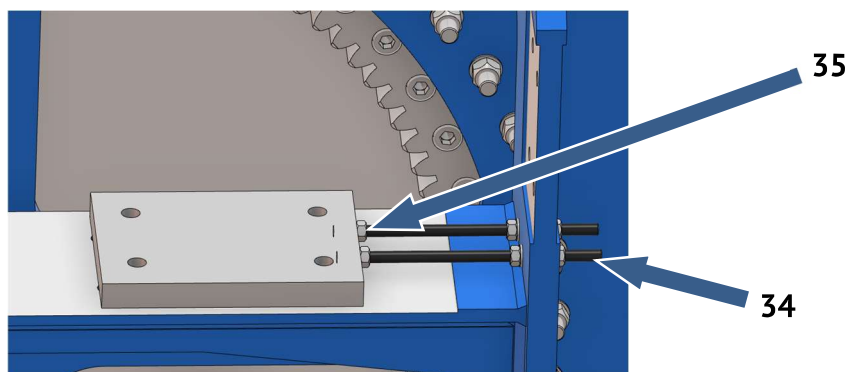
Bevestig de draaikranslagers met de standaardonderdelen zoals op de samenstellingstekening (detail P). Wrijf de schroefdraadverbinding in met Molykote HSC. Span de zelfborgende zeskantmoeren (Ref. 10, 9.V5103-25) aan tot het aangegeven moment.


Het aanspannen gebeurt in stappen 450 Nm, 600 Nm en 750 Nm. De volgorde van aanspannen wordt bepaald door ongeveer 120° tussen twee opeenvolgende bouten te laten. Concreet betekend dit 15 bouten tussen laten en zo steeds verder aanspannen. Tussen de stappen in moment door moet gecontroleerd worden of het lager nog vrij verdraaid kan worden zonder stroef verloop.


Nadat alle bouten op moment zijn vastgezet, moeten alle bouten gecontroleerd worden. Deze controle verloopt diametraal en de gecontroleerde bouten kunnen gemarkeerd worden.

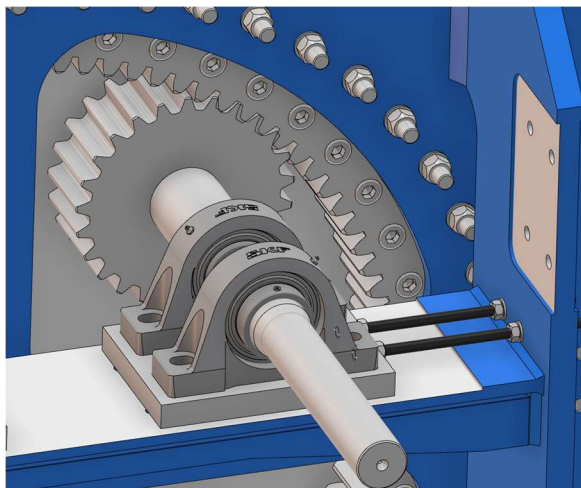
Voor het monteren van de brug moeten ook weer alle bouten gecontroleerd worden.

3. Leg de uitlijnplaten (Ref. 33, 9.T5124) op hun ondersteuning in de stoel. Monteer de draadstangen (Ref. 34, 9.T5121) met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail M). Draai de draadstangen in de uitlijnplaten tot het einde en borg tegen verdraaiing door de zeskantmoeren (Ref. 35, 100.201.016.002) aan te spannen tot het algemeen aanhaalmoment. Zet de overige onderdelen nog niet vast.

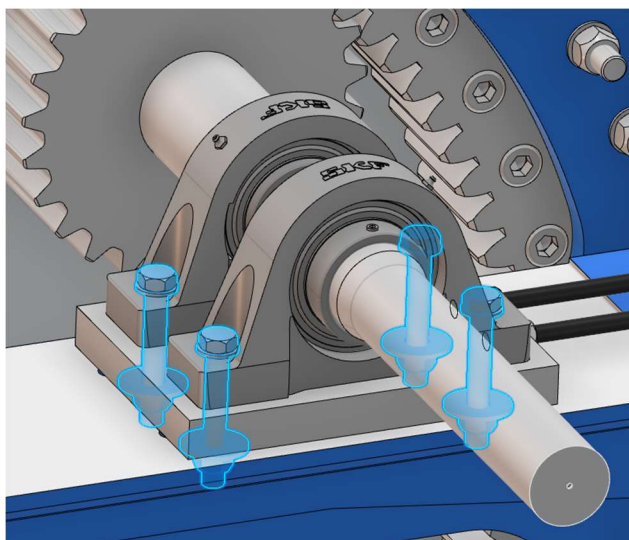


-  4. Laat de op voorhand samengestelde rondsels (9.T5118) zakken in de stoelen via de opening aan de bovenkant van de stoelen. Gebruik hiervoor een strop. Plaats de lagerblokken op de uitlijnplaat zodat de montagegaten overeenkomen.

 Gebruik eventueel een takel aan de haak van de rolbrug om meer controle te verkrijgen bij het zakken van de last indien gewenst.



Monteer de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail W), maar zet nog niets vast. Alle onderdelen moeten nog vrij verplaatst kunnen worden.



Lijn de vertanding van het rondsels uit met de vertanding van het draaikranslager. Radiale verplaatsing kan nauwkeurig gebeuren door de zeskantmoeren op de draadstangen te verdraaien. Lijn de rondsels axiaal uit door de rondsels te verschuiven in de lagerblokken zodat de vertandingen over de volledige breedte overeen komen. De tandspeling ligt tussen 0,36 en 0,48 mm. Dit kan gecontroleerd worden m.b.v. voelermaten. Zorg ervoor dat de speling zo uniform mogelijk over de vertanding loopt.



Eens alle rondsels uitgelijnd zijn, span de standaardonderdelen aan tot 100 Nm en controleer het draagbeeld door Pruisisch blauw aan te brengen op enkele tanden en de rondsels/het draaikranslager te verdraaien. Controleer steeds of de verdraaiing vlot verloopt en nergens problemen optreden.

Het tandbeeld moet er uit zien zoals afgebeeld op Figuur 1 [1]. Indien het draagbeeld hiervan afwijkt, moet de uitlijning van de rondsels gecorrigeerd worden.



Figuur 1: Ideaal draagbeeld [1]

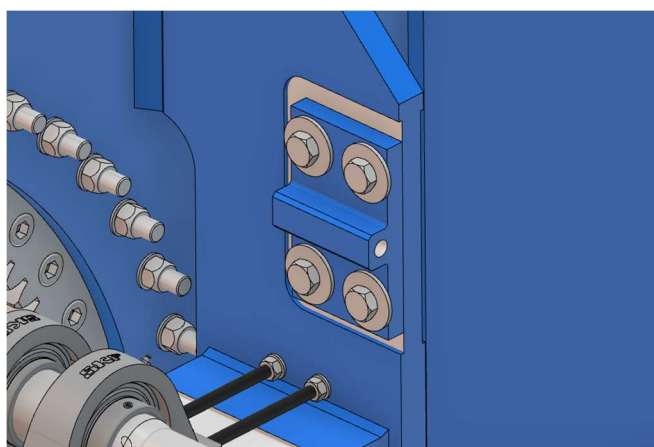
Eens een correct draagbeeld bekomen is, span de standaardonderdelen aan tot het opgegeven aanhaalmoment.



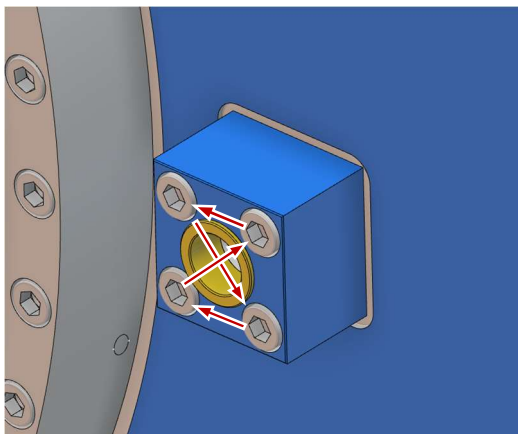
Smeer de schroefdraadverbindingen in met Molykote HSC (Ref 11).

Zet de stelschroeven van de lagerblokken vast (Ref 24) met het opgegeven aanhaalmoment.

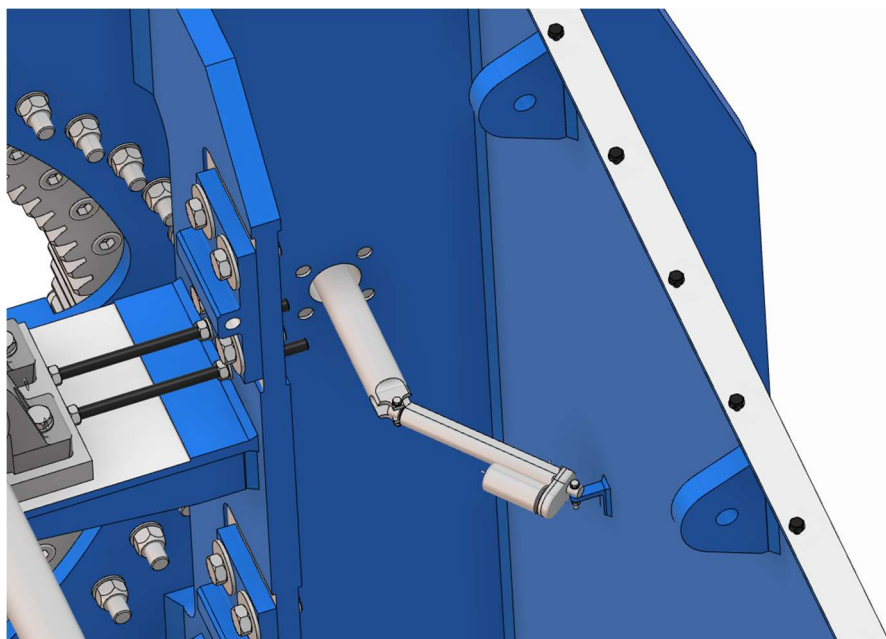
6. Monteer de torsiarmblokken (Ref. 32, 9.T5125) op de stoelen met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail W). Zet de bouten nog niet vast zodat de blokken vrij verplaatst kunnen worden.



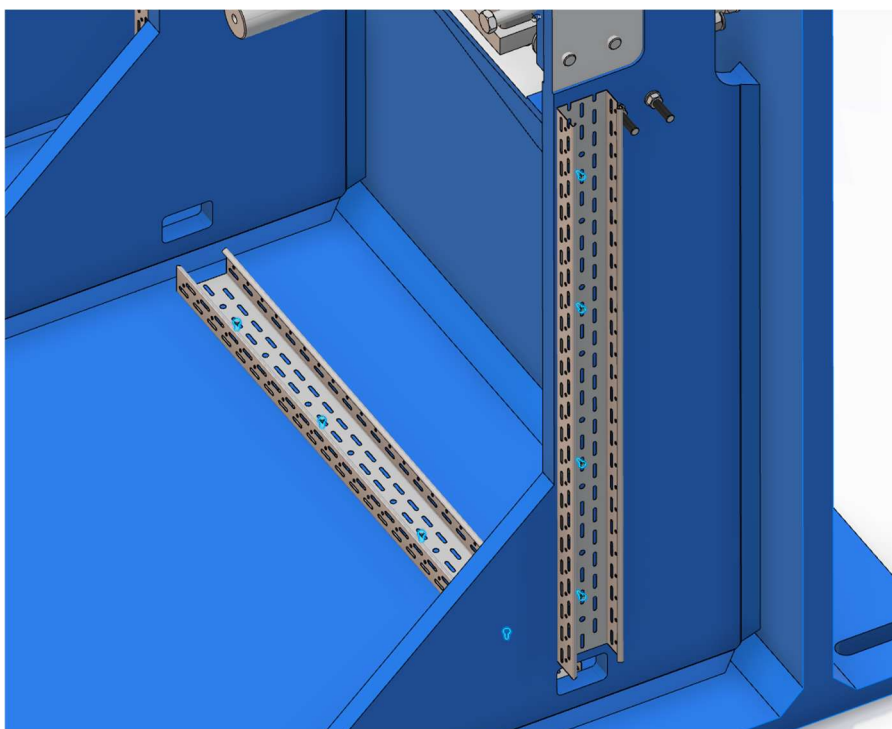
7. Monteer de penblokken op de stoelen met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail Y). Span de cilinderkopschroeven (Ref. 14) in stappen 500 Nm en 750 Nm aan tot het opgegeven aanhaalmoment in een diagonale volgorde. Smeer de schroefdraadverbindingen in met Molykote HSC



8. Schuif de blokkeerpennen (9.T5117) door de glijlagers. Controleer of de pennen vlot kunnen bewegen door beide glijlagers. Bevestig de lineaire actuatoren aan de blokkeerpennen en de stoel met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail Z). Span de standaardonderdelen aan zodat de onderdelen vrij kunnen bewegen zonder speling. De actuatoren moeten in ingeschoven toestand gemonteerd worden.

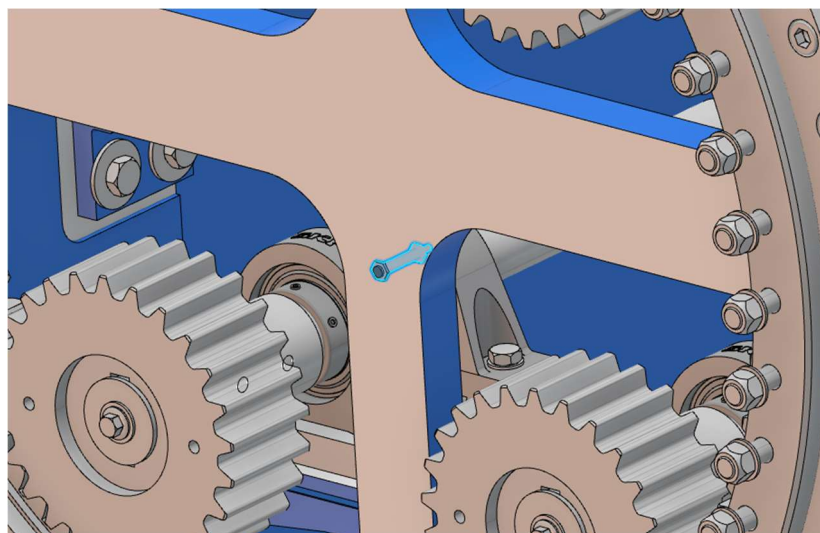



9. Positioneer de kabelgoten handmatig zoals gedimensioneerd op de hoofdsamenstellingstekening (detail V en detail X) en markeer waar de schroeven komen. Boor de gaten voor de schroeven voor in de stoel (Ø5,5-20) en breng een soeverein aan. Borg de kabelgoten door de draadrollende schroeven te bevestigen in de voorgeboorde gaten.



Gebruik eventueel lijmklemmen (serre-joint), lasmagneten of dubbelzijdige tape om de kabelgoten in positie te houden tijdens het markeren/boren van de montagegaten.

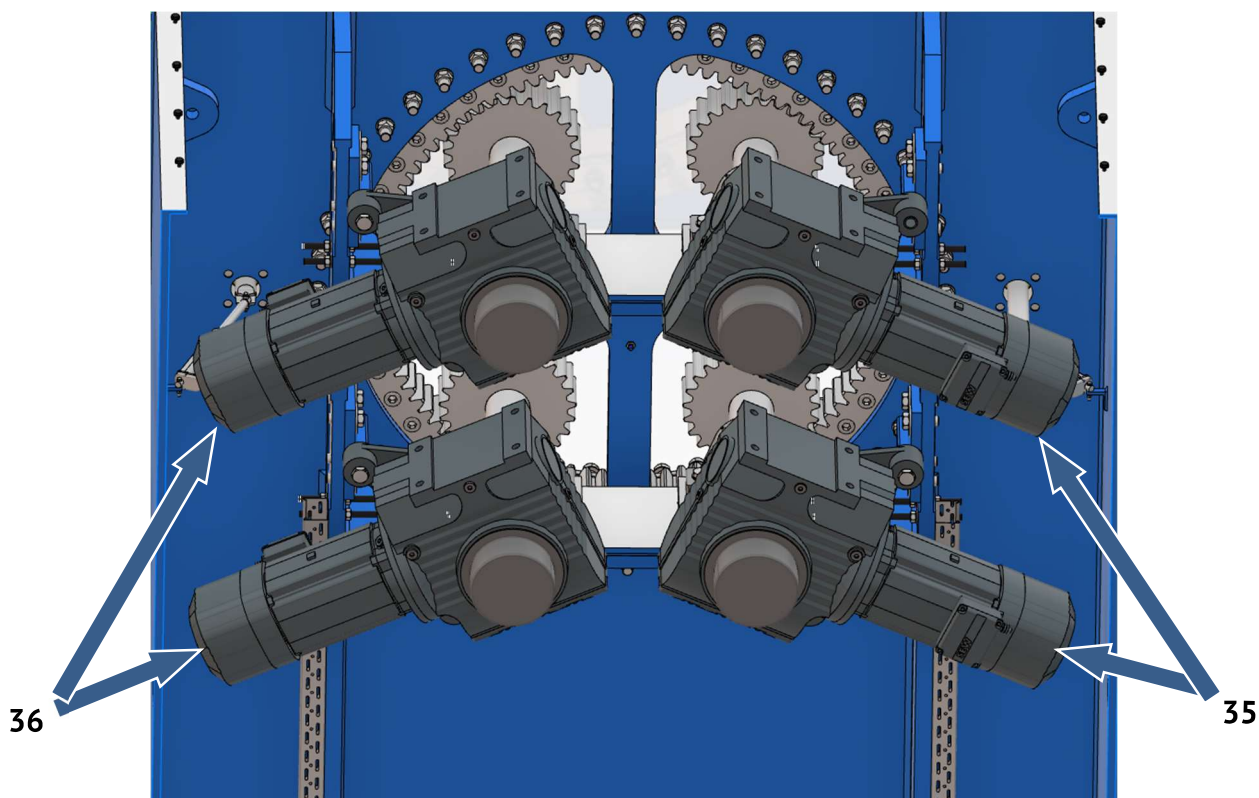
10. Schroef de inductieve schakelaar in de stoel en borg met de bijgeleverde moeren. Rol de meegeleverde kabel voorlopig op en houdt het bij elkaar met een kabelbinder.



-  11. Laat de motoren (Ref 35 9.S5126 en Ref. 36 9.S5127), zakken in de stoelen via de opening aan de bovenkant van de stoelen. Gebruik hiervoor een strop en de hijsogen van de motoren. Schuif de holle naaf van de motoren over de rondselassen. Let op dat de motoren met configuratie M3A (Ref. 35, 9.S5126) rechts hangen en die met configuratie M3B (Ref. 36, 9.S5127) links hangen zoals afgebeeld.
- Hang eerst de onderste motoren op hun as en borg de torsiearm voorlopig aan de torsiearmblokken (Ref. 32) met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail Q). Draai de zeskantbouten in de torsiearmblokken maar zorg ervoor dat de motoren nog axiaal verschoven kunnen worden.



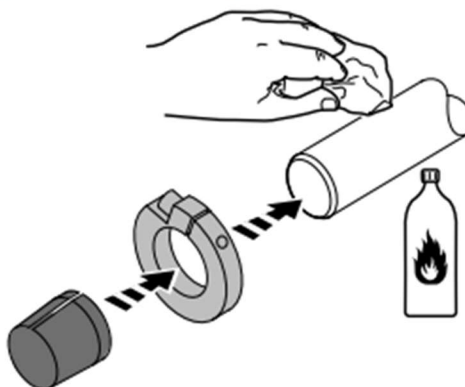
Gebruik eventueel een takel aan de haak van de rolbrug om meer controle te verkrijgen bij het zakken van de last indien gewenst.



Bevestig de motoren op hun rondselas a.d.h.v. de procedure afgebeeld in Figuur 2, Figuur 3, Figuur 4, Figuur 5, Figuur 6 en Figuur 7.

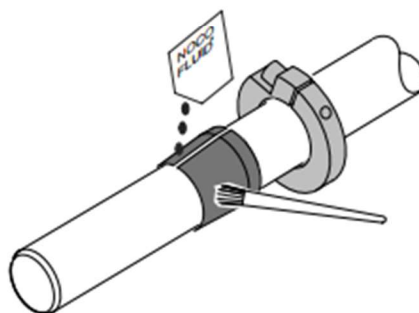


1. Clean the customer shaft and the inside of the hollow shaft. Ensure that all traces of grease or oil are removed.
2. Push the clamping ring and the bushing onto the customer shaft.



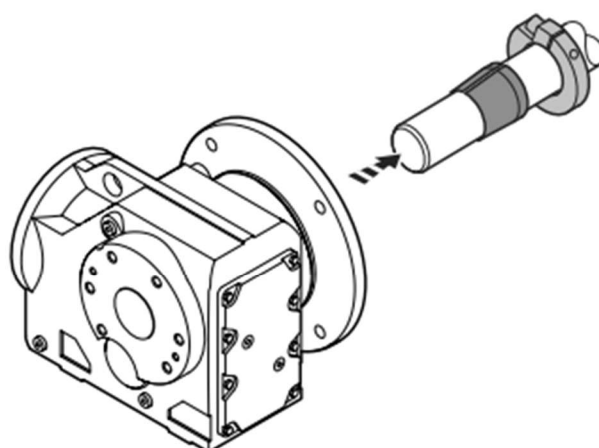
211941003

3. Apply NOCO® fluid to the bushing. Thoroughly spread the NOCO® fluid.



211938827

4. Push the gear unit onto the customer shaft.



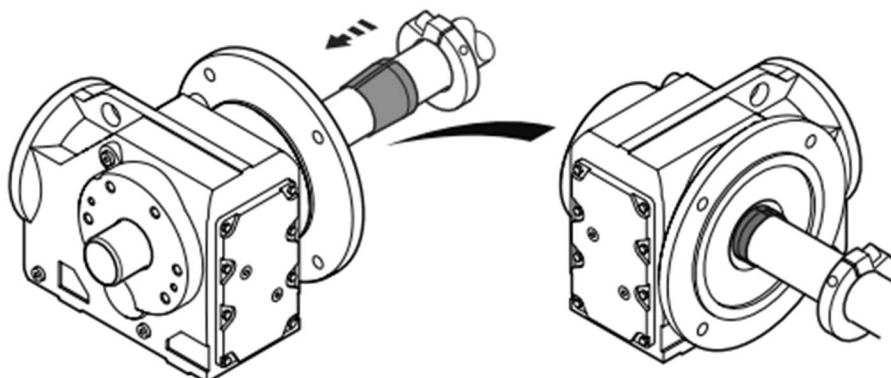
24466569227

5. Fasten the gear unit via the output flange to the customer system. Avoid axial distortion.

Figuur 2: Montage van de motoren 1 [2]

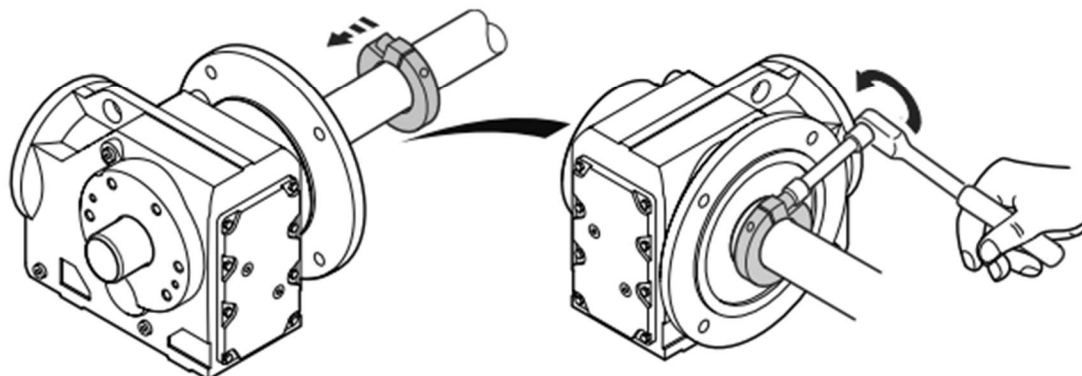


6. Push the bushing into the gear unit up to the stop.



24466561931

7. Secure the bushing with the clamping ring. Fasten the clamping ring to the bushing using the appropriate torque as specified in the following table:



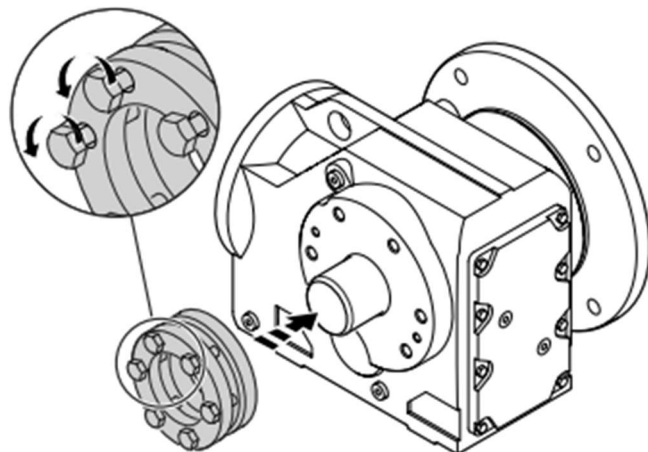
24466566795

Gear unit type				Tightening torque	
FT..	KT..	ST..	WT..	Nm	
				Standard	Stainless steel
–	–	37	37	10	10
37	37	47	47	10	10
47	39/47	57	–	10	10
57/67	49/57/67	67	–	25	25
77	77	77	–	25	25
87	87	87	–	25	25
97	97	97	–	25	25
107	107	–	–	38	38
127	127	–	–	65	65
157	157	–	–	150	150

Figuur 3: Montage van de motoren 2 [2]

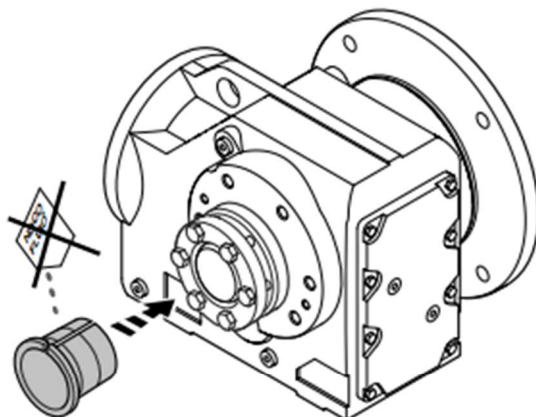


8. Make sure that all screws are loosened and slide the shrink disk onto the hollow shaft.

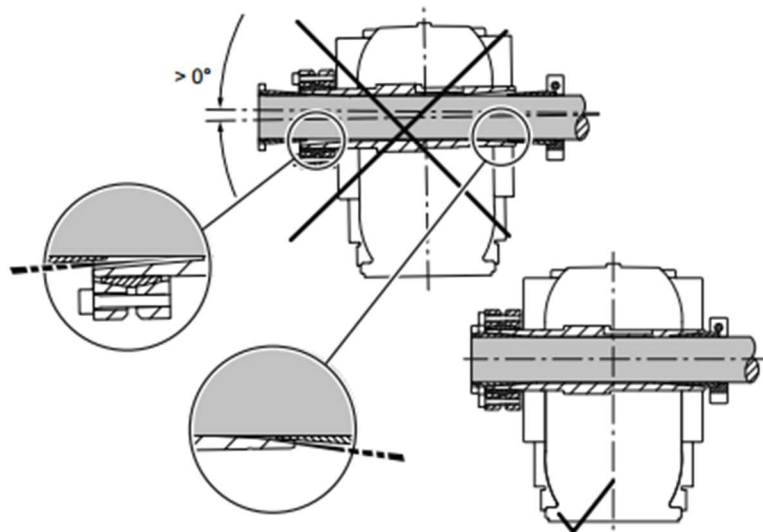


24466578955

9. Slide the counter bushing onto the customer shaft and into the hollow shaft. Make sure that the gear unit is mounted flush with the customer shaft.



24466564363



31597576203

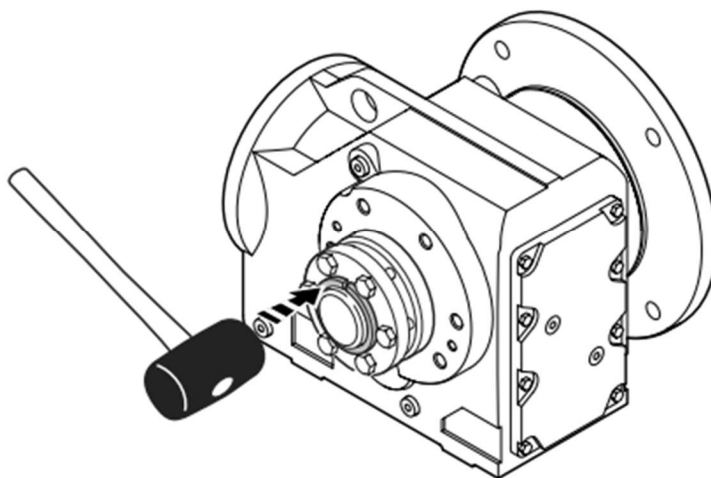
Figuur 4: Montage van de motoren 3 [2]



10. Mount the shrink disk as follows:

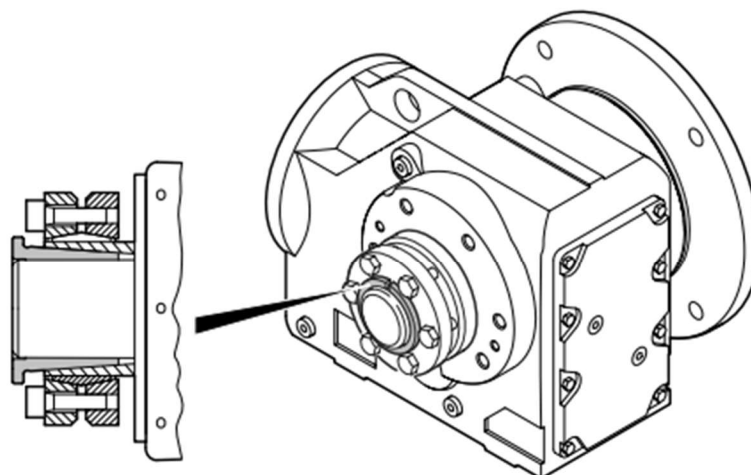
- ⇒ **Gear unit with shaft shoulder:** Mount the shrink disk onto the shaft shoulder as far as the stop. However, the outer ring of the shrink disk facing the gear unit must have a minimum distance of no less than 2 mm from the gear unit housing.
- ⇒ **Gear unit without shaft shoulder:** Mount the shrink disk at a distance of 2 to 3 mm from the gear unit housing.

11. Tap lightly on the flange of the counter bushing to ensure that the bushing is fitted securely in the hollow shaft.



24466559499

12. Make sure that the customer shaft is seated in the counter bushing.

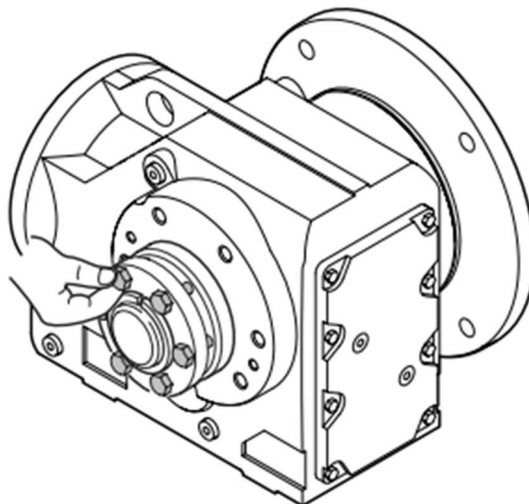
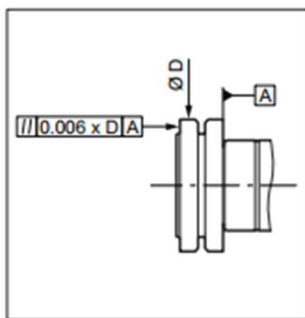


24466581387

Figuur 5: Montage van de motoren 4 [2]

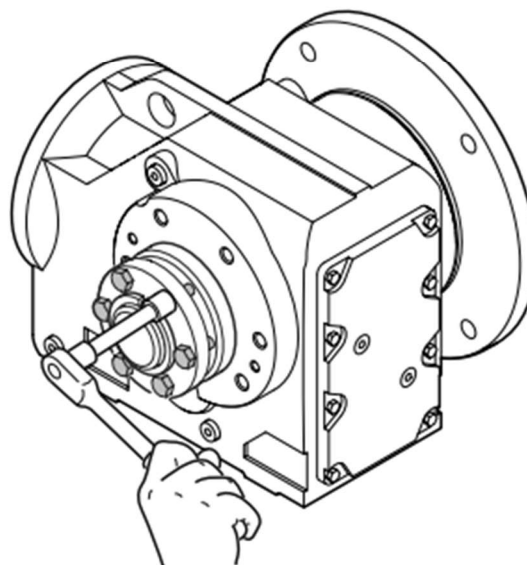
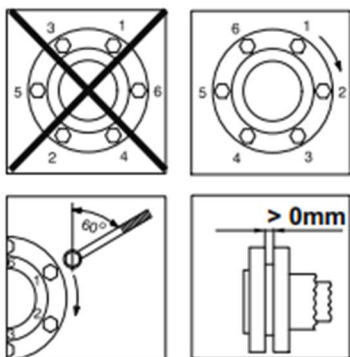


13. Tighten the locking screws of the shrink disk manually. Make sure that the outer rings of the shrink disk are plane-parallel.



24466574091

14. Tighten the locking screws with the specified tightening torque according to the following table. Tighten the screws by working round several times from one screw to the next (not in diametrically opposite sequence).



24466576523

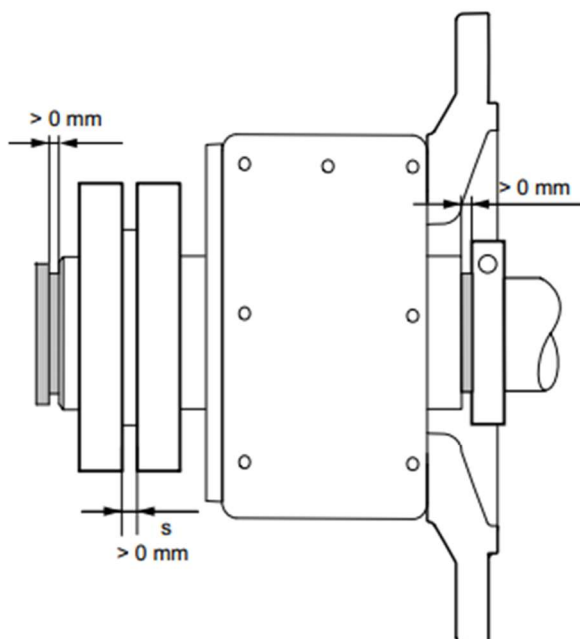
Figuur 6: Montage van de motoren 5 [2]


INFORMATION


The exact values for the tightening torques are shown on the shrink disk.

Gear unit type				Locking screw	Tightening torque ± 4%
FT..	KT..	ST..	WT..	ISO 4762	Nm
–	–	37	37	M5	4
37	37	47	47	M6	12
47/57/67	39/47/49/57/67	57/67	–	M6	12
77/87/97	77/87/97	77/87/97	–	M8	30
107	107	–	–	M10	59
127/157	127/157	–	–	M12	100

15. Make sure that the remaining gap between counter bushing and hollow shaft end, between both outer rings of the shrink disk and between hollow shaft end and clamping ring is > 0 mm.

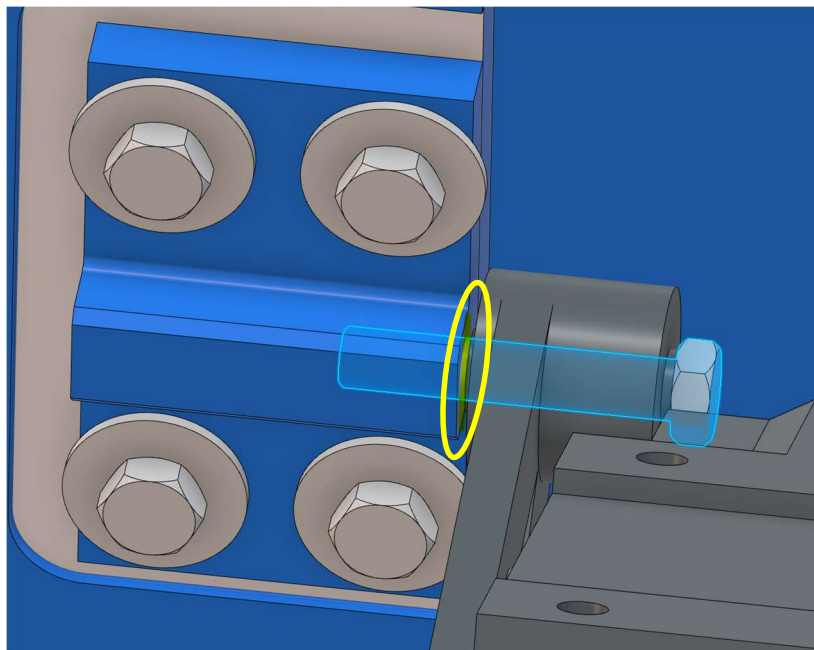


24640293643

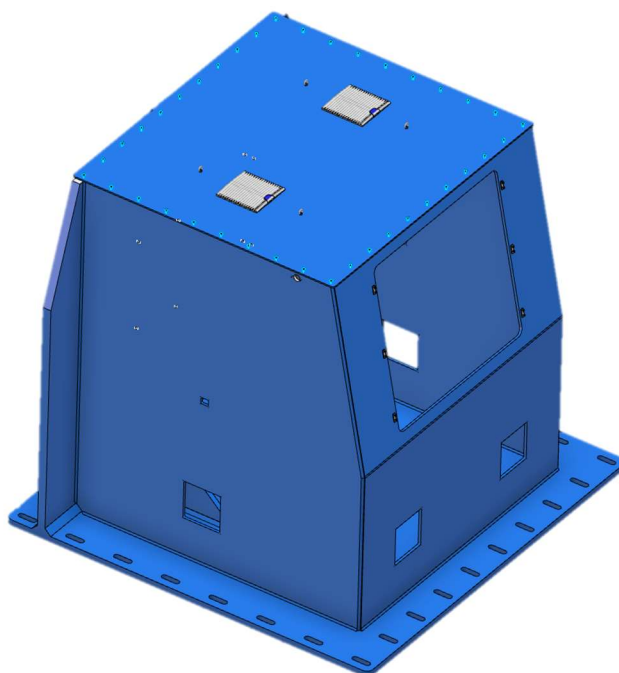
Figuur 7: Montage van de motoren 6 [2]



Eens de motoren correct gemonteerd zijn, verschuif de torsiearmblokken zo dicht mogelijk tegen de torsiearmen van de motoren. Span de standaardonderdelen (Ref. 12, 100.104.024.080) aan tot het opgegeven aanhaalmoment. Indien er nog een spleet (geel) zit tussen de torsiearm en het torsiearmblok, vul de spleet op met pasringen of sluitringen (M24, 300 HV) zodat de zeskantbout aangespannen kan worden zonder de torsiearm te verbuigen. Span de zeskantbouten (Ref. 13, 100.103.024.130) aan op het aangegeven moment, smeer de schroefdraadverbinding in met Molykote HSC.



12. Laat het vooraf samengestelde bovendecksel (9.S5115) zakken op de stoelen met de vier hijsogen. Borg het deksel met de standaardonderdelen zoals op de samenstellingstekening (detail K). Zet de zeskantbouten vast met het opgegeven aanhaalmoment.

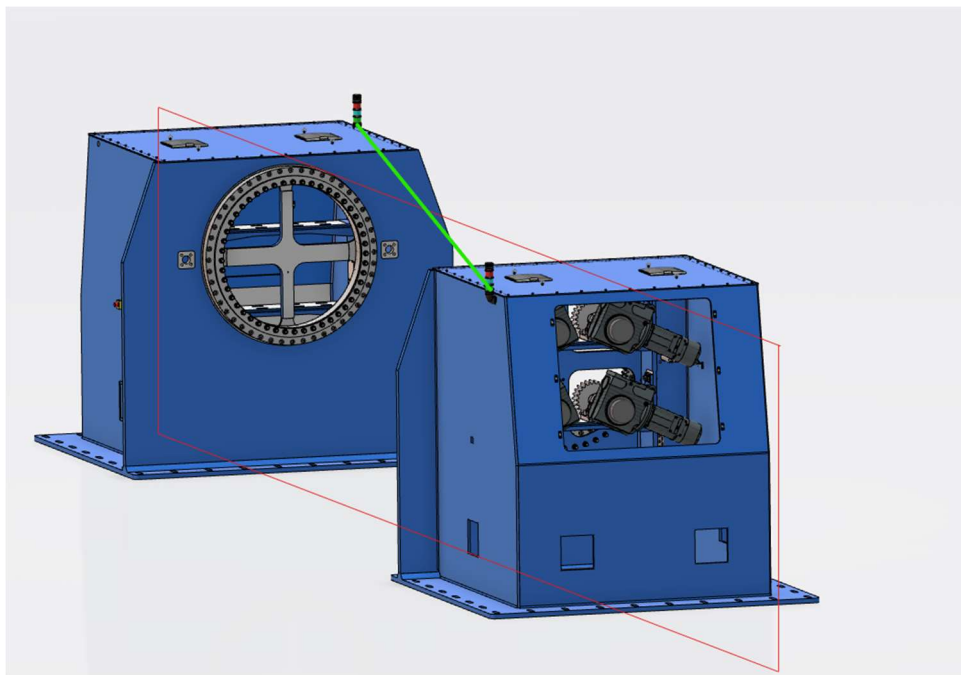


Deze stap kan ook later in het montageproces uitgevoerd worden, maar om de onderdelen in de stoel te beschermen tegen stof en vervuiling wordt het deksel best zo snel mogelijk gemonteerd.

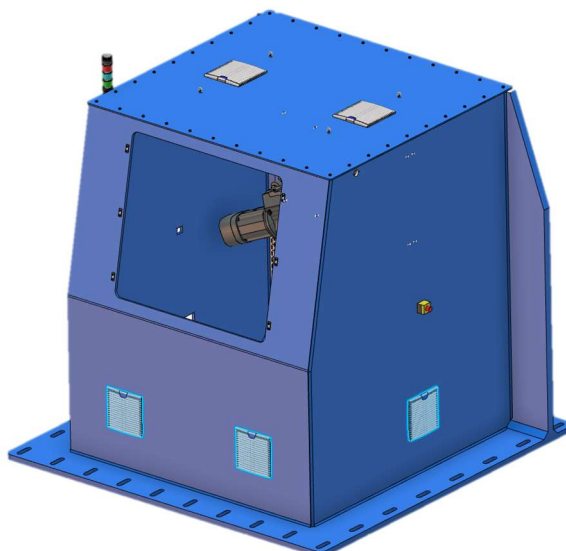
13. Monteer de noodstoppen op de stoelen met de bijgeleverde schroeven zoals op de samenstellingstekening (detail T). Markeer eerst de positie van de montagegaten en boor voor met een metaalboor $\varnothing 3,3$ (M4). Breng en soeverein aan en breng schroefdraad aan met een handtap en snijolie (M4).
De positionering van de noodstoppen hangt af van de positie van de elektrische kast. Waar de kast komt, komt geen noodstop.



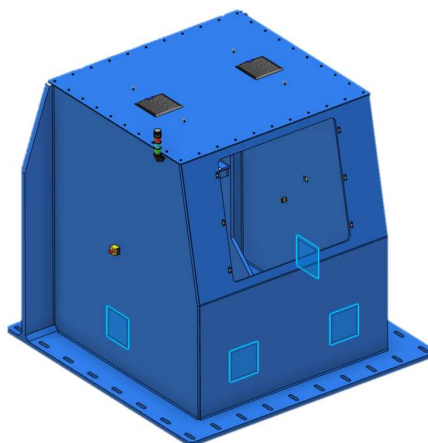
14. Monteer de vooraf samengestelde signaalzuilen (9.T522)1 op de stoelen met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstelling (detail S). Positioneer de twee zuilen zodat ze diagonaal t.o.v. elkaar staan over de lengte van de machine. Markeer eerst de positie van de montagegaten en boor voor met een metaalboor $\text{Ø}4,2$ (M5). Breng en soeverein aan en breng schroefdraad aan met een handtap en snijolie (M5). Steek de meegeleverde kabel door het doorgangsgat en rol het voorlopig op en houdt het bij elkaar met een kabelbinder.



15. Monteer de drie ventilatieroosters (9.V5103-34) in de doorgangsgaten van de stoel met de motoren. Laat de doorgang waar de elektrische kast komt vrij. Monteer de roosters met de bijgeleverde schroeven zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail L). Markeer eerst de positie van de montagegaten en boor voor met een metaalboor $\text{Ø}3,3$ (M4). Breng en soeverein aan en breng schroefdraad aan met een handtap en snijolie (M4).



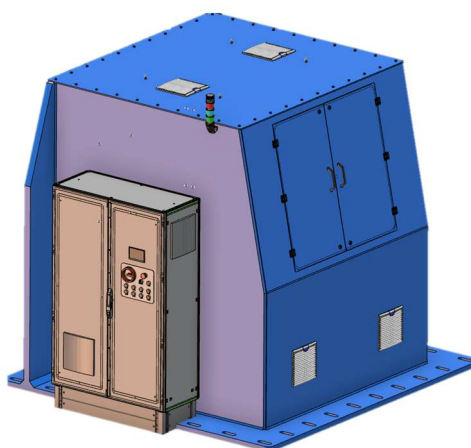
16. Monteer de afsluitplaten (9.T5123) op de stoel zonder motoren zodat alle doorgangsgaten afgesloten zijn met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstellingstekening (detail U). Markeer eerst de positie van de montagegaten en boor voor met een metaalboor $\text{\O}3,3$ (M4). Breng en soeverein aan en breng schroefdraad aan met een handtap en snijolie (M4).



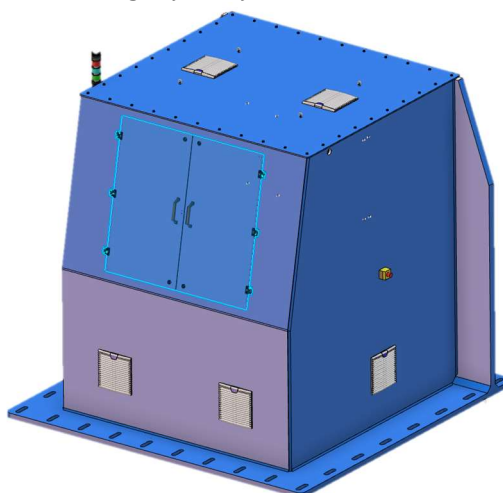


17. Plaats de kast op de gewenste plaats aan de machine zoals gedimensioneerd op de hoofdsamenstellingstekening. Markeer hiervoor waar de uitsparing in de sokkel moet komen



Slijp de uitsparing uit de sokkel en breek de kanten. Doe dit in de geschikte omgeving met de benodigde PBM's.




18. Monteer de vooraf samengestelde deuren (9.S5113) op de stoelen met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstelling (detail N). Zet de verzonken schroeven nog niet vast en lijn de deuren uit t.o.v. elkaar zodat de stoel correct afgesloten wordt, de deuren parallel lopen, de sluitingen op de stoel kunnen aangrijpen en de deuren geopend kunnen worden met de scharnieren. Vergeet de spacers niet tussen de stoel en de scharnieren te plaatsen. Zet de standaardonderdelen vast met het opgegeven aanhaalmoment eens de deuren uitgelijnd zijn.



19. Monteer de Eaton contactloze schakelaars (Ref. 5, 9.V5103-15) op de deuren met de standaardonderdelen zoals op de hoofdsamenstelling (detail R). Lijn de schakelaars uit zodat er een onderlinge afstand tussen 8 en 19 mm is (Ref. 5). Zet de cilinderkopschroeven vast met het opgegeven aanhaalmoment eens de schakelaars zijn uitgelijnd. Rol de meegeleverde kabel voorlopig op en houdt het bij elkaar met een kabelbinder.

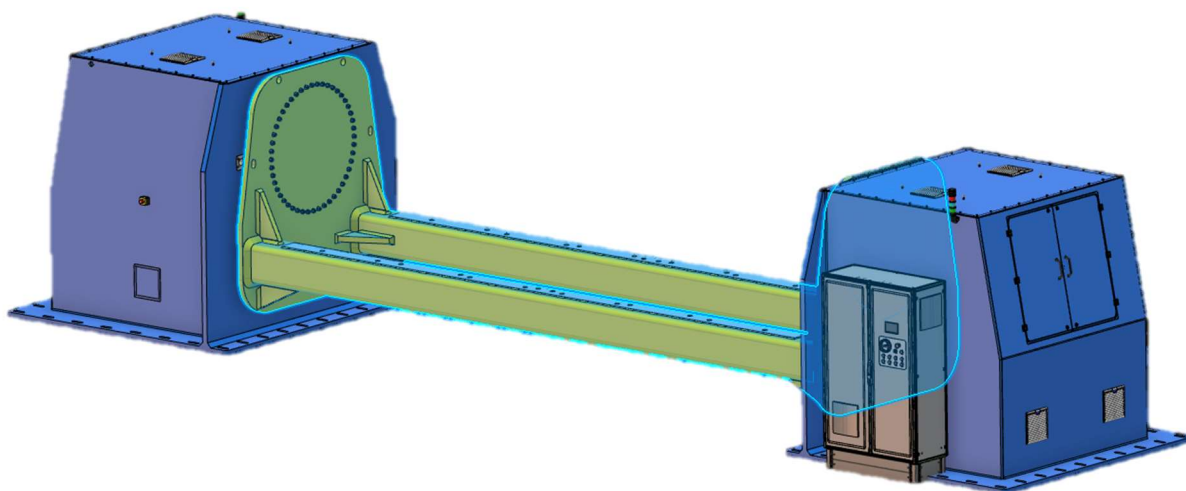
-   20. De brug kan gemonteerd worden eens de stoelen samengebouwd zijn en in hun juiste positie staan. De montage van de brug op de draaikranslagers verloopt analoog aan stap 2. Controleer eerst alle bouten die de draaikranslagers verbinden met de stoelen op moment.

-  Manipuleer de brug m.b.v. harpsluitingen (werklast min 4 ton) in de vier doorgangsgaten aan de bovenkant van de zijplaten van de brug. Gebruik een hijsjuk of -spreader om de last te verdelen en de zijplaten zo min mogelijk te verbuigen. Alternatief kunnen oogbouten door de gaten in de vierkante kokers gemonteerd worden om te hijsen. Let op dat de zijplaat met het getapte gat aan de kant van de stoel met motoren zit.

Monteer de brug eerst aan de stoel met de motoren. Verplaats dan de stoel zonder motoren en monteer dat draaikranslager op de brug.

Zet alle zeskantmoeren van de ankerbouten vast met het moment aangegeven door de leverancier/ingenieur. Ondersabel de eventuele spleet onder de stoelen.

Controleer na het monteren van de brug alle bouten van de draaikranslagers op moment. Herhaal deze controle na 100 bedrijfsuren, daarna jaarlijks. Deze controle verloopt diametraal en de gecontroleerde bouten kunnen gemarkeerd worden.





21. Monteer de zeskantbout (Ref. 6, 100.101.010.140) en de zeskantmoer op de brug zodat een onderlinge afstand met de inductieve schakelaar van $4 \pm 0,4$ mm bekomen wordt (Ref. 6). Borg de bout op verdraaiing met de zeskantmoer.
22. Smeer de vertanding van de draaikranslagers en de rondsels in met Total CERAN ST2



6 Legende



Dit icoon verwijst naar locatie(s) waar meer informatie te vinden is voor het correct uitvoeren van de taak of naar bijkomende informatie over het onderdeel bij dit icoon.



Bij dit icoon worden tips en handige trucs vermeld die de monteur kan toepassen om de taak beschreven bij dit icoon gemakkelijker uit voeren.



Dit waarschuwingsicoon geeft aan dat de het onderdeel of de motor niet correct zal functioneren of beschadigd kan geraken bij het niet correct uitvoeren van de taak beschreven bij dit icoon.



Dit waarschuwingsicoon geeft aan dat de monteur gekwetst kan geraken bij het niet correct uitvoeren van de taak beschreven bij dit icoon.

7 Geciteerde werken

[1] T. Lenoir, Onderhoudstechnieken, Gent: Odisee, 2017.

[2] SEW-Eurodrive, Addendum to the operationg instructions - TorqLOC Hollow shaft mounting system with flange, SEW-Eurodrive, 2020.