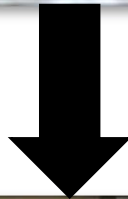
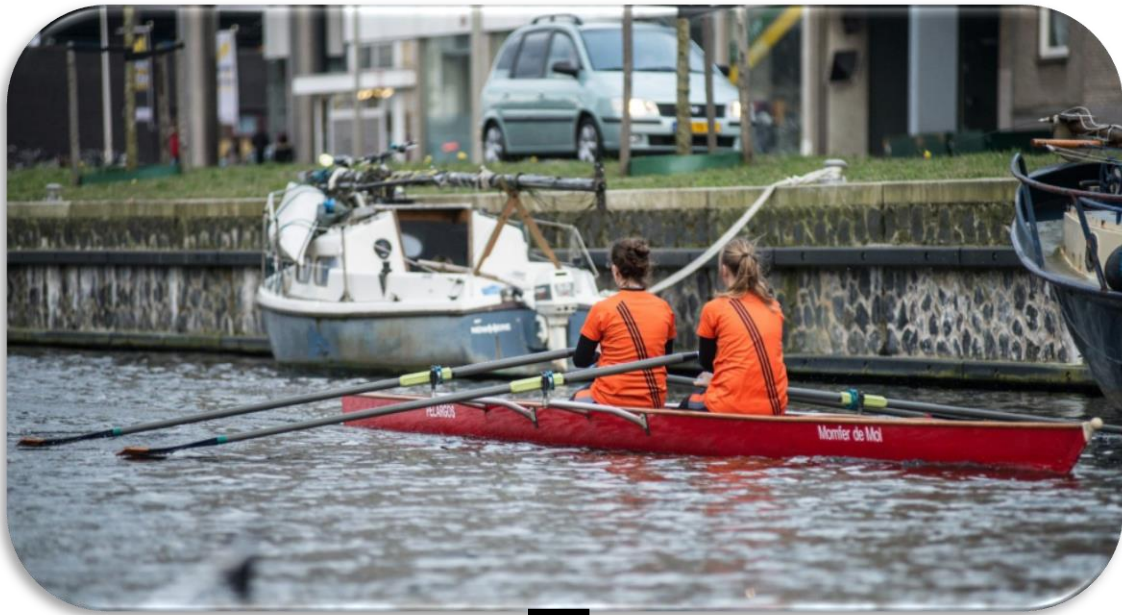


Van 'boothaal' naar 'bakhaal'



Van 'boothaal' naar 'bakhaal'

Auteur	Jonneke Hoogewoud
Studentnr.	12008087
Opleiding	Mens en Techniek Bewegingstechnologie De Haagse Hogeschool
Periode	Afstuderen Maart 2017 – juni 2017
Begeleider	Hubert Meulman Antoon Dobbelsteen
Bedrijf	D.R.V. Proteus – Eretes
Begeleider	Maarten Blokland
Datum	14-06-2017
Plaats	Den Haag

Voorwoord

Voor u ligt het verslag geschreven naar aanleiding van mijn afstudeeropdracht voor de opleiding Mens en Techniek | Bewegingstechnologie aan De Haagse Hogeschool te Den Haag. De opdracht is tot stand gekomen door een samenwerking van het expertisecentrum BT en de studentenroeivereniging D.S.R. Proteus-Eretes te Delft. Proteus-Eretes wil graag een roeibak bouwen, waarvoor ze verschillende onderzoeken hebben uitgezet. Omdat ik zelf al vijf jaar lid ben van de studentenroeivereniging H.S.R.V. Pelargos te Den Haag was mijn interesse gewekt voor dit onderzoek toen dit aangeboden werd .

Graag wil ik van de gelegenheid gebruik maken om mijn begeleiders van De Haagse Hogeschool, Hubert Meulman en Antoon Dobbels, te bedanken voor de begeleiding en feedback op de verschillende onderdelen van dit verslag. Daarnaast wil ik graag ook mijn begeleiders vanuit Proteus-Eretes bedanken voor het uitschrijven van de onderzoeken en het begeleiden, Maarten Blokland, Jelte Doeksen en de overige leden van de werkgroep Roeibak in Aanbouw.

Ik wens u veel leesplezier.

Jonneke Hoogewoud
Den Haag, juni 2017

Inhoud

Samenvatting	4
Verklarende woordenlijst.....	5
1. Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding.....	6
1.2 Randvoorwaarden.....	8
1.3 Doel	8
1.4 Leeswijzer	8
2. Analyse	9
2.1 Biodynamische analyse	9
2.1.1 Blad.....	9
2.1.2 Krachten op blad	10
2.1.3 Afstelling en materiaal	13
2.1.4 Bootsnelheid	14
2.1.5 Boottype	15
2.1.6 Samen roeien	15
2.1.7 Balans	15
2.2 Fases.....	16
3. Eisen en Wensen	21
3.1 Eisen	21
4. Ontwerp	22
4.1 Roeibakken.....	22
4.2 Ergometers.....	23
4.3 Oplossingen.....	24
5. Evaluatie	27
6. Discussie	28
7. Conclusie en Advies.....	29
7.1 Conclusie	29
7.2 Advies	29
Bibliografie	31
Bijlage I Projectplan.....	32
Bijlage II Persoonlijke leerdoelen	39

Samenvatting

D.S.R. Proteus-Eretes (PE), studentenroeivereniging in Delft, wil haar roeiers faciliteiten bieden, zodat er zo optimaal mogelijk getraind kan worden. Hiervoor zijn er op dit moment verschillende faciliteiten beschikbaar. Een roeibak behoort echter nog niet tot deze faciliteiten. Een roeibak is een indoor trainingsfaciliteit waarin roeiers op elk moment kunnen trainen. De roeibak kan door één roeier of meerdere roeiers tegelijk worden gebruikt. Doordat er in de roeibak gebruik gemaakt wordt van eenzelfde riem als in de boot op het water zijn de roeibewegingen bijna identiek aan elkaar. Om deze roeibak zo optimaal mogelijk te maken, is dit onderzoek opgesteld. In dit onderzoek wordt er gekeken wat de oorzaak is voor de veranderende weerstand op het blad gedurende de boothaal, welke aspecten invloed hebben op de boothaal en er worden oplossingsrichtingen gegeven voor de eisen die voortkomen uit de twee voorgaande onderzoeken.

Gedurende de analyse is er gekeken welke krachten onder water op het blad werken en hoe deze veranderen gedurende de haal. De krachten op de haal zijn afhankelijk van de hoek tussen de riem en de boot en afhankelijk van de snelheid van de boot. De krachten worden berekend met de volgende formule:

$$F_T = \frac{1}{2} C_T \rho A v^2$$
$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A v^2$$

De snelheid heeft een grote invloed op de krachten die werken op het blad. Hoe hoger de snelheid hoe groter de kracht op het blad dus hoe hoger de weerstand. In een statische roeibak vindt deze snelheidsverandering niet plaats. Hier blijft de dol stil ten opzichte van het water. Daarom is de weerstandsverandering gedurende een bakhaal in een statische roeibak erg klein. Daarnaast is er gekeken naar hoe dit krachtverloop is gedurende de boothaal.

Naast de snelheid van de boot zijn er andere aspecten naar voren gekomen die invloed hebben op de beweging en het gevoel van de roeier. De afstelling van het materiaal heeft invloed op de overbrengverhouding van de kracht van de roeier op het water. Voor iedere roeier dient deze instelbaar te zijn. Het type boot waarin iemand roeit, bepaalt de intensiteit waarmee iemand kan duwen tegen het voetenbord. Daarnaast is het van belang dat roeiers die samen in een boot roeien, synchroon roeien en voelen wanneer de ander kracht levert op het voetenbord. Wanneer niet alles in de haal synchroon gebeurt, raakt de boot uit balans. Deze zal overhellen naar één zijde waardoor bewegingen lastig zijn en de boot gedurende de recover meer afremt dan nodig.

De boothaal is op te delen in acht fases. Per fase zijn er vier vragen beantwoord om er achter te komen wat er gebeurt en hoe dit voelt voor de roeier. Hier is uit voortgekomen dat het eerste deel van de beentrap de grootste invloed heeft op de snelheid van de boot. De bootversnelling is gedurende deze periode het grootst. Daarnaast is er gevonden dat de recover weinig kracht mag kosten. Zowel het inzetten van de recover, als de recover zelf.

Door het onderzoeken van een dynamische roeibak en roeiergometers is er een begin gemaakt aan oplossingen voor de eisen voortkomend uit het onderzoek. Daarnaast is er gebrainstormd over oplossingsrichtingen voor de verschillende eisen.

De externe weerstand die vastgemaakt wordt aan het bewegende onderdeel kan het beste een vliegwieltje zijn. De instellingen kunnen verwezenlijkt worden door bestaande materialen. Voor sommige eisen is mogelijk meer onderzoek nodig. Dit hangt samen met de keuzes die er gemaakt worden gedurende het ontwerp.

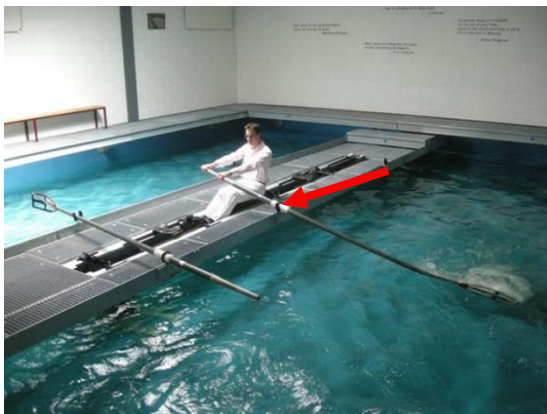
Verklarende woordenlijst

Aanhaalhoogte	De hoogte waarop de riem gedurende de haal naar de borst beweegt.
Bakhaal	De haal die gemaakt wordt in een roeibak.
Beentrap	Het gedeelte van de haal waarin de benen plat geduwd worden.
Boothaal	De haal die gemaakt wordt in een normale roeiboot op het water.
Dol	Onderdeel van de boot waarmee de riem met de boot verbonden is.
Dynamische roeibak	Roeibak waarbij de rigger beweegt ten opzichte van het water.
Haal	Gedeelte van de roeibeweging van inpik tot uitpik.
Inpik	Begin van de haal, moment waarop het blad in het water wordt geplaatst.
PE	Delftse Studenten Roeivereniging Proteus-Eretes.
Recover	Gedeelte van de roeibeweging waarbij het bankje beweegt richting het voetenbord en de knieën omhoog gaan.
Riem	Paal met blad die gebruikt wordt tijdens het roeien om de boot voort te bewegen.
Rigger	Onderdeel van de boot waarmee de riem aan de boot verbonden is.
Rugswing	De beweging van de rug naar achteren gedurende de haal.
Slidings	Geleiders waar het bankje over heen beweegt gedurende de haal en recover.
Slip	Horizontale verplaatsing van het blad door het water heen wanneer het onderwater is.
Statische roeibak	Roeibak waarbij de rigger niet beweegt ten opzichte van het water.
Uitpik	Einde van de haal, moment waarop het blad uit het water wordt gehaald.
Voetenbord	Onderdeel van de boot waar de voeten aan vast zitten en de kracht op uitgeoefend wordt.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

D.S.R. Proteus-Eretes (PE) is een studentenroeivereniging in Delft met circa 850 leden. PE wil haar roeiers faciliteiten bieden, zodat er zo optimaal mogelijk getraind kan worden. Hiervoor zijn op dit moment verschillende faciliteiten beschikbaar. Er is onder andere een botenloods gevuld met een heel diverse vloot en een krachthonk. Een roeibak behoort echter nog niet tot deze faciliteiten. De roeibak kan een toegevoegde waarde hebben bij onder andere het uitleggen en aanleren van de roeibeweging, maar ook voor roeiers op hoog niveau. Een roeibak is een (over het algemeen) overdekte bak water waarin een of meer roeiplekken zijn nagemaakt. In figuur 1 en 2 zijn voorbeelden te zien van een roeibak. In figuur 1 zien we een roeibak voor vier personen die op dit moment door één persoon wordt gebruikt. Deze persoon heeft een riem vast met aan het uiteinde een blad met gaten erin. Het blad wordt door een stilstaande bak water bewogen. De gaten in het blad zorgen dat de beweging niet te zwaar is. Met een pijl is weergegeven waar de dol zit. Dit is het punt waar de riem draait ten opzichte van de roeier. In figuur 2 is een roeibak te zien voor vier personen die op dit moment ook gebruikt wordt door vier personen. Elke persoon heeft twee riemen met bladen die door een stilstaande bak water worden bewogen.



Figuur 1: Voorbeeld roeibak voor vier personen, gebruikt door één persoon. Rode pijl geeft de dol aan (123Architecten, sd).

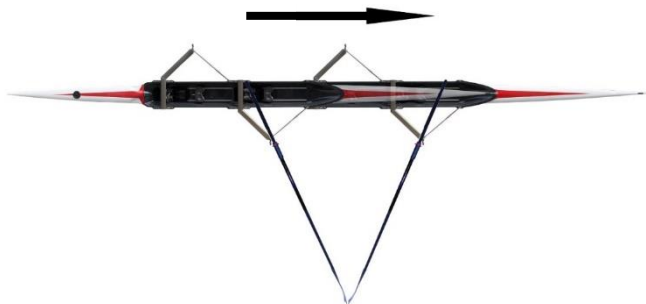


Figuur 2: Voorbeeld roeibak voor vier personen. Gebruikt door vier personen, iedere persoon heeft twee riemen vast (RV Rijnmond, 2017).

In een roeibak kan de haal geoefend worden met een riem die ook in de boot gebruikt wordt. Op deze manier is de beweging die de roeier maakt bijna identiek aan de beweging die de roeier maakt in de boot. De beweging die de roeier maakt in de roeibak wordt de bakhaal genoemd en de haal in de boot de boothaal. De toevoeging van een roeibak is dat de coach dicht bij de roeiers staat en direct feedback kan geven op de beweging. Ook kunnen er spiegels geplaatst worden naast de roeibak, zodat de roeiers zichzelf kunnen zien. Het laatste voordeel is dat er bij het trainen in een roeibak geen rekening gehouden hoeft te worden met weersomstandigheden. Er kan getraind worden wanneer het buiten vriest, stormt of donker is.

Om deze faciliteit aan de roeiers te kunnen bieden, is het plan ontstaan bij PE om een eigen roeibak te bouwen. Echter wilt ze geen standaard roeibak bouwen, omdat de roeivereniging deze niet optimaal vindt. PE denkt dat de technologie op dit moment ver genoeg is om een roeibak te bouwen, waarbij de bakhaal nog meer gelijk is aan de boothaal. De beweging die uitgevoerd wordt oogt hetzelfde, maar wanneer er goed gekeken wordt naar de verschillende halen wordt duidelijk dat de dynamica totaal verschillend is. Dit heeft voornamelijk te maken met de ontbrekende beweging van de roeiplek ten opzichte van het water. Doordat de dol zich

in de roeibak niet verplaatst ten opzichte van het water, moet het blad van de riem zich verplaatsen door het water heen. In plaats van dat de dol verplaatst ten opzichte van het water waardoor het blad op dezelfde plek blijft in het water. Het verplaatsen van het blad door het water heen wordt slip genoemd. Tijdens de boothaal wil men zo weinig mogelijk slip hebben om de boot zo efficiënt mogelijk te verplaatsen. In figuur 3 en 4 zijn de twee situaties weergegeven. In figuur 3 is te zien dat de boot zich verplaatst ten opzichte van de plek waar het blad het water in gaat. In figuur 4 is te zien dat de dol op dezelfde plek blijft en het blad zich verplaatst ten opzichte van de dol. Door dit verschil in wat er beweegt, is er een verschil in de kracht en arbeid die de roeier kan leveren, dit komt doordat de weerstand op het blad niet gelijk is.



Figuur 3: Verplaatsing van de boot en de beweging van het blad gedurende de boothaal.



Figuur 4: Blad en riem verplaatsing gedurende de bakhaal

PE wil graag weten wat de oorzaak is van deze weerstandsverandering, hoe dit voelt voor de roeier en of het mogelijk is deze weerstandsverandering ook te voelen in de roeibak. Om deze vragen te kunnen beantwoorden, wordt er onderzoek gedaan naar de boothaal. Tijdens het onderzoek naar de boothaal zal er niet alleen gekeken worden naar de weerstandsverandering. Ook zal er gekeken worden welke aspecten van de haal belangrijk zijn voor het gevoel van de roeier. Deze punten mogen niet uit het oog verloren worden wanneer de weerstand beïnvloed wordt. Er zal een advies worden gegenereerd waarin oplossingsrichting(en) word(t)(en) gegeven voor het vraagstuk en een lijst met punten waar op gelet moet worden tijdens het ontwerpen van de roeibak.

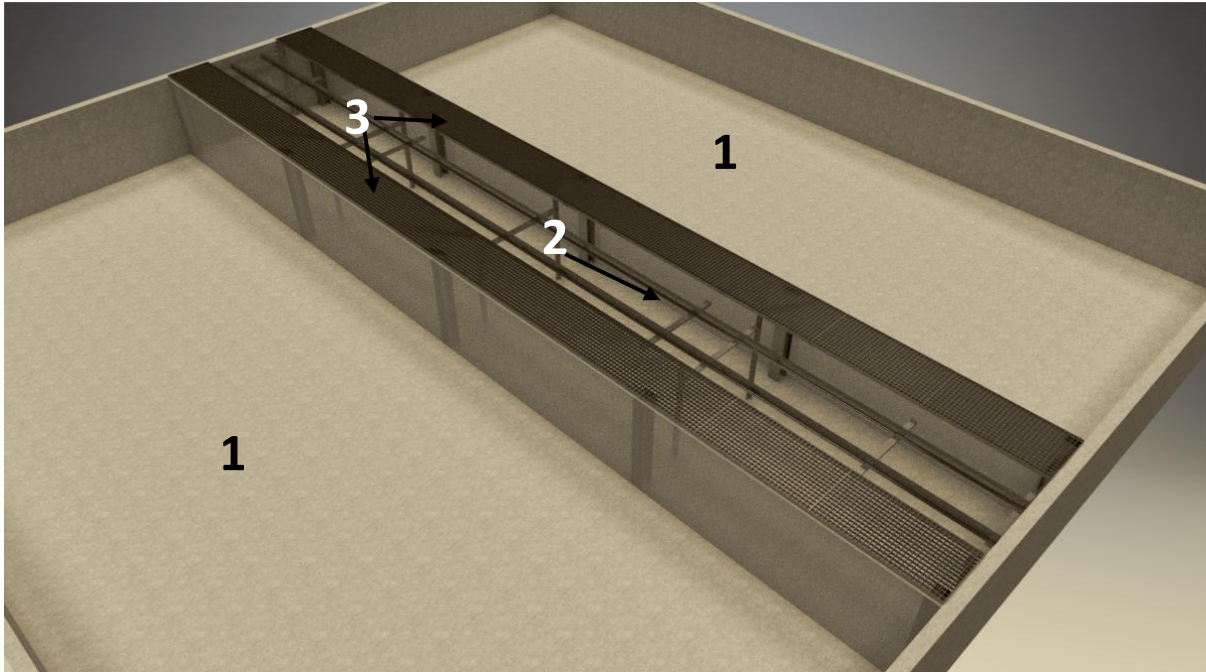
Het grootste verschil tussen de boothaal en de bakhaal is de bootversnelling ten opzichte van het blad en het water. Het is dan ook zeer logisch dat de bootversnelling grote invloed heeft op de weerstand op het blad (Baudouin, 2002). Er zijn drie aspecten die invloed hebben op de versnelling van de boot naast de geleverde kracht van de roeier. Dit zijn de weerstand van de boot, het gewicht van de roeier en het aantal roeiers (Plez, 2014).

Een bestaande oplossing voor dit probleem is het laten stromen van het water in de bak (Peterson-Architects, 2009). Door de stroming van het water verplaatst het water zich gedurende de haal ten opzichte van de dol. Hierdoor verandert de weerstand op het blad gedurende de haal. Het grootste verschil met de boot is dat de snelheid nu bepaald wordt door de stroomsnelheid van het water. Als roeier moet je je aanpassen aan de snelheid van het water, in plaats van dat de bootsnelheid zich aanpast aan jouw haal.

PE heeft gekeken naar deze mogelijkheid, maar ziet hier van af. De voornaamste reden zijn de kosten die deze optie met zich mee brengt. De aanschafkosten en de jaarlijkse kosten zijn voor een studenten- roeivereniging niet te betalen.

1.2 Randvoorwaarden

Vanuit de opdrachtgever PE zijn er een aantal randvoorwaarden gegeven voor het ontwerp. De belangrijkste randvoorwaarde is dat de weerstand op het blad verandert gedurende de haal. Deze weerstand mag echter niet afhankelijk zijn van instellingen van het blad. PE wil de vrijheid hebben om het blad te kunnen veranderen. Er is voorafgaand aan dit onderzoek al een basisontwerp gemaakt voor de roeibak. Dit ontwerp is zichtbaar in figuur 5. Hier zijn twee bakken zichtbaar waar water in komt en de rails waar een bakje over kan bewegen. Dit kan in zijn geheel bewegen of een onderdeel van het bakje. De positie van de rails is nog aan te passen in hoogte en breedte. Met 1 zijn de bakken weergegeven waar het water in komt. Het water is een randvoorwaarde.



Figuur 3: Basisontwerp roeibak PE, 1 geeft de bakken weer waar het water in komt, 2 is de rails waar het bakje op komt en 3 zijn de steigers langs het bakje om bij het bakje te kunnen komen.

1.3 Doel

Het doel van dit project is om een advies te creëren wat gebruikt kan worden bij het ontwerpen van de roeibak. In dit advies staat centraal welke aspecten de weerstand beïnvloeden en welke aspecten belangrijk zijn tijdens de boothaal. Daarom dus moeten terug komen in de bakhaal zodat deze op gebied van dynamica gelijk aan elkaar zijn. Daarnaast worden er oplossingsrichtingen gegeven voor de eisen die voortkomen uit de analyse.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de analyse beschreven van de boothaal met de acht fases. In hoofdstuk 3 zijn de eisen weergegeven voortkomend uit de analyse in hoofdstuk 2. Voor deze eisen worden in hoofdstuk 4 oplossingen gegeven. In hoofdstuk 5 er teruggekeken naar de lijst met eisen om te concluderen welke er wel en niet een oplossing hebben. In hoofdstuk 6 wordt er kritische gekeken naar het analyse- en ontwerpproces. Het advies is te lezen in hoofdstuk 7.

2. Analyse

Om iets te kunnen zeggen over aspecten die invloed hebben op de boothaal moet deze uitgebreid geanalyseerd worden. Daarbij wordt er onderzocht wat de oorzaak is van de weerstandsverandering op het blad gedurende de boothaal en waardoor dit in een statische roeibak niet gebeurt. Dat gebeurt in dit hoofdstuk. Er wordt eerst gekeken naar het krachten spel en algemene aspecten die de gehele haal, of een groot deel van de haal gelden. Zo wordt er een goed beeld verkregen van de boothaal. In deze algemene analyse komt ook de weerstandverandering naar voren. In hoofdstuk 2.2 wordt de haal opgedeeld in verschillende fases en wordt er naar elke fase uitgebreid gekeken wat er gebeurt en hoe dit voelt voor de roeier.

2.1 Biodynamische analyse

De basisprincipes zijn simpel, de kracht die de roeier kan leveren wordt overgebracht op het water door aan de riem te hangen en op de benen te staan waardoor het bankje over de slidings naar achteren beweegt. Deze kinematische keten is zichtbaar in figuur 7. De beweging van de boot zelf, waarom deze zich verplaatst, is wat ingewikkelder. De boot krijgt snelheid doordat het blad van de riem tegen het water aan duwt. Maar water is een vloeibare substantie. Om toch tegen het water aan te kunnen duwen in plaats van er door heen te duwen, is er een krachtenevenwicht nodig onderwater. Net als de krachten op het blad en de riem en de invloed van de afstelling, bootsnelheid, bootindeling, synchroon roeien, boottype en balans. Deze onderdelen zullen eerst voor de gehele haal bekeken worden, tijdens de analysefase zullen de onderdelen meegenomen worden.

Aan de hand van deze analyses wordt er een lijst opgesteld met alle aspecten die invloed hebben op de boothaal en hoe deze voelt voor de roeier. Per aspect wordt er bekeken hoe belangrijk ze zijn en of deze terug moet komen in de bakhaal. Hieruit volgt een lijst met eisen voor de roeibak. In hoofdstuk 3 is deze lijst weergegeven.

2.1.1 Blad

Om de principes van de haal goed uit te kunnen leggen is er kennis nodig van verschillende begrippen. Het is van belang om te weten hoe een riem er uit ziet en hoe deze zich gedurende de haal door het water beweegt.

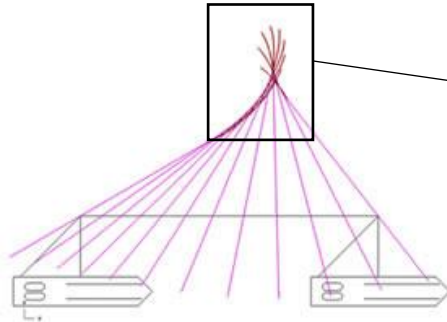


Figuur 6: Riem zoals gebruikt tijdens de boothaal. L_1 is de binnenhandle, L_2 is de buitenhandle, D is het punt wat tegen de dol zit en hierdoor ook het draaipunt is. Met 1 is het blad aangegeven, hier grijpen de krachten in het water aan en 2 is het handvat, hier grijpt de handkracht aan (Baudouin, 2002).

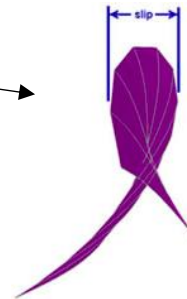
In figuur 6 is een riem weergegeven. L_1 is de binnenhandle, L_2 is de buitenhandle. L_1 en L_2 vormen samen de riem. D geeft het punt aan dat tegen de dol aanzit. Dit is het draaipunt van de riem. Met 1 is het blad aangegeven, hier grijpen de krachten in het water aan en 2 is het handvat, hier grijpt de handkracht aan.

Zoals eerder aangegeven, beweegt de boot ten opzichte van het blad. Maar het blad staat ook in optimale situatie niet volledig stil in het water. Omdat de hoek tussen de boot en de riem

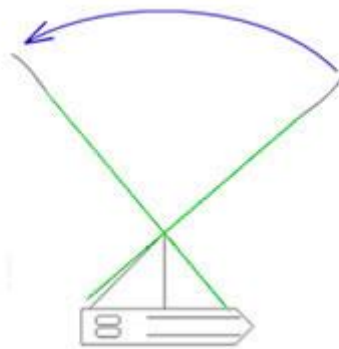
verandert, is de afstand van het blad tot de boot niet altijd gelijk. Daarom zal het blad iets verplaatsen in het water. Ook is het niet te voorkomen dat er helemaal geen slip is. In figuur 7 en 8 is te zien wat voor pad het blad aflegt gedurende de haal. In figuur 9 is weergegeven wat het pad van het blad is in een statische roeibak.



Figuur 7: Boven-aanzicht beweging blad gedurende boothaal (Concept2, 2017).



Figuur 8: Detail bladbeweging gedurende boothaal (Concept2, 2017).



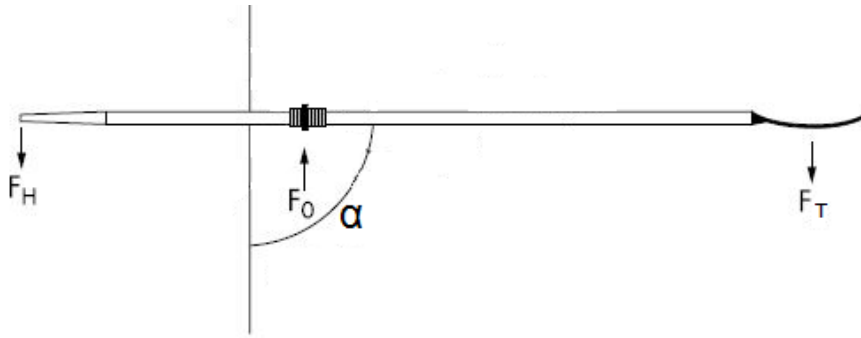
Figuur 9: Blad verplaatsing gedurende een bakhaal (Concept2, 2017).

2.1.2 Krachten op blad

Wanneer het blad in het water wordt geplaatst, zal er een kracht geleverd worden door het water op het blad. Weergegeven in figuur 10. Deze kracht is te ontbinden in twee verschillende krachten. Een liftkracht en een trekkracht. Met de trekkracht wordt de kracht bedoeld die tegen de stromingsrichting in werkt en het voorwerp in zijn beweging afremt. De grootte van deze krachten hangt af van de hoek die het blad maakt met de boot en de snelheid waarmee de boot en de riem door het water bewegen. De snelheid heeft een grote invloed, deze wordt namelijk gekwadrateerd. De verhouding tussen de twee krachten is als volgt:

$$F_T/F_L = \tan \alpha$$

Hierin is α de hoek van inval. Dit is de hoek die de riem maakt met de boot (Pulman, 2008). Dit wordt ook wel de vleugeltheorie genoemd. Hoek α is weergegeven in figuur 10.



Figuur 10: bovenaanzicht blad, met hoek α (Baudouin, 2002).

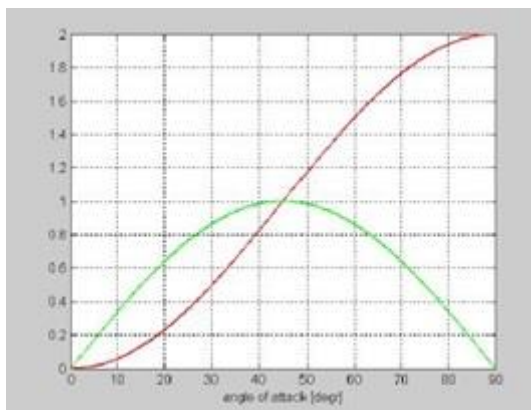
Ook zijn de krachten afhankelijk van de snelheid van de boot.

$$F_T = \frac{1}{2} C_T \rho A v^2$$

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A v^2$$

Hierin zijn C_T en C_L de coëfficiënten van de trek- en liftkracht, is V de snelheid van de boot en is A de oppervlakte van het blad. V is de snelheid waarmee de boot door het water beweegt. (Pulman, 2008).

Caplan and Gradner hebben onderzoek gedaan naar de verhouding tussen deze twee coëfficiënten. De coëfficiënt is de enige waarde die de twee formules onderscheidt. Dit maakt dat de coëfficiënten dezelfde verhouding hebben als de krachten. In figuur 11 geeft de rode lijn de curve van C_T weer en de groene lijn de curve van C_L (Holst, 2011).



Figuur 11: Verhouding C_T en C_L (Holst, 2011)

De groene lijn geeft een parabolische curve weer. Wanneer de riem een hoek van 45 graden maakt met de boot zijn beide coëfficiënten gelijk, beide een waarde van 1. Voor coëfficiënt C_T is dit ook de maximale waarde. C_L bereikt de maximale waarde aan het einde van de haal.

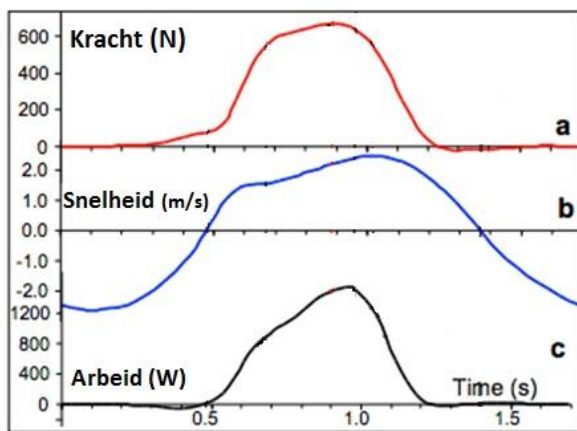
De verandering van hoek heeft dus invloed op de waarde van de coëfficiënt wat op zijn beurt weer invloed heeft op de kracht.

Naast dat de coëfficiënt invloed heeft op de kracht, heeft de snelheid van de boot dit ook. Gedurende de haal verandert de snelheid van de boot door de kracht die er geleverd wordt. Wanneer de snelheid hoger wordt, wordt de weerstand ook groter. Deze snelheidsverandering wordt in een statische roeibak niet teweeg gebracht, waardoor hier de verandering van de weerstand minimaal is.

Door de weerstand op het blad kan er aan de andere kant van de riem een kracht geleverd worden door het lichaam, F_H in figuur 10. Hieronder worden de krachten verstaan die het lichaam levert. Deze kracht wordt voornamelijk geproduceerd door de benen. De kracht van de benen wordt door de rug en de armen overgebracht op de riem (Baudouin, 2002).

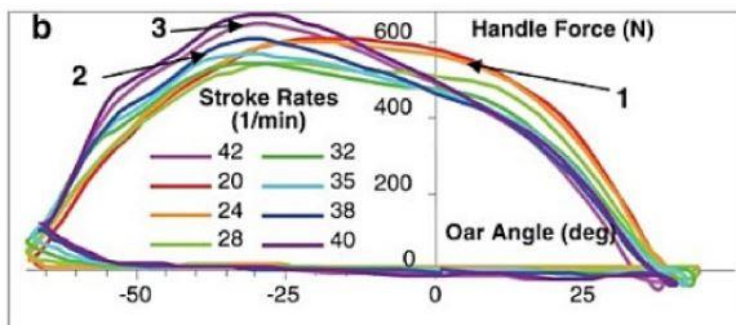
Om met het blad tegen het water aan te duwen en niet er door heen te trappen, is een krachteenevenwicht nodig. Hierdoor hangt de maximaal te leveren handkracht dus samen met de krachten die onder water op het blad werken. Omdat deze afhangen van de hoek van het blad, en dus de positie van de roeier, ziet de curve van het krachtverloop van de handkracht er uit zoals de rode lijn in figuur 12, dit is een curve van een haal op tempo 36 slagen/minuut. De handkracht wordt weergegeven in Newton. De blauwe lijn geeft de snelheid van de roeier weer ten opzichte van de boot, deze snelheid wordt weergegeven in meter/seconde. De zwarte lijn geeft het vermogen weer dat de roeier levert.

Het vermogen wordt weergegeven in Watt. De formule van vermogen is: $P = F \times t$. Daarom heeft de versnelling die het lichaam maakt gedurende de haal invloed op de hoeveelheid energie die nodig is om een bepaalde kracht te leveren. Zo kost het leveren van een kracht aan het begin van de haal minder energie dan het leveren van diezelfde kracht aan het einde van de haal (Kleshnev, Force and power in rowing, 2014).



Figuur 12: Kracht (a), snelheid(b) en energie (c) verloop gedurende de haal (Kleshnev, Force and power in rowing, 2014)

Wanneer er gedetailleerder naar het krachtsverloop gedurende de haal gekeken wordt, is zichtbaar dat dit niet iedere haal hetzelfde is. Het tempo waarmee de roeier roeit, bepaalt het moment van de piek van de kracht. Bij lage tempo's, 20/24/28 slagen/min, ligt die piek later in de haal dan op hoge tempo's. Dit verschil per haal is te zien in figuur 13.



Figuur 13: Handkracht gedurende de haal bij verschillende tempo's (Kleshnev, The Biomechanics of rowing, 2016).

Eis 1

Het krachtverloop dat de roeier kan leveren zonder druk op het blad te verliezen is gelijk aan de curve zichtbaar in figuur 12a.

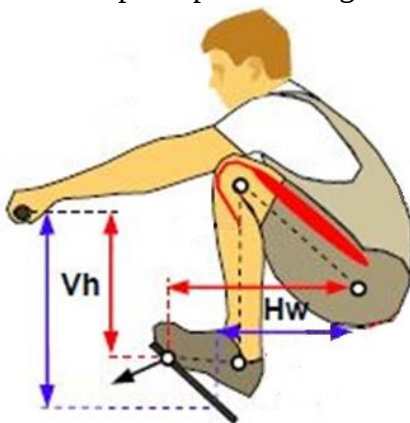
2.1.3 Afstelling en materiaal

In het vorige stuk wordt al toegelicht dat de hoek waaronder het blad in het water wordt geplaatst invloed heeft op de kracht die een roeier kan stellen. Het afstellen van een roeiplek is dus erg belangrijk. De keuze voor de afstelling heeft veel invloed op de intensiteit en efficiëntie van een haal. Om het blad onder de juiste hoek in te stellen, moeten er verschillende onderdelen worden ingesteld.

- Voetenbord
- Dolhoogte
- Dolafstand
- Riem, binnen-/buitenhandle

De afstelling van deze onderdelen is voor elke roeier en elk boottype anders. De informatie over deze afstelling is verkregen bij de KNRB.

De efficiëntie waarmee een roeier zijn kracht kwijt kan, wordt voornamelijk bepaald door de plaats, hoogte en hoek van het voetenbord. Met de plaats van het voetenbord wordt bepaald met welke hoek het blad in het water wordt geplaatst en onder welke hoek het blad het water uit gaat. Van belang is dat deze hoek bij elke roeier in de boot hetzelfde is, zodat de halen even lang zijn en de plaatsingshoek hetzelfde. De hoogte van het voetenbord en de hoek bepalen hoe de roeier zijn kracht kan leveren op het voetenbord. Dit heeft te maken met de flexibiliteit van de roeier. Het is van belang dat de roeier in het begin van de haal met de voorvoet op het voetenbord duwt en gedurende de haal deze druk verplaatst naar de middenvoet. Om op de voorvoet te kunnen duwen moeten de hielen in de catchpositie van het voetenbord af zijn. Deze positie bepaalt de mate van de verticale en horizontale component van de kracht. Wanneer men op de tenen duwt in het begin van de haal wordt de hefboom van de verticale component verkleind ten opzichte van duwen met de hielen en de hefboom met de horizontale component vergroot. Wanneer de verticale component te groot is, duwt de roeier zichzelf omhoog en komt deze los van het bankje. Wanneer de roeier los komt van het bankje kan de haal niet afgemaakt worden. Dit principe wordt afgebeeld in figuur 14 (Kleshnev, Q&A, 2008).



Figuur 14: Invloed afstelling voetenbord op krachtlevering van roeier. Vh is de verticale component, Hw is horizontale component. De rode lijnen geven de componenten weer wanneer er op de tenen wordt geduwd, de blauwe de hefboomen voor duwen met de hielen (Kleshnev, Q&A, 2008).

De dolhoogte is van belang voor de aanhaalhoogte en de lengte van de haal. Wanneer de dol te hoog staat afgesteld, moet de roeier de binnenhandle erg hoog houden om het blad onder water te kunnen houden. Wanneer deze hoogte boven het borstbeen uitkomt, kan een roeier niet meer efficiënt kracht leveren. Daarom zal de roeier de riem op een lagere hoogte naar zich toetrekken en zal het blad voortijdig uit het water komen.

Met dolafstand wordt de afstand bedoeld tussen het midden van de boot en de dol. In figuur 15 aangegeven met a. De dolafstand heeft invloed op de verhouding tussen de binnen- en buitenhandle.



Figuur 15: Dolafstand, aangegeven met de rode lijn, a

Hieruit is op te maken dat het voor de efficiëntie waarmee de boot wordt verplaatst belangrijk is welke hoek het blad en dus de riem maakt met de boot. Om dit in de boot het meest efficiënt te kunnen doen bij ieder individu zijn er een aantal onderdelen die je kan instellen. Iedere persoon is namelijk niet even groot en haalt dus niet dezelfde uiterste standen. Het is dus van belang dat er bij de bak ook veel delen in te stellen zijn om deze efficiënte haal te kunnen maken.

Eis 2

De volgende onderdelen zijn per roeier instelbaar

- Riem
- Dol – hoogte en afstand
- Voetenbord – hoogte, hoek, positie
- Riem, binnen-/buitenhandel

2.1.4 Bootsnelheid

Over het algemeen is de snelheid van de boot het hoogst op het moment dat het blad uit het water is, er geen aanzwellende kracht meer is en de roeier naar het voetenbord beweegt (Pulman, 2008). Het moment dat er geen aanzwellende kracht meer is, verschilt per tempo. Onder de 24 slagen/min is de snelheid van de boot het hoogst bij de uitpik. De recover is dan volledig ontspannen waardoor de boot niet meer versnelt. Wanneer het aantal slagen hoger wordt dan 24 slagen/min heeft de beweging van de roeier tijdens de recover invloed op de bootsnelheid. Bij hoge snelheid trekt de roeier licht aan het voetenbord waardoor de boot versnelt, ook daalt de tijd van de recover enorm op hoge snelheid. Door deze kracht en korte recover is de bootsnelheid vlak voor de inpik het hoogst (Kleshnev, The Biomechanics of Rowing, 2016).

2.1.5 Boottype

In het roeien zijn er verschillende soorten boten. Het boottype wordt bepaald door verschillende factoren. Te weten:

- Wel of geen kiel
- Het aantal roeiers
- Wel of geen stuurman

De snelheid van de boot is afhankelijk van bewegingen van de roeier, het aantal roeiers en het gewicht van de roeier (Plez, 2014). Een boot is gemiddeld 5-8 keer lichter dan de roeier(s), dit verschil wordt iets kleiner omdat de voeten van de roeier vast zitten aan de boot via het voetenbord. Hierdoor is er een verhouding van 1:3-1:4. Dit maakt de boot 3 tot 4 keer zo licht als de roeier. De beweging van de roeiers heeft invloed op de beweging van de boot (Kleshnev, Force and power in rowing, 2014).

Eis 3

De intensiteit van de, mogelijk externe, weerstand is instelbaar voor de verschillende roeiers en het aantal roeiers.

2.1.6 Samen roeien

Het is van belang dat roeiers, wanneer ze met meer dan één in een boot zitten, synchroon roeien. De roeiers in een boot zijn mechanisch met elkaar verbonden door de voeten die vast zitten aan het voetenbord, en het voetenbord dat op zijn beurt weer vast zit aan de boot. Wanneer roeier 1 kracht begint uit te oefenen op het voetenbord en halverwege deze beweging roeier 2 kracht begint uit te oefenen heeft dit invloed op de efficiëntie waarmee roeier 1 zijn kracht kwijt kan en kan overbrengen op de riem. Het is te vergelijken met een trampoline. Wanneer twee personen tegelijk op dezelfde trampoline springen, maar niet synchroon, heeft dit invloed op de hoogte waarop iedere persoon kan springen. Wanneer persoon 2 op de trampoline landt wanneer persoon 1 maximaal is ingeveerd en wil uitveren, krijgt persoon 1 niet de energie van de trampoline mee omhoog en kan dus minder hoog springen (Kleshnev, The Biomechanics of Rowing, 2016).

Eis 4

Wanneer er met meer personen geroeid wordt, moet de beweging van roeier A gevoeld worden door roeier B etc.

2.1.7 Balans

De meeste roeiboten zijn gladde roeiboten, dit zijn roeiboten zonder kiel. Hierdoor zijn ze glad aan de onderkant en blijven ze niet zomaar netjes recht liggen in het water. Wanneer een roeier niet recht zit, een onverwachte beweging maakt of wanneer niet alle roeiers de beweging tegelijk uitvoeren kan dit als gevolg hebben dat de boot niet recht blijft liggen maar één kant op valt. Dit kan naar bak- of stuurboord zijn. Dit vallen naar één kant heeft verschillende gevolgen. De bladen aan die kant komen op het water te liggen, hierdoor wordt de boot afgeremd. Ook wordt hierdoor bemoeilijkt voor de roeier om klaar te zitten voor de inpik en deze beweging goed uit te voeren, de roeier heeft geen ruimte om het blad te draaien.

Eis 5

De roeiplek beweegt naar bak- en stuurboord wanneer de beweging van de roeier hier aanleiding toe geeft.

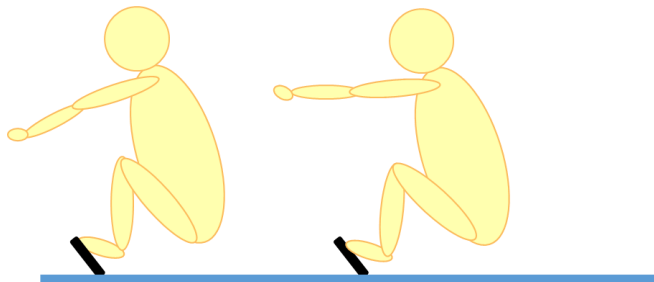
2.2 Fases

Om goed te begrijpen wat er gedurende de haal gebeurt, zal de haal opgedeeld worden in fases. Hierbij is gebruik gemaakt van de indeling van Kleshnev. De haal is ingedeeld in 8 fases, beginnend bij de inpik. Per fase zullen er vier vragen beantwoord worden om te begrijpen wat er gedurende de fase gebeurt.

De vier vragen zijn:

- Wat gebeurt er in de fase? (Kleshnev, The Biomechanics of Rowing, 2016)
- Welke kracht is er nodig om te bewegen?
- Wat is het effect op de boot?
- Hoe voelt dit voor de roeier/Wat is het effect op de roeier?

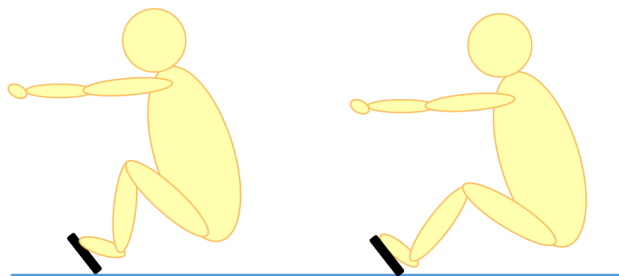
Fase 1



Figuur 16: Fase 1

- Het blad wordt in het water geplaatst door een opwaartse beweging van de armen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de zwaartekracht op de buitenhandle. Hierbij ontstaat opspattend water naar de achterkant van de boot doordat er druk geleverd wordt op het voetenbord. Hierbij beweegt het lichaam in zijn geheel een klein stukje van het voetenbord af. Doordat de kracht op het voetenbord langzaam wordt opgebouwd, kan de druk van het water op het blad worden opgezocht zodat de kracht kan groeien naar maximaal.
- Benen worden gestrekt om tegen het voetenbord te kunnen duwen.
- Deze periode duurt zeer kort. Het effect op de boot is minimaal. Dit omdat er nog geen druk op het blad is om een aanzwellende kracht te genereren.
- De roeier voelt een kracht tegen de riem waardoor de binnenhandle richting de boeg wil bewegen. Dit komt door de snelheid van de boot.

Fase 2



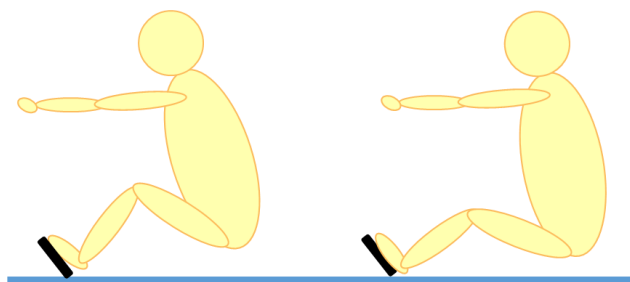
Figuur 17: Fase 2

- Eerste deel van de beentrap wordt gerealiseerd. Nadat de druk is opgezocht in fase 1 worden de knieën met kracht naar beneden geduwd. Deze kracht wordt gedurende de

haal opgebouwd tot een maximum. Dit veroorzaakt de eerste bootversnelling. De bootversnelling is in deze fase het grootst, de snelheid is echter nog niet maximaal.

- B Er wordt hard tegen het voetenbord geduwd waarbij de benen plat gaan. Hierdoor beweegt het bankje over de slidings naar de boeg van de boot. Daarnaast worden de rug en buikspieren aangespannen zodat de rug in positie blijft en de kracht van de benen over kan brengen op de riem.
- C De boot begint te versnellen door de kracht van de benen op het voetenbord die overgebracht wordt op het water door de riem. Door deze kracht draait de boot om het blad heen en verplaatst zich hierdoor.
- D De roeier voelt weerstand op de riem, door veel beenkracht voelt de roeier versnelling van de boot.

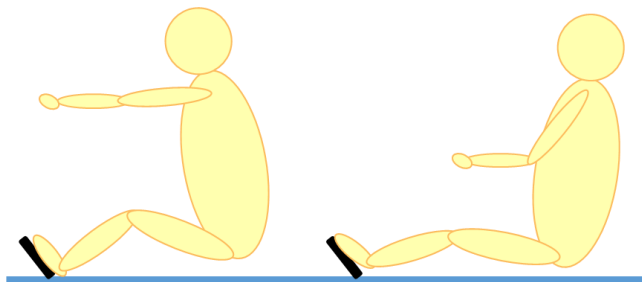
Fase 3



Figuur 18: Fase 3

- A In deze fase wordt de kracht van de beentrap verder vergroot. Daarnaast wordt er begonnen aan de rugswing. Wanneer de benen bijna plat zijn, wordt de rug naar achter bewogen zodat de kracht van de benen goed overgebracht kan worden op de riem.
- B Er wordt nog steeds hard tegen het voetenbord geduwd waarbij de knieën plat gaan. Daarnaast is er nog steeds spanning nodig van de buikspieren en worden de rugspieren gebruikt om de rug naar achteren te strekken.
- C Gedurende deze fase neemt de versnelling van het lichaam toe maar de versnelling van de boot neemt af. De snelheid van de boot neemt wel nog steeds toe. De krachten van het lichaam zijn in deze fase maximaal.
- D Roeier blijft druk voelen op het voetenbord en kan hangen aan de riem door de druk van het water op het blad.

Fase 4



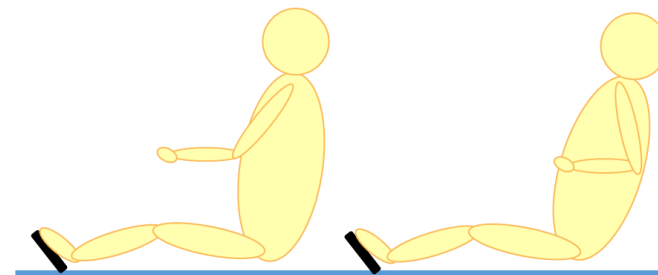
Figuur 19: Fase 4

- A In deze fase worden de benen helemaal plat geduwd. Wanneer de benen plat zijn blijft de roeier tegen het voetenbord duwen om druk te houden. Gelijktijdig met het laatste

deel van de benen wordt de rugswing verder afgemaakt. Wanneer de rug volledig naar achteren is worden de armen naar het lichaam toe bewogen om de riem verder mee te nemen.

- B Doordat de knieën naar beneden worden geduwd, leveren de benen een kracht op het voetenbord. De benen staan hier in een gunstige stand om veel kracht te leveren, echter kan er toch niet veel arbeid meer geleverd worden omdat het bankje nog maar weinig verplaatst (Klerks, 2008). Om wel voldoende arbeid te leveren, vult de rug de benen aan. Door de rugspieren wordt de rug naar achteren gestrekt en de spieren in de armen spannen aan om de riem mee te nemen naar achteren, hierbij blijven de schouders ontspannen. De armen worden pas gebruikt wanneer de rug klaar is, omdat de armen niet genoeg kracht hebben deze beweging eerder uit te voeren (Klerks, 2008).
- C Door de aanzwellende kracht in de voorgaande fases blijft de boot ook in deze fase versnellen ondanks dat de krachten die worden geleverd afnemen.
- D Druk op de armen door snelheid van de boot. Door de beweging van de boot beweegt het blad door het water en wil de riem naar het lichaam toe. Er is weinig kracht nodig om de armen naar het lichaam toe te bewegen.

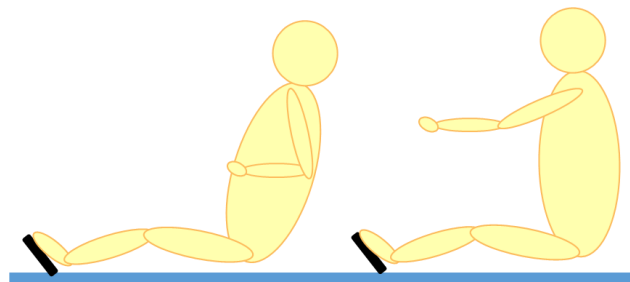
Fase 5



Figuur 20: Fase 5

- A De armen worden verder meegenomen naar het lichaam toe. Wanneer de handen bij de borst zijn brengen deze de binnenhandle naar beneden zodat het blad uit het water beweegt. Wanneer het blad uit het water is, wordt met de schouders de impuls van richting veranderd zodat de roeier kan beginnen aan de recover (Klerks, 2008).
- B Er is nog steeds kracht nodig in de benen om druk te houden op het voetenbord. Daarnaast worden de buikspieren aangespannen om niet te ver naar achter te vallen. Om de beweging af te maken worden de spieren in de armen aangespannen om de riem naar het lichaam te bewegen.
- C Doordat het blad uit het water is, kan er geen kracht meer worden overgebracht door middel van de riem op het water om zo de boot te versnellen. De versnelling neemt daarom ook erg af. Wel draagt de beweging van het lichaam en de kracht op het voetenbord nog bij aan de snelheid van de boot. Wanneer de roeiers de bladen tegelijk uit het water halen, zal de boot rechtdoor varen. Wanneer dit niet goed gebeurt, zal de boot scheef komen te liggen en dit zal de boot afremmen omdat de bladen op het water terecht komen, ook wordt de beweging dan niet door elke roeier tegelijk uitgevoerd, dit heeft een nadelig effect op de snelheid van de boot.
- D De roeier voelt de druk op het blad verdwijnen doordat het blad uit het water wordt gehaald, ondertussen voelt de roeier wel druk op het voetenbord door de snelheid van de boot. Dit helpt om beheerst aan de recover te beginnen.

Fase 6



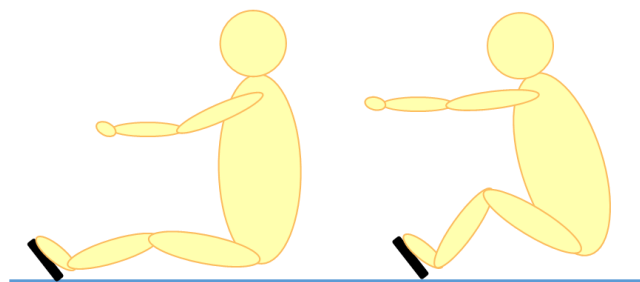
Figuur 21: Fase 6

- A Deze fase is het begin van de recover. De beweging van de schouders is al ingezet, de armen volgen om de riem van het lichaam af te bewegen. De schouders bewegen zich naar voren totdat deze zich voor het bankje bevinden (Klerks, 2008).
- B Buik- en rugspieren worden aangespannen om de rug in te buigen in de heupen. Door de armen te strekken, beweegt de riem van het lichaam af. Dit gaat met dezelfde snelheid als dat de riem naar het lichaam toe kwam gedurende de haal.

Ondanks dat de schouders eerder beginnen met de recover halen de armen de schouders meteen weer in. Dit komt omdat de massa van de armen+riem kleiner is dan de massa van het bovenlichaam (Klerks, 2008).

- C De bladen zijn al uit het water waardoor er weinig effect is op de snelheid van de boot mits alle roeiers de beweging juist en tegelijk uitvoeren. Anders kan de boot alsnog uit balans raken en remt dit de boot af.
- D De roeier voelt druk tegen zijn voeten van het voetenbord doordat de boot onder hem door wil bewegen. Op laag tempo het laatste stukje haal waar de roeier energie in stopt.

Fase 7

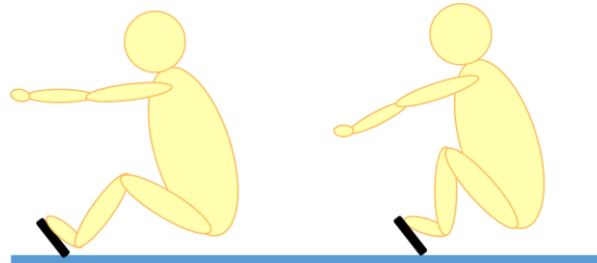


Figuur 22: Fase 7

- A Eerste deel recover van de benen. Nog een klein stukje armenstrekken en rug inbuigen tot deze in positie zijn om het blad te plaatsen. Daarna wordt er licht aan het voetenbord getrokken om naar het voetenbord toe te glijden over de slidings. De knieën zullen weer om hoog komen.
- B De buik- en rugspieren zullen aangespannen worden om de houding vast te houden. Daarnaast wordt de binnenhandle laag gehouden doordat het gewicht van het bovenlichaam er op leunt. Om de beweging van het bankje in te zetten is er een kleine kracht nodig in de benen en daarna ontspanning.
- C Door ontspanning in de benen beweegt de boot onder de roeier door. De kleine trekbeweging aan het voetenbord is de laatste kracht die bijdraagt aan de bootsnelheid.

- D Doordat de boot snelheid heeft en de voeten vast zitten aan het voetenbord voelt de roeier een duwkracht tegen de voeten. De boot duwt tegen de voeten aan en wil onder de roeier door glijden.

Fase 8



Figuur 23: Fase 8

- A Deze fase is het laatste deel van de recover. De rug en armen zijn klaar om te beginnen met de inpik. Het lichaam heeft een snelheid naar het voetenbord toe. Deze beweging wordt voortgezet totdat de onderbenen verticaal zijn, de hoek tussen onder- en bovenbeen mag niet kleiner zijn dan 45 graden (Klerks, 2008).
- B De buik- en rugspieren zijn nog steeds aangespannen om de juiste houding aan te houden. Ook de benen zijn nog steeds ontspannen om nog dichterbij het voetenbord te rijden. Wel wordt er licht kracht geleverd op het voetenbord om het lichaam af te remmen richting het voetenbord zodat de impuls van richting kan veranderen. Het veranderen van deze impuls gebeurt, in tegenstelling tot de uitpik, alleen met de benen (Klerks, 2008).
- C In het laatste deel van de recover begint de roeier kracht uit te oefenen op het voetenbord wat zorgt voor vertraging van de boot. Ook is er al lange tijd geen aanzwellende kracht geweest waardoor de boot niet meer versnelt.
- D De roeier zet zich schrap voor de inpik dus ondervindt weerstand van de boot op de benen. Het bankje wil verder naar voren rollen maar de roeier houdt dit tegen.

Uit de analyse van de fases zijn de volgende eisen gekomen

Eis 6

Er is weinig kracht nodig om bewegingsrichting van het massazwaartepunt van de roeier om te keren na de uitpik.

Eis 7

Benen moeten ontspannen zijn tijdens de recover. Het moet geen kracht kosten om het bankje terug naar voetenbord te krijgen.

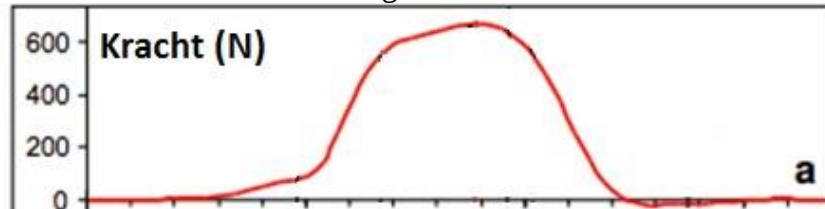
Eis 8

Het eerste deel van de beentrap heeft de grootste invloed op de bootsnelheid, bootversnelling is het grootst

3. Eisen en Wensen

3.1 Eisen

1. Het krachtverloop dat de roeier kan leveren zonder druk op het blad te verliezen is gelijk aan de curve in onderstaand figuur.



Figuur 24: Krachtverloop van de roeier gedurende de boothaal

2. De volgende onderdelen zijn per roeier instelbaar
 - Riem
 - Dol
 - Voetenbord – hoogte, hoek, positie
 - Riem, binnen-/buitenhandle
3. De intensiteit van de, mogelijke externe, weerstand is instelbaar voor elke roeier en voor het aantal roeiers.
4. Wanneer er met meer personen geroeid wordt moeten de beweging van roeier A gevoeld worden door roeier B en anders om ook.
5. De roeiplek beweegt naar bak- en stuurboord wanneer de beweging van de roeier hier aanleiding toe geeft, balans.
6. Er is weinig kracht nodig om bewegingsrichting van het massazwaartepunt van de roeier om te keren na de uitpik.
7. Benen moeten ontspannen zijn tijdens de recover. Het moet geen kracht kosten om het bankje terug naar voetenbord te krijgen.
8. Het eerste deel van de beentrap heeft de grootste invloed op de bootsnelheid, bootversnelling is het grootst.

4. Ontwerp

4.1 Roeibakken

Naast deze analyse is er ook gekeken welke roeibakken er al bestaan. Door PE is er onderzoek gedaan in Nederland. In Nederland zijn er alleen statische roeibakken. Roeibakken waarbij de roeiplek vast zit en alleen het bankje van de roeier beweegt over slidings. In statische roeibakken beweegt het blad door het water met een gelijke snelheid. Hierdoor komt de dynamica van de roeibeweging niet overeen met de boothaal. Toch kan er wel informatie gehaald worden uit deze roeibakken. Er is per eis gekeken of deze terugkomen in de statische roeibak. Wanneer deze terugkomt, is er gekeken of dit overgenomen kan worden als advies voor de nieuwe roeibak. In tabel 1 worden deze constateringingen weergegeven.

Tabel 1 Eisen vergeleken met statische roeibak

Eis	Wel/Niet	Zo ja, hoe?
1 Krachtverloop	Niet	
2 Instelbare onderdelen	Wel	Er worden onderdelen gebruikt die ook voorkomen in een roeiboot. Deze onderdelen zijn gemakkelijk te monteren.
3 Intensiteit	Niet	
4 Meerdere personen	Niet	
5 Balans	Niet	
6 Omkeren bewegingsrichting	Niet	
7 Ontspanning in benen gedurende de recover	Wel	De slidings zijn niet helemaal horizontaal in de roeibak gemaakt. De achterkant is iets hoger waardoor het bankje door de zwaartekracht richting het voetenbord glijdt. Dit helpt de roeier gedurende de recover.
8 Invloed beentrap	Niet	

Een dynamische roeibak kan een oplossing zijn voor het probleem: een bakhaal creëren waarbij de weerstand op het blad verandert gedurende de haal. Er bestaan twee verschillende dynamische roeibakken. Een is het laten stromen van het water in de bakken. Zoals te lezen in de inleiding is dit voor PE niet haalbaar dus valt deze mogelijkheid af. De andere roeibak bevindt zich in Engeland. Er is onderzocht wat er bekend is over deze roeibak.

Er is in Engeland bij het Radleys College een roeibak met een bewegende roeiplek (Casey, 2017). In deze roeibak beweegt de rigger ten opzichte van het water gedurende de haal. De roeier zit in een soort karretje dat over een rails rijdt. Omdat er geen contact tot stand gekomen is met het Radleys College is de informatie gehaald uit een filmpje. In figuur 25 is een screenshot van dit filmpje te zien. Zichtbaar in figuur 6 is dat er aan de kant van het voetenbord kabels aan het karretje zitten. Door het analyseren van de beweging van het karretje in een filmpje van het Radleys College (Association, 2016) is het aannemelijk dat er aan de andere kant van het karretje ook kabels zitten, maar dit is niet zeker. Het karretje beweegt gedurende de recover richting de boeg. Aan het einde van de recover, vlak voor de inpik, draait deze beweging van richting en beweegt het karretje richting de slag. Gedurende de haal versnelt deze beweging totdat de benen bijna plat zijn. Wanneer de rugswing wordt ingezet beweegt het karretje niet langer meer naar de slag toe maar beweegt het weer richting de boeg tot vlak voor de inpik.

Omdat er op deze momenten geen omkeerimpuls wordt gegenereerd door het lichaam moet deze beweging beïnvloed zijn van buitenaf. Zichtbaar in figuur 5 zijn de kabels aan de kant van het voetenbord. Gedacht wordt dat er aan het einde van de kabel een veer zit die op spanning wordt gebracht. Wanneer de kracht van de veer groter wordt dan de kracht die geleverd wordt om de veer op rek te brengen, zal de veer het karretje terug trekken. Omdat dit ook in de andere richting gebeurt, wordt verwacht dat dit principe ook aan de andere kant van het karretje zit.



Figuur 25: Roeibak Radleys college (Radley Rowing Center, 2016).

4.2 Ergometers

Naast het onderzoeken van de beweging in roeibakken is er ook gekeken naar de verschillende roeiergometers die er op de markt zijn. Er bestaan veel verschillende soorten roeiergometers. Om te kijken hoe deze de boothaal simuleren, zijn de meest voorkomende hieronder toegelicht.

Concept2

De ergometers van Concept2 werken met een vliegwiel. De werking van vliegwiel berust op traagheidsprincipe. Het is moeilijk op gang te brengen maar als het op gang is, beweegt het sneller. Hoe sneller het beweegt hoe hoger de weerstand die gegenereerd wordt. Tijdens recover remt het vliegwiel weer af, zo moet het elke haal opnieuw op gang gebracht worden. Het vliegwiel maakt gebruik van de luchtstroom. Met een schuif aan de zijkant van het vliegwiel kan de luchtstroom geregeld worden. Hoe hoger de luchtschuif, hoe meer lucht er toegelaten wordt tot het vliegwiel en hoe meer kracht het kost om het vliegwiel te laten draaien. Daarnaast wordt het vliegwiel ook meer afgeremd tijdens de recover, dus is het ook meer werk om het vliegwiel bij de volgende haal weer te versnellen. Lagere instellingen zorgen juist voor minder luchttoevoer, zodat het vliegwiel minder lucht heeft waar het tegen in moet draaien en het versnellen er van dus makkelijker maakt. Ook wordt het minder afgeremd gedurende de recover, zodat het bij de volgende haal gemakkelijker te versnellen is.

Deze verschillende instellingen zijn te vergelijken met de verschillende boottypes. Een zwaardere boot is moeilijk op gang te brengen en zal tijdens de recover meer afremmen dan een lichte boot.

De weerstand wordt echter niet beïnvloed door de luchtschuif. Deze wordt bepaald door de snelheid waarmee het vliegwiel draait. Het kost alleen meer intensiteit om het vliegwiel harder te laten draaien (Demper instelling 101, sd).

Oartec slider

De Oartec slider is een dynamische roeiergometer. Deze bestaat uit drie lagen. De onderste laag is het frame, dit staat stil op de grond. Hierop beweegt de middelste laag. De middelste laag bestaat uit het vliegwiel met voetenbord en twee langwerpige sliders. Op deze sliders beweegt de bovenste laag. Het bankje. Zo voelt de middelste slider alsof het de boot is. De weerstand wordt opgewekt door een vliegwiel (Slider, 2017).

Rowperfect

De Rowperfect is ook een dynamische roeiergometer. Het voetenbord en het bankje zitten allebei op dezelfde glijder maar kunnen los van elkaar bewegen. Aan het voetenbord zit een vliegwiel vast waaraan de handle met een koord verbonden is. Tijdens de roeibeweging beweegt het voetenbord met vliegwiel van het bankje af door de kracht van de roeier op het voetenbord en gedurende de recover weer terug naar het bankje. Hierdoor zorgt de massa van het vliegwiel en voetenbord ervoor dat er een omkeer impuls wordt gecreëerd net zoals de boot doet, zodat het lichaam dit niet zelf hoeft te doen. Hierdoor is de roei-ervaring hetzelfde als in de boot (Rowperfect, 2017).

Waterrower

Gedurende de boothaal beweegt de roeiboot door het water door de kracht die de roeier levert. Hierbij voelt de roeier weerstand van het water via het blad. Water geeft dus een vertrouwde natuurlijke weerstand bij het roeien. Daarom is dit teruggebracht in de WaterRower. De weerstand bij deze ergometer wordt gecreëerd door een zogenoemd watervliegwiel. Het watervliegwiel bestaat uit een ronde bak water waar conisch gevormde bladen in rond worden gedraaid door te roeien. De bladen grijpen het water en worden hierdoor afgeremd in hun beweging. Het water levert weerstand op de bladen. De bladen zijn verbonden aan een ketting met handle die de riem moet voorstellen. Het berekenen van deze waterweerstand (F_w) is hetzelfde als de weerstand op de bladen van de riem (Waarom water?, 2017).

$$F_w = \frac{1}{2} * A * c_w * \rho * v^2$$

- A = vorm van de oppervlak
- c_w = vormcoëfficiënt van het betreffende voorwerp
- ρ = dichtheid van het water
- V = snelheid waarmee het blad door het water beweegt

Het bedrijf WaterRower heeft een patent op het watervliegwiel. Om dit te kunnen gebruiken zou PE voor toestemming een samenwerking moeten aangaan met WaterRower.

4.3 Oplossingen

In dit hoofdstuk wordt er gezocht naar oplossingen voor de eisen. Er is gebrainstormd per eis welke oplossingen er mogelijk zijn. Een aantal processen wordt uitgelegd en onderdelen worden toegelicht.

Eis 1

In het hoofdstuk 4.2 over ergometers is te lezen hoe de werking van een vliegwiel is. Een vliegwiel is zeer geschikt als externe weerstand voor de boothaal omdat de weerstand zich opbouwt en de weerstand verandert met de snelheid. Het watervliegwiel geeft ook een veranderende weerstand maar is niet instelbaar. Hierdoor is het minder geschikt.

Eis 2

In het onderzoek naar de statische roeibakken kwam naar voren dat deze eis daar in de meeste gevallen gehaald wordt. Deze eis is te bewerkstelligen door het gebruik van onderdelen die ook in de boot worden gebruikt voor deze instellingen. Hier hoeft niet iets nieuws voor ontworpen te worden. Maar is wel belangrijk om gedurende het ontwerpen in de gaten te houden of dit nog steeds mogelijk is.

Eis 3

Ook voor deze eis geldt dat een vliegwiel een goede optie is. Door de luchtschuif aan de zijkant van het vliegwiel is de intensiteit gemakkelijk in te stellen. Daarnaast verandert de intensiteit van het vliegwiel wanneer het sneller draait. Wat het geval is wanneer er meer en sneller kracht geleverd wordt. De hoeveelheid en snelheid van de geleverde kracht gaat omhoog wanneer er meer roeiers in de roeibak zitten en de kracht per roeier gelijk blijft.

Eis 4

Door de bewegende onderdelen aan elkaar te koppelen en een gezamenlijke externe weerstand te gebruiken, voelt het voor de roeier alsof ze samen in één boot zitten. Hierdoor beïnvloeden de roeiers elkaar zoals ze dit ook in de boot doen.

Het koppelen van de bewegende onderdelen is afhankelijk van het ontwerp van het bakje. Wel is het advies dit te doen met een simpel systeem wat er voor zorgt dat er geen speling zit tussen de onderdelen. Dit beïnvloedt het gevoel van de roeier.

Eis 5

Om deze eis te kunnen verwezenlijken in de roeibak zal het basisontwerp aangepast moeten worden. De bakjes op de slidings of het systeem waar de bakjes aan vast zitten, moeten kunnen bewegen. Als inspiratie voor een systeem hiervoor kan er gekeken worden naar de zeilsimulator van de TU Delft. Daarbij is een zeilboot opgehangen zodat deze kan bewegen. Deze bewegingen kunnen gestuurd worden door een computer of treden op door externe krachten (Verlinden, 2015).

Eis 6

De externe krachten moeten op het juiste moment meewerken en tegenwerken om er voor te zorgen dat de roeier de beweging goed uit kan voeren. De richting en grootte van deze krachten hangt samen met welke onderdelen er op welk moment bewegen. Twee verschillende opties hiervoor worden gegeven bij eis 7. Afhankelijk van welke oplossing er gekozen gaat worden is het wel of niet ingewikkeld om deze eis te bewerkstelligen. Wanneer er meer bekend is over de optie die voort komt uit een Volans-boot, uitgelegd bij eis 7, kan er verder onderzoek gedaan worden voor een oplossing van deze eis.

Eis 7

Deze eis hangt erg samen met wat er op welk moment gaat bewegen. Op dit moment zijn er twee mogelijkheden. Het bakje beweegt in zijn geheel of de rigger en het voetenbord bewegen ten opzichte van het bankje. Dit principe is afgeleid van het boottype Volans (Volans2, 2017). De Volans-boot onderscheidt zich door de zogeheten rolrigger. Hierbij is het zo dat niet het bankje beweegt over de slidings maar over de rigger en het voetenbord. Dit is ontworpen om roeien bereikbaar te maken voor een grote groep. Door het voetenbord en de riggers te laten bewegen in plaats van het bankje (en dus het lichaam) is de boot een stuk stabiel. Het

massazwaartepunt blijft op dezelfde plek boven de boot. De beweging blijft het zelfde als in de klassieke roeiboot.

Het voordeel om dit principe te gebruiken in de roeibak is tijdens de recover. Het voetenbord komt nu naar het bankje toe om terug te gaan naar de beginstand. Wanneer het voetenbord en de slidings van het bankje samen met de riggers in zijn geheel naar achteren en voren bewegen, is het in de recover lastig om met het bankje richting het voetenbord te glijden zonder veel kracht te leveren. Dit omdat het lichaam dan dezelfde kant op beweegt als het bakje waardoor het bankje en dus het lichaam twee keer zo snel naar voren moet bewegen dan gewoonlijk. Ook verliest de roeier druk op het voetenbord doordat het bakje en dus ook het voetenbord naar voren rijdt en niet onder het lichaam door.

Dit zou betekenen dat er het beste gekozen kan worden voor het Volans-principe. Echter is het lastig te zeggen wat dit doet met de beweging van het blad onder water. De rigger beweegt dan gedurende de haal ten opzichte van het water maar in wel in tegengestelde richting dan tijdens de boothaal. Hier is verder onderzoek voor nodig om dit uit te wijzen.

Wanneer er gekozen wordt voor een algehele verplaatsing kan de recover opgevangen worden door een externe trekkracht aan het bankje vast te maken. Bijvoorbeeld een koord wat op spanning komt en wanneer de kracht er af is, wat gebeurt bij de uitpik en het bankje naar voren trekt. Om de beweging niet over te beïnvloeden, moet dit subtiel gebeuren. Wanneer deze trekkracht te groot is glijdt de roeier al naar voren voordat het de tijd heeft gehad de rug en armen voor de heupen te krijgen.

Eis 8

Wanneer het gehele bakje gaat bewegen, zal deze niet dezelfde afstand per haal afleggen als de boot doet. Dit omdat de versnellingen die daarvoor nodig zijn niet prettig zijn voor een mens in een binnenruimte. Daarom zal de beweging van het bakje beperkt moeten worden. Hierbij is het belangrijk dat het effect van de roeier op de snelheid van de boot in verhouding blijft, net zoals deze is tijdens de boothaal.

5. Evaluatie

In het hoofdstuk hiervoor is te lezen welke oplossingen of oplossingsrichtingen er gevonden zijn voor de verschillende eisen. Sommige eisen zijn volledig opgelost, anderen vergen nog meer onderzoek. Een aantal eisen vergt niet direct een creatieve oplossing, maar zijn wel belangrijk voor het ontwerp van de roeibak. Er is gevonden dat eis 1 en 3, die te maken hebben met de externe weerstand, heel goed opgevangen kunnen worden door gebruik te maken van een vliegwiel. En er werd gevonden dat eis 2 in statische roeibakken al verwezenlijkt werd, dus deze hoeft alleen overgenomen te worden. Eis 4 hangt erg af van de materialen die gebruikt worden en de onderdelen die gaan bewegen. Echter zijn er veel niet al te ingewikkelde oplossingen op de markt die hiervoor gebruikt kunnen worden. Wanneer er meer bekend is over de onderdelen die gaan bewegen en het materiaal waar het van gemaakt kan worden, kan er onderzoek gedaan worden voor deze eis. Belangrijkste hierbij is dat wanneer de onderdelen aan elkaar gekoppeld zijn, de speling zo minimaal mogelijk moet zijn tussen de onderdelen.

Eis 5 is een ingewikkelde eis om te realiseren. PE is hier op dit moment niet mee bezig en dit is in het basisontwerp niet mogelijk. Toch is er gekeken naar oplossingen omdat er gevonden is dat de balans invloed heeft op het gevoel van de roeier en de moeilijkheid van de haal. De optie die hiervoor gevonden is, komt van de TU Delft. Zij gebruiken dit voor een zeilbootsimulator. Echter gebruiken zij het op het droge en zal het in de roeibak in contact komen met water. Dit dient verder onderzocht te worden. Dit zal echter wel extra kosten met zich meebrengen in de bouw en het onderhoud van de roeibak.

Het belangrijkste bij eis 6 is om nauwlettend te volgen hoe dit onderdeel van de haal zich ontwikkelt gedurende het ontwerp van de roeibak. Het hangt erg samen met oplossingen voor andere eisen of het nodig is om voor deze eis een extra oplossing te onderzoeken. Het kan zijn dat deze eis zonder extra aanpassingen in het ontwerp verwezenlijkt wordt. Toch is het een belangrijke eis voor het ontwerp en moet deze zeker meegenomen worden.

Voor eis 7 is er nog verder onderzoek nodig. Er zijn twee oplossingen gegeven. Echter kan er geen conclusie gegeven worden door alleen literatuuronderzoek. Er is praktijkonderzoek nodig en de beide bewegingen die gecreëerd worden door de oplossing moeten verder onderzocht worden. Voornamelijk wat dit doet met de weerstand op het blad. Wat het doet voor de eis is duidelijk, maar dit mag andere eisen en de randvoorwaarden niet in de weg zitten.

Eis 8 is een moeilijke lastige eis om te meten, maar daardoor niet minder belangrijk. Voor deze eis is niet een kant en klare oplossing. Hiervoor dienen er metingen gedaan te worden naar de versnelling die het lichaam maakt ten opzichte van verschillende objecten in de boothaal en daarna in het ontwerp dat ontstaat aan de hand van de overige eisen. Op basis van deze resultaten is te concluderen of er aan deze eis wordt voldaan of dat er aanpassingen nodig zijn.

6. Discussie

Dit onderzoek bevat eigenlijk 3 onderzoeken.

- Een onderzoek naar de weerstandsverandering gedurende de boothaal. Hier staat centraal hoe dit veroorzaakt wordt in de boothaal en waarom dit in de statische bakhaal niet veroorzaakt wordt.
- Tweede onderzoek is naar de boothaal zelf. Welke aspecten van de boothaal zijn belangrijk voor het gevoel en de beweging van de roeier en moeten dus zeker gerealiseerd worden in de bakhaal.
- Het laatste onderzoek is hoe deze aspecten dan daadwerkelijk terug kunnen komen in de bakhaal. Er worden oplossingsrichtingen gegeven voor de eisen voortkomend uit het eerste en tweede onderzoek.

Deze onderzoeken zijn gedurende de scriptieperiode niet heel sterk als losse onderzoeken gezien. Dit had in het begin voorkomen kunnen worden door een duidelijker onderscheid te maken in de verschillende vraagstukken. Er is nu gewerkt naar een algemeen doel, terwijl er beter deelvragen gemaakt hadden kunnen worden die onderzocht werden.

Veel krachten en snelheden zijn niet uitgedrukt in werkelijke waarden maar alleen in verhoudingen en/of een curve. Dit wordt veroorzaakt doordat er gedurende het onderzoek vooral in de literatuur gekeken is naar wat er bekend was over de boothaal. Gedurende het onderzoek werd er geconcludeerd dat het moeilijk was om duidelijkheid te krijgen over de oorsprong van waardes die werden gegeven. Vaak was het niet duidelijk met wat voor proefpersonen er was gemeten en hoe er was gemeten. Zo ontbrak vaak informatie over het boottype, wat een grote invloed heeft op de uitkomsten. Dit heeft er toe geleid dat deze waardes niet gebruikt konden worden. Voor het ontwerp van de roeibak is het nog wel van belang dat er waardes worden gekoppeld aan de krachten en snelheden. Gedurende dit onderzoek is er geen gelegenheid geweest hier zelf praktijkmetingen voor te doen. Er wordt geadviseerd die in een aanvullend onderzoek te doen.

Bij het onderzoek naar de aspecten van de boothaal die effect hebben op de beweging en het gevoel van de roeier, is het lastig te zeggen wanneer men klaar is met het onderzoek. Hoe weet men zeker dat alle aspecten van de boothaal bekeken zijn en wanneer heeft iets wel of geen invloed op de roeier. Grotendeels wordt dit bepaald door menselijk beoordelen.

Aan het begin van het onderzoek was de planning dat er gedurende de ontwerpfase studenten van de opleiding Werktuigbouwkunde bezig waren met een onderzoek voor PE. Echter is dit niet het geval geweest. Hierdoor was samenwerking met studenten van deze opleiding moeilijk te realiseren. Het idee was om met deze studenten te communiceren over mechanische oplossingen voor het probleem. Deze studenten hebben meer kennis van motoren en andere mechanische producten, terwijl ik meer kennis heb van de beweging die moet worden bewerkstelligd. Dit zou een ideale combinatie zijn. Hier heeft de ontwerpfase onder te lijden gehad en is deze minder ver uitgewerkt dan verwacht. Daarnaast bleek gedurende de ontwerpfase dat een oplossing voor het ene probleem erg samen hing met de oplossing voor een ander probleem. Meer dan van te voren werd verwacht. Hierdoor zijn er niet op tijd keuzes gemaakt en konden niet alle oplossingen even ver worden uitgewerkt. Er wordt geadviseerd om deze fase nog verder uit te werken door een interdisciplinair team, zodat er voldoende kennis aanwezig is om vast te stellen of iets wel of niet mogelijk is.

7. Conclusie en Advies

Dit onderzoek had drie doelen. Het onderzoeken van de oorzaak voor de veranderende weerstand op het blad gedurende de boothaal, het onderzoeken van de aspecten die invloed hebben op de boothaal en het geven van oplossingsrichtingen voor de eisen die voort komen uit de eerste twee onderzoeken.

7.1 Conclusie

Voor het onderzoek is er gekeken naar het krachten spel onder water op het blad. Hieruit is naar voren gekomen dat er twee krachten werken op het blad. Een zogeheten liftkracht en trekkracht. Beide krachten kunnen berekend worden met dezelfde formule waarin alleen de waarde van de coëfficiënt van elkaar verschilt. De hoogte van de snelheid is bepalend voor de waarde van de kracht. Deze waarde wordt gekwadrateerd. Voor iedere haal en ieder moment van de haal is deze haal anders. Hierdoor is de weerstand op het blad nooit hetzelfde.

$$F_T = \frac{1}{2} C_T \rho A v^2$$
$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A v^2$$

Deze snelheid verandert in een statische roeibak minder omdat de rigger hier niet beweegt ten opzichte van het water. Hierbij beweegt alleen het blad door het water.

De conclusies van het tweede deel van het onderzoek komen naar voren in de eisen en worden behandeld in de ontwerpfase. Uit de ontwerpfase kan een advies gegenereerd worden wat PE kan gebruiken bij het ontwerpen van de roeibak.

7.2 Advies

Het advies is om de rigger samen met eventueel andere onderdelen te laten bewegen. Op dit bewegende onderdeel dient een externe weerstand geplaatst. Een goede mogelijkheid hiervoor is een vlieg wiel. Dit wordt geadviseerd op basis van de kennis die er is over het gebruik van vliegwiel in roeiergometers.

Voor het bevestigen van het voetenbord en de dol en het gebruik van het soort riem wordt geadviseerd goed te kijken hoe dit in huidige boten en roeibakken gebeurt. Hierin wordt dit op de juiste wijze bewerkstelligd. Dus hier hoeven geen nieuwe oplossingen voor gevonden te worden.

Voor eis 4, 6 en 8 geldt dat het advies is om gedurende het ontwerpproces hier regelmatig op terug te kijken of deze eisen gehaald gaan worden. Het is goed mogelijk dat er voor deze aspecten geen nieuwe oplossingen gevonden hoeven te worden en dat deze gerealiseerd worden door het voldoen aan de overige eisen. Echter zijn dit wel belangrijke eisen om te verwezenlijken in het ontwerp. Wanneer er blijkt dat één van deze eisen waarschijnlijk niet gehaald wordt, dient er onderzoek gedaan te worden naar mogelijk oplossingen.

Ondanks dat eis 5 niet meegenomen is in het basisontwerp wordt er geadviseerd om hier nog een keer goed naar te kijken om dit wel mee te gaan nemen in het eindontwerp. Uit onderzoek is gebleken dat dit invloed heeft op veel aspecten van de haal en bijdraagt aan het gevoel van de roeier en het gemak waarmee een haal uitgevoerd kan worden. Wanneer er overwogen wordt

om dit in het ontwerp te implementeren wordt er geadviseerd contact op te nemen met de TU Delft en te kijken naar het systeem wat daar gebruikt wordt voor de zeilsimulator.

Om te kunnen bepalen welk onderdeel er gaat bewegen, wordt geadviseerd verder onderzoek te doen naar wat er gebeurt met de druk op het blad wanneer het Volans-principe wordt toegepast in de roeibak. Hierdoor zal er namelijk slip ontstaan omdat de rigger in tegengestelde richting beweegt dan zoals het gebeurt in de boot. Echter heeft het Volans-principe wel veel voordelen voor de recover-fase waardoor het goed is deze optie te bekijken.

Bibliografie

- (sd). Opgehaald van 123Architecten: <http://www.123architecten.nl/roeibak.html>
- (2009). Opgehaald van Peterson-Architects: <http://peterson-architects.com/projects/washington-state/>
- (2017). Opgehaald van Rowperfect: <https://www.rowperfect.co.uk/rowperfect/>
- Association, B. S. (2016). *Radley Rowing Center January 2016*. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=-nnFnTShid0&t=1s>
- Baudouin, A. D. (2002). A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *Sports Med.*
- Casey, S. (2017, april 30). *Radley College's Innovative Rowing Tank Harnesses the Forces of Nature*. Opgehaald van Row 360: <http://row-360.com/radley-colleges-new-rowing-tank/>
- Concept2. (2017, mei 30). *Blade Path and the Ideal Blade*. Opgehaald van Concept2: <http://www.concept2.com/oars/how-made-and-tested/blade-path>
- Demper instelling 101*. (sd). Opgehaald van Concept2: <http://www.concept2.nl/nl/indoor-rowers/training/tips-en-algemene-informatie/demper-instelling-101>
- Holst, M. v. (2011, Maart). Lift and Drag. *RoeiWeb*.
- Instructie*. (sd). Opgehaald van Roeivereniging Breda: <https://www.roeiverenigingbreda.nl>
- Klerks, J. (2008, September). *Roeitechniek*. Opgehaald van KNRB.
- Kleshnev, D. V. (2008, Juli). Q&A. *Rowing Biomechanics Newsletter*.
- Kleshnev, D. V. (2014). Force and power in rowing. *Biorow*.
- Kleshnev, D. V. (2016). *The Biomechanics of rowing*. Crowood.
- Plez, P. F. (2014). Validated biomechanical model for efficiency and speed of rowing. *Journal of Biomechanics*, 3415-3422.
- Pulman, C. (2008). The physics of rowing. *Gonville & Caius College, University of Cambridge*.
- (sd). *Radley Rowing Center, 2016*. Boarding Schools' Association (BSA), <https://www.youtube.com/watch?v=-nnFnTShid0>.
- RV Rijnmond*. (2017). Opgehaald van http://www.rvrijnmond.nl/joomla/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=96
- Slider*. (2017). Opgehaald van Oartec: <http://www.oartec.com/slider/>
- Verlinden, J. (2015). *HIGH PERFORMANCE SAIL SIMULATOR*. Opgehaald van Sports Engineering TU Delft: http://sportsengineering.tudelft.nl/portfolio_page/zeilsimulator/
- Volans2*. (2017). Opgehaald van <http://www.volanswatersports.com/>.
- Waarom water?* (2017). Opgehaald van WaterRower: http://www.waterrower.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=69&Itemid=483&lang=nl

Bijlage I

Projectplan

Contactgegevens

Opdrachtnemer/afstudeerder

Naam Jonneke Hoogewoud
Studie Mens en Techniek | Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool
Studentnr 12008087
Telefoonnr 06-42918580
Email jonnekehoogewoud@gmail.com

Behaalde studiepunten

Module 9 t/m 11	36 stp
Minor Sportpsychologie	15 stp, afgerond
Minor Sport technologie	15 stp, afgerond
Stage 2	Bezig
Vrije Studiepunten	19 stp

Voorlopige afstudeerbegeleider

Rochus van der Doef
Docent Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool
r.vanderdoef@hhs.nl

Afstudeercoördinator studie

Caroline Doorenbosch
Docent Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool
C.A.M.Doorenbosch@hhs.nl

1. Onderwerp

Voorlopige titel	Variabele weerstand tijdens de roeihaal in een roeibak
Werkveld	Sportonderzoek
Beroepsrol	Onderzoeker
Bedrijf:	D.S.R. Proteus-Eretes Rotterdamseweg 362a 2628 AT Delft
Contactpersoon:	Maarten Blokland maart3nxb@gmail.com

2. Probleemstelling

Aanleiding

D.S.R. Proteus-Eretes (PE) is een studentenroeivereniging in Delft. Deze roeivereniging wil haar roeiers de beste faciliteiten bieden zodat er zo optimaal mogelijk getraind kan worden. Hiervoor zijn op dit moment verschillende faciliteiten beschikbaar. Zo is er een botenloods gevuld met een heel diverse vloot en een krachthonk. Een roeibak behoort echter nog niet tot deze faciliteiten. De roeibak kan een toegevoegde waarde hebben bij het uitleggen en aanleren van de roeibeweging. Een roeibak is een (over het algemeen) overdekte bak water waarin een boot is nagemaakt. Deze boot zit vast op de plek en kan niet verplaatsen. Hieronder een aantal voorbeelden van hoe deze bak er uit kan zien.



Figuur 4 Roeibak 1 (123Architecten, sd)



Figuur 5 Roeibak 2 (RV Rijnmond, 2017)

In een roeibak kan de haal geoefend worden met een handel die ook in de boot gebruikt wordt. Op deze manier is de beweging bijna identiek aan de beweging in de boot. De toevoeging van een roeibak is dat de coach dicht bij de roeiers staat en direct feedback kan geven op de beweging. Ook kunnen er spiegels geplaatst worden naast de bak zodat de roeiers zichzelf kunnen zien.

Om deze faciliteit wel aan de roeiers te kunnen bieden is het plan ontstaan bij PE om een eigen roeibak te bouwen. Het plan is om hier geen simpele roeibak van te maken maar een “slimme” roeibak. Onder een “slimme” roeibak wordt verstaan een roeibak met technologische innovatieve toevoegingen. Een van deze toevoegingen heeft als doel om de roeihaal in nog meer

opzichten op de boothaal te laten lijken. Op dit moment lijken de bewegingen op het eerste gezicht gelijk, maar is dit niet zo. De kinematica en dynamica van het lichaam is verschillend.

De grootste oorzaak hiervan is dat de weerstand van het water op het roeiblad in de boot niet gelijk is gedurende de haal en in de roeibak op dit moment wel. Deze verandering van weerstand wordt veroorzaakt door verschillende factoren, waarvan de weerstand van de boot is de grootste factor (Baudouin, 2002). Om dit gelijk te krijgen moet de weerstand in de roeibak beïnvloed worden.

Naast het beïnvloeden van de weerstand om een identieke beweging te creëren met het zelfde krachterspel op het lichaam, kan dit ook gebruikt worden voor een ander doel. Namelijk het creëren van een instelbare weerstand. Een weerstand die heel laag maar ook heel hoog gemaakt kan worden. Deze instelbare weerstand kan vooral gebruikt worden voor sporters die aan het herstellen zijn van een blessure of sporters die krachttraining willen uitvoeren. Wanneer een sporter een blessure heeft gehad, moet de belasting op het lichaam langzaam opgebouwd worden. Dit kan doormiddel van oefeningen, maar de sporter wil natuurlijk zo snel mogelijk weer de juiste beweging uitvoeren. Wanneer het mogelijk is om de weerstand tijdens de beweging zo laag mogelijk te krijgen, kan dit dus in een vroeg stadium van het herstel gebruikt worden door een sporter.

Gedurende dit onderzoek zullen er voor PE ook studenten aan een opdracht werken van de opleiding werktuigbouwkunde uit Delft. Deze studenten zullen een begin maken aan het basisontwerp van de roeibak. Gedurende het onderzoek zal er contact zijn met deze studenten over de mogelijkheden van de oplossingen.

Doel

Het doel van dit project is om de weerstand in de roeibak zo te kunnen beïnvloeden dat deze verandert gedurende de haal zoals ook in de boot. Daarnaast is het doel om met deze beïnvloeding de weerstand ook in zwaarte te kunnen instellen zodat deze voor verschillende trainingsdoeleinden kan worden ingezet.

Tijdens het onderzoek wordt er een lijst met eisen en wensen opgesteld voor de twee doelen. Daarnaast zullen er een aantal concepten worden opgeleverd die een idee geven hoe het doel te bereiken is.

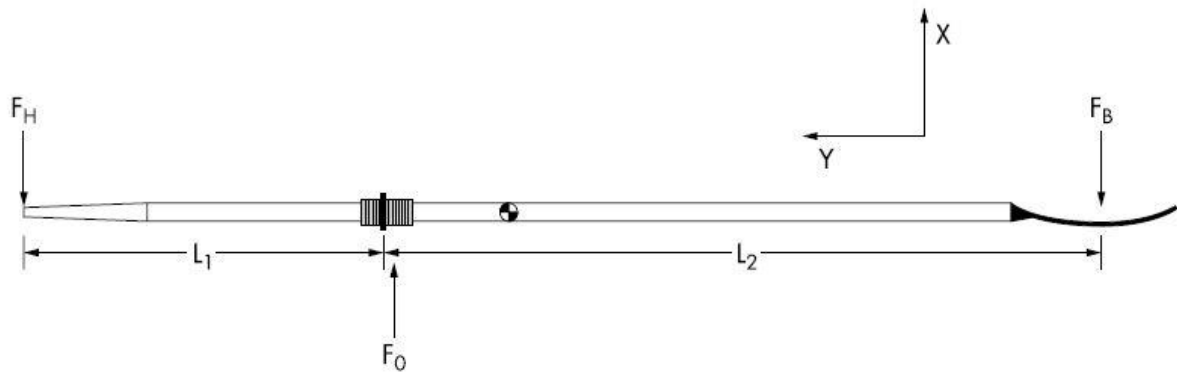
3. Vooronderzoek

Bij PE is er onderzoek gedaan naar bestaande roeibakken. Hierbij is gekeken of er roeibakken bestaand die een oplossing geven voor dit probleem. Bij dit onderzoek is een roeibak naar voren gekomen in Amerika, de roeibak van Washington University (Peterson-Architects, 2009). Bij deze roeibak is door de ontwerpers stromend water gecreëerd.

Ook bij de KNRB is er een onderzoek geweest naar de mogelijkheid om het water te laten stromen. Dit onderzoek is uitgevoerd door FlowMotion van de TUDelft. De KNRB heeft hier uiteindelijk vanaf gezien om verschillende redenen. De voornaamste reden is de kosten die het met zich mee brengt. De aanschaf kosten en de jaarlijkse kosten zijn voor een vereniging niet te betalen. Dit is ook de reden waarom PE deze optie niet als mogelijkheid ziet.

Om dit onderzoek uit te kunnen voeren is er kennis nodig van de roeibeweging. Hiervoor is literatuuronderzoek uitgevoerd.

Om het blad door het water te verplaatsen is kracht nodig op de handel, F_H . Deze kracht moet even groot zijn als de krachten die onder water tegen het blad aan duwen, F_B . Wanneer deze krachten gelijk zijn draait de boot om het blad heen waardoor deze zich verplaatst.



Figuur 6 Freebodydiagram handel

In figuur 3 is een freebodydiagram weergegeven van de handel. Hierin is F_H de handkracht op de handel, F_B de kracht op het blad en F_0 de reactiekracht van de dolpen op de handel. F_B bestaat uit F_D en F_{lift} . De verhouding tussen deze twee krachten wordt bepaald door de hoek die de handel maakt met de boot. Dit is weergegeven in figuur 4.

Volgens Boudouin en Hawkins gebeurt het volgens de volgende formules (Baudouin, 2002). De grootte van F_H wordt bepaald door de grootte en plaatsingshoek van het blad en de weerstand van de boot. De weerstand van de boot bestaat uit waterweerstand en luchtweerstand. Hiermee is F_D te berekenen.

De luchtweerstand wordt berekend met vergelijking 1.

$$1) F_{AD} = \frac{1}{2} \times \rho_{air} \times C_D \times A_{r+b} \times V_A^2$$

Hierbij is A_{r+b} dwarsdoorsnede van roeier en boot en is V_A de snelheid van de boot ten opzichte van de lucht.

Over het algemeen wordt gesteld dat de huid van de boot 80% van de waterweerstand bepaalt. Daarom kan de waterweerstand berekend worden met vergelijking 2.

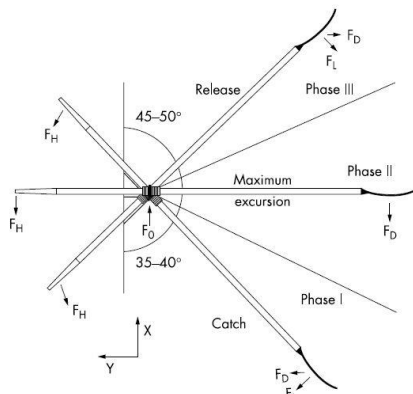
$$2) F_{HD} = 1.25 \times k \times V_w^2$$

Hierbij is k een constante en is V_w de snelheid van de boot ten opzichte van het water.

De vergelijking voor de totale weerstand word weergegeven in vergelijking 3.

$$3) F_D = F_{AD} + F_{HD}$$

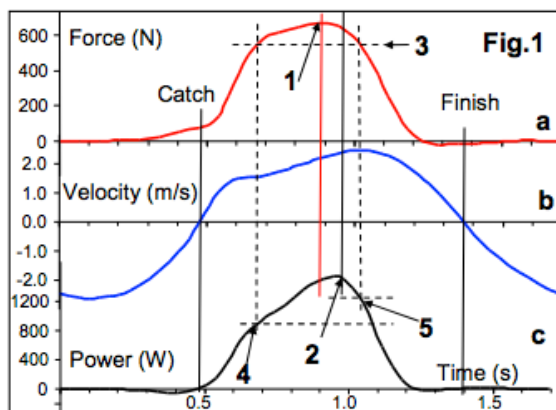
De andere kracht die op het blad werkt wordt liftkracht genoemd, F_{lift} . Wanneer de paal een hoek van 90 graden maakt met de boot is F_{lift} 0. F_{lift} staat loodrecht op het blad.



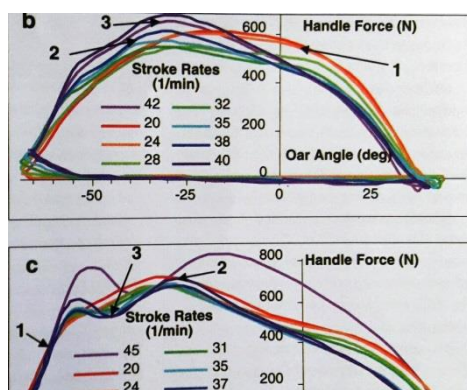
Figuur 7 Krachtenrichting onder verschillende hoekstanden

Dus F_B is de som van F_D en F_{Lift} .

In figuur 5 is te zien hoe het verloop van deze handkracht is gedurende een haal.



Figuur 8 Kracht, snelheid en energie verloop gedurende de haal (Kleshnev, Force and power in rowing, 2014)



Figuur 9 Krachtverloop bij verschillende slagfrequenties

Hier is goed het verloop van de kracht te zien. In figuur 5 is ook te zien hoe dit zich verhoudt tot de snelheid van het blad en de energie die er geleverd moet worden. Deze curve is niet altijd gelijk. Het verloop van de curve verandert wanneer de roeier een ander tempo of een andere techniek gebruikt. (Kleshnev, The Biomechanics of rowing, 2016)

Uit dit onderzoek is voortgekomen welke componenten invloed hebben op de weerstand gedurende de haal. Deze uitkomsten zullen het ontwerpproces ondersteunen wanneer er gezocht wordt naar oplossingen.

4. Analyse

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag zijn er verschillende deelvragen opgesteld.

1. Hoe wordt de weerstand gecreëerd bij een roeimachine?
 - a. De Roeiergometer
 - b. De Rowperfect
 - c. De swingulator



Figuur 10 Roeiergometer



Figuur 11 Rowperfect



Figuur 12 Swingulator

2. Welke van de bovenstaande componenten zijn bruikbaar in de roeibak?

5. Methode

Weerstand in de boot

Tijdens het vooronderzoek is uitgezocht waardoor de weerstand op het blad gecreëerd en beïnvloed wordt. Dit wordt aan het begin van het onderzoek verder uitgewerkt. Er wordt gekeken welke van deze componenten wel en niet aanwezig zijn in de roeibak en waardoor het verschil in weerstand ontstaat.

Roeimachines

Om meer inzicht te krijgen in mogelijke oplossingen word er onderzoek gedaan naar de werking van verschillende roeimachines. Deze machines creëren een weerstand op de handel zonder de component water. Om deze informatie te verzamelen word er contact opgenomen met de fabrikanten van de systemen. Hier zal worden gekeken wat de mechanische werking van de systemen is.

Oplossingen

Nadat de mogelijkheden van de roeimachines zijn bekeken, zal er onderzoek gedaan worden naar welke systemen er bestaan om deze weerstand te creëren. Dit zal online gebeuren, maar ook door contact op te nemen met verschillende instanties in de roeiwereld. Hieronder kan worden verstaan, bedrijven die producten leveren voor de roeiwereld, maar ook coaches bij bijvoorbeeld de KNRB.

Nadat er een lijst van mogelijkheden is, zal er contact opgenomen worden met studenten van de opleiding werktuigbouwkunde. Deze studenten zijn gedurende deze periode bezig met het basisontwerp van 'De slimme roeibak'. Er zullen overleggen plaats vinden waarin gebrainstormd zal worden hoe deze mogelijkheden te integreren zijn in de roeibak. Aan de hand van deze brainstormsessies zullen er concepten gegenereerd worden die het eindproduct van dit onderzoek vormen.

Bijlage II

Persoonlijke leerdoelen

Competentie 1 Testen en onderzoeken
Aandachtsgebied Literatuurstudie
Leerdoel Efficiënt zoeken en handigheid in het scannen van artikelen
Evaluatie Gedurende de analysefase is er veel literatuuronderzoek gedaan. In het begin was het lastig de juiste artikelen te vinden. Het was zoeken naar de juiste zoektermen. Toen het even niet wilde lukken heb ik samen gezeten met PE om wat tips te krijgen en met hen gehad over geschikte literatuur. Hierna is het een stuk beter gegaan en heb ik niet het gevoel onnodig veel tijd verloren te hebben met het zoeken naar literatuur.
Competentie 2 Communicatie
Aandachtsgebied Hulpvraag
Leerdoel Niet bang zijn hulp te vragen of contact te zoeken met professionals.
Evaluatie Ik heb gemerkt dat ik het nog steeds lastig vind om wanneer het lastig wordt dit aan te geven bij andere. Wel heb ik hier zeker stappen in gemaakt deze periode. Veel contact er over gehad met mensen in mijn directe omgeving en met hen afspraken gemaakt zodat mijn hulpvraag opgelost werd.
Competentie 3 Management
Aandachtsgebied Planning
Leerdoel Vooruit denken en inschatting maken van tijdsplanning.
Evaluatie Ik denk dat de planning die er aan het begin gemaakt was een goede planning is. Deze planning is ook met verschillende mensen doorgenomen. Het lastige is om je ook aan deze planning te houden. Dit is niet altijd even goed verlopen in het begin. Halverwege is een nieuwe planning gemaakt voor de taken die nog moesten gebeuren om het tot een goed einde te brengen. Aan deze planning heb ik veel gehad en is het gelukt om te volgen. Hier ben ik dus zeker op vooruit gegaan.