

2013•2014  
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN  
*master in de industriële wetenschappen: elektromechanica*

## Masterproef

Ontwerp en ontwikkeling van een rolstoelrem met terugloopp functie

Promotor :  
ing. Tim CLUKERS

Promotor :  
Dhr. STIJN LANGENAKEN  
Dhr. PETER DAEMS

Jeroen Vrolijkx

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektromechanica*

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2013•2014

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

*master in de industriële wetenschappen: elektromechanica*

## Masterproef

Ontwerp en ontwikkeling van een rolstoelrem met  
terugloopfunctie

Promotor :  
ing. Tim CLUKERS

Promotor :  
Dhr. STIJN LANGENAKEN  
Dhr. PETER DAEMS

Jeroen Vrolijkx

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële  
wetenschappen: elektromechanica*



## Woord vooraf

Ter afsluiting van mijn studies industrieel ingenieur met als specialisatie elektromechanica, publiceer ik deze master scriptie. Het onderwerp van deze thesis sluit volledig aan bij mijn specialisatie en bleek uitermate boeiend en leerrijk te zijn. Via deze masterproef is mijn praktijkervaring, en vooral ontwerpkenis enorm bijgeschaafd.

Deze kans is mij aangeboden via de Universiteit Hasselt in samenwerking met Spronken Orthopedie. Graag wil ik mijn oprechte dank aanbieden aan ieder die heeft bijgedragen tot de verwezenlijking van dit eindwerk.

In de eerste plaats wil ik mijn interne promotor Drs. Ing. Tim Clukers bedanken voor de hulp die hij mij geboden heeft tijdens het realiseren van dit project. Verder wil ik ook een bijzonder dankwoord richten aan prof. Dr. Ir. Michaël Daenen. Met een uitstekende begeleiding stond hij me steeds bij, telkens met de nodige uitleg en advies.

Vervolgens zou ik ook graag mijn externe promotor dhr. Stijn Langenaken bedanken. Hij zorgde voor een vlekkeloze samenwerking met het bedrijf Spronken Orthopedie. Eveneens wil ik dhr. Peter Daems bedanken voor de nodige informatie te verschaffen op het gebied van rolstoelen. Een volgend dankwoord zou ik willen uitschrijven aan dhr. Olivier Oosterbosch voor het vervolledigen van het dossier inzake orthopedische standpunten.

Voor alle hulp geboden bij het technische productie aspect wil ik de volledige staf van de Provinciale Secundaire school te Bilzen bedanken. In het bijzonder dhr. Peter Evens die mij hielp bij het productieproces van het prototype tot een goed einde te brengen. Ook ben ik Cyriel Bernearts dankbaar voor de inzichten inzake productie.

Tot slot ben ik mijn familie en vrienden dankbaar, net als iedereen die me op een of andere manier heeft geholpen. Voornamelijk dank ik mijn ouders voor zowel de morele als financiële steun gedurende mijn studieperiode.



# Inhoudsopgave

|          |                                             |           |
|----------|---------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Probleemstelling .....</b>               | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Rolstoelen.....</b>                      | <b>9</b>  |
| 2.1      | <i>Manuele rolstoel .....</i>               | <i>9</i>  |
| 2.1.1    | Actieve rolstoel.....                       | 9         |
| 2.1.2    | Semi actieve rolstoel.....                  | 9         |
| 2.1.3    | Verzorgingsrolstoel.....                    | 10        |
| 2.2      | <i>Elektrische rolstoel .....</i>           | <i>10</i> |
| <b>3</b> | <b>Remsystemen .....</b>                    | <b>11</b> |
| 3.1      | <i>Frictierem.....</i>                      | <i>11</i> |
| 3.1.1    | Klassieke vergrendeling.....                | 11        |
| 3.1.2    | Schaar vergrendeling .....                  | 11        |
| 3.1.3    | Voet vergrendeling .....                    | 12        |
| 3.2      | <i>Trommelrem .....</i>                     | <i>12</i> |
| 3.3      | <i>Schijfrem.....</i>                       | <i>13</i> |
| 3.4      | <i>Automatische rolstoelrem.....</i>        | <i>13</i> |
| 3.5      | <i>Vergelijking remsystemen .....</i>       | <i>14</i> |
| <b>4</b> | <b>Bevestigingsopties .....</b>             | <b>15</b> |
| <b>5</b> | <b>Eisenpakket.....</b>                     | <b>17</b> |
| <b>6</b> | <b>Conceptueel ontwerpen.....</b>           | <b>19</b> |
| 6.1      | <i>Principes .....</i>                      | <i>19</i> |
| 6.1.1    | Naaf.....                                   | 19        |
| 6.1.2    | As.....                                     | 19        |
| 6.1.3    | Band .....                                  | 20        |
| 6.2      | <i>Concepten.....</i>                       | <i>20</i> |
| 6.2.1    | Veersysteem.....                            | 20        |
| 6.2.2    | <i>Spring plunger</i> systeem.....          | 21        |
| 6.2.3    | Buigsysteem.....                            | 22        |
| 6.3      | <i>Finaliseren.....</i>                     | <i>23</i> |
| <b>7</b> | <b>Prototype.....</b>                       | <b>25</b> |
| 7.1      | <i>Basisplaat .....</i>                     | <i>25</i> |
| 7.2      | <i>Standenplaat .....</i>                   | <i>26</i> |
| 7.3      | <i>Rotatie arm .....</i>                    | <i>27</i> |
| 7.4      | <i>Montagescharnier en veersysteem.....</i> | <i>30</i> |

|           |                                                    |           |
|-----------|----------------------------------------------------|-----------|
| 7.5       | <i>Assen</i> .....                                 | 31        |
| 7.5.1     | As buigarm .....                                   | 31        |
| 7.5.2     | As montagescharnier .....                          | 32        |
| 7.6       | <i>Rail</i> .....                                  | 33        |
| 7.7       | <i>Klemblokken</i> .....                           | 33        |
| 7.8       | <i>Remblokken</i> .....                            | 34        |
| 7.8.1     | Remblok parkeerrem .....                           | 34        |
| 7.8.2     | Remblok teruglooprem .....                         | 34        |
| 7.9       | <i>Lager</i> .....                                 | 35        |
| 7.10      | <i>Aankooponderdelen</i> .....                     | 37        |
| 7.11      | <i>Assemblage</i> .....                            | 37        |
| <b>8</b>  | <b>Testfase</b> .....                              | <b>39</b> |
| <b>9</b>  | <b>Materiaalkeuze</b> .....                        | <b>41</b> |
| 9.1       | <i>Basisplaat</i> .....                            | 41        |
| 9.2       | <i>Rotatie arm</i> .....                           | 43        |
| 9.3       | <i>Assen</i> .....                                 | 44        |
| 9.4       | <i>Remblokken, positiepenen en cilinders</i> ..... | 44        |
| 9.5       | <i>Klemblokken</i> .....                           | 45        |
| 9.6       | <i>Rail</i> .....                                  | 45        |
| 9.7       | <i>Montage adapter</i> .....                       | 45        |
| <b>10</b> | <b>Prototype II</b> .....                          | <b>47</b> |
| 10.1      | <i>Basisplaat</i> .....                            | 47        |
| 10.2      | <i>Positie cilinders</i> .....                     | 48        |
| 10.3      | <i>Positie penen</i> .....                         | 49        |
| 10.4      | <i>Rotatie arm</i> .....                           | 50        |
| 10.5      | <i>Remblokken</i> .....                            | 51        |
| 10.5.1    | Remblok parkeerrem .....                           | 51        |
| 10.5.2    | Remblok teruglooprem .....                         | 52        |
| 10.6      | <i>Veiligheidsbeugel</i> .....                     | 52        |
| 10.7      | <i>Montage adapter</i> .....                       | 53        |
| <b>11</b> | <b>Testfase en aanbevelingen</b> .....             | <b>55</b> |
| <b>12</b> | <b>Prijsberekening</b> .....                       | <b>57</b> |
| <b>13</b> | <b>Enquête</b> .....                               | <b>61</b> |

## Lijst van tabellen

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1: Vergelijking remsystemen .....                           | 14 |
| Tabel 2: Schakelafstand in functie van schakelhoek .....          | 26 |
| Tabel 3: Perspassing lager .....                                  | 34 |
| Tabel 4: Diameter ratio's .....                                   | 34 |
| Tabel 5: Lagerkeuze.....                                          | 36 |
| Tabel 6: Duurste offerte prototype II.....                        | 57 |
| Tabel 7: Goedkoopste offerte prototype II .....                   | 57 |
| Tabel 8: Eenheidsprijs van de aankooponderdelen per aantal .....  | 58 |
| Tabel 9: Kostprijs aanmaakonderdelen voor 25 000 rolstoelen ..... | 58 |
| Tabel 10: Bepaling afmetingen buigarm .....                       | 71 |
| Tabel 11: Radiaalkracht bij verschillende lengtes remarm.....     | 72 |
| Tabel 12: Aankooponderdelen .....                                 | 77 |
| Tabel 13: Waardes young's modulus.....                            | 90 |



## Lijst van figuren

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Afbeelding 1: Actieve rolstoel.....                                                               | 9  |
| Afbeelding 2: Semi actieve rolstoel.....                                                          | 9  |
| Afbeelding 3: Verzorgingsrolstoel.....                                                            | 10 |
| Afbeelding 4: Elektrische rolstoel.....                                                           | 10 |
| Afbeelding 5: Klassieke vergrendeling.....                                                        | 11 |
| Afbeelding 6: Schaar vergrendeling.....                                                           | 11 |
| Afbeelding 7: Werking voet vergrendeling.....                                                     | 12 |
| Afbeelding 8: Overzicht trommelrem.....                                                           | 12 |
| Afbeelding 9: Schijfrem.....                                                                      | 13 |
| Afbeelding 10: Automatische rolstoelrem.....                                                      | 13 |
| Afbeelding 11: Veersysteem gebruikt voor inklemming.....                                          | 20 |
| Afbeelding 12: Doorsnede veersysteem      Afbeelding 13: Haaks veersysteem.....                   | 21 |
| Afbeelding 14: Rotatie arm van het <i>spring plunger</i> systeem.....                             | 21 |
| Afbeelding 15: Buigsysteem.....                                                                   | 22 |
| Afbeelding 16: Basisplaat prototype I.....                                                        | 25 |
| Afbeelding 17: Pocket in buigarm                      Afbeelding 18: Vormgeving standenplaat..... | 26 |
| Afbeelding 19: Rotatie arm.....                                                                   | 27 |
| Afbeelding 20: Krachtvectoren.....                                                                | 29 |
| Afbeelding 21: Montagescharnier met veersysteem.....                                              | 31 |
| Afbeelding 22: As buigarm.....                                                                    | 32 |
| Afbeelding 23: Rail.....                                                                          | 33 |
| Afbeelding 24: Principe eenrichtingslager.....                                                    | 35 |
| Afbeelding 25: Doorsnede vrijlooppkoppeling HFL 0822 KF.....                                      | 36 |
| Afbeelding 26: Exploded view lagering.....                                                        | 37 |
| Afbeelding 27: Samenstelling prototype I.....                                                     | 38 |
| Afbeelding 28: Materiaalkeuze basisplaat.....                                                     | 42 |
| Afbeelding 29: Materiaalselectie rotatie arm.....                                                 | 43 |
| Afbeelding 30: Materiaalkeuze montage adapter.....                                                | 46 |
| Afbeelding 31: Vooraanzicht basisplaat.....                                                       | 47 |
| Afbeelding 32: Simulatierapport verplaatsing van de basisplaat.....                               | 48 |
| Afbeelding 33: Positie cilinders in basisplaat.....                                               | 49 |
| Afbeelding 34: Positie pennen.....                                                                | 49 |
| Afbeelding 35: Simulatierapport buigarm.....                                                      | 51 |
| Afbeelding 36: Remblok parkeerrem.....                                                            | 51 |
| Afbeelding 37: Teruglooprem.....                                                                  | 52 |
| Afbeelding 38: Veiligheidsbeugel.....                                                             | 52 |
| Afbeelding 39: Vormgeving montage adapter.....                                                    | 53 |
| Afbeelding 40: Kostprijs per rolstoel.....                                                        | 59 |
| Afbeelding 41: Leeftijdsverdeling steekproef.....                                                 | 61 |
| Afbeelding 42: Spider chart functionaliteit traditionele rolstoelrem.....                         | 62 |
| Afbeelding 43: Taartdiagram meerwaarde van een teruglooprem.....                                  | 62 |
| Afbeelding 44: Stappen spuitgietsproces.....                                                      | 68 |
| Afbeelding 45: Cyclustijd spuitgietsproces.....                                                   | 69 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Afbeelding 46: Ribstructuur .....                               | 69 |
| Afbeelding 47: Rib profiel .....                                | 70 |
| Afbeelding 48: Simulatie afgesneden buigarm .....               | 72 |
| Afbeelding 49: Radiaal en axiaalkrachten op de remarm .....     | 73 |
| Afbeelding 50: Simulatie van krachtinwerking op de remarm ..... | 73 |
| Afbeelding 51: Laserproces .....                                | 74 |
| Afbeelding 52: Boren .....                                      | 74 |
| Afbeelding 53: Frezen .....                                     | 75 |
| Afbeelding 54: Draaien .....                                    | 75 |
| Afbeelding 55: Werking klemblokken.....                         | 75 |
| Afbeelding 56: Extruderen .....                                 | 76 |
| Afbeelding 57: Remblok parkeerrem .....                         | 76 |
| Afbeelding 58: Stress - strain curve.....                       | 90 |
| Afbeelding 59: Indicatie young's modulus .....                  | 91 |
| Afbeelding 60: Yield strength.....                              | 91 |
| Afbeelding 61: Materiaalkeuze basisplaat .....                  | 92 |
| Afbeelding 62: Vergelijking compressive strength.....           | 93 |
| Afbeelding 63: Prototype II .....                               | 94 |



## Verklarende woordenlijst

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| Al                 | Aluminium                             |
| Circlip            | Borgveer, Borgring                    |
| E                  | Young's modulus                       |
| FDM                | Fused Deposition Modeling             |
| Fe                 | Ijzer                                 |
| FOS                | Factor of safety                      |
| GPa                | Giga pascal                           |
| Granulaat          | Materiaal in korrelvorm               |
| Matrijs            | Mal of gietvorm                       |
| Modulus of rupture | Flexural strength                     |
| MPa                | Mega Pascal                           |
| N                  | Newton                                |
| Nozzle             | Spuitmond, spuitkop                   |
| RVS                | Roestvrij staal                       |
| Shim               | Genomaliseerde kunststof afstandsring |
| PC                 | Polycarbonaat                         |
| Vrijlooppkoppeling | Eenrichtingslager                     |



## **Abstract**

Spronken Orthopedie te Genk levert medische hulpmiddelen voor de gezondheidszorg. Onderzoek naar een innovatieve rolstoelrem, waarbij een teruglooprem wordt toegevoegd, is de doelstelling. Deze masterproef behandelt het ontwerp van een rolstoelrem die twee remprincipes zal mogelijk maken.

De designeisen ter ontwikkeling van deze rem zijn meervoudig. Eerst en vooral is implementatie van drie verschillende standen vereist: ten eerste een parkeerrem waarbij het rolstoelwiel volledig wordt geblokkeerd, ten tweede een vrij stand en tenslotte een teruglooprem. Deze laatste zorgt ervoor dat het rolstoelwiel enkel voorwaarts kan bewegen. Verder is gebruiksvriendelijkheid en kostprijs van belang, alsook universele toepasbaarheid.

De verschillende standen zijn bereikt door middel van inklemming. Dit is mogelijk door flexibiliteit van de gebruikte materialen in het remmechanisme. Een eenrichtingslager zal instaan voor het verhinderen van de achterwaartse beweging van de rolstoel. Verschillende koppelstukken zullen tenslotte universele montage mogelijk maken.



## **Abstract in English**

Spronken Orthopaedics delivers medical supplies for healthcare. The goal of this master's thesis is researching an innovative wheelchair braking system. A rollback brake is introduced. This thesis investigates the design of a wheelchair brake, which makes this possible and marketable.

Design requirements to produce this brake were multiple. First of all is implementation of three different brake positions requisite. First a parking brake. Second a neutral position. No brake is activated. Finally a rollback brake is implemented. This last function allows the wheelchair to move forward but not backwards. Important properties are production costs, user-friendly and universal applicability.

The different brakes are accessible per impingement. Made possible by means of flexibility originating from used materials in the braking system. Drawn cup roller clutches will prevent rearward movement of the wheelchair. Different connectors make universal mounting possible.



## Inleiding

Deze master scriptie handelt over de ontwikkeling van een rolstoelrem. Het doel van deze rem is het achteruitlopen van de rolstoel te verhinderen indien ongewenst voor de patiënt. Via de Universiteit Hasselt krijg ik, als masterstudent industrieel ingenieur, de kans hiervoor samen te werken met Spronken Orthopedie.

Spronken Orthopedie is een bedrijf gespecialiseerd in het leveren van medische hulpmiddelen toegepast in de gezondheidszorg. De hoofduitvalsbasis van het bedrijf is gevestigd in Genk. Over Nederland en België verspreid, heeft Spronken 120 werknemers tewerkgesteld. Daardoor is dat deze instelling een van de grootste leveranciers is van medische hulpmiddelen in de gezondheidszorg. Specialist zijn ze op het gebied van prothesen, revalidatiemateriaal en rolstoelen[B1].

De rolstoel is een van het meest ingeburgerde medische hulpmiddel in onze maatschappij. Het moet daarom zo gebruiksvriendelijk mogelijk zijn. Deze denkwijze inspireerde tot een nieuw ontwerp van de rolstoelrem, die beter aan de behoeften van de patiënten voldoet.

Een verpleger werkzaam in het psychiatrisch ziekenhuis in Bilzen concludeerde dat veel patiënten moeite hadden met het zelfstandig beklimmen van een helling. De Provinciale Secundaire School Bilzen werd gecontacteerd om een functionerend systeem te ontwikkelen dat mechanisch op de rolstoel kon worden geplaatst. De laatstejaarsstudenten ontwikkelden het afgelopen jaar een bruikbaar systeem. Spronken kwam dit project op het spoor en had de intentie het product te produceren en vervolgens te installeren op hun rolstoelen. Bijlage A geeft een van de vergaderverslagen weer.

Het tot dan toe ontwikkelde product was op gebied van productie en commercialisatie echter niet interessant. Een nieuw systeem ontwikkelen is noodzakelijk om de gebruiksvriendelijkheid en enkele essentiële eisen te garanderen. Spronken zag zo een kans, om via de UHasselt een masterproef aan deze ontwikkeling te koppelen.

Deze scriptie omvat een onderzoek naar de optimalisatie van een reeds bestaand idee. Volgens de eisen van het bedrijf en de bestaande medische normen zal er zo een nieuwe rem ontwikkeld worden. Het eindproduct zal universeel toepasbaar zijn zowel qua gebruik als montage.

Eerst wordt er een marktstudie uitgevoerd in combinatie met het opstellen van een eisenpakket. Uit deze eisen vloeien verschillende concepten voort waarbij er vervolgens een prototype wordt ontwikkeld. Na een testfase zal er een evaluatie worden opgemaakt met een nieuw ontwerp tot gevolg. Een tweede prototype wordt geproduceerd en doorloopt dezelfde weg. Hierna zal er een eindproduct en conclusie worden geformuleerd.





# 1 Probleemstelling

Het merendeel van de rolstoelgebruikers zijn personen die niet meer goed te been zijn. Deze patiënten zijn dan ook beperkt in hun mobiliteit en zelfstandigheid. Deze mensen kunnen zich moeilijk verplaatsen zonder hierbij afhankelijk te zijn van derden. Dit is zeker het geval wanneer er zich een hellend vlak op hun route bevindt. Er dient constant kracht uitgeoefend te worden om dit hellend vlak te kunnen overwinnen. In de meeste gevallen is deze kracht gewoon niet aanwezig bij de patiënt en zal deze hindernis ook niet zelfstandig kunnen overwonnen worden. De rolstoelgebruiker krijgt op geen enkel moment een rustpauze. Onder invloed van de zwaarte kracht zal de rolstoel meteen achterwaarts bewegen. Dit neemt het comfort weg dat een rolstoel dient te bieden.

Statische situaties als in of uit de rolstoel stappen zijn vaak ook problematisch. De rolstoel loopt weg bij deze beweging, wat ongelukken en onzekerheid in de hand werkt. Een remsysteem waarbij de rolstoel niet meer achteruit loopt biedt de oplossing. Niet alleen voor het opstaan, ook naar maaltijden en revalidatie toe. De nauwkeurige positionering van de rolstoel is hier telkens van belang[B2]. Begeleiders van de rolstoelpatiënt halen ook zeker hun voordeel uit zulk systeem. De belasting zal voor hun afnemen, en de inspanning wordt verlicht. Activiteiten als sleutels nemen of een gsm beantwoorden wordt mogelijk gemaakt.

Kortom kan worden besloten dat er een gevarieerd toepassingsgebied bestaat voor een teruglooprem. Bovenstaande aangehaalde ongemakken worden vermeden en het comfort van de patiënt en de begeleider zal stijgen. In hoofdstuk 5 worden de eisen uiteengezet waaraan dit remsysteem dient te voldoen.



## 2 Rolstoelen

Ontwerpen van een teruglooprem kan enkel na het bestuderen van de bestaande rolstoelen. Deze kan men opdelen in twee grote groepen: de manuele – en elektrische rolstoelen.

### 2.1 Manuele rolstoel

#### 2.1.1 Actieve rolstoel

De rolstoelgebruiker van dit type rolstoel trachten op zelfstandige basis voort te bewegen. Er wordt verwacht dat autonome uitstappen binnen – en buitenshuis mogelijk zijn. De gebruiker heeft vaak een rolstoel nodig zelfzorg en werkactiviteiten met intensief gebruik tot gevolg. Sociale, economische en maatschappelijke behoeften zijn een streefdoel. Daar draagt een snelle, lichte en wendbare rolstoel toe bij. Van de patiënt, dikwijls volledig afhankelijk van de stoel, wordt verwacht over voldoende kracht en uithouding te beschikken, om deze zelfstandigheid tot zijn recht te laten komen. Afbeelding 1 geeft een typische actieve rolstoel weer[B3-B4].



Afbeelding 1: Actieve rolstoel

#### 2.1.2 Semi actieve rolstoel

De gebruiker van deze rolstoel is beperkt in zijn mobiliteit. Dagelijks gebruik, met als doel verplaatsingen binnen – en buitenshuis, is normaal voor deze patiënt. De rolstoel is een hulpmiddel om sociale en maatschappelijke activiteiten mogelijk te maken. Zowel langdurig, tijdelijk en continu gebruik zijn aan de orde. Enkele standaard uitbreidingen zijn voorhanden zoals een arm – en beensteun. Individuele aanpassingen zijn niet gebruikelijk bij dit type rolstoel. De semi actieve rolstoel is naast de meest gebruikte rolstoel ook vaak opvouwbaar en relatief goedkoop[B3]. Deze rolstoel, zichtbaar in afbeelding 2, is voor ogen gehouden bij de ontwikkeling van de teruglooprem. Toespitsen op de grootst mogelijke afzetmarkt is aan de orde.



Afbeelding 2: Semi actieve rolstoel

### 2.1.3 Verzorgingsrolstoel

Patiënten die een verzorgingsrolstoel nodig hebben, zijn blijvend zorgafhankelijk van hulpverleners. Verplaatsingen maken zonder de rolstoel is uitgesloten, de zithouding van de gebruiker moet immers volledig ondersteund worden. Individuele aanpassingen zijn noodzakelijk net als permanent gebruik. Deelnemen aan sociale – of gezinsactiviteiten kan enkel en alleen via deze rolstoel, waarvan een voorbeeld hieronder is afgebeeld[B5]. De gebruiker is niet in staat om de rolwagen te besturen of voort te duwen wegens ernstige bewegings – of psychische beperkingen.



Afbeelding 3: Verzorgingsrolstoel

### 2.2 Elektrische rolstoel

De functionaliteit is dezelfde als van een manuele rolstoel. Voortbeweging zal echter via een elektrische motor gebeuren, waarbij een joystick in staat voor de besturing van de rolstoel. Gebruikers winnen zo zelfstandigheid terug. Kracht is immers niet meer nodig om voort te bewegen. Aan dit systeem hangt echter wel een prijskaartje vast wat veel patiënten niet kunnen betalen. Onderstaande afbeelding geeft een elektrische rolstoel weer[B3].



Afbeelding 4: Elektrische rolstoel

## 3 Remsystemen

Een globaal beeld schetsen van de verschillende remsystemen op de markt is van belang voor dit onderzoek.

### 3.1 Frictierem

Het meest voorkomende remsysteem op de markt is de frictierem. Eenvoud en kostprijs zijn de troeven van dit systeem. Wrijving ligt aan de basis van de werking. Een remblok wordt tegen de band gedrukt, dit veroorzaakt weerstand. Des te groter de indrukking van de band, des te groter de remkracht. De hoofdtoepassing van dit principe is te vinden in de parkeerrem. Afstelling van dit systeem is van groot belang om een goede werking te garanderen. De frictierem is altijd uitgevoerd aan beide wielen. De meeste marktconforme systemen zijn stroef in bediening, er is enige kracht van de patiënt vereist voor activatie van de rem.

#### 3.1.1 Klassieke vergrendeling

Een hendel zal via een mechanisme een remblok tegen de band aan drukken. Volledig naar achter bewogen zal de rem het wiel blokkeren. Ontgrendelen kan door opnieuw de hendel te bedienen in tegengestelde richting. De remblok komt terug los van de band, en de remmende werking wordt ongedaan gemaakt. Het eenvoudige en goedkoopste systeem is weergegeven in volgende figuur[B6].



Afbeelding 5: Klassieke vergrendeling

#### 3.1.2 Schaar vergrendeling

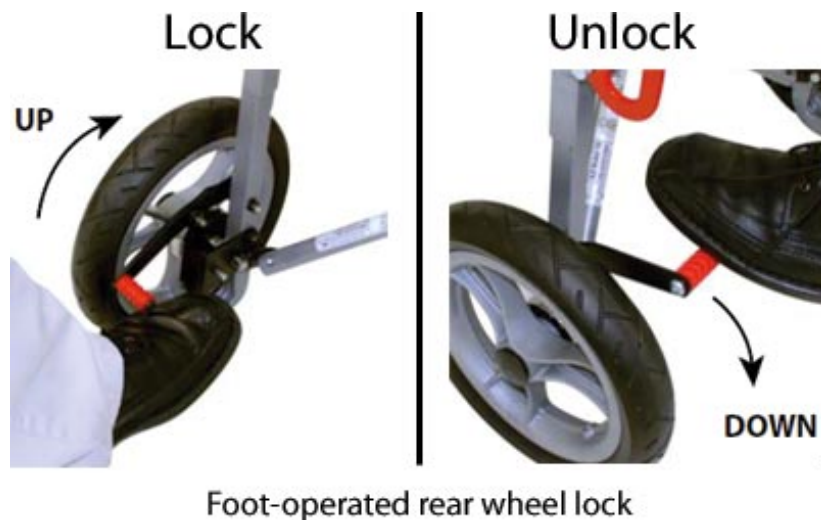
Op de actieve rolstoelen is de schaarvergrendeling een veelgebruikt systeem. Dit type gebruiker verplaatst zijn zwaartepunt naar voor bij het voortbewegen. Hierdoor ontstaat een grotere bewegingscirkel van de bovenste ledenmaten. Het klassieke remsysteem zou hinderlijk zijn bij deze beweging, daarom is het schaarsysteem ontwikkeld. Het werkingsprincipe blijft gelijk, maar nu is de rem weggewerkt onder het zitvlak van de gebruiker, zie afbeelding 6[B7]. Er wordt dus bewegingsvrijheid gecreëerd. Daar waar compactheid en lichtgewicht troeven zijn, is er wel een fijne motoriek vereist voor de bediening van deze rem.



Afbeelding 6: Schaar vergrendeling

### 3.1.3 Voet vergrendeling

Dit remsysteem is hoofdzakelijk bedoeld voor de begeleider. Een pedaal is voorzien aan de achterzijde van de rolstoel, waarmee het blokkeren van beide wielen mogelijk is. Het toepassingsgebied ligt daar waar de patiënt niet meer zelfstandig kan voortbewegen. Verzorgingsrolstoelen en wandelwagens komen vaak in aanmerking voor dergelijk systeem. Het systeem is in afbeelding 7 duidelijk weergegeven[B8].

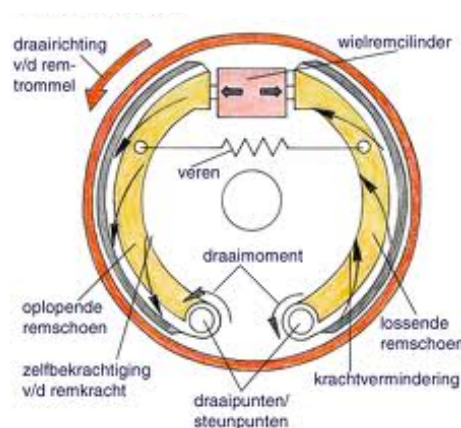


Afbeelding 7: Werking voet vergrendeling

### 3.2 Trommelrem

In een trommelrem worden twee half maanvormige remschoenen omgeven door een remtrommel. De remschoenen, bevestigd op een vast ankerpunt, draaien niet mee met het wiel. De remtrommel daarentegen volgt de beweging van het wiel. Bij activatie worden de remschoenen naar buiten geduwd, en maken zo contact met de trommel. Dit veroorzaakt wrijving. Materialen met een hoge wrijvingsweerstand zijn aangewezen. Een veersysteem verzorgt de ontgrendeling. Een verduidelijking van het principe is bijgevoegd in afbeelding 8[B9].

Zulk systeem is duur, en er moet een volledig wiel *custom* geproduceerd worden. Financieel is dit niet haalbaar voor de standaard rolstoel.



Afbeelding 8: Overzicht trommelrem

### 3.3 Schijfrem

Een schijf wordt gekoppeld aan het bewegende mechanisme. De schijf is omgeven door gefixeerde remblokken, meestal vast op het rolstoelframe gemonteerd. Een voorbeeld is getoond in figuur 9[B10]. De remblokken grijpen aan op de schijf. Via wrijving vindt een gedoseerde remmende werking plaats. Een belangrijke troef van dit systeem is de dosering, meestal via een remhendel.

Ook zijn parkeerremmen uitvoerbaar via zulk systeem. Een pin zal ingrijpen in de schijf waarin een patroon van gaten is aangebracht. De stoel blokkeert volledig na ingrijping.



Afbeelding 9: Schijfrem

### 3.4 Automatische rolstoelrem

Het opstaan en het gaan zitten van de patiënt vormt het basisprincipe van deze rem. Hiervoor wordt het lichaamsgewicht in rekening gebracht. De standaard toestand van de rolstoel is vergrendeld, via detectie van gewicht ontgrendeld het systeem. Een daling van het gewicht zal opnieuw de wielen blokkeren. Remmen tijdens de verplaatsing is enkel mogelijk via een tweede remsysteem. Mechanisch uitgebreide systemen als deze zijn kostelijk en onderhoudsgevoelig. Dit systeem is interessant bij ziektebeelden als dementie en alzheimer. Afbeelding 10 geeft zo een automatisch remsysteem weer op basis van een druksensor [B9].



Afbeelding 10: Automatische rolstoelrem

### 3.5 Vergelijking remsystemen

Een grondige vergelijking draagt bij tot een doordachte keuze van remprincipe. Onderstaande tabel 1 geeft deze vergelijking weer.

Tabel 1: Vergelijking remsystemen

| Type rem                | Voordelen                                                                   | Nadelen                                                                             |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Frictierem</b>       | Goedkoop<br>Onderhoudsvriendelijk<br>Flexibel systeem<br>Universele montage | Gevoelige afstelling<br>Enige kracht benodigd bij bediening<br>2 standen: aan/uit   |
| <b>Trommelrem</b>       | Onderhoudsvriendelijk<br>Eenvoudige bediening                               | Duur<br>Volledig wiel noodzakelijk<br>2 standen: aan/uit                            |
| <b>Schijfrem</b>        | Gedoseerd remmen mogelijk<br>Remkracht                                      | Geen parkeerrem<br>Onderhoudsgevoelig<br>Montagemogelijkheden                       |
| <b>Automatische rem</b> | Gebruiksvriendelijk<br>Veiligheid patiënt                                   | Duur<br>2 remsystemen nodig<br>Vervoer zonder patiënt<br>Enkel bij in of uitstappen |



## 4 Bevestigingsopties

De teruglooprem wordt bevestigd op de semi actieve rolstoel. Dit type rolstoel is het meest interessant zowel naar afzetmarkt als qua gebruik. Een grondige studie van deze rolstoel is dus aan de orde, waarbij verschillende types worden opgemeten en vergeleken. Het achterhalen van een universele montage mogelijkheid is de doelstelling.

De wielen zijn als eerste aan de beurt. Het merendeel van de verschillende types zijn uitgerust met 24" wielen. De variatie in bandbreedte is enorm, evenals het gediversifieerde gebruik van volle banden of luchtbanden. De hoogte van de band is hoofdzakelijk gekozen als 1 3/8 inch. Wielnaven komen ook voor in allerlei verschillende afmetingen: diameter, hoogte en breedte zijn vaak afwijkend. De assen variëren in lengte en diameter[B11]. Een universeel systeem ontwikkelen op de as of naaf van een rolstoelwiel blijkt praktisch onhaalbaar.

Het rolstoelframe zelf biedt beperkte bevestigingsopties. De bovenste dwarsbuis van het rolstoelframe is het meest geschikt. De oorspronkelijke rem zit ook hierop gemonteerd. Rekening houden met de plooibare eigenschappen van de rolstoel is ook van belang. Uit de vergelijking van de verschillende rolstoeltypes blijkt, dat er twee grote categorieën van frames zijn: aluminium – en stalen frames. De diameter van het stalen frame bedraagt 22,4mm ten opzichte van de 25,4mm van de aluminium variant.

Ook belangrijk is de horizontale afstand tussen het frame en het middelpunt van de band. Die afstand is wederom afhankelijk van het type rolstoel. Ook de verticale afstand van de bovenste dwarsbuis van het frame tot aan het middelpunt van de naaf kan variëren. Gemiddeld gezien kan worden aangenomen dat de horizontale afstand 38mm bedraagt, en voor de verticale afstand wordt een gemiddelde van 105mm opgetekend. Een systeem waarbij het wiel in de hoogte verstelbaar is komt ook voor.



## 5 Eisenpakket

Het eisenpakket geeft weer waaraan de rolstoelrem dient te voldoen. Deze eisen zijn zowel door Spronken Orthopedie als door de normering opgelegd. Eisen worden opgedeeld in primaire, secundaire en tertiaire eisen.

Primair zal het remsysteem drie verschillende standen omvatten. De parkeerrem en vrijloop zijn de reeds bestaande functies. De teruglooprem wordt toegevoegd aan het geheel. Deze houdt in dat er vooruit wordt bewogen met een minimale weerstand, terwijl achterwaarts de rolstoel blokkeert. De realisatie hiervan zal op een gebruiksvriendelijke manier gebeuren met aandacht voor mechanische eisen, voortkomende uit norm EN 12183. Deze norm stelt dat de rem, een rolstoel bedoeld voor een persoon van maximaal 250kg, volledig tot stilstand moet brengen op een hellend vlak van 7°. Ook dient de rem toegankelijk te zijn op elk moment zowel voor de gebruiker als begeleider. Wanneer de rem 60 000 schakelcyclussen doorstaat aan een frequentie van 0,5Hz dan volgt een goedkeuring voor de duurzaamheidstest[B12].

Verder zal de levensduur van het systeem overeen stemmen met deze van een manuele rolstoel, namelijk 6 jaar. Als laatste primaire eis is gesteld dat de kostprijs per rolstoel maximaal 100 euro bedraagt.

Secundair is van belang dat het remsysteem aan volgende punten voldoet:

- De onderhoudskosten beperken tot 60% van de aankoopprijs van een rolstoel[B13];
- Een richtwaarde van 50 000 stuks is opgelegd als productie aantal;
- Het bedieningspaneel is gelijk of hoger gelegen dan het zitvlak;
- De rem is te monteren op ten minste 80% van de semi-actieve rolstoelen.

Tertiair is van belang dat slijtage gevoelig onderdelen worden vervangen in een tijdspanne van maximaal 3 minuten. Het totale volume van de rolstoel blijft gewaarborgd en opvouwbaarheid gegarandeerd. De kracht die de bediening vereist is lager dan het huidige systeem.



## 6 Conceptueel ontwerpen

Het werkingsprincipe van de rem is bepaald door de begin – en eindtoestand te analyseren. De verschillende deelhandelingen worden achterhaald en vervolgens beschreven. Voor elke functie wordt een oplossing geformuleerd. Daarna worden de verschillende oplossingen besproken, geanalyseerd en geëvalueerd. Dit zal resulteren in de keuze voor de meest geschikte oplossing voor de probleemstelling. Verschillende principes schetsen rond deze oplossing is de volgende stap, in de zoektocht naar het meest geschikte concept.

Conceptueel ontwerpen start vanaf een definitieve oplossing, oftewel het principe is bepaald. Technische tekeningen en simulaties vormen dit concept, waardoor vervolgens een prototype kan worden geproduceerd, getest en beoordeeld. Finaliseren van het product is de laatste stap in de ontwerpfase. Het in productie brengen van het ontwerp is vervolgens aan de orde[B14].

### 6.1 Principes

Principieel zijn er verschillende oplossingen mogelijk. Zo kan de montage van het remsysteem op drie manieren plaats vinden. Een eerste mogelijkheid is montage in de naaf van het rolstoelwiel. Ook behoort de bevestiging op de as zelf tot de opties. Ten slotte kan een bandrem toegepast worden.

#### 6.1.1 Naaf

Een intern systeem inbouwen in de naaf van het rolstoelwiel is een plausibele oplossing. Drie standen creëren kan met een vertanding systeem. Twee tandwielen zitten op een as geperst, omgeven door een huis met beweegbare schakelkop. Deze kop bedienen gebeurt via een versnellingskabel. Zulk systeem kan worden gebaseerd op dit van een *sturmey archer*<sup>1</sup> [B15].

Het systeem kan compact worden uitgevoerd wat ergonomisch interessant is. Herontwerpen van de bestaande rolstoelwielen is echter noodzakelijk omdat er geen standaard naaf in gebruik is. De kostprijs loopt hierdoor gevoelig op en samenwerken met de verschillende rolstoelproducenten is vereist, tevens een moeilijke oefening. In samenspraak met Spronken is beslist niet verder op deze oplossing in te gaan.

#### 6.1.2 As

Een ratel transmissie controlemechanisme[B16] op de as monteren behoort tot de mogelijkheden. Dit systeem laat schakelen tussen drie standen toe: linksom blokkerend, een volledige blokkade of vrijloop en tenslotte rechtsom gefixeerd. Het aanpassen van dit systeem biedt potentieel een oplossing voor genoemde probleemstelling. Vertandingen liggen aan de basis van dit werkingsprincipe, wat geluidshinder met zich mee brengt. Dit is meteen een groot nadeel van het systeem. Patiëntvriendelijkheid is vooropgesteld en

---

<sup>1</sup> Een *sturmey archer* is een versnellingsapparaat dat in de naaf wordt ingebouwd. Het maakt verschillende versnellingen kiezen mogelijk via een planeetwielmechanisme.

aangehaald in het eisenpakket. Deze geluidshinder vormt dus een struikelblok. Problematisch is opnieuw de variatie in afmetingen van de assen, net als bij de montage van schijfremmen. Universele toepasbaarheid behoort niet tot de mogelijkheden en bijgevolg is dit systeem volgens het eisenpakket geen optie.

### 6.1.3 Band

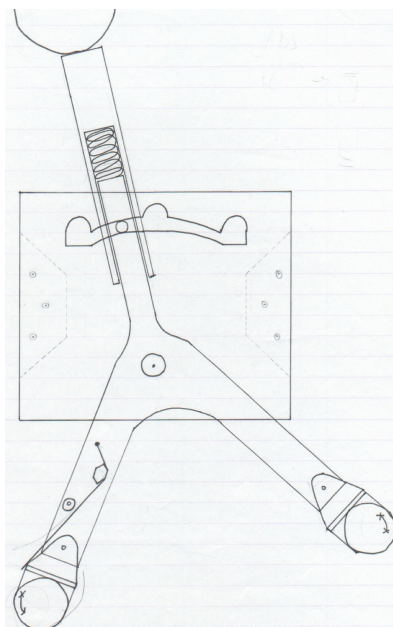
Een frictierem grijpt via framebevestiging aan op de band van de stoel. Een mechanisme bedient door een hendel trekt de remblok tegen de band en induceert wrijving. Kostprijs en onderhoud zijn een meerwaarde van dit systeem in combinatie met de mogelijkheid tot universele montage.

## 6.2 Concepten

De analyse van de verschillende principes leert dat de frictie rem het meest geschikt is als concept. De introductie van de teruglooprem vindt plaats door de parkeerrem en teruglooprem op een gesplitste arm te monteren. Beide armen komen samen in een scharnierpunt waar een bedieningsarm vertrekt. Dit scharnierpunt valt samen met de wielas, zodat beide remmen op dezelfde manier ingrijpen op de band. Rotatie rond dit punt zorgt ervoor dat contact tussen de band en remblokken mogelijk is. Inklemming in de remmende positie is te verwezenlijken op meerdere manieren.

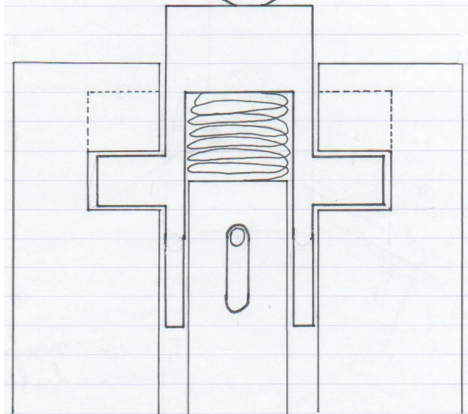
### 6.2.1 Veersysteem

De inklemming vindt plaats door middel van een veersysteem. Er wordt gebruik gemaakt van twee parallel lopende basisplaten, verbonden met een as die functioneert als scharnierpunt voor de arm. De basisplaten bezitten drie afzonderlijke *pockets* welke verbonden zijn met een sleuf. Een huls wordt aangebracht over de bedieningsarm, tussen beide is een veer geplaatst, zoals in afbeelding 11.

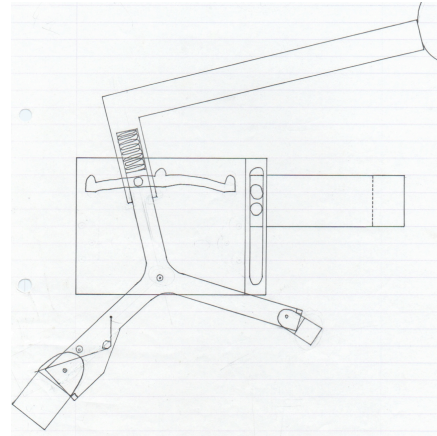


Afbeelding 11: Veersysteem gebruikt voor inklemming

De huls en de arm zijn verbonden met een pen, die ervoor zorgt dat beide niet worden gescheiden. Op de huls zelf is een geleidingspen aangebracht. De veer drukt in bij het naar beneden duwen van de huls. De pen komt uit de pocket door deze beweging en kan vervolgens verplaatst worden doorheen de sleuf via rotatie. Een weergave van de doorsnede is te vinden in afbeelding 12. De veer levert een opwaartse kracht zoals beschreven door de wet van Hooke[B17]. De geleidingspen grijpt zo aan, in de beoogde pocket waardoor een rem wordt geactiveerd.



Afbeelding 12: Doorsnede veersysteem

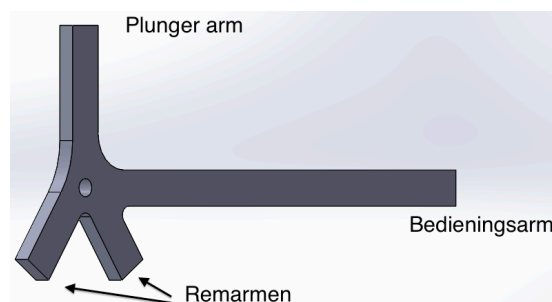


Afbeelding 13: Haaks veersysteem

Dit systeem bevat vele bewegende onderdelen en is bijgevolg duur in uitvoering. Ook dienen de remblokken haaks op de bedieningsarm te staan, zie afbeelding 13. Dit is via dergelijk systeem moeilijk haalbaar, aangezien torsie zal optreden tussen huls en arm.

## 6.2.2 Spring plunger systeem

Via een *spring plunger* systeem<sup>2</sup>[B18] is inklemming ook mogelijk. De opstelling van de basisplaten blijft gelijk, enkel zijn de pockets en gleuf zijn nu vervangen door 4 pennen. Twee hiervan vormen de neutrale stand, de andere twee verzorgen de remstanden. De rotatie arm is opnieuw ontworpen, en een vierde arm toegevoegd, zoals in afbeelding 14. De *plunger* arm is het montage platform voor de *spring plunger*, net als de remblokken gemonteerd worden op de rem armen. De patiënt zal via de bedieningsarm de benodigde rotatie kunnen uitvoeren.



Afbeelding 14: Rotatie arm van het *spring plunger* systeem

<sup>2</sup> Een *spring plunger* is een cilindrische huls met schroefdraad waarbinnen een veer zit. Deze veer drukt tegen een bal aan de bovenzijde van de huls. Deze bolvormige kop kan in verticale richting bewegen onder invloed van de veer.

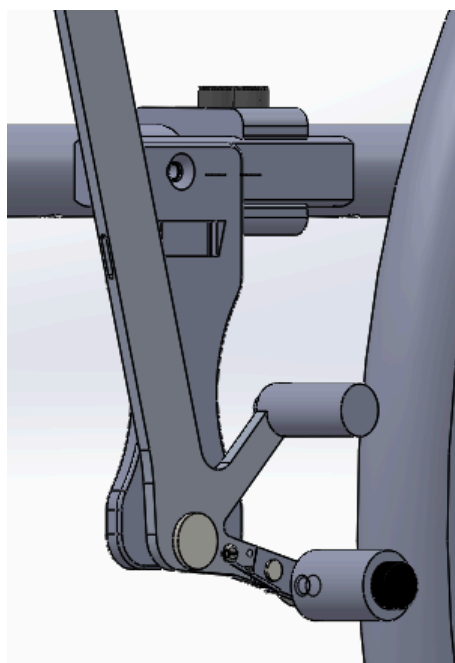
De dwarspennen klemmen in de neutrale stand de balkop van de *plunger* in. Deze inklemming is gegarandeerd via het hefboomsysteem van de *plunger* arm in combinatie met de rem armen. De *plunger* heeft een grotere kracht nodig om in te drukken dan de band tegen de remblok levert. Via de lange hefboom van de bedieningsarm kan de balkop wel worden ingedrukt en vervolgens verplaatst tot over de volgende dwarspen, waarachter deze klemt.

Dit systeem vertoont twee grote nadelen: ten eerste is de benodigde indrukkraft van de *spring plunger* om dit systeem te doen werken gelegen rond de 390N. Indien er een *spring plunger* wordt gekozen met een indrukkraft van 250N, ligt de afmeting rond de M20. Deze afmeting is te groot om in de constructie te passen. Dit systeem zal dan ook niet toepast worden, mede omdat een tweede grote nadeel schokgevoeligheid is.

### 6.2.3 Buigsysteem

Een beperking van bewegende onderdelen draagt bij tot een lage productiekost, hetzelfde geldt voor eenvoud. Inklemming waarbij enkel de bedieningsarm nodig is, speelt op beide elementen in. Flexibiliteit als materiaaleigenschap van het gebruikte materiaal maakt dit mogelijk.

Buiging in combinatie met rotatie is de beoogde manier om de verschillende standen te bereiken. Een standenplaat verzorgt de inklemming in de neutrale positie van de bedieningsarm, oftewel buig arm. De arm weg buigen van de basisplaat creëert ruimte tussen de buig arm en de standenplaat. Rotatie is vervolgens mogelijk, waardoor voorbij de standenplaat gerooteerd kan worden. Onder invloed van inwendige spanning keert de arm opnieuw naar zijn rusttoestand terug, wanneer deze voorbij de standenplaat is bewogen. Inklemming van de arm in de standenplaat vindt vervolgens plaats waarbij een rem wordt geactiveerd. Het systeem is afgebeeld in onderstaande figuur.



Afbeelding 15: Buigsysteem



## 6.3 Finaliseren

Een enkele basisplaat zal dienst doen als fundering van het systeem, waarin een as gemonteerd wordt en waarop de rotatie arm is bevestigd. Zoals reeds gesteld bestaat deze arm uit een buigarm en twee remarmen. De remblokken worden gemonteerd op deze remarmen en zijn tweeledig uitgevoerd. Een vaste remblok als parkeerrem en een semi remhuls als teruglooprem, welke in stand is gebracht door een eenrichtingslager. Inklemming in de remstanden is mogelijk dankzij de standenplaat, eveneens gemonteerd op de basisplaat. Een globaal beeld is terug te vinden in afbeelding 15. Via rotatie en buiging wordt de rotatie arm verplaatst tussen de verschillende remstanden. Montage van de basisplaat aan het rolstoelframe vindt plaats via een rail en klemblokkensysteem. Om een soepele werking te verkrijgen wordt een montage scharnier toegevoegd op de remarm van de teruglooprem. Hier wordt in het hoofdstuk 7 dieper op ingegaan.

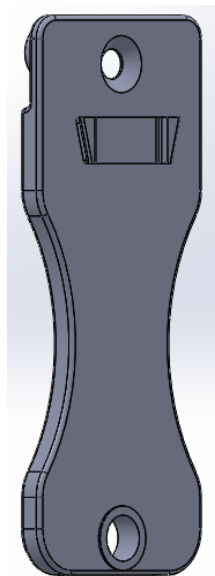


## 7 Prototype

Verdere uitwerking van het concept leidt tot een prototype. Via dit prototype kan het werkingsmechanisme getest worden. Een detail weergave van elk onderdeel volgt.

### 7.1 Basisplaat

De basisplaat functioneert als bevestigingsmiddel voor de overige onderdelen. Een opening is voorzien, waarin een as kan worden gemonteerd met daarop de rotatie arm bevestigd. De boring is gelegen op een verticale afstand van 105mm ten opzichte van de bovenste dwarsbuis van het rolstoelframe, zoals reeds aangehaald. Een kunststof tussenring is voorzien om slepen van de rotatie arm tegen de basisplaat te voorkomen. De standenplaat is eveneens ingewerkt in de basisplaat. Aangezien de basisplaat bevestigbaar dient te zijn op het rolstoelframe, is ook de montage van positie cilinders voorzien. Dit zijn twee cilindervormige pennen aan de achterzijde van de basisplaat, deze zijn duidelijk zichtbaar in afbeelding in bijlage B. Via deze cilinders is het mogelijk om de basisplaat vormgesloten in de rail te plaatsen, wat verder in detail wordt besproken. Tussen de positie cilinders ligt een verzonken M5 boutopening, zoals te zien in onderstaande afbeelding. Via een M5 bout met verzonken kop zal de basisplaat tegen de rail worden aangetrokken.



Afbeelding 16: Basisplaat prototype I

Belangrijke eigenschappen van dit onderdeel zijn sterkte en stijfheid. Onder invloed van de opgelegde kracht op de arm zal de basisplaat niet mogen plooien of buigen. Het geheel dient zijn oorspronkelijke toestand te behouden, waarbij het uitscheuren van de as vermeden wordt, net als breukvorming. Het productieproces wordt zo gekozen dat serieproductie toelaatbaar is en dit op een zo economisch verantwoord mogelijke manier. Het spuitgietproces[B19] biedt de beste oplossing hiervoor. Vooraleer dit proces kan toegepast worden dient nog wel een aanpassing aan de basisplaat vooraf te gaan, welke besproken is in bijlage B. Het prototype wordt gevormd via een productie proces hetgeen zo kort mogelijk aanleunt bij het spuitgieten, maar geen minimale opleg vereist. Via het FDM proces[B20] is het prototype gevormd. Meer informatie over beide processen is terug te vinden in bijlage B.

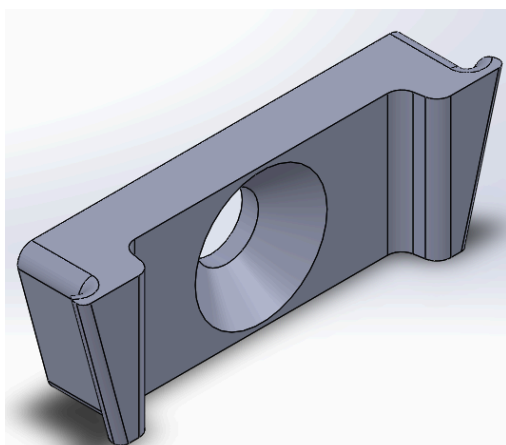
## 7.2 Standenplaat

De standenplaat wordt gebruikt als inklempplatform voor de rotatie arm. De verschillende standen zijn dus bepaald door dit onderdeel, evenals de schakelhoek. Deze kan via driehoeksmmeetkunde bepaald worden, net als de overeenkomstige schakelafstand. De meest gunstige afstand is voor de patiënt bepaald, aangezien de rotatie hoek van de buigarm belang heeft bij de bediening van het systeem. Verder heeft de hoek ook effect op de indrukafstand van de remblok in de band daar de remarmen roteren over dezelfde hoek volgens het principe van starre lichamen. Tabel 2 geeft de verscheidene schakelafstanden weer. De optimale schakelafstand ligt rond de 8cm, waarmee een schakelhoek van 16,2° overeenstemt[B2].

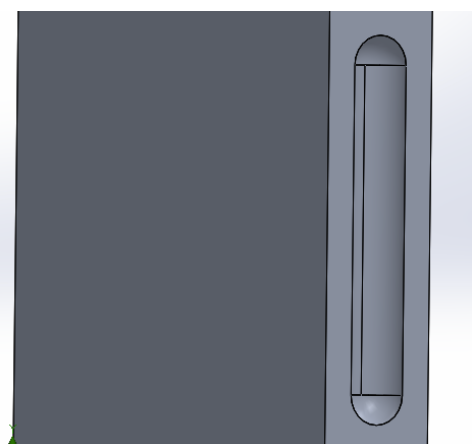
Tabel 2: Schakelafstand in functie van schakelhoek

| Schakelhoek(°) | Schakelafstand (mm) |
|----------------|---------------------|
| 5              | 26,17               |
| 10             | 52,29               |
| 15             | 78,32               |
| 20             | 104,19              |
| 25             | 129,86              |
| 30             | 155,29              |
| 35             | 180,42              |
| 40             | 205,21              |
| 45             | 229,61              |

De buigarm grijpt aan in de standenplaat dankzij hun overeenstemmende vormgeving. De lip valt in de pocket aanwezig op de arm, zoals getoond in figuur 18. Onvrijwillig de rem stand verlaten wordt op deze manier voorkomen. De ruimte centraal gelegen in de standenplaat fixeert de buigarm in de neutrale stand. Dit plateau steekt 0,6mm uit ten opzichte van de basisplaat, terwijl de *shim* slechts 0,5mm breed is. De arm ondervindt standaard een lichte buiging, waardoor trillingen vermeden worden. De vormgeving is weergegeven in afbeelding 17.



Afbeelding 17: Pocket in buigarm

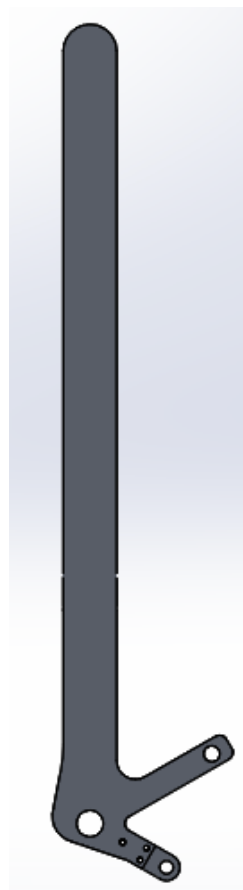


Afbeelding 18: Vormgeving standenplaat

### 7.3 Rotatie arm

De rotatie arm is samengesteld uit een buigarm en twee remarmen, afbeelding 19 geeft dit weer. Via kracht naar buiten te zetten, zal positionering in de drie standen plaats vinden met behulp van de buigarm. Deze komt immers los van de standenplaat en vervolgens kan, gebruik makende van rotatie, naar een remstand bewogen worden. Via buigweerstand plooit de arm terug naar zijn neutrale positie om vervolgens in de reeds besproken standenplaat te klemmen. De remarmen zijn een montage platform voor de remblokken.

Materiaalkeuze is van belang om dit principe te ondersteunen. De buigarm dient voldoende flexibel te zijn om buiging toe te laten zonder plastisch te vervormen, en de remarmen moeten de remkrachten kunnen opvangen. Dimensionering van de armen beïnvloed het ontwerp. Door optimale afmetingen ondervindt het materiaal een zo laag mogelijke belasting en toch blijft het functioneel. Simulatie is hiervoor de aangewezen manier. Stapsgewijs wordt tussen de minima en maxima van de afmetingen de buigspanning bepaald die vereist is om de verplaatsing te bekomen. Op 81mm van het as middelpunt op de buigarm vindt de inklemming plaats. Hier dient een verplaatsing ten opzichte van de neutrale stand mogelijk te zijn. Deze verplaatsing bedraagt de helft van de breedte met daarbij 0,5mm opgeteld. De kracht die met deze verplaatsing overeen stemt, bepaald het buigmoment. De bijgevoegde tabel in bijlage C geeft de resultaten van deze proef weer, daar waar bijlage D een voorbeeld van een simulatie weergeeft. Hieruit blijkt dat de buigspanning bij een dikte van 4mm en een breedte van 20mm het laagst is. Met deze afmetingen wordt dus verder gegaan.



Afbeelding 19: Rotatie arm

Het tweede belangrijke luik van de rotatie arm zijn de remarmen. De vaste remblok wordt door middel van een bout op de arm gemonteerd, waarvoor een boring in de arm voorzien is. De andere remarm is ook voorzien van een boring, hetzij een grotere. Een as wordt hierin geplaatst om rotatie met het montagescharnier toe te laten. Hierover volgt nog meer uitleg. Op dit montagescharnier wordt de semi remblok geplaatst. De beide remarmen komen samen met de buigarm in een scharnierpunt. Een lichte perspassing wordt gekozen tussen boring en as. De hardere stalen as zal dan immers niet roteren in de zachtere aluminium arm. De as roteert wel in de basisplaat, die van kunststof is, waardoor slijtage aanzienlijk gereduceerd wordt.

De hoek tussen beide armen is van belang voor de werking van het systeem. Dit bepaald onder andere in hoeverre de band ingedrukt wordt, samen met de armlengte. Een lange buigarm in combinatie met een korte remarm maximaliseert het hefboomeffect. Via een gekende schakelafstand gecombineerd met het feit dat de indrukking van de band 2mm bedraagt, analoog aan deze van de originele rolstoelrem, kan de hoek tussen beide armen bepaald worden. De berekende hoek tussen beide bedraagt  $56,76^\circ$ . Via deze hoek is nu de optimale lengte van de remarmen vastgesteld, en dit via een vectorvoorstelling van het systeem. Door onderling relaties toe te kennen aan de verschillende vereenvoudigde onderdelen, kan voor elke afmeting van de remarmen de verschillende krachten bepaald worden. Deze krachten zijn steeds gelijk gehouden. Bij de minimale radiale kracht is de optimale lengte gevonden, weergegeven in bijlage E. Rekening houdend met de mogelijkheid tot plaatsing van het montagescharnier, is gekozen voor een lengte van 60mm.

Krachtbepaling gebeurt doormiddel van vereenvoudigde puntbelastingen te berekenen. Gewicht en indrukkracht zijn hiervoor van belang. Indrukkracht wordt eerst experimenteel bepaald. Een indrukking van 2mm levert genoeg remfrictie om de rolstoel te stoppen. Het gewicht dat hiervoor nodig is kan bepaald worden via nabootsen van de rembeweging. Het rolstoelwiel wordt ingeklemd. Vervolgens zal op de bovenzijde een metalen staaf aangebracht worden met een diameter gelijk aan deze van de remblokken. Stelselmatig worden gewichten aangebracht op deze staaf totdat de indrukking van 2mm bereikt is. Er is 12kg nodig om deze indrukking te bereiken. Omgezet naar kracht betekend dit:

$$F_l = m \cdot g = 12kg \cdot 9,81 \frac{N}{kg} = 117,72N$$

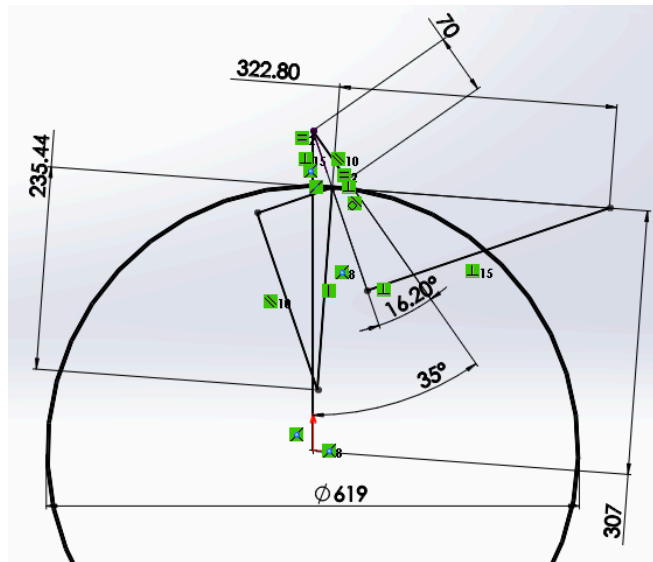
Een foutenmarge is bij dergelijke proefopstelling altijd mogelijk. Vandaar is een veiligheidsfactor 2 ingevoerd. De indrukkracht is gekozen zijnde 235,44N.

Gewicht van de patiënt samen met dat van de rolstoel is een tweede belangrijke factor. Omgevingsfactoren zoals hellingshoek moeten ook in rekening worden gebracht. Zo stelt de norm EN 12183 dat een volledig belaste rolstoel tot stilstand moet worden gebracht op een hellingshoek van  $7^\circ$ . De gebruiker weegt 250kg met een surplus van 20kg voor de rolstoel zelf. De kracht die hieruit voortvloeit wordt als volgt berekend:

$$F_g = m \cdot g = 270 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 2648,7 \text{ N}$$

$$F_{g,tot} = 2648,7 \text{ N} \cdot \sin(7^\circ) = 322,8 \text{ N}$$

Deze krachten kunnen via driehoeksmmeetkunde in hun radiale en axiale componenten worden ontleed. De radiale kracht werkt loodrecht op de remarm in, terwijl de axiale kracht in de richting van de remarm ingrijpt. Afbeelding 20 stelt deze krachten voor in vectorvorm.



Afbeelding 20: Krachtvectoren

De totale radiaal kracht bedraagt:

$$F_{rI} + F_{rII} = 92,1 \text{ N} + 297,11 \text{ N} = 389,2 \text{ N}$$

Terwijl de totale axiaal kracht gelijk is aan:

$$F_{aI} + F_{aII} = 216,7 \text{ N} + 216,7 \text{ N} = 433,4 \text{ N}$$

Met deze gegevens, via simulatie bepaald, is de minimale breedte van de remarmen gekend om deze krachten te kunnen opvangen zonder plastische vervorming of breuk te ondervinden. Een breedte van 10mm volstaat, een dergelijke simulatie is weergegeven in bijlage F. Verder dan via de radiaalkracht het buigmoment worden bepaald:

$$Mb = F \cdot x = 342,9 \text{ N} \cdot 0,07 \text{ m} = 24,00 \text{ Nm}$$

De uit te oefenen kracht door de patiënt is nu:

$$F = \frac{Mb}{x} = \frac{24,00Nm}{0,3m} = 80,01N$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{80,01N}{9,81 \frac{N}{kg}} = 8,15kg$$

Een vergelijking met de huidige rolstoelrem is nu mogelijk. Opnieuw werd experimenteel bepaald hoeveel massa er nodig is om de huidige rem te activeren. Stelselmatig werd gewicht toegevoegd aan de bedieningshendel totdat deze de rem activeerde bij een gewicht van 11,5kg. Uitgedrukt in percentage geeft dit volgend resultaat:

$$\frac{8,15kg}{11,5kg} = 0,71 = 71\%$$

Om de rem te activeren is slechts 71% van de kracht nodig ten opzichte van het huidige systeem.

Het aangewezen productieproces voor de rotatie arm is het lasersnijden, aangezien dit de goedkoopste wijze is om de vorm van de arm uit een plaat te halen. Het geschikte materiaal hiervoor is het aluminium EN – AW 6063 T6. Dit materiaal heeft de gezochte flexibiliteit tentoon terwijl het sterk genoeg is om de remkrachten op te vangen. Voor het prototype zal het laserproces[B19-B22] niet toegankelijk zijn aangezien er met minima gewerkt wordt. Contourfrezin is de enige plausibele optie. Meer informatie over het productieproces van de rotatie arm is terug te vinden in bijlage G.

## 7.4 Montagescharnier en veersysteem

Het montagescharnier is via een as verbonden met de onderste remarm waardoor eenzijdige rotatie ten opzichte van elkaar mogelijk is. Roteren in de andere richting is niet mogelijk wegens een vormsluiting met de remarm, wat de remmende werking van de teruglooprem mogelijk maakt bij een achterwaartse beweging van de rolstoel.

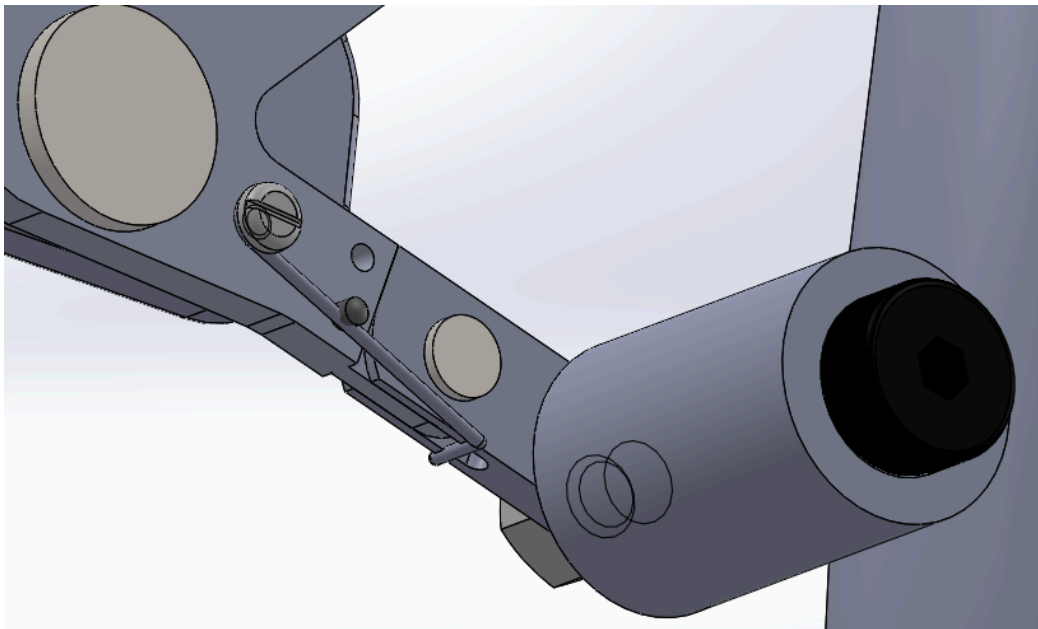
Voorwaarts drukt de band het scharnier weg en is rotatie dus toegestaan, met een vermindering van rolweerstand als doelstelling. Een veersysteem staat in voor het terugduwen van het scharnier richting band. Op die manier grijpt de remblok goed in op de band. Een opening is voorzien in het montage scharnier om een M6 pasbout door te monteren die gefixeerd wordt met een borgmoer. Het eenrichtingslager roteert over deze pasbout. Ten slotte is nog een kleine boring voorzien om de veer te positioneren.

Materiaalkeuze van het scharnier is bepaald door de krachten die erop aangrijpen. De reeds berekende axiale en radiale kracht zorgen voor zowel een buiging als torsie. Na simulatie kan besloten worden dat doormiddel van de gekozen vorm een sterk materiaal benodigd is. Verschillende materialen zijn getest totdat een materiaal gevonden werd dat geen plastische vervorming ondervond bij de aangelegde krachten. Het AISI 1045 is



vervolgens gekozen omwille van zijn hoge yield strenght, beschikbaarheid en impact eigenschappen. Ook is het goed bewerkbaar en roest bestendig.

In samenspraak met een producent van veren is gekozen voor het AISI 302 verenstaal als materiaal voor de veer. De staaldraad van 1mm in diameter wordt op maat geplooid. Om voorspanning te voorzien is er een cilindrische pen geperst in de rem arm. Een schroef met grote kop houdt de veer op zijn plaats door de enkelvoudige winding te klemmen. Een detail weergave van het volledige systeem is terug te vinden in onderstaande afbeelding.



Afbeelding 21: Montagescharnier met veersysteem

## 7.5 Assen

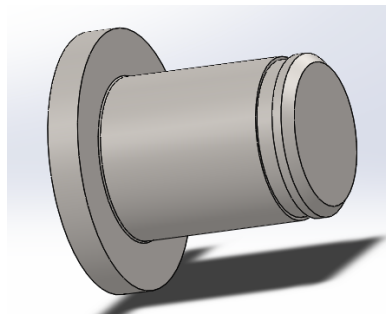
### 7.5.1 As buigarm

De rotatie arm is rond deze as geperst en zal in de basisplaat worden gemonteerd. De as roteert, maar vangt ook buigkrachten op. Een kraag ligt tegen de rotatie arm aan en vangt zo gedeeltelijk de buiging op. De andere zijde van de as is ingeklemd met een borgveer.

Als materiaal is het 20MrCr5 carbonstaal gekozen om de as in uit te voeren. Dit typische assenstaal is sterk, slijtvast en goed bewerkbaar. Om een correcte werking van het systeem te bekomen, is een passing voorzien op deze as. Zowel rotatie als klemming moeten mogelijk zijn bij deze passing. Ook is telkens rekening gehouden met de kostprijs van het productieproces. Een nauwkeurige tolerantie is aangewezen zonder dat dit een duur bewerkingsproces vereist. Zo is gekozen voor een D10 h7 passing. Dit is de meest nauwkeurige tolerantie waarbij het slijpproces niet nodig is. Indien het slijpproces wel gebruikt zou worden, stijgt de productiekost van dit onderdeel met ongeveer 25%[B23]. Een afwijking ten opzichte van de nominale maat vanaf 0 tot en met -15 micrometer is mogelijk. De maximale diameter bedraagt dus 10,000mm, terwijl de minimale 9,985mm zal zijn[B24].

De rotatie arm zit rond de as gepositioneerd met een lichte perspassing. De passing op de asdiameter is reeds bepaald. Vervolgens is een correcte passing op de boring in de arm aangebracht. Aluminium is een zacht materiaal, terwijl staal een harder soort is. Een te vaste perspassing kan aanleiding geven tot scheurtjes in de arm. Omwille van deze reden is gekozen voor de volgende passing: D10 S7. Een maximale diameter van 9,983 voor de boring is het gevolg. Minimaal bedraagt de diameter 9,968mm[B24]. Er zal steeds een klemming aanwezig zijn tussen as en arm, toch bedraagt de maximale overlappende afstand slechts 17 micrometer. Het veroorzaken van schade bij montage kan zo voorkomen worden.

De volgende stap is het aanbrengen van de as in de basisplaat. De as moet kunnen roteren in deze basisplaat, bijgevolg is voor een glijpassing geopteerd. De passing is zo gekozen dat de speling tussen de basisplaat en as zo klein mogelijk is, maar toch een soepele rotatie toelaat. Dit om de functionaliteit van het systeem te waarborgen. Op de boring in de basisplaat is de passing D10 H7 aangelegd. De grootst mogelijke boring bedraagt 10,015mm. Minimaal is het gat 10,000mm van diameter. Afbeelding 22 toont de as inclusief kraag en genormeerde borgveer sleuf. Afschuining aan de achterzijde van de as zorgt voor een zelf centrerende persing en vlotte montage.



Afbeelding 22: As buigarm

### 7.5.2 As montagescharnier

De as die rotatie van het montagescharnier ten opzichte van de remarm mogelijk maakt, is op dezelfde manier opgebouwd als de voorgaande as. Zowel vormgeving, passing en materiaalgebruik zijn analoog gekozen, enkel de afmetingen zijn aangepast.

Aangezien inklemming van beide assen met een borgring plaatsvindt, is de lengtebepaling van de assen van belang. De lengte van de as, bevestigd in het montagescharnier, is bepaald door de dikte van zowel de rotatie arm als het montagescharnier. Er is een standaard afwijking gedocumenteerd voor elke lineaire maat. Deze moet voor deze afstandsbeplanning in rekening gebracht worden. Over een afstand tot en met 10mm bezit elk onderdeel een lineaire afwijking van +0,05mm. Er dient dus bijgevolg 0,1mm aan de totale lengte van de as toegevoegd te worden. Dit om garantie op een steeds passende montage te bekomen.

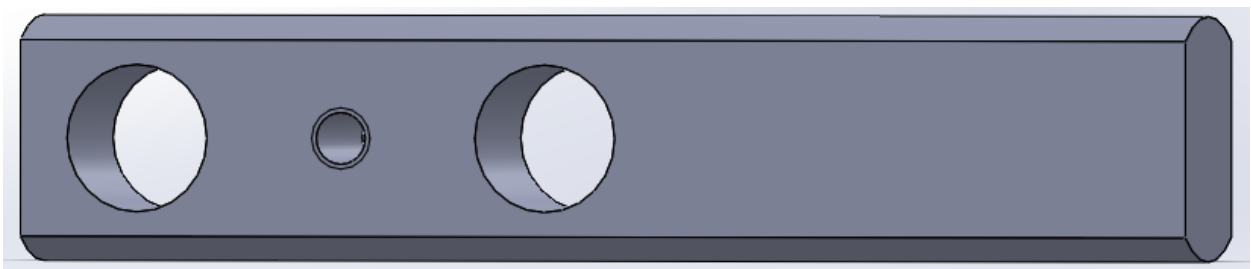
Volgens DIN 471[B24] bedraagt de sleufbreedte van de borgring 0,70mm. Op de breedte van deze sleuf staat een H13 tolerantie, terwijl op de diameter ervan een h12 tolerantie is aangebracht. Zelf is de borgveer 0,5mm breed. Afschuining onder een hoek van 45° is opnieuw aangebracht net als een kleine afronding tussen kraag en loopoppervlak.

## 7.6 Rail

De rail functioneert als montage platform voor de basisplaat. Drie boringen zijn aangebracht in deze rail. In de centrale boring is schroefdraad getapt. Een verzonken M5 bout wordt via de basisplaat in de rail geschroefd. Op deze manier zijn beide onderdelen verbonden. Roteren ten opzichte van elkaar wordt vermeden omwille van een vormgesloten verbinding. De positie cilinders, aanwezig op de basisplaat, worden in de twee buitenste boringen van de rail geplaatst. Om steeds in elkaar te passen zijn de correcte toleranties noodzakelijk. De positie cilinder heeft een negatieve tolerantie van 0,05mm op zijn diameter staan. De boringen bezitten een positieve tolerantie van 0,05mm. De tussenafstand tussen beide onderdelen bedraagt telkens 35mm +/- 0,05mm.

Het inklemmen van de rail vindt plaats via klemblokken. In eerste instantie werd voor een rechthoekige rail gekozen. De perfecte afstelling tussen rail en klemblokken was noodzakelijk. Praktisch bleek dit echter niet haalbaar. Wanneer met een ronde vorm gewerkt wordt lukt dit wel. De klemming wordt zelf zoekend en laat een bepaalde verdraaiing bij inklemming toe. Een ruwe afstelling van de remblokken vindt plaats door middel van de klemblokken. De rail zal een nauwkeurigere afstelling toelaten.

Het productieproces wijzigt van extrusie naar een stangaanvoer proces. De staaf wordt langs beide zijdes vlak gefreesd, waardoor de vorm afgebeeld in onderstaande figuur wordt bekomen. De cilindrische stang heeft een standaard diameter van 20mm en is vervaardigd uit EN-AW 6060 T6. Dit aluminium heeft naast een goede bewerkbaarheid, ook lichtgewicht en kostprijs als gunstige eigenschappen.



Afbeelding 23: Rail

## 7.7 Klemblokken

Rail en rolstoelframe worden verbonden met behulp van twee klemblokken. De klemmende werking vindt plaats via twee M6 bouten. De twee identieke blokken bezitten zowel de straal van het rolstoelframe als deze van de rail. Het verschil tussen beide zit hem in de boring. De bovenste klem blok bezit een boring met diameter 6,5mm. In de boring van de andere blok wordt schroefdraad getapt. Een opening is voorzien tussen beide klemblokken in de hoogte richting. Dit laat de klemmende werking toe. Er werd geopteerd om scherpe hoeken weg te werken om zo kwetsen te voorkomen. Het geheel is getoond in bijlage H. Het extrusie proces is aangewezen om de klemblokken te vervaardigen, meer uitleg hierover is beschikbaar in bijlage I.

## 7.8 Remblokken

Remblokken drukken tegen de band met frictie tot gevolg. Twee uitvoering zijn nodig: de vaste remblok voor de parkeerrem en de semi remblok voor de teruglooprem.

### 7.8.1 Remblok parkeerrem

De remblok zit vormgesloten over de remarm, zo worden dus ook de remkrachten opgevangen. Via een inwendige schroefdraad en een M6 bout worden beide tegen elkaar getrokken. De buitenwand is gekarteld. Het gebruikte materiaal voor het prototype is EN-AW 6060 T6, gekozen om reeds gekende redenen. Het onderdeel is afgebeeld in bijlage J.

### 7.8.2 Remblok teruglooprem

De semi remblok doet dienst als huis voor de eenrichtingslager. Ze worden in elkaar geperst via een, door de fabrikant, opgegeven perspassing. Het huis wordt uit EN - AW 6060 T6 geconstrueerd. Dit aluminium wordt geschouwd als een *light* metaal[B23], een R7 passing is dus aan de orde. Weergave hiervan is terug te vinden in tabel 4[B25-B26]:

Tabel 3: Perspassing lager

| Series       |                      | Bore                     |                       |                       | Shaft                    |
|--------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
|              |                      | Housing material         |                       |                       |                          |
|              |                      | Steel<br>Cast iron       | Light<br>metal        | Plastic <sup>2)</sup> |                          |
| HF           | (steel<br>springs)   | N6<br>(N7) <sup>1)</sup> | R6 (R7) <sup>1)</sup> | –                     | h5<br>(h6) <sup>1)</sup> |
| HF..KF       | (plastic<br>springs) | N7                       | R7                    | –                     | h8                       |
| HF..R        | (steel<br>springs)   | –                        | –                     | D –0.05               | h5<br>(h6) <sup>1)</sup> |
| HF..KFR      | (plastic<br>springs) | –                        | –                     | D –0.05               | h8                       |
| HFL 0606 KFR |                      | –                        | –                     | D –0.05               | h9                       |
| HFL 0806 KFR |                      |                          |                       |                       |                          |

<sup>1)</sup> The values in brackets can be used if the actual torque is only up to 50% of the permissible torque  $M_{d\text{ perm}}$  (dimension table).

<sup>2)</sup> Outside diameter D: see dimension table.

De ruwheidsgraad aan de binnenzijde van de holle cilinder bedraagt 0,8. De binnendiameter van de remhuls is 12mm, gelijk gekozen aan deze van de lager. De buitendiameter is ook gekozen in functie van het lager. De minimale buitendiameter wordt bepaald door volgende diameter ratio's[B26]:

Tabel 4: Diameter ratio's

| Materiaal van het huis | Diameterratio $Q_{A\text{ max}}$ |
|------------------------|----------------------------------|
| Aluminium              | 0,6                              |
| Staal                  | 0,8                              |

Het huis is uitgevoerd in aluminium, bijgevolg bedraagt de diameterratio 0,6.

$$Q_A = \frac{D_{Ai}}{D_{Aa}} = 0,6$$

$$D_{Aa} = \frac{D_{Ai}}{Q_A} = \frac{12 \text{ mm}}{0,6} = 20 \text{ mm}$$

Met:  $Q_A$  = Diameterratio

$D_{Ai}$  = Buitendiameter lager

$D_{Aa}$  = Minimale buitendiameter huis

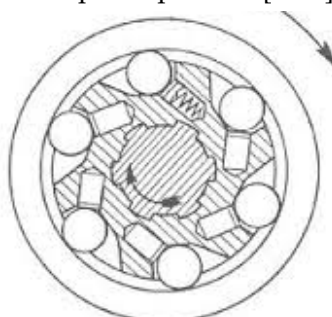
De buitendiameter van de remhuls zal 20mm bedragen, met een lengte van 29mm. De lager samen met de afdichtringen worden in deze huls geperst. De pasbout, waarop de lager roteert, heeft een functionele lengte van 30mm. Er blijft één millimeter speling over, hierdoor beschikt de terugloopremblok over de nodige bewegingsruimte. Er is een karteling aangebracht op het buitenoppervlak ter bevordering van de grip op de band. Het draaiproces wordt toegepast om beide remblokken te produceren.

## 7.9 Lager

Het lager is zo gekozen dat bij voorwaartse beweging van de rolstoel een minimale weerstand optreedt, terwijl de achterwaartse beweging een ogenblikkelijke blokkade van het systeem teweegbrengt. Deze omschakeling vindt plaats met een hoge schakelfrequentie. Een eenrichtingslager voldoet aan al deze eisen.

Een vrijlooppkoppeling bestaat uit een dunwandige buitenmantel met inwendig een speciale vormgeving, kunststof veren en naaldrollen. De lager heeft drie naalden langs elkaar gemonteerd over de gehele binnen omtrek. De twee buitenste naalden vangen de radiaalbelasting op. De middelste naald fungeert als blokkeringselement. Een veer zorgt voor klemming van de naald tussen mantel en as. Continu contact is aanwezig tussen beiden, waarbij elke naald een eigen veer bezit. De geringe massa en het daaruit voortvloeiende lage traagheidsmoment van de naalden laat hoge schakelfrequenties toe.

Indien de lager in de richtingen van de veren zelf zal roteren, drukt de veer in. De naald heeft voldoende plaats om te draaien en de lager loopt zonder weerstand. In tegengestelde richting zal de veer worden uitgetrokken doordat deze meegenomen wordt met de naalden. De naalden raken ingesloten tussen de conisch aflopende mantel en de as. Een blokkade treedt op. Onderstaande figuur geeft dit principe weer[B27]:



Afbeelding 24: Principe eenrichtingslager

Een specifiek type van lager wordt gekozen aan de hand van zijn specificaties. Het koppel bepalen is de eerste stap. Gebruik makende van voorgaande berekende krachten wordt het koppel als volgt vastgesteld:

$$M = \frac{389,21}{2} N \cdot 0,01m = 1,95 Nm$$

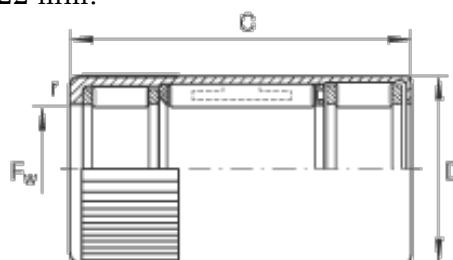
Het toerental van de lager is bepaald aan een maximale snelheid van 12km/u voor de rolstoel waarbij de wieldiameter 600mm bedraagt[B2]. Het toerental van het rolstoelwiel bedraagt in dit geval 106 toeren per min. Indien dit teruggekoppeld wordt aan het lager moet men met een factor 1/30 rekenen. Het maximale toerental van de lager wordt vervolgens op 3000 toeren per minuut gekozen. De nominale last bedraagt 342,9N. De maximale contactdruk met de binnenloopbaan van 1758 N/mm<sup>2</sup> is in rekening gebracht. Plastische vervorming zal slechts bij 4000N/mm<sup>2</sup> optreden. Aan al deze eigenschappen voldoet de HFL 0822 KF vrijlooppkoppeling. Tabel 5 geeft deze verantwoorde keuze weer.[B25-B26]

Tabel 5: Lagerkeuze

| Dimension table · Dimensions in mm |                                |                              |      |                |     |      |     |                                                   |                                  |                               |                                                                        |                                                                                      |                                     |                               |                                            |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------|----------------|-----|------|-----|---------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| Shaft dia-<br>meter                | Plastic springs<br>Designation | Steel springs<br>Designation | Mass | Dimensions     |     |      |     | Per-<br>missible<br>torque<br>M <sub>d perm</sub> | Limiting<br>speeds <sup>1)</sup> |                               | Per-<br>missible<br>radial<br>load <sup>4)</sup><br>F <sub>r max</sub> | Limiting<br>load/speed<br>value<br>(F <sub>r</sub> · n) <sub>max</sub> <sup>4)</sup> | Basic load<br>ratings <sup>5)</sup> |                               | Fatigue<br>limit<br>load<br>P <sub>u</sub> |
|                                    |                                |                              |      | F <sub>w</sub> | D   | C    | r   |                                                   | n <sub>GW</sub> <sup>2)</sup>    | n <sub>GA</sub> <sup>3)</sup> |                                                                        |                                                                                      | dyn.<br>C <sub>0</sub><br>kN        | stat.<br>C <sub>0</sub><br>kN |                                            |
|                                    |                                |                              | g    |                |     | –0,3 | min | Nm                                                | min <sup>–1</sup>                | min <sup>–1</sup>             | N                                                                      | N/min                                                                                |                                     |                               |                                            |
| 3                                  | HFL 0308 KF                    | –                            | 1,4  | 3              | 6,5 | 8    | 0,3 | 0,18                                              | 45 000                           | 8 000                         | 60                                                                     | 16 000                                                                               | –                                   | –                             | –                                          |
| 4                                  | HFL 0408 KF                    | –                            | 1,6  | 4              | 8   | 8    | 0,3 | 0,34                                              | 34 000                           | 8 000                         | 80                                                                     | 16 000                                                                               | –                                   | –                             | –                                          |
|                                    | HFL 0408 KFR                   | –                            | 1,6  | 4              | 8   | 8    | 0,3 | 0,1                                               | 34 000                           | 8 000                         | 80                                                                     | 16 000                                                                               | –                                   | –                             | –                                          |
| 6                                  | HFL 0606 KFR                   | –                            | 1    | 6              | 10  | 6    | 0,3 | 0,5                                               | 23 000                           | 13 000                        | 40                                                                     | 4 200                                                                                | –                                   | –                             | –                                          |
|                                    | HFL 0615 KF                    | HFL 0615                     | 4    | 6              | 10  | 15   | 0,3 | 1,76                                              | 23 000                           | 13 000                        | 110                                                                    | 18 000                                                                               | –                                   | –                             | –                                          |
|                                    | HFL 0615 KFR                   | HFL 0615 R                   | 4    | 6              | 10  | 15   | 0,3 | 0,5                                               | 23 000                           | 13 000                        | 110                                                                    | 18 000                                                                               | –                                   | –                             | –                                          |
| 8                                  | HFL 0806 KFR                   | –                            | 2    | 8              | 12  | 6    | 0,3 | 0,7                                               | 17 000                           | 12 000                        | 54                                                                     | 4 200                                                                                | –                                   | –                             | –                                          |
|                                    | HFL 0822 KF                    | HFL 0822                     | 7    | 8              | 12  | 22   | 0,3 | 3,15                                              | 17 000                           | 12 000                        | –                                                                      | –                                                                                    | 3,5                                 | 4,1                           | 0,405                                      |
|                                    | HFL 0822 KFR                   | HFL 0822 R                   | 7    | 8              | 12  | 22   | 0,3 | 1                                                 | 17 000                           | 12 000                        | –                                                                      | –                                                                                    | 3,5                                 | 4,1                           | 0,405                                      |
| 10                                 | –                              | HFL 1022                     | 8    | 10             | 14  | 22   | 0,3 | 5,3                                               | 14 000                           | 11 000                        | –                                                                      | –                                                                                    | 3,75                                | 4,65                          | 0,46                                       |
| 12                                 | –                              | HFL 1226                     | 18   | 12             | 18  | 26   | 0,3 | 12,2                                              | 11 000                           | 8 000                         | –                                                                      | –                                                                                    | 5,8                                 | 6,7                           | 0,62                                       |
| 14                                 | –                              | HFL 1426                     | 20   | 14             | 20  | 26   | 0,3 | 17,3                                              | 9 500                            | 8 000                         | –                                                                      | –                                                                                    | 6,3                                 | 7,8                           | 0,73                                       |
| 16                                 | –                              | HFL 1626                     | 22   | 16             | 22  | 26   | 0,3 | 20,5                                              | 8 500                            | 7 500                         | –                                                                      | –                                                                                    | 6,9                                 | 9                             | 0,84                                       |
| 18                                 | –                              | HFL 1826                     | 25   | 18             | 24  | 26   | 0,3 | 24,1                                              | 7 500                            | 7 500                         | –                                                                      | –                                                                                    | 7,4                                 | 10,2                          | 0,95                                       |
| 20                                 | –                              | HFL 2026                     | 27   | 20             | 26  | 26   | 0,3 | 28,5                                              | 7 000                            | 6 500                         | –                                                                      | –                                                                                    | 7,9                                 | 11,4                          | 1,06                                       |
| 25                                 | –                              | HFL 2530                     | 44   | 25             | 32  | 30   | 0,3 | 66                                                | 5 500                            | 5 500                         | –                                                                      | –                                                                                    | 9,8                                 | 14                            | 1,19                                       |
| 30                                 | –                              | HFL 3030                     | 51   | 30             | 37  | 30   | 0,3 | 90                                                | 4 500                            | 4 500                         | –                                                                      | –                                                                                    | 10,8                                | 16,9                          | 1,42                                       |
| 35                                 | –                              | HFL 3530                     | 58   | 35             | 42  | 30   | 0,3 | 121                                               | 3 900                            | 3 900                         | –                                                                      | –                                                                                    | 11,4                                | 18,8                          | 1,6                                        |

Dit lager heeft tevens een geharde as nodig van 60 +/- 4HRC alsook een geslepen lagerloopbaan[26]. De dimensies in onderstaand afbeelding zijn de volgende:

- Asdiameter F<sub>w</sub> = 8 mm;
- Huisdiameter D = 12 mm;
- Inbouw lengte C = 22 mm.

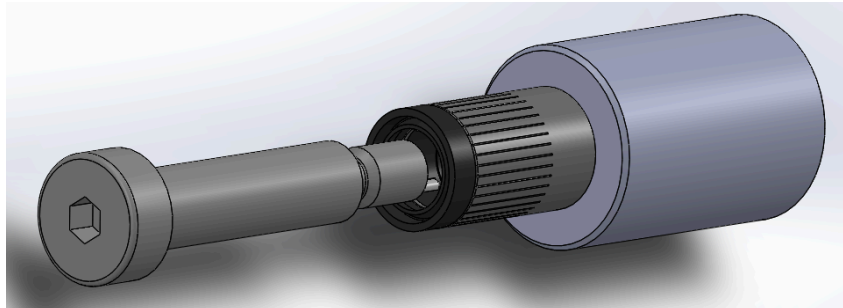


Afbeelding 25: Doorsnede vrijlooppkoppeling HFL 0822 KF



Om de levensduur van het lager te verlengen moet deze afgeschermd zijn tegen stof en vuil. Dit gebeurt door afdichtringen langs het lager in het huis te plaatsen.

Gekozen werd er voor de G afdichtringen met volgende afmetingen: een breedte van 3mm, een binnendiameter van 8mm en een buitendiameter van 12mm. Zo passen deze dichtingen exact in de semi remblok langs beide kanten van het lager. Een *exploded view* in deze afbeelding maakt de positionering duidelijk:



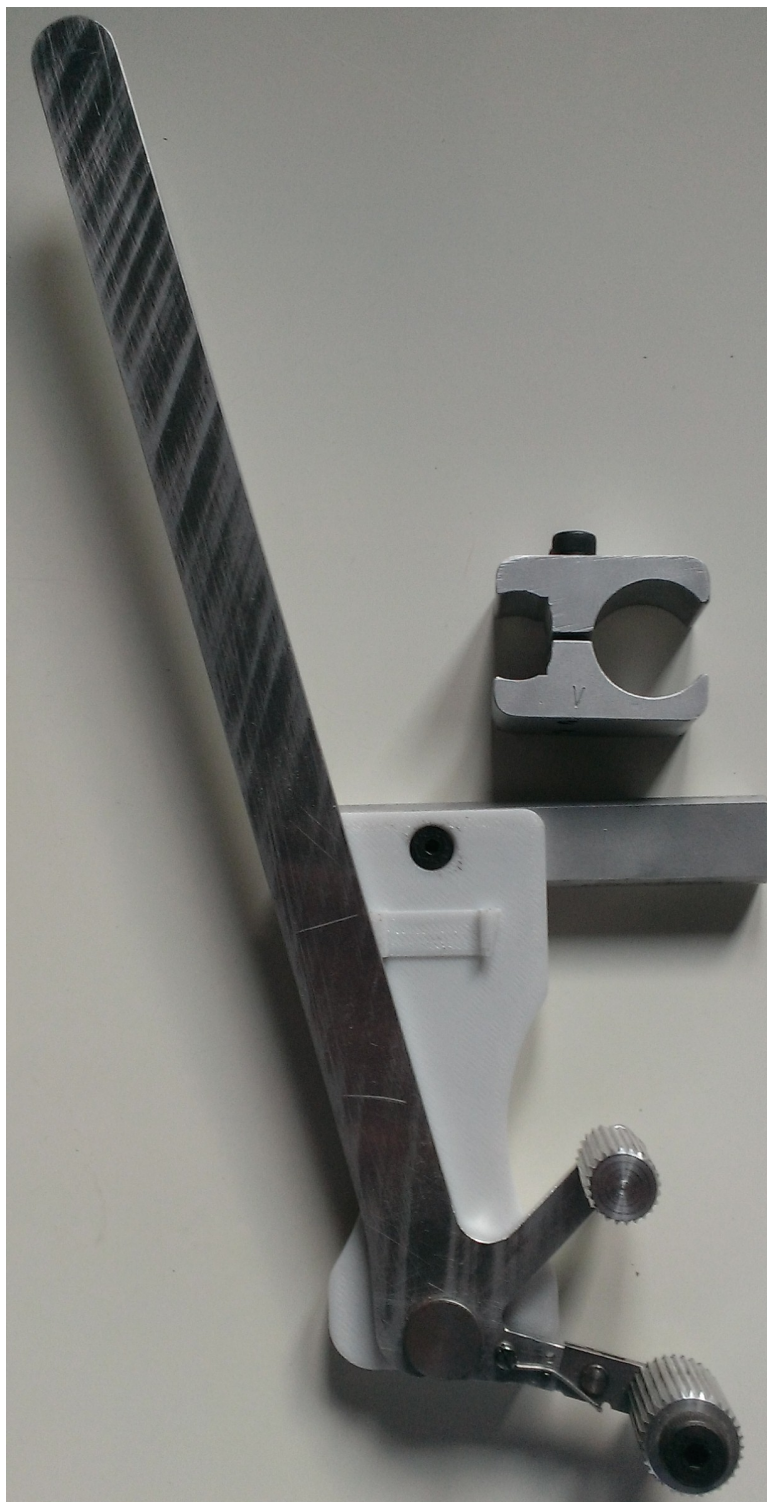
Afbeelding 26: Exploded view lagering

## 7.10 Aankooponderdelen

Alle aankoopdelen gebruikt voor de rem zijn gestandaardiseerd. Er is voor deze normonderdelen vaak gebruik gemaakt van binnen zeskant bouten en contramoeren. Reden hiervoor is bescherming tegen schampen zoals vaak voorkomt bij een platte – of kruisschroef. Ook is de kans kleiner dat op eigen initiatief de rempositie wordt aangepast zonder kennis van zaken. Daarom zijn dit soort bouten het meest gebruikt in machinebouw. Borgringen zijn ook gebruikt zoals eerder vermeld bij de bespreking van de assen. De pasbout is het duurste aankooponderdeel dat gebruikt is.

## 7.11 Assemblage

De assemblage van de rem is vrij eenvoudig. Met een inbussleutel, steeksleutel en borgmoertang wordt hoofdzakelijk gewerkt. Voor de persverbindingen maakt men gebruik van een drukpers. Het uiteindelijke eerste prototype is getoond in afbeelding 27. Het dossier hiervan is terug te vinden in bijlage K.



Afbeelding 27: Samenstelling prototype I



## 8 Testfase

Het afgewerkte prototype wordt aan verschillende testen onderworpen, de functionaliteit en materiaalkeuze wordt geëvalueerd. Vervolgens kunnen algemene conclusies worden getrokken over wat veranderd en verbeterd moet.

Eerst is de basisplaat aan een evaluatie onderworpen. Vastgesteld werd dat de stijfheid ontoereikend was, ook de sterkte voldeed niet. Overmatige torsie zorgt ervoor dat de werking van het systeem niet voldeed aan de door ons opgelegde eisen. Dit is op te lossen door een grondige studie uit te voeren naar materiaalkeuze toe. Een algemene evaluatie van het prototype wijst erop dat elke materiaalkeuze opnieuw geëvalueerd dient te worden. Hoofdstuk 9 zal hier volledig aan gewijd worden.

Vervolgens is de standenplaat geanalyseerd naar functie en kostprijs toe. Een kosten-baten analyse leert ons dat dit onderdeel te duur is, voor de bijdrage geleverd aan het systeem. Vervangen van het plaatje door pennen schroeft de kost aanzienlijk terug, terwijl de functionaliteit behouden blijft. Het gevolg hiervan is dat de pockets in de zijkant van de buigarm niet meer aangebracht dienen te worden, wederom een besparing. Een bijkomende maatregel die getroffen wordt, is de introductie van een veiligheidsbeugel. Te ver plooiën van de buigarm, wat plastische vervorming kan veroorzaken, wordt zo tegengegaan.

Het bestuderen van de rotatie arm leert dat de indrukking van de remblokken in de band onvoldoende is. De hoek tussen beide remarmen wordt daarom vergroot, in combinatie met een verlenging van de armen. De vormsluiting van de vaste remblok dient mogelijk te blijven. De diameter van de remblok is verhoogd naar 20mm.

Een ander kostelijk onderdeel is het montagescharnier. Na de bestudering van de meerwaarde die het systeem levert ten opzichte van de gehele remwerking, kan worden besloten dat eliminatie de beste oplossing is. De kostprijs van het montagescharnier inclusief veersysteem is relatief hoog, daar waar de weerstandvermindering gering is. Er zijn na het weglaten van dit scharnier vier onderdelen minder nodig om de rem te produceren. Ook is de arm nu volledig symmetrisch uitvoerbaar. De combinatie van al deze elementen maakt dat de totaalkost van de rem gevoelig wordt teruggedrongen door deze maatregel te treffen.

Ten slotte zijn de teruglooprem en de parkeerrem van plaats gewisseld. Dit is nu mogelijk vanwege symmetrische eigenschappen van de arm. De plaatsing van de remmen bepaald hoe de buigarm zich verhoudt tot het frame. De patiënt activeert het merendeel van de tijd de teruglooprem. Indien de terugloopremblok is gemonteerd op de bovenste rem arm zal de buigarm zich richten naar het frame toe. De arm is op deze manier mooi weggewerkt.



## 9 Materiaalkeuze

Elk onderdeel heeft een specifieke functie, en moet dus voldoen aan eigenschappen die hierop inspelen. Deze eigenschappen zijn bepaald door de vormgeving van het stuk, maar hoofdzakelijk door de materiaalkeuze ervan. Om het gepaste materiaal te bepalen is het software pakket CES edupac gebruikt. Dit programma geeft de mogelijkheid om via selectiecriteria materialen te filteren die voldoen aan opgelegde eisen. Deze eisen zijn zowel van mechanisch als van algemene aard. Een vergelijking kan ook opgesteld worden om zo het meest geschikte materiaal uit de selectie te bepalen. Voor elk materiaal zijn de mogelijke productieprocessen weergegeven, net als de beschikbaarheid in de gewenste bewerkingsvorm.

### 9.1 Basisplaat

In eerste instantie is een globale samenstelling van het materiaal opgegeven. Er is gekozen om met de basiselementen aluminium en ijzer te werken. Dit garandeert de nodige sterkte van de plaat. Een eerste selectie filtert er zo de zwakkere ongeschikte materialen uit.

Een volgende belangrijke factor is de kostprijs per kilogram van het materiaal. Er dient zo goedkoop mogelijk gewerkt te worden. Een realistische maximale prijs van 5€/kg is opgelegd. Een rolstoelrem moet bestand zijn tegen omgevingselementen zoals regenwater en zonlicht. Daarom is er geëist dat het materiaal geen prestatie afname ondervindt door deze elementen, zelfs niet na blootstelling op lange termijn.

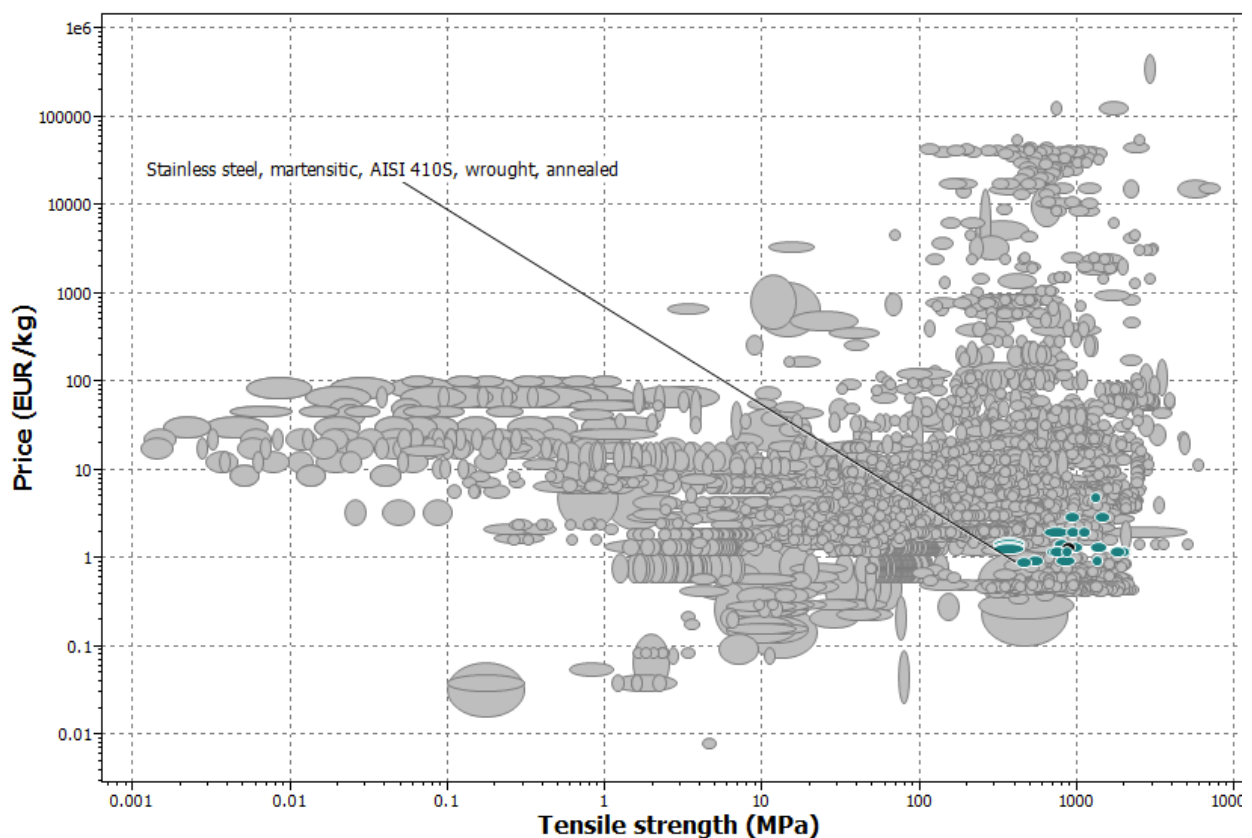
Nu een eerste grondige schifting is doorgevoerd, zijn het vervolgens de mechanische eigenschappen die gekozen worden. Er zijn drie factoren van belang voor de basisplaat: De *young's modulus*, de *yield strength* en de *flexural strength*[B28]. Doormiddel van de toepassing van simulaties is geweten welke de minimale waarden van deze parameters moeten zijn:

- Young's modulus: 210GPa
- Yield strength: 250MPa
- Flexural strength: 250MPa

Indien deze waarden als minima opgelegd worden, is geweten dat de basisplaat zijn functie naar behoren zal uitvoeren. De *young's modulus* bepaald hoe stijf of elastisch een materiaal zal zijn. De basisplaat moet zeer stijf zijn uitgevoerd. Onder invloed van de, op de buigarm uitgeoefende kracht, mag geen buiging ontstaan. De plaat moet in alle omstandigheden zijn neutrale positie behouden. Verder bepaald de *yield strength* hoe sterk een bepaald materiaal is. Hoe groter de waarde hiervan, hoe sterker het materiaal zal zijn. De basisplaat dient opnieuw sterk te zijn. Plastische vervorming mag in geen geval optreden. De as brengt het wringmoment van de buigarm asymmetrisch over op de basisplaat. Ook werken de axiale en radiale remkrachten in op de basisplaat via de as. Het materiaal zal dus bestand moeten zijn tegen uitscheuring van deze as. Tenslotte bepaald de *flexural strength* de sterkte van het materiaal onder invloed van buiging. Meer informatie over deze mechanische eigenschappen is terug te vinden in bijlage L.

Het toepassen van de voorgaande eisen levert een selectie op die bestaat uit roestvrije stalen gecombineerd met gegalvaniseerde stalen. Praktijkervaring leert dat deze laatste categorie niet geschikt is voor deze toepassing. Een coating is immers minder duurzaam en zal problemen met toleranties kunnen veroorzaken. Om deze categorie te elimineren is gekeken naar de globale materiaalsamenstelling. De roestvrije stalen bevatten steeds een percentage chroom gelegen boven de 8%. Als toegevoegde eis wordt dit dan ook opgegeven als minimaal percentage van de globale samenstelling van het materiaal.

De geselecteerde materialen kunnen nu ten opzichte van elkaar vergeleken worden. Een grafiek wordt gegenereerd waarbij de kostprijs wordt uitgezet ten opzichte van de breuksterkte. Volgende afbeelding geeft visueel weer hoe de geselecteerde materialen zich ten opzichte van elkaar verhouden.



Afbeelding 28: Materiaalkeuze basisplaat

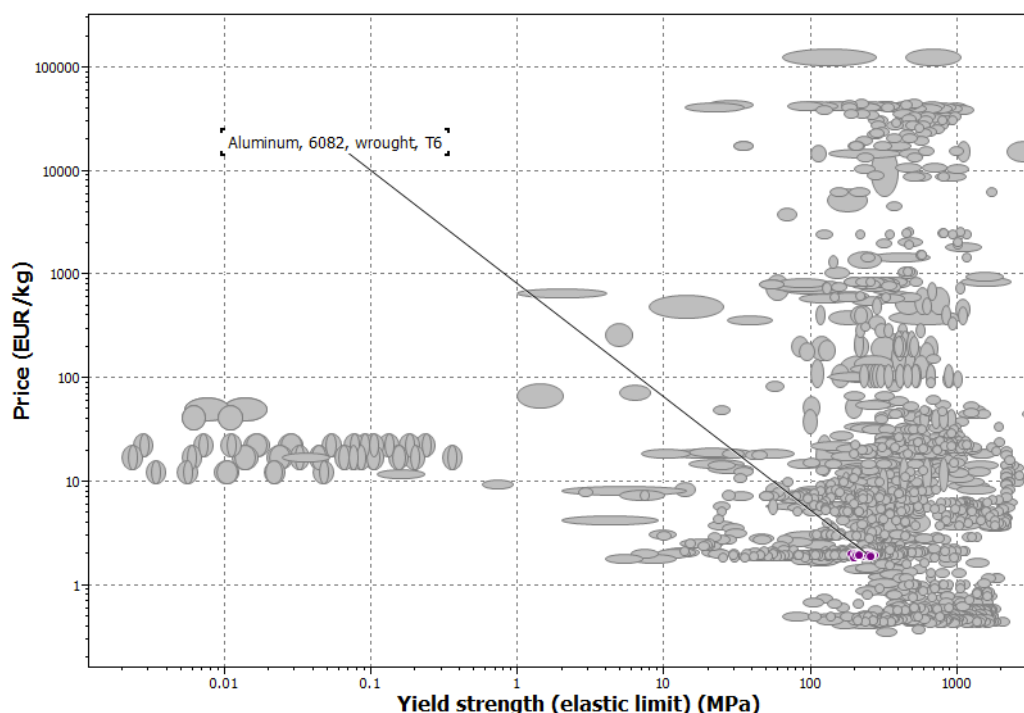
Een grondige analyse van de resultaten is aan de orde. Rekening houdende met de kostprijs en de noodzakelijke eigenschappen, is in samenspraak met een producent beslist om AISI 410S als materiaal te nemen. De kostprijs bedraagt 0,93€/kg en is in de gewenste plaatvorm te verkrijgen[B28]. Het bewerkingsproces van de basisplaat is het lasersnijden. Daarvoor is deze standaard plaatvorm van belang. Er kan zodoende gebruikt gemaakt worden van een automatische materiaalaanvoer. Dit levert een besparing op in productiekost aangezien de machine niet manueel moet bevoorrad worden. Het materiaal is spanningsvrij gemaakt via warmtebehandelingen. Alle onregelmatigheden zijn uit het ruwe materiaal gehaald, ideaal voor een degelijke afwerkingsgraad te behalen bij het laserproces.

## 9.2 Rotatie arm

Het materiaal van de rotatie arm, gekozen voor het eerste prototype, is opnieuw bekeken. Het EN-AW 6063 T6 is standaard een extrusie materiaal. Dit aluminium moet eerst omgezet worden van zijn oorspronkelijke vorm, naar plaatvorm via extrusie. Vervolgens kon bewerking plaatsvinden met de laser. Dit proces is veel te duur om een goedkope eenheidsprijs te bekomen. Via CES is gezocht naar een materiaal met dezelfde eigenschappen, dit in combinatie met een goedkope grondstofprijs en beschikbaarheid in de gewenste vorm. Dezelfde methode wordt toegepast zoals bij de basisplaat is beschreven.

Om te beginnen is aluminium gekozen als basismateriaal. Het effect hiervan is dat elk materiaal dat geen aluminium bevat in zijn samenstelling uit de selectie wordt gefilterd. Omwille van het belang van de kostprijs is hier ook een limiet ingesteld. Een materiaalkost van maximaal 2€/kg is een belangrijke eis. Door gebruik te maken van simulatiesoftware is geweten dat de *yield strength* moet gelegen zijn tussen de 205MPa en de 250MPa om de gewenste werking te kunnen garanderen. Zodoende zijn de remarmen voldoende sterk om de inwerkende remkrachten te kunnen opvangen. De flexibiliteit van de buigarm is van belang. Het percentage rek is daarom gekozen aan een minima van 2%. Aangezien de buigarm een belasting ondervindt gedurende buiging, is de *flexural strength* een belangrijke parameter. Een minimale *flexural strength* van 205MPa is hier als limiet gesteld. Ten slotte zal de breukweerstand de laatste mechanische eigenschap zijn die wordt opgedragen. Een minimale weerstand van 33MPa a.m<sup>0.5</sup> volstaat om brosse materialen uit de selectie te filteren. Brosse materialen zullen immers niet buigen maar direct breken. Dit is uiteraard niet gewenst voor deze toepassing.

De selectie wordt bijgestuurd door het uitsluiten van prestatieverlies na contact met zoutwater of zonlicht. Afbeelding 29 geeft het resultaat hiervan weer.



Afbeelding 29: Materiaalselectie rotatie arm

Een lijst met verschillende types van aluminium kan nu gegenereerd worden. Deze materialen zijn allemaal gelijkaardig, zowel op basis van kostprijs als op gebied van mechanische eigenschappen. Een keuze wordt gemaakt in samenspraak met verschillende producenten. Er wordt vooral gelet op levertermijn, beschikbaarheid en materiaalvorm. Zo moet het materiaal standaard in plaatvorm, beschikkend over de juiste dikte, leverbaar zijn. Het laserproces dient vlot te kunnen verlopen en dit met een hoge afwerkingsgraad. Het materiaal dat bij de leveranciers als meest gangbare bestempeld werd is het EN-AW 6082 T6. De kostprijs van dit aluminium bedraagt 1,90€/kg[B28] en is bij producenten een stockmateriaal.

### **9.3 Assen**

Het materiaal waaruit de assen zijn vervaardigd in het eerste prototype is het 20MrCr5 carbonstaal. Aangezien dit staal niet de meest gunstige oplossing is, zal een aanpassing doorgevoerd worden. De prijs van de grondstof blijft een element om rekening mee te houden. Echter is het volume van de assen zo klein dat deze invloed beperkt blijft. Belangrijker is de productietijd. De tijd nodig om het onderdeel te produceren, gaat zwaarder doorwegen dan de eigenlijke materiaalkost. Het materiaal is zo gekozen dat er een zo snel mogelijk bewerkingsproces kan toegepast worden. In samenspraak met de producent van de assen is besloten om deze uit te voeren in AISI 303 automatenstaal. Dit is roestvrij staal speciaal ontwikkeld om een automatische draaibank te bevoorraden. De snijsnelheid kan hoog worden gekozen zonder in te boeten aan kwaliteit. Door de automaataanvoer zijn de manuren beperkt en dus ook de stukprijs. Het staal zal nog steeds sterk genoeg zijn om de krachten die erop aangrijpen te kunnen opvangen. Zo ligt de yield strength op 280MPa en de tensile strength zelfs op 630MPa. Ook de vorm draagt bij tot de sterkte van de onderdelen. De lengte is zeer kort en daarlangs is de diameter relatief groot. De kostprijs van het materiaal bedraagt 2,75€/kg[B28]. AISI 303 is een zachter materiaal dan het AISI 410S gebruikt in de basisplaat. De as roteert in de basisplaat en zal dus slijtage ondervinden. Het kleinste, en tevens goedkoopste, onderdeel ondervindt eerder slijtage dan de basisplaat. Dit is gunstig voor de levensduur van de basisplaat. Ook kan de as nu bestempeld worden als slijtageonderdeel. Vervanging hiervan zal immers weinig kosten met zicht meebrengen. Met dit fenomeen is gedurende de materiaalkeuze steeds rekening gehouden. Een duur onderdeel moet beschermd worden tegen slijtage. Vervanging van zulke dure onderdelen is immers ongewenst.

### **9.4 Remblokken, positiepenen en cilinders**

Dezelfde redenering, gevoerd voor de assen, kan toegepast worden voor de remblokken. Ook hier is de productiesnelheid belangrijker dan de grondstof kost. Opnieuw werd gekozen voor het AISI 303 automatenstaal. De samenstelling hiervan is de volgende: X8CrNiS18-9. Aangezien de positiepenen en cilinders in feite ook assen zijn, is opnieuw dezelfde redenering te voeren. Het volume van de onderdelen is weer klein en dus zal de snelheid relatief gezien veel belangrijker zijn. De meerprijs van 0,85€/kg in vergelijking met aluminium wordt ruimschoots goedgemaakt doormiddel van besparing in machinetijd.

## 9.5 Klemblokken

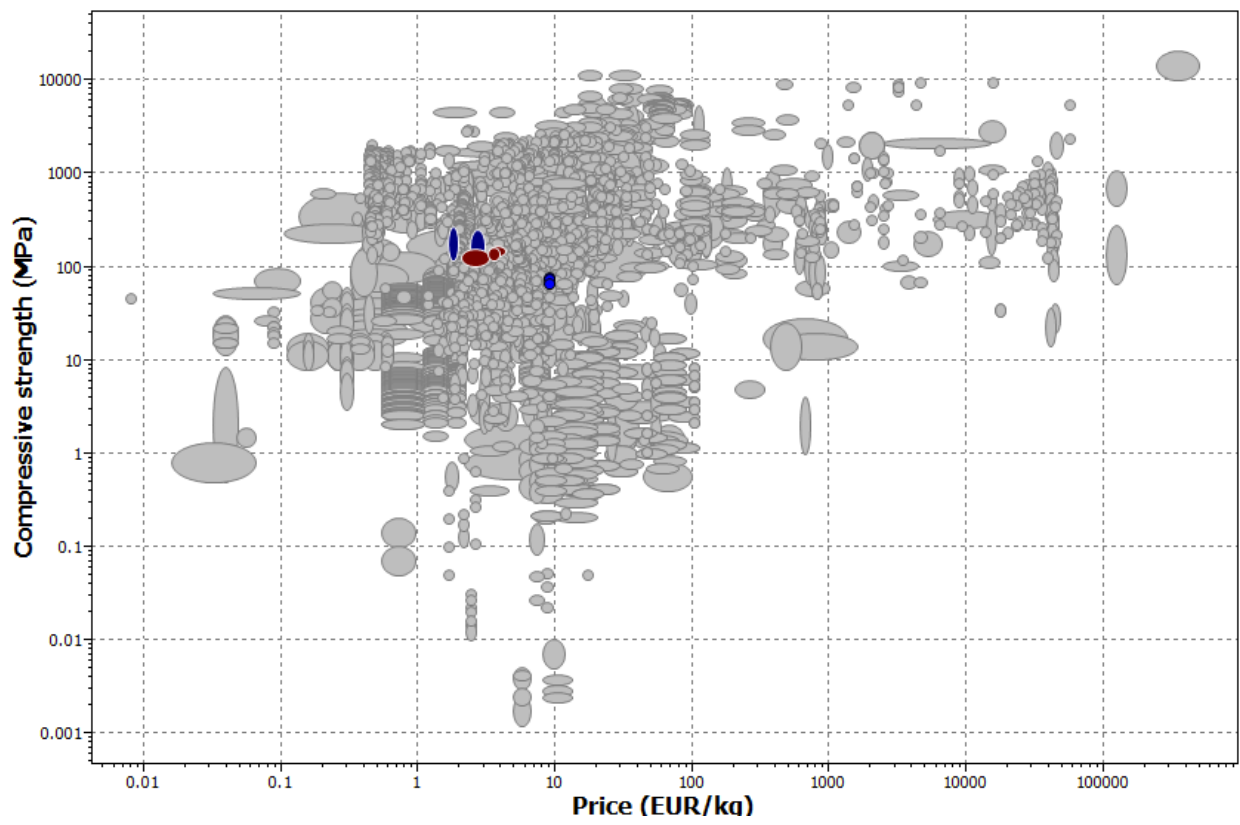
Het productieproces gebruikt voor de klemblokken is extrusie. Dit proces bepaald in hoofdzaak de materiaalkeuze voor deze onderdelen. Er dient een materiaal geselecteerd te worden waarvan de grondstofprijs zo laag mogelijk is. Kwalitatief extruderen is een must, waarbij het materiaal in de correcte balkvorm verkrijgbaar dient te zijn. EN – AW 6060 T6 is een materiaal wat aan deze eisen voldoet. Met een kostprijs van 1,90€/kg is dit een van de meest goedkope extrudeerbare materialen.

## 9.6 Rail

Het productieproces wat gebruikt is bij de rail is tijdsefficiënt. Het effect van deze snelheid is slechts beperkt afhankelijk van het gekozen materiaal. Het duurdere automatenstaal is daardoor niet noodzakelijk. Hetzelfde aluminium is gebruikt voor de rail en de rotatie arm. Het EN-AW 6082 T6 is voldoende sterk om de klemkrachten op te vangen. Het is goedkoop en makkelijk bewerkbaar. De gewenste cilindervorm van 20mm in doorsnede is vlot leverbaar. Schroefdraad in aluminium tappen wordt over het algemeen afgeraden. Om dit probleem te omzeilen wordt er gewerkt met een contramoer aan de achterzijde van de rail. Deze zal de krachten opvangen, waardoor het aluminium in principe geen schroefdraad nodig heeft en dus niet zal uitscheuren.

## 9.7 Montage adapter

Opnieuw bepaald de functie van de montage adapter welk materiaal hiervoor gekozen is. In samendrukking moet dit materiaal een grote sterkte bezitten. Een zekere flexibiliteit is aan de orde. Deze stijfheid in samendrukking wordt uitgedrukt in de *compression modulus*. Voor Polyamide Cycloaliphatic is deze gelegen rond de 3 GPa. Een waarde die enige vervorming bij indrukking toelaat, maar toch zijn oorspronkelijk vorm behoudt. Een andere belangrijke waarde is de sterkte van het materiaal in compressie. Er mogen immers geen scheuren of basten in het materiaal komen door de samendrukking. Een waarde van 89MPa voor de *compressive strength* volstaat voor deze toepassing. Een vergelijkende tabel voor deze waarde is weergegeven in bijlage M. Deze selectiecriteria zijn ingegeven als materiaaleigenschappen in CES. Dit samen met de maximale materiaalkost van 10€/kg en bestendigheid tegen zoutwater en zonlicht. Afbeelding 30 geeft het resultaat weer van deze selectie. De materialen worden bestudeerd en de mogelijke productieprocessen vergeleken. Hieruit blijkt dat enkel PA C door middel van een spuitgietproces kan gevormd worden. Aangezien dit het goedkoopste productieproces is voor de beoogde vorm is dit als meest geschikt materiaal aangeduid.



Afbeelding 30: Materiaalkeuze montage adapter

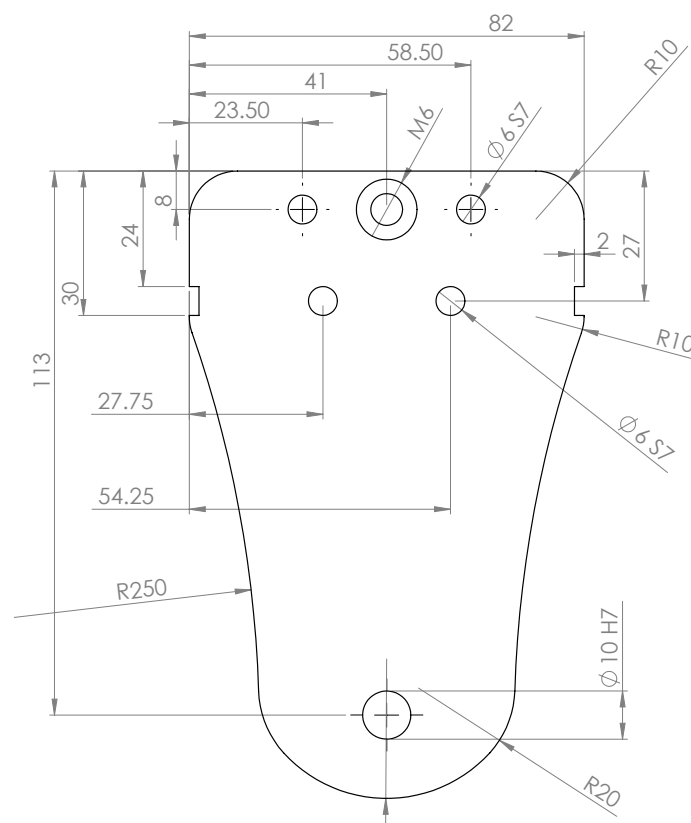


## 10 Prototype II

Het tweede prototype wordt gevormd, rekening houdend met de besproken aanpassingen en herwerkte materiaalkeuze. Het resultaat hiervan is afgebeeld in bijlage N. De verschillende onderdelen worden nogmaals in detail besproken.

## 10.1 Basisplaat

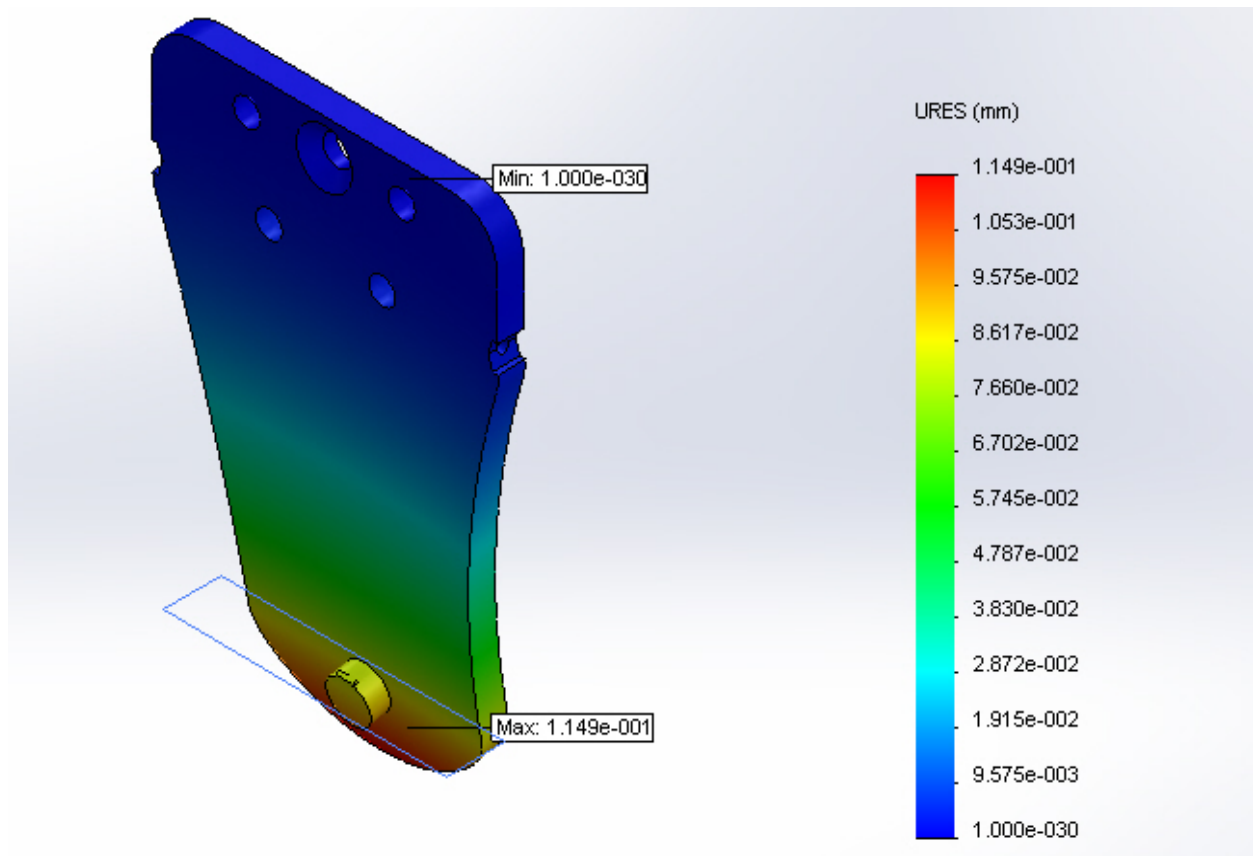
De basisplaat van het eerste prototype voldeed niet aan de door ons gestelde eisen. Aanpassing van zowel materiaalkeuze als vormgeving was noodzakelijk. De materiaalkeuze is uitgebreid aangehaald in hoofdstuk 9.1. Ook de vormgeving draagt bij tot de functionaliteit van het stuk. De voorgaande vorm kon de torsie en buiging onvoldoende opvangen. Vandaar is gekozen om de basisplaat te verbreden naar 82mm. Hoe breder de basisplaat is, des te beter deze de torsie zal opvangen. De afronding tussen boven en onderzijde van de basisplaat is minder prominent gekozen. Dit om wederom de torsie te reduceren. Om de buigweerstand van de plaat te verhogen is voor een gelijkmatige dikte van 6mm gekozen. Onder de boring is vervolgens extra materiaal aangebracht. De boring, waarin de as gemonteerd wordt, is zo verstevigd. De globale vorm van de basisplaat is terug te vinden in onderstaande afbeelding.



**Afbeelding 31: Vooraanzicht basisplaat**

De rechthoekige vorm uitgehaald aan beide kanten zal ook als huis voor de veiligheidsbeugel dienst doen. Positionering gebeurt via een schroef centraal in deze pocket. De vier aanwezige boringen van 6mm in diameter doen dienst als persverbindingen voor de positie cilinders en positie pennen. Telkens is een S7 tolerantie om de boring aangebracht, welke reeds besproken is.

De aanpassingen qua vorm en materiaal dienen opnieuw te worden getest via simulatie. Via de buigarm is een buigmoment op de as geïnduceerd. Deze as geeft de basisplaat de neiging tot plooien. De basisplaat dient hiertegen weerstand te bieden. De afwijking ten opzichte van de neutrale positie, die door deze buigkrachten wordt veroorzaakt, is dankzij deze simulatie te bepalen. Een maximale verplaatsing van 0,12mm wordt weergegeven in onderstaand simulatierapport. Dit ligt ruimschoots binnen de verwachtingen voor een degelijke werking.



Afbeelding 32: Simulatierapport verplaatsing van de basisplaat

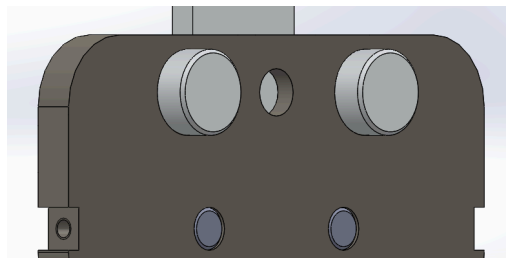
## 10.2 Positie cilinders

De basisplaat is verbonden met de rail via twee positie cilinders. Deze zijn cilindrisch uitgevoerd, en maakten deel uit van de basisplaat in het eerste prototype. Nu de vormgeving van de basisplaat is veranderd, moet een herontwerp van de positie cilinders plaatsvinden. De belangrijkste eigenschap van het stuk is de kostprijs. Het moet goedkoop zijn in productie, duurzaam in gebruik en zich op een eenvoudige manier in de basisplaat laten monteren. Een persverbinding tussen beide voldoet aan deze eisen.

Door de reeds aangebrachte toleranties op de boringen in de basisplaat is de correcte positionering van de cilinders gegarandeerd. De positie cilinder wordt met een grote perskop ontworpen. Hierdoor moet er een sterke basis aanwezig zijn om de krachten die inwerken op de basisplaat op te vangen. De tolerantie aangebracht op de diameter van de perskop is gelijkaardig aan deze aangebracht op de assen, namelijk D6 h7. De redenering hiervan is analoog gevoerd zoals eerder aangehaald is. De buitendiameter van de positie cilinders is gelijk gekozen aan deze van de boringen bevestigd in de rail. Een vormgesloten

inklemming is zo gecreëerd. De nodige toleranties die ervoor zorgen dat de cilinders telkens in de boring zullen passen, zijn reeds aangehaald in hoofdstuk 7.

Op de buitendiameter van de cilinder is een afschuining aangebracht. Dit om een vlotte montage mogelijk te maken. Op deze manier zal de positie cilinder zich op zelfstandige basis centreren ten opzichte van de boring in de rail. Ook zal een afronding aangebracht worden, daar waar de perskop overgaat in de cilinderkop, op het moment dat de diameter van 6mm naar 12mm vergroot. Op deze manier kan via vormgeving de sterkte van het stuk aanzienlijk verhoogd worden. Onderstaande afbeelding geeft de verhouding van de positie cilinders weer ten opzichte van de basisplaat. Voor het materiaalgebruik kan hoofdstuk 9 geraadpleegd worden.

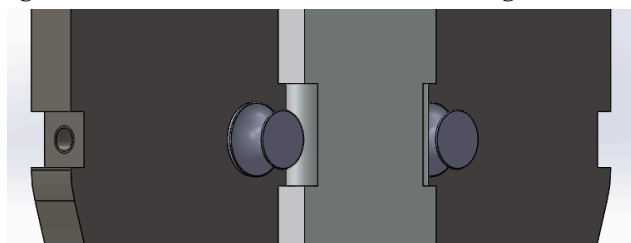


Afbeelding 33: Positie cilinders in basisplaat

### 10.3 Positie pennen

De standenplaat is vervangen door twee positie pennen. Het idee hierachter is een reductie in productiekosten teweegbrengen. Een draaionderdeel zoals een pen is immers vele malen goedkoper dan de gedetailleerde standenplaat. Door de pennen, met gekende passing, in de basisplaats te persen is de inklemming reeds gegarandeerd. Om de functionaliteit van de standenplaat volledig over te nemen, dient echter ook een vormsluiting tussen beide aanwezig te zijn. Het is immers ongewenst wanneer de buigarm vanzelf uit zijn rempositie komt. De oplossing hiervoor is gevonden in de vormgeving van zowel de buigarm als de positie pennen. Een detailweergaven van deze vormgeving is terug te vinden in afbeelding 34.

De positie pen bevat een perskop inclusief aanslag. Op deze manier is de pen telkens over de juiste afstand in de basisplaat geperst. De perskop is via een kleine afronding verbonden met het positioneergeedeelte. Dit bezit een afronding met een straal van 2mm. In deze afronding gaat de buigarm ingrijpen. Ook hier is deze afronding aangebracht op de zijkant van de buigarm. Dankzij de aangrijping van beide onderdelen in elkaar, is het niet mogelijk om via enkel een zijwaartse beweging de remstand te verlaten. Dit bouwt een zekere veiligheid in. Ten slotte zijn er kleine afronding aangebracht op de buitendiameter van de positie pen. Het doel hiervan is slijtage verminderen van de rotatie arm die hiermee in contact komt. Hoofdstuk 9.4 geeft in detail weer welk materiaal gebruikt is en waarom.



Afbeelding 34: Positie pennen

## 10.4 Rotatie arm

Nadat de materiaalkeuze is herwerkt, als besproken in hoofdstuk 9, moet ook de vormgeving van de arm aangepast worden. De buigarm ondervond zoals reeds gemeld een modificatie van de pocket in de zijkant. Deze werd vervangen door een afronding. Visueel is dit weergegeven in afbeelding 34. De overige dimensies van de buigarm blijven behouden.

De remarmen zijn volledig opnieuw ontworpen. Aangezien het montagescharnier is afgevoerd, worden beide armen symmetrisch uitgevoerd. Rekening houdend met de opmerkingen tijdens de testfase, dient de indrukking van de band groter te zijn. De oorspronkelijke indrukking van 2mm, is vergroot naar 2,5mm. Via de reeds besproken vectorvoorstelling kan dan de hoek tussen beide armen bepaald worden, alsook de lengte ervan. Hieruit blijkt dat de lengte van de remarmen die hiermee overeenstemt 70mm bedraagt en de hoek tussen beide is op 70° gekozen. Naast de lengte en de hoek is ook de breedte van de armen opnieuw bekeken. De oorspronkelijke armen waren niet breed genoeg om een stabiel platform te bieden voor de contraoer en bout die hiertegen aan zaten. De breedte van de remarmen is naar 16mm verhoogd. Hierdoor is de contraoer en bout volledig tegen het vlak aangelegd zonder dat deze uitsteken. Bijlage K.12 geeft de vernieuwde vormgeving weer.

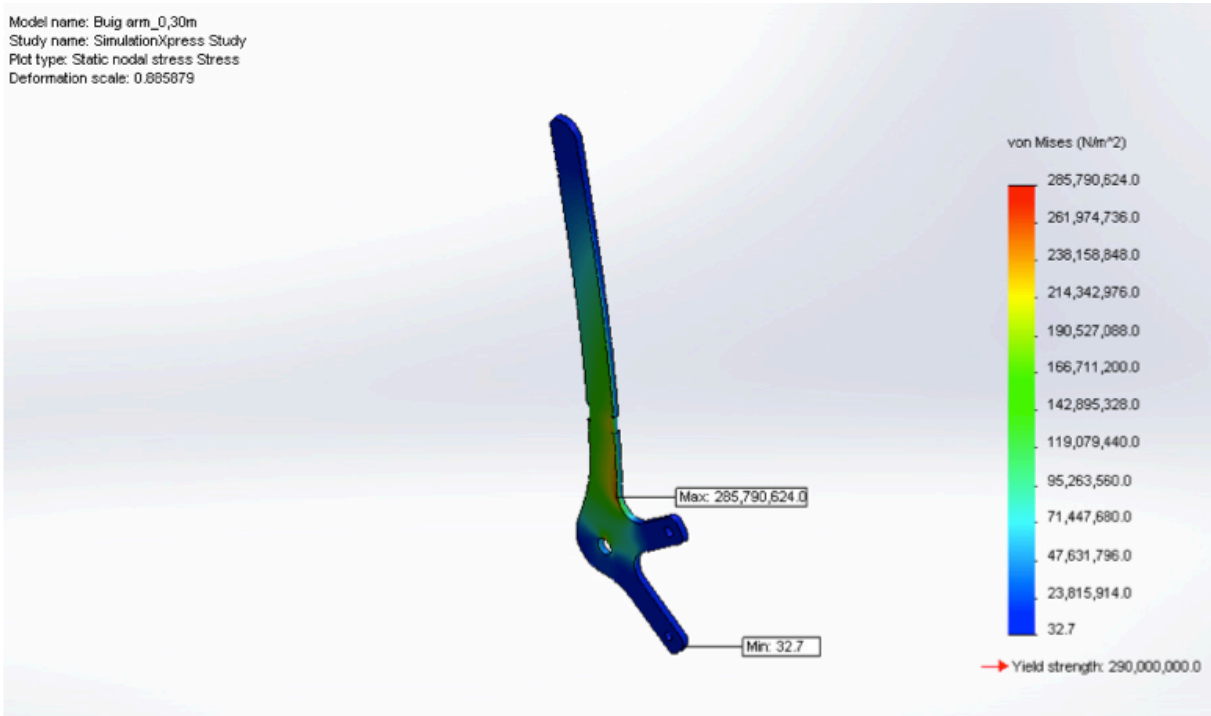
Het herontwerp van de rotatie arm zal opnieuw aan verschillende testen onderworpen worden. Via simulatie wordt bepaald of het onderdeel de inwerkende krachten kan opvangen en of het zijn beoogde functie uitvoert. Eerst is de buigarm aan de beurt. Het eerder besproken principe van krachtbepaling is opnieuw toegepast. Daar waar de inklemming gebeurt, dient een verplaatsing van 4mm plaats te vinden. De kracht die hiervoor benodigd is bedraagt 164N. Met deze gegevens kan bepaald worden welke kracht de patiënt de buigarm bedient:

$$M_b = F_{0,084} \cdot x = 164N \cdot 0,084m = 13,77Nm$$

$$F_{0,30} = \frac{M_b}{x} = \frac{13,77Nm}{0,30m} = 45,9N$$

$$m = \frac{F_{0,30}}{g} = \frac{45,9N}{9,81 \frac{N}{kg}} = 4,68 kg$$

Hieruit blijkt dat de patiënt met 45,9N moet duwen tegen de buigarm om de gewenste verplaatsing te krijgen. Wanneer deze kracht via simulatie op de buigarm wordt gelegd, is volgend rapport gegenereerd. Hieruit valt te besluiten dat de buigarm sterk genoeg is om de inwerkende krachten op te vangen. De benodigde verplaatsing is behaald zonder plastische vervorming te veroorzaken. Er kan geconcludeerd worden dat de vormgeving en materiaalkeuze geslaagd zijn voor de buigarm. Ook de kracht die dient geleverd te worden door de patiënt ligt ruimschoots binnen de normgeving[B12].



Afbeelding 35: Simulatierapport buigarm

Hetzelfde is uitgevoerd voor de remarmen. De reeds gekende radiaal - en axiaalkrachten worden aangelegd op de remblokken, die verbonden zijn met de remarmen. Zo is een realistische inwerking van de krachten op de remarm bekomen. In bijlage F.1 is weergegeven hoe deze krachten zijn aangebracht. Uit het simulatierapport, bijgevoegd in appendix F.2, blijkt dat de remarmen geen problemen ondervinden met het opvangen van de krachten. Deze krachten zijn overeenkomstig met een volledig belaste rolstoel te plaatsen op een helling van 7° zoals reeds eerder aangehaald[12].

## 10.5 Remblokken

### 10.5.1 Remblok parkeerrem

De globale vorm van de remblok is behouden, enkel de afmeting ervan is gewijzigd. Om vormgesloten rond de remarm te kunnen, vergroot de diameter van de remblok naar 20mm. Er is gekozen om een iets grovere karteling aan te brengen ten opzichte van het vorige prototype. Een kruiskarteling van 1mm diep is zichtbaar op afbeelding 36. Voor de materiaalkeuze wordt verwezen naar hoofdstuk 9.



Afbeelding 36: Remblok parkeerrem

### 10.5.2 Remblok teruglooprem

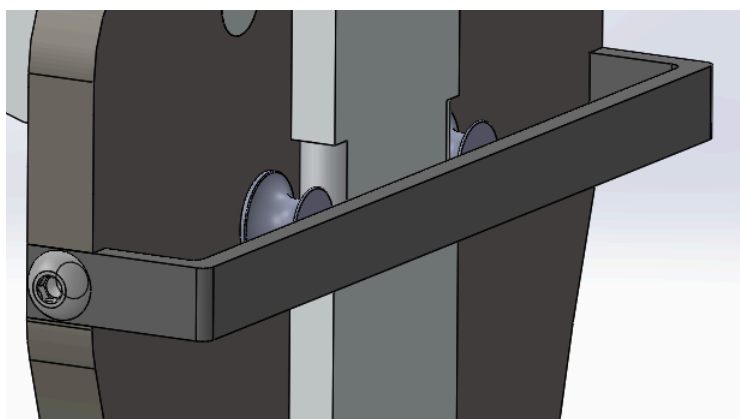
De vormgeving van deze remblok is niet gewijzigd. De materiaalkeuze is analoog aan die van de remblok gebruikt voor de parkeerrem. Hetzelfde geldt voor de gekozen karteling. Het materiaal zal invloed uitoefenen op de persing van het lager in deze huls. Aluminium is een zachter materiaal dan staal. Dit brengt met zich mee dat het lager dus ook een andere passing nodig heeft, daar zijn huis veranderd. Via tabel 3 is bepaald dat de tolerantie van R7 naar N7 wordt aangepast. Zo treedt er geen plastische vervorming van het lager op, tijdens de persing ervan. Onderstaande afbeelding geeft het geheel van de teruglooprem weer.



Afbeelding 37: Teruglooprem

### 10.6 Veiligheidsbeugel

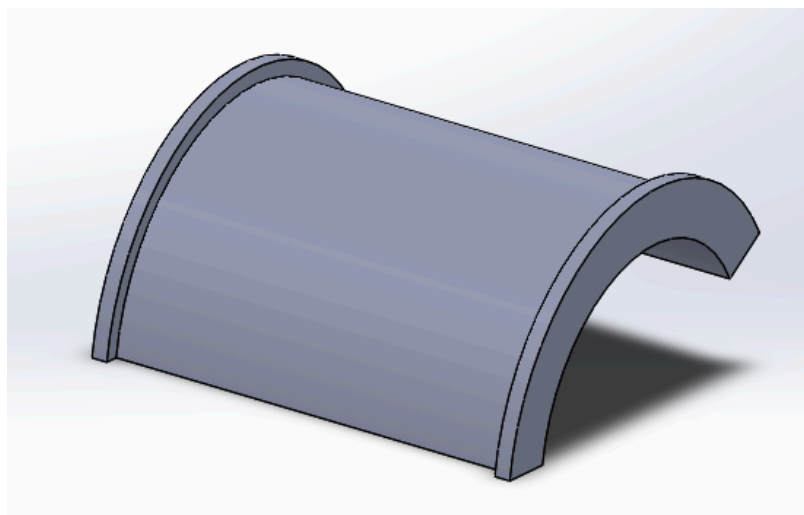
Wanneer een te grote kracht op de buigarm wordt gezet, gaat deze plooiën tot in zijn plastische vervormingsgebied. Om dit te voorkomen is de veiligheidsbeugel aangebracht op de basisplaat. De hoofdeigenschappen van de beugel zijn stijfheid en sterkte. Deze eigenschappen zijn herkenbaar, aangezien de basisplaat die ook vereist. De materiaalkeuze gebeurt daarom analoog. Dimensionering van de beugel is hoofdzakelijk bepaald door de reeds aanwezige onderdelen. De breedte is vastgelegd door de basisplaat. De lengte van de beugel is zo gekozen dat de buigarm net voorbij de positie pennen kan buigen. De hoogte is gelijk gekozen aan de diameter van de positie pennen. Het aangewezen productieproces voor de beugel is plooiën. Voor het prototype gebeurt dit handmatig, voor grotere aantallen machinaal. De plaatsing van de beugel in de basisplaat is weergegeven in onderstaand afbeelding.



Afbeelding 38: Veiligheidsbeugel

## 10.7 Montage adapter

In hoofdstuk 4 zijn de bevestigingsopties van de rem op het rolstoelframe besproken. Daar kwam reeds ter sprake dat er twee verschillende diameters bestaan voor de frames. De aluminium rolstoelen hebben een diameter die 3mm groter is dan de stalen rolstoelen. Om de universele montage mogelijk te maken moet dit verschil opgevangen worden. Hiervoor is de montage adapter ontwikkeld. Dit onderdeel wordt geplaatst tussen de klemblokken en het frame. De klemming vindt nu plaats door de adapter tussen frame en klemblok te persen. Dankzij de specifieke eigenschappen van het materiaal, aangehaald in hoofdstuk 9.7, is de klemmende werking mogelijk. De vormgeving is zo dat het stuk altijd op zijn plaats blijft. Hiervoor zijn aan beide zijden van het onderdeel lipjes aangebracht. Onderstaande afbeelding geeft dit weer.



Afbeelding 39: Vormgeving montage adapter





## 11 Testfase en aanbevelingen

Na de productie van het tweede prototype is dit uitgebreid getest. De functionaliteit van het buigmechanisme is van nabij bekeken. Indien de assemblage van alle onderdelen correct is uitgevoerd, kan geconcludeerd worden dat het zijn functie zoals verwacht vervult.

De buigarm en de positie pennen grijpen vormgesloten in elkaar aan. Op beide onderdelen is immers dezelfde afronding aangebracht. Na het testen hiervan blijkt dat dit een goed systeem is, echter overbodig. Een gestandaardiseerde cilindrische pen volstaat. Onvrijwillig de arm uit de remstand duwen is niet mogelijk, aangezien een behoorlijke kracht benodigd is om voldoende buiging te verkrijgen. Er is dus een meervoudige besparing mogelijk op de productiekosten. De afronding op de buigarm is niet meer van toepassing, en dus ook het bijhorende productieproces is niet meer nodig. Anderzijds kan de positie pen worden vervangen door een standaard cilindrische pen, opnieuw een besparing op de totaalkost.

De buigfunctie is bestudeerd, vervolgens komt de remmende werking aan bod. Testen wijzen uit dat de remblokken relatief kort bij de band moeten worden geplaatst om voldoende grip te hebben. Indien deze remblokken op die manier gepositioneerd worden, is de rem getest met een massa van 150kg aan een hellingshoek van ongeveer 10%. De remmende werking voldeed om de rolstoel tot stilstand te brengen. Wanneer de remblokken zo kort bij de band gepositioneerd zijn, is de indrukking ervan groot. De rolweerstand bij voorwaartse beweging is zo ook verhoogd, hetgeen niet gunstig is. Naar de toekomst toe kan getest worden of een grovere karteling een oplossing biedt. De remblokken hebben dan meer grip op de band, en de indrukking zal dan minder groot moeten zijn. Dit zal tot gevolg hebben dat de rolweerstand in vermindering wordt gebracht.

Een andere vaststelling met betrekking tot de rolweerstand is gemaakt bij analyse van het lasersysteem. De lager heeft een bewegingsruimte van 1mm over de afstand van de pasbout. Door deze zijdelingse beweging raakt de remhuls aan de kop van de pasbout. Na verloop van tijd zal deze huls inslijten ten gevolge van dit contact. Door deze insnijding verhoogt de rolweerstand merkbaar. Dit probleem kan opgelost worden door een kunststof afstandsring te plaatsen tussen remblok en pasbout. De diameter van de afstandsring, uitgevoerd in een glijmateriaal, is kleiner of gelijk aan de diameter van de afdichtringen. Op deze manier kan er geen insnijding meer plaatsvinden en blijft de lage rolweerstand intact.

Wanneer de rem ingeschakeld is grijpt de remblok in op de band. Bij voldoende tractie wordt de remblok meegenomen door de band in zijn achterwaartse beweging. Hoe verder de band naar achter beweegt hoe groter de indrukking in de band zal moeten zijn om de remblok blijvend mee te nemen. Indien deze indrukking toegelaten wordt door de band roteert de arm over zijn kantelpunt en de arm beweegt naar voor. Dit is uiteraard niet de bedoeling. Dit kan op twee verschillende manieren opgelost worden. Enerzijds wordt de voorwaartse rotatie van de arm vermeden door de veiligheidsbeugel aan te brengen. De arm kan immers niet verder roteren dan de beugel toelaat. Anderzijds kan naar de

toekomst toe het ontwerp van de rotatie arm herbekeken worden. Hoe groter de hoek tussen de beide remarmen is, des te kleiner de kans is dat dit fenomeen plaats vindt.

Het aanbrengen van de rem op verschillende types van rolstoelen spreidt een beperking in afstellingsmogelijkheden ten toon. De vele kleine verschillen maakt dat de rem niet perfect afgesteld kan worden. Dit veroorzaakt dan weer een verminderde werking. Een tweede en derde dimensie dienen ingevoerd te worden met betrekking tot de afstelling ten opzichte de frames. Dit maakt dat in de toekomst de rem probleemloos op elk frame gebruikt kan worden.

Ten slotte is vastgesteld dat, bij assemblage van de lager in de remhuls, moeilijkheden optreden. Een verkeerde persing leidt tot plastische vervorming van het lager. Om dit te vermijden zal een inloophoek voorzien worden op de remblok. De hoek bedraagt  $15^\circ$  en loopt over een afstand van 0,5mm. Een correcte persweg is zo gegarandeerd.

## 12 Prijsberekening

Prototyping is over het algemeen een duur proces. Na rondvraag naar offertes voor de productie van het tweede prototype, werd dit meteen bevestigd. Ook was de variatie in kostprijs tussen de verschillende producenten opvallend. Om dit te staven zijn zowel de duurste als goedkoopste offertes opgesomd in respectievelijk tabel 6 en 7. In bijlage O en P zijn de volledige offertes weergegeven. Deze vergelijkende studie is gemaakt voor de productiekost van 2 rolstoelen. Per rolstoel zijn twee remmen nodig. De meeste onderdelen zijn dus vier keer nodig. Met uitzondering van de positiepenen en cilinders, deze zijn acht maal nodig.

Tabel 6: Duurste offerte prototype II

| Onderdeel          | Stukprijs | Totaalprijs (€) |
|--------------------|-----------|-----------------|
| As                 | 28,00     | 112,00          |
| Klem A             | 67,00     | 268,00          |
| Klem B             | 67,00     | 268,00          |
| Rail               | 53,00     | 212,00          |
| Vaste rem          | 39,00     | 156,00          |
| Semi rem           | 36,00     | 144,00          |
| Rotatie arm        | 22,00     | 88,00           |
| Basisplaat         | 167,00    | 668,00          |
| Positie cilinder   | 21,00     | 168,00          |
| Veiligheidsbeugel  | 52,00     | 416,00          |
| Positie pen        | 26,00     | 208,00          |
|                    |           |                 |
| <b>Totaalprijs</b> |           | <b>3276,68</b>  |

Tabel 7: Goedkoopste offerte prototype II

| Onderdeel          | Stukprijs | Totaalprijs (€) |
|--------------------|-----------|-----------------|
| As                 | 10,63     | 42,52           |
| Klem A             | 9,67      | 38,68           |
| Klem B             | 9,67      | 38,68           |
| Rail               | 12,56     | 50,24           |
| Vaste rem          | 12,58     | 50,32           |
| Semi rem           | 12,15     | 48,60           |
| Rotatie arm        | 24,95     | 99,80           |
| Basisplaat         | 24,23     | 96,92           |
| Positie cilinder   | 9,98      | 39,92           |
| Veiligheidsbeugel  | 7,52      | 60,16           |
| Positie pen        | 5,96      | 47,68           |
|                    |           |                 |
| <b>Totaalprijs</b> |           | <b>613,52</b>   |

Naast de productieonderdelen zijn ook aankooponderdelen nodig om het geheel te vervolledigen. Deze aankooponderdelen zijn gekocht via desbetreffende producent. De bestelde aantallen hebben een behoorlijke impact op de eenheidsprijs ervan. Een weergave hiervan is terug te vinden in tabel 10[B26-B29].

Tabel 8: Eenheidsprijs van de aankooponderdelen per aantal

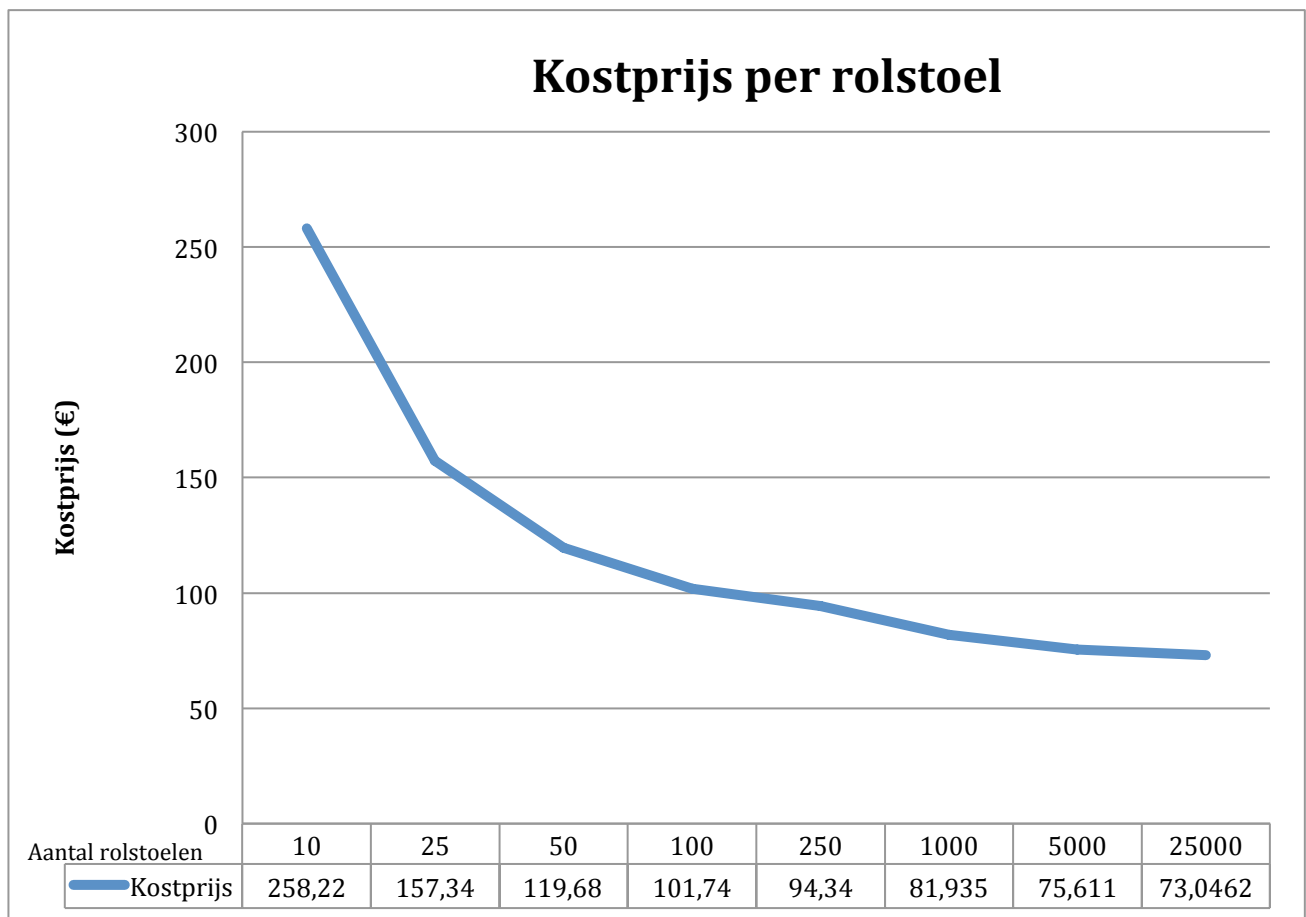
| Onderdeel   | Prijs per stuk<br>Prototype (€) | Prijs per stuk<br>Vanaf 500 stuks (€) |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| ISO 7380    | 0,38                            | 0,22                                  |
| DIN 7991    | 0,24                            | 0,14                                  |
| DIN 912     | 0,30                            | 0,18                                  |
| DIN 912     | 0,14                            | 0,08                                  |
| DIN 980     | 0,50                            | 0,32                                  |
| DIN 471     | 0,04                            | 0,03                                  |
| DIN 988     | 0,08                            | 0,05                                  |
| DIN 7379    | 2,90                            | 2,00                                  |
| HFL 0833 KF | 21,77                           | 2,30                                  |
| G seal      | 3,76                            | 0,89                                  |

Via het eisenpakket is geweten dat een streefwaarde van 25 000 rolstoelen is opgelegd om uit te rusten met de teruglooprem. Voor deze grotere aantallen dient dus ook een prijs berekend te worden. Aanvragen werden zowel nationaal als internationaal ingediend. Vergelijken van de verschillende offertes geeft volgende prijzen als goedkoopste weer. De prijsberekening voor andere aantallen is terug te vinden in bijlage P.

Tabel 9: Kostprijs aanmaakonderdelen voor 25 000 rolstoelen

| Onderdeel         | Stukprijs (€) |
|-------------------|---------------|
| As buig arm       | 0,85          |
| Klemblok A        | 2,30          |
| Klemblok B        | 2,30          |
| Rail              | 1,89          |
| Remblok vast      | 2,89          |
| Remblok semi rem  | 2,84          |
| Rotatie arm       | 5,22          |
| Basisplaat        | 6,33          |
| Veiligheidsbeugel | 1,27          |
| Positie cilinder  | 0,51          |

Eenmaal de stukprijs bekend is voor de verschillende aantallen, kan voor deze aantallen de totaalprijs van het remsysteem per aantal rolstoelen worden bepaald. Een optimale productiehoeveelheid kan hieruit afgeleid worden. Deze productie hoeveelheid wordt bepaald door de opdrachtgever Spronken Orthopedie. De vraag naar dit product samen met de mogelijkheid tot het houden van stock zal hier afhankelijk van zijn. Afbeelding 40 geeft een beeld van de kostprijs per hoeveelheid rolstoelen. De berekening is terug te vinden in bijlage Q.



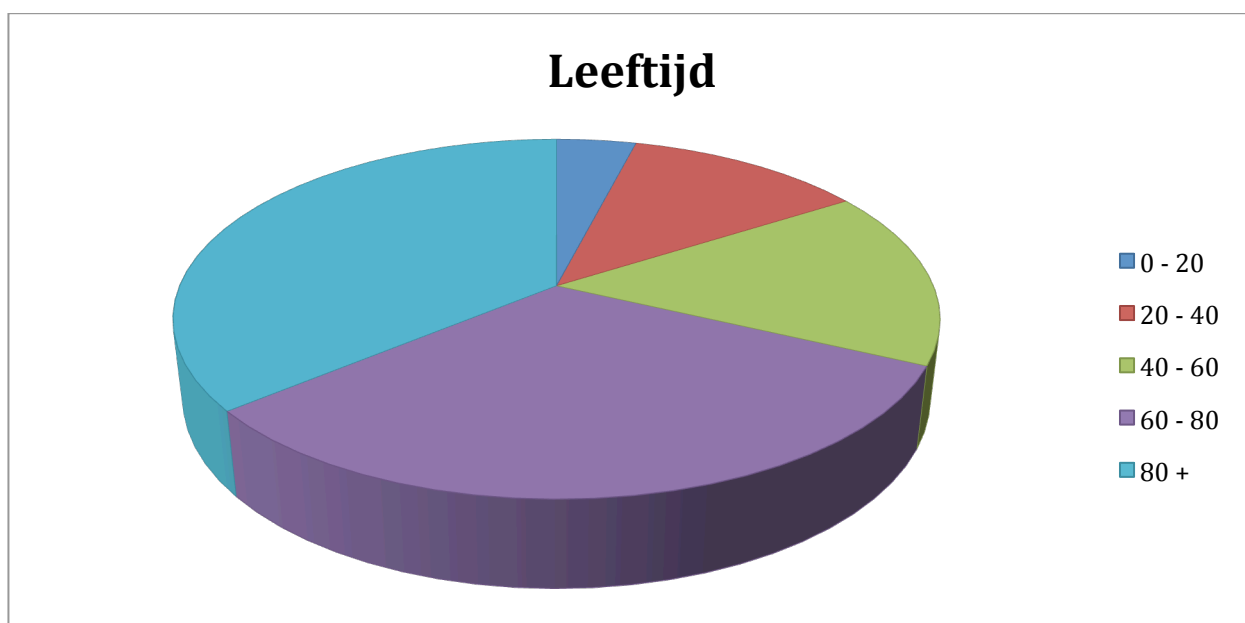
Afbeelding 40: Kostprijs per rolstoel



## 13 Enquête

Om een inzicht te krijgen over de mening van de consument betreffende de rolstoel en toebehoren werd een enquête opgesteld. Deze enquête is via een thuiszorgbedrijf, Het Wit Gele Kruis, evenredig verspreid over heel Limburg. Het verpleegkundig personeel nam het formulier, terug te vinden in bijlage R, mee op hun ronde. Telkens werd het document ingevuld door de rolstoel patiënten. Nadien is de enquête terug opgehaald en de resultaten verwerkt.

Een steekproef als deze is slechts representatief wanneer de ondervraagden personen gelijkmatig verdeeld zijn over verschillende leeftijdscategorieën. Op die manier kan een correct beeld worden geschetst. De weergave hiervan in onderstaand taartdiagram.

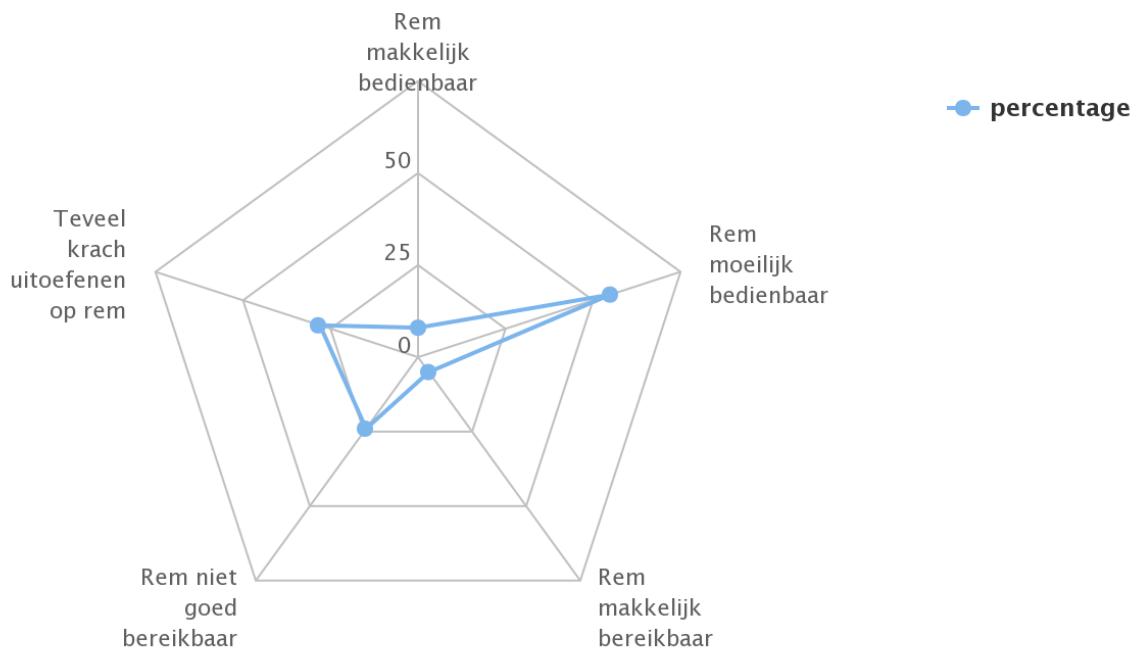


Afbeelding 41: Leeftijdsverdeling steekproef

De verdeling inzake leeftijd is vrij gelijkmatig, met een neiging naar personen boven de 60. Dit is normaal aangezien de grootste groep van rolstoelgebruikers inderdaad ouder blijkt te zijn. Vervolgens is deze poule gevraagd of er continu of periodiek gebruik gemaakt is van de rolstoel. Een gebruiker die op een continue basis gebruik maakt van zijn rolstoel, wordt verwacht er meer belang aan te hechten. Daarmee samenhangend de vraag of er gebruik wordt gemaakt van een huurdienst, of de rolstoel aangekocht wordt. Ongeveer 60% van de rolstoelgebruikers doen dit permanent. Daarmee hangt samen dat ook ongeveer 60% van de totaal ondervraagden personen de rolstoel heeft aangekocht. De overige 40% maakt gebruik van een huurservice. De resultaten zijn terug te vinden in bijlage R.

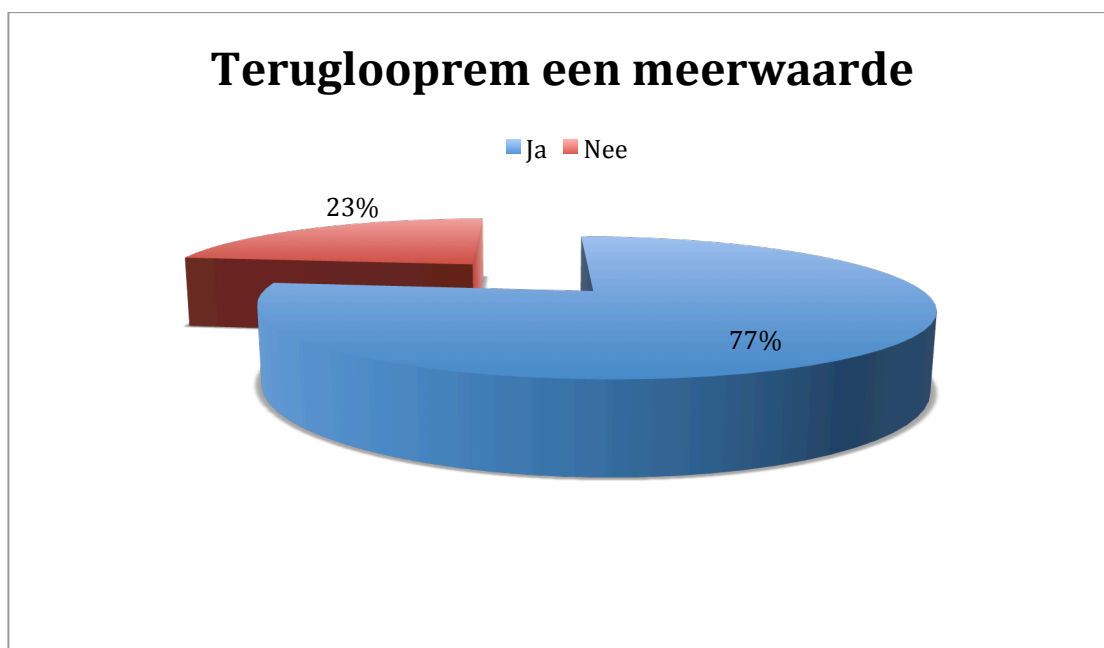
Een ander belangrijk punt is het ervaren comfort. Zowel het comfort van de rolstoel als dit van de rem is belangrijk voor de ondervraagden. Meer dan 80% stelt telkens dat het comfort van zowel de rolstoel als rolstoelrem belangrijk tot zeer belangrijk is. Dit geeft aanleiding tot een bevraging inzake de functionaliteit van het huidige remsysteem. Er wordt gekeken of het belang gehecht aan comfort ook werkelijk wordt ingevuld door het bestaande product.

## fuctionaliteit rolstoel rem



Afbeelding 42: Spider chart functionaliteit traditionele rolstoelrem

Wanneer bovenstaande grafiek bestudeerd wordt, is snel duidelijk dat de bestaande rem niet aan de eisen van de consument voldoen. Een makkelijkere bediening en betere bereikbaarheid zijn de grootste wensen die hieruit voortvloeien. Een andere vaststelling is dat het beklimmen van een helling vaak als moeilijk wordt ervaren door de patiënten. Met de teruglooprem kunnen voorafgaande problemen vermeden worden. Er kan dus besloten worden dat voor het merendeel van de ondervraagde personen, het innovatieve remsysteem een meerwaarde kan bieden in het dagelijkse leven.



Afbeelding 43: Taartdiagram meerwaarde van een teruglooprem



## Besluit

De doelstelling van deze masterproef is het ontwerp en de ontwikkeling van een rolstoelrem met terugloopp functie.

De eerste stap om dit te realiseren is een markstudie uitvoeren. De verschillende soorten rolstoelen en remmen zijn vergeleken met elkaar. Het remsysteem wordt uitgevoerd als frictierem op de semi activa rolstoel. De verschillende bevestigingsopties zijn hierna bestudeerd. De bovenste dwarsbuis doet, net als bij de originele rem, dienst als montageplatform.

Een eisenpakket is vervolgens opgesteld. Rekening houdend met de normering, is in samenspraak met Spronken Orthopedie een opsomming gemaakt van de noodzakelijke eigenschappen die de rem moet bezitten. Hierna kan het conceptueel ontwerpen gestart worden. Beslist is om met een buigsysteem te werken. De parkeerrem en teruglooprem kunnen via een combinatie van buiging en rotatie bereikt worden. Een vrijlooppkoppeling is gebruikt om de achterwaartse beweging van de rolstoel te verhinderen.

Het gekozen concept is uitgewerkt tot een volwaardig prototype. Elk onderdeel is in detail uitgewerkt qua vormgeving, materiaalkeuze en sterkte. De productie van het eerste prototype biedt de mogelijkheid tot functionaliteitstesten van het gekozen concept. Een evaluatie is de logische volgende stap. De gebruikte materialen zijn ontoereikend gesteld en dienen dus vervangen te worden. Voor elk onderdeel wordt het meest geschikte materiaal vastgesteld en toegekend. Ook is de vormgeving geanalyseerd en de werking van elk onderdeel opnieuw bekeken. Herontwerp en simulatie met betrekking tot het tweede prototype is vervolgens uitgevoerd.

De volgende stap is productie van het tweede prototype, gevolgd door een testfase. Hieruit voort vloeiend kan besloten worden dat de gekozen materialen, de correcte eigenschappen bezitten om hun gewenste functie uit te voeren. Een besparing is voorgesteld, en er worden enkele oplossingen voor vastgestelde problemen aangehaald. Algemeen is geconcludeerd dat de rolstoelrem momenteel nog niet geschikt is voor verkoopdoeleinden. Het concept heeft wel potentieel om in de toekomst succesvol te zijn. Optimalisatie van het besproken ontwerp zal hiertoe bijdragen.

Een kostprijsberekening geeft voor elk onderdeel de productiekosten weer. Indien men deze oefening maakt voor het streefaantal van 25000 rolstoelen, is een eenheidsprijs van 73€ per rolstoel bekomen voor het volledige remsysteem.

Via een steekproef is geweten dat de teruglooprem een zekere meerwaarde kan bieden voor de rolstoel patiënt in het dagelijkse leven. Daaruit kan besloten worden dat het ontwerp en ontwikkeling van het remsysteem met terugloopp functie een succes was.



## Literatuurlijst

- [B1] S. Langenaken, “Spronken Orthopedie”, *Spronken.com*, 10 september 2003. [Online]. Beschikbaar: <http://www.spronken.com/>. [Geraadpleegd op 20 november 2013]
- [B2] O. Oosterbosch, “De terugrolrem”, Ongepubliceerd eindwerk, Camus Geel, Geel, 2010.
- [B3] K. Cerulis, “Orthock”, *Orthock.be*, 13 januari 2009. [Online]. Beschikbaar: <http://www.orthock.be/about.php>. [Geraadpleegd op 9 december 2013].
- [B4] E. Hertogs, “Different mobility”, *Differentmobility.be*, 11 februari 2009. [Online]. Beschikbaar: <http://www.differentmobility.be/types-rolstoelen/actieve-rolstoelen/>. [Geraadpleegd op 9 december 2013].
- [B5] E. Schaeps, “Schaeps”, *Schaeps.be*, 1 januari 2006. [Online]. Beschikbaar: <http://www.schaeps.be/Home/Index>. [Geraadpleegd op 11 december 2013].
- [B6] “Care medical source”, *caremedicalsource.com*, 1 januari 2011. [Online]. Beschikbaar: <http://www.schaeps.be/Home/Index>. [Geraadpleegd op 14 december 2013].
- [B7] “Melrose”, *Melrosewheelchair.com*, 10 maart 2009. [Online]. Beschikbaar: [http://www.melrosewheelchairs.com/index.php?main\\_page=index&zenid=4535476467adab32418dedd8fd70853f](http://www.melrosewheelchairs.com/index.php?main_page=index&zenid=4535476467adab32418dedd8fd70853f). [Geraadpleegd op 21 december 2013].
- [B8] “Especialneeds”, *Especialneeds.com*, 14 augustus 2007. [Online]. Beschikbaar: <http://www.especialneeds.com/>. [Geraadpleegd op 22 december 2013].
- [B9] A.Oijen, “Opsta detectie”, Ongepubliceerd eindwerk, Haagse hogeschool, Den Haag, 2010.
- [B10] “Shimano”, *shimano-benelux.com*, 14 augustus 2001. [Online]. Beschikbaar: <http://www.shimano-benelux.com/>. [Geraadpleegd op 25 december 2013].
- [B11] P. Daems, “Rolstoelspecialist”, Spronken Orthopedie, Genk.
- [B12] Bureau voor Normalisatie, “Medische norm rolstoel”, 1 november 2013. [Online]. Beschikbaar: <http://www.nbn.be/nl/catalogue/search?fulltext=NBN 12183>. [Geraadpleegd op 7 december 2013].
- [B13] R. Reitsm, “Raming van lasten voor persoonsgebonden rolstoelen”, In Verstrekking persoonsgebonden rolstoelen, 12 oktober 2011. [Online]. Beschikbaar: <http://parlis.nl/pdf/bijlagen/BLG9489.pdf>. [Geraadpleegd op 19 november 2013].
- [B14] F.J. Siers, *Methodisch ontwerpen*. Groningen: Noordhoff Uitgevers, 2004.
- [B15] W. Brown, “Epicyclic variable speed gearing”, [Patent US] 2301852 A, 10 november 1942. Beschikbaar: [https://www.google.com/patents/US2301852?dq=sturmey+archer&hl=en&sa=X&ei=giHnU5SaJ\\_PN7Abe5IHQDQ&ved=0CCwQ6AEwAg](https://www.google.com/patents/US2301852?dq=sturmey+archer&hl=en&sa=X&ei=giHnU5SaJ_PN7Abe5IHQDQ&ved=0CCwQ6AEwAg)
- [B16] T. Chen, “Ratchet transmission control mechanism”, [Patent US] 6206160 B1, 27 maart 2001. Beschikbaar: <http://www.google.com/patents/US6206160>
- [B17] R.C. Hibbeler, “Wet van Hooke”, *Sterkteleer voor technici*, 1rd ed. Den Haag: Academic Service, 2004.
- [B18] “Spring plunger”, *te-co.com*, 14 september 2008. [Online]. Beschikbaar: <http://www.te-co.com/downloads/spring-plunger-catalog.pdf> [Geraadpleegd op 14 februari 2013].
- [B19] S.R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 6rd ed. Jurong: Pearson, 2010.
- [B20] “Materialise onsite”, *materialiseoniste.com*, 10 november 2012. [Online]. Beschikbaar: <https://materialise-onsite.com/en/TechnologySelector/Technologies>. [Geraadpleegd op 24 maart 2014].

- [B21] “Injection molding”, *intech*, 9 september 2010. [Online]. Beschikbaar: <http://www.intechopen.com/books/computational-fluid-dynamics-technologies-and-applications/modelling-and-simulation-for-micro-injection-molding-process>. [Geraadpleegd op 29 maart 2014].
- [B22] M. Ashby, “CES edupac”, Granta data products, University of Cambridge, Cambridge, 2013.
- [B23] C. Bernaerts, “MSD Metalworking”, Metaalwerken Scheurs Dilsen, MSD Dilsen, Dilsen Stokkem, 2014.
- [B24] B. Wellekens, *Tabellenboek voor metaaltechniek*, Eindhoven: Wolters Plantijn, 2010.
- [B25] C. Thijsen, “REM: Rollbackbreak Enhances Mobility”, Middelbare technische school, Bilzen.
- [B26] W. Vanhoorne, “Medias”, *Schaeffler.com*, 14 augustus 2013. [Online]. Beschikbaar: [http://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec.br.pr/HFL..-KF-R\\*HFL0822-KF-R](http://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec.br.pr/HFL..-KF-R*HFL0822-KF-R). [Geraadpleegd op 12 april 2014].
- [B27] “Drawn Cup Roller Clutch”, *Schaeffler.com*, 14 augustus 2013. [Online]. Beschikbaar: [http://schaeffler.nl/nl/products\\_services/rotativ\\_products/drawn\\_cup\\_roller\\_clutches/drawncuprollerclutches.jsp](http://schaeffler.nl/nl/products_services/rotativ_products/drawn_cup_roller_clutches/drawncuprollerclutches.jsp) [Geraadpleegd op 19 mei 2014].
- [B28] M. Ashby, “CES edupac”, Granta data products, University of Cambridge, Cambridge, 2013.
- [B29] T. Rhenders, “Fabory”, *Fabory.com*, 1 januari 2004. [Online]. Beschikbaar: <http://www.fabory.be/pages/home.html>. [Geraadpleegd op 15 mei 2014].
- [B30] W. Matek, *Roloff/Matek: Machine onderdelen*, 3rd ed. Schoonhoven: Academic Service, 2001.
- [B31] R.C. Hibbeler, *Sterkteleer voor technici*, 1rd ed. Den Haag: Academic Service, 2004.
- [B32] R.C. Hibbeler, *Mechanica voor technici: Statica*. Schoonhoven: Academic Service, 2007.

## Bijlagen

### Bijlage A: Vergaderverslag Middelbare School Bilzen

#### **Verslag van de vergadering d.d. 24 oktober '12**

##### Aanwezig

Dhr. Coleman, Depoorter, D'huys, Evens, Meisters, Nijst, Oben, Szor, Thijsen, Tresinie, Vandevoorde en Van Reppelen.

##### Agendapunten

###### 1 Probleemstelling

Het remsysteem van de huidige rolstoelen hebben geen mechanisch blokeersysteem om terugrollen tegen te gaan. De patiënt kan bijgevolg moeilijk een helling zelfstandig oprijden. Bij het loslaten van het wiel, rolt de rolstoel immers achteruit en moet de persoon in kwestie een te zware inspanning leveren om verder te rijden.

###### 2 Omschrijving opdracht

Ontwerpen en creëren van een rolstoelrem, die het achteruitrijden van de rolstoel blokkeert.

###### 3 Criteria

In samenspraak met alle aanwezigen werden onderstaande criteria, waaraan het remsysteem moet voldoen, vastgelegd.

- Gewicht van gemiddeld volwassen persoon kunnen afremmen
- Blokkering
  - enkel op hellingen
  - zowel voor– als achteruit
  - onafhankelijk
  - universeel toepasbaar
- Duurzaam zijn
- Veilig zijn
- Betaalbaar zijn
- Aanbieden als opbouwpakket

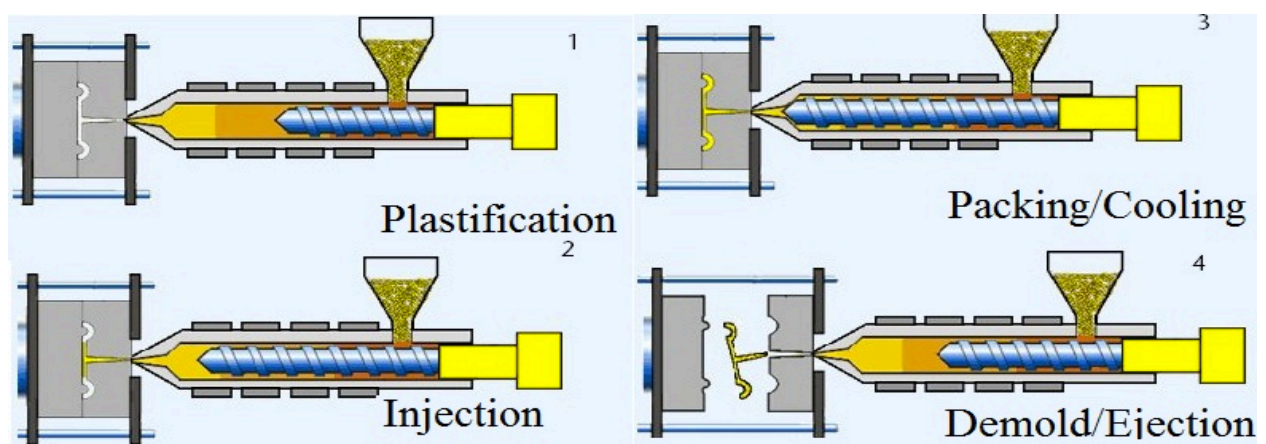
###### 4 Gemaakte afspraken

Dit verslag wordt doorgemailed naar dhr. Coleman. Hij neemt daarna met ons contact op om verdere ontwikkeling te bespreken.

## Bijlage B: Productietechnieken basisplaat prototype I

Fused Deposition Modeling afgekort FDM wordt gebruikt als productie techniek van het prototype. Polycarbonaat wordt gekozen als grondstof voor de basisplaat. PC korrels worden gesmolten in een spuitmond en vervolgens laag per laag via de *nozzle* op het platform aangebracht. Het vloeibare materiaal stolt telkens op de voorgaande laag en een hechting wordt gecreëerd. De gewenste vorm is uiteindelijk gevormd door de verschillende lagen. Zulke stukken worden geproduceerd aan de hand van een 3D file. In dit geval is gewerkt met een STEP file welk vervolgens wordt omgezet naar een sturingsprogramma voor de *nozzle*.

Daar het FDM proces niet toereikend is voor serieproductie zal het spuitgietproces een alternatief bieden. De eerste stap van deze productietechniek is granulaat aanbrengen in een trechtervormige cilinder. Een grote draaiende schroef, die zich in een verwarmde cilinder bevindt, smelt de korrels en voert deze richting de matrijs. Onder invloed van hydraulische kracht draait deze schroef rond. Hoeveel keer hangt af van de behoefte aan kunststof per *shot*. Het gesmolten granulaat wordt de mal ingespoten en neemt de vorm van het eindproduct aan. Drukkrachten houden de matrijs gesloten zodat het materiaal kan stollen en afkoelen. Hierna draait men de schroef terug. Nieuw materiaal wordt opgehaald waarbij gelijktijdig de mal opent. Het stuk wordt uitgeworpen of genomen en het proces herhaalt zich. Onderstaande figuur stelt dit visueel voor[B21].



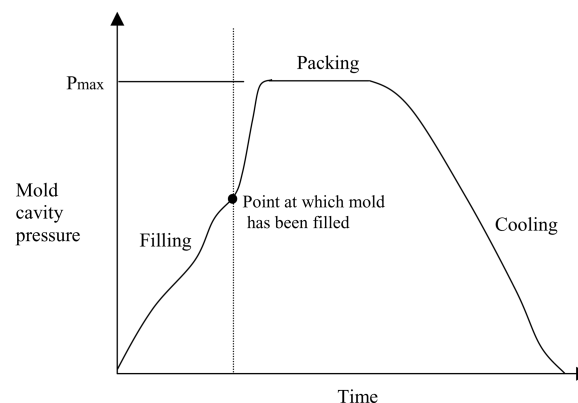
Afbeelding 44: Stappen spuitgietproces

De mal is opgebouwd uit twee of meerdere delen. De boven en onderkant van de mal zijn standaard. Schuiven worden gebruikt om verschillende hoeken mogelijk te maken of gaten en sleuven te vormen. Waar de matrijs sluit ontstaan vloeinaden. Zwaktes in het materiaal worden mogelijk geïnduceerd via deze naden.

Aanspuiting is drievoudig mogelijk. Een koude tak aanspuiting is de meest traditionele vorm. Mogelijkheid twee is een semi hotrunner gebruiken. Ten slotte is een hotrunner aanspuiting een mogelijkheid. Hun eigenschappen worden hier opgesomd:

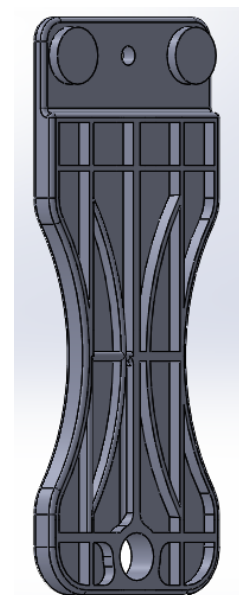
- Koude tak: Na aanspuiting stolt de kunststof in de nozzle. De aanspuittak dient telkens na aanspuiting verwijderd te worden. De typische aanspuitvorm is het gevolg.
- Semi hotrunner: Deze spuitinstallatie maakt gebruik van twee koude tak aanspuigingen. Gelijktijdigere vulling is een voordeel net als kwaliteitsverbetering. Vloeinaden worden op deze manier beperkt.
- Hotrunner: Aanspuitsysteem dat gebruik maakt van een verwarmde nozzle. Een nadruk is mogelijk na de aanspuiting met een betere vulling tot gevolg. De kunststof stolt niet meer in de kop en dit komt de kwaliteit van het stuk ten goede.

Meest geschikt voor de basisplaat is de hotrunner. Kwaliteit is hier immers van belang. De meerprijs van ongeveer 3000€ ten opzichte van de andere systemen is gerechtvaardigd. Grote aantallen zorgen ervoor dat de stukprijs, van ongeveer 0,90€, relatief goedkoop blijft. Ook speelt de cyclustijd een grote rol in de productiekost. Bestaande uit de injectietijd, gevolgd door de nadruktijd en koeltijd. Bewegingstijden van machines moeten tenslotte ook nog in rekening worden gebracht. Schematisch is dit weergegeven in afbeelding 17.[B10]



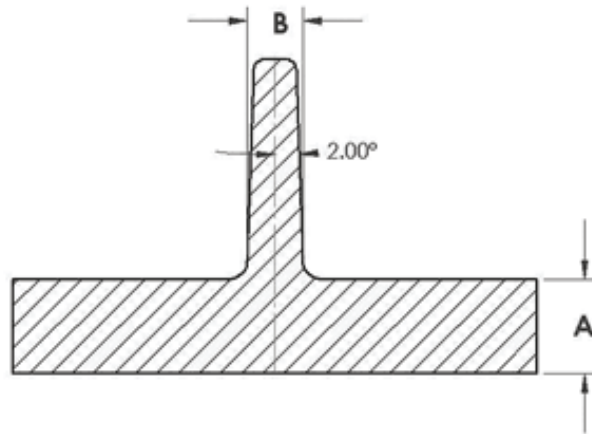
Afbeelding 45: Cyclustijd spuitgietproces

In de huidige vorm is spuitgieten van de basisplaat geen optie. Het stuk is te dik om te voldoen aan de eisen inzake stollingstijd en krimp. Krimp zal materiaal dikker dan 6mm krom trekken. Visueel worden ringen zichtbaar en de plaat zal niet egaal zijn. Door middel van ribben in te werken worden deze problemen ingedijkt. Ribben hebben als functie de sterkte van het onderdeel intact laten ondanks het wegnemen van materiaal. Ribben zijn zo gekozen dat de buigstijfheid maximaal blijft en torsie wordt vermeden. De vorm ervan is gekozen als in bijgevoegde afbeelding.



Afbeelding 46: Ribstructuur

Ribstructuren zijn genormaliseerd. Zo moeten alle ribben een afronding hebben aan hun basis. Ook zijn deze afrondingen op hun kop een vereiste. De binnenstraal kiest men minimaal gelijk aan de minimale wantdikte. De dikte van de ribben varieert tussen de 50 en 60% van de wantdikte van het stuk. De hoogte van de ribben is kleiner dan drie maal de wantdikte. Elke rib bezit tevens een lossingshoek. Het product moet immers makkelijk uit de mal worden gehaald. Meestal is  $2^\circ$  gekozen als lossingshoek. Schematisch is dit weergegeven in afbeelding volgende.



Afbeelding 47: Rib profiel



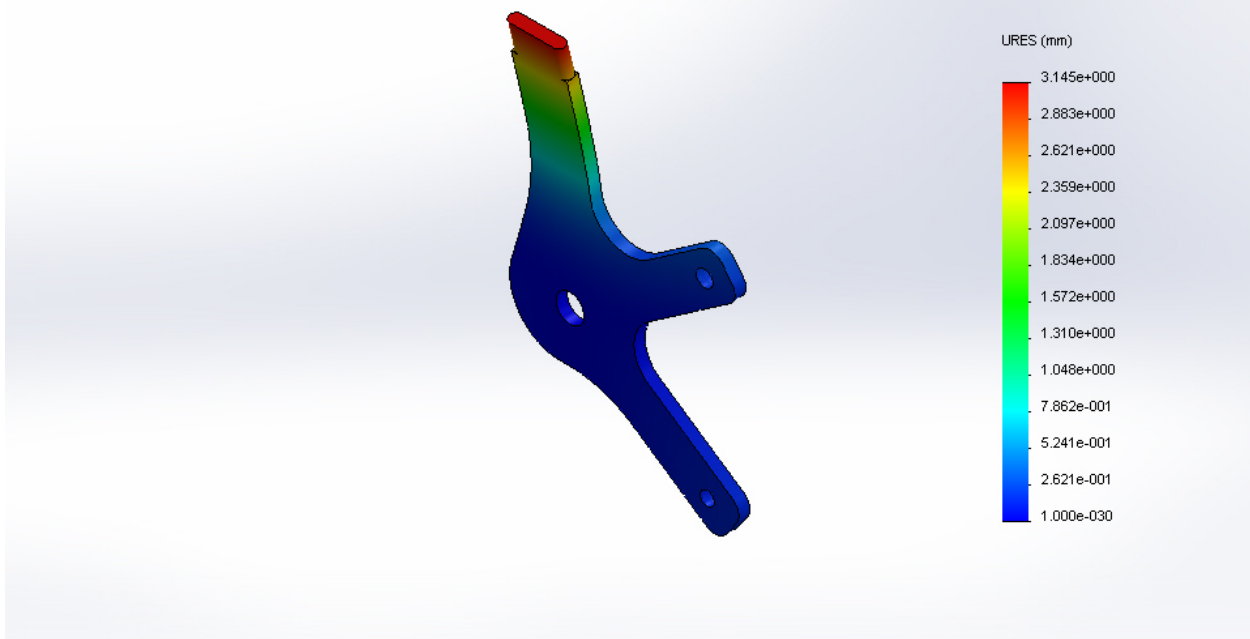
## Bijlage C: Berekening van de dimensies van de buigarm

Tabel 10: Bepaling afmetingen buigarm

| H(mm) | B(mm) | D(0,081mm) | F(0,081mm) | FOS  | F(0,28mm) | F(kg) | Mb(N)  | I(Kg.m <sup>2</sup> ) | σb(MPa) | Materiaal | σy(MPa) |
|-------|-------|------------|------------|------|-----------|-------|--------|-----------------------|---------|-----------|---------|
| 4     | 10    | 2,5        | 75         | 1,33 | 21,75     | 2,22  | 6,08   | 53,33                 | 227,81  | 6061 T6   | 275     |
| 4     | 14    | 2,5        | 100        | 1,23 | 29,00     | 2,96  | 8,10   | 74,66                 | 216,96  | 6061 T6   | 275     |
| 4     | 18    | 2,5        | 125        | 1,22 | 36,25     | 3,69  | 10,13  | 96,00                 | 210,94  | 6061 T6   | 275     |
| 4     | 20    | 2,5        | 135        | 1,19 | 39,15     | 3,99  | 10,94  | 106,66                | 205,03  | 6061 T6   | 275     |
| 6     | 10    | 3,5        | 245        | 0,88 | 71,05     | 7,24  | 19,85  | 180,00                | 330,75  | 6061 T6   | 275     |
| 6     | 14    | 3,5        | 470        | 0,60 | 136,30    | 13,89 | 38,07  | 252,00                | 453,21  | 6061 T6   | 275     |
| 6     | 18    | 3,5        | 570        | 0,59 | 165,30    | 16,85 | 46,17  | 324,00                | 427,50  | 6061 T6   | 275     |
| 6     | 20    | 3,5        | 670        | 0,52 | 194,30    | 19,80 | 54,27  | 360,00                | 452,25  | 6061 T6   | 275     |
| 7     | 10    | 4          | 630        | 0,45 | 182,70    | 18,62 | 51,03  | 285,83                | 624,86  | 6061 T6   | 275     |
| 7     | 14    | 4          | 845        | 0,45 | 245,05    | 24,97 | 68,445 | 400,17                | 598,65  | 6061 T6   | 275     |
| 7     | 18    | 4          | 1050       | 0,42 | 304,50    | 31,03 | 85,05  | 514,50                | 578,57  | 6061 T6   | 275     |
| 7     | 20    | 4          | 1150       | 0,38 | 333,50    | 33,99 | 93,15  | 571,66                | 570,31  | 6061 T6   | 275     |
| 8     | 10    | 4,5        | 1050       | 0,36 | 304,50    | 31,04 | 85,05  | 426,66                | 797,34  | 6061 T6   | 275     |
| 8     | 14    | 4,5        | 1400       | 0,36 | 406,00    | 41,38 | 113,40 | 597,33                | 759,38  | 6061 T6   | 275     |
| 8     | 18    | 4,5        | 1750       | 0,33 | 507,50    | 51,73 | 141,75 | 768,00                | 738,28  | 6061 T6   | 275     |
| 8     | 20    | 4,5        | 1900       | 0,29 | 551,00    | 56,17 | 153,90 | 853,33                | 721,41  | 6061 T6   | 275     |

## Bijlage D: Voorbeeld simulatie ter bepaling dimensies buigarm

Model name: Rotation arm\_Simulation  
Study name: SimulationXpress Study  
Plot type: Static displacement Displacement  
Deformation scale: 4.3503



Afbeelding 48: Simulatie afgesneden buigarm

## Bijlage E: Bepaling lengte van de remarmen

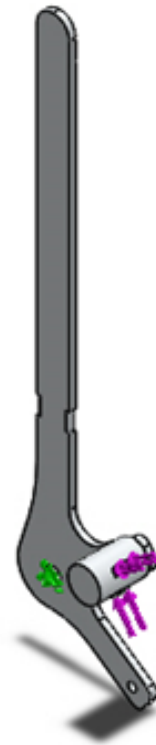
Tabel 11: Radiaalkracht bij verschillende lengtes remarm

| Lengte remarm | Totale radiale belasting (N) |
|---------------|------------------------------|
| 10            | 382,71                       |
| 20            | 383,84                       |
| 30            | 385,01                       |
| 40            | 386,07                       |
| 50            | 387,20                       |
| 60            | 388,16                       |
| 70            | 389,44                       |
| 80            | 390,06                       |
| 90            | 391,67                       |
| 100           | 392,32                       |

Deze afstanden laten een degelijke montage van het montagescharnier niet toe. De afstand is te kort om een correcte werking te garanderen.

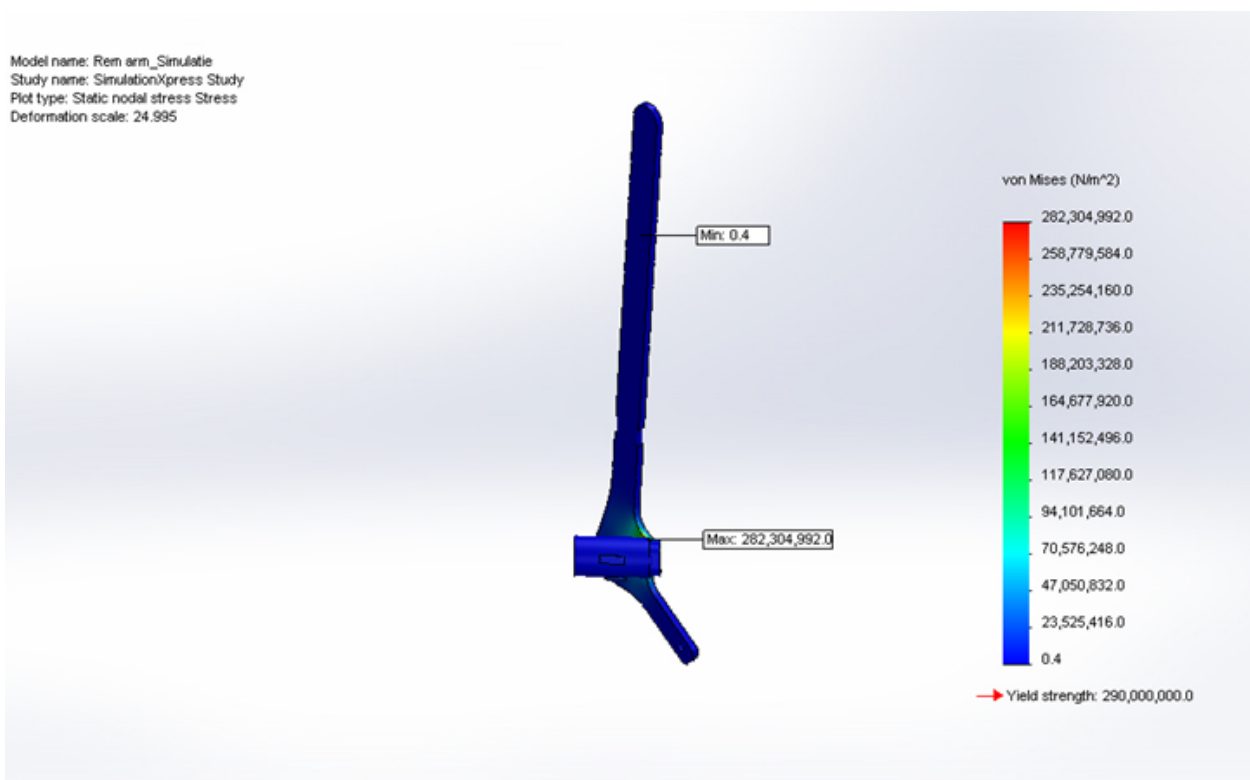
## Bijlage F: Simulatie voor de bepaling van de breedte van de remarm

### **Bijlage F.1: Aangrijping krachten op de remarm**



Afbeelding 49: Radiaal en axiaalkrachten op de remarm

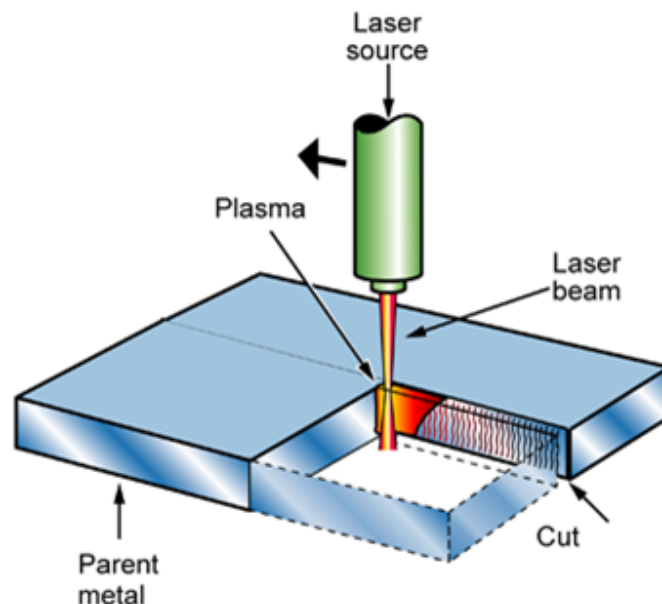
### **Bijlage F.2: Simulatierapport remarm**



Afbeelding 50: Simulatie van krachthinwerking op de remarm

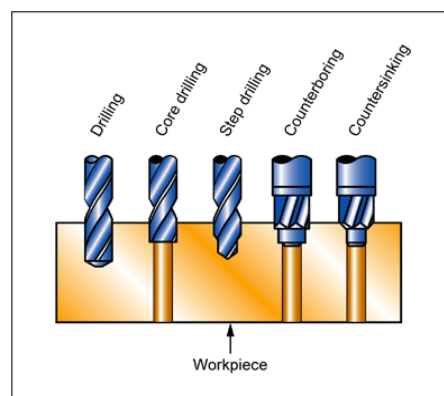
## Bijlage G: Productieproces rotatie arm

De aangewezen productiemethode voor de rotatie arm is het lasersnijden. Dit proces maakt gebruik van een laser, een stralingsbron dewelke elektromagnetische straling gebundeld uitzendt. Nauwkeurig werken is mogelijk door de straal te focussen. De lichtcirkel zal een diameter hebben van enkele micrometers. De intensiteit van de straal is groot en het focuspunt doet de temperatuur van het materiaal oplopen. Gevolg is dat het materiaal smelt en verdampt. De rotatie arm wordt gesneden uit een aluminium plaat van het type EN – AW 6063 T6. Eenmaal de contourvorm is uitgelaserd vindt nabewerking plaats. Gat en worden geboord en pockets uitgefreesd. Een voorstelling van het laserproces is te vinden in onderstaande afbeelding.



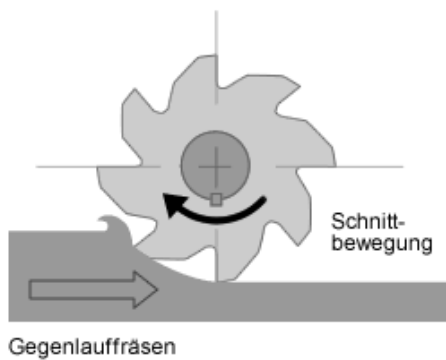
Afbeelding 51: Laserproces

Het lasersnijden heeft meestal een relatief grote minimumoplage. Voor het eerste prototype dus geen optie. De arm wordt hierdoor volledig contour gefreesd. Kanten worden gebroken om de kerfwerking te verminderen. Onder het verspaningsproces worden alle vormen van materiaal bewerking ondergebracht waar bepaalde gereedschappen materiaaldelen wegnemen met spanen tot gevolg. Massa van het werkstuk zal afnemen om zo de uiteindelijke vorm te bekomen.

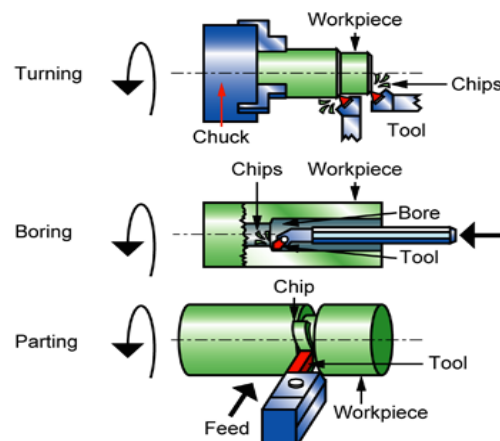


Afbeelding 52: Boren

Er zijn vele verschillende vormen van verspanen. De meest voorkomende zijn boren, frezen en draaien. Dit zijn ook de processen die nodig zijn bij de bewerking van de beoogde onderdelen van de rem.

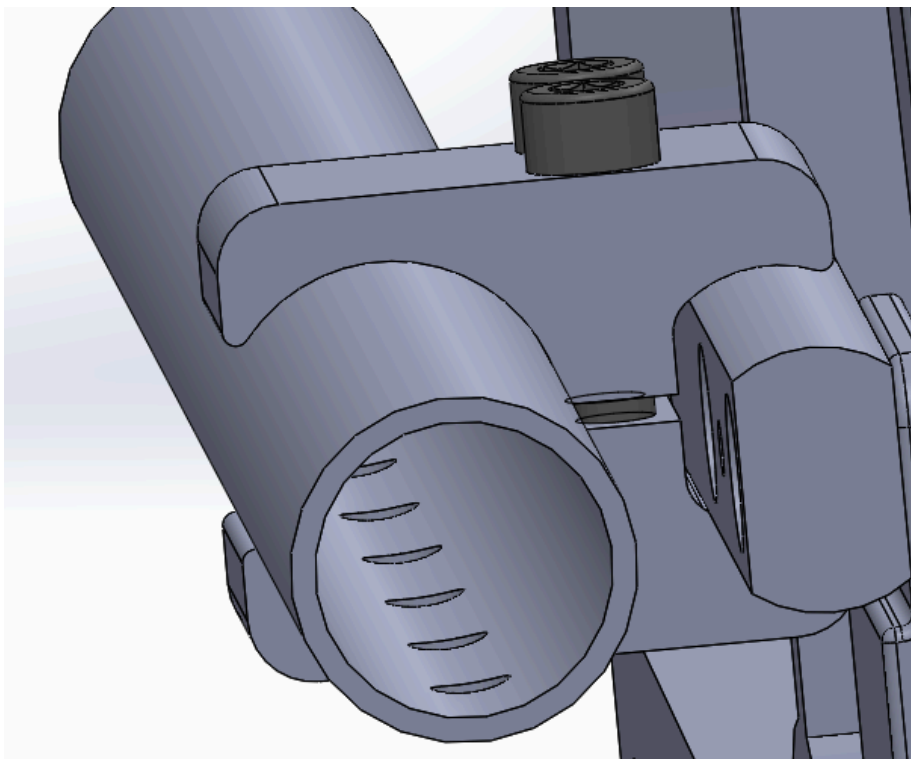


Afbeelding 53: Frezen



Afbeelding 54: Draaien

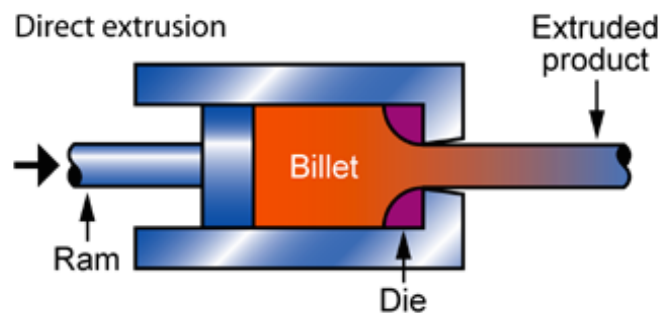
### Bijlage H: Weergave klemblokwerking



Afbeelding 55: Werking klemblokken

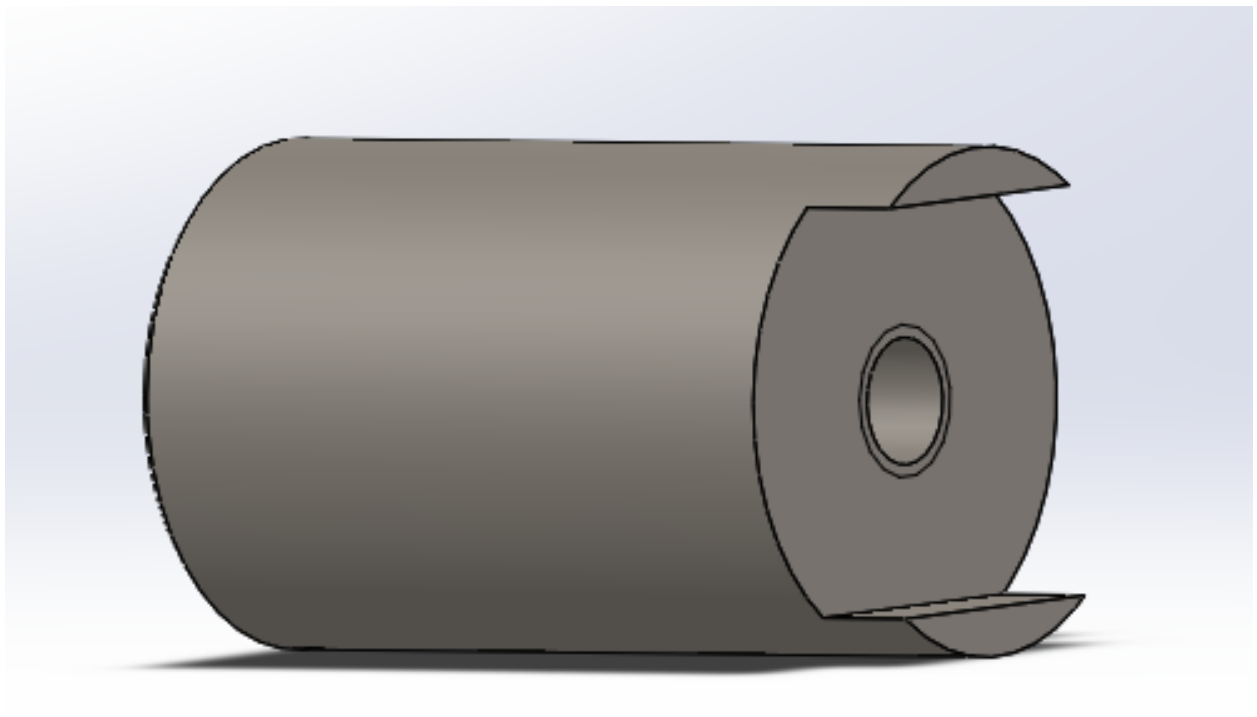
### Bijlage I: Productieproces klemblokken

Het extrusie proces is aangewezen om de klemblokken te vervaardigen. Een discontinu proces is aan de rode. De vormgeeftechniek maakt gebruik van een persinstallatie. Deze drukt het voorverwarmde materiaal, in dit geval EN AW-6060 T6, met een hoge druk door een matrijs. Het materiaal neemt vervolgens de vorm van de doorsnede van de mal aan. Een trekmaschine voert het materiaal verder door waar koeling plaatsvindt. Aluminium wordt gerekt via de 0,2% rekgrens. Dit recht het materiaal. Het profiel op de juiste lengte afzagen is de laatste stap tot het eindproduct. Nabewerking dient om boringen en schroefdaad aan te brengen. Schematisch is dit productieproces weergegeven in onderstaande afbeelding.



Afbeelding 56: Extruderen

### Bijlage J: Afbeelding remblok parkeerrem



Afbeelding 57: Remblok parkeerrem

## Bijlage K: Technisch dossier rem

### **Bijlage K.1: Aankooponderdelen**

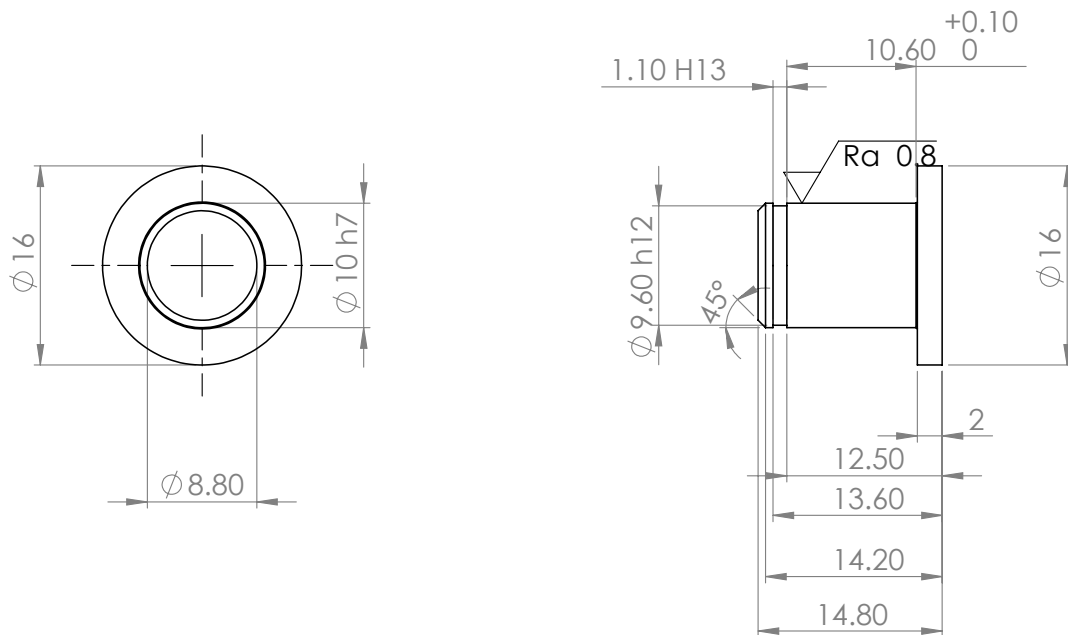
**Tabel 12: Aankooponderdelen**

| Piece Nr. | Amount | Name         | Norm       | Dimension/Code | Comment      |
|-----------|--------|--------------|------------|----------------|--------------|
| 1         | 4      | Bolt         | ISO 7380   | M3x16          | #07150030016 |
| 2         | 2      | Bolt         | DIN 7991   | M6x25          | #07400060025 |
| 3         | 4      | Bolt         | DIN 912    | M6x35          | #07000060035 |
| 4         | 2      | Bolt         | DIN 912    | M6x16          | #07000060016 |
| 5         | 4      | Nut          | DIN 980    | M6             | #51720060001 |
| 6         | 2      | Circlip      | DIN 471    | ø10x1          | #36000010001 |
| 7         | 2      | Shim         | DIN 988    | ø10x0.5        | #38585100016 |
| 8         | 2      | Fitting bolt | DIN 7379   | ø8x30 M6       | #07117060030 |
| 9         | 2      | Bearing      | Schaeffler | HFL 0822 KF    |              |
| 10        | 4      | Seal         | Schaeffler | G Seal 8x12x3  |              |

### **Bijlage K.2: Aanmaakonderdelen**

| Piece Nr. | Drawing nr. | Amount | Name                 | Material               | Dimensions | Production proces   |
|-----------|-------------|--------|----------------------|------------------------|------------|---------------------|
| 1         | A4/01       | 2      | Axis bending arm     | AISI 303               | ø16x15     | Machining           |
| 2         | A4/02       | 2      | Clamp A              | EN-AW 6060 T6          | 16x26x48   | Extrusion/Machining |
| 3         | A4/03       | 2      | Clamp B              | EN-AW 6060 T6          | 16x26x48   | Extrusion/Machining |
| 4         | A4/04       | 2      | Rail                 | EN-AW 6082 T6          | ø20x100    | Machining           |
| 5         | A4/05       | 2      | Fixed brake          | AISI 303               | ø15x34     | Machining           |
| 6         | A4/06       | 2      | Semi brake           | AISI 303               | ø20x29     | Machining           |
| 7         | A2/01       | 2      | Rotation arm         | EN-AW 6082 T6          | 4x322x70   | Lasering/Machining  |
| 8         | A4/07       | 2      | Base plate           | AISI 410               | 6x78x127   | Lasering/Machining  |
| 9         | A4/08       | 4      | Positioning Cylinder | EN-AW 6082 T6          | ø12x11     | Machining           |
| 10        | A4/09       | 4      | Safety rail          | AISI 403               | 6x2x106    | Bending             |
| 11        | A4/10       | 4      | Mount adapter        | Ethylene Vinyl Acetate | ø14x28     | Injection molding   |
| 12        | A4/11       | 4      | Positioning pen      | EN-AW 6082 T6          | ø8x11      | Machining           |

### Bijlage K.3: Technische tekening as buigarm

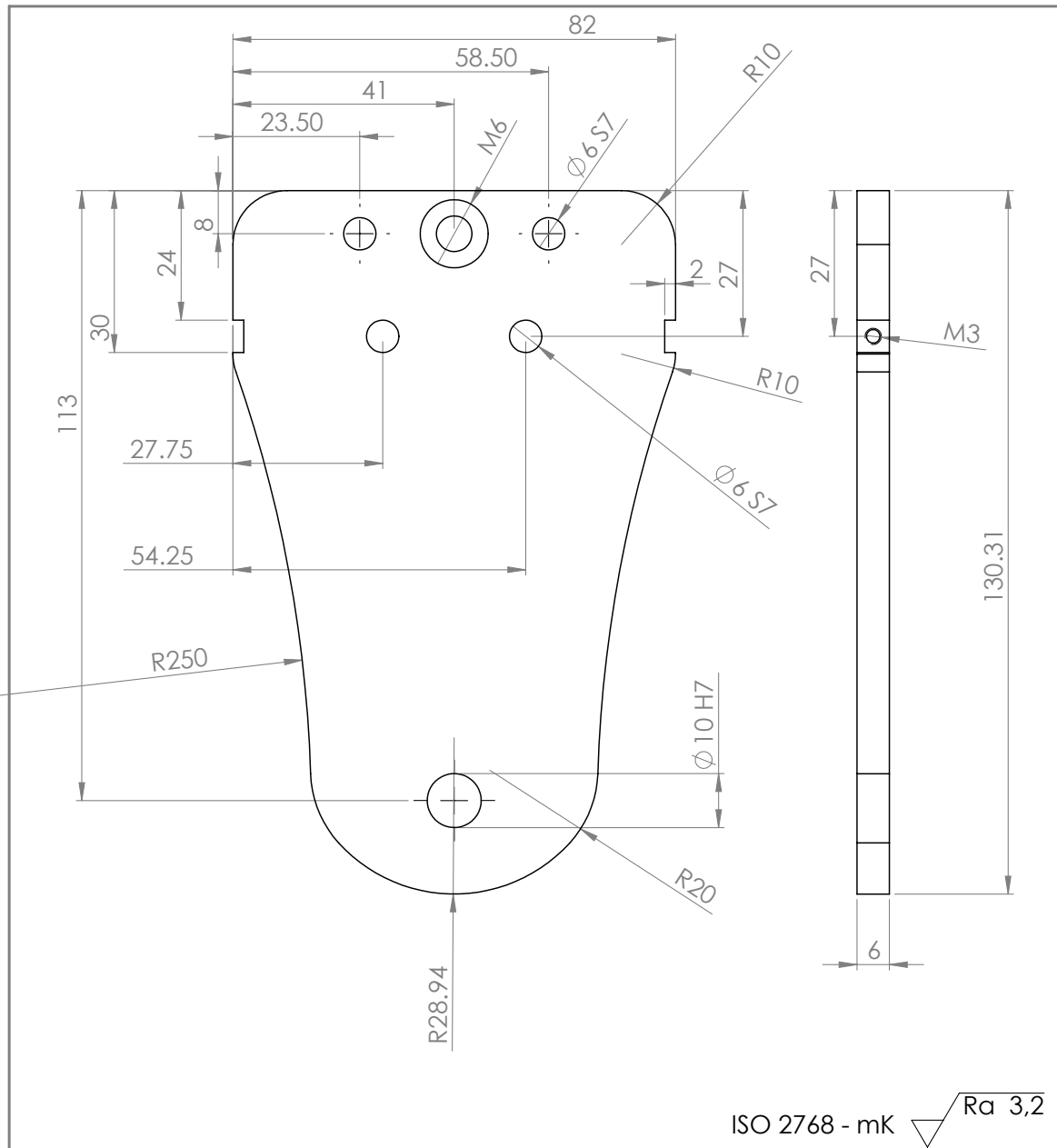


ISO 2768 - mK  $\sqrt{\text{Ra } 3.2}$

|                        |                 |         |                              |           |
|------------------------|-----------------|---------|------------------------------|-----------|
| Material: X8CrNiS18-9  |                 |         | Dimensions: D16 x 15         |           |
| Standard: AISI 303     |                 |         | Production proces: Machining |           |
| Name: Axis bending arm |                 |         | Drawing nr.: A4 / 01         | Amount: 2 |
|                        |                 |         | Stuknr: 1                    | Sam.nr: 3 |
|                        | Designer:       | Format: | Scale:                       |           |
|                        | Jeroen Vrolijkx | A4      | 2/1                          |           |
|                        |                 |         | Date: 28/06/14               |           |

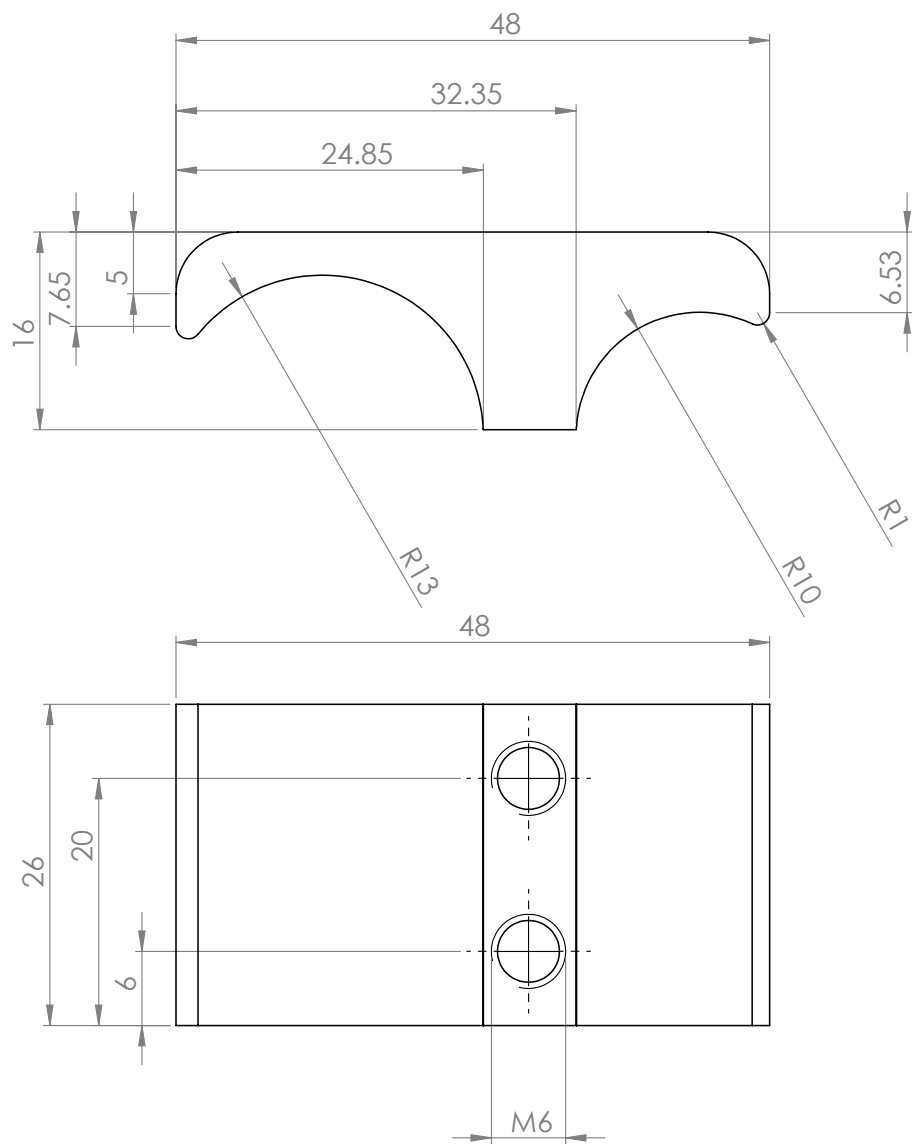


## Bijlage K.4: Technische tekening basisplaat



|                           |                 |                                      |           |
|---------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------|
| Material: X5CrNiMo17-12-2 |                 | Dimensions: 6x82x127                 |           |
| Standard: AISI 410S       |                 | Production proces: Laser / Machining |           |
| Name: Base plate          |                 | Drawing nr: A4/07                    | Amount: 2 |
|                           |                 | Piece nr: 8                          | Sam.nr: 3 |
|                           | Designer:       | Format:                              | Scale:    |
|                           | Jeroen Vrolijkx | A4                                   | 1/1       |
| Date: 28/06/14            |                 |                                      |           |

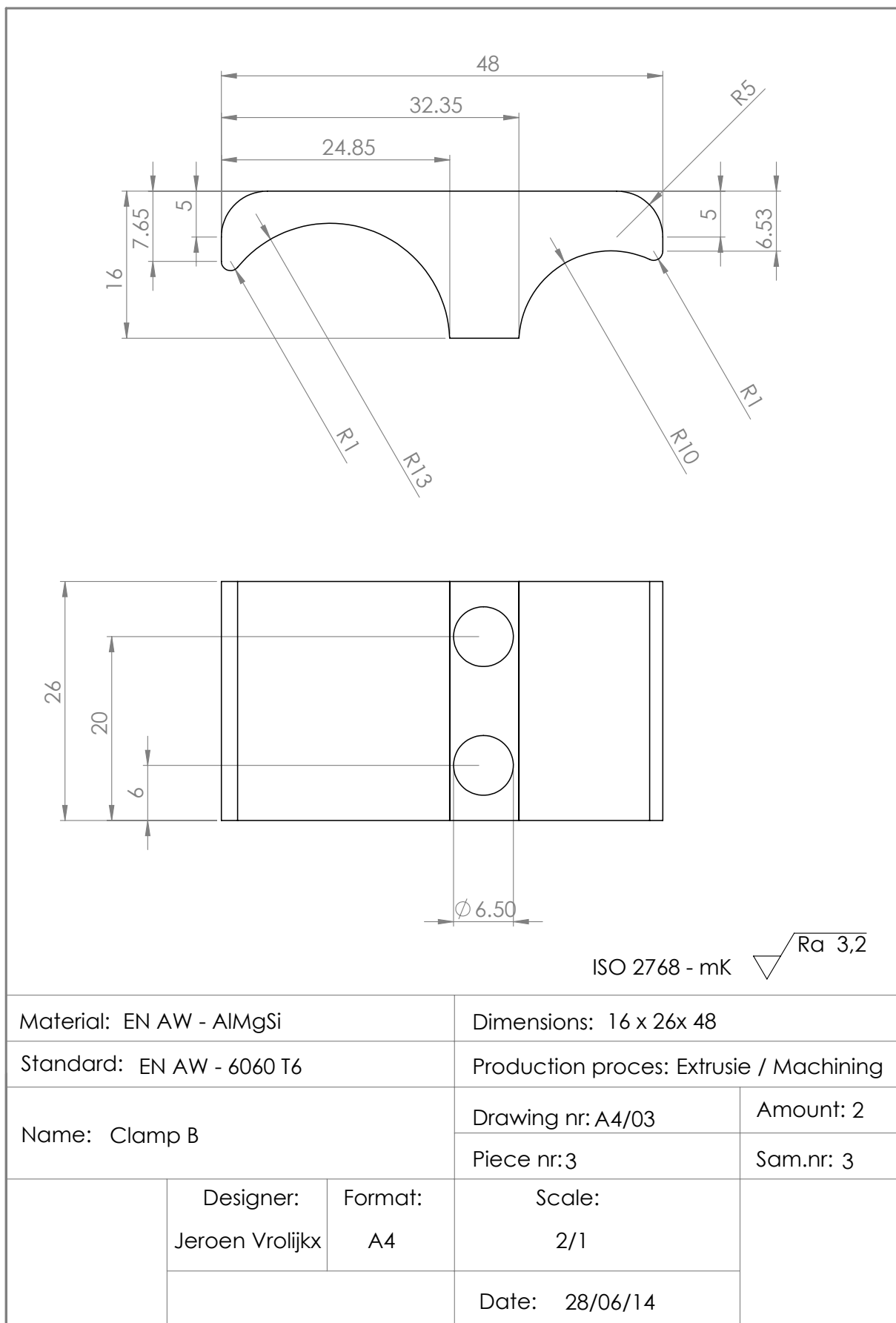
### Bijlage K.5: Technische tekening Klemblok A



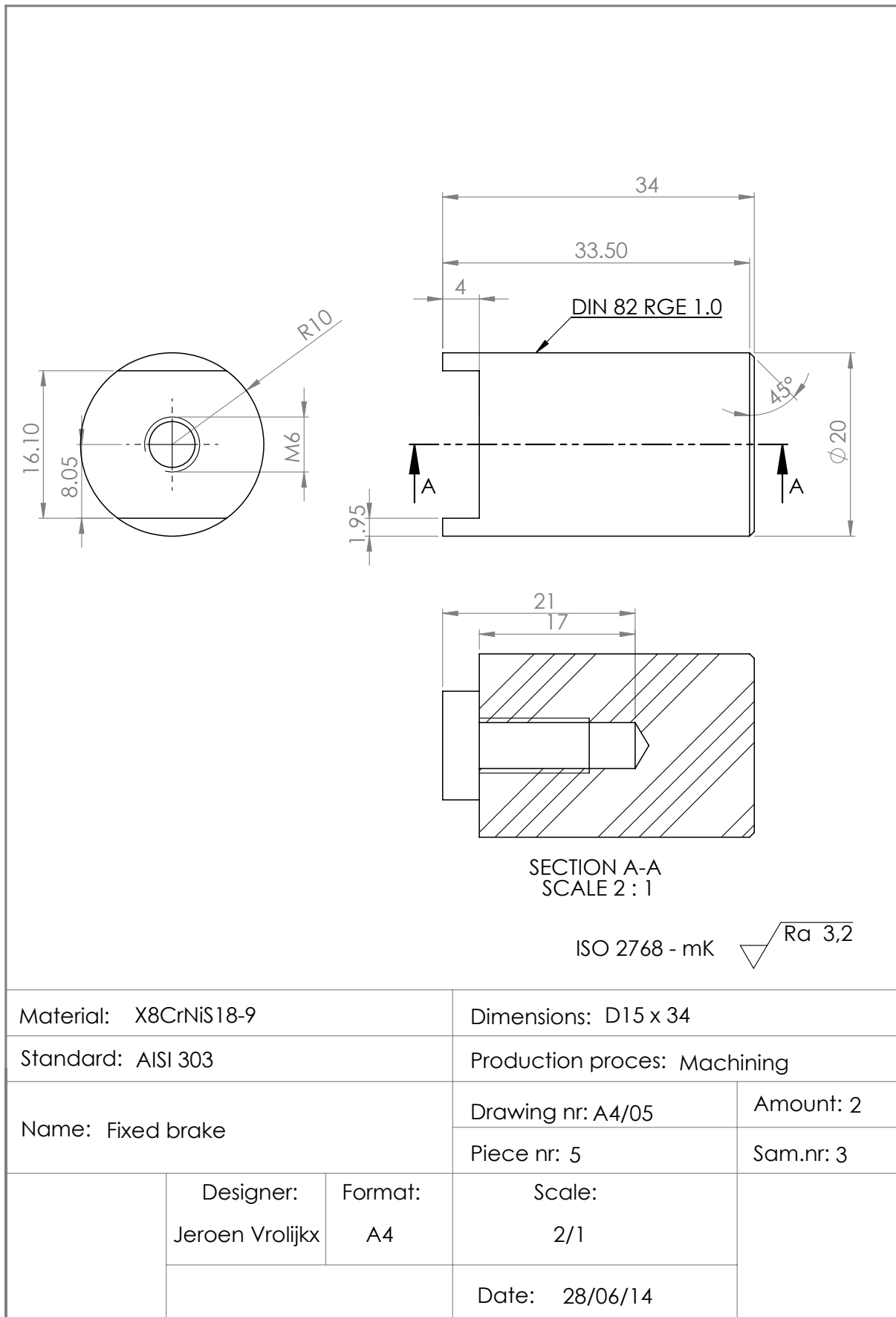
ISO 2768 - mK  $\sqrt{Ra\ 3,2}$

|                           |                              |                                         |               |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|---------------|
| Material: EN AW - AlMgSi  |                              | Dimensions: 16 x 26 x 48                |               |
| Standard: EN AW - 6060 T6 |                              | Production Proces: Extrusie / Machining |               |
| Name: Clamp A             |                              | Drawing nr: A4/02                       | Aantal: 2     |
|                           |                              | Piece nr: 2                             | Sam.nr: 3     |
|                           | Designer:<br>Jeroen Vrolijkx | Format:<br>A4                           | Scale:<br>2/1 |
|                           | Date: 28/06/14               |                                         |               |

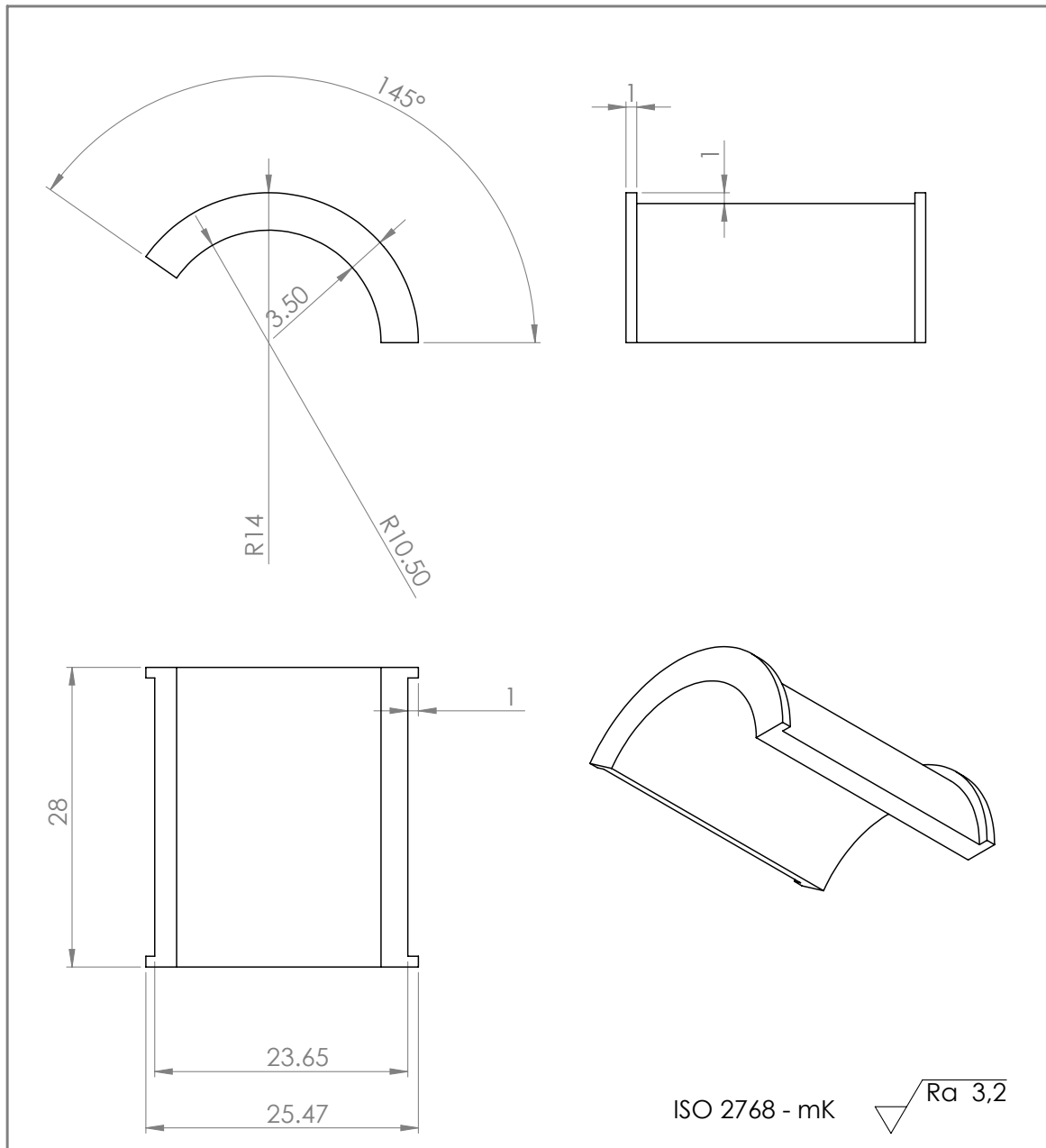
## Bijlage K.6: Technische tekening Klemblok B



## Bijlage K.7: Technische tekening remblok parkeerrem

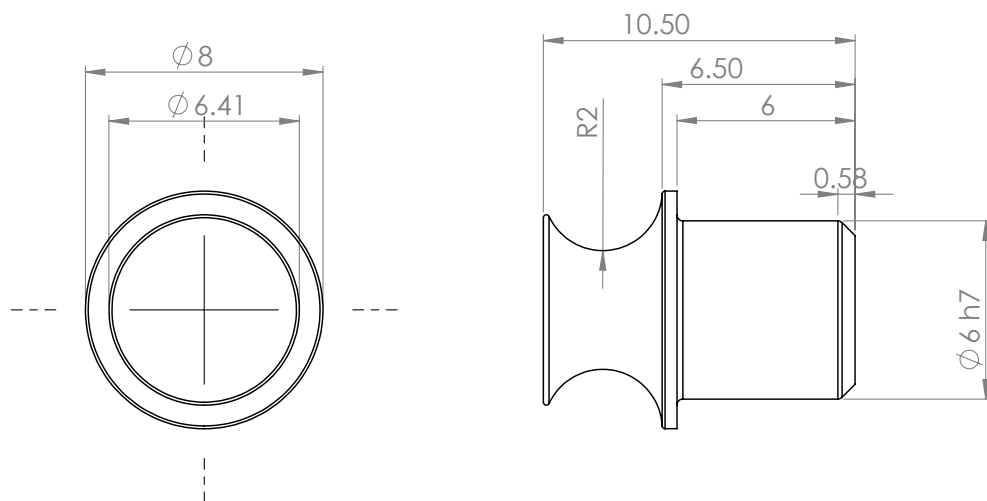


## Bijlage K.8: Technische tekening montage adapter



|                          |                 |         |                                      |           |
|--------------------------|-----------------|---------|--------------------------------------|-----------|
| Material: Polyamide      |                 |         | Dimensions: D14x28                   |           |
| Standard: Cycloaliphatic |                 |         | Production proces: Injection molding |           |
| Name: Mount adapter      |                 |         | Drawing nr: A4/10                    | Amount: 4 |
|                          |                 |         | Piece nr: 11                         | Sam.nr: 3 |
|                          | Designer:       | Format: | Scale:                               |           |
|                          | Jeroen Vrolijkx | A4      | 2/1                                  |           |
|                          |                 |         | Date: 28/06/14                       |           |

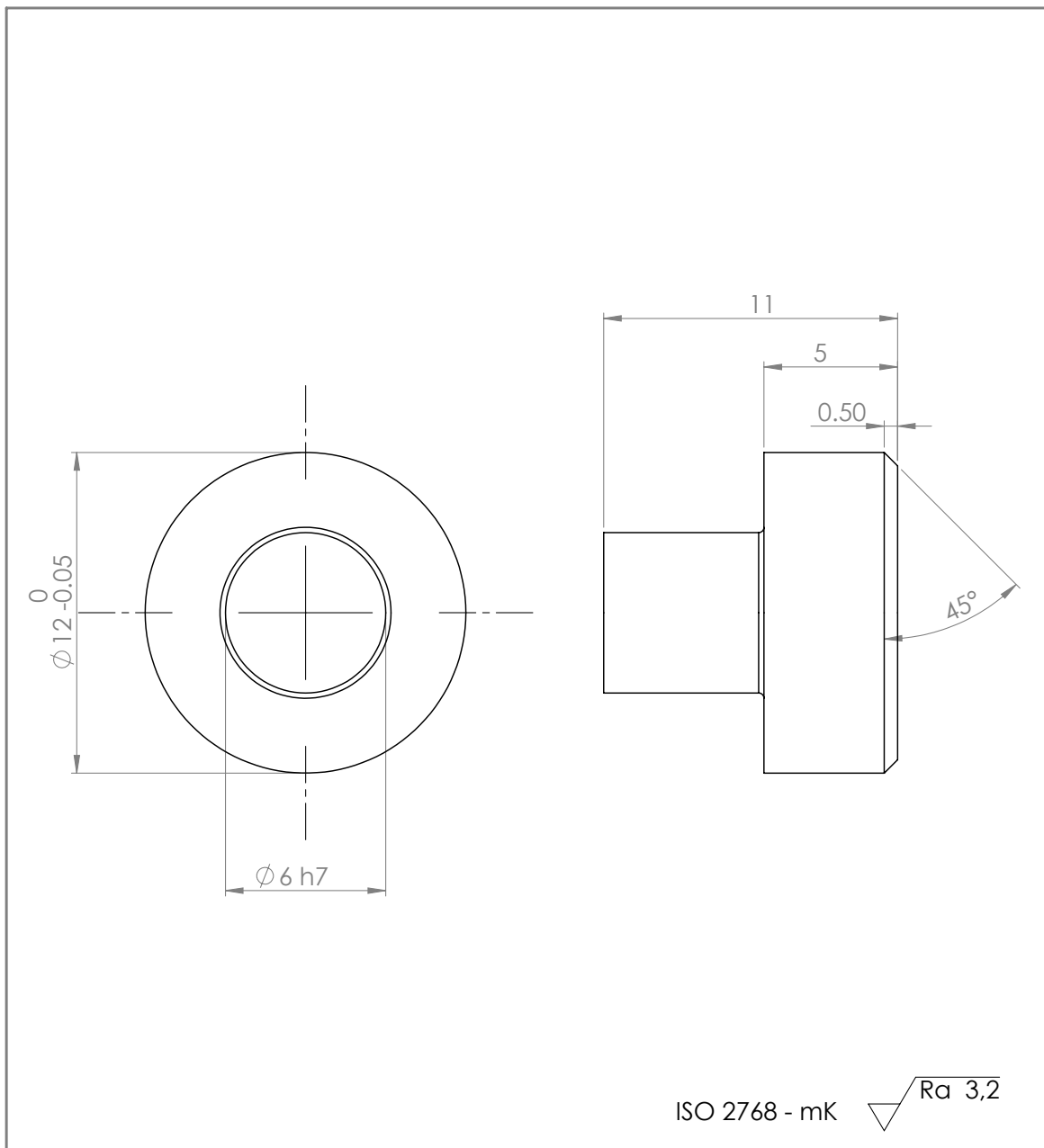
## Bijlage K.9: Technische tekening positie pen



ISO 2768 - mK  $\sqrt{Ra\ 3,2}$

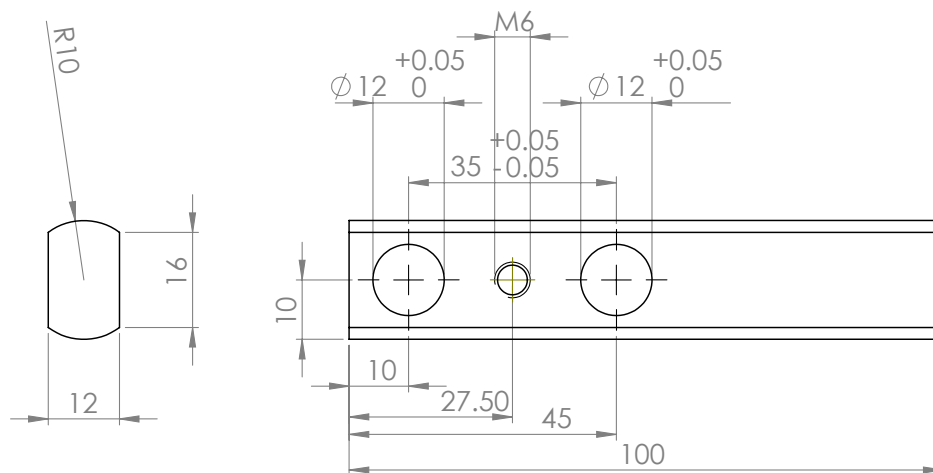
|                       |                 |         |                              |           |
|-----------------------|-----------------|---------|------------------------------|-----------|
| Material: X8CrNiS18-9 |                 |         | Dimensions: D8 x 11          |           |
| Standard: AISI 303    |                 |         | Production proces: Machining |           |
| Name: Positioning pen |                 |         | Drawing nr: A4/11            | Amount: 4 |
|                       |                 |         | Piece nr: 12                 | Sam.nr: 3 |
|                       | Designer:       | Format: | Scale:                       |           |
|                       | Jeroen Vrolijkx | A4      | 5/1                          |           |
|                       |                 |         | Date: 28/06/14               |           |

# Bijlage K.10: Technische tekening positie cilinder



|                            |                 |         |                              |           |
|----------------------------|-----------------|---------|------------------------------|-----------|
| Material: X8CrNiS18-9      |                 |         | Dimensions: D12 x 11         |           |
| Standard: AISI 303         |                 |         | Production proces: Machining |           |
| Name: Positioning cylinder |                 |         | Drawing nr: A4/08            | Amount: 4 |
|                            |                 |         | Piece nr: 9                  | Sam.nr: 3 |
|                            | Designer:       | Format: | Scale:                       |           |
|                            | Jeroen Vrolijkx | A4      | 5/1                          |           |
|                            |                 |         | Date: 28/06/14               |           |

## Bijlage K.11: Technische tekening rail

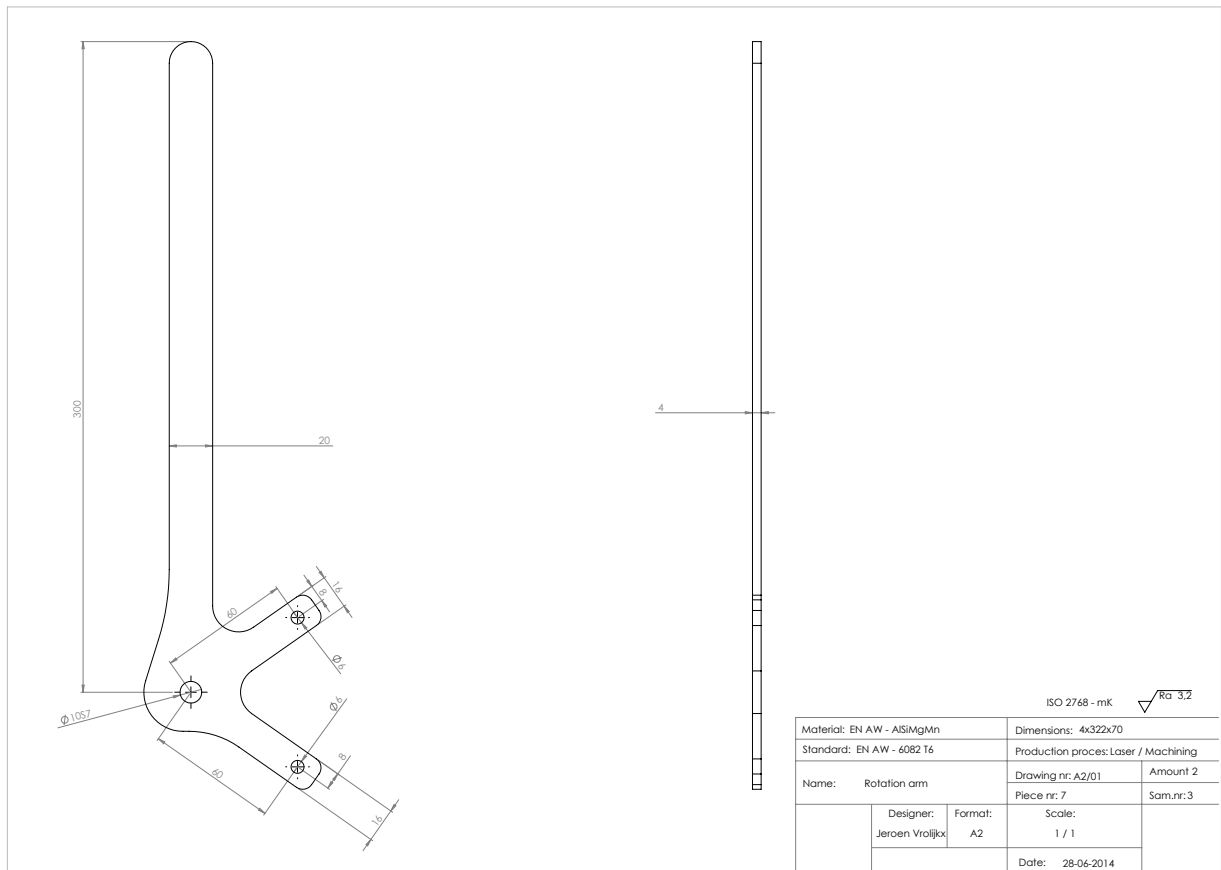


ISO 2768 - mK  $\sqrt{Ra\ 3,2}$

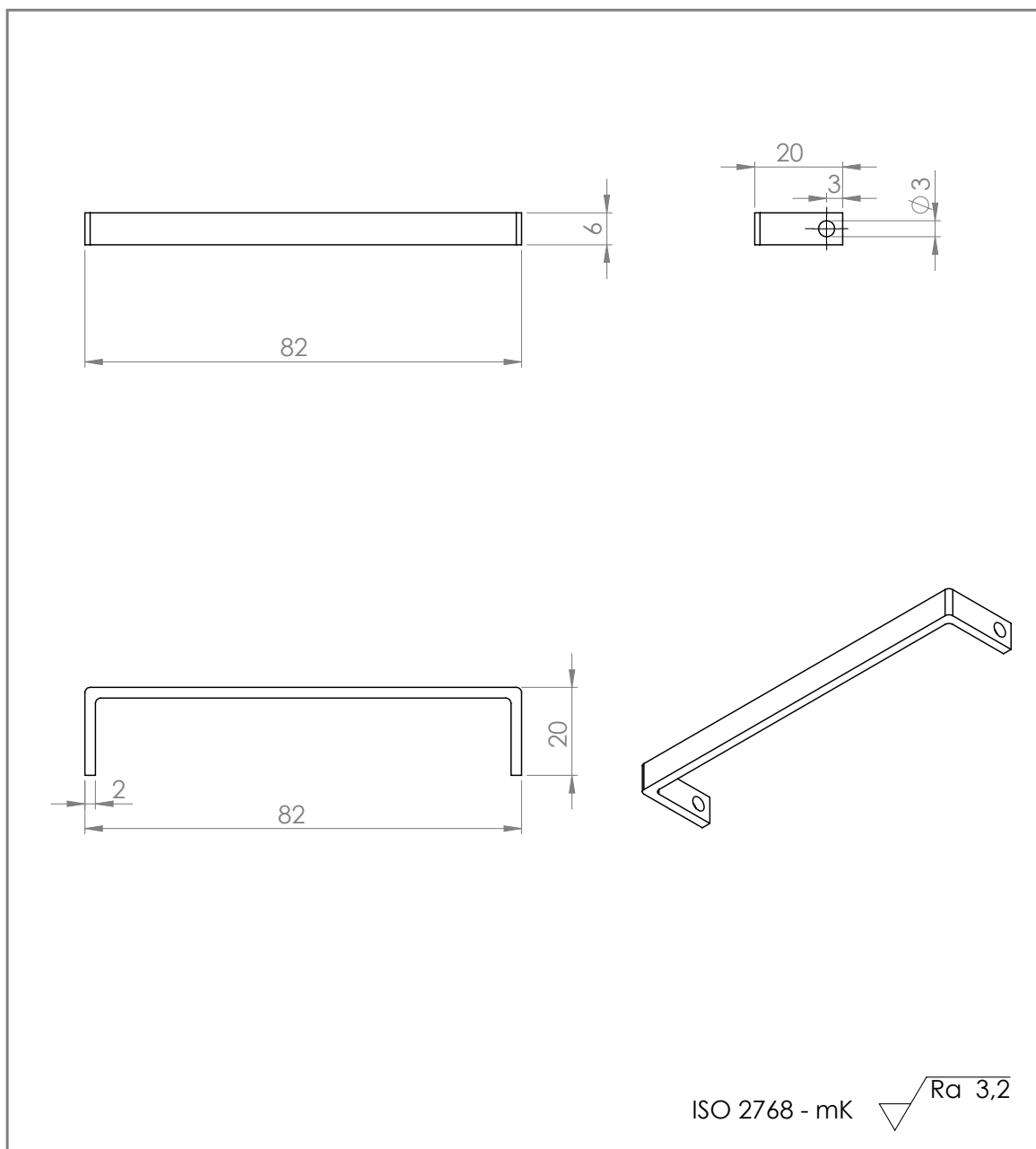
|                            |                 |         |                              |           |
|----------------------------|-----------------|---------|------------------------------|-----------|
| Material: EN AW - AlSiMgMn |                 |         | Dimensions: D20 x 100        |           |
| Standard: EN AW - 6082 T6  |                 |         | Production proces: Machining |           |
| Name: Rail                 |                 |         | Drawing nr: A4/04            | Amount: 2 |
|                            |                 |         | Piece nr: 4                  | Sam.nr: 3 |
|                            | Designer:       | Format: | Scale                        |           |
|                            | Jeroen Vrolijkx | A4      | 1/1                          |           |
|                            |                 |         | Date: 28/06/14               |           |



## Bijlage K.12: Technische tekening rotatie arm

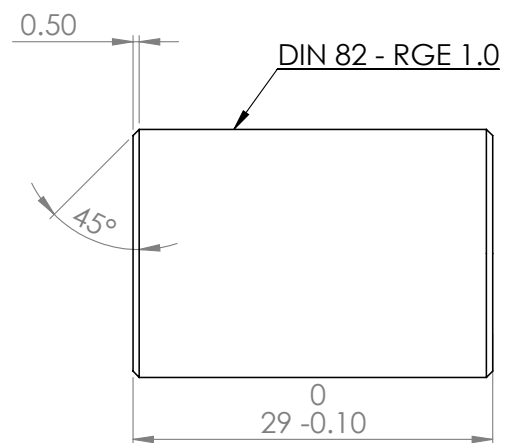
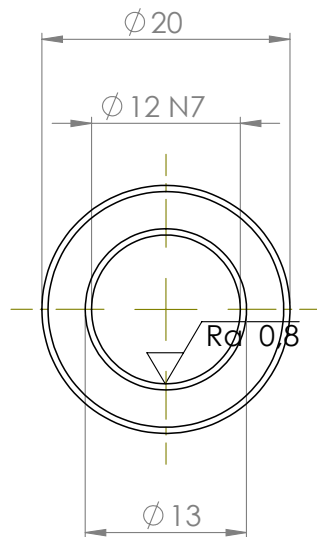


# Bijlage K.13: Technische tekening veiligheidsbeugel



|                    |                 |         |                            |           |
|--------------------|-----------------|---------|----------------------------|-----------|
| Material: X6Cr13   |                 |         | Dimensions: 6 x 2 x 78     |           |
| Standard: AISI 403 |                 |         | Production proces: Bending |           |
| Name: Safety rail  |                 |         | Drawing nr: A4/09          | Amount: 4 |
|                    |                 |         | Piece nr: 10               | Sam.nr: 3 |
|                    | Designer:       | Format: | Scale                      |           |
|                    | Jeroen Vrolijkx | A4      | 1/1                        |           |
|                    |                 |         | Date: 30/06/14             |           |

# Bijlage K.14: Technische tekening remblok teruglooprem



ISO 2768 - mK  Ra 3,2

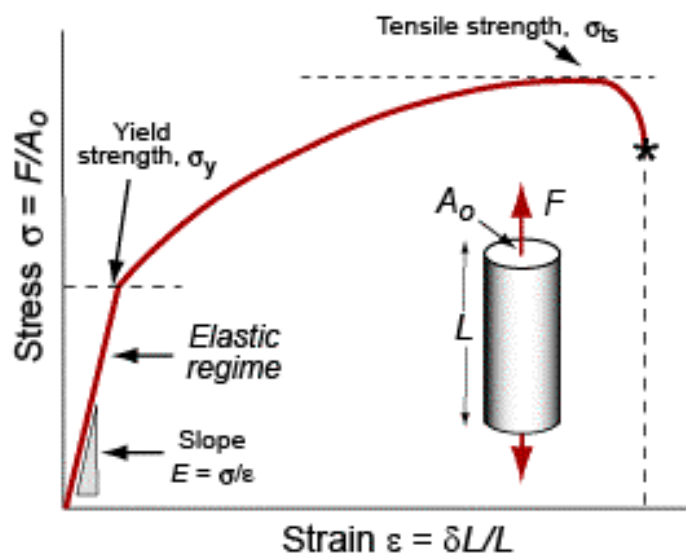
|                       |                 |         |                             |           |
|-----------------------|-----------------|---------|-----------------------------|-----------|
| Material: X8CrNiS18-9 |                 |         | Dimensions: D20 x 29        |           |
| Standard: AISI 303    |                 |         | Poduction proces: Machining |           |
| Name: Semi brake      |                 |         | Drawing nr: A4 / 06         | Amount: 2 |
|                       |                 |         | Piece nr: 6                 | Sam.nr: 3 |
|                       | Designer:       | Format: | Scale:                      |           |
|                       | Jeroen Vrolijkx | A4      | 2/1                         |           |
|                       |                 |         | Date: 28/06/14              |           |

## Bijlage L: Mechanische eigenschappen basisplaat

In eerste instantie is de samenstelling van het materiaal opgegeven. Elementen als Al en Fe dienen aanwezig te zijn. Het minimale percentage van chromium bedraagt 8%. Gegalvaniseerde materialen worden zo voorkomen.

Verder is de minimale young's modulus gekozen op 210 GPa. Deze E bepaald hoe stijf of elastisch een materiaal zal zijn. Het is de hellingsgraad van het lineaire gedeelte, het elastische gebied, in de stress – strain curve. Hier keert het materiaal na belasting terug naar zijn oorspronkelijke toestand. De wet van Hooke is hier van kracht. Deze stelt dat de rek die optreed ( $\varepsilon$ ) lineair afhankelijk is van de aangebrachte rekspanning ( $\sigma$ ). De evenredigheidsconstante zal de elasticiteitsmodulus of young modulus zijn:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

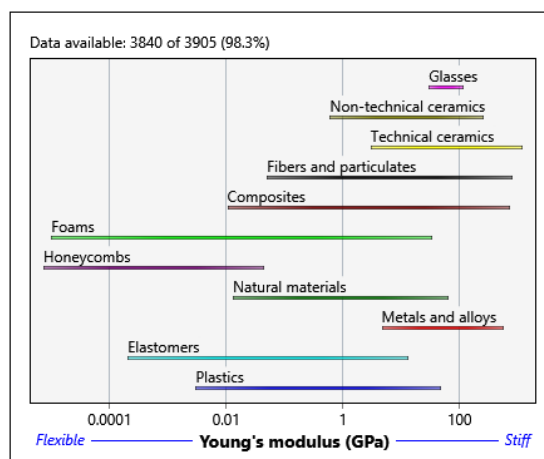


Afbeelding 58: Stress - strain curve

Om een idee te krijgen de grootheden van deze modulus zijn enkele waarden van materiaalgroepen geschetst in onderstaande. Materialen met een hoge waarde zijn stijf, met een lage waarde eerder flexibel.

Tabel 13: Waarden young's modulus

| Materiaal klasse          | Waarde       |
|---------------------------|--------------|
| Elastomeren               | <1 GPa       |
| Ongepulde plastieken      | 1-4 GPa      |
| Versterkte plastieken     | 5-25 GPa     |
| Ferro metalen             | 70 – 250 GPa |
| Non-ferro metalen         | 10 – 310 GPa |
| Technisch keramiek        | 20 – 700 GPa |
| Keramieken en glassoorten | 1 - 120 GPa  |

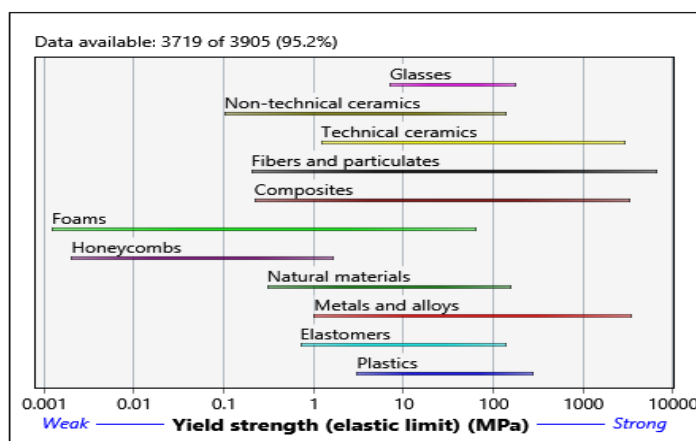


Afbeelding 59: Indicatie young's modulus

De minimale *yield strengt* is op 250MPa gelegen. Deze geeft de belasting weer welke het materiaal plastisch vervormd. Bepalen van de *yield strength* bij metalen vindt plaats door te werken met de 0,2% rekgrens. Op dit punt in het spanning-remdiagram is aangegeven wanneer naast elastische rek, bepaald door de elasticiteitsmodulus, een supplementaire rek van 0,2% optreedt. Voor andere materiaalklassen is de definitie anders:

- Metalen: De 0,2% vloegrens zal de spanning weergeven waarbij de spanning - belasting curve voor eenzijdige trekbelastingen afwijkt met 0,2% van de lineaire elastische lijn;
- Polymeren: De *yield strength* bij polymeren wordt bepaald door de eerste piek wegegeven in het spanning-rekdiagram;
- Keramische materialen: De treksterkte van een materiaal op zijn breekpunt geeft de *yield strength* bij keramische materialen weer. Keramische materialen zullen immers zelden vervormen.

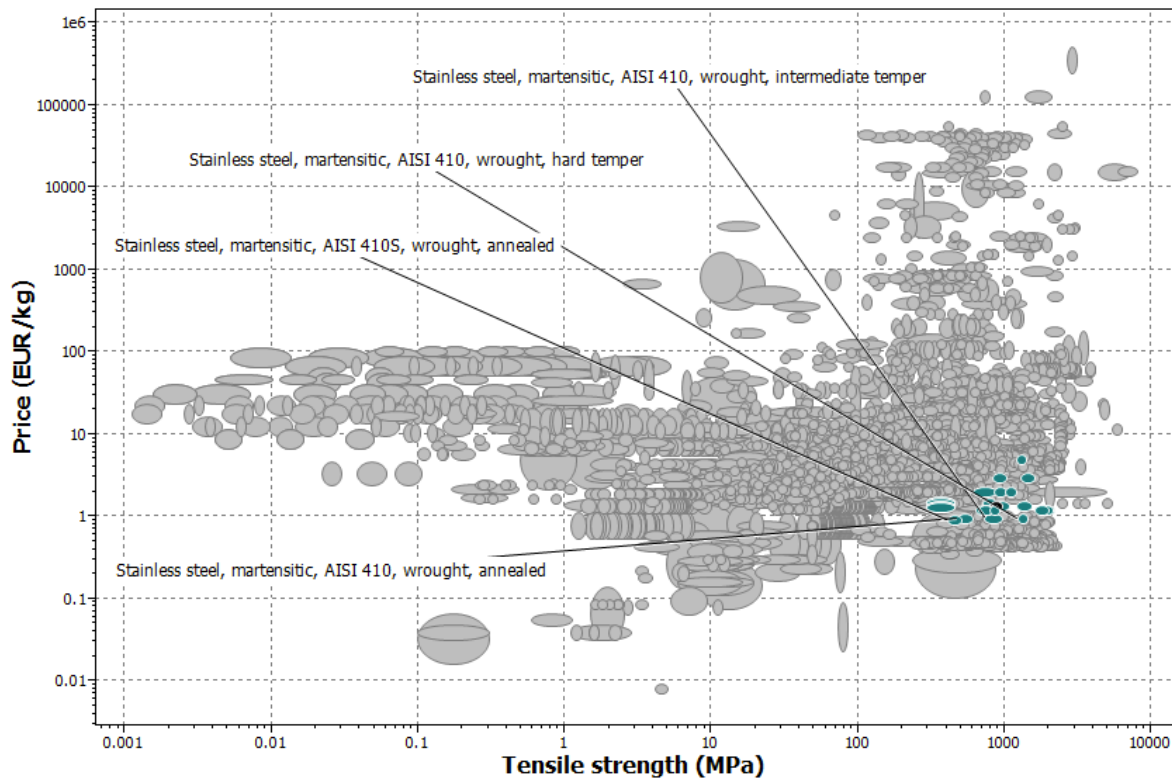
Hoe sterk een materiaal is bepaald door de *yield strength*. Hoe groter de waarde hoe sterker het materiaal. In dit specifieke geval dient de basisplaat sterk te zijn, waarbij plastische vervorming uitgesloten moet worden. Uitscheuring van de as dient voorkomen te worden en de buigbeweging van de arm mag geen permanente vervorming met zich meebrengen. In afbeelding 39 is een overzicht te zien van de standaard waarden van verschillende materialen.



Afbeelding 60: Yield strength

Ten slotte is een waarde gekozen voor de *flexural strength*. Deze geeft de sterkte van het materiaal weer onder invloed van buiging. De waarde is op 250MPa gekozen.

Een selectie is gemaakt op basis van voorgaande eigenschappen. Een grafiek is gegenereerd met daarin de materiaalkost uitgezet ten opzichte van de sterkte van de materialen. Het resultaat bevindt zich in afbeelding 40.

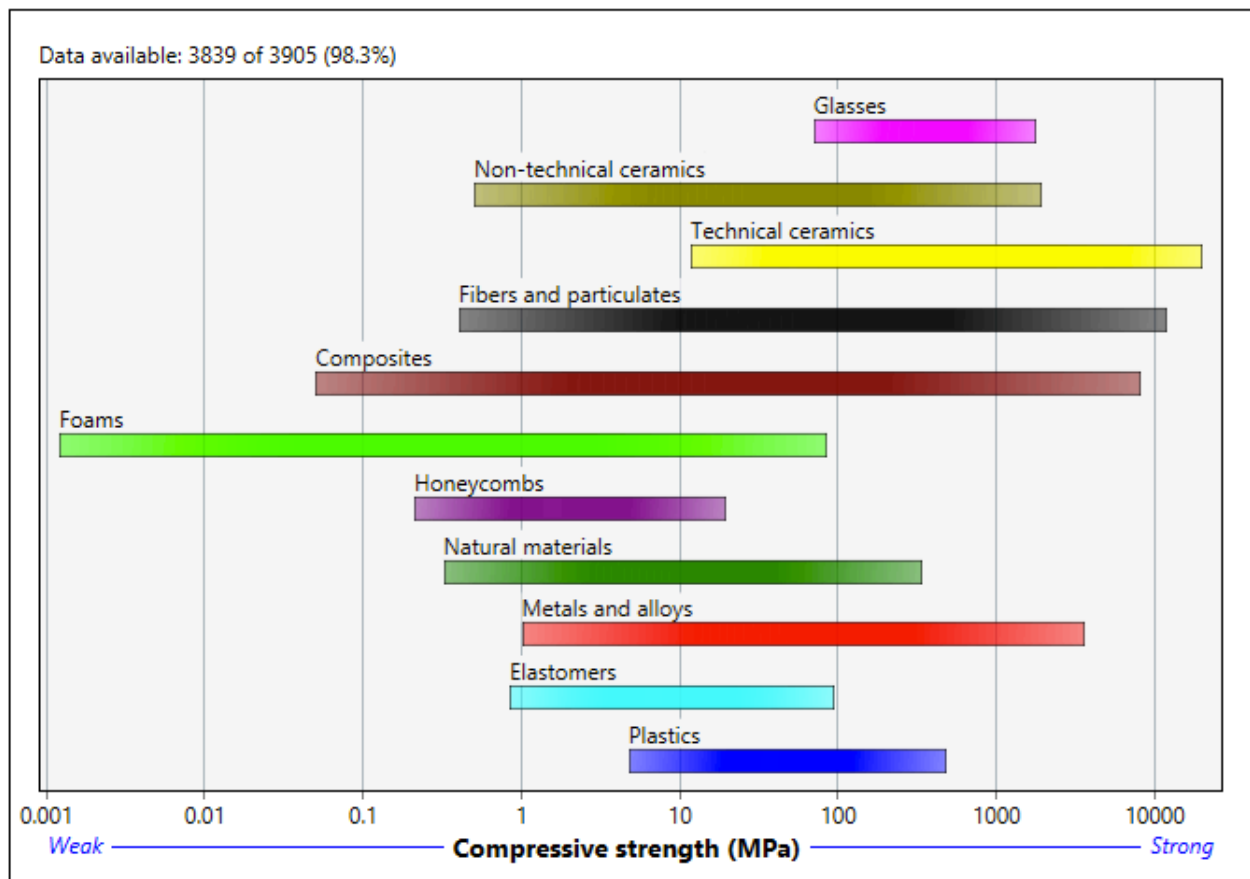


Afbeelding 61: Materiaalkeuze basisplaat

Analyse van de resultaten geeft het materiaal AISI 410 als meest geschikt op. Een relatief goedkoop roestvrij staal in spanningsvrije toestand. Via warmtebehandeling is spanning en onregelmatigheden uit het ruwe materiaal verwijderd.

Het bewerkingsproces is de beslissende factor. In dit geval zal lasersnijden worden toegepast. Hiervoor geschikt zijnde en tevens een standaard in de metaal industrie maakt dat de automatische materiaal aanvoer van een laser machine gebruikt kan worden.

## Bijlage M: Vergelijking compressive strength



Afbeelding 62: Vergelijking compressive strength





Afbeelding 63: Prototype II



## Bijlage O: Duurste offerte



**E.S. TOOLING bvba**  
Your design, our quality

**SPRONKEN ORTHOPEDIE**  
**Mr. JEROEN VROLIJKX**  
**TRANSPORTLAAN 9**  
**3600 GENK**

Offerte: Q14-0290

pagina 1 van 1  
datum: 02/07/2014

Wij danken u voor uw prijsaanvraag en hebben het genoegen u hetgeen volgt aan te bieden.

| pos | artikelnummer<br>omschrijving | aantal  | stukprijs | totaal   |
|-----|-------------------------------|---------|-----------|----------|
| 1   | A4/01<br>AXIS BENDING ARM     | 4 stuks | 28,00 €   | 112,00 € |
| 2   | A4/02<br>CLAMP A              | 4 stuks | 67,00 €   | 268,00 € |
| 3   | A4/03<br>CLAMP B              | 4 stuks | 67,00 €   | 268,00 € |
| 4   | A4/04<br>RAIL                 | 4 stuks | 53,00 €   | 212,00 € |
| 5   | A4/05<br>FIXED BRAKE          | 4 stuks | 39,00 €   | 156,00 € |
| 6   | A4/06<br>SEMI BRAKE           | 4 stuks | 36,00 €   | 144,00 € |
| 7   | A2/01<br>ROTATION ARM         | 4 stuks | 22,00 €   | 88,00 €  |
| 8   | A4/07<br>BASE PLATE           | 4 stuks | 167,00 €  | 668,00 € |
| 9   | A4/08<br>POSITIONING CYLINDER | 8 stuks | 21,00 €   | 168,00 € |
| 10  | A4/09<br>SAFETY RAIL          | 8 stuks | 52,00 €   | 416,00 € |
| 11  | A4/10<br>MOUNT ADAPTER        | 8 stuks |           |          |
| 12  | A4/11<br>POSITIONING PEN      | 8 stuks | 26,00 €   | 208,00 € |

Leveringstermijn : overeen te komen  
Geldigheidsduur van deze offerte: 1 maand.

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| netto som:    | 2.708,00 €        |
| BTW: 21,00 %  | 568,68 €          |
| <b>totaal</b> | <b>3.276,68 €</b> |

Toekomstlaan 9  
Tel.: +32 (0)89 20 18 90  
B.T.W. BE 0524.835.524

B-3600 Genk  
Fax: +32 (0)89 20 18 99  
RPR Hasselt

E-mail: info@estooling.eu  
IBAN BE19 7350 3278 8412  
bic: KREDBEBB



Toplaureaat  
Hermesprijs 2004



## Bijlage P: Goedkoopste offerte

### METAALWERKEN SCHREURS DILSEN

Siemenslaan 6 | 3650 Dilsen-Stokkem | Belgium

T: +32 89 79 80 60 | F: +32 89 79 80 69

M: msd@msd.be | I: www.msd.be



## OFFERTE

Offertenummer 20.140.233 Rev. 1  
Offertedatum 11-08-2014  
Geldigheidsduur 30 dagen  
Uw referentie prsvrg.J.vr.04/08/2014  
Uw contactpersoon: Cyriel Bernaerts  
cyriel.bernaerts@msd.be  
+32496773938

De heer Jeroen Vrolijkx,

Spronken  
Transportlaan 9  
3600 GENK

| Regel | Itemnummer  | Omschrijving                                                                                                                                                               | Batch # | Eenheids prijs | Reeksprijs  |
|-------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|-------------|
| 10    | SPRO2014001 | As buigarm Ø16<br><i>materiaal is AISI303</i>                                                                                                                              | 1000    | € 1,02         | € 1.020,00  |
| 20    | SPRO2014001 | As buigarm Ø16<br><i>materiaal is AISI303</i>                                                                                                                              | 2500    | € 0,92         | € 2.300,00  |
| 30    | SPRO2014001 | As buigarm Ø16<br><i>materiaal is AISI303</i>                                                                                                                              | 5000    | € 0,88         | € 4.400,00  |
| 40    | SPRO2014001 | As buigarm Ø16<br><i>materiaal is AISI303</i>                                                                                                                              | 10000   | € 0,86         | € 8.600,00  |
| 50    | SPRO2014001 | As buigarm Ø16<br><i>materiaal is AISI303</i>                                                                                                                              | 25000   | € 0,85         | € 21.250,00 |
| 60    | SPRO2014003 | Klemblok A<br><i>materiaal is 6060T66</i><br><i>is gezaagd van extrusieprofiel</i><br><i>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 1000    | € 2,47         | € 2.470,00  |
| 70    | SPRO2014003 | Klemblok A<br><i>materiaal is 6060T66</i><br><i>is gezaagd van extrusieprofiel</i><br><i>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 2500    | € 2,38         | € 5.950,00  |
| 80    | SPRO2014003 | Klemblok A<br><i>materiaal is 6060T66</i><br><i>is gezaagd van extrusieprofiel</i><br><i>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 5000    | € 2,33         | € 11.650,00 |
| 90    | SPRO2014003 | Klemblok A<br><i>materiaal is 6060T66</i><br><i>is gezaagd van extrusieprofiel</i><br><i>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 10000   | € 2,31         | € 23.100,00 |
| 100   | SPRO2014003 | Klemblok A<br><i>materiaal is 6060T66</i><br><i>is gezaagd van extrusieprofiel</i><br><i>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 25000   | € 2,30         | € 57.500,00 |

Fortis bank 235-0307600-25 IBAN: BE 70 2350 30760025 Bic: GEBABEBB BTW BE 0436.055.481 Registratienummer 102300

# METAALWERKEN SCHREURS DILSEN

Siemenslaan 6 | 3650 Dilsen-Stokkem | Belgium  
 T: +32 89 79 80 60 | F: +32 89 79 80 69  
 M: msd@msd.be | I: www.msd.be



## OFFERTE

De heer Jeroen Vrolijkx,

Offertenummer 20.140.233 Rev. 1  
 Offertedatum 11-08-2014  
 Geldigheidsduur 30 dagen  
 Uw referentie prsvrg.J.vr.04/08/2014  
 Uw contactpersoon: Cyriel Bernaerts  
 cyriel.bernaerts@msd.be  
 +32496773938

Spronken  
 Transportlaan 9  
 3600 GENK

| Regel | Itemnummer        | Omschrijving                                                                                                                                                       | Batch # | Eenheids prijs | Reeksprijs  |
|-------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|-------------|
| 110   | SPRO2014004       | Klemblok B<br><br><i>materiaal is 6060T66<br/>is gezaagd van extrusieprofiel<br/>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 1000    | € 2,47         | € 2.470,00  |
| 120   | SPRO2014004       | Klemblok B<br><br><i>materiaal is 6060T66<br/>is gezaagd van extrusieprofiel<br/>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 2500    | € 2,38         | € 5.950,00  |
| 130   | SPRO2014004       | Klemblok B<br><br><i>materiaal is 6060T66<br/>is gezaagd van extrusieprofiel<br/>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 5000    | € 2,33         | € 11.650,00 |
| 140   | SPRO2014004       | Klemblok B<br><br><i>materiaal is 6060T66<br/>is gezaagd van extrusieprofiel<br/>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 10000   | € 2,31         | € 23.100,00 |
| 150   | SPRO2014004       | Klemblok B<br><br><i>materiaal is 6060T66<br/>is gezaagd van extrusieprofiel<br/>Prijs is voor minimale afname van 1000kgr extrusie profiel = +/- 28.000 stuks</i> | 25000   | € 2,30         | € 57.500,00 |
| 160   | SPRO2014003-4EXTR | Extrusie-matrijs Klemblok A en B<br><br><i>Aandeel in de extrusie matrijskosten</i>                                                                                | 1       | € 1.630,00     | € 1.630,00  |
| 170   | SPRO2014006       | Rail<br><br><i>materiaal is AlMgSi1</i>                                                                                                                            | 1000    | € 2,08         | € 2.080,00  |
| 180   | SPRO2014006       | Rail<br><br><i>materiaal is AlMgSi1</i>                                                                                                                            | 2500    | € 1,96         | € 4.900,00  |
| 190   | SPRO2014006       | Rail<br><br><i>materiaal is AlMgSi1</i>                                                                                                                            | 5000    | € 1,92         | € 9.600,00  |
| 200   | SPRO2014006       | Rail<br><br><i>materiaal is AlMgSi1</i>                                                                                                                            | 10000   | € 1,90         | € 19.000,00 |

Fortis bank 235-0307600-25 IBAN: BE 70 2350 30760025 Bic: GEBABEBB BTW BE 0436.055.481 Registratienummer 102300

# METAALWERKEN SCHREURS DILSEN

Siemenslaan 6 | 3650 Dilsen-Stokkem | Belgium  
T: +32 89 79 80 60 | F: +32 89 79 80 69  
M: msd@msd.be | I: www.msd.be



## OFFERTE

De heer Jeroen Vrolijkx,

Offertenummer 20.140.233 Rev. 1  
Offertedatum 11-08-2014  
Geldigheidsduur 30 dagen  
Uw referentie prsvrg.J.vr.04/08/2014  
Uw contactpersoon: Cyriel Bernaerts  
cyriel.bernaerts@msd.be  
+32496773938

Spronken  
Transportlaan 9  
3600 GENK

| Regel | Itemnummer  | Omschrijving                                | Batch # | Eenheids prijs | Reeksprijs  |
|-------|-------------|---------------------------------------------|---------|----------------|-------------|
| 210   | SPRO2014006 | Rail<br><i>materiaal is AIMgSi1</i>         | 25000   | € 1,89         | € 47.250,00 |
| 220   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 1000    | € 3,12         | € 3.120,00  |
| 230   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 2500    | € 2,98         | € 7.450,00  |
| 240   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 5000    | € 2,92         | € 14.600,00 |
| 250   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 10000   | € 2,90         | € 29.000,00 |
| 260   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 25000   | € 2,89         | € 72.250,00 |
| 270   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 1000    | € 2,99         | € 2.990,00  |
| 280   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 2500    | € 2,89         | € 7.225,00  |
| 290   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 5000    | € 2,86         | € 14.300,00 |
| 300   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 10000   | € 2,85         | € 28.500,00 |
| 310   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 25000   | € 2,84         | € 71.000,00 |
| 320   | SPRO2014009 | rotatiearm                                  | 1000    | € 5,47         | € 5.470,00  |

Fortis bank 235-0307600-25 IBAN: BE 70 2350 30760025 Bic: GEBABEBB BTW BE 0436.055.481 Registratienummer 102300

# METAALWERKEN SCHREURS DILSEN

Siemenslaan 6 | 3650 Dilsen-Stokkem | Belgium  
T: +32 89 79 80 60 | F: +32 89 79 80 69  
M: msd@msd.be | I: www.msd.be



## OFFERTE

De heer Jeroen Vrolijkx,

Offertenummer 20.140.233 Rev. 1  
Offertedatum 11-08-2014  
Geldigheidsduur 30 dagen  
Uw referentie prsvrg.J.vr.04/08/2014  
Uw contactpersoon: Cyriel Bernaerts  
cyriel.bernaerts@msd.be  
+32496773938

Spronken  
Transportlaan 9  
3600 GENK

| Regel | Itemnummer  | Omschrijving                                | Batch # | Eenheids prijs | Reeksprijs  |
|-------|-------------|---------------------------------------------|---------|----------------|-------------|
| 210   | SPRO2014006 | Rail<br><i>materiaal is AIMgSi1</i>         | 25000   | € 1,89         | € 47.250,00 |
| 220   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 1000    | € 3,12         | € 3.120,00  |
| 230   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 2500    | € 2,98         | € 7.450,00  |
| 240   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 5000    | € 2,92         | € 14.600,00 |
| 250   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 10000   | € 2,90         | € 29.000,00 |
| 260   | SPRO2014007 | Remblok vast<br><i>Materiaal is AISI303</i> | 25000   | € 2,89         | € 72.250,00 |
| 270   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 1000    | € 2,99         | € 2.990,00  |
| 280   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 2500    | € 2,89         | € 7.225,00  |
| 290   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 5000    | € 2,86         | € 14.300,00 |
| 300   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 10000   | € 2,85         | € 28.500,00 |
| 310   | SPRO2014008 | Semiremblok<br><i>Materiaal is AISI303</i>  | 25000   | € 2,84         | € 71.000,00 |
| 320   | SPRO2014009 | rotatiearm                                  | 1000    | € 5,47         | € 5.470,00  |

Fortis bank 235-0307600-25 IBAN: BE 70 2350 30760025 Bic: GEBABEBB BTW BE 0436.055.481 Registratienummer 102300

# METAALWERKEN SCHREURS DILSEN

Siemenslaan 6 | 3650 Dilsen-Stokkem | Belgium  
 T: +32 89 79 80 60 | F: +32 89 79 80 69  
 M: msd@msd.be | I: www.msd.be



## OFFERTE

De heer Jeroen Vrolijkx,

Offertenummer 20.140.233 Rev. 1  
 Offertedatum 11-08-2014  
 Geldigheidsduur 30 dagen  
 Uw referentie prsvrg.J.vr.04/08/2014  
 Uw contactpersoon: Cyriel Bernaerts  
 cyriel.bernaerts@msd.be  
 +32496773938

Spronken  
 Transportlaan 9  
 3600 GENK

| Regel | Itemnummer   | Omschrijving                                                | Batch # | Eenheids prijs | Reeksprijs   |
|-------|--------------|-------------------------------------------------------------|---------|----------------|--------------|
|       |              | <i>materiaal is RVS316</i>                                  |         |                |              |
| 440   | SPRO2014012D | Basisplaat gelaserd in RVS316<br><i>materiaal is RVS316</i> | 5000    | € 6,76         | € 33.800,00  |
| 450   | SPRO2014012D | Basisplaat gelaserd in RVS316<br><i>materiaal is RVS316</i> | 10000   | € 6,73         | € 67.300,00  |
| 460   | SPRO2014012D | Basisplaat gelaserd in RVS316<br><i>materiaal is RVS316</i> | 25000   | € 6,70         | € 167.500,00 |
| 470   | SPRO2014012E | Basisplaat gelaserd in RVS304<br><i>materiaal is RVS304</i> | 1000    | € 6,68         | € 6.680,00   |
| 480   | SPRO2014012E | Basisplaat gelaserd in RVS304<br><i>materiaal is RVS304</i> | 2500    | € 6,54         | € 16.350,00  |
| 490   | SPRO2014012E | Basisplaat gelaserd in RVS304<br><i>materiaal is RVS304</i> | 5000    | € 6,39         | € 31.950,00  |
| 500   | SPRO2014012E | Basisplaat gelaserd in RVS304<br><i>materiaal is RVS304</i> | 10000   | € 6,35         | € 63.500,00  |
| 510   | SPRO2014012E | Basisplaat gelaserd in RVS304<br><i>materiaal is RVS304</i> | 25000   | € 6,33         | € 158.250,00 |
| 520   | SPRO2014013  | Safety rail<br><i>materiaal is RVS316</i>                   | 1000    | € 1,51         | € 1.510,00   |
| 530   | SPRO2014013  | Safety rail<br><i>materiaal is RVS316</i>                   | 2500    | € 1,37         | € 3.425,00   |
| 540   | SPRO2014013  | Safety rail<br><i>materiaal is RVS316</i>                   | 5000    | € 1,32         | € 6.600,00   |

Fortis bank 235-0307600-25 IBAN: BE 70 2350 30760025 Bic: GEBABEBB BTW BE 0436.055.481 Registratienummer 102300

## OFFERTE

De heer Jeroen Vrolijkx,

Offertenummer 20.140.233 Rev. 1  
Offertedatum 11-08-2014  
Geldigheidsduur 30 dagen  
Uw referentie prsvrg.J.vr.04/08/2014  
Uw contactpersoon: Cyriel Bernaerts  
cyriel.bernaerts@msd.be  
+32496773938

Spronken  
Transportlaan 9  
3600 GENK

| Regel | Itemnummer  | Omschrijving                              | Batch # | Eenheids prijs | Reeksprijs  |
|-------|-------------|-------------------------------------------|---------|----------------|-------------|
| 550   | SPRO2014013 | Safety rail<br><i>materiaal is RVS316</i> | 10000   | € 1,28         | € 12.800,00 |
| 560   | SPRO2014013 | Safety rail<br><i>materiaal is RVS316</i> | 25000   | € 1,27         | € 31.750,00 |

Totaal excl. BTW:

### Bijkomende info:

Algemeen :  
Prijs excl. BTW en EXW ( excl. transport),  
Prijs is volgens omschrijving en ontvangen info, tekeningen per...04/08/2014.....  
Prijs is voor een ongedeelde opdracht in aantal stuks per item  
Elke bestelling onder een netto waarde van € 100,- , wordt € 30,- als een extra administratieve kost gerekend  
Onze prijzen zijn gebaseerd op de koers van de materialen, welke geldig zijn op datum van deze offerte en vervolgens de hierna vermelde geldigheidstermijn van deze offerte  
Onze aanbieding is alleen geldig na volledige verificatie van het technisch dossier in samenwerking met uw kwaliteitsdienst en of engineeringdienst .  
De eventuele verschillen tussen aanbieding en uw info/tekeningen te ontvangen bij een eventuele bestelling, kan van deze offerte de prijs ervan beïnvloeden.  
Specificaties vermeld in deze offerte zijn basis voor de prijzen , ook indien deze afwijken tov de prijsvraag .

Bij eventuele opdracht dienen de tekeningen volledig bemaat en met de juiste materiaalkeuze voorzien te zijn .

Geldigheid deze offerte : ..30.... dagen offerte datum  
Prijzen zijn jaarlijks indexeerbaar o.b.v. op dat moment geldende economics, waarbij objectieve standaarden vast gelegd kunnen worden

Levertermijn :  
Betreffende de levertijd : min ....in overleg.....werkweken na ontvangst schriftelijke bestelling  
Levertermijn is een momentgegeven en is een variabele in de termijn tussen offerte en bestelling, levering materiaal , bezetting machines en personeel , vakantieperiodes

Betalingsvoorwaarden : ....30....dagen factuurdatum na ontvangst goederen/factuur

We hopen je hierbij een passende aanbieding te mogen maken, en verblijven

Met vriendelijke groeten

## Prijsbepaling aanmaakonderdelen

| Stuk Nr. | Benaming     | Aantal | Stukprijs | # per rolstoel | Prijs  |
|----------|--------------|--------|-----------|----------------|--------|
| 1        | As buigarm   | 20     | 4,98      | 2              | 9,96   |
|          |              | 50     | 3,11      | 2              | 6,22   |
|          |              | 100    | 2,12      | 2              | 4,24   |
|          |              | 200    | 1,66      | 2              | 3,32   |
|          |              | 500    | 1,36      | 2              | 2,72   |
|          |              | 2000   | 0,88      | 2              | 1,76   |
|          |              | 10000  | 0,86      | 2              | 1,72   |
|          |              | 50000  | 0,85      | 2              | 1,7    |
| 2        | Klemblok A   | 20     | 9,16      | 2              | 18,32  |
|          |              | 50     | 6,06      | 2              | 12,12  |
|          |              | 100    | 4,88      | 2              | 9,76   |
|          |              | 200    | 4,26      | 2              | 8,52   |
|          |              | 500    | 3,88      | 2              | 7,76   |
|          |              | 2000   | 2,33      | 2              | 5,475  |
|          |              | 10000  | 2,31      | 2              | 4,783  |
|          |              | 50000  | 2,3       | 2              | 4,6326 |
| 3        | Klemblok B   | 20     | 9,16      | 2              | 18,32  |
|          |              | 50     | 6,06      | 2              | 12,12  |
|          |              | 100    | 4,88      | 2              | 9,76   |
|          |              | 200    | 4,06      | 2              | 8,12   |
|          |              | 500    | 3,66      | 2              | 7,32   |
|          |              | 2000   | 2,33      | 2              | 5,475  |
|          |              | 10000  | 2,31      | 2              | 4,783  |
|          |              | 50000  | 2,3       | 2              | 4,6326 |
| 4        | Rail         | 20     | 6,96      | 2              | 13,92  |
|          |              | 50     | 4,72      | 2              | 9,44   |
|          |              | 100    | 3,61      | 2              | 7,22   |
|          |              | 200    | 2,98      | 2              | 5,96   |
|          |              | 500    | 2,37      | 2              | 4,74   |
|          |              | 2000   | 1,92      | 2              | 3,84   |
|          |              | 10000  | 1,9       | 2              | 3,8    |
|          |              | 50000  | 1,89      | 2              | 3,78   |
| 5        | Remblok vast | 20     | 8,65      | 2              | 17,3   |
|          |              | 50     | 4,96      | 2              | 9,92   |
|          |              | 100    | 3,57      | 2              | 7,14   |
|          |              | 200    | 3,12      | 2              | 6,24   |
|          |              | 500    | 2,98      | 2              | 5,96   |
|          |              | 2000   | 2,92      | 2              | 5,84   |
|          |              | 10000  | 2,9       | 2              | 5,8    |
|          |              | 50000  | 2,89      | 2              | 5,78   |



|    |                      |       |       |   |        |
|----|----------------------|-------|-------|---|--------|
| 6  | Remblok semi         | 20    | 8,36  | 2 | 16,72  |
|    |                      | 50    | 4,34  | 2 | 8,68   |
|    |                      | 100   | 3,16  | 2 | 6,32   |
|    |                      | 200   | 2,99  | 2 | 5,98   |
|    |                      | 500   | 2,89  | 2 | 5,78   |
|    |                      | 2000  | 2,86  | 2 | 5,72   |
|    |                      | 10000 | 2,85  | 2 | 5,7    |
|    |                      | 50000 | 2,84  | 2 | 5,68   |
| 7  | Rotatie arm          | 20    | 12,75 | 2 | 25,5   |
|    |                      | 50    | 8,85  | 2 | 17,7   |
|    |                      | 100   | 6,99  | 2 | 13,98  |
|    |                      | 200   | 5,93  | 2 | 11,86  |
|    |                      | 500   | 5,95  | 2 | 11,9   |
|    |                      | 2000  | 5,26  | 2 | 12,045 |
|    |                      | 10000 | 5,24  | 2 | 10,785 |
|    |                      | 50000 | 5,22  | 2 | 10,501 |
| 8  | Basisplaat           | 20    | 9,88  | 2 | 19,76  |
|    |                      | 50    | 7,36  | 2 | 14,72  |
|    |                      | 100   | 6,98  | 2 | 13,96  |
|    |                      | 200   | 6,7   | 2 | 13,4   |
|    |                      | 500   | 6,68  | 2 | 13,36  |
|    |                      | 2000  | 6,54  | 2 | 13,08  |
|    |                      | 10000 | 6,39  | 2 | 12,78  |
|    |                      | 50000 | 6,33  | 2 | 12,66  |
| 9  | Positioneer cylinder | 20    | 2,48  | 4 | 9,92   |
|    |                      | 50    | 1,35  | 4 | 5,4    |
|    |                      | 100   | 0,93  | 4 | 3,72   |
|    |                      | 200   | 0,74  | 4 | 2,96   |
|    |                      | 500   | 0,58  | 4 | 2,32   |
|    |                      | 2000  | 0,54  | 4 | 2,16   |
|    |                      | 10000 | 0,52  | 4 | 2,08   |
|    |                      | 50000 | 0,51  | 4 | 2,04   |
| 10 | Veiligheidsbeugel    | 20    | 8,56  | 4 | 34,24  |
|    |                      | 50    | 3,67  | 4 | 14,68  |
|    |                      | 100   | 1,92  | 4 | 7,68   |
|    |                      | 200   | 1,51  | 4 | 6,04   |
|    |                      | 500   | 1,37  | 4 | 5,48   |
|    |                      | 2000  | 1,32  | 4 | 5,28   |
|    |                      | 10000 | 1,28  | 4 | 5,12   |
|    |                      | 50000 | 1,27  | 4 | 5,08   |

|    |                 |       |      |   |      |
|----|-----------------|-------|------|---|------|
| 11 | Montage adapter | 20    | 8    | 4 | 32   |
|    |                 | 50    | 3    | 4 | 12   |
|    |                 | 100   | 1,5  | 4 | 6    |
|    |                 | 200   | 1    | 4 | 4    |
|    |                 | 500   | 0,6  | 4 | 2,4  |
|    |                 | 2000  | 0,3  | 4 | 1,2  |
|    |                 | 10000 | 0,2  | 4 | 0,8  |
|    |                 | 50000 | 0,18 | 4 | 0,72 |
| 12 | Positie pen     | 20    | 4,98 | 4 | 0,62 |
|    |                 | 50    | 3,11 | 4 | 0,62 |
|    |                 | 100   | 2,12 | 4 | 0,36 |
|    |                 | 200   | 1,66 | 4 | 0,38 |
|    |                 | 500   | 1,36 | 4 | 0,38 |
|    |                 | 2000  | 0,89 | 4 | 0,38 |
|    |                 | 10000 | 0,78 | 4 | 0,2  |
|    |                 | 50000 | 0,74 | 4 | 0,2  |

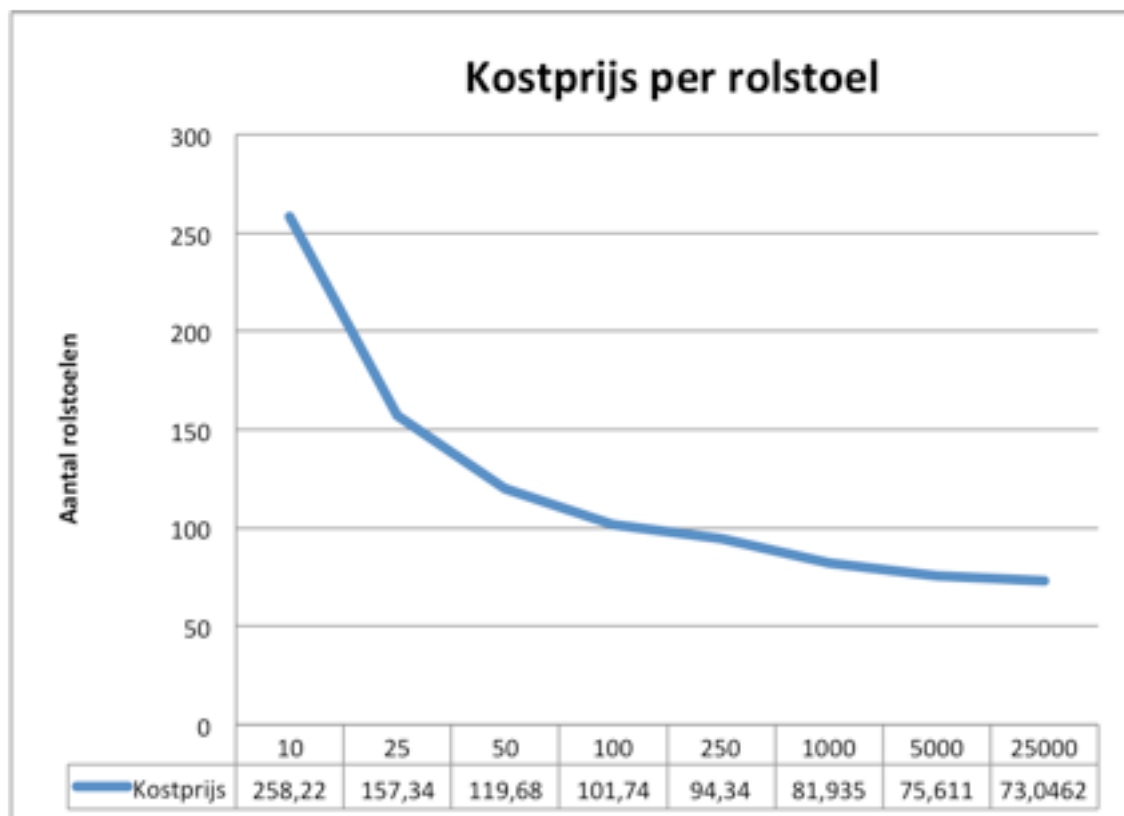
# Prijsbepaling Aankooponderdelen

| Stuk Nr. | Benaming | Aantal remmen | # aankoop | Stukprijs | # per rolstoel | Prijs |
|----------|----------|---------------|-----------|-----------|----------------|-------|
| 1        | ISO 7380 | 20            | 80        | 0,38      | 4              | 1,52  |
|          |          | 50            | 200       | 0,22      | 4              | 0,88  |
|          |          | 100           | 400       | 0,22      | 4              | 0,88  |
|          |          | 200           | 800       | 0,22      | 4              | 0,88  |
|          |          | 500           | 2000      | 0,22      | 4              | 0,88  |
|          |          | 2000          | 8000      | 0,22      | 4              | 0,88  |
|          |          | 10000         | 40000     | 0,22      | 4              | 0,88  |
|          |          | 50000         | 200000    | 0,22      | 4              | 0,88  |
| 2        | DIN 7991 | 20            | 40        | 0,24      | 2              | 0,48  |
|          |          | 50            | 100       | 0,24      | 2              | 0,48  |
|          |          | 100           | 200       | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 200           | 400       | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 500           | 1000      | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 2000          | 4000      | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 10000         | 20000     | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 50000         | 100000    | 0,14      | 2              | 0,28  |
| 3        | DIN 912  | 20            | 80        | 0,3       | 4              | 1,2   |
|          |          | 50            | 200       | 0,18      | 4              | 0,72  |
|          |          | 100           | 400       | 0,18      | 4              | 0,72  |
|          |          | 200           | 800       | 0,18      | 4              | 0,72  |
|          |          | 500           | 2000      | 0,18      | 4              | 0,72  |
|          |          | 2000          | 8000      | 0,18      | 4              | 0,72  |
|          |          | 10000         | 40000     | 0,18      | 4              | 0,72  |
|          |          | 50000         | 200000    | 0,18      | 4              | 0,72  |
| 4        | DIN 912  | 20            | 40        | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 50            | 100       | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 100           | 200       | 0,14      | 2              | 0,28  |
|          |          | 200           | 400       | 0,08      | 2              | 0,16  |
|          |          | 500           | 1000      | 0,08      | 2              | 0,16  |
|          |          | 2000          | 4000      | 0,08      | 2              | 0,16  |
|          |          | 10000         | 20000     | 0,08      | 2              | 0,16  |
|          |          | 50000         | 100000    | 0,08      | 2              | 0,16  |
| 5        | DIN 980  | 20            | 80        | 0,5       | 4              | 2     |
|          |          | 50            | 200       | 0,32      | 4              | 1,28  |
|          |          | 100           | 400       | 0,32      | 4              | 1,28  |
|          |          | 200           | 800       | 0,32      | 4              | 1,28  |
|          |          | 500           | 2000      | 0,32      | 4              | 1,28  |
|          |          | 2000          | 8000      | 0,32      | 4              | 1,28  |
|          |          | 10000         | 40000     | 0,32      | 4              | 1,28  |
|          |          | 50000         | 200000    | 0,32      | 4              | 1,28  |

|    |             |       |        |      |   |       |
|----|-------------|-------|--------|------|---|-------|
| 6  | DIN 471     | 20    | 40     | 0,04 | 2 | 0,08  |
|    |             | 50    | 100    | 0,04 | 2 | 0,08  |
|    |             | 100   | 200    | 0,03 | 2 | 0,06  |
|    |             | 200   | 400    | 0,03 | 2 | 0,06  |
|    |             | 500   | 1000   | 0,03 | 2 | 0,06  |
|    |             | 2000  | 4000   | 0,03 | 2 | 0,06  |
|    |             | 10000 | 20000  | 0,03 | 2 | 0,06  |
|    |             | 50000 | 100000 | 0,03 | 2 | 0,06  |
| 7  | DIN 988     | 20    | 40     | 0,08 | 2 | 0,16  |
|    |             | 50    | 100    | 0,08 | 2 | 0,16  |
|    |             | 100   | 200    | 0,08 | 2 | 0,16  |
|    |             | 200   | 400    | 0,05 | 2 | 0,1   |
|    |             | 500   | 1000   | 0,05 | 2 | 0,1   |
|    |             | 2000  | 4000   | 0,05 | 2 | 0,1   |
|    |             | 10000 | 20000  | 0,05 | 2 | 0,1   |
|    |             | 50000 | 100000 | 0,05 | 2 | 0,1   |
| 8  | DIN 7379    | 20    | 40     | 2,9  | 2 | 5,8   |
|    |             | 50    | 100    | 2    | 2 | 4     |
|    |             | 100   | 200    | 2    | 2 | 4     |
|    |             | 200   | 400    | 2    | 2 | 4     |
|    |             | 500   | 1000   | 2    | 2 | 4     |
|    |             | 2000  | 4000   | 2    | 2 | 4     |
|    |             | 10000 | 20000  | 2    | 2 | 4     |
|    |             | 50000 | 100000 | 2    | 2 | 4     |
| 9  | HFL 0822 KF | 20    | 40     | 12   | 2 | 24    |
|    |             | 50    | 100    | 9,98 | 2 | 19,96 |
|    |             | 100   | 200    | 8,2  | 2 | 16,4  |
|    |             | 200   | 400    | 6,4  | 2 | 12,8  |
|    |             | 500   | 1000   | 5,97 | 2 | 11,94 |
|    |             | 2000  | 4000   | 3,9  | 2 | 7,8   |
|    |             | 10000 | 20000  | 2,99 | 2 | 5,98  |
|    |             | 50000 | 100000 | 2,3  | 2 | 4,6   |
| 10 | G Seal      | 20    | 80     | 1,57 | 4 | 6,28  |
|    |             | 50    | 200    | 1,47 | 4 | 5,88  |
|    |             | 100   | 400    | 1,37 | 4 | 5,48  |
|    |             | 200   | 800    | 1,31 | 4 | 5,24  |
|    |             | 500   | 2000   | 1,2  | 4 | 4,8   |
|    |             | 2000  | 8000   | 1,1  | 4 | 4,4   |
|    |             | 10000 | 40000  | 0,95 | 4 | 3,8   |
|    |             | 50000 | 200000 | 0,89 | 4 | 3,56  |

## Prijsbepaling totaal

| Aantal Rolstoelen | Kost aanmaak | Kost aankoop | Totaalkost |
|-------------------|--------------|--------------|------------|
| 10                | 216,58       | 41,64        | 258,22     |
| 25                | 123,62       | 33,72        | 157,34     |
| 50                | 90,14        | 29,54        | 119,68     |
| 100               | 76,78        | 24,96        | 101,74     |
| 250               | 70,12        | 24,22        | 94,34      |
| 1000              | 62,255       | 19,68        | 81,935     |
| 5000              | 58,351       | 17,26        | 75,611     |
| 25000             | 57,4062      | 15,64        | 73,0462    |



## Enquête rolstoelgebruiker

---

### 1. Wat is uw leeftijd?

- |                               |    |
|-------------------------------|----|
| <input type="radio"/> 0 – 20  | 4  |
| <input type="radio"/> 20 – 40 | 12 |
| <input type="radio"/> 40 – 60 | 16 |
| <input type="radio"/> 60 – 80 | 32 |
| <input type="radio"/> 80+     | 36 |

### 2. Bent u een continu of een periodieke rolstoelgebruiker?

- |                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <input type="radio"/> Continu   | 62 |
| <input type="radio"/> Periodiek | 38 |

### 3. Huurt u deze rolstoel of bezit u deze?

- |                                |    |
|--------------------------------|----|
| <input type="radio"/> Huur     | 37 |
| <input type="radio"/> Eigendom | 63 |

### 4. Hecht u veel belang aan het comfort van uw rolstoel?

- |                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <input type="radio"/> Heel veel   | 85 |
| <input type="radio"/> Veel        | 12 |
| <input type="radio"/> Matig       | 2  |
| <input type="radio"/> Weinig      | 0  |
| <input type="radio"/> Zeer weinig | 0  |

### 5. Hoeveel belang hecht u aan uw rolstoel rem?

- |                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <input type="radio"/> Heel veel   | 71 |
| <input type="radio"/> Veel        | 19 |
| <input type="radio"/> Matig       | 9  |
| <input type="radio"/> Weinig      | 1  |
| <input type="radio"/> Zeer weinig | 0  |

### 6. Hoe ervaart u de functionaliteit van uw rolstoelrem?

- |                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| <input type="radio"/> U vindt uw rem makkelijk bedienbaar.        | 8  |
| <input type="radio"/> U vindt uw rem moeilijk bedienbaar.         | 60 |
| <input type="radio"/> U vindt uw rem makkelijk bereikbaar.        | 4  |
| <input type="radio"/> U vindt uw rem niet goed bereikbaar.        | 24 |
| <input type="radio"/> U moet te veel kracht uitoefenen op uw rem. | 28 |

### 7. Hoe ervaart u het beklimmen van een helling?

- |                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <input type="radio"/> Makkelijk | 0  |
| <input type="radio"/> Gewoon    | 18 |
| <input type="radio"/> Moeilijk  | 82 |

### 8. Heeft u een meerprijs over voor een verbeterde rolstoelrem? (Beter bereikbaar, soepele bediening inclusief teruglooprem)

- |                           |    |
|---------------------------|----|
| <input type="radio"/> Ja  | 88 |
| <input type="radio"/> Nee | 12 |

Bijlage S: cd-rom:

Bevat volgende elementen:

- 3D tekeningen
- 2D tekeningen
- Offertes
- Simulaties
- Berekeningen
- Onderdelen lijsten
- Enquête

# Auteursrechtelijke overeenkomst

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

## **Ontwerp en ontwikkeling van een rolstoelrem met terugloopfunctie**

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

Jaar: **2014**

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

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

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

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

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

Voor akkoord,

**Vrolijkx, Jeroen**

Datum: **25/08/2014**