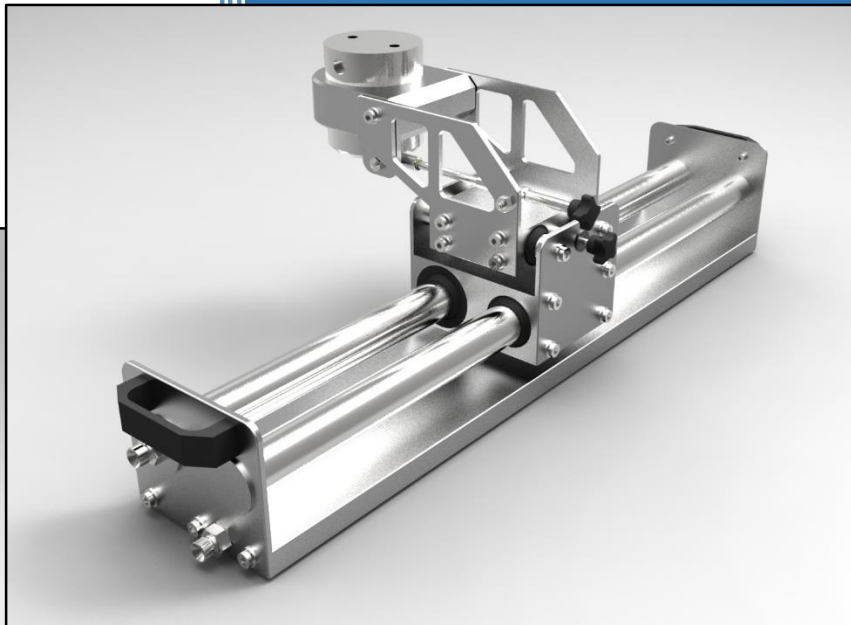
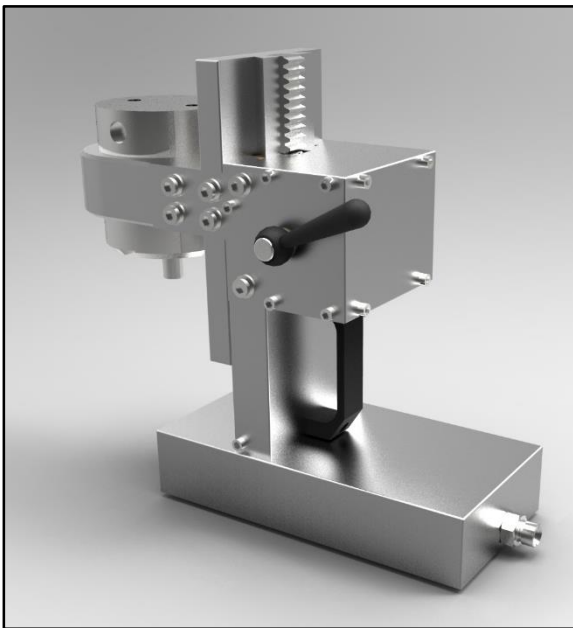


# Scriptie

## Onderwater Gereedschapslijn



## Opdracht omschrijving

Enkele maanden geleden heeft ID-TEC samen met een duikschool en enkele offshore bedrijven een project bedacht om een onderwater gereedschapslijn te ontwikkelen die door middel van water aangedreven zal worden. Deze groep is de afgelopen jaren al meerdere keren bijeen gekomen om te vergaderen en bij te praten over de nieuwste ontwikkeling op gebied van onderwater gereedschappen. Deze gereedschappen die zijn willen ontwikkelen zullen gebruikt worden in de offshore op schepen en platformen. Bij ID-TEC passen ze al jaren hun eigen ontwikkelde watermotoren toe in hun machines. Het doel is om deze watermotoren ook te gaan gebruiken voor de gereedschapslijn.

De huidige onderwater gereedschappen worden hydraulisch of pneumatisch aangedreven. Het voordeel van het gebruik van de watermotoren is dus dat er geen gebruik meer gemaakt hoeft te worden van lucht of olie. Het gevolg hiervan is dat de gereedschappen milieuvriendelijker zullen zijn dan de huidige onderwater gereedschappen die nu op de markt zijn. Verder werken deze watermotoren ook efficiënter dan de hydraulische of pneumatische gereedschappen en zijn er minder leidingen nodig, omdat het water afgevoerd kan worden in de omgeving.

Tijdens de afstudeerperiode van 17 weken (10 februari tot en met 6 juni 2014) zal er een onderzoek gedaan worden en een ontwerp worden gemaakt van twee soorten gereedschappen, namelijk een boor- en een freesmachine. Bij de boormachine is het een eis dat deze over een lengte van ongeveer 10 centimeter op en neer moet kunnen bewegen om te kunnen boren. De freesmachine moet horizontaal heen en weer kunnen bewegen over een lengte van ongeveer 50 centimeter en enkele centimeter in een verticale richting om de frees op de juiste plek te kunnen positioneren. Ook moet deze machine zowel loodrecht omlaag als onder een hoek van 45 graden kunnen frezen.

Verder moet er een onderzoek en een ontwerp gemaakt worden hoe beide machine onder water bevestigd kunnen worden. Een duiker moet de machines gemakkelijk aan de ondergrond kunnen bevestigen en tevens weer loskoppelen op de platformen of schepen in de offshore. Ook moet er gekeken worden hoe de watermotor aan de machines bevestigd zal gaan worden.

Doordat de gereedschappen onder water gebruikt zullen worden, moet er vanzelfsprekend ook onderzoek gedaan worden naar welke materialen er gebruikt kunnen worden. Bij het ontworpen van de machines moet hiermee rekening gehouden worden dat niet elk materiaal onder water toepasbaar is vanwege aantasting van het materiaal. Verder zal er ook gekeken worden naar de ergonomie van de machines. De aansluitingen en de bedieningen moeten voor een duiker gemakkelijk te bedienen zijn.

## Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerverslag opgesteld door Feroz Abdoelrahman in samenwerking met ID-TEC. Dit afstudeerverslag is geschreven in het kader van de studie Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool te Delft. Naast mijn bachelor Werktuigbouwkunde op de Technische Universiteit Delft ben ik twee jaar geleden ook begonnen met de HBO bachelor Werktuigbouwkunde. Dit heb ik gedaan om naast theoretische kennis ook praktijkkennis op te doen. Na een jaar projecten en vakken te hebben gevolgd, heb ik in het eerste semester van het collegejaar 2013-2014 twee stageperiodes doorlopen. Deze heb ik doorlopen bij het bedrijf Priva in de Lier en Composail in Scheveningen. Vervolgens ben ik in het tweede semester begonnen aan mijn afstudeerstage bij het bedrijf ID-TEC in Poeldijk.

ID-TEC houdt zich bezig met het inspecteren en reinigen van rioolstelsels. De afgelopen vier maanden heb ik bij ID-TEC de taken vervuld van zowel onderzoeker als ontwerper. Gedurende deze vier maanden ben ik bezig geweest met het ontwerpen van een water aangedreven onderwater gereedschapslijn, dat bestaat uit een boor- en freesmachine. In dit afstudeerverslag zal stap voor stap uitgelegd worden hoe ik tot de uiteindelijke ontwerpen ben gekomen.

Graag wil ik een aantal mensen bedanken voor hun inbreng en hulp die ze mij hebben gegeven. Ten eerste mijn bedrijfsbegeleider Ferry van der Valk die mij van de afstudeeropdracht heeft voorzien en de gelegenheid heeft geboden om meer praktijkkennis op te doen met andere werkzaamheden in het bedrijf. Verder wil ik Pepijn van Holsteijn en Mark van Elswijk bedanken voor hun technische hulp gedurende mijn afstudeerstage en tot slot mijn stagebegeleider Léon Koeleman voor zijn begeleiding en feedback tijdens mijn afstudeerstage.

Bij dit afstudeerverslag zit apart een bijlage toegevoegd. In dit verslag zullen in bepaalde hoofdstukken verwezen worden naar deze bijlagen voor meer informatie. Ik wens iedereen die geïnteresseerd is in dit afstudeerverslag veel leesplezier toe!

Feroz Abdoelrahman

Poeldijk, juni 2014

## Samenvatting

In dit afstudeerverslag is beschreven hoe er tot de ontwerpen zijn gekomen van een onderwater boor- en freesmachine. Deze machines zullen met behulp van een watermotor aangedreven worden en zullen in het begin worden gebruikt door enkele offshore bedrijven en een duikschool. De grootste reden om een eigen gereedschapslijn te ontwikkelen is, omdat deze milieuvriendelijker zal functioneren dan de huidige onderwater gereedschappen. Er wordt namelijk geen gebruik gemaakt van lucht of olie om de motor aan te drijven.

Bij het tot stand komen van beide ontwerpen is er gebruik gemaakt van de Kesselring methode. De concepten zijn op gebruikers- en fabricage eisen beoordeeld. De eisen bestonden uit: bruikbaarheid, gewicht, grootte, kosten, nauwkeurigheid, onderhoud, produceerbaarheid en toepasbaarheid.

Beide machines worden met behulp van een vacuümpomp aan de ondergrond vacuüm gezogen. De boormachine kan door aan een hendel te trekken een gat van 10 centimeter diep boren. Deze hendel is verbonden met de as van een tandwiel die een tandheugel met boorkolom op en neer laat bewegen. De freesmachine kan zowel loodrecht omlaag als onder een hoek van 45 graden over een afstand van 50 centimeter frezen. De verplaatsing komt door stand doordat het platform, waar de watermotor aan verbonden zit, verplaatst wordt door gebruik te maken van een cilinder. Zowel aan de zuiger in de cilinder als in het platform zitten magneten. Door de aantrekkingskracht tussen de magneten verplaatst het platform mee boven de zuiger als deze wordt verplaatst. Verder kan de frees enkele centimeters naar voren en achter verplaatst worden om deze goed te kunnen positioneren. Dit gebeurt doordat een tweede platform kan worden aangedreven door een schroefspindel.

Doordat de machines onder water gebruikt zullen worden zijn, bestaan de onderdelen uit geanodiseerd aluminium, RvS en kunststoffen. Door gebruik te maken van deze materialen wordt er voorkomen dat de materialen aangetast zullen worden in het water.

In de aanbevelingen is terug te vinden hoe het ontwerp in de toekomst aangepast zou kunnen worden. Zo zouden de twee machines samengevoegd kunnen worden, zodat deze zowel kan boren als frezen. Voor de klant is dit alleen maar voordeliger qua kosten.

## Inhoudsopgave

|       |                                      |    |
|-------|--------------------------------------|----|
| 1.    | Inleiding .....                      | 7  |
| 1.1   | Het bedrijf.....                     | 7  |
| 1.2   | Doel .....                           | 7  |
| 1.3   | Plan van aanpak.....                 | 7  |
| 2.    | Analysefase.....                     | 9  |
| 2.1   | Pakket van eisen .....               | 9  |
| 2.1.1 | Functioneel .....                    | 9  |
| 2.1.2 | Bediening.....                       | 9  |
| 2.1.3 | Milieu en gezondheid .....           | 9  |
| 2.2   | Pakket van wensen .....              | 10 |
| 2.2.1 | Wensen.....                          | 10 |
| 2.3   | Stakeholderanalyse .....             | 10 |
| 2.3.1 | Stakeholders .....                   | 10 |
| 2.4   | Functieanalyse.....                  | 11 |
| 2.5   | Watermotor.....                      | 12 |
| 2.5.1 | Achtergrond.....                     | 12 |
| 2.5.2 | Werking .....                        | 12 |
| 2.5.3 | Specificaties.....                   | 13 |
| 2.6   | Ergonomie .....                      | 14 |
| 2.7   | Materialen .....                     | 15 |
| 2.7.1 | Corrosie .....                       | 15 |
| 2.7.2 | Samenstelling zeewater .....         | 15 |
| 2.7.3 | Soorten Corrosie.....                | 16 |
| 2.7.4 | Corrosie voorkomen/verminderen ..... | 16 |
| 2.7.5 | Eigenschappen materialen .....       | 17 |
| 3.    | Conceptfase.....                     | 18 |
| 3.1   | Bevestiging .....                    | 18 |
| 3.1.1 | Elektromagneet .....                 | 19 |
| 3.1.2 | De Magswitch magneet.....            | 20 |
| 3.1.3 | Zuignap .....                        | 21 |
| 3.1.4 | Vacuüm techniek.....                 | 22 |
| 3.2   | Lineaire beweging .....              | 23 |
| 3.2.1 | Concept 1: Schuifweerstand.....      | 24 |
| 3.2.2 | Concept 2: Schroefspindel.....       | 25 |
| 3.2.3 | Concept 3: Tandheugel.....           | 26 |

|       |                                        |    |
|-------|----------------------------------------|----|
| 3.2.4 | Concept 4: Looprolgeleiding.....       | 27 |
| 3.3   | Aandrijving.....                       | 28 |
| 3.3.1 | Concept1 : Handmatig.....              | 28 |
| 3.3.2 | Concept 2: Motor .....                 | 28 |
| 3.3.3 | Concept 4: Cilinder .....              | 29 |
| 3.4   | Conceptkeuze: Kesselring methode ..... | 30 |
| 3.4.1 | Eisen .....                            | 30 |
| 3.4.2 | Beoordeling .....                      | 31 |
| 4.    | Ontwerpfase.....                       | 34 |
| 4.1   | Ontwerp boormachine .....              | 34 |
| 4.1.1 | Bevestiging .....                      | 35 |
| 4.1.2 | Tandwielkast.....                      | 36 |
| 4.1.3 | Boorkolom .....                        | 38 |
| 4.1.4 | Motorklem.....                         | 39 |
| 4.1.5 | Handvat .....                          | 39 |
| 4.2   | Ontwerp freesmachine.....              | 40 |
| 4.2.1 | Bevestiging ondergrond .....           | 41 |
| 4.2.2 | Horizontale lineaire beweging.....     | 41 |
| 4.2.3 | Verticale lineaire beweging .....      | 44 |
| 4.2.4 | Hoekversteller .....                   | 45 |
| 5.    | Evaluatiefase .....                    | 47 |
| 5.1   | Conclusie .....                        | 47 |
| 5.2   | Aanbevelingen.....                     | 48 |
| 6.    | Literatuurlijst .....                  | 49 |
| 6.1   | Boeken.....                            | 49 |
| 6.2   | Catalogi.....                          | 49 |
| 6.3   | Internetlinks .....                    | 50 |

## 1. Inleiding

### 1.1 Het bedrijf

ID-TEC staat voor Innovation, Development en Technology. ID-TEC is een klein machinebouw bedrijf gelegen op het bedrijventerrein ABC Westland in Poeldijk, dat een aantal jaren geleden is opgericht door de heer Ferry van der Valk. In het bedrijf werken op dit drie medewerkers die allen zijn afgestudeerd op de Haagse Hogeschool. Het bedrijf houdt zich bezig met het ontwikkelen van machines en computersoftware. ID-TEC heeft zich gespecialiseerd in producten en diensten voor rioleringsonderzoek, rioolreinigingen en rioolrenovaties. De laatste maanden is het bedrijf ook werkzaam in de offshore wat veel lijkt op de riolering sector. Verder houdt het bedrijf zich bezig met het produceren en testen van prototypes. De afgelopen maanden heeft het bedrijf zich grotendeels bezig gehouden met voertuigen die in riolen op afstand bestuurbaar zijn.

Gegevens:

|               |                                                  |
|---------------|--------------------------------------------------|
| Bedrijfsnaam: | ID-TEC                                           |
| Straat:       | ABC Westland 245                                 |
| Postcode:     | 2685 DC Poeldijk                                 |
| Tel nr:       | (0174) 289 475                                   |
| Website:      | <a href="http://www.id-tec.nl">www.id-tec.nl</a> |
| Contact:      | Ferry van der Valk                               |

### 1.2 Doel

In dit afstudeerverslag worden een onderwater boor- en freesmachine ontwikkeld. Deze gaan gebruik maken van een watermotor, die op de machines bevestigd gaat worden en door ID-TEC is ontwikkeld. Deze twee machines moeten in de offshore op platformen of schepen bevestigd kunnen worden. Ook moeten de machines een lineaire beweging kunnen maken. Verder moeten de duikers de machines gemakkelijk kunnen bedienen en moeten de onderdelen niet aangetast worden door water.

### 1.3 Plan van aanpak

Om ervoor te zorgen dat het doel van deze afstudeeropdracht goed volbracht kan worden, zal er in fases naar de uiteindelijke ontwerpen van de onderwater boor- en freesmachine gewerkt worden. Deze fases zijn de basis voor het ontwerpen van een product en bestaan uit de analysefase, de conceptfase, de ontwerpfase en tot slot de evaluatiefase. In dit afstudeerverslag zal de volgorde van deze fases vastgehouden worden.

Het volgende hoofdstuk zal beginnen met de analysefase. Hierin wordt eerst het pakket van eisen (H2.1) en wensen (H2.2) behandeld die door de opdrachtgever is opgesteld. In H2.3 is er een lijst gemaakt van stakeholders die met de producten te maken krijgen. Vervolgens zal er in H2.4 beschreven worden wat de subonderdelen zijn van zowel de boor- als de freesmachine. Deze subonderdelen zullen schematisch worden weergegeven. In H2.5 zullen de specificaties van de watermotor behandeld worden die op de machines bevestigd worden. Hierop volgend zal er in H2.6 beschreven worden hoe de machines zo ergonomische mogelijk door een duiker gebruikt zou kunnen worden. Doordat de machines op zee en in rivieren gebruikt zullen gaan worden, zal er ook behandeld worden welke materialen er gebruikt kunnen worden voor de onderdelen (H2.7).

In hoofdstuk 3 zal de conceptfase behandeld worden. Voor de enkele van de sub onderdelen die in H2.4 zijn behandeld, zullen er verschillende concepten besproken worden. In H3.2 zal er met behulp van de Kesselring methode een keuze gemaakt worden uit de verschillende concepten. Hierbij is er gekeken naar de gebruikers- en fabricage eisen van de opdrachtgever.

Vervolgens zal in Hoofdstuk 4 de ontwerpfase besproken worden. Deze ontwerpfase zal bestaan uit twee delen. In H4.1 zal het ontwerp van de boormachine behandeld worden en aansluitend in H4.2 het ontwerp van de freesmachine. Voor beide machines zullen de meeste onderdelen uitgebreid besproken worden. In bijlage E zijn de technische tekeningen van de onderdelen terug te vinden. Tevens is in bijlage F een overzicht van alle onderdelen terug te vinden, die zullen moeten worden aangekocht.

Tot slot wordt dit afstudeerverslag afgesloten met een evaluatiefase. Deze zal bestaan uit de conclusie (H5.1) met hier opvolgend de aanbevelingen (H5.2). In bijlage A is een tevens reflectie van de afstudeeropdracht te vinden.

## 2. Analysefase

De analysefase is de eerste fase van het ontwerpcyclus. In de analysefase zal er ten eerste gekeken worden naar de eisen en wensen van de opdrachtgever. Verder zullen ook de stakeholders behandeld worden. Nadat deze bekend zijn kan er een beeld gevormd worden welke sub functies er nodig zijn voor het ontwerpen van de boor- en freesmachine. Vervolgens zal er gekeken worden naar de specificaties van de watermotor die in de machines gebruikt zal gaan worden. Om het voor de gebruikers, de duikers in dit geval, zo gemakkelijk mogelijk te maken zal er in het volgende hoofdstuk gekeken worden naar de ergonomie van de machines. Doordat de machines op zee en in rivieren gebruikt zal gaan worden, zal er tot slot ook gekeken moeten worden welke materialen aan de eisen voldoen om in dit milieu te kunnen functioneren.

### 2.1 Pakket van eisen

In overleg met de opdrachtgever zijn er diverse eisen samengesteld waaraan de machines moeten voldoen. ID-TEC de opdrachtgever heeft deze eisen besproken met hun partners. Deze eisen zijn onderverdeeld in verschillende onderwerpen.

#### 2.1.1 Functioneel

- De boormachine moet 10 centimeter op en neer kunnen bewegen.
- De frees moet horizontaal 50 centimeter heen weer kunnen bewegen.
- De frees moet daarnaast ook verticaal kunnen bewegen op de frees goed te kunnen positioneren.
- De freesmachine moet zowel loodrecht naar beneden als onder een hoek van 45 graden kunnen frezen.
- Beide machines moeten gemakkelijk op een ondergrond los- en vastgeklemd kunnen worden.
- De watermotor die door ID-TEC is ontwikkeld moet op de machines vastgeklemd kunnen worden.

#### 2.1.2 Bediening

- De gebruiker moet zonder veel energie te verbruiken snel een gat kunnen boren.
- De gebruiker moet de stand van de frees gemakkelijk kunnen wijzigen.
- Het heen en weer bewegen van de frees moet zonder al teveel moeite kunnen gebeuren.
- De watermotor moet gemakkelijk aan- en uitgeschakeld kunnen worden.

#### 2.1.3 Milieu en gezondheid

- De machines moeten veilig gebruikt kunnen worden.
- De producten mogen geen schade toebrengen aan de gezondheid van de gebruiker.
- Het materiaal van de onderdelen mag niet aangetast worden door water.

## 2.2 Pakket van wensen

Naast het pakket van eisen is er ook een pakket van wensen samengesteld. Deze functies zijn niet noodzakelijk voor het ontwerpen van de machines, maar zullen zoveel mogelijk toegepast worden waar het mogelijk is.

### 2.2.1 Wensen

- Beide machines moeten zo licht mogelijk worden.
- De machines moeten gemakkelijk te verplaatsen zijn.
- De kosten moeten zo laag mogelijk worden gehouden.
- De onderdelen van de machines moeten gemakkelijk te fabriceren zijn.
- Waar het kan zal er zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van onderdelen die al in het bedrijf aanwezig zijn. Hieraan kan gedacht worden aan schroeven, bouten etc.
- De machines moeten er fraai uitzien.
- Doordat een duiker de machines onder water zal gaan gebruiken, zullen beide producten zo ergonomisch mogelijk te bedienen zijn.

## 2.3 Stakeholderanalyse

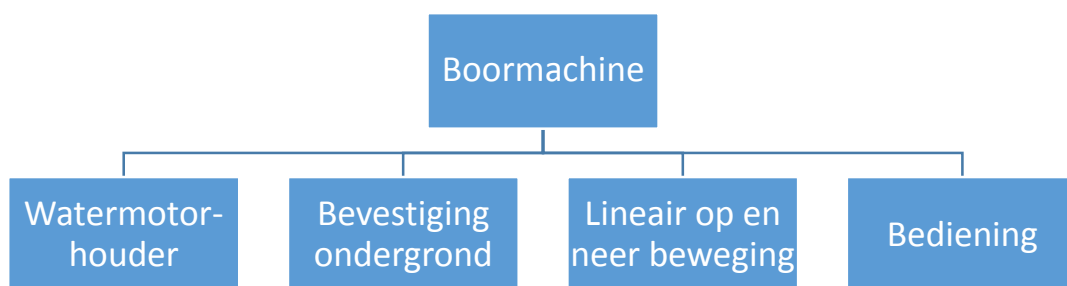
Om het plaatje zo compleet mogelijk te maken is er naast de eisen en wensen van de opdrachtgever ook gekeken naar alle belanghebbenden die met de boor- en freesmachine te maken krijgen.

### 2.3.1 Stakeholders

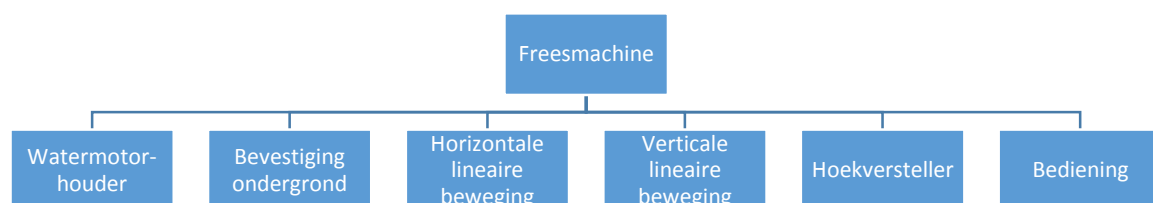
- ID-TEC, dit is de opdrachtgever en hebben het pakket van de eisen en wensen samengesteld.
- De klant, in dit geval een duikschool en enkele offshore bedrijven en in de toekomst eventueel ook andere klanten.
- De gebruiker, dit zijn de medewerkers (duikers) van de duikschool en offshore bedrijven die de machines gaan bedienen.
- De overheid (Arbo en normen).

## 2.4 Functieanalyse

Om tot de concepten te komen van de boor- en freesmachine zal er gekeken moeten worden naar de subonderdelen. Deze subonderdelen zijn hieronder schematisch weergegeven (zie fig. 2.1 en fig. 2.2). De boormachines zal in totaal uit vier subonderdelen en de freesmachine uit zes subonderdelen bestaan. Bij het ontwerpen van de machines moet er rekening mee gehouden worden dat de subonderdelen aan elkaar bevestigd dienen te worden. Dit zou kunnen door ze direct aan elkaar te bevestigen of door middel van een behuizing. In Hoofdstuk 3 wordt er verder ingegaan op de subonderdelen. Voor enkele van deze subonderdelen zullen er concepten uitgewerkt worden die getoetst zullen worden met behulp van de Kesseling methode om zo tot de beste concepten te komen.



Figuur 2.1: Subonderdelen boormachine



Figuur 2.2: subonderdelen freesmachine

## 2.5 Watermotor

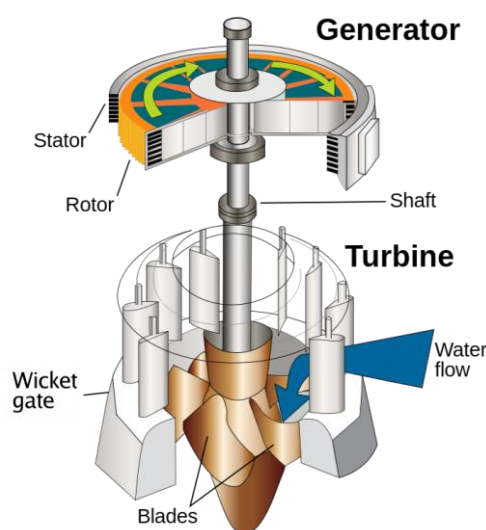
Zoals we al weten zal er voor het aandrijven van de boor en frees gebruik gemaakt gaan worden van een watermotor. Deze watermotor is door de heer Pepijn Holsteijn bij ID-TEC ontwikkeld en wordt in het bedrijf al in meerdere machines toegepast. De watermotor wordt steeds opnieuw herontworpen om tot betere resultaten te komen.

### 2.5.1 Achtergrond

Het gebruik van water zorgt meestal voor corrosie, lekkage en een lage smering, maar toch heeft het gebruik van water ook zo zijn voordelen. Het is namelijk goedkoop, bijna overal te verkrijgen en het verbruikte water kan overal afgevoerd worden. Tevens is het afgevoerde water weer voor andere doeleinden te gebruiken, zoals het koelen van onderdelen in machines of het schoonmaken van viezigheid. Verder is het gebruik van water als hydraulische vloeistof veel milieuvriendelijker dan het gebruik van olie of andere hydraulische vloeistoffen. Vooral het laatste geeft in deze tijd bij klanten de voorkeur om voor een product met een watermotor te kiezen.

### 2.5.2 Werking

Bij een watermotor wordt waterdruk omgezet in een roterende beweging. Deze beweging kan als energie opgeslagen worden of om een machine aan te drijven. Het water vanuit een pomp wordt comprimeerd en wordt via een slang door een ingang van de watermotor geleid. Het stromend water komt tegen de rotorbladen in de motor wat ervoor zorgt dat deze gaat draaien. Dit zorgt er weer voor dat de axiale as in de watermotor gaat draaien. Deze as kan aan de buitenkant van de watermotor bevestigd worden aan een boor, frees of ander gereedschap. Het water in de watermotor wordt via een uitgang weer afgevoerd naar buiten toe. In figuur 2.3 zijn de onderdelen van een watermotor te zien.



Figuur 2.3: Onderdelen watermotor

### 2.5.3 Specificaties

Bij ID-TEC hebben ze al verschillende watermotoren ontwikkeld en tot op heden zijn ze bezig om deze te perfectioneren. Hieronder zullen de specificaties van de huidige watermotor volgen. Voor het ontwerpen van de watermotorhouder zijn de diameter en lengte van de watermotor van belang. Op de onderstaande afbeelding zijn twee watermotoren te zien die hedendaags door ID-TEC worden gebruikt. De linker is het meeste recente model en dit model zal worden gebruikt bij het ontwerpen van de watermotorhouder.



*Figuur 2.4: Twee watermotoren van ID-TEC*

#### Specificaties

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| Diameter:  | 76 mm                      |
| Lengte:    | 83 mm                      |
| Druk:      | 200 bar                    |
| Toerental: | Variabel tot 30.000 toeren |
| Koppel:    | Variabel tot 0.5 Nm        |

De toerental loopt lineair tussen de 0 en 30.000 toeren en de koppel loopt van 0 tot en met 0,5 Nm. Het vermogen kan berekend worden met:

$$P = \vec{T} \cdot \vec{\omega}$$
$$\omega = 2\pi/T$$

P = Vermogen

T = Koppel

w= hoeksnelheid

## 2.6 Ergonomie

De boor- en freesmachine zullen voornamelijk door duikers op zee en in rivieren gebruikt gaan worden. Dit zijn niet de meest prettige omgevingen om met gereedschappen te gaan werken. Om het voor de gebruiker zo gebruiksvriendelijk mogelijk te maken zal er, voordat er aan het ontwerp wordt begonnen, gekeken naar een stukje ergonomie.

### Positioneren

Om de machines op de juiste positie te krijgen zal deze door de gebruiker verplaatst moeten worden. Het dus van groot belang dat de machines niet te groot en niet te zwaar worden. Bij het kiezen van materialen zal er dus gekeken moeten worden naar de soortelijke massa ervan. Een gehele constructie van staal zal immer veel zwaarder wegen dan een constructie van aluminium en zal daardoor veel moeilijker te verplaatsen zijn door een duiker.

### Watermotor

Voor de duiker zal het belangrijk zijn dat de watermotor op een plek zit waar de slangen niet tussen de onderdelen van de boor- en freesmachine kunnen komen. Verder moet de watermotor gemakkelijk in- en uit te schakelen zijn door de gebruiker. Ook zal er gekeken moeten worden of het afgevoerde water direct naast de motor of met een slang ergens anders afgevoerd zal worden, omdat het zicht voor de duiker anders slechter kan worden door het bewegende water.

### Bediening boormachine

De onderwater boormachine kan een gat van maximaal 10 centimeter diep boren. Tijdens het boren moet de gebruiker de boor zo gemakkelijk en nauwkeurig mogelijk kunnen bedienen. Het is gebruiksvriendelijker om in één constante beweging meteen een gat van 10 centimeter te kunnen boren.

### Bediening freesmachine

De freesmachine zal volgens het pakket van eisen en wensen op drie soorten manieren bediend worden. Ten eerste moet er door de gebruiker ingesteld worden of de frees loodrecht omlaag of onder een hoek van 45 graden moet frezen. De duiker zal deze hoek gemakkelijk moeten kunnen verstellen en wisselen tussen de twee standen.

Verder moet de frees over een lengte van 50 centimeter kunnen frezen. Deze afstand moet door de gebruiker gemakkelijk te realiseren zijn in één beweging. Door de beweging in meerdere stappen uit te voeren kost dit namelijk meer tijd en energie van de duiker.

### Grip

De duiker moet de boor- en freesmachine kunnen vastgehouden tijdens het verplaatsen van de machine. Hieraan kan bijvoorbeeld aan een handvat gedacht worden. Ook kan de gebruiker tijdens het boren, of frezen zich hieraan vasthouden.

## 2.7 Materialen

Bij het toepassen van materialen aan de onderdelen dient er rekening mee gehouden te worden dat de machines onder water gebruikt zullen worden. De materialen zullen dus bestendig moeten zijn tegen corrosie. Verder zal voor het lage gewicht gekeken moeten worden naar de soortelijke massa van de materialen. Ook zullen de machines tegen schokken en stoten moeten kunnen en zal er dus ook gekeken moeten worden naar de sterkte en stijfheid van de materialen. Daarnaast is het ook belangrijk om te kijken naar de kosten van de materialen. Hieronder zullen deze vijf eigenschappen van materialen behandeld worden om tot een conclusie te komen welke materialen het best gebruikt kunnen worden.

### 2.7.1 Corrosie

Corrosie is een ongewenste aantasting van een materiaal ten gevolge van een chemische of elektrische reactie met de omgeving. Door de corrosie kan de vermoeiingsterkte snel verminderd worden. Behalve bij metalen (roest) kan er op lange termijn ook corrosie optreden bij kunststoffen en keramische materialen. Afhankelijk van de omgeving kunnen er diverse typen corrosie optreden. Natuurlijk zijn er ook manieren om corrosie te verminderen of zelfs te voorkomen. Hieronder zal eerst behandeld worden uit welke samenstelling zee en rivierwater bestaat. Vervolgens zal er behandeld worden welke soorten corrosie er kunnen ontstaan en tot slot wordt er behandeld welke manieren er zijn om corrosie te verminderen of te voorkomen.

### 2.7.2 Samenstelling zeewater

Om een goed overzicht te verkrijgen is het van belang om te weten te komen met welke stoffen in het water de materialen te maken krijgen. Daarom wordt er gekeken naar de samenstelling van het zeewater. De samenstelling van zeewater is afhankelijk van de locatie. In de omgeving waar rivieren uitkomen is bijvoorbeeld het zoutgehalte lager door de instroom van zoet water. Voor de samenstelling is er gekeken naar een gemiddelde samenstelling van een liter zeewater. Dit bestaat uit:

- 24 gram natriumchloride ( $\text{NaCl}$ )
- 5 gram magnesiumchloride ( $\text{MgCl}_2$ )
- 4 gram natriumsulfaat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )
- 0,7 gram calciumchloride ( $\text{CaCl}_2$ )
- 0,8 gram magnesiumbromide ( $\text{MgBr}_2$ )

Verder bestaat zeewater ook uit een aantal gassen. De hoeveelheid is afhankelijk van de watertemperatuur en de luchtdruk. Hoe kouder het water des te meer gassen zich in het zeewater bevinden. Een gemiddelde liter zeewater bestaat uit:

- 11,7  $\text{cm}^3$  stikstof
- 0,31  $\text{cm}^3$  koolstofdioxide
- 6,4  $\text{cm}^3$  zuurstof

### 2.7.3 Soorten Corrosie

Nu er gekeken is naar de samenstelling van het zeewater kunnen we bepalen welke soorten corrosie er kunnen optreden. Hieronder worden de soorten corrosie behandeld die in ons geval zou kunnen voorkomen.

#### **Zuurstofcorrosie**

Zuurstofcorrosie is de bekendste soort corrosie die we kennen. Een voorbeeld hiervan is het roesten van ijzer. Zuurstofcorrosie treedt op in een vochtige omgeving. De zuurstofmoleculen reageren met een metaal waaruit hydroxide ontstaat.

#### **Gelijkmatige corrosie**

Deze soort corrosie treedt op aan de oppervlakte van een materiaal. Als een onbeschermde oppervlakte van een materiaal in contact komt met een corrosieve stof dan kan er een elektrochemische reactie optreden. Gelijkmatige corrosie kan worden voorkomen door een materiaal te kiezen dat niet wordt aangetast door de corrosieve stof.

#### **Puntvormige corrosie**

Zout water, chloorhoudende middelen en zuren kunnen putcorrosie veroorzaken. Putcorrosie treedt op bij materialen die zich hebben beschermd met een beschermde laag. Veel metalen zijn vatbaar voor deze soort van corrosie en het is dus van belang om deze metalen te vermijden.

#### **Spleetcorrosie**

Spleetcorrosie treedt op tussen twee materiaaloppervlakten waar in ieder geval 1 materiaal van metaal is. De corrosieve stof gaat tussen deze twee materialen zitten. Deze soort van corrosie komt vaak voor in een vochtige milieu. Een goed voorbeeld hiervan is onder de koppen van bouten.

### 2.7.4 Corrosie voorkomen/verminderen

Nu we gekeken hebben welke soorten corrosie er in ons milieu zouden kunnen optreden is het noodzakelijk om deze te verminderen of zelfs te voorkomen.

#### **Materiaal**

Het ene materiaal is gevoeliger dan het andere materiaal. Voor ons ontwerp zou er gekeken moeten worden welke materialen minder snel worden aangetast. Voorbeelden van materialen die minder snel door corrosie worden aangetast zijn: kunststoffen, keramische metalen, glassoorten, roestvrijstaal en edelmetalen.

#### **Bescherming**

Materialen kunnen beschermd worden door deze te behandelen. Een eenvoudige voorbeeld is coaten. Hier wordt de buitenkant van het materiaal geverfd of gelakt.

Een anderen methode is het anodiseren van materialen als aluminium of titanium. Bij deze methode wordt het materiaal door middel van een elektrolytische behandeling voorzien van een oxide laag, waardoor deze minder snel wordt aangetast.

Bij verzinken wordt een laagje zink op een materiaal geplaatst. Het laagje zink reageert met de zuurstof in de lucht of water en er ontstaat een oxide laag. Deze laag sluit het materiaal af voor zuurstof.

De laatste methode die vaak wordt toegepast is emaileren. Hier wordt een laag van gesmolten glas over het materiaal heen gegoten, zodat deze geïsoleerd wordt met de buitenomgeving.

### 2.7.5 Eigenschappen materialen

Voor het ontwerpen van producten moet er gekeken worden naar verschillende eigenschappen. In ons geval zal er gekeken worden naar de dichtheid, sterkte, stijfheid, en de kosten van de materialen. In het boek “Materials Selection in Mechanical Design” zijn verschillende grafieken te vinden die kunnen worden geraadpleegd om de juiste materialen te kiezen. In elke grafiek zijn twee materiaaleigenschappen langs de assen neergezet. De vijf grafieken (zie bijlage C) waarvan gebruik is gemaakt zijn:

- Dichtheid – sterkte
- Dichtheid – stijfheid
- Sterkte – stijfheid
- Sterkte – kosten per volume
- Stijfheid – kosten per volume

Met behulp van deze vijf grafieken en samen met de achtergrondinformatie over corrosie kan er tijdens de ontwerpfase een selectie gemaakt worden welke materialen er gebruikt kunnen voor de onderdelen in de boor- en freesmachine.

Uit de tabellen is er af te lezen dat kunststoffen veel lichter zijn dan metalen, maar metalen hebben daarbij weer een hogere sterkte en stijfheid.

### 3. Conceptfase

In hoofdstuk 2.4 is een functieanalyse schematisch weergegeven van zowel de boor- als freesmachine. De boormachine bestaat uit vier subonderdelen en de freesmachine uit zes onderdelen. In dit hoofdstuk zullen we de subonderdelen voor het bevestigen van de machines, de lineaire beweging van de boor- en frees en de aandrijving hiervan behandelen. Nadat deze concepten zijn behandeld kan er met behulp van de Kesselring methode de beste concepten gekozen worden. Hierbij is er gekeken naar gebruikers- en fabricage eisen.

#### 3.1 Bevestiging

Zoals we weten zal de boor- en freesmachine onder water gebruikt gaan worden. Locaties waar deze gebruikt zullen gaan worden is op zee of in een rivier. In dit milieu heb je te maken met krachten van stromend water. Het is dus van belang dat de machine stabiel blijft door deze aan een ondergrond te bevestigen, voordat de gebruiker te werk zal gaan. Er moet rekening mee gehouden worden dat dit ondergrond uit een metalen oppervlak zal bestaan. Verder moet er rekening mee gehouden worden dat de bevestiging gemakkelijk vast en los te maken is. In dit hoofdstuk zullen er vier concepten besproken worden hoe de machines aan de ondergrond bevestigd zouden kunnen worden. Deze vier concepten zijn:

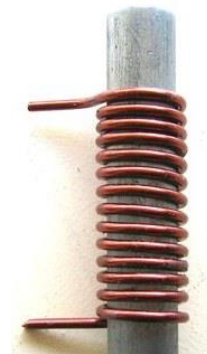
- Elektromagneet
- De Magswitch magneet
- Zuignap
- Vacuümtechniek

Bij elk van deze concepten zal er besproken worden hoe het concept te werk zal gaan en hoe en waar deze aan de machines bevestigd kunnen worden. Verder zullen bij elk concept de voor- en nadelen besproken worden.

### 3.1.1 Elektromagneet

#### Werking

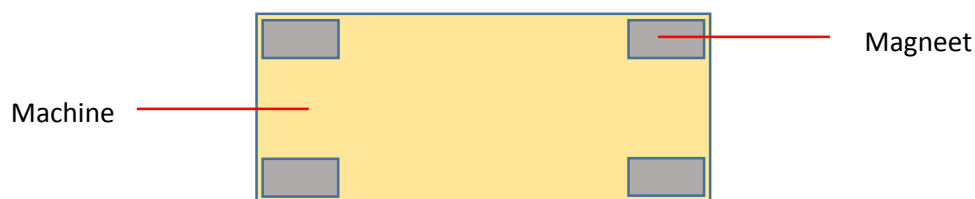
Een elektromagneet bestaat uit een ijzeren kern met daaromheen een spoel gewikkeld. De spoel die gebruikt wordt is vaak van een materiaal dat een lage elektrische weerstand heeft zoals koperdraad. Wanneer er een elektrische stroom door de spoel gaat lopen, veroorzaakt deze een elektromagnetisch veld dat zich als een magneet gedraagt. Wanneer de elektrische stroom wordt weggenomen verdwijnt ook het magnetisch effect.



Figuur 3.1: Kern met spoel

#### Concept

Er zouden enkele elektromagneten in de vier hoeken aan de onderkant van de freesmachine bevestigd kunnen worden (fig. 3.2). Als de machine op de juiste plek is gepositioneerd kan de stroom van de voedingsbron, bijvoorbeeld een accu, ingeschakeld worden. De elektromagneten zorgen dan ervoor dat de machine op het metalen ondergrond blijft zitten. Alle magneten zouden verbonden kunnen zijn met een voeding die met één druk op de knop in en uit te schakelen zijn.



Figuur 3.2: Plaatsing van elektromagneten

| Voordelen/nadelen |                                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| +                 | Gemakkelijk door middel van een knop in en uit te schakelen                |
| +                 | Van afstand in en uit te schakelen                                         |
| +                 | Alle magneten tegelijk te bedienen                                         |
| -                 | Metalen zoals RVS en aluminium zijn niet magnetisch                        |
| -                 | Externe voedingsbron nodig                                                 |
| -                 | Steeds opladen van externe voedingsbron                                    |
| -                 | Bekabeling naar de elektromagneten                                         |
| -                 | De elektromagneten zouden het afval tijdens het bewerken kunnen aantrekken |

### 3.1.2 De Magswitch magneet

#### Werking

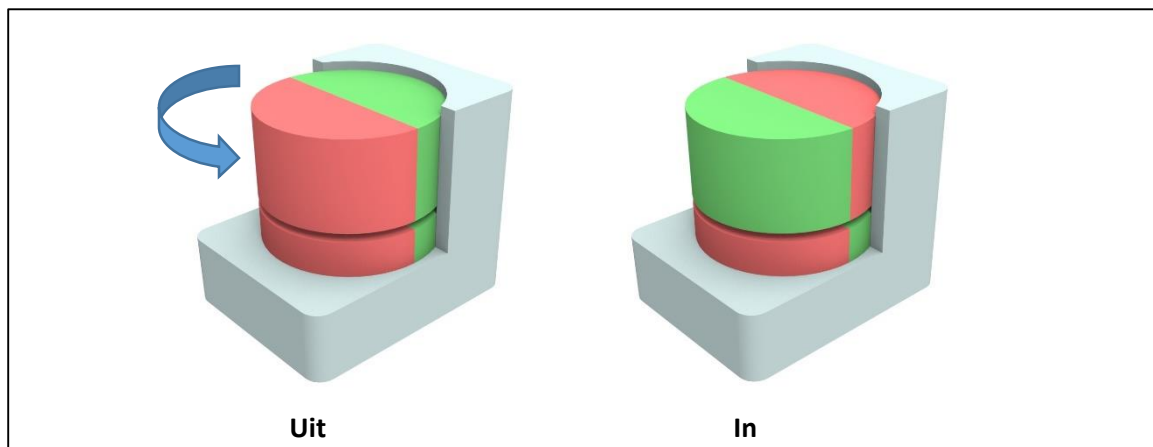
De Magswitch magneten zijn net als elektromagneten in- en uit te schakelen. Het ontwerp bestaat uit twee diametrale gepolariseerde magneten die in een behuizing boven elkaar liggen. De onderste magneet ligt vast en is niet beweegbaar. De bovenste magneet zit vast aan een hendel en is 180 graden te roteren. Wanneer de twee polen van de magneten op elkaar zijn afgestemd veroorzaken ze beiden een sterk magnetisch veld. De magneet is op dit moment ingeschakeld (in). Door de bovenste magneet 180 graden te draaien wordt dit magnetisch veld opgeheven. De magneet is nu uitgeschakeld (uit). Om ervoor te zorgen dat de bovenste magneet met hendel niet zomaar kan roteren, zal deze hendel eerst ingedrukt moeten worden om deze 180 graden te roteren.



Figuur 3.3: De Magswitch magneet

#### Concept

Net als het vorig concept kunnen deze magneten op dezelfde positie geplaatst worden (fig. 3.2). De magneten zouden eventueel ook elektrisch of pneumatisch aan- en uitgeschakeld kunnen worden. Dit kan gebeuren door de bovenste magneet met hendel hierop aan te sluiten. Het voordeel hiervan is dat de magneten aan de onderkant van de machine geplaatst kunnen worden zonder dat de gebruiker erbij hoeft te kunnen en deze van afstand kan bedienen.



Figuur 3.4: Werking van de Magswitch magneet

#### Voordelen/nadelen

- |   |                                                                                      |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|
| + | Gemakkelijk door middel van een knop in en uit te schakelen (elektrisch/pneumatisch) |
| + | Van afstand in en uit te schakelen (elektrisch/pneumatisch)                          |
| + | Alle magneten tegelijk te bedienen (elektrisch/pneumatisch)                          |
| - | Metalen zoals RVS en aluminium zijn niet magnetisch                                  |
| - | Externe voedingsbron nodig (elektrisch)                                              |
| - | Steeds opladen van externe voedingsbron (elektrisch)                                 |
| - | Bekabeling naar de magneten (elektrisch/pneumatisch)                                 |
| - | De magneten kunnen het afval tijdens het bewerken kunnen aantrekken                  |

### 3.1.3 Zuignap

#### Werking

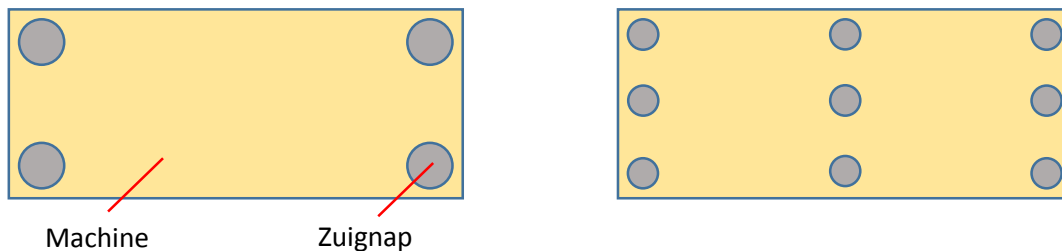
Een zuignap is een rond en komvormig object dat uit een rubberachtig materiaal bestaat. Het werkvlak van een zuignap heeft een gekromd oppervlak. Wanneer men het midden van een zuignap tegen een vlakke ondergrond drukt, wordt het volume tussen de zuignap en ondergrond verminderd wat weer zorgt voor een onderdruk. Het drukverschil tussen de omgeving aan de buitenkant en het onderdruk in de holte in de zuignap zorgt ervoor dat de zuignap aan het oppervlak blijft kleven, er is een vacuüm ontstaan. Door weer lucht in de zuignap te brengen wordt het vacuüm opgeheven en komt de zuignap los.



Figuur 3.5: Zuignap

#### Concept

Ook hier kan er net als bij de concepten met de magneten de zuignappen op dezelfde positie geplaatst worden (zie fig. 3.6 links). Er zou eventueel ook ervoor gekozen worden om meerdere zuignappen over de gehele onderkant van de bewerkingsmachine te plaatsen (zie fig. 3.6 rechts). Het voordeel hiervan is dat er een grotere kans bestaat dat er bij een niet gelijk oppervlak er toch zuignappen aan de ondergrond zullen vastzitten.



Figuur 3.6: Plaatsing van de zuignappen

| Voordelen/nadelen |                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------|
| +                 | Lage kosten                                            |
| +                 | Laag gewicht                                           |
| +                 | Gemakkelijk te vervangen                               |
| +                 | Is ook op aluminium en RVS te gebruiken                |
| -                 | Het oppervlak moet vlak zijn of heel licht bollend     |
| -                 | Het oppervlak mag niet ruw zijn of luchtdoorlatend     |
| -                 | Vuil op de zuignap kan zorgen voor een mindere werking |

### 3.1.4 Vacuüm techniek

#### Werking

Dit concept is te vergelijken met het concept van de zuignap. Het verschil met de zuignap is dat deze ingedrukt dient te worden om zo een onderdruk te creëren. Bij deze methode wordt er gebruikt gemaakt van een vacuümpomp. De vacuümpomp zuigt lucht uit de holte, zodat er een onderdruk ontstaat. Een ander verschil is dat je bij deze techniek de vorm zelf ontwerpen kan worden naar de wensen van de gebruiker. In de bouw wordt er tegenwoordig al veel gebruik gemaakt van vacuümtechniek. Zo worden machines ingezet om grote betonblokken te hijsen en te verplaatsen of bij het plaatsen van vele stoep- en straattegels tegelijk (zie fig. 3.7).

#### Concepten

Aan de onderkant van de boor- of freesmachine wordt er een holte gemaakt die vacuüm gezogen kan worden. Aan de onderkant van deze holte zal een rubberen rand zitten, zodat de holte goed afgesloten op het oppervlak van de ondergrond komt te zitten. Er zou gekozen kunnen worden om net als de vorige concepten op meerdere posities een vacuüm te creëren of er kan ervoor gekozen worden om aan de gehele onderkant een vacuüm te creëren. Om ervoor te zorgen dat er zo snel mogelijk een vacuüm gecreëerd kan worden in de holte, zal er bij het ontwerpen rekening gehouden moeten worden dat de hoogte van de holte niet te groot is.

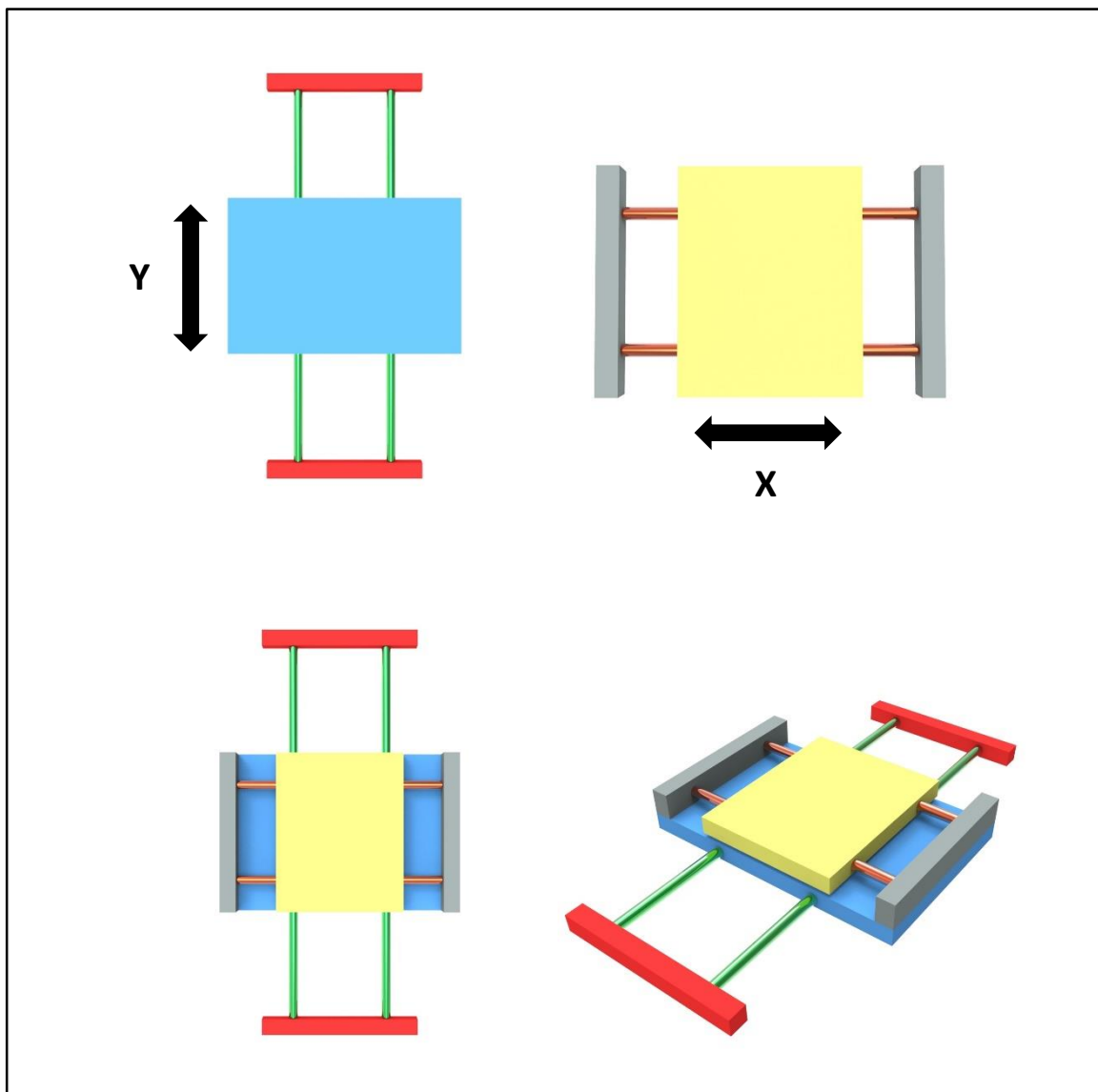


Figuur 3.7: Vacuüm techniek in de bouw

| Voordelen/nadelen |                                                    |
|-------------------|----------------------------------------------------|
| +                 | In verschillende soorten vormen te vervaardigen    |
| +                 | Gemakkelijk zelf te vervaardigen                   |
| +                 | Is ook op aluminium en RVS te gebruiken            |
| +                 | Kan onderdeel van de behuizing worden              |
| -                 | Het oppervlak moet vlak zijn of heel licht bollend |
| -                 | Het oppervlak mag niet ruw zijn of luchtdoorlatend |
| -                 | Vacuümpomp nodig                                   |

### 3.2 Lineaire beweging

Zowel de boor- als de freesmachine moeten een lineaire beweging kunnen maken. Voor de boor geldt er dat deze lineair omhoog en omlaag moet kunnen bewegen en de freesmachine moet zowel in de horizontale (X) als in de verticale (Y) richting kunnen gebeuren. Bij de freesmachine kunnen de twee richtingen gecombineerd worden door twee afzonderlijke stelplatformen aan elkaar te verbinden. In de onderstaande figuur is een overzicht te zien hoe deze combinatie te werk zal gaan. Het onderste platform kan een lineaire beweging in de Y-richting maken en het bovenste platform kan een lineaire beweging in de X-richting maken.



Figuur 3.8: Samenstelling van twee lineaire platformen

In het vervolg van dit hoofdstuk zullen er vier concepten behandeld worden die kunnen worden toegepast voor zowel de boor- als de freesmachine. Van elk concept is er voor de duidelijkheid een 3D tekening gemaakt van hoe het eruit kan komen te zien. Verder worden de voor- en nadelen van elk concept behandeld en hoe deze eventueel aangedreven zou kunnen worden. In het volgende hoofdstuk wordt er verder ingegaan op de aandrijving.

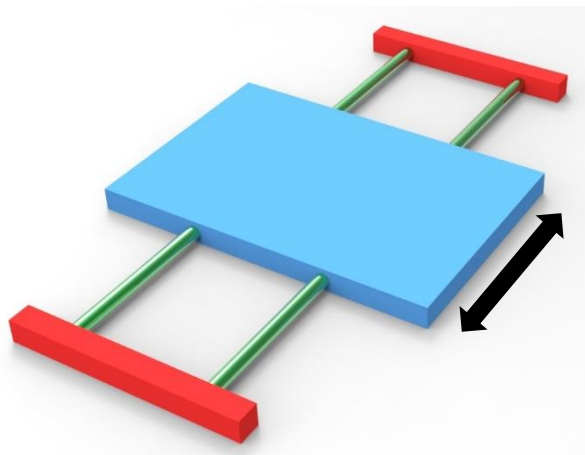
### 3.2.1 Concept 1: Schuifweerstand

De eenvoudigste methode is om de platform naar de gewenste positie te verschuiven. Dit kan gebeuren door het platform om twee of meerdere assen te heen en weer te schuiven (zie fig. 3.9). In plaats van dat het platform om de assen heen schuiven, kan er ook voor hulpstukken gekozen worden dat om de assen heen schuift. Op het hulpstuk kan dan weer het platform geplaatst worden (zie fig. 3.10). Verder kan er ook voor gekozen worden om gebruikt te maken van twee rails die over elkaar heen schuiven. Dit laatste is ongeveer te vergelijken met een ladegeleider die toegepast wordt in meubilair (zie fig. 3.11). Nadat het platform op de juiste positie ligt kan deze door middel van fixatieknoppen of genoeg wrijving op de juiste plek gehouden worden.

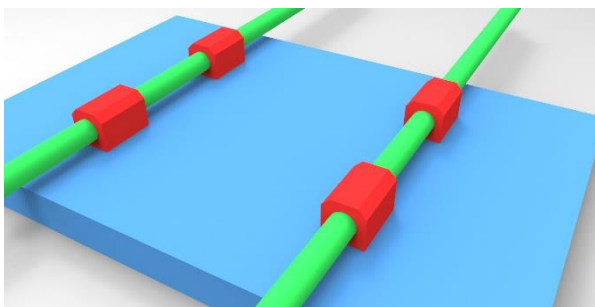
**Aandrijving:**

- Handmatig
- Cilinder

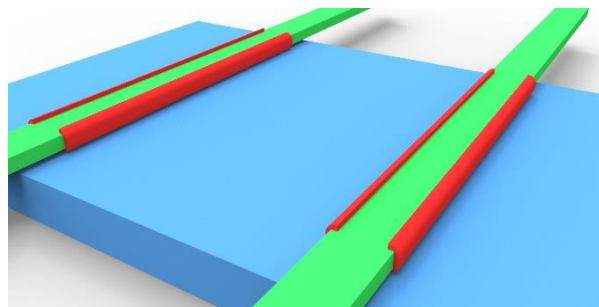
| Voordelen/Nadelen |                                                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| +                 | Compact                                                                            |
| +                 | Eenvoudige constructie                                                             |
| +                 | Eenvoudig te vervaardigen                                                          |
| +                 | Lage kosten                                                                        |
| -                 | Lage nauwkeurigheid ( <i>handmatig</i> )                                           |
| -                 | Kost veel arbeid bij lange afstand en/of bij een hoog gewicht ( <i>handmatig</i> ) |



Figuur 3.9: Concept schuifweerstand



Figuur 3.10: Schuifweerstand met hulpstukken



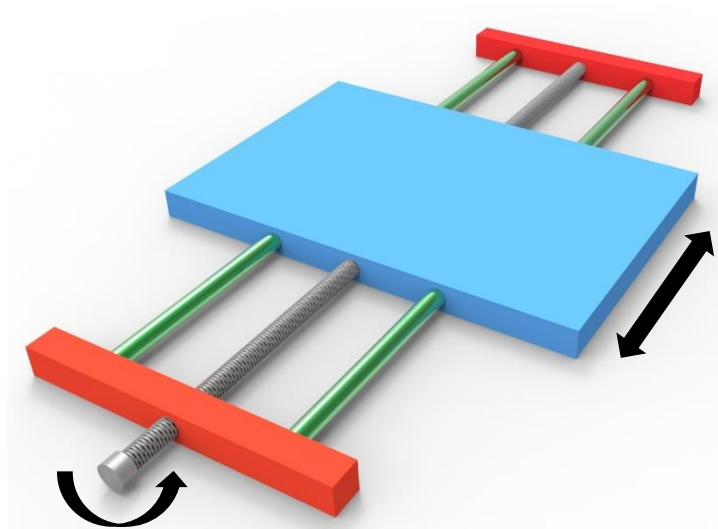
Figuur 3.11: Schuifweerstand met een rails

### 3.2.2 Concept 2: Schroefspindel

In dit concept kan het platform door middel van een schroefspindel heen en weer geschoven worden. Een draaiende beweging wordt hierbij omgezet in een rechte lijnige beweging (rotatie in translatie). Afhankelijk van de spoed van de schroefspindel kan ervoor gekozen worden hoeveel het platform per omwenteling kan verschuiven. Net zoals het concept met de schuifweerstand zou het platform op drie verschillende manieren bevestigd kunnen worden aan de assen of rails.

**Aandrijving:** - Handmatig  
- Motor

| Voordelen/nadelen |                                                                                  |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| +                 | Compact                                                                          |
| +                 | Eenvoudig te vervaardigen                                                        |
| +                 | Geen fixatieknoppen nodig                                                        |
| +                 | Lage kosten                                                                      |
| +                 | Nauwkeurig te verstellen                                                         |
| -                 | Schroefspindel steekt iets uit                                                   |
| -                 | Kost veel arbeid bij het verschuiven over een lange afstand ( <i>handmatig</i> ) |



Figuur 3.12: Concept schroefspindel

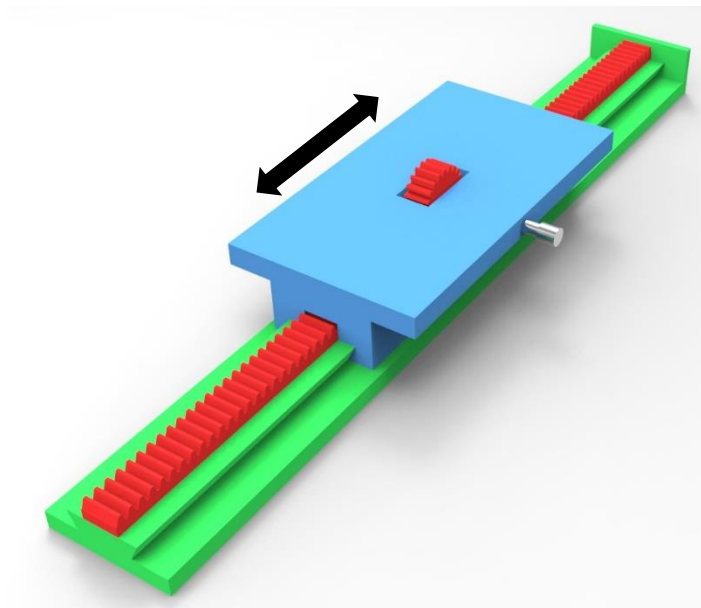
### 3.2.3 Concept 3: Tandheugel

In dit concept wordt er gebruikt gemaakt van een tandheugel. Een tandheugel bestaat uit een tandwiel en een heugel (rechthoekige staaf waarvan één kant voorzien is van een vertanding). Door aan een as te draaien die vastzit aan een tandwiel, maakt dit tandwiel een lineaire beweging over de heugel. Verder is een fixatieknop nodig of genoeg weerstand nodig om het platform op de juiste plek te houden.

**Aandrijving:**

- Handmatig
- Motor

| Voordelen/nadelen |                                                                                  |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| +                 | Compact                                                                          |
| +                 | Lage kosten                                                                      |
| +                 | Nauwkeurig af te stellen                                                         |
| -                 | As van het tandwiel steekt iets uit                                              |
| -                 | Kost veel arbeid bij het verschuiven over een lange afstand ( <i>handmatig</i> ) |
| -                 | Lastig te vervaardigen                                                           |



Figuur 3.13: Concept tandheugel

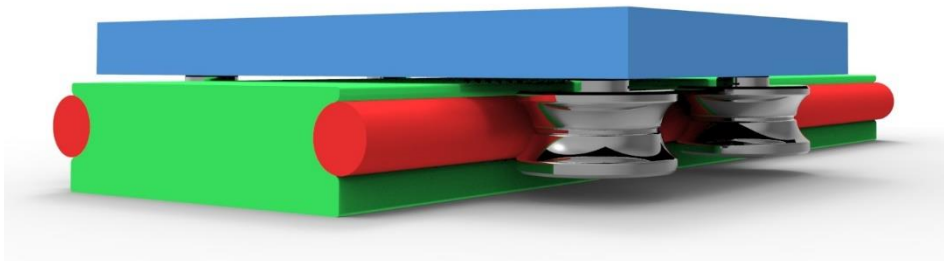
### 3.2.4 Concept 4: Looprolgeleiding

Dit concept bestaat uit een platform waar vier of meer wielen aan de onderkant zijn bevestigd. Deze wielen rijden over een rail heen en weer. De wielen kunnen zowel aan de buitenkant van de rail zitten (fig.3.15) als aan de binnenkant van de rail (fig. 3.16). Het platform moet ook hier doormiddel van fixatieknoppen op zijn plek gehouden worden. Bij deze methode zouden de wielen oom met behulp van een motor aangedreven worden.

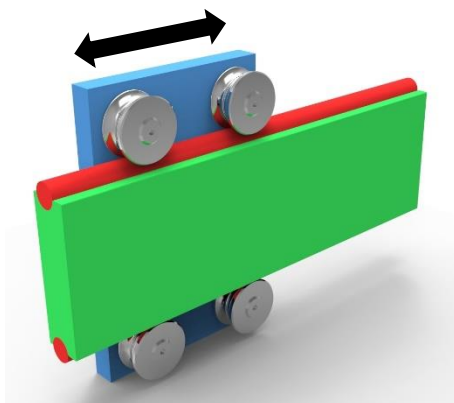
**Aandrijving:**

- Handmatig
- Motor
- Cilinder

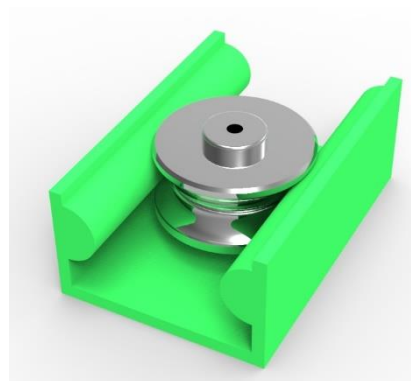
| Voordelen/Nadelen |                                          |
|-------------------|------------------------------------------|
| +                 | Weinig arbeid nodig voor het verschuiven |
| -                 | Hoge kosten                              |
| -                 | Neem veel ruimte in beslag               |
| -                 | Lastig te vervaardigen                   |
| -                 | Vaker onderhoud nodig                    |



Figuur 3.14: Concept looprolgeleiding



Figuur 3.15: Rails binnen



Figuur 3.16: Rails buiten

### 3.3 Aandrijving

Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven kunnen de concepten voor het lineair positioneren op verschillende manieren aangedreven worden namelijk: handmatig, met een motor of met een hydraulische of pneumatische cilinder. Hieronder worden de verschillende manieren van aandrijving behandeld met behulp van de concepten die in het vorige hoofdstuk zijn behandeld.

#### 3.3.1 Concept1 : Handmatig

Alle vier de concepten die in het vorige hoofdstuk zijn behandeld kunnen handmatig worden verplaatst. Het voordeel hiervan is dat de concepten zo compact mogelijk ontworpen kunnen worden, omdat je geen externe aandrijving nodig hebt. Logischerwijs zijn daarom de kosten van de machines ook een stuk lager. Echter een groot nadeel hiervan is dat je bij het concept met de schroefspindel en met de tandheugel ontzettend veel arbeid moet leveren als het platform over een grote afstand verplaatst zal moeten worden. Vooral onder water zal dit voor de duikers een groot minpunt zijn. Een ander groot nadeel is dat je bij de meeste concepten het platform minder nauwkeurig zal kunnen afstellen.

#### 3.3.2 Concept 2: Motor

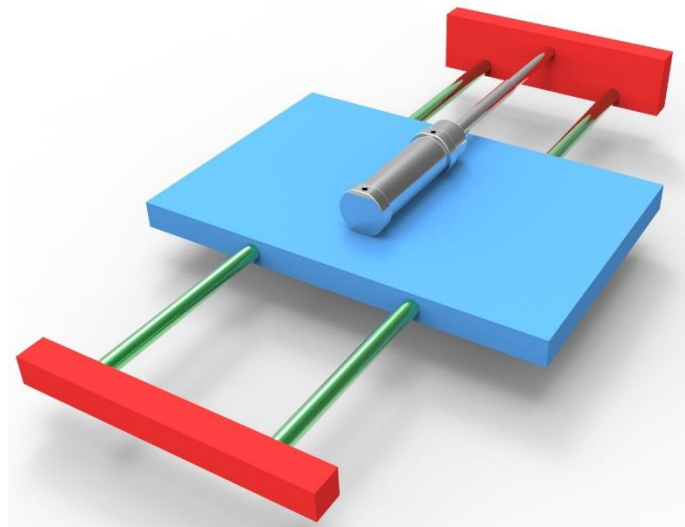
De concepten met de schroefspindel, de tandheugel en loop rolgeleiding kunnen aangedreven worden met behulp van een motor. Hiervan zou gebruikt gemaakt kunnen worden van een elektromotor of van een watermotor. Deze motor zal dan aan het uiteinde van de schroefspindel of aan de as van het tandwiel bevestigd moeten worden. Voor beide concepten is het een aanbeveling om bij de lineaire geleider van de freesmachine hiervan gebruik te maken, omdat er veel arbeid geleverd moet worden bij het verplaatsen over lange afstanden. Het resultaat is dat de machine veel gebruiksvriendelijker is voor de gebruiker. Bij het concept met de looprolgeleiding kunnen de wielen aangedreven worden met een motor. Zoals hierboven al besproken zullen de concepten meer ruimte in beslag nemen en zullen de kosten ook hoger uitvallen.



*Figuur 3.15: Motor met schroefspindel*

### 3.3.3 Concept 4: Cilinder

De concepten met de schuifweerstand en met de looprolgeleiding zouden beiden met een cilinder aangedreven kunnen worden. Het voordeel hiervan is dat het veel gebruiksvriendelijker is en dat de ze beiden nauwkeuriger af te stellen zijn. Er zou gebruikt gemaakt kunnen worden van zowel een hydraulische cilinder of een pneumatische cilinder. Voor de hand liggend is het om gebruik te maken van een hydraulische cilinder. De uitgang van de waterturbine zou dan aan gesloten kunnen worden met die van de ingang van de cilinder. Dit voorkomt dat je twee verschillende aanvoeren moet hebben vanaf bovenaf. Het gebruik van een cilinder neemt net als de elektromotor extra ruimte in beslag en de kosten van de machine zullen ook wat hoger zijn.



*Figuur 3.16: Aandrijving doormiddel van een cilinder*

### 3.4 Conceptkeuze: Kesselring methode

Nu we alle concepten hebben uitgewerkt, kan er aan de hand van de Kesselring methode berekend worden welke concepten er het beste naar voren komen. In deze methode wordt er onderscheidt gemaakt tussen gebruikerseisen (bruikbaarheid, gewicht, grootte, nauwkeurigheid, onderhoud) en fabricage eisen (kosten, produceerbaarheid, onderhoud). Deze eisen worden hieronder verder besproken. Deze eisen hebben allemaal een aparte weegfactor (1=neutraal, 2=belangrijk, 3=zeer belangrijk). Met behulp van deze weegfactor worden de concepten naar de eisen beoordeeld tussen de 1 en 5 (1=slecht, 5=goed).

#### 3.4.1 Eisen

Om de concepten te beoordelen wordt er gekeken na de volgende eisen. Hieronder zullen deze eisen kort besproken worden.

##### **Bruikbaarheid**

De gebruiker moet de machine snel en gemakkelijk kunnen positioneren en gebruiken. Doordat de machine onder water gebruikt zal gaan worden door een duiker, moet dit voor de gebruiker zo min mogelijk arbeid en tijd kosten.

##### **Gewicht**

Het gewicht van de machine moet zo laag mogelijk worden gehouden. De gebruiker moet de machine gemakkelijk kunnen verplaatsen.

##### **Grootte**

De grootte van de machine moet zo klein mogelijk zijn. Voor de duikers is het gebruiksvriendelijker als deze overal snel bij kan.

##### **Kosten**

De machine moet zo goedkoop mogelijk geproduceerd kunnen worden. Dit maakt het voor klanten aantrekkelijker om het product aan te schaffen.

##### **Nauwkeurigheid**

Het is van belang dat tijdens het boren en frezen de machine zo nauwkeurig mogelijk gebruikt kan worden. Ook het afstellen van de machine moet zo nauwkeurig mogelijk gebeuren.

##### **Onderhoud**

Hoe minder onderhoud hoe lager de kosten. Verder is het is voor de gebruiker veel gebruiksvriendelijker als de machines zo min mogelijk onderhoud nodig hebben.

##### **Produceerbaarheid**

De machines moeten zo ontworpen worden dat ze gemakkelijk te fabriceren zijn. Hoe meer er zelf gefabriceerd kan worden bij ID-TEC hoe lager de kosten zullen zijn. Als er in een later stadium iets mis is met een onder zou dit onderdeel sneller vervangen kunnen verder.

##### **Toepasbaarheid**

Met behulp van het pakket van eisen moet er gekeken hoe toepasbaar de concepten zijn op zowel de boor- als freesmachine.

### 3.4.2 Beoordeling

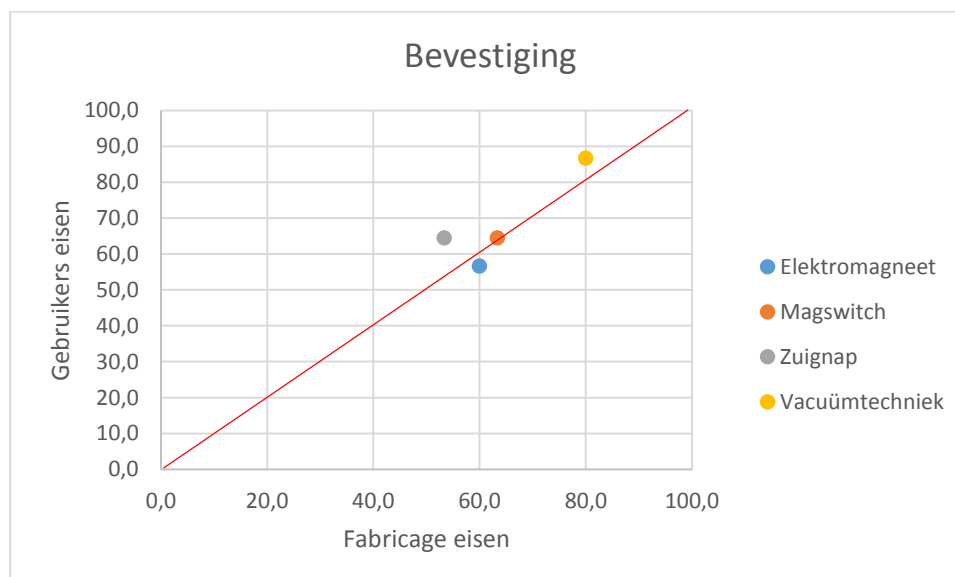
Nu we alle eisen behandeld hebben kunnen we de concepten gaan beoordelen. Doordat bij de boor- en de freesmachine de lineaire geleiding in een andere richting lopen zullen deze apart beoordeeld worden. In dit hoofdstuk is samengevat wat de resultaten zijn van de Kesselring methode. In bijlage B is een uitgebreid overzicht te zien van alle beoordelingen. Nadat de resultaten in tabelvorm zijn weergegeven kunnen er grafieken gemaakt worden. Op de verticale as zijn de gebruikers eisen in percentage weergegeven en op de horizontale as de fabricage eisen. Een score van 100% gebruikers eisen en 100 % fabricage eisen is de maximale score die gehaald kan worden. Het concept dat daar het dichtst bijkomt is het beste concept en zou in de ontwerpfase gebruikt gaan worden.

#### Bevestiging

Uit de onderstaande grafiek is af te lezen dat het concept met de vacuümtechniek als beste naar voren komt. Dit concept scoort bij zowel de gebruikers- al de fabricage eisen de hoogste score. De rest van de concepten scoren allemaal ongeveer even hoog. De vacuümtechniek zal daarom voor zowel het ontwerp van de boor- als de freesmachine gebruikt gaan worden.

| Bevestiging    |                  |                 |
|----------------|------------------|-----------------|
| Concept        | Gebruikers eisen | Fabricage eisen |
| Electromagneet | 60,0 %           | 56,7 %          |
| Magswitch      | 64,4 %           | 63,3 %          |
| Zuignap        | 64,4 %           | 53,3 %          |
| Vacuümtechniek | 86,7 %           | 80,0 %          |

Tabel 1: Resultaten concepten bevestiging



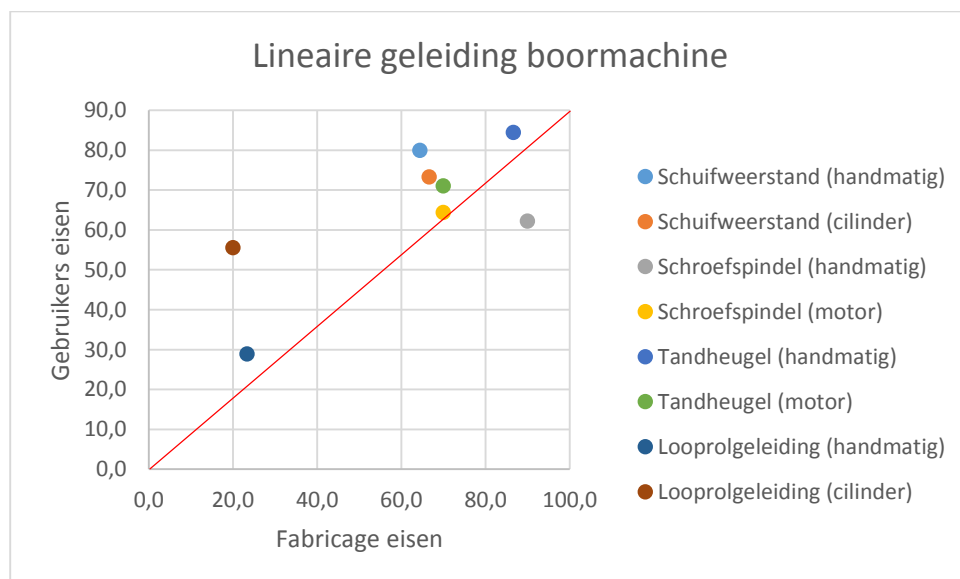
Figuur 3.17: Grafiek concept bevestiging

## Lineaire geleiding boormachine

Uit de onderstaande grafiek blijkt dat het concept met de tandheugel die handmatig wordt aangedreven het beste naar voren komt. Dit concept zal in de volgende fase gebruikt gaan worden bij het ontwerpen. De concepten met de looprolgeleiding scoren hier erg laag. De rest van de concepten liggen ongeveer in de buurt van elkaar. Het concept met de schroefspindel scoort bij de gebruikers iets hoger dan het concept met de tandheugel (handmatig).

| Lineaire geleiding boormachine |                  |                 |
|--------------------------------|------------------|-----------------|
| Concept                        | Gebruikers eisen | Fabricage eisen |
| Schuifweerstand (handmatig)    | 64,4 %           | 80,0 %          |
| Schuifweerstand (cilinder)     | 73,3 %           | 66,7 %          |
| Schroefspindel (handmatig)     | 62,2 %           | 90,0 %          |
| Schroefspindel (motor)         | 64,4 %           | 70,0 %          |
| Tandheugel (handmatig)         | 84,4 %           | 86,7 %          |
| Tandheugel (motor)             | 71,1 %           | 70,0 %          |
| Looprolgeleiding (handmatig)   | 28,9 %           | 23,2 %          |
| Looprolgeleiding (cilinder)    | 55,6 %           | 20,0 %          |

Tabel 2: Resultaten lineaire geleiding boormachine



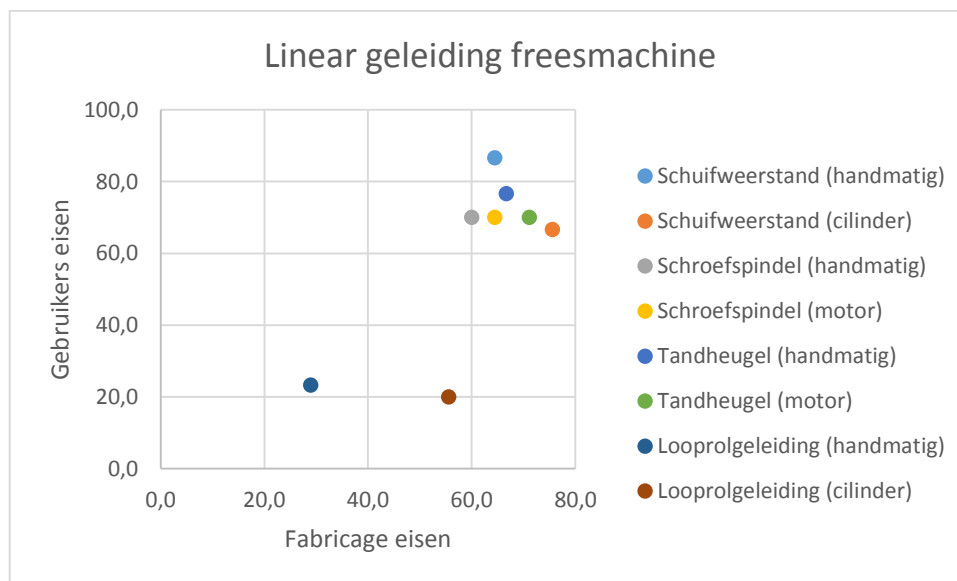
Figuur 3.18: Grafiek lineaire geleiding boormachine

### Lineaire geleiding freesmachine

Bij deze geleiding zitten de resultaten heel dicht bij elkaar. Vier concepten scoren bijna even hoog. Dit zijn de twee concepten met de schuifweerstand en de twee concepten met de tandheugel. Ook hier scoren de concepten met de looprolgeleiding het laagst. Uiteindelijk is er gekozen voor het concept schuifweerstand die met een cilinder aangedreven zal worden. De gebruikers eisen scoren bij dit concept het hoogst en dat heeft uiteindelijk de doorslag gegeven om voor dit concept te kiezen.

| Lineaire geleiding freesmachine |                  |                 |
|---------------------------------|------------------|-----------------|
| Concept                         | Gebruikers eisen | Fabricage eisen |
| Schuifweerstand (handmatig)     | 64,4 %           | 86,7 %          |
| Schuifweerstand (cilinder)      | 75,7 %           | 66,7 %          |
| Schroefspindel (handmatig)      | 60,0 %           | 70,0 %          |
| Schroefspindel (motor)          | 64,4 %           | 70,0 %          |
| Tandheugel (handmatig)          | 66,7 %           | 76,7 %          |
| Tandheugel (motor)              | 71,1 %           | 70,0 %          |
| Looprolgeleiding (handmatig)    | 28,9 %           | 23,2 %          |
| Looprolgeleiding (cilinder)     | 55,6 %           | 20,0 %          |

Tabel 3: Lineaire geleiding freesmachine



Figuur 3.19: Grafiek lineair geleiding freesmachine

Kort samengevat wordt er dus gekozen voor

- Vacuümtechniek voor de bevestiging
- Schuifweerstand (handmatig) bij de boormachine
- Schuifweerstand (cilinder) bij de freesmachine

Het verschil dat er bij de boormachine voor handmatig is gekozen en bij de freesmachine voor een aandrijving met een cilinder komt door de afstand die beiden moeten afleggen (10 cm tegenover 50 cm)

## 4. Ontwerpfase

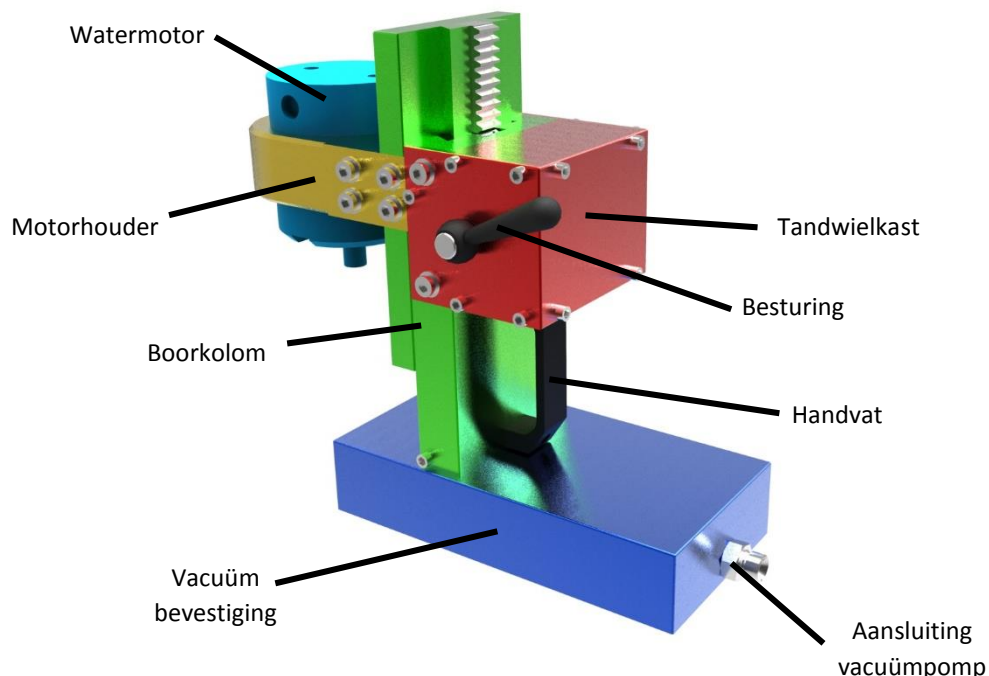
Nadat bekend was welke concepten er gebruikt kunnen worden kon er begonnen worden met het ontwerp. In het volgende hoofdstuk zal eerst het ontwerp van de boormachine behandeld worden. Vervolgens zal in hoofdstuk 4.2 het ontwerp van de freesmachine behandeld worden. Voor een gedetailleerd overzicht van de onderdelen verwijs ik u naar de 2D tekeningen in bijlage E. Verder zijn in bijlage G enkele renderingen van beide ontwerpen terug te vinden.

### 4.1 Ontwerp boormachine

In figuur 2.1 is terug te vinden dat de boormachine uit vier subonderdelen bestaat namelijk:

- Bevestiging ondergrond
- Lineair op en neer beweging
- Watermotorhouder
- Bediening

In de onderstaande figuur is een overzicht te zien hoe het uiteindelijke ontwerp van de boormachine er is komen uit te zien. De onderdelen hiervan zijn aangegeven. In het vervolg van dit hoofdstuk zullen deze onderdelen uitgebreid besproken worden. Het gewicht van de boormachine is zonder de watermotor 4,3 kg geworden. Inclusief de watermotor zal het gewicht uitkomen op ongeveer 5 kg.

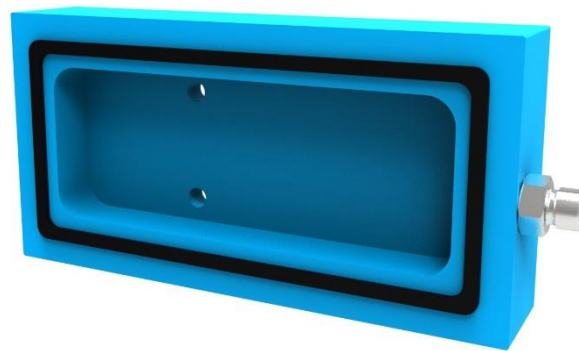


*Figuur 4.1: Ontwerp boormachine*

#### 4.1.1 Bevestiging

Om de boormachine aan de ondergrond te bevestigen wordt er gebruik gemaakt van de vacuüm techniek. De boormachine zal op de juiste positie van een offshore schip of platform geplaatst worden. Vanuit bovenaf kan een slang die met een vacuümpomp is verbonden aangesloten worden op een BSP adapter die zicht de rechterkant van de bevestiging bevindt. Deze adapter heeft een maat van ¼ BSP. Voor slangen die een andere afmeting hebben zal er een BSP Adapter Reducer gebruikt kunnen worden om deze alsnog te kunnen bevestigen.

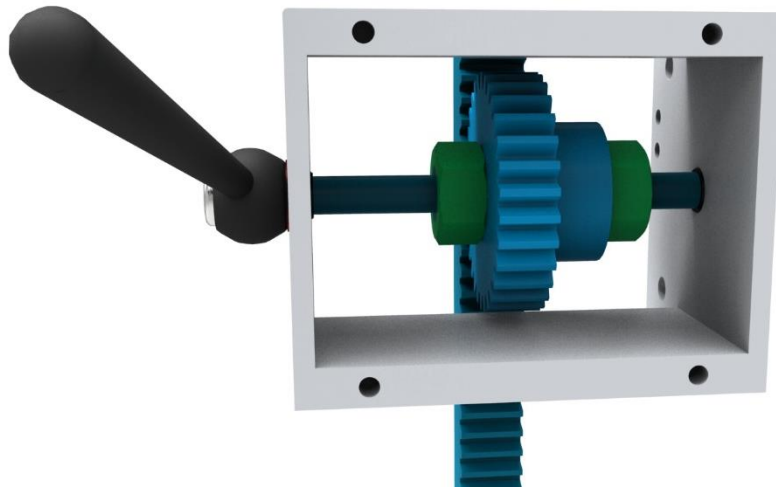
Om ervoor te zorgen dat de ruimte in de bevestiging goed vacuüm kan worden is er aan de onderkant hiervan een het bevestiging een rechthoekig sleuf gefreesd van 3 mm diep en 5 mm breed. In deze sleuf kan een rubberen afdichtingsprofiel geplaatst worden. Deze rubberen profiel kan in de sleuf vastgelijmd worden en steekt nog 2 mm uit. De reden waarom er een rubberen profiel geplaatst wordt is om ervoor te zorgen dat er geen water aan de zijkant naar binnen kan bij een ongelijke ondergrond. De rubber kan door het bedrijf Eriks precies op maat gemaakt worden.



*Figuur 4.2: Bevestiging ondergrond*

### 4.1.2 Tandwielkast

Om de boor op en neer te kunnen bewegen is er gekozen voor een tandwiel met tandheugel systeem (zie bijlage F). De as van de tandwiel zit verbonden met een hendel. Door aan de hendel te draaien zal de as met tandwiel meedraaien. De tandheugel die aan een boorkolom vastzit kan op deze manier omhoog en omlaag geschoven worden.

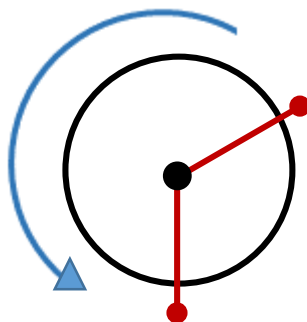


Figuur 4.3: Tandwielkast

De as van de tandwiel gaat door de behuizing van de tandwielkast. Om zo min mogelijk wrijving te krijgen is er hier gebruik gemaakt van lagers. Om de tandwiel op de juiste positie te houden bestaat de as in het midden uit M12 schroefdraad. De tandwiel, waar door het gat een M12 is getapt, kan zo op de as geschroefd worden. Aan beide zijden van deze tandwielen zitten twee M12 bouten.

#### Hendel

Om het voor de gebruiker zo ergonomisch mogelijk te maken zal de hendel bij het boren ongeveer 2/3 omwenteling moeten maken, zodat de boor in één keer een gat van 10 centimeter kan boren. In de onderstaande figuur is te zien hoe de afstand van de hendel afgelegd zal worden. De gebruiker staat aan de linkerkant. Deze trekt de hendel eerst naar zich toe en voorbij een bepaalde punt zal er de hendel omlaag geduwd moeten worden.



Figuur 4.4: Positie hendel

### Tandwielkeuze

Door de afgelegde afstand te berekenen kan er gekeken worden wat de diameter van de tandwiel moet zijn. We weten dat de tandwiel in 2/3 omwenteling een afstand van 100 mm moet afleggen. Eén omwenteling heeft dus een afstand van 150 mm ( $100 / 2/3$ ). De diameter van de tandwiel moet dus zijn:

$$d = (s / \pi) = (150 / \pi) = 47,75 \text{ mm}$$

In bijlage F is terug te vinden dat er gekozen is voor een tandwiel met een diameter van 47,7 mm. Dit komt nagenoeg overeen met de diameter die we net berekend hebben.

### Positie gat

Om te weten te komen waar het gat in de behuizing moet komen zal er berekend moeten worden hoe ver de tandwiel van de rugvlak van heugel af moet komen te zitten. De afstand kan berekend worden door gebruik te maken van de onderstaande formule. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van figuur 4.5.

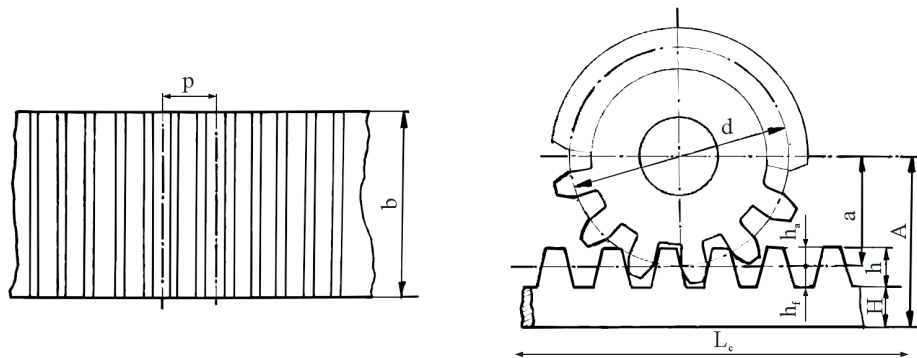
$$A = d/2 + h_f + H = m * (1,25 + z/2) + H$$

$$m = 1.59$$

$$z = 30$$

$$H = (15 - h) = (15 - h_a + h_f) \quad (h_a = m, \quad h_f = 1,25m \quad (a=20^\circ)) = 15 - (1.59 + 1,25*1.59) = 11,42$$

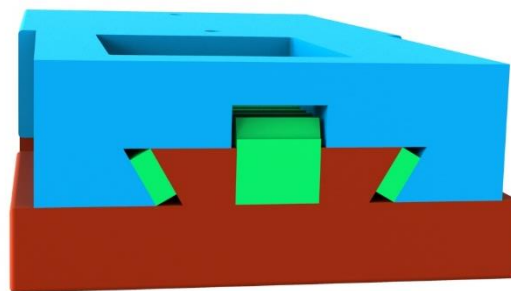
$$A = 1,59 + (30/2) + 11,42 = 37,26 \text{ mm}$$



Figuur 4.5: Afmetingen tandwiel

### 4.1.3 Boorkolom

De tandheugel die wordt aangedreven door het tandwiel is verbonden met een boorkolom (zie fig. 4.6). Deze bestaan uit twee kolommen die langs elkaar glijden. Aan de rode kolom zit de tandheugel vast die omhoog en omlaag kan bewegen. De blauwe kolom zit vast aan het bevestigingsplatform. In het bevestigingsplatform zit een rechthoek van 10 mm diep gefreesd waarin de onderkant van de kolom precies in past. Aan de onderkant van de bevestigingsplatform kunnen twee lange M8 bouten die in de boorkolom geschroefd kunnen worden.



Figuur 4.6: Boorkolom

Om ervoor te zorgen dat de kolom met de tandheugel op zijn plaatst blijft en niet door de zwaartekracht naar beneden zak, is er tussen de twee kolommen twee latten van het materiaal Peek geplaatst. Deze twee latten zitten aan de zijkant door middel van twee stelschroeven vast. Deze schroeven kunnen de kolommen zo tegen elkaar laten drukken dat de beweegbare kolom door wrijving blijft zitten en niet vanzelf naar beneden zakt.

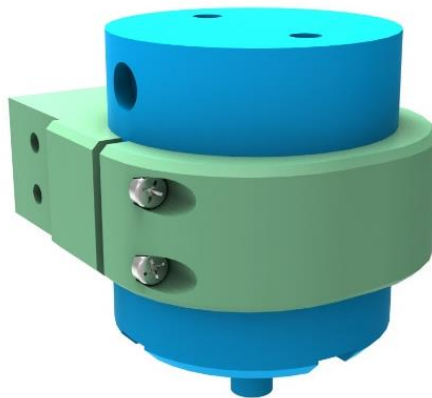
Verder zitten er aan de zijkant van de boorkolom twee blokken vastgeschroefd (zie fig. 4.7). Deze blokken komen als de boor 10 centimeter omhoog staat tegen elkaar aan. Hierdoor kan de hendel niet verder gedraaid worden en wordt er tevens voorkomen dat de bewegende kolom uit de vaststaande kolom kan komen. Bij de blauwe kolom die vaststaat zit het blok aan de bovenkant en bij de bewegende kolom zit het blok aan de onderkant.



Figuur 4.7: blokken

#### 4.1.4 Motorklem

De watermotor kan bevestigd worden in de motorklem. In de motorklem zit een gat met een diameter van 76 mm. Dit is precies de diameter van de watermotor zodat deze hier precies in past. Aan één kant van de motorklem zit een kleine opening (zie fig. 4.8). Door middel van twee schroeven kan de opening iets naar elkaar geschroefd worden waardoor de watermotor stevig vastgeklemd kan worden. Door de watermotor op deze manier te bevestigen kan deze ook weer eenvoudig losgemaakt worden als deze vervangen zal moeten worden.



*Figuur 4.8: Motorklem*

De motorklem wordt aan de beweegbare boorkolom bevestigd. Zowel in deze boorkolom als in de motorklem zitten aan beide zijanten twee gaten. Door middel van een verlengstuk kunnen deze twee onderdelen aan elkaar bevestigd worden. Voor extra stevigheid zal de motorklem ook direct aan de beweegbare boorkolom bevestigd worden. Zowel in de boorkolom als aan de achterkant van de motorklem is een M6 schroefdraad getapt. Hierdoor kunnen deze twee onderdelen met een M6 bout aan elkaar bevestigd worden.

#### 4.1.5 Handvat

Om het voor de gebruiker zo ergonomische mogelijk te maken is er aan de boormachine een handvat vastgemaakt. Dit zit aan de vaststaande boorkolom bevestigd. Op deze plek kan de gebruiker de boormachine het eenvoudigste vasthouden.

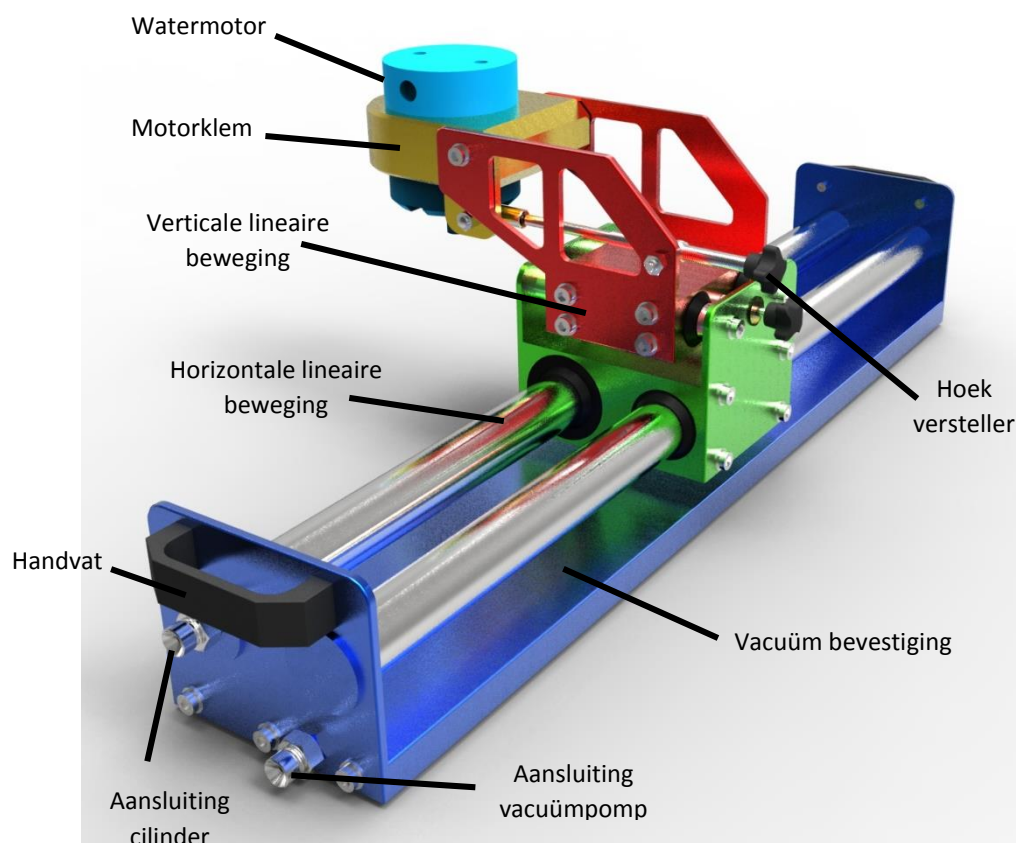
Dit handvat kan ook dienen om een touw aan de boormachine te bevestigen. Als de duiker te diep naar beneden moet duiken, kan de boormachine door middel van een touw naar beneden gezakt worden. Zo hoeft de duiker niet vele meters met de boormachine in de hand naar de bestemming te duiken.

## 4.2 Ontwerp freesmachine

In figuur 2.1 is terug te vinden dat de freesmachine uit zes subonderdelen bestaat namelijk:

- Bevestiging ondergrond
- Horizontale lineaire beweging
- Verticale lineaire beweging
- Hoekversteller
- Watermotorhouder
- Bediening

In de onderstaande figuur is een overzicht te zien hoe het uiteindelijke ontwerp van de freesmachine er is komen uit te zien. De onderdelen hiervan zijn aangegeven. In het vervolg van dit hoofdstuk zullen deze onderdelen uitgebreid besproken worden. Het onderdelen van de freesmachine wegen bij elkaar 6,3 kg. Inclusief de watermotor zal dit op ongeveer 7 kg komen.



*Figuur 4.9: Ontwerp freesmachine*

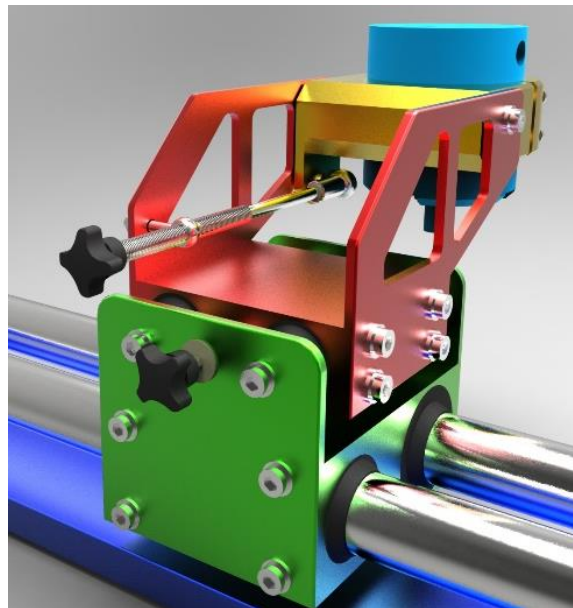
#### 4.2.1 Bevestiging ondergrond

Net als bij de boormachine wordt de freesmachine door middel van vacuümtechniek aan de ondergrond bevestigd. Ook hier zal gebruikt gemaakt worden van een vacuümpomp. Aan de zijkant van de bevestiging zit een BSP Reducer adapter met aan de binnenkant  $\frac{1}{8}$  BSP en aan de buitenkant  $\frac{1}{4}$  BSP. De reden waarom er voor de binnenkant voor  $\frac{1}{8}$  BSP is gekozen is om te zorgen dat het bevestigingsplatform niet te dik zou worden en daarom ook teveel zou gaan wegen. Aan de buitenkant van de adapter kan een slang vanuit de vacuümpomp gekoppeld worden.

Zoals bij de boormachine wordt er aan de onderkant van de bevestiging een rechthoek van 3 mm diep en 5 mm breed gefreesd. Hier komt een rubberen profiel in die 2 mm uitsteekt en op maat bij Eriks besteld kan worden.

#### 4.2.2 Horizontale lineaire beweging

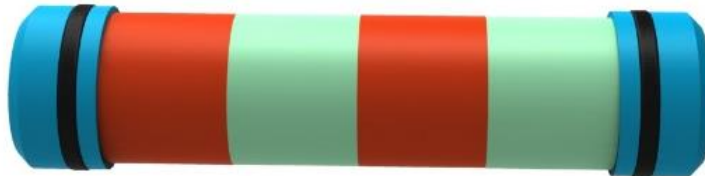
Deze lineaire beweging is de richting waarin gefreesd zal gaan worden. Hier wordt gebruikt gemaakt van een cilinder. Het platform kan over twee RVS buizen met een diameter van 30 mm en een dikte van 2 mm heen bewegen. Er is voor RvS gekozen in plaats voor aluminium, omdat RvS een grotere sterkte en stijfheid heeft dan aluminium.



*Figuur 4.10: Overzicht platformen*

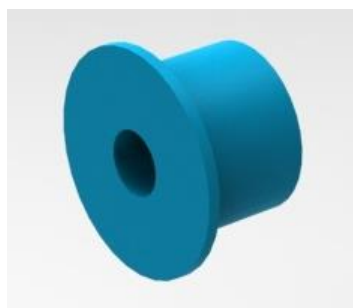
Doordat de afstand van 50 cm zou het apparaat met een uitschuivende cilinder veel te lang worden. Ook kan er onder water geen gebruik worden van meerdere trappen. Daarom is er voor dit ontwerp gekozen om met magneten te werken. In één van de RVS buizen zitten vier magneten aan de zuiger vast. Deze magneten kunnen door de buis heen en weer geschoven worden door middel van waterdruk. Ook in het onderste platform dat over de buizen heen kan schuiven zitten vier magneten. Deze worden door de vier magneten in de cilinder aangetrokken. Zo kan het platform door de aantrekkingskracht heen en weer schuiven. De reden waarom er niet voor een enkel magneet maar voor vier magneten is gekozen is om voorkomen dat het platform te veel doorschiet. Door de vier

magneten achter elkaar te zetten wordt de afstand dat het platform doorschiet zo klein mogelijk gehouden. In figuur 4.11 is te zien hoe de vier magneten aan de zuiger bevestigd zijn. Beide kanten bestaan uit 2 zuigers waar in het midden een O ring bevestigd zit. Deze O ring zorgt ervoor dat er geen water kan lekken via de zuiger. De complete zuiger zit vast met een M6 bout die door zowel door de zuigers als de magneten geschroefd kunnen worden.



*Figuur 4.11: Zuiger met magneten*

De RvS buizen zitten aan beide zijdes vast aan de zijkant van de freesmachine. In de onderstaande figuur is te zien met welk onderdeel deze zijn bevestigd. Om de cilinder zit een M27 schroefdraad. Ook in de RvS buizen zijn aan het uiteindes een M27 schroefdraad getapt. Deze twee onderdelen kunnen zo in elkaar geschroefd worden. Om te zorgen dat de cilinders niet kunnen gaan lekken is er tussen de buizen en de uiteindes gebruikt gemaakt van loctite 243. Dit is een zowel een kleefmiddel als een afdichtingsmiddel.



*Figuur 4.12: afsluiter*

Zoals hierboven uitgelegd worden de zuigers heen en weer geschoven door middel van waterdruk. In de afsluitingen van de cilinder waar de zuiger in komt zit een gat waar een adapter van ¼ BSP. Net zoals bij de vacuümbevestiging kan hier een slang aan vastgekoppeld worden die weer met een pomp verbonden is.

## Platform

Het platform dat om de RvS buizen heen beweegt bestaat uit verschillende onderdelen. Het platform zelf is een rechthoekig blok met 2 gaten erin waardoor de buizen kunnen. Het linker gat heeft een diameter van 44 mm en het rechter gat een diameter van 34 mm. In het linker gat worden de vier ringmagneten bevestigd met een dikte van 5 mm. Deze ringmagneten zitten aan de binnenkant met loctite 243 vastgelijmd. Nu zijn beide diameters samen weer 34 mm. In deze twee gaten komen vier glijlagers van Drylin te zitten (zie bijlage F). Dit zijn glijlagers van het materiaal iglidur en zijn speciaal ontwikkeld voor onder water. Nadat de glijlagers erin zitten kunnen de vier gaten in het platform afgesloten worden met vier scrapers die op maat zijn gemaakt bij Merkel (zie Bijlage F). Deze scrapers worden in de bezuinig geperst, zodat het stevig vast komt te zitten.

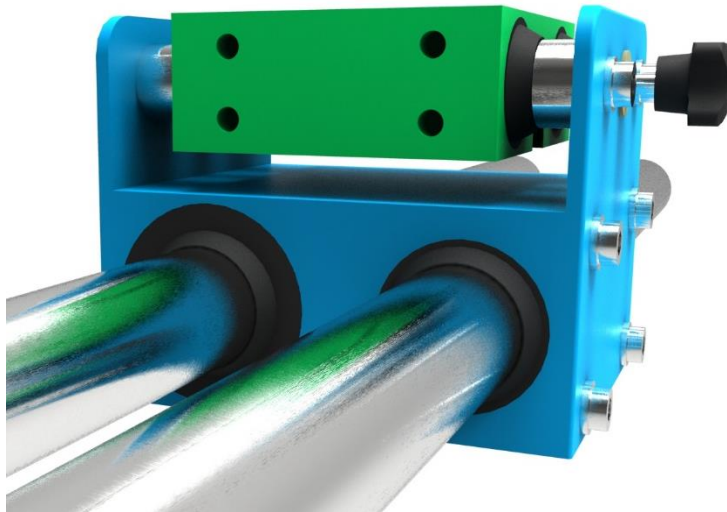
## Magneten

Doordat de buizen van RVS zijn en het platform van aluminium heeft dit geen enkel effect op de magneten. Deze materialen zijn namelijk niet magnetisch. De aantrekkingskracht van magneten neemt snel af naar mate de afstand tussen de magneten groter wordt. Daarom is er bij het ontwerpen gekeken hoe deze afstand zo klein mogelijk gehouden kan worden. Deze afstand is 5 mm groot.

De magneten die gebruik zullen worden zijn de sterkst mogelijke magneten. Dit zijn neodymium magneten die een sterkte hebben van N52. Zowel de magneten in de cilinder als de magneten in het platform worden bij de magnetenspecialist op maat gemaakt. De kracht waarmee magneten elkaar aantrekken zijn van vier factoren afhankelijk. Deze factoren zijn de grootte van de magneten, het soort magneet, de afstand tussen de magneten en het medium dat tussen twee magneten inzit.

### 4.2.3 Verticale lineaire beweging

Om de frees goed te kunnen positioneren wordt er gebruikt gemaakt van een verticale beweging. Net als bij het vorige concept kan een platform over twee buizen heen en weer bewegen. In de onderstaande figuur is dit goed te zien.

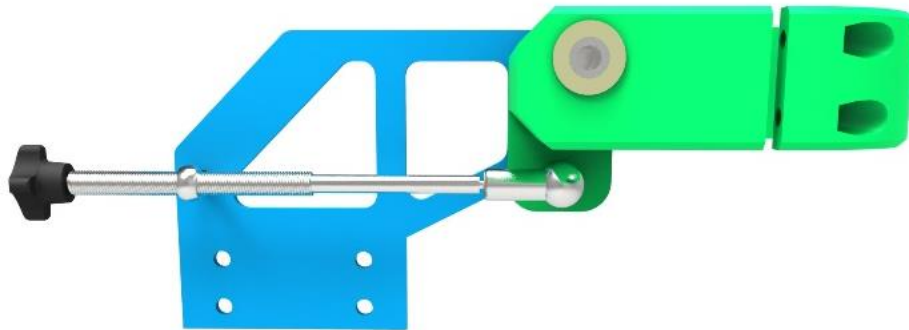


*Figuur 4.13: De twee platformen*

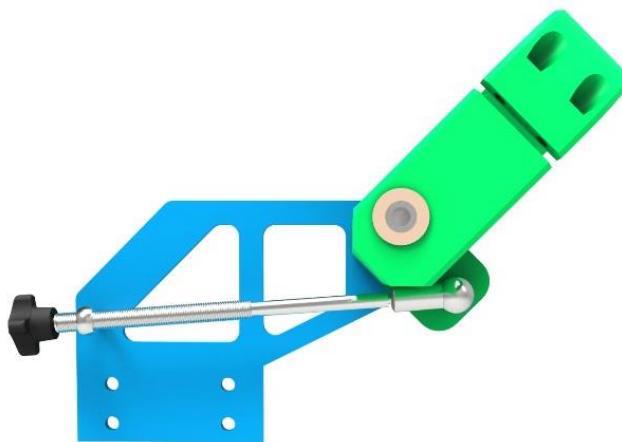
In tegendeel tot het onderste concept is er hier gekozen voor twee massieve aluminium buizen. Het platform kan heen en weer verschoven worden door middel van as waar in het midden schroefspindeldraad loopt. Dit is een trapezium schroefspindel met een maat Tr 10 x 3. Ook in het platform zit trapezium draad getapt. Door aan de spindel te draaien wordt het platform heen en weer verschoven. Verder zit de as van de schroefspindel met behulp van hogellagers aan de behuizing vast. En zit er aan het einde van de schroefspindel een kruiskop zodat de gebruiker deze goed kan bedienen.

#### 4.2.4 Hoekversteller

Zoals we weten is het een eis dat de freesmachine zowel loodrecht omlaag als onder een hoek van 45 graden kan frezen. Deze klem waaraan de motor vast zit zou een hoek van 45 graden moeten maken. In de onderstaande figuur zijn beide posities weergegeven.



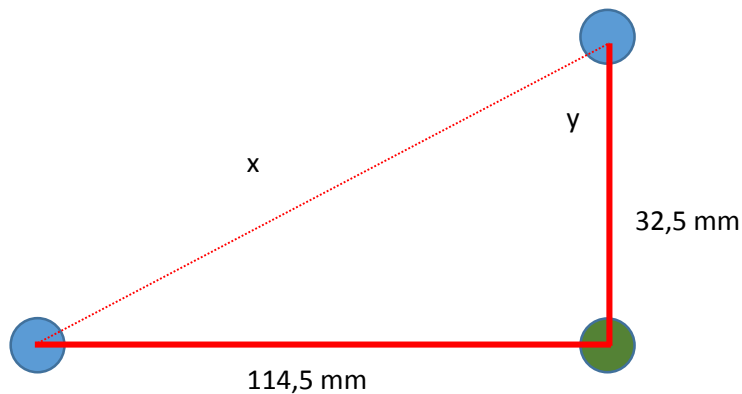
*Figuur 4.11: Loodrecht omlaag*



*Figuur 4.14: Hoek van 45 graden*

Aan de zijkant van de motorklem zit een rechthoekig blok verbonden. Deze blok en de motorklem zitten met lagers en een as vast aan twee motorklemhouders (blauw). Aan de motorklemhouder zit een knevelbout en aan het blok zit een hoekscharnier waarin een kogellager is bevestigd. In bijlage F is meer informatie over deze twee onderdelen terug te vinden. Deze onderdelen zitten precies zo vast dat beide middelpunten in de opening één lijn zit waar een schroef doorheen kan. In de knevelbout is een M6 gat getapt en de schroef aan het uiteinde aan de binnenkant van de kogellager van de hoekscharnier vast. Door aan de schroef te draaien wordt de hoekscharnier naar achteren geschoven en ondergaat de behuizing een hoekverandering met de bal die erin zit. Ook de knevelbout ondergaat een hoekverandering.

Om te kunnen weten hoe lang de schroef moet zijn kan deze berekend worden. In de onderstaand figuur is te zien waar de centrum zich bevinden van de knevelbout, hoekscharnier en het centrum van de motorklem as. Deze afstanden die gegeven zijn, zijn oud het 3D model gehaald.



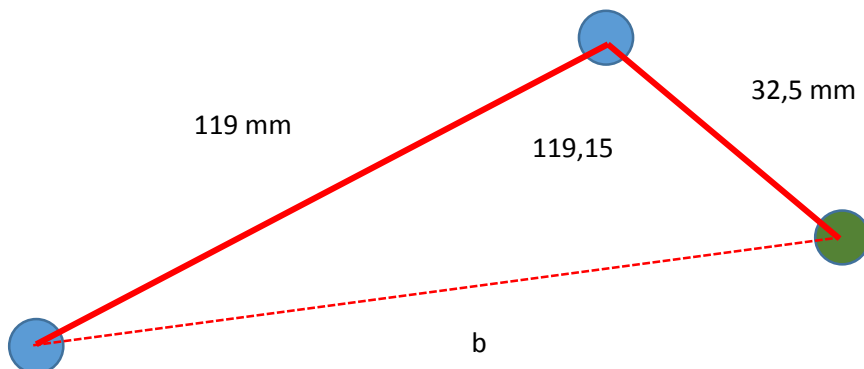
Nu we deze twee waardes weten kunnen we berekenen wat de lengte van x is

$$x^2 = 114^2 + 32,5^2 - 2 * 114,5 * 32,5 \cos 90 \rightarrow x = 119,02 \text{ mm}$$

Hoek y kan berekend worden door

$$114^2 = 32,5^2 + 119^2 - 2 * 114,5 * 32,5 * \cos y \rightarrow y = 74,15 \text{ graden}$$

Als de hoek 45 graden verschuift blijven de knevelbout en de as (blauw) op de juiste plek zitten. De afstand x en de afstand tussen de as en hoekscharnier blijven ook gelijk.



Hoek y is nu 45 graden groter geworden dus in totaal 119,15 graden Nu kunnen we achterhalen wat de lengte van b is

$$b^2 = 32,5^2 + 119^2 - 2 * 32,5 * 119 \cos 119,15 \rightarrow x = 137,78 \text{ mm}$$

De schroef moet dus minimaal **137,78 mm** lang zijn.

## 5. Evaluatiefase

### 5.1 Conclusie

In dit afstudeerrapport zijn de ontwerpen van een boor- en freesmachine gerealiseerd. Beide producten zijn ontworpen met behulp van een pakket van eisen en wensen. Uit een onderzoek is gebleken dat de boormachine uit vier subonderdelen en de freesmachine uit 6 subonderdelen bestaat.

Uit de analysefase is verder gebleken veel soorten materialen onder water aangetast kunnen worden. Om dit te voorkomen zijn de onderdelen vervaardigd uit aluminium of RvS. Ook de kooponderdelen zijn van beide materialen of van kunststof.

In de conceptfase zijn van de subonderdelen bevestiging en lineaire verplaatsingen enkele concepten uitgewerkt. Met behulp van de Kesselring methode is er naar boven gekomen dat beide machines met behulp van een vacuümtechniek bevestigd kunnen worden. Boven het wateroppervlakte bevindt zich een pomp. Deze pomp zorgt ervoor een holle ruimte onderaan de machines vacuüm gezogen kunnen worden.

De boormachine zal met behulp van een tandheugelsysteem aangedreven worden. Door aan een hendel te draaien kan de boor een gat van maximaal tien centimeter diep boren. De freesmachine kan een lineaire beweging maken van 50 cm. Het platform waaraan de frees bevestigd zit kan om twee RVS buizen heen bewegen. Door magneten in de zuiger van de cilinder en magneten in het platform kan het platform door aantrekkingskracht heen en weer bewegen. Verder kan een tweede platform een lineaire beweging maken loodrecht op de eerste beweging. Deze tweede platform wordt aangedreven door een schroefspindel.

Op beide machine kunnen watermotor ingeklemd worden met behulp van een motorklem. De motorklem van de freesmachine kan tevens een hoek van 45 graden maken. Deze hoek kan ingesteld worden door middel van een schroef.

Beide producten zijn zo ergonomische mogelijk ontworpen. Bij de boormachine is er rekening mee gehouden dat de duiker in een simpele beweging een gat kan boren. Zowel de watermotor als de lineaire geleider in de freesmachine kunnen in- en uitgeschakeld worden door middel van een kraan. Verder zijn er op beide machines handvatten bevestigd, zodat de duiker de machines hier handig kunnen vasthouden om te verplaatsen. Ook zijn de schroefspindels verbonden met een kruisgreep.

Uit de ontwerpen is gebleken dat de machines aan alle eisen kunnen voldoen. Om dit te bevestigen zullen er een prototypes gebouwd moeten worden van de machines. Na deze machines uitgetest te hebben kunnen vervolgens de fouten eruit gehaald worden om deze in een herontwerp te verbeteren.

## 5.2 Aanbevelingen

Nadat er prototypes gebouwd zijn kan er door middel van evaluaties van de partners en een marktonderzoek onderzocht worden of er vraag is om een machine te ontwerpen die zowel kan boren en frezen. Dit zou de klant in het vervolg geld besparen door twee aparte machines aan te schaffen. In een herontwerp zou de kolom van de boormachine bevestigd kunnen worden aan het bovenste platform van de freesmachine. Zo kan de machine een horizontale (x), verticale (y) en een op en neerwaartse beweging (z) uitvoeren.

Als vervolg uit de vorige aanbeveling zou de motorklem niet alleen loodrecht naar beneden of onder een hoek van 45 graden, maar ook een hoek van 90 graden kunnen maken. Door de drie vrijheidsgraden zou er dan bijvoorbeeld ook in een wand op verschillende hoogtes gefreesd kunnen worden.

Om niet met een pomp boven het wateroppervlakte verbonden te zijn en zo meer vrijheid te hebben kan er gekeken worden of er een pomp of iets dergelijk op de machines vastgemaakt kan worden. Als dit mogelijk is zal er dan ook gekeken moeten worden hoe deze zo compact en licht mogelijk gehouden kan worden. Een te grote en zware constructie is voor een duiker onmogelijk om te verplaatsen.

## 6. Literatuurlijst

### 6.1 Boeken

Budinski, K., & Budinski, M. (2009). *Materiaalkunde* (8e druk). Amsterdam: Pearson Education Benelux B.V.

Kals, H.J.J. (2007). *Industriële productie: Het voortbrengen van mechanische producten* (4<sup>e</sup> druk). Den Haag: Sdu Uitgevers bv.

Muhs, D. (2005). *Roloff / Matek Machineonderdelen: Theorieboek* (4<sup>e</sup> druk). Den Haag: Sdu Uitgevers bv.

Muhs, D. (2005). *Roloff / Matek Machineonderdelen: Tabellenboek* (4<sup>e</sup> druk). Den Haag: Sdu Uitgevers bv.

Ashby, M.F. (2005). *Materials Selection in Mechanical Design* (3<sup>e</sup> druk). Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann

Inge Oskam & Lukien Hoiting (2012). *Ontwerpen van technische innovaties: door onderzoek, creatief denken en samenwerken* (1<sup>e</sup> druk). Noordhoff Uitgevers B.V.

### 6.2 Catalogi

Werktuigbouwkunde componenten

[www.maedler.nl](http://www.maedler.nl)

Glijlagers

[www.igus.nl](http://www.igus.nl)

Metalen

[www.mcb.nl](http://www.mcb.nl)

Werktuigbouwkunde componenten

[www.eriks.nl](http://www.eriks.nl)

Slangkoppelingen

[www.dicsaes.com](http://www.dicsaes.com)

Metaalbewerkingen

[www.nieuwstratenmetaalbewerking.nl](http://www.nieuwstratenmetaalbewerking.nl)

### 6.3 Internetlinks

Helpdesk water, Rijksoverheid

<http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/kust-zee/natuur-milieu/>

Corrosie

<http://www.corrosiecentrum.nl/>

Magswitch

<http://magswitch.com.au/>

O ring calculator

<http://oringcalculator.eriksgroup.com/>

Informatie tandwielen

[www.tandwiel.info](http://www.tandwiel.info)

Vacuüm bestrating

[www.nimatech.nl/](http://www.nimatech.nl/)